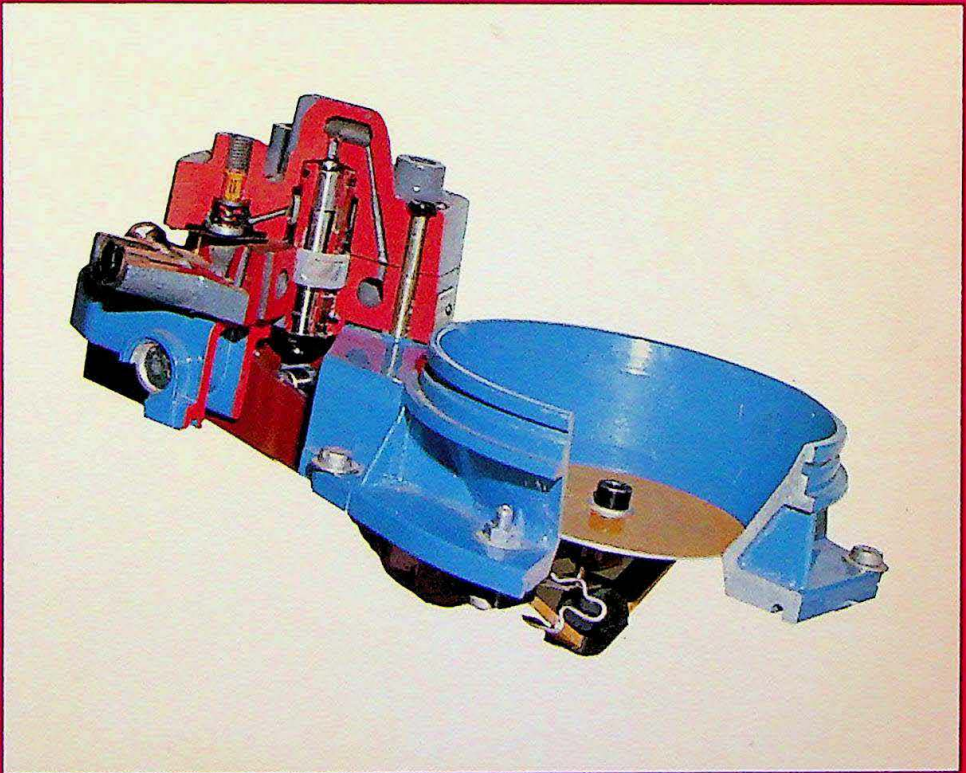


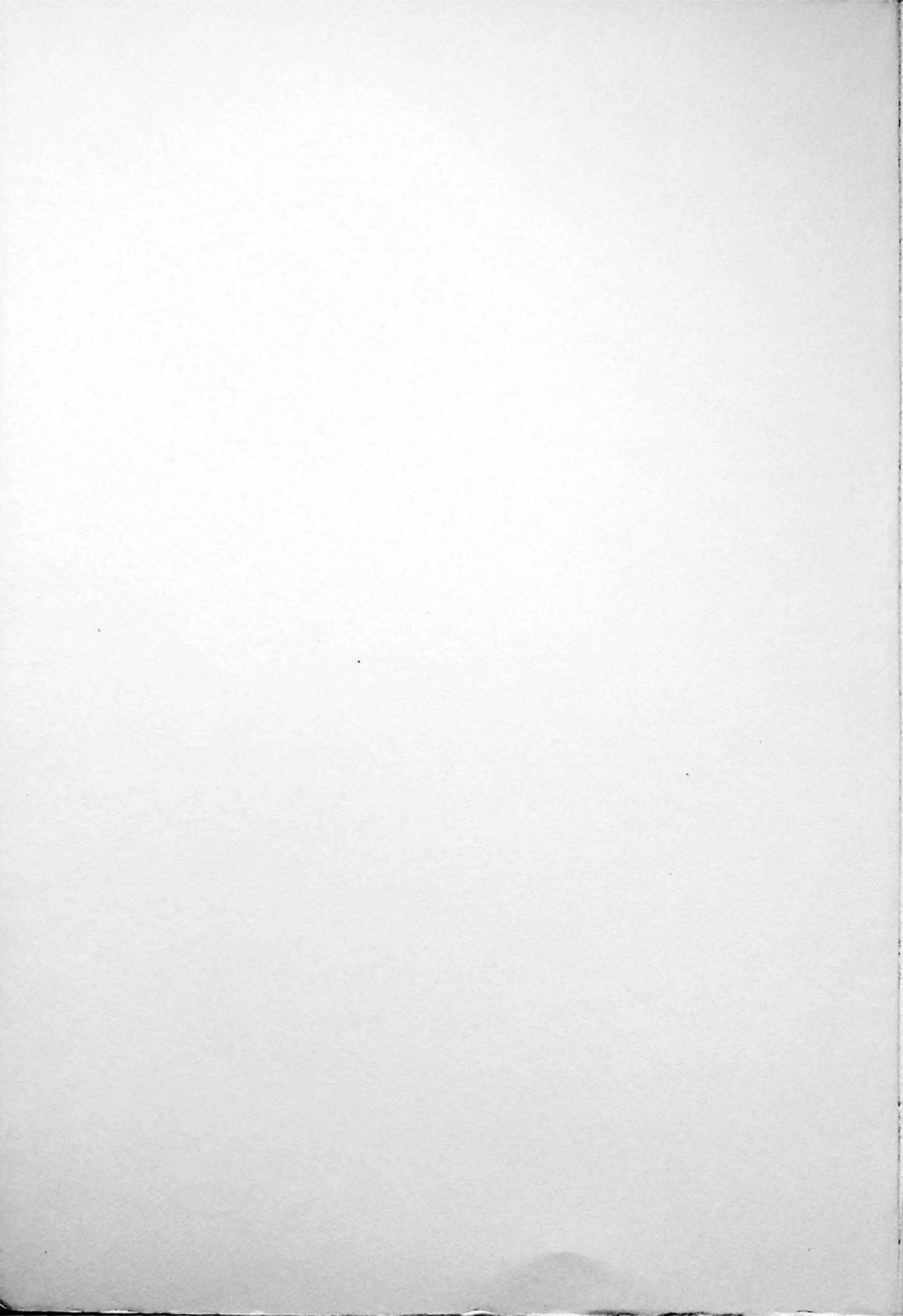
J. KASEDORF

BENZINE INSPUITING

**principe - reparatie - afstellingen
van alle bekende systemen**



KLUWER TECHNISCHE BOEKEN



BENZINE-INSPUITING

principe – reparatie – afstellingen
van alle bekende systemen

Paul Verbeek
juni '86
2

J. KASEDORF

BENZINE INSPUITING

**principe - reparatie - afstellingen
van alle bekende systemen**



KLUWER TECHNISCHE BOEKEN

Vertaling en redactie: Gijs Mom

ISBN 90 201 1815 3
D/1985/0108/183

1e druk 1985

Oorspronkelijke titel: Service-Fibel Gemischaufbereitung Band 3: Benzineinspritzung

©1983 Vogel-Verlag, Würzburg

©1985 van de Nederlandse vertaling bij Kluwer Technische Boeken BV-Deventer

De vertaler en de redactie van Kluwer Technische Boeken hebben veel zorg gewijd aan de samenstelling van de tekst. Een fout in deze uitgave is echter niet uitgesloten. Kluwer Technische Boeken BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Kluwer Technische Boeken BV.

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Woord vooraf

Rond de eeuwwisseling kreeg benzine-inspuiting betekenis voor de mengselbereiding bij vliegtuigmotoren. Aan toepassing op ottomotoren van voertuigen werd toen nog niet gedacht, hoewel de stationaire benzinemotoren van Deutz al in 1898 standaard met benzine-inspuiting werden uitgerust.

De trend naar benzine-inspuiting in auto's drong na de racesuccessen van de legendarische Silberpfeile van Daimler-Benz aan het begin van de zestiger jaren, ook in de serieproductie door.

Met op de achtergrond de eisen ten aanzien van schonere uitlaatgassen, de prestatieverhoging van de ottomotor én de gewenste brandstofbesparing, zijn carburateur en benzine-inspuiting in een harde concurrentiestrijd gewikkeld. Deel 3 van de serie 'Handleiding voor de mengselvorming' behandelt daarom de op de markt zijnde mechanische en elektronische benzine-inspuitinstallaties, waarbij ook monder bekende en verbreide inrichtingen besproken worden.

Voor de praktijk in de werkplaats kunnen de uitvoerige diagnose- en afstelvoorschriften een nuttige hulp bij het dagelijkse werk zijn. Voor de leerling of student kunnen de aanschouwelijke theoretische uiteenzettingen een bron van kennisuitbreiding vormen.

Zo richt dit boek zich tot allen die in theorie of praktijk met de benzine-inspuiting te maken krijgen.

De indeling van het boek in de vereiste basiskennis enerzijds en de praktische toepassing daarvan op de afzonderlijke inspuitinstallaties anderzijds, moet de introductie in het complexe geheel van de benzine-inspuiting en de toepassing op concrete reparaties zo gemakkelijk mogelijk maken.

Met de foutzoek- en diagnosetabellen aan het eind van de praktische hoofdstukken is een rationele en volledige storingsanalyse mogelijk, terwijl tevens aanwijzingen voor het opheffen van de storingen gegeven worden.

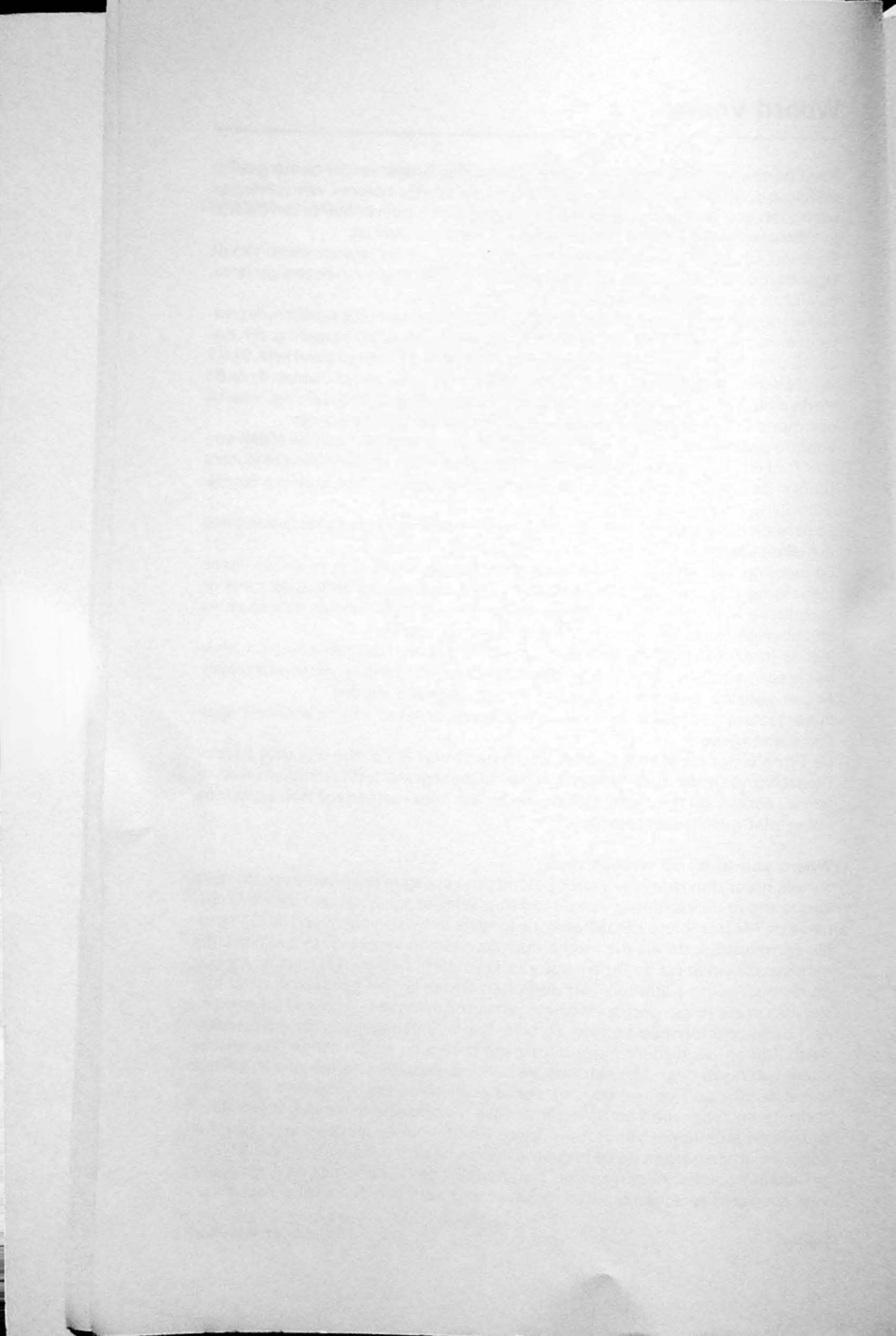
In het laatste hoofdstuk zijn de toekomstperspectieven van de benzine-inspuiting samengevat.

De firma's Robert Bosch GmbH, Pierburg GmbH & Co. KG en Lucas Service Deutschland GmbH dank ik voor het beschikbaar gestelde illustratie- en tekstmateriaal; zonder dit materiaal kan een technisch boek met een zo sterke praktische inslag niet geschreven worden.

Woord vooraf bij de tweede druk

Na iets meer dan drie jaar wordt het tijd om verslag te doen van de onstuitbare voortgang in de verfijning van de elektronische inspuitssystemen. Nieuw zijn behalve de Motronic: de LE-Jetronic, de jongste ontwikkelingen rond de LH-Jetronic en natuurlijk de elektronische inspuitssystemen van Japanse herkomst, die men steeds vaker op de Duitse automarkt aantreft. De laatste zijn echter dikwijls op de beproefde patenten van de Robert Bosch GmbH gebaseerd, zodat hier slechts sprake is van geringe wijzigingen ten opzichte van de bekende systemen. Aan de succesformule van de 'Handleidingen' hebben we echter niets veranderd. Zo kan de student extra informatie putten uit de uitvoerige theoretische uiteenzettingen over de elektronische benzine-inspuiting, terwijl voor de praktijk in het autobedrijf vooral de foutzoektabellen en de tips en aanwijzingen voor controle en reparatie van de afzonderlijke inspuitssystemen nuttig zullen zijn.

Ik dank de persdienst van Robert Bosch GmbH voor de medewerking, alsook al degenen uit de garage en de industrie die me bij de totstandkoming van dit boek geholpen hebben. Alleen zo was het mogelijk om behalve aan de theorie, ook veel aandacht te schenken aan de praktische kant van de benzine-inspuiting.



Inhoudsopgave

1	Historische ontwikkeling van de benzine-inspuiting	1
2	Natuurkundige grondslagen van de mengselvorming	2
2.1	De samenstelling van het uitlaatgas	2
2.2	Uitlaatgaswetgeving	2
2.3	Mengselvorming	4
3	Inspuitmethoden	6
3.1	Directe inspuiting	6
3.2	Inspuiting in het inlaatkanaal	6
3.3	Inspuiting in het inlaatspruitstuk	7
4	Mechanische benzine-inspuiting met afzonderlijke aandrijving	8
4.1	Tweekamer-doseerpomp EP/ZE 2 KL van Bosch	8
4.2	Zeskamer-inspuitpomp PES 6 KL van Bosch	12
4.3	Dubbelrijige zeskamer-inspuitpomp PED 6 KL van Bosch	13
4.3.1	Controleren en afstellen van benzine-inspuitpompen	15
4.4	Inspuiting bij sport- en racewagens	16
4.5	De benzine-inspuiting van Schäfer	17
4.5.1	Onderhoud, controle en afstelling van de Schäfer-inspuiting	20
4.5.2	Controle- en afstelwerkzaamheden aan de auto	20
4.5.3	Diagnosetabel voor de benzine-inspuiting van Schäfer	24
4.6	Lucas-benzine-inspuiting Mark II.	24
4.6.1	Het brandstofsysteem	24
4.6.2	Het brandstoffilter	24
4.6.3	De overdrukklep	24
4.6.4	De brandstofopvoerpomp	27
4.6.5	Doseerinrichting en brandstofverdeler	27
4.6.6	De werking van de doseerinrichting	29
4.6.7	De werking van de brandstofverdeler	30
4.6.8	De verstuivers	32
5	Mechanische benzine-inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving	34
5.1	De K-Jetronic van Bosch	34
5.1.1	Het meten van de luchthoeveelheid	36
5.1.2	Het brandstofsysteem	41
5.1.3	Inrichtingen voor de mengselaanpassing	51
5.1.4	Het elektrisch schakelschema	59
5.1.5	Bijzonderheden van enkele voertuigmodellen	60
5.1.6	Controle- en afstelwerkzaamheden	60
5.1.7	Diagnosetabel van de K-Jetronic	71
5.2	De CL-inspuiting van Zenith	75
5.2.1	Opbouw van de CL-inspuiting van Zenith	76
5.2.2	De werking van de CL-inspuiting van Zenith	76
5.2.3	Onderhoud, controle en afstelling van de CL-inspuiting van Zenith	85
5.2.4	Diagnosetabel	96
5.3	De DL-inspuiting van Zenith	97
5.4	Het CS-inspuitstelsel van Pierburg, met en zonder turbodruk- vulling	102

6	Elektronisch geregelde benzine-inspuiting	107
6.1	De D-Jetronic van Bosch	108
6.1.1	Het brandstofsysteem	109
6.1.2	Het luchtsysteem	113
6.1.3	De elektronische regeling met behulp van sensoren	118
6.1.4	Controle- en afstelwerkzaamheden bij de D-Jetronic	126
6.2	De L-Jetronic van Bosch	133
6.2.1	Het brandstofsysteem	135
6.2.2	Het luchtsysteem	137
6.2.3	De elektronische regeling met correctiesystemen	139
6.2.4	De elektrische regeling	142
6.2.5	Controle- en afstelwerkzaamheden bij de L-Jetronic	143
6.3	De LE-Jetronic van Bosch	151
6.3.1	Controle- en afstelwerkzaamheden	153
6.4	De LH-Jetronic van Bosch	161
6.5	De KE-Jetronic van Bosch	163
6.6	De elektronische benzine-inspuiting van Lucas	165
6.6.1	Het brandstofsysteem	165
6.6.2	Het luchtsysteem	167
6.6.3	De elektronische regeling met sensoren	167
6.6.4	Controle- en afstelwerkzaamheden aan de elektronische benzine-inspuiting van Lucas	168
6.7	De ECI-inspuiting van Mitsubishi	170
6.7.1	Functie en werking van de ECI-inspuiting	172
6.7.2	De onderdelen van de ECI-inspuitinstallatie	175
6.7.3	Het controleren van de ECI-inspuiting van Mitsubishi	182
7	De Motronic van Bosch	185
7.1.	De Motronic en de benzine-inspuiting	186
7.2.	De Motronic en de ontstekingsinstallatie	186
7.3.	Het Motronic-systeem	189
7.4	De bijzondere voordelen van de Motronic	192
8	Bezine-inspuiting in de nabije en verre toekomst	194
8.1	Nieuwe ontwikkelingen bij Robert Bosch GmbH	194
8.1.1	De continue centrale inspuiting (ZEK)	196

1 Historische ontwikkeling van de benzine-inspuiting

Tussen 1893 en 1897 ontwikkelde Rudolf Diesel de dieselmotor; de inspuitinstallatie en de latere inspuitpompen van dit type motor zijn al sinds vele tientallen jaren bekend. Inspuitpompen voor ottomotoren van auto's werden echter pas eind veertiger jaren in racemotoren en later ook in serie-auto's populair. De geschiedenis van de benzine-inspuiting gaat echter even ver terug als die van de dieselinspuitapparatuur. De voorzover bekend eerste in serie vervaardigde benzine-inspuiting werd al in 1898 op de stationaire benzinemotoren van Deutz toegepast.

De benzine-inspuiting werd belangrijk voor de mengselvorming van vliegtuigmotoren, omdat de ontwikkeling van carburateurs die voor het kunstvliegen geschikt waren, nog niet voldoende was voortgeschreden. Al in 1912 startten de eerste proeven van Robert Bosch met benzine-inspuiting, in 1914 volgde de Duitse carburateurfabriek Pallas, terwijl uiteindelijk in 1925 in Amerika de inspuitcarburateur van Bendix-Stromberg ontwikkeld werd. In het begin van de dertiger jaren werd door de firma Robert Bosch, waar intussen de productie van dieselinspuitpompen was begonnen, de ontwikkeling van een bruikbare benzine-inspuiting weer opgenomen. De tests van de fabrikanten van inspuitapparatuur waren destijds echter nog op de mengselvorming voor vliegtuigmotoren gericht.

Het eerste, zij het niet in de racesport uitgeteste, voertuig met benzine-inspuiting is waarschijnlijk een door de Italiaanse firma Moto-Guzzi in 1930 ontwikkelde racemotorfiets met viertaktmotor geweest; deze installatie was bovendien nog van een elektrische sturing voorzien.

Aan het eind van de veertiger, begin vijftiger jaren vond vervolgens de geforceerde ontwikkeling van de afzonderlijk aangedreven inspuitinstallatie voor serie-auto's plaats. Het is verbazingwekkend, dat eerst auto's in de lagere prijsklassen ermee werden uitgerust, zoals de tweecilinder tweetaktmotoren met een cilinderinhoud van 600 tot 900 cm³ van Goliath, later ook de 1100 cm³ viertaktmotor van Goliath en de kleine tweetaktmotoren van Gutbrod. Borgward paste benzine-inspuiting toe op zijn 1500 RS-raceauto, die o.a. met Stirling Moss achter het stuur aanzienlijke successen boekte.

Daimler-Benz zorgde voor het doordringen van de benzine-inspuiting in de hogere voertuigklassen en wel met een Bosch-installatie voor directe inspuiting in de legendarische Mercedes-Benz 300 SL.

Daarop volgden andere serie-auto's van Mercedes-Benz: tot 1968 werden deze met Bosch-lijnpompen uitgerust. Behalve Bosch fabriceerden ook Kugelfischer/Schäfer, Simms, Scintilla en Lucas benzine-inspuitinstallaties, om slechts de belangrijkste firma's te noemen.

Toonaangevend waren de proeven van de Amerikaanse firma Bendix aan het eind van de vijftiger jaren. Zij hadden tot doel om de benzine-inspuiting onafhankelijk van vreemde aandrijving elektronisch te sturen. De resultaten van dit ontwikkelingswerk werden door Robert Bosch GmbH gekocht. Reeds in het begin van de zestiger jaren draaide in dit bedrijf de eerste proefmotor met een elektronische brandstofinspuiting. In september 1966 werd deze in serieproductie genomen en ingebouwd in de Volkswagen 1600 E. In betrekkelijk korte tijd verdrong de elektronische benzine-inspuiting, nu bekend onder de naam D-Jetronic, de inspuitpompen met afzonderlijke aandrijving van de markt. Doorslaggevend daarbij was de intussen doorgevoerde uitlaatgaswetgeving en de verwachting dat de uitlaatgasemissie-eisen nog verder verscherpt zouden worden. Als alternatief voor de D-Jetronic werd door Robert Bosch GmbH een mechanische

benzine-inspuiting, eveneens zonder afzonderlijke aandrijving, ontworpen: de K-Jetronic. Het eerste serievoertuig dat hiermee werd uitgerust, was de Porsche 911 T in 1973.

De D-Jetronic behoort intussen al tot de autohistorie: zij is vervangen door de L-Jetronic, die in 1974 voor het eerst in de Opel Manta GTE in serieproductie werd genomen. In geringe aantallen wordt de D-Jetronic alleen nog in de Britse Jaguar XJ 12 ingebouwd. De essentiële onderdelen van de D-Jetronic zijn door Robert Bosch GmbH aan het Engelse Lucas verkocht. Lucas heeft daarop een op de D-Jetronic lijkende installatie met gewijzigde besturingstechniek op de markt gebracht. Nieuwe inspuittechnieken, zoals de inspuiting met enkelvoudige verstuurver van Pierburg GmbH & Co.KG, maar ook de continue of intermitterende centrale inspuiting van Robert Bosch GmbH, staan voor de deur. Maar ook deze systemen zullen de carburateur als conventioneel mengsysteem niet naar het automuseum verbannen. Ondanks de scepsis, die vaak ongegrond en dikwijls ook overdreven rond de carburateur hangt, valt dat stellig niet te verwachten. Bij een verdere verscherping van de uitlaatgaswetgeving, die reeds is aangekondigd, zullen ook de benzine-inspuitssystemen door correctiemechanismen bijgestuurd moeten worden, om nog aan de wettelijke eisen ten aanzien van de uitlaatgassamenstelling te kunnen voldoen. Een voorbeeld hiervan is de door Robert Bosch GmbH ontwikkelde lambdasonde; de lambdaregeling valt echter bij de carburateur evengoed te verwezenlijken en zij garandeert dan een met de inspuiting vergelijkbare geringe uitlaatgasuitstoot van de verbrandingsmotor. Daarom, en zeker ook vanwege de lagere fabricagekosten van de carburateur, zullen beide carburatiesystemen de automotor nog vele tientallen jaren van mengsel blijven voorzien.

2 Natuurkundige grondslagen van de mengselvorming

2.1 De samenstelling van het uitlaatgas

De ontwikkeling van voertuigmotoren en de bijbehorende carburatiesystemen zijn tegenwoordig niet meer los te zien van het probleem van de uitlaatgaszuivering.

Door de verbranding van brandstoffen in de ottomotoren ontstaan uitlaatgassen van de volgende samenstelling:

kooldioxyde	(CO ₂)
koolmonoxyde	(CO)
waterdamp	(H ₂ O)
zuurstof	(O ₂)
stikstof	(N)
stikstofoxyden	(N _x O _y)
waterstof	(H ₂)

Verder bevatten de uitlaatgassen nog:

- onverbrande koolwaterstoffen
- loodoxyde uit de benzinetoevoegingen
- zwaveloxyde uit de benzineverontreinigingen

In deze opsomming gelden als bijzonder giftig: koolmonoxyde, de stikstofoxyden en de lood- en zwaveloxyden. Een zware belasting van het milieu (smogvorming) ontstaat door de uitstoot van onverbrande koolwaterstoffen.

2.2 Uitlaatgaswetgeving

Het aandeel van de schadelijke bestanddelen in het uitlaatgas van voertuigen is wettelijk geregeld (Duitsland). Tegenwoordig gelden de volgende grenswaarden:

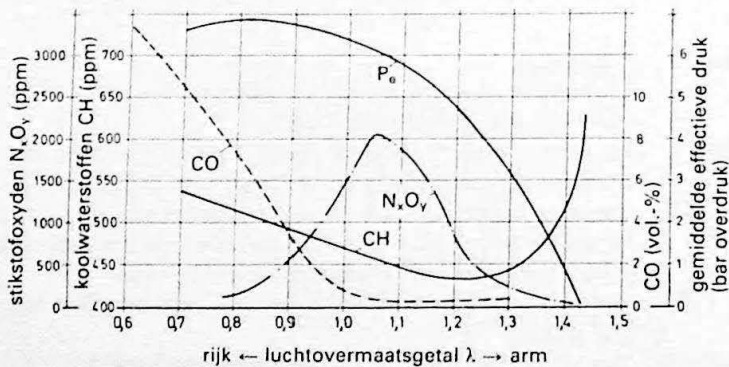
<i>ingangsdatum</i>	<i>maatregel</i>
1 januari 1969	Begrenzing van de carteremissie van CH tot 0,15 volumeprocent van het brandstofverbruik.
1 juli 1969	Keuring volgens type 2: begrenzing van de CO-uitstoot bij stationair draaiende motor tot een maximum van 4,5 vol-% CO.
1 oktober 1971	Keuring volgens type 1: begrenzing van de CO- en CH-uitstoot volgens het referentiegewicht van het voertuig, vastgesteld in de rijcycli volgens de Europa-test.
1 januari 1972	Begrenzing van het loodgehalte van benzine tot maximaal 0,4 g/liter.
1 oktober 1975	Verscherping van de keuring volgens type 1: <ul style="list-style-type: none"> – individuele keuring: 80–176 g CO per test – serievoertuigen: 96–211 g CO per test – individuele keuring: 6,8–10,9 g CH per test – serievoertuigen: 8,8–14,1 g CH per test.
1 januari 1976	Begrenzing van het loodgehalte van benzine tot maximaal 0,15 g/liter.
21 juni 1976	Alle voertuigen vallen onder de keuring volgens type 2.
1 oktober 1976	Verzegeling van het regelmechanisme voor het stationaire toerental.

- 1 oktober 1976 Meting van de NO_2 -uitstoot opgenomen in de keuring volgens type 1. Toelaatbaar zijn:
- individuele keuring: 10–16 g NO_x per test
 - serievoertuigen: 12–19,2 g NO_x per test.
- 1 oktober 1979 Verzwaring van de keuring volgens type 1:
- individuele keuring: 65–143 g CO per test
 - serievoertuigen: 78–172 g CO per test
 - individuele keuring: 6,0– 9,6 g CH per test
 - serievoertuigen: 7,8–12,5 g CH per test
 - individuele keuring: 8,5–13,6 g NO_x per test
 - serievoertuigen: 10,2–16,3 g NO_x per test.
- 1982
- individuele keuring en serievoertuigen: 30–48 g CO per test
 - maximaal 10 g CH + NO_x per test.

2.3 Mengselvorming

Het is de taak van een carburatiesysteem, of het nu een carburateur of een inspuitinstallatie betreft, om aan de door de motor aangezogen lucht zoveel brandstof toe te voegen, dat de motor onder alle bedrijfsomstandigheden een geschikt brandstofluchtmengsel toegediend krijgt. De aan de lucht toegevoegde brandstofhoeveelheid wordt bepaald door de stoichiometrische lucht-brandstofverhouding. Deze verhouding kenmerkt de toestand, waarbij het mengsel uit precies zoveel brandstof en lucht bestaat, dat de brandstof volledig kan verbranden. Naar gelang van de brandstofkwaliteit ligt de stoichiometrische verhouding ongeveer tussen 14 tot 14,8 kg lucht op 1 kg brandstof.

De in de autotechniek met λ (lambda) aangeduide mengverhouding krijgt bij een stoichiometrische waarde het luchtgetal (of luchtvermaatsgetal) $\lambda = 1$. Lucht-brandstofverhoudingen beneden $\lambda = 1$ hebben een tekort aan lucht, dat wil zeggen: het mengsel is rijk aan brandstof. Verhoudingen met $\lambda > 1$ hebben bij de verbranding een luchtoverschot: het brandstof-luchtmengsel is arm.



Figuur 2.1: Verloop van de schadelijke uitlaatgasbestanddelen als functie van het lucht-overmaatsgetal (lambda). Lambda is een maat voor de mengverhouding tussen brandstof en lucht. Hoe meer brandstof bijgemengd wordt, des te lager is de lambda, het mengsel wordt rijker. In het gebied van de maximale motorprestaties stijgen de CO-waarden sterk. In het voor het motorvermogen nog aantrekkelijke gebied rond $\lambda = 1,0$ is de uitstoot van stikstofoxyden maximaal, terwijl de CO-uitstoot betrekkelijk laag is. Bij sterke verarming van het mengsel, bijvoorbeeld bij het afremmen op de motor, schiet het aandeel van de onverbrande koolwaterstoffen omhoog (Pierburg GmbH & Co.KG).

De mengselverhouding waarbij $\lambda = 1$ is een geïdealiseerde waarde, die niet voor elke bedrijfsomstandigheid van de motor geschikt is. Men streeft naar een luchttekort, dus $\lambda < 1$, bij stationair bedrijf in verband met een gelijkmatig draaien van de motor, en bij vollast uit overwegingen van motorprestaties. Anderzijds kan uit zuinigheidsoverwegingen (lager brandstofverbruik) in het deellastgebied een luchtoverschot, dus $\lambda > 1$, wenselijk zijn.

Van belang is echter niet alleen de correcte toevoeging van de brandstof aan de aangezogen lucht. Even belangrijk is de fijne verstuviging van de aangezogen of ingespoten brandstof en de innige vermenging van brandstof en lucht. Alleen daardoor kan een homogeen brandstof-luchtmengsel ontstaan, dat optimale motorprestaties garandeert en ervoor zorgt dat de uitlaatgasuitstoot beneden de wettelijk voorgeschreven grenswaarden blijft.

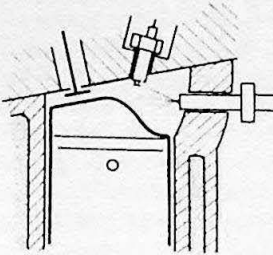
Aan deze eisen voldoen de huidige carburatiesystemen onberispelijk. Daarbij hebben carburateurmotoren het voordeel van een langere weg, die door het mengsel moet worden afgelegd, waardoor een goede homogenisering mogelijk is, terwijl bij inspuitsmotoren vanwege de kortere mengweg in het algemeen een hogere vullingsgraad mogelijk is, wat tot een hoger vermogen per liter cilinderinhoud en een grotere elasticiteit van de motor kan leiden. Ook de respons op het gaspedaal bij koude motor is in het algemeen bij een inspuitsmotor beter dan bij een carburateurmotor.

3 Inspuitmethoden

Omdat bij benzinemotoren het brandstof-luchtmengsel door een aparte vonk ontstoken wordt, moet ofwel intermitterend (onderbroken) tijdens de zuigslag van de motor, ofwel continu (ononderbroken) bij draaiende motor worden ingespoten. Intermitterende inspuiting kan in het inlaatspruitstuk, in het inlaatkanaal of in de vorm van directe inspuiting plaatsvinden, terwijl continue inspuiting alleen als spuitstukinspuiting geschikt is.

3.1 Directe inspuiting

Het kenmerk van de directe inspuiting is, dat de verstuiver bovenin of zijdelings in de cilinderkop is ondergebracht en rechtstreeks in de verbrandingskamer van de motor steekt. De inspuiting vindt tijdens de aanzuigslag van de motor intermitterend plaats.

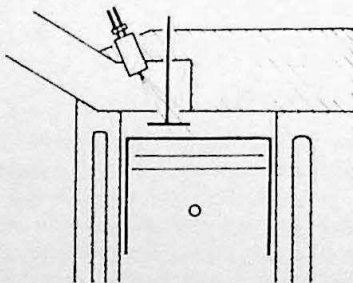


Figuur 3.1: Schematische voorstelling van de directe inspuiting (Leyhausen)

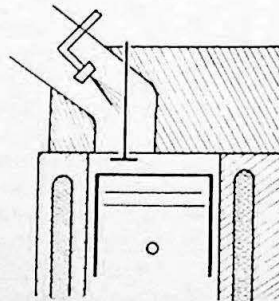
Deze opstelling, die overwegend in de racemotorenbouw wordt toegepast, garandeert een maximale vulling door het ontbreken van een mengtraject. De ontwikkelde prestaties van de verbrandingsmotor zijn bij dit systeem het grootst, hoewel door het afwezige mengtraject geen optimaal homogeen mengsel totstandkomt. Hierom kunnen met de directe-inspuitmethode de grenswaarden van de uitlaatgaswetgeving slechts moeilijk bereikt worden. Bovendien hebben motoren met directe inspuiting bij thermisch ongunstige omstandigheden de neiging tot smeerolieverdunding.

3.2 Inspuiting in het inlaatkanaal

De methode van inspuiting in het inlaatkanaal in de cilinderkop is succesvol toegepast bij een aantal seriemotoren van Daimler-Benz. De verstuiver is bovenin



Figuur 3.2: Schematische voorstelling van de inspuiting in het inlaatkanaal (Leyhausen)



Figuur 3.3: Schematische voorstelling van de tegenwoordig gebruikelijke inspuiting in het inlaatspruitstuk (Leyhausen)

de cilinderkop ingebouwd en spuit tijdens de zuigslag van de motor intermitterend op de geopende inlaatklep.

Hoewel zo een goede vullingsgraad van de motor wordt bereikt, is ook hier het mengsel door het korte mengtraject niet optimaal homogeen, zodat deze methode zich bij de gangbare benzine-inspuitssystemen niet heeft doorgezet.

3.3 Inspuiting in het inlaatspruitstuk

Reeds de vroegste benzine-inspuitinstallaties rond de eeuwwisseling waren als spruitstukinspuitssystemen ontworpen. Hierbij steken de verstuivers in het inlaatspruitstuk van de motor. De inspuiting kan intermitterend of continu geschieden. Vergeleken met de inspuiting in het inlaatkanaal, is het mengtraject langer en het brandbare mengsel dus homogener, zodat behalve een goede cilindervulling ook een gemakkelijk beheersbare uitlaatgasemissie mogelijk is. Alle tegenwoordig gangbare inspuitssystemen werken op basis van spruitstukinspuiting.

4 Mechanische benzine-inspuiting met afzonderlijke aandrijving

4.1 Tweekamer-doseerpomp EP/ZEA 2 KL van Bosch

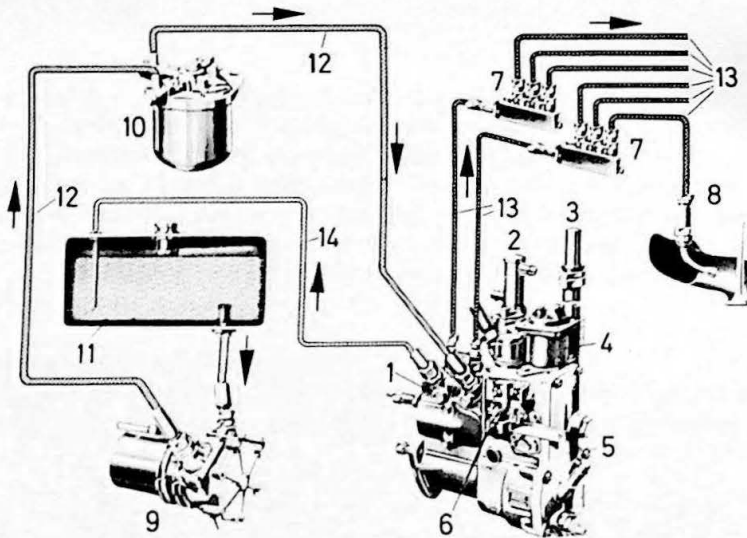
Het is de tweekamer-doseerpomp van Bosch geweest, vanaf 1958 standaard in de Daimler-Benz-modellen 220 SE en 300 SE ingebouwd, die de doorbraak van de benzine-inspuiting in de auto heeft ingeleid. Daarom kunnen we er niet omheen, enige aandacht – zij het kort – aan dit systeem te wijden.

Het lagedrukcircuit van de inspuitinstallatie bestaat uit:

- 1 Benzinetank met groffilter
- 2 Elektrisch aangedreven brandstofopvoerpomp, uitgevoerd als schottenpomp
- 3 Brandstoffilter
- 4 Lagedrukleidingen

Het hogedrukcircuit van de inspuitinstallatie bestaat uit:

- 5 Tweekamer-doseerpomp met geïntegreerde centrifugaalregelaar en de nodige correctiemechanismen
- 6 Verdeler (twee stuks)
- 7 Verstuiver (zes stuks)
- 8 Hogedrukleidingen.



Figuur 4.1: Schema van de spuitstukinspuiting van Bosch voor de 220 SE en 300 SE van Daimler-Benz (Robert Bosch GmbH)

- | | |
|--|----------------------------|
| 1 Tweekamer-doseerpomp | 7 Brandstofverdeler |
| 2 Koelwaterthermostaat | 8 Verstuiver |
| 3 Aanzuigluchtthermostaat (alleen oudere typen) | 9 Elektrische schottenpomp |
| 4 Aantrekmagneet voor extra starthoeveelheid | 10 Brandstoffilter |
| 5 Centrifugaalregelaar | 11 Tank |
| 6 Kogelscharnier voor aansluiting van het stangenstelsel van het gaspedaal | 12 Lagedrukleidingen |
| | 13 Hogedrukleidingen |
| | 14 Retourleiding |

De dicht bij de tank opgestelde elektrische brandstofpomp wordt door het inschakelen van de ontsteking in bedrijf gesteld. Deze zuigt met een geringe overdruk de brandstof via een groffilter uit de tank en pompt deze vervolgens via het hoofdfilter naar de doseerpomp. Bij niet-draaiende motor stroomt de brandstof vanaf de zuigzijde van de pomp via een retourleiding terug naar de tank. Door de lengte van de retourleiding en door het op elkaar afstemmen van de boringen van de zuig- en persopeningen van de pomp, ontstaat in de zuigkamer van de pomp een stuwdruk van ongeveer 0,65 bar overdruk.

De stuwdruk en de continue brandstofkringloop hebben een koelend effect op de onderdelen van de pomp en verhinderen bij warme motor het ontstaan van mogelijke dampbelletjes. Omdat deze pomp volgens het principe van de zuigkamer-spoeling werkt, vervalt de gebruikelijke overdrukklep.

De tweekamer-doseerpomp vormt met de geïntegreerde centrifugaalregelaar en de correctiemechanismen één geheel. Elk pompelement is via de uitlaatpoort met een verdeler verbonden, want de door één kamer geleverde brandstofhoeveelheid moet over drie cilinders verdeeld worden. Elk van de drie uitlaatboringen van de verdeler is van een smoring voorzien, die de brandstof moet passeren om de verstuivers te kunnen bereiken. De aandrijving van de nokkenas van de pomp wordt door de motor verzorgd met een toerentalverhouding van 1 : 2. Door twee tweevoudige nokken op de pompas wordt per cilinder en per arbeidslag van de motor tweemaal ingespoten.

De aldus in het inlaatspruitstuk opgeslagen brandstofhoeveelheid wordt door de hoge stromingssnelheid zeer goed met de aangezogen lucht vermengd, zodat bij het openen van de inlaatklep een zeer homogeen mengsel wordt aangezogen.

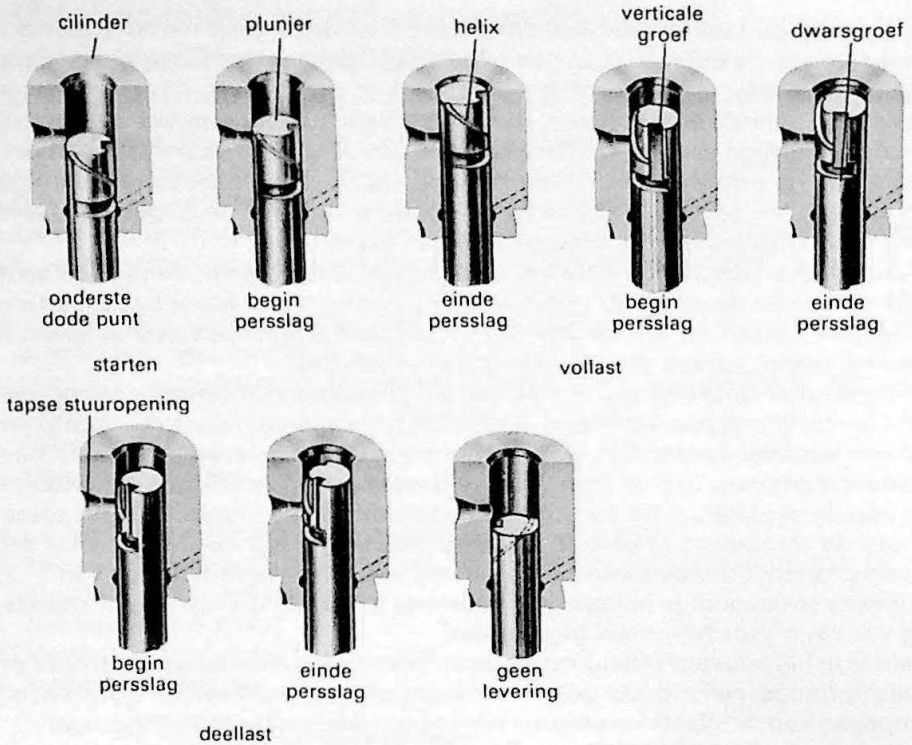
De mechanische tweekamer-doseerpomp bestaat uit de volgende onderdelen:

- 1 Een gegoten pomphuis
- 2 Een nokkenas met tweevoudige nokken
- 3 Rollenstoters
- 4 Pompelementen (pompkamers met plunjers)
- 5 Perskleppen
- 6 Regelhulzen
- 7 Regelstang
- 8 Plunjerveren.

De hoeveelheidsregeling van de geleverde brandstof vindt plaats door stuurranden die bovenin elke plunjer van een pompelement zijn uitgefreesd. De stuurrand zorgt voor een variatie van het beginpunt van de levering. Bij maximaal debiet zal door de vroeger afgeregelde stuuropening slechts een kleine loze slag gevolgd worden door een lange persslag, terwijl bij stationair draaien de loze slag relatief groot is en de brandstoflevering later begint. Het inspuitbegin varieert dus, terwijl het eindpunt van de inspuiting constant is: het inspuiteinde wordt namelijk gestuurd door de rechte dwarsgroef in de plunjer.

De plunjers in de pompelementen moeten worden gesmeerd, omdat de smerende werking van de benzine onvoldoende is. Bovendien moet de vanuit het nokkenashuis verzorgde oliesmering voorkomen, dat benzine langs de plunjers in het nokkenashuis lekt. Dat gebeurt door twee in de pompcilinder gedraaide ringvormige groeven. De bovenste groef is via een boring met de zuigkamer van de pomp verbonden, zodat lekbenzine tijdens de persslag kan terugstromen. In de onderste groef heerst de druk van het smeersysteem van de motor. Omdat deze oliedruk hoger is dan de brandstofdruk in de zuigkamer van de pomp, geraakt een klein deel van de oliehoeveelheid die voor de smering van de plunjers bestemd is, in het brandstofgedeelte van de pomp, waardoor tevens een betrouw-

Inspuiting met afzonderlijke aandrijving



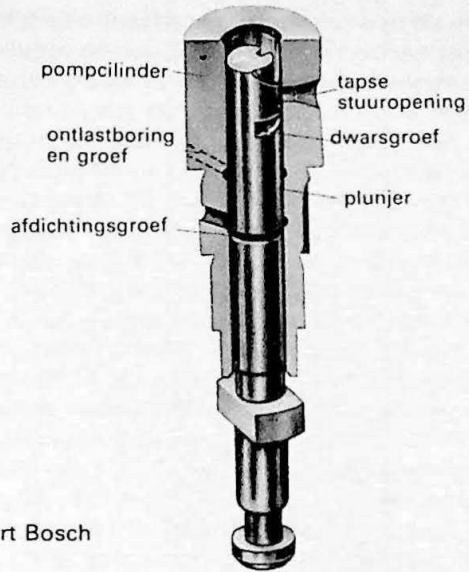
Figuur 4.2: Opbouw en werking van het pompelement, waarbij de plunjer afhankelijk van de vereiste brandstofhoeveelheid een bepaalde stand in de cilinder inneemt (Robert Bosch GmbH)

bare afdichting tegen lekbenzine bereikt is. Als extra beveiliging is de doseerpomp uitgerust met een terugslagklep vóór de olieafdichtingen. Daardoor wordt voorkomen, dat bij het dalen van de oliedruk van de motor, brandstof in het smeersysteem van de motor zou terechtkomen.

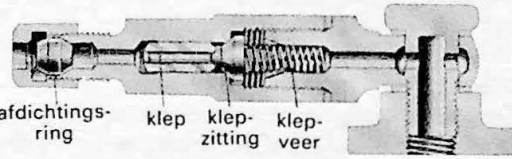
De perskleppen van deze doseerpomp zijn uitgevoerd als vereffeningsskleppen, dat wil zeggen dat bij deze kleppen de grootste geleverde brandstofhoeveelheid bij elk toerental overeenkomt met de feitelijke brandstofbehoefte van de motor. De eigenlijke klep rust met zijn cilindrisch deel (schacht) in een klepdrager en staat onder voorspanning door een instelbare veer. Als bij de persslag de klep gelicht is, stroomt de brandstof in een door de plunjer gedichte hoeveelheid via boringen in de schacht naar de persleiding. Aan het eind van de inspuitsduur is de druk in de perskamer lager dan in de persleiding, zodat de klep onder invloed van de veer wordt gesloten.

De door de verdeler voor elke cilinder afgemeten brandstofhoeveelheid wordt door de verstuiers in het inlaatspruitstuk gespoten. De verstuiers zijn op de inlaatklep van elke cilinder gericht. De verstuiers gaan naar buiten toe open, waardoor een fijnere verneveling van de brandstof wordt bereikt. De openingsdruk van de verstuiers bedraagt ongeveer 15 bar overdruk.

Het afstemmen van het brandstofdebiet op de aangezogen luchthoeveelheid gebeurt met de regelaar. Dit onderdeel wordt ook wel mengselregelaar genoemd, omdat deze door zijn wijze van functioneren de motor van een brandstof-luchtmengsel voorziet, dat afhankelijk van de bedrijfstoestand van de motor steeds de juiste samenstelling heeft. Bij de tweekamer-doseerpomp wordt een centrifu-



Figuur 4.3: Pompelement met oliesper (Robert Bosch GmbH)



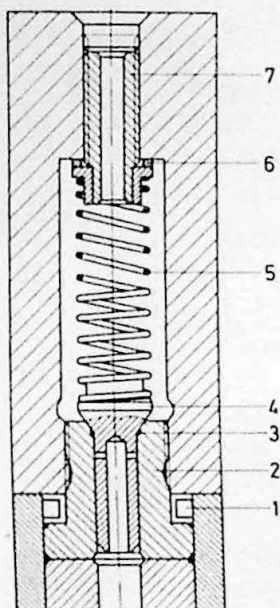
Figuur 4.4: Terugslagklep voor de oliesper (Robert Bosch GmbH)

gaalregelaar toegepast, die afhankelijk van de temperatuur van de aangezogen lucht en het koelwater door extra bijstelmechanismen wordt gecorrigeerd. Als verdere correctiegrootte wordt de geografische hoogte gebruikt; daartoe is een membraandoos toegevoegd.

De correctie van de in te spuiten brandstofhoeveelheid naar gelang van de aanzuigluchttemperatuur vindt plaats door een aanzuigluchtthermostaat, die een rechtstreekse invloed heeft op de stand van de regelstang. Ook het membraan voor de hoogtecorrectie staat met de regelstang in verbinding: daalt de luchtdruk dan wordt de regelstang zo versteld, dat het mengsel magerder wordt. Terwijl de correcties van aanzuigluchttemperatuur en luchtdruk een cumulatief effect op de regelaar hebben, vindt de correctie van de koelwaterthermostaat onafhankelijk hiervan plaats.

Bovendien bepaalt de koelwaterthermostaat de stand van de extraluchtschuif, waarvan de doorlaat tijdens het warmlopen van de motor steeds verder verkleind wordt, tot zij bij ongeveer 65 °C geheel gesloten is. Daarnaast trekt de koelwaterthermostaat bij toenemende koelwatertemperatuur de regelstang iets terug, waardoor de extra brandstofhoeveelheid die tijdens het warmlopen nodig is, wordt afgeregeld. Als startinrichting dient een aantrekmagneet die in de startmotorkring is opgenomen en die tijdens het starten de regelstang in de stand van maximaal debiet duwt.

In de naaf van de regelaar zijn axiaal ten opzichte van de nokkenas, drie regelveren ondergebracht. Zij zijn afzonderlijk instelbaar, zodat een goede aanpassing van het debiet aan de aangezogen luchthoeveelheid mogelijk is. De beweging van de centrifugaalgewichten, die van de veerkracht van deze veren afhankelijk



Figuur 4.5: Persklep (Robert Bosch GmbH)

- 1 Afdichting
- 2 Klepdrager
- 3 Klepzitting
- 4 Klep
- 5 Klepveer
- 6 Afstandsring
- 7 Stelschroef

is, wordt via de regelhuizen en het hefboomsysteem op de regelstang overgebracht.

De gasklep regelt de door de motor aangezogen hoeveelheid lucht. Deze gasklep is via een stangenstelsel met de stelhefboom van de regelaar verbonden.

Dit regelsysteem werd gedurende vele jaren in serie gebouwd. Toch bleek op den duur de nauwkeurigheid van de aanpassing onvoldoende. Daar kwam nog eens de te verwachten uitlaatgaswetgeving bij. Daarom begon de Robert Bosch GmbH regelaars met zgn. ruimtelijke nokken te ontwikkelen. Bovendien werd duidelijk, dat hogere prestaties gehaald konden worden door het toepassen van meerkamerpompen.

4.2 Zeskamer-inspuitpomp PES 6 KL van Bosch

Inspuitpompen van het PES 6 KL-type werden bij Daimler-Benz in de modellen 230 SL, 250 SE, 250 SL, 280 SE en 280 SL als mengselvormers ingebouwd.

De principiële opbouw van het lagedrukcircuit is gelijk aan de hiervoor beschreven installatie met tweekamerpomp. Ook de functie en opbouw van de pompelementen en de afdichting tegen lekbenzine is identiek met die van de tweekamerpomp. De PES 6 KL-inspuitpompen hebben echter een pompelement per motorcilinder.

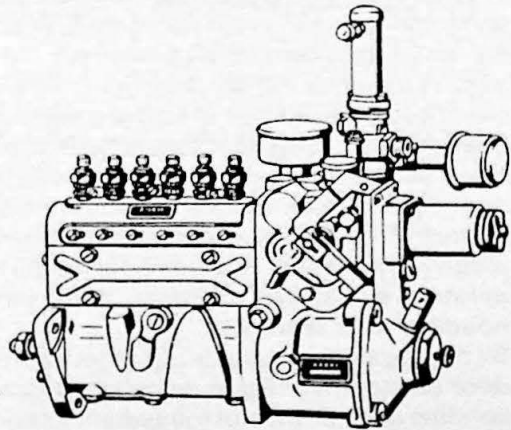
Bij de genoemde Daimler-Benz-auto's is de verstuiver bovenin de cilinderkop ondergebracht. Er wordt intermitterend, bijna direct, door het inlaatkanaal op de geopende inlaatklep ingespoten. Dit procédé heeft dan ook niet het nadeel van de directe inspuiting, namelijk dat de smeerolie verdund raakt doordat de brandstofstraal tegen de cilinderwand terecht komt, terwijl anderzijds bijna dezelfde prestaties kunnen worden gehaald als bij directe inspuiting. De openingsdruk van de verstuivers is afgesteld op een waarde van ongeveer 15–18 bar overdruk; de verstuivers gaan naar buiten toe open. Zij zijn niet demonteerbaar en moeten in geval van schade als één geheel worden vervangen.

Speciale aandacht bij deze pompen verdient de regeling, die niet meer plaatsvindt door middel van schijven met een conventioneel nokprofiel en stoters, maar door een zgn. ruimtelijke nok.

Een ruimtelijke nok is een asymmetrische cilindrische schijf, waarin aan de omtrek een in radiale en axiale richting verlopende driedimensionale nokbaan verwerkt is. In het verloop van deze baan is de karakteristiek van de motor verwerkt. De baan wordt door een rol afgetast, die via een stangenstelsel met de regelstang (tandheugel) van de inspuitpomp verbonden is. De verplaatsing van de ruimtelijke nok in axiale richting vindt afhankelijk van het toerental plaats, onder invloed van de centrifugaalgewichten, waarvan de veren onafhankelijk van elkaar kunnen worden afgesteld. Afhankelijk van de belasting vindt bovendien via een hefboomstelsel een verdraaiing van de ruimtelijke nok plaats, overeenkomstig de stand van het gaspedaal. Uit de toerentalafhankelijke verschuiving en de lastafhankelijke verdraaiing resulteert in het snijpunt een aftastbare motor-karakteristiek, in overeenstemming met de dan heersende bedrijfstoestand van de motor. Daardoor is een exacte dosering van de brandstofhoeveelheid mogelijk, temeer daar met behulp van het gaspedaal ook nog eens de positie van de gasklep en daarmee de aangezogen luchthoeveelheid, geregeld wordt.

Ook deze inspuitpompen zijn van een startmagneet voorzien, die de regelstang tijdens het starten naar de stand van maximaal debiet verschuift. De extra elektromagnetisch bediende startklep wordt door de brandstofpomp direct van brandstof voorzien. Beneden een bepaalde koelwatertemperatuur wordt, gestuurd door een temperatuur-tijdschakelaar, tijdens het starten door de startklep extra brandstof in het spruitstuk gespoten. Deze extra brandstofhoeveelheid vermengt zich daar reeds als starthulp met de aangezogen stationaire- en extra-luchthoeveelheid.

De tijd- en temperatuurafhankelijke sturing van de startklep voorkomt dat de motor zou 'verzuipen' als deze niet binnen een bepaalde tijd aanslaat. Juist als de tweekamerpomp, is ook de zeskamerpomp uitgerust met een koelwaterthermostaat. Deze stuurt de extra-luchtschuif en zorgt bij koude motor voor een rijk mengsel.



Figuur 4.6: Zeskamer-inspuitpomp (Robert Bosch GmbH)

4.3 Dubbelrijige zeskamer-inspuitpomp PED 6 KL van Bosch

Voor de seriemotoren van de Porsch 911 moest een extra korte inspuitpomp ontwikkeld worden in verband met de plaatsruimte. Zo ontstond de dubbelrijige zeskamerpomp, die in wezen slechts van de PES 6 KL-pomp verschilt door de plaatsing van de pompelementen in een dubbele rij.

Beide delen van een pompelement worden via rondsels en regelmoffen door een dubbelzijdig vertande regelstang bediend. Daardoor werden links- én

rechtsdraaiende pompelementen en plunjerveren noodzakelijk. De rijen zijn in langsrichting een halve elementafstand ten opzichte van elkaar verschoven, omdat er anders onvoldoende plaats zou zijn voor de nokbediening van de plunjers. De brandstof wordt door een elektrisch aangedreven rollenpomp, die zich onder de tank bevindt, via een fijnfilter naar de zuigkamer van de inspuitpomp getransporteerd. Door het zeer hoge pompdebiet van ongeveer 100 liter per uur ontstaat in de zuigkamer van de inspuitpomp een brandstofoverschot. Dit overschot wordt via het filter en een overstroomklep terug naar de tank geleid. Door de continue brandstofkringloop wordt warmte afgevoerd, zodat dampbelvorming in de leidingen en de zuigkamer van de pomp zo goed als vermeden wordt. Door de overstroomklep wordt een systeemdruk van ongeveer 0,8 bar overdruk in stand gehouden.

Omdat zoals bekend de Porschemotoren luchtkoeling hebben, is een koelwaterthermostaat afwezig. In plaats daarvan is op het deksel van de regelaar een warmeluchtthermostaat gemonteerd. Verder draagt dit deksel de start- en stopmagneeten.

De mechanische mengselregelaar is juist als bij de PES 6 KL-pomp met een ruimtelijke nok uitgerust. Voor het starten van de motor is een extra brandstofhoeveelheid nodig, die wordt verkregen doordat de uitslag van de startmagneet via een hefboom direct de regelstang verplaatst. Deze startmagneet wordt via een relais door een tijdschakelaar en door twee temperatuur-tijdschakelaars gestuurd. Afhankelijk van de temperatuur schakelt de tijdschakelaar de startmotor per starthandeling gedurende twee seconden in. Bij temperaturen tussen $+2^{\circ}\text{C}$ en -25°C wordt deze inschakeltijd door de temperatuur-tijdschakelaar I naar verhouding verlengd. Bij temperaturen beneden -10°C wordt door de temperatuur-tijdschakelaar II een extra koudestartinrichting bediend en wel door het aansturen van een op de systeemdruk aangesloten magneetklep. Deze extra koudestartinrichting bestaat uit twee boven de inlaatspruitstukken in het luchtfilter aangebrachte nauwe leidingen, waarin boven elk spruitstuk een kleine boring is aangebracht. Wordt nu via de temperatuur-tijdschakelaar II de magneetklep bediend, dan stroomt onder systeemdruk brandstof door deze leidingen, waardoor een extra startinspuiting plaatsvindt.

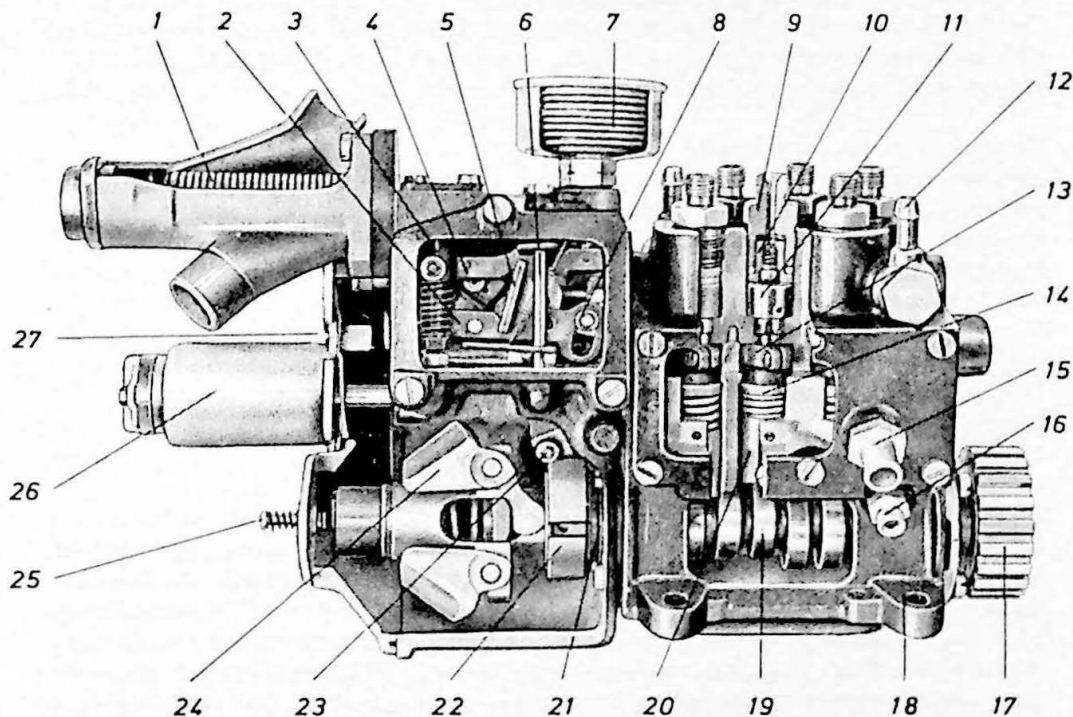
Voor het tijdens het warmlopen van de motor vereiste rijke mengsel zorgt de warmloopthermostaat. In koude toestand neemt deze een bepaalde stand in, die door de regelstang wordt gevolgd. Het zo ontstane rijkere mengsel moet, naarmate de motor warmer wordt, geleidelijk aan magerder worden. Dat gebeurt door de bimetalen schijven van de warmloopthermostaat, die in de warmeluchtstroom uit de warmtewisselaars van de motor geplaatst zijn; door hun beweging zorgen zij voor een verschuiving van de regelstang, zodat bij toenemende temperatuur een steeds magerder mengsel ontstaat totdat de normale mengverhouding weer is bereikt.

Bij het decelereren van de auto (het afremmen op de motor) wordt de regelstang door de stopmagneet in de nulstand gezet: de motor krijgt onder deze bedrijfsconditie geen brandstof toegediend. Kenmerkend voor het decelereren zijn hoge motortoerentallen bij gesloten gasklep. Een toerentalschakelaar meet het motortoerental. Ligt dit boven 1500 per minuut bij gesloten gasklep (en dus gesloten microscharakelaar op het gasklepstangenstelsel), dan wordt het nuldebiet ingesteld. Daalt het motortoerental onder de 1300 omwentelingen per minuut dan wordt de stroomtoevoer naar de stopmagneet door de toerentalschakelaar onderbroken, ook als de microscharakelaar nog gesloten is. De stopmagneet laat de regelstang los, zodat de motor bij een verdere daling van het toerental blijft draaien tot het stationair toerental is bereikt. De voor de hoogtecorrectie ingebouwde membraandoos werkt als bij de PES 6 KL-pomp.

Ook de functie van de verstuivers is gelijk aan die van de Daimler-Benz-installatie, inclusief de openingsdruk. Alleen de vorm van de verstuiverhouder en de schroefdraad zijn verschillend.

4.3.1 Controleren en afstellen van benzine-inspuitpompen

Voordat de benzine-inspuitpomp kan worden gecontroleerd en afgesteld, moeten de volgende elementen overeenkomstig de voorschriften van de motorfabrikant zijn afgesteld: de compressiedruk van alle cilinders, onberispelijk ingestel-



Figuur 4.7: Dubbelrijige inspuitpomp van Bosch voor de Porsche 911 (Robert Bosch GmbH)

- | | | | |
|----|---------------------------------------|----|---|
| 1 | Temperatuurvoeler | 16 | Toevoerleiding voor motorolie |
| 2 | Correctiehefboom | 17 | Aandrijf wiel van de pomp |
| 3 | Verbindingsmof voor temperatuurvoeler | 18 | Bevestigingsflens |
| 4 | Schommel | 19 | Nokkenas |
| 5 | Drukstang | 20 | Rolstoter |
| 6 | Geleidedift | 21 | Drukveer voor ruimtelijke nok |
| 7 | Hoogtecorrectie | 22 | Ruimtelijke nok |
| 8 | Geleiding | 23 | Tastrol |
| 9 | Aansluiting voor inspuitleiding | 24 | Centrifugaalgewicht van toerentalregelaar |
| 10 | Persklep | 25 | Stelschroef van het stationair toerental |
| 11 | Pompelement | 26 | Stopmagneet |
| 12 | Brandstoftoevoer | 27 | Opening voor het bereiken van de regelstang |
| 13 | Tandsegment | | |
| 14 | Plunjerveer | | |
| 15 | Retourleiding voor motorolie | | |

de klepspel, instelling van de voorgeschreven sluihoek van de onderbreker en van het ontstekingstijdstip, probleemloos functioneren van alle onderdelen van de batterij-ontsteking. Reparatie en basisafstelling van deze pomptypen vinden tegenwoordig niet meer plaats in werkplaatsen en Bosch-servicestations. In geval van storingen moeten de pompen gedemonteerd worden en via een Bosch-agent naar de fabriek in Stuttgart worden opgestuurd. Reparatiewerkplaatsen met klanten, die nog over zulke pomptypen beschikken, kan slechts worden aangeraden om de betreffende pompen uit sloopauto's te demonteren, zodat deze tijdens de duur van de reparatie in Stuttgart, aan de klant tegen een vergoeding kunnen worden uitgeleend.

De afstelling van de uitlaatgassamenstelling bij stationair draaien kan echter in elke werkplaats geschieden met behulp van een geijkte uitlaatgastester. Het afstellen vindt plaats met behulp van de stationaire stelschroef 25 in figuur 4.7.

Controle van de verstuivers

Een betrouwbare controle van de verstuivers kan alleen met behulp van een testbank voor diesilverstuivers plaatsvinden. Daarbij moet een zelf vervaardigd verloopstuk voor de schroefdraad worden gebruikt.

Eerst moeten de verstuivers worden gespoeld door de testbankhefboom met de hand snel heen en weer te bewegen. Daarna moet bij een langzame, maar gelijkmatige bediening van de hefboom de brandstofstraal onder de voorgeschreven hoek en in fijn vernevelde vorm uit de verstuiver spuiten. Een beoordelingscriterium is het van de diesilverstuivers bekende 'snorren'. In het algemeen ligt de openingsdruk van de verstuivers bij ongeveer 15 bar overdruk.

4.4 Inspuiting bij sport- en racewagens

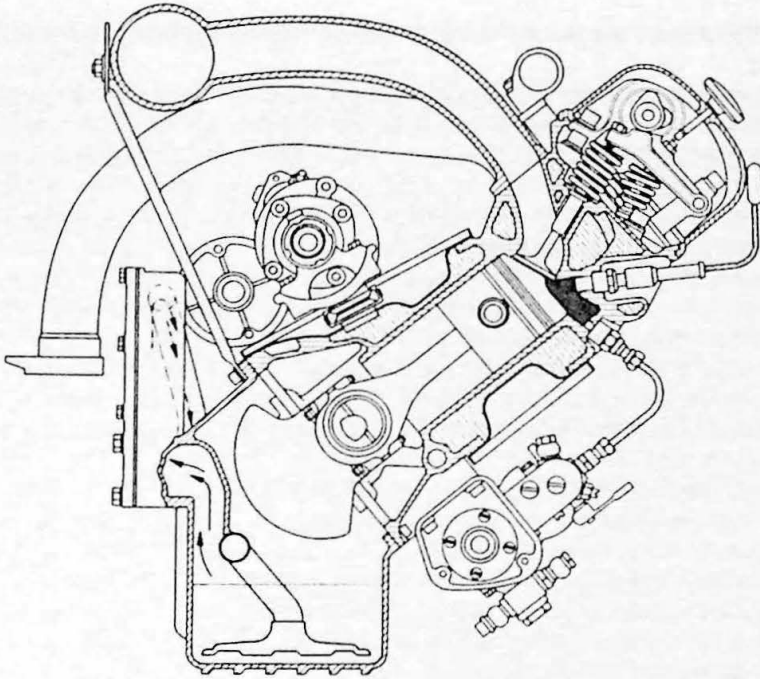
De Porsche 911 was de laatste in serie gebouwde sportwagen met een mechanische benzine-inspuiting van Bosch, waarbij de brandstofdosering plaatsvond met behulp van een plunjerpomp. Alleen de door Bosch opgekochte Schäferbenzine-inspuiting wordt nog in serie toegepast en wel in de Peugeot 504.

Vele Duitse en andere merken hebben hun serievoertuigen met de D-, K- en L-Jetronic uitgerust in plaats van de pompinspuiting. De D- en L-Jetronic zijn echter geen mechanische inspuitssystemen.

Op beperkte schaal wordt in sportwagens en in speciaal opgevoerde auto's ook nog van de Zenith-inspuiting van de firma Pierburg GmbH & Co KG gebruik gemaakt.

Ook in de verre toekomst zullen voor de racewagenbouw nog de Bosch- en Schäfer-inspuitpompen worden toegepast. Terwijl in race-auto's vroeger de directe inspuiting domineerde, wordt tegenwoordig de voorkeur gegeven aan mechanische inspuiting in het inlaatspruitstuk. Bij de veelal boven de 10 000 toeren per minuut draaiende racemotoren kunnen alleen plunjerpompen het laatste restje vermogen te voorschijn halen, omdat carburateurs de bij deze motoren vereiste vullingsgraad niet meer aankunnen. Ook de mechanische K-Jetronic lukt het niet, de nagestreefde extreme vermogens uit de motoren te halen. Het vermogensverlies ten opzichte van de met een afzonderlijke inspuitpomp uitgeruste racemotoren kan bij de genoemde toerentallen tot 20% oplopen.

Dat ligt aan het feit, dat bij de K-Jetronic de stuwklep van de luchthoeveelheidsmeter door de aangezogen lucht verplaatst en opgehouden moet worden. Ook het gebruik van een L-Jetronic zou vanwege de luchthoeveelheidsmeter geen betere resultaten opleveren. Stellig kunnen vergelijkbare extreme vermogens alleen door de toepassing van een D-Jetronic worden gehaald, maar deze heeft tot op heden nog geen toepassing in de racewagenbouw gevonden.



Figuur 4.8: Motor van de Daimler-Benz 300 SL met directe inspuiting (Robert Bosch GmbH)

4.5 De benzine-inspuiting van Schäfer

De benzine-inspuiting van Schäfer, ook bekend als Kugelfischerbenzine-inspuiting, is door Robert Bosch GmbH opgekocht en wordt door deze firma geproduceerd en verkocht. Het is het enige benzine-inspuitstelsel met aparte inspuitpomp, dat tegenwoordig nog in een serie-auto wordt ingebouwd.

In de jaren 1971 tot 1975 waren de BMW 2000 tii, 2002 tii en 2002 Turbo en tot begin 1974 de Ford Capri 2600 RS met dit inspuitstelsel uitgerust. Verder beschikten de Italiaanse Lancia 1,8- en 2,0-litermotoren in enkele series over een Schäfer-inspuitstelsel. Het systeem werd voor het eerst in een Peugeot 404 uit Frankrijk ingebouwd en een verbeterde uitvoering treft men tegenwoordig nog aan in de Peugeot 504 Injection in de seriebouw aan.

Bij de Schäfer-inspuiting is sprake van een plunjerpomp, waarbij door variatie van de effectieve persslag het debiet geregeld wordt. Voor elke motorcilinder is er een apart pompelement, bestaande uit een pompcilinder en een gladde plunjer, alsook een zuig- en een persklep.

De plunjers worden door nokken, met een cirkelprofiel, van de pompnokkenas via vlakke stoters bediend; de plunjers zuigen via de zuigkleppen de brandstof aan en pompen deze via de perskleppen onder een relatief hoge druk naar de injectoren. De aandrijving van de pomp wordt uit de oliekringloop van de motor in smeerolie voorzien. Net als bij de pompen van andere systemen, zorgt een 'diesper' (een afdichting door oliedruk) ervoor, dat er geen lekbenzine in het cilinderhuis kan doordringen. Bij deze pomp met zuigerslagregeling voert de plunjer alleen de effectieve persslag uit. Naar gelang van de vereiste brandstofhoeveelheid wordt het inspuitbegin vervroegd, terwijl het inspuitende constant blijft. De grootte van de persslag wordt bepaald door een excentrisch gelagerde, eenarmige hefboom werkende regelstang, die met het vrije einde op een tas-

ter rust. Deze stift tast de op een ruimtelijke nok aangebrachte motorkarakteristieken af.

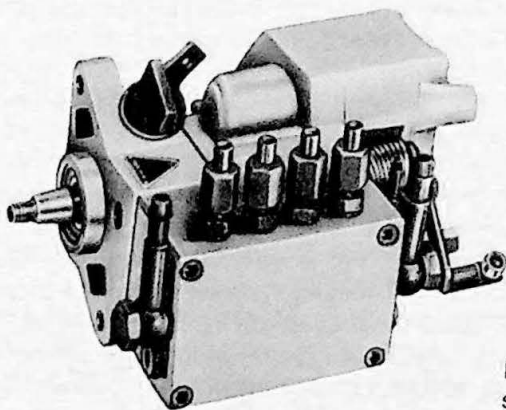
Zoals bij elke motor moet de regeling van de brandstofhoeveelheid plaatsvinden afhankelijk van de motorbelasting en het motortoerental. Voor de lastafhankelijke regeling is de ruimtelijke nok via een stangenstelsel met de gasklep verbonden, zodat de nok overeenkomstig de stand van het gaspedaal axiaal over de regelas verschoven kan worden. De toerenafhankelijke regeling gebeurt met een toerentalvoeler, die de regelnok via de regelas radiaal verdraait. De toerentalvoeler bestaat uit een draaiende holle cilinder waarin een permanente magneet is opgehangen. De met het toerental van de nokkenas roterende holle cilinder oefent op de permanente magneet een moment uit, dat in grootte afhankelijk is van het toerental. Tegengesteld aan dit draaimoment werkt de kracht van een spiraalveer, zodat bij elk toerental een bepaald evenwicht tussen magneet- en veermoment hoort. De regelnok en de permanente magneet zijn met elkaar verbonden door middel van een tandwielpaar.

Door de van de luchthoeveelheid afhankelijke axiale verschuiving van de ruimtelijke nok overeenkomstig de stand van het gaspedaal en door de van het toerental afhankelijke verdraaiing van de nok door de toerentalvoeler, volgt de taststift op de nok exact het snijpunt van de motorkarakteristiek, dat overeenkomt met de op dat moment heersende bedrijfstoestand van de motor. De beweging van de taststift wordt via de regelschommel op de plunjer overgebracht, waardoor de persslag naventant wordt begrensd.

De voor het starten en warmdraaien vereiste mengselverrijking kan met de hand gebeuren door het bedienen van een startklep of automatisch door toepassing van een koelwaterthermostaat. In beide gevallen wordt door het verstellen van de excentrische lagering de stand van de regelschommel gewijzigd.

De in het inlaatspruitstuk gemonteerde verstuurers openen naar buiten toe, bij een overdruk van ongeveer 30 bar, tegen de druk van een dubbele trekveer. De brandstof wordt vóór de openende inlaatklep ingespoten.

Het transport van de brandstof in het lagedruk-circuit vindt plaats door een elektrische tandwielpompe; deze zuigt de brandstof uit de tank, waarin zich een groef-filter bevindt. Door een regelklep in de brandstofpompe en een smoring in de retourleiding wordt de opvoerdruk in het lagedruksysteem op een constante waarde van 1,5 bar overdruk gehouden. De opvoerpompe is ruim gedimensioneerd. Het brandstofoverschot wordt via een retourleiding op de pompe en via een tweede leiding op het fijnfilter naar de tank teruggeleid, waardoor een permanente koeling van de zuigkamer van de pompe en van de brandstofleiding én een continue ontluchting van het systeem mogelijk is. Behalve het filter in de tank en het



Figuur 4.9: Inspuitpompe van de Schäfer-inspuiting, pompkamerzijde (Robert Bosch GmbH)

Inspuiting met afzonderlijke aandrijving

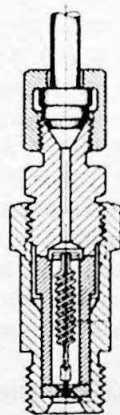
fijnfilter bevinden zich in de elektrische opvoerpomp en in de inspuitpomp ook nog brandstoffilters.

De door de firma Robert Bosch GmbH geproduceerde Schäferinspuiting voor de Peugeot 504 Injection is in verschillende constructieve opzichten verbeterd. Deze constructieve wijzigingen betreffen een automatische koudstart- en een warmdraai-inrichting.

De opbouw van de pomplichamen met plunjers en cilinders en van de zuig- en perskleppen is ongewijzigd gebleven, zodat ook hier de regeling van het pompdebiet via de variatie van de persslag plaatsvindt. Bij een variabel begin en een vast eind van de opvoerslag wordt de aanzuiging begrensd, zodat slechts de tevoren aangezogen hoeveelheid brandstof kan worden weggeperst. De excentrisch gelagerde regelschommel kan in de richting van de pompslag gevarieerd worden. Hierdoor wordt de onderste ruststand van de plunjer vastgelegd. Het vrije einde van de regelschommel rust via de taster op een hefboom, die de motorkarakteristiek overbrengt (principe van de ruimtelijke nok).

Ook hier vindt de regeling van de inspuihoeveelheid plaats door het aftasten van de hefboom door een kogelhouder, die in een kogelgeleiding verschuifbaar is opgehangen en vast met de regelzuiger verbonden is.

De pneumatische regelaar wordt door de regelzuiger met een membraanbalg gasdicht in een bovenste en een onderste kamer verdeeld. In de bovenste kamer heerst een mengdruk, die is samengesteld uit de onderdruk in het inlaatspruitstuk en de atmosferische druk; in de onderste kamer heerst de onder de gasklep in het spruitstuk aanwezige onderdruk. Afhankelijk van het zuigvermogen van de motor en de heersende mengdruk in de bovenste kamer neemt de regelzuiger een bepaalde stand in; deze stand is een maat voor de dosering van de vereiste brandstofhoeveelheid, overeenkomstig de aangezogen luchtmasa.



Figuur 4.10: Verstuur met trillend opgehangen dubbele veer, Schäfer-systeem (Robert Bosch GmbH)

Wanaf de ene kant van de hoogteregelaar (werkend volgens het membraandoos-
principe) wordt de doorlaat van een schuifklep gestuurd, die via een slang met
de bovenste kamer van de pneumatische regelaar in verbinding staat. De andere
zijde van de hoogteregelaar is via een boring en een slang met het inlaatspruit-
stuk verbonden. Op deze wijze wordt de stand van de regelzuiger, en daarmee de
inspuihoeveelheid, gecorrigeerd overeenkomstig de atmosferische druk, die
het resultaat is van de geografische hoogte en de momentele druk van de atmo-
sfeer.

Vanaf september 1976 is, overeenkomstig de ECE-bepalingen, de warmloophef-
boom van de pomp verzegeld, zodat deze niet meer onoordeelkundig versteld

kan worden. De wijziging van de stationaire basisafstelling (niet het stationaire toerental) en daarmee de beïnvloeding van de uitlaatgasuitstoot bij stationair draaien, blijft aldus voorbehouden aan de reparatiewerkplaatsen, die het recht hebben de verzegeling te verbreken. De voor een koude start vereiste extra hoeveelheid brandstof wordt tijdens het starten door een elektromagnetisch bediende koudestartklep in het spruitstuk ingespoten.

De voor het warmdraaien van de motor vereiste extra brandstof- en luchthoeveelheid wordt gestuurd door een in het koelsysteem opgenomen wasthermostaat; na een koude start zal door de continue, geleidelijke uitzetting van deze thermostaat de excentrische as van de regelschommel worden opgelicht, waardoor de ingespoten brandstofhoeveelheid afneemt.

Het brandstoftransport in het lagedruk-circuit van de inspuitinstallatie wordt door een elektrisch aangedreven rollenpomp onderhouden, op dezelfde wijze als dat bij de D-, L- en K-Jetronic plaatsvindt.

De verstuivers openen naar buiten toe tegen de druk van een trillend opgehangen dubbele veer. De openingsdruk bedraagt 34 ± 4 bar (overdruk) en is niet afstelbaar.

4.5.1 Onderhoud, controle en afstelling van de Schäfer-inspuiting

Omdat deze inspuitinstallatie nog in serie gebouwd wordt, zal kort op de belangrijkste reparatie- en afstelwerkzaamheden worden ingegaan.

De installatie is verregaand onderhoudsvrij. Controle- en afstelwerkzaamheden hebben alleen dan zin, als de motor aan alle vereiste voorwaarden voldoet. Vooral moet erop gelet worden, dat:

- de sluihoek en het ontstekingstijdstip overeenkomen met de voorschriften van de motorfabrikant;
- de motorcompressie gelijkmatig verdeeld en binnen de voorgeschreven tolerantie is;
- de klepspelings volgens de aanwijzingen van de fabrikant is afgesteld;
- de elektrodenafstand van de bougies overeenkomt met de voorgeschreven waarden.

Bovendien moet men erop letten, dat de pijp- en slangverbindingen niet lekken en dat aan het brandstofsysteem uiterst schoon gewerkt moet worden.

Verzegelde regel- en stelschroeven van de inspuitinstallatie mogen niet willekeurig verdraaid worden, omdat anders het goed functioneren van de gehele installatie niet meer gegarandeerd is. Ook moeten hierbij de vanaf oktober 1976 geleedende ECE-voorschriften inzake de beveiliging tegen willekeurige ingrepen in acht genomen worden.

4.5.2 Controle- en afstelwerkzaamheden aan de auto

Speciaal gereedschap

De voor de controle en afstelling benodigde speciale gereedschappen worden door Robert Bosch GmbH geproduceerd en via het handelsnet van deze firma gedistribueerd. Daarmee is de garantie gegeven, dat alleen daartoe geschikte werkplaatsen de voor de controle en afstelling vereiste gereedschappen kunnen aanschaffen.

Uitgezonderd de speciale gereedschappen voor de reparatie van de inspuitpomp en het doormeten van het regelsysteem, werkzaamheden die alleen door

Bosch-agenten of gespecialiseerde werkplaatsen kunnen worden uitgevoerd, zijn de volgende gereedschappen nodig:

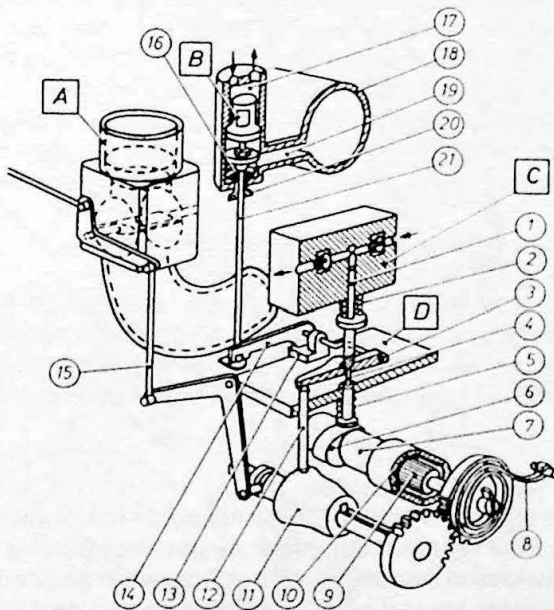
- drukmanometer;
- ontlastpen voor de perskleppen;
- waterthermometer.

Het uit- en inbouwen van de pomp

Voor het demonteren van de pomp van het regelaarhuis moeten de krukspoele, het deksel van het regelaarhuis, het aandrijftandwiel van de pomp en de getande riem worden losgenomen.

Vóór het weer inbouwen van de pomp moet de bevestigingsflens met vloeibare pakking worden ingesmeerd. De achterste pompsteun en de bevestiging van de pomp op het regelaardeksel moeten met een koppel van ongeveer 20 Nm worden aangedraaid.

Voor de basisafstelling moet de pompnokkenas zodanig verdraaid worden, dat de spie op de nokkenas naar de aansluitschroef van de brandstoftoevoerleiding gekeerd is en de rotor van de verdeler naar voren wijst.



Figuur 4.11: Schema van de mechanische regeling van de Schäfer-inspuiting (Schäfer)

- | | | | |
|---|------------------------------------|----|-------------------------------------|
| A | Gasklephuis | 10 | Holle cilinder toerentalvoeler |
| B | Warmdraaithermostaat | 11 | Regelnok (ruimtelijke nok) |
| C | Pomplichaam | 12 | Taster |
| D | Inspuit- en regelklep | 13 | Aanslag |
| 1 | Plunjer | 14 | Verrijkingshefboom |
| 2 | Plunjerveer | 15 | Gasklepstangenstelsel |
| 3 | Regelschommel | 16 | Veer van warmdraaithermostaat |
| 4 | Stoterstang | 17 | Waterreservoir van de luchtverdeler |
| 5 | Stoterveer | 18 | Luchtverdeler |
| 6 | Plunjernok | 19 | Extraluchtkanaal |
| 7 | Nokkenas | 20 | Extraluchtklep |
| 8 | Spiraalveer | 21 | Trekstang van de warmdraaivoeler |
| 9 | Permanente magneet toerentalvoeler | | |

Bij het monteren van de getande riem dient men erop te letten, dat het nokje op de riem tegenover de groef in het nokkenaswiel staat, terwijl tussen beide nokjes op de riem de groef in het pompwiel ligt. Nu kan het drijvend tandwiel op de pompas worden geschoven, waarna de aldus gevonden afstelling door het verdraaien van de motor in de normale draairichting gecontroleerd kan worden. De moer van het drijvend pomptandwiel moet met 35 Nm worden vastgezet. Bevestig vervolgens het deksel van het regelaarhuis en monteer de krukspoelie; zet de moer van deze poelie met 170 Nm vast en borg de moer tegen losdraaien.

Het afstellen van het stationair toerental

Het stationair toerental wordt afgesteld door de stelschroef in het luchtomloopkanaal te verdraaien. Daartoe moet de motor op bedrijfstemperatuur worden gebracht, terwijl ook een toerenteller en een uitlaatgastester nodig zijn. Zonodig de stelschroef in- of uitdraaien.

Afstelwaarde: 850–900 min⁻¹.

Het afstellen van de warmloopthermostaat

Bij een koelwatertemperatuur van 80 °C moet tussen de schijfmoer en de regelconus op de warmloophefboom een afstand van 5,4 mm aanwezig zijn. Vanwege de vereiste afstelnauwkeurigheid, kan men het beste een afstandsstuk vervaardigen dat dan voor het afstellen gebruikt kan worden. De koelwatertemperatuur moet met een geijkte thermometer gemeten worden.

Let op: sinds september 1976 is de warmloophefboom volgens de ECE-voorschriften verzegeld. De verbroken verzegeling moet door een nieuwe vervangen worden, waarover overigens alleen erkende werkplaatsen beschikken.

Afstellen van de uitlaatgasemissie bij stationair draaien

Afstelwaarde: 1,4 ± 0,3 vol-% CO bij 900 min⁻¹.

Wordt de wettelijk voorgeschreven maximale waarde van 4,5 vol-% CO overschreden, dan moet aan de vollastaanslag van de pomp de uitlaatgasemissie bij stationair toerental worden afgesteld. Variaties in het stationaire toerental kunnen door het verdraaien van de stelschroef in het luchtomloopkanaal worden bijgesteld.

Het instellen van de gasklepopening

Als het stationaire toerental of de CO-waarde bij dit toerental niet binnen de vereiste grenzen zijn af te regelen, dan moet de gasklepopening worden gecontroleerd. Na het verwijderen van de borgbout boven de gasklep in de luchtkamer kan met een testlampje en een spiegel de grootte van de gasklepspleet optisch worden vastgesteld. De spleetbreedte moet minimaal zijn; juist zo groot, dat de klep in de gesloten stand net niet aanligt. De gasklepopening kan zonodig bij de gasklepaanslag worden bijgesteld.

Controle van de verstuivers

De exacte openingsdruk van de verstuivers kan alleen met een verstuivertestbank worden bepaald.

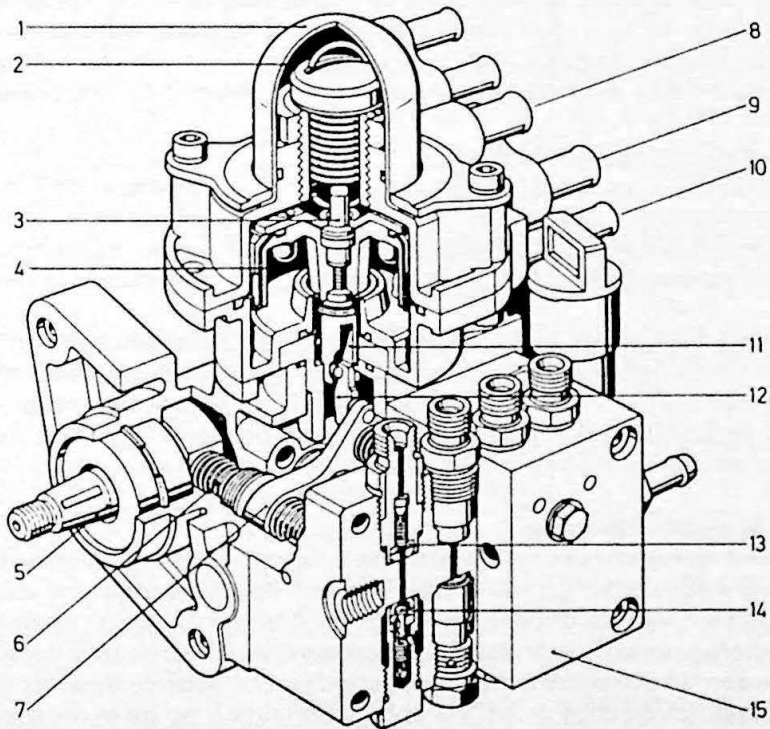
Nominale waarde: 34 ± 4 bar overdruk.

Bij de vastgelegde laagste openingsoverdruk van 15 bar mogen tijdens de controle op dichtheid binnen 30 seconden geen brandstofdruppeltjes aan de verstuiver zichtbaar worden. De openingsdruk is niet instelbaar. Is de onderste openingsdruk lager dan 15 bar of in geval van een lekkende verstuiver, moet de verstuiver vervangen worden. Bij gebruik van een verstuivertestbank is het zinvol,

de verstuiver vóór de controle te spoelen door de hefboom van de testbank snel op en neer te bewegen.

Draait de motor onregelmatig stationair, dan valt een verstuivertest aan te bevelen die in de werkplaatspraktijk al lang bij dieselmotoren wordt toegepast en die zonder testbank kan worden uitgevoerd. Hierbij wordt bij stationair toerental om de beurt bij de afzonderlijke verstuivers de persleiding losgenomen en natuurlijk weer aangesloten, tot de verstuiver is gevonden, waarbij het gedrag van de motor ongewijzigd blijft als de persleiding ervan wordt losgenomen. Verwissel vervolgens de betreffende verstuiver met zijn buurman. Treedt de storing nu in de naburige cilinder op, dan is de verstuiver defect. Treedt de storing hier niet op, dan kan de oorzaak liggen in de aanwezigheid van lucht in de persklep van het pomplichaam, waar de verstuiver oorspronkelijk gemonteerd was.

Ontluchten en controleren van de perskleppen



Figuur 4.12: Benzine-inspuitpomp van Schäfer met pneumatische regeling (Robert Bosch GmbH)

- | | | | |
|---|--|----|---|
| 1 | Pneumatische regelaar | 9 | Onderdrukaansluiting naar de bovenste kamer |
| 2 | Bovenste kamer | 10 | Onderdrukaansluiting naar de onderste kamer |
| 3 | Regelzuiger met membraanbalg | 11 | Kogelhouder |
| 4 | Onderste kamer | 12 | Hefboom |
| 5 | Nokkenas | 13 | Persklep |
| 6 | Glijstuk | 14 | Zuigklep |
| 7 | Regelschommel | 15 | Pomphuis |
| 8 | Onderdrukaansluiting van de hoogteregelaar | | |

Voor het ontluchten van de perskleppen moeten de inspuitleidingen worden losgenomen. De perskleppen worden met een speciale ontlastpen geopend, zodat bij ingeschakelde ontsteking de brandstof uit de persklep kan stromen. Na afloop moeten de moeren van de perskleppen worden vastgezet en moet op dichtheid worden gecontroleerd. Daartoe moet uit de uitsparingen van de persaansluitingen eventueel achtergebleven brandstof worden verwijderd. Bij ingeschakelde ontsteking mogen deze uitsparingen zich niet in korte tijd vullen met brandstof. Bij een defect moet de persklep vervangen worden.

Controle van het lagedrukcircuit

Sluit de manometer op de toevoer van de rollenpomp aan en schakel de ontsteking in. Nominale waarde: 1,0–2,5 bar overdruk.

4.5.3 Diagnosetabel voor de benzine-inspuiting van Schäfer

Deze diagnosetabel heeft alleen betrekking op storingen in de benzine-inspuiting. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat de compressiedruk van alle cilinder overeenkomt met de voorschriften, dat de klepspelings de juiste waarde heeft, dat de sluihoek en het ontstekingstijdstip de voorgeschreven waarde hebben en dat alle onderdelen van de ontstekingsinstallatie probleemloos functioneren.

4.6 Lucas-benzine-inspuiting Mark II

De Lucas-benzine-inspuiting werd voor het eerst door Jaguar in 1957 in een racewagen toegepast, die daarop de 24-uursrace van Le Mans won. Aanvankelijk voor de racesport ontwikkeld, rustten BRM, Lotus-Climax, Brabham, Cooper-Maserati, Ferrari en Maserati tijdelijk hun race-auto's met deze inspuitinstallatie uit.

Door de toepassing in de seriebouw van de Engelse sportwagen van het merk Triumph werd de benzine-inspuiting van Lucas ook in Duitsland bekend. De eerste serie-auto was de Triumph TR 5 met een 2,5 liter zescilinder motor, waarvan het vermogen ongeveer 110 kW bedroeg. Aan de hand van deze toepassing wordt hier de inspuiting van Lucas nader uiteengezet.

4.6.1 Het brandstofsysteem

Een elektrisch aangedreven tandwielpompe zuigt de brandstof via een fijnfilter uit de tank. Het inschakelen van de ontsteking stelt de opvoerpomp in werking; bij het uitschakelen van de ontsteking wordt de brandstoflevering onderbroken. De opvoerpomp perst de brandstof door een overdrukklep naar de brandstofverdeler, waaraan de doseerinrichting bevestigd is. Het door de opvoerpomp geleverde brandstofoverschot wordt via een retourleiding op de overdrukklep naar het fijnfilter of, afhankelijk van het voertuigtype, direct naar de tank teruggeleid. Ook via een overloopleiding op de brandstofverdeler stroomt brandstof in de tank terug. Het overdrukventiel houdt de systeemdruk op een constante waarde van 7 bar overdruk.

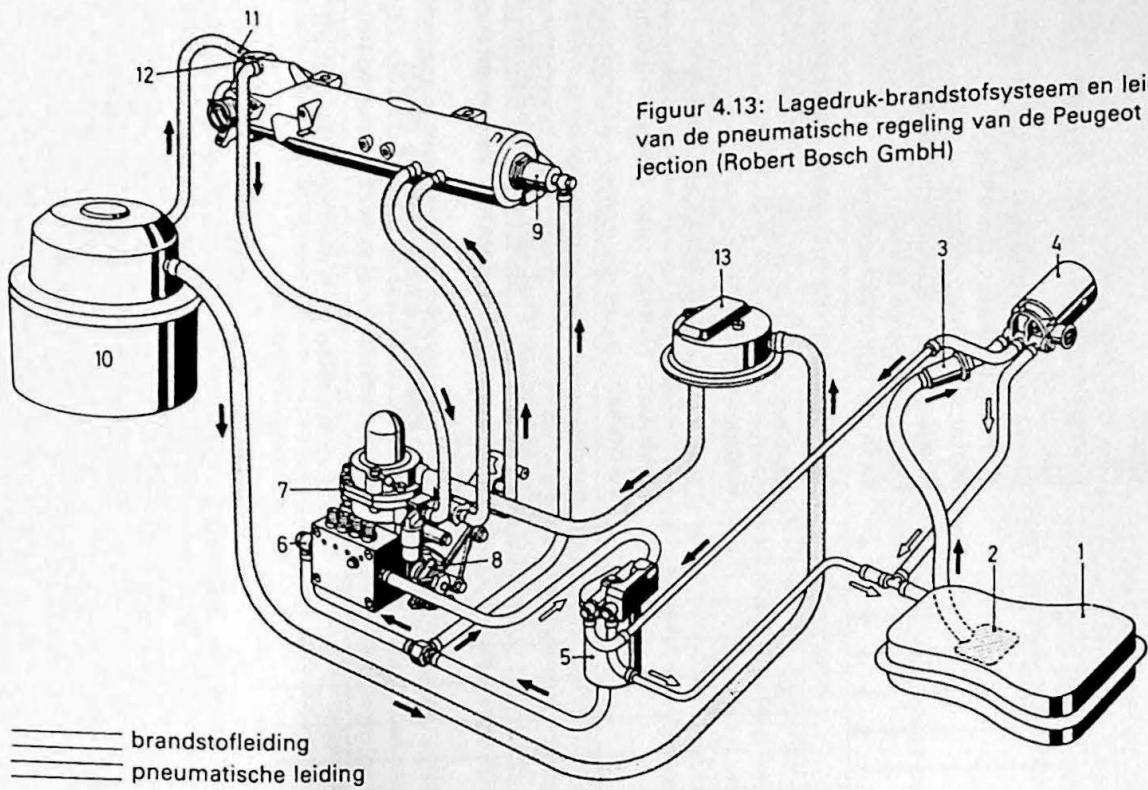
4.6.2 Het brandstoffilter

Het uit een papieren element bestaand brandstoffilter is tussen de tank en de opvoerpomp aangebracht. Het filter doet dienst als een buffer, zodat ook bij een gedeeltelijk gevulde tank bij rijden in een scherpe bocht de opvoerdruk van de pomp in stand gehouden kan worden. Het brandstoffijnfilter moet om de 20 000 km vervangen worden.

4.6.3 De overdrukklep

De overdrukklep kan tussen de opvoerpomp en de brandstofverdeler, maar ook

- 1 Brandstoftank
- 2 Zeef
- 3 Groffilter vóór de opvoerpomp
- 4 Elektrische opvoerpomp
- 5 Hoofdfilter
- 6 Filter vóór de inspuitspomp
- 7 Inspuitspomp
- 8 Verrijkingshelboom (koude start)
- 9 Magneetklep
- 10 Luchtfiler
- 11 Omloopkanaal voor stationair draaien
- 12 Inlaatdrukregelsysteem
- 13 Hoogteregelaar



Figuur 4.13: Lagedruk-brandstofsysteem en leidingen van de pneumatische regeling van de Peugeot 504 Injection (Robert Bosch GmbH)

in de verdeler zelf zijn gemonteerd. De overdrukklep moet de druk in het brandstofsysteem constant op een overdruk van 7 bar houden en de te veel geleverde brandstofhoeveelheid terug naar het filter of de tank sturen. Ook meegevoerde lucht en dampbelletjes worden door de overdrukklep naar de tank teruggeleid.

4.6.4 De brandstofopvoerpomp

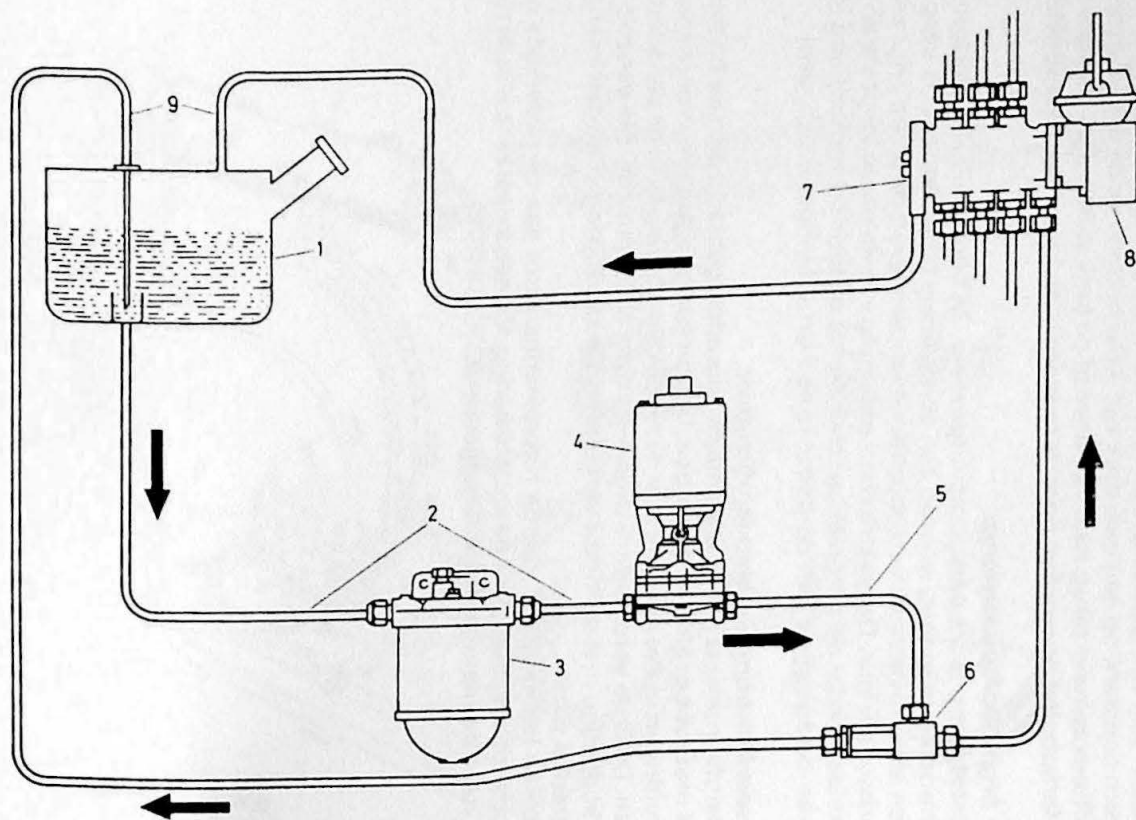
De brandstofpomp is als perspomp uitgevoerd. Zij bestaat uit een elektromotor met permanente magneet, waarop een eenvoudige tandwielpompe is aangesloten. Bij een stroomverbruik van ongeveer 4 ampère levert de pomp ongeveer 55 liter brandstof per uur. De elektrische aansluiting van de pomp loopt via de contactschakelaar, zodat de pomp bij ingeschakelde ontsteking voortdurend in bedrijf is. Aan de zuigzijde van de pomp is een extra fijnfilter ingebouwd.

4.6.5 Doseerinrichting en brandstofverdeler

De brandstofverdeler is in een aluminium huis ondergebracht en naar buiten toe afgedicht met rubber afdichtingsringen. De van terugslagkleppen voorziene uitlaataansluitingen in het huis zijn met de respectieve boringen in de verdelerhuls verbonden. De in de verdelerhuls draaiende rotor is door middel van een zelfcenterende koppeling met de motor verbonden. De aandrijving vindt met het halve motortoerental plaats.

De overtollige lekbrandstof van de rotorsmering komt aan de stoterzijde naar buiten, zodat zij ook dient voor de stotersmering. Via een axiaal kanaal in de rotor wordt zij naar de brandstoftank teruggevoerd.

- 1 Brandstoftank
- 2 Zuigleidingen
- 3 Brandstoffilter
- 4 Brandstofpomp
- 5 Persleidingen
- 6 Overdrukklep
- 7 Brandstofverdeler
- 8 Doseerinrichting
- 9 Retourleidingen



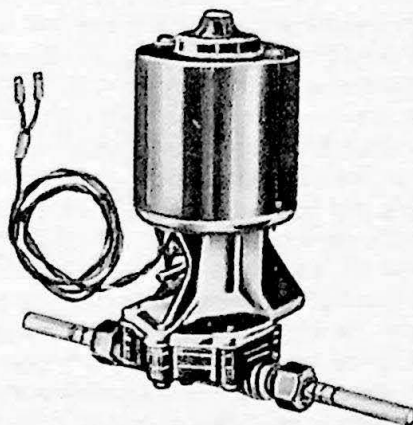
Figuur 4.14: Brandstofsysteem van de benzine-insputing van Lucas (Lucas)

4.6.6 De werking van de doseerinrichting

De stand van de stoter bepaalt de te leveren brandstofhoeveelheid. De stoterstand wordt bij serie-auto's door middel van de druk in het inlaatspruitstuk geregeld. Bij race-auto's vindt een directe regeling plaats via een nokhefboom afhankelijk van de stand van de gasklep.

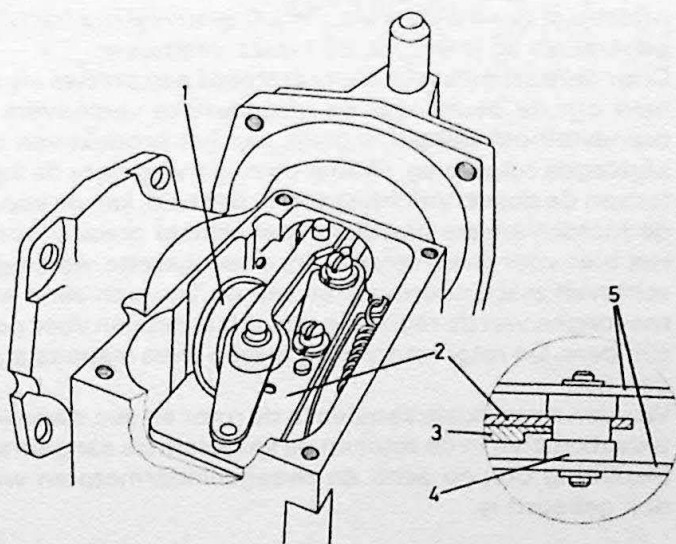
Een verstelbare aanslag in het centrale kanaal van de rotor wordt door de brandstofdruk tegen het ene einde van de stoter gedrukt. Het andere einde van de stoter ligt tegen de twee buitenste rollen van het stoterstangenstelsel. De derde, kleine rol ligt tegen de geleidenok.

De hydraulische druk op de stoter wordt door een veer gecompenseerd, zodat stoter en rollen zoveel mogelijk ontlast zijn. De regelstang is met een onderdrukmembraan verbonden, die het hefboommechanisme gasdicht gescheiden houdt van de onderdrukkamer. De onderdruk van het spruitstuk voor deze kamer wordt onder de gasklep afgetapt.



Figuur 4.15: Elektrisch aangedreven tandwiel-opvoerpomp van de Lucas-benzine-inspuiting (Lucas)

Door de variatie in motortoerental en -belasting verandert ter plaatse van de onderdrukaansluiting de waarde van de effectieve onderdruk. Daardoor wordt de stand van de regelstang gewijzigd, waardoor de stoter de variabele aanslag in de rotor verandert.



Figuur 4.16: Doseerinrichting (Lucas)

- 1 Stoter
- 2 Geleidenok
- 3 Geleidenokhouder
- 4 Rollen
- 5 Regelhefboom

In de onderdrukkamer zijn twee veren geplaatst, die, aangepast aan het motortype, het effect van de onderdruk op de stoterverplaatsing beïnvloeden. De fijnafstelling van deze veren gebeurt met behulp van stelschroeven.

De gehele nokhouder is draaibaar opgehangen. Via een as is deze met een koudstartheefboom verbonden; de bediening van deze hefboom door een draaiing van de nokhouder zorgt voor een extra vulling van de rotor met brandstof. Daardoor ontvangt de motor bij lage buitentemperaturen de vereiste extra brandstofhoeveelheid voor een gegarandeerde koude start.

De doseerinrichting is verbonden met het luchtfilter, zodat alleen zuivere lucht in het aanzuig- en regelsysteem terechtkomt.

4.6.7 De werking van de brandstofverdeler

Om de uitleg te vergemakkelijken wordt de verdeling voor een tweecilindermotor verklaard, waarna een afleiding plaatsvindt naar de beschreven zescilindermotor.

De hoeveelheidsverdeling van de brandstof vindt plaats door middel van een kleine, vrij beweegbare zuiger. Deze kan zich axiaal in de holle, door de motor aangedreven rotor verplaatsen. De rotor is opgehangen in een vaste verdelerhuls, waarin de in- en uitlaatboringen voor de brandstof zijn aangebracht. Radiale brandstofinlaat- en uitlaatkanalen leiden naar een centraal kanaal. De slag van de vrij beweegbare zuiger in het centrale kanaal van de rotor wordt door twee aanslagen begrensd. Terwijl de ene aanslag op een vast punt gefixeerd is, is de tweede variabel; zij staat onder invloed van de stoter in de doseerinrichting.

Als nu de rotor draait komt een radiaal inlaatkanaal van de rotor aan de kant van de variabele aanslag tegenover de brandstofinlaatboring in de verdelerhuls te liggen. De onder 7 bar overdruk staande brandstof stroomt naar het centrale kanaal in de rotor en duwt de vrij beweegbare zuiger tegen de vaste aanslag. De door de zuigerbeweging in het centrale kanaal verdrongen brandstof stroomt door het radiale uitlaatkanaal in de rotor en in de verdelerhuis (die op dat moment juist tegenover elkaar liggen) onder druk naar de eerste verstuiver.

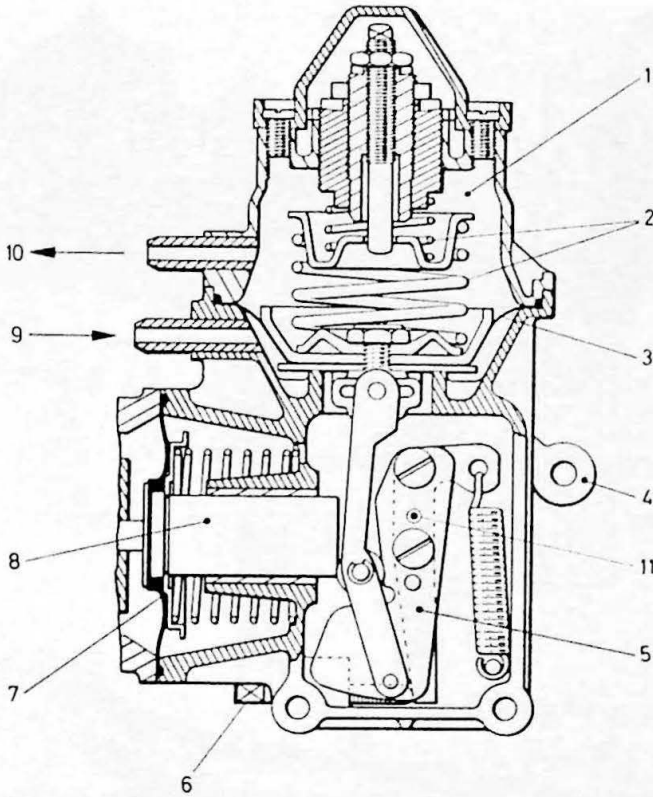
Als de rotor 180° doorgedraaid is, liggen de radiale brandstofinlaatboringen van de verdelerhuls en de rotor aan de kant van de vaste aanslag tegenover elkaar. De onder de systeemdruk van 7 bar overdruk staande brandstof stroomt naar binnen en duwt de zuiger in het centrale rotorkanaal terug, tegen de variabele aanslag. Door deze zuigerslag wordt via het tweede radiale uitlaatkanaal in de rotor en in de verdelerhuls precies evenveel brandstof naar de tweede verstuiver geperst als zo juist naar de eerste verstuiver.

Door deze arbeidscyclus wordt steeds een precies afgemeten brandstofhoeveelheid om de beurt naar de afzonderlijke verstuivers gevoerd. De gedoseerde brandstofhoeveelheid is gelijk aan het produkt van het zuigeroppervlak en de afgelegde zuigerweg. Omdat de zuigerweg door de variabele aanslag via de stoter van de doseerinrichting wordt bepaald, kan de voor elke bedrijfstoestand van de motor vereiste brandstofhoeveelheid precies worden afgemeten.

Het hier voor twee verstuivers uiteengezette werkingsprincipe kan naar de beschreven zescilindermotoren van de Triumph-serie worden uitgebreid door het toevoegen van de radiale in- en uitlaatkanalen voor de bediening van zes motorcilinders. De rotorverdraaiing tussen twee inspuitlagen van de zuiger bedraagt dan 60°.

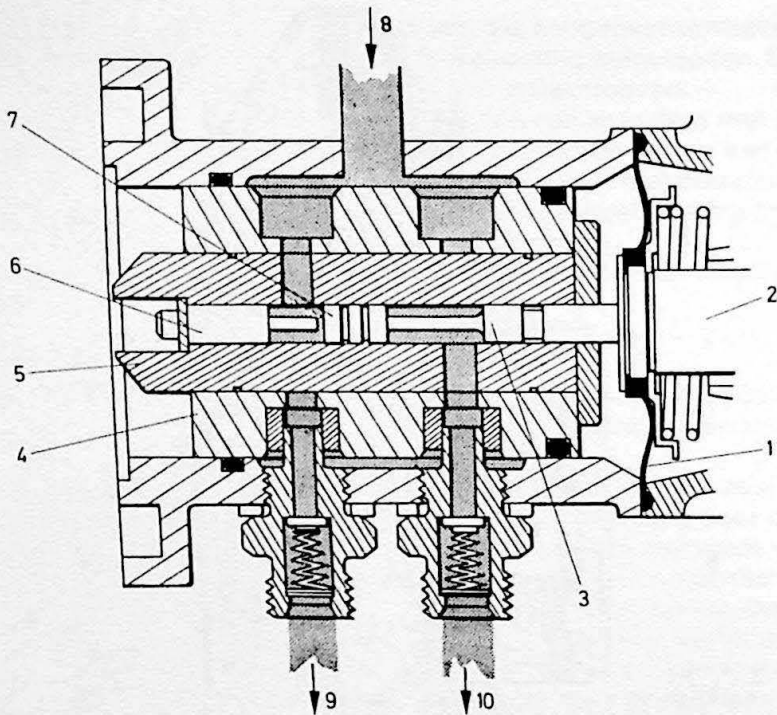
Worden twee axiale kanalen in de rotor en een dienovereenkomstig aantal in- en uitlaatkanalen in de rotor en de verdelerhuls aangebracht, dan kan deze benzineinspuiting ook op acht- en twaalfcilindermotoren worden toegepast, hetgeen ook gebeurd is.

Inspuiting met afzonderlijke aandrijving



Figuur 4.17: Doseerinrichting van de Benzine-inspuiting van Lucas (Lucas)

- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | Onderdruckkamer | 7 | Afdichtingsmembraan tussen doseerinrichting en brandstofverdeler |
| 2 | Afstelveren voor de onderdrukregeling | 8 | Doseerstoter |
| 3 | Onderdrukmembraan van de doseerinrichting | 9 | Aansluiting op buitenlucht |
| 4 | Koudestarthefboom | 10 | Aansluiting voor spuitstukonderdruk |
| 5 | Geleidenok | 11 | Draaipunt voor levering van extra koudstartbrandstof |
| 6 | Stelschroef voor maximale brandstofverdeling | | |



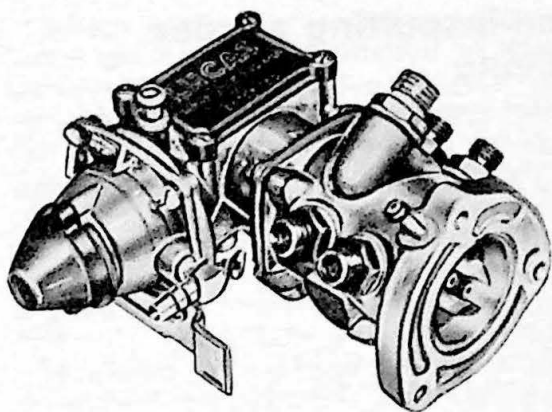
Figuur 4.18: Doorsnede van de brandstofverdeler (Lucas)

- | | |
|--|--------------------------|
| 1 Afdichtingsmembraan tussen doseer-
inrichting en verdeler | 6 Vaste aanslag |
| 2 Doseerstoter | 7 Vrij beweegbare zuiger |
| 3 Variabele aanslag | 8 Brandstoftoevoer |
| 4 Verdelerhuls | 9 Naar verstuiver 1 |
| 5 Rotor | 10 Naar verstuiver 2 |

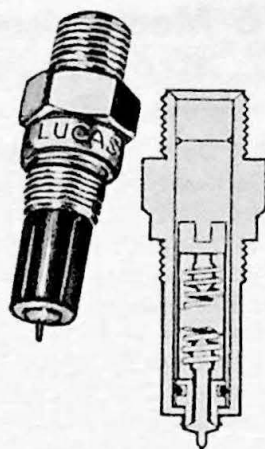
4.6.8 De verstuivers

De mechanisch bediende verstuivers met trillend opgehangen veren hebben tot taak, de brandstof zo fijn mogelijk verneveld in te spuiten. De openingsdruk ervan ligt bij ongeveer 5 bar overdruk, de straalhoek is 60°.

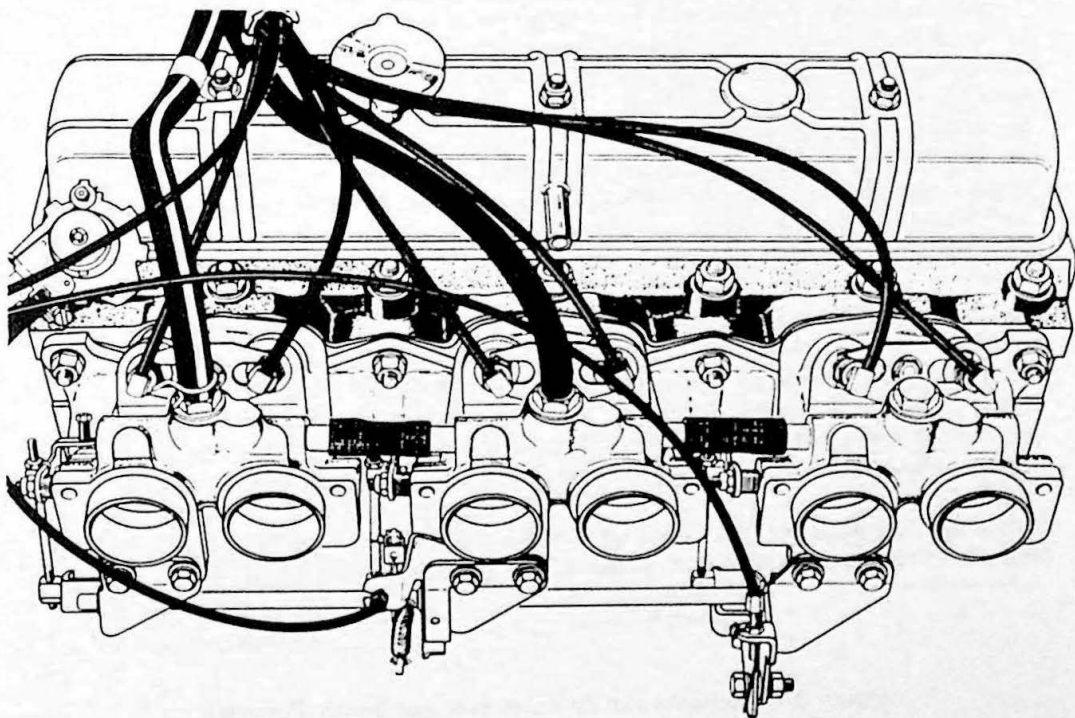
De mechanische inspuiting van Lucas wordt niet meer in serie gebouwd. Om te kunnen voldoen aan de tegenwoordig geldende uitlaatgasvoorschriften, zou zij met een reeks extra regelsystemen voor de dosering van de inspuithoeveelheid moeten worden uitgerust. Dit probleem geldt voor alle inspuitingen met afzonderlijk aangedreven pomp in gelijke mate; het heeft ertoe geleid dat deze systemen, met uitzondering van de benzine-inspuiting van Schäfer, door andere concepties zijn vervangen.



Figuur 4.19: Brandstofverdeler met doseerinrichting (Lucas)



Figuur 4.20: Verstuiver (Lucas)



Figuur 4.21: Lay-out van de verstuivers bij een zes cilinder motor met Lucasinspuiting (Lucas)

draulisch moment, dat aan de bovenzijde van de doseerzuiger door de regeldruk wordt gevormd. Overeenkomstig het heersende krachtenevenwicht wordt de doseerzuiger meer of minder gelicht. De verticaal in de sleufhouder aangebrachte doseersleuven worden door de uitgefreesde rand van de doseerzuiger meer of minder afgedekt, zodat afhankelijk van de stand van de zuiger veel of weinig brandstof naar de verstuivers kan stromen. Daardoor is ervoor gezorgd, dat de afgemeten brandstofhoeveelheid steeds in de juiste verhouding tot de door de motor aangezogen luchthoeveelheid staat. De doseur beschikt over hetzelfde aantal doseersleuven als de motor cilinders en verstuivers telt.

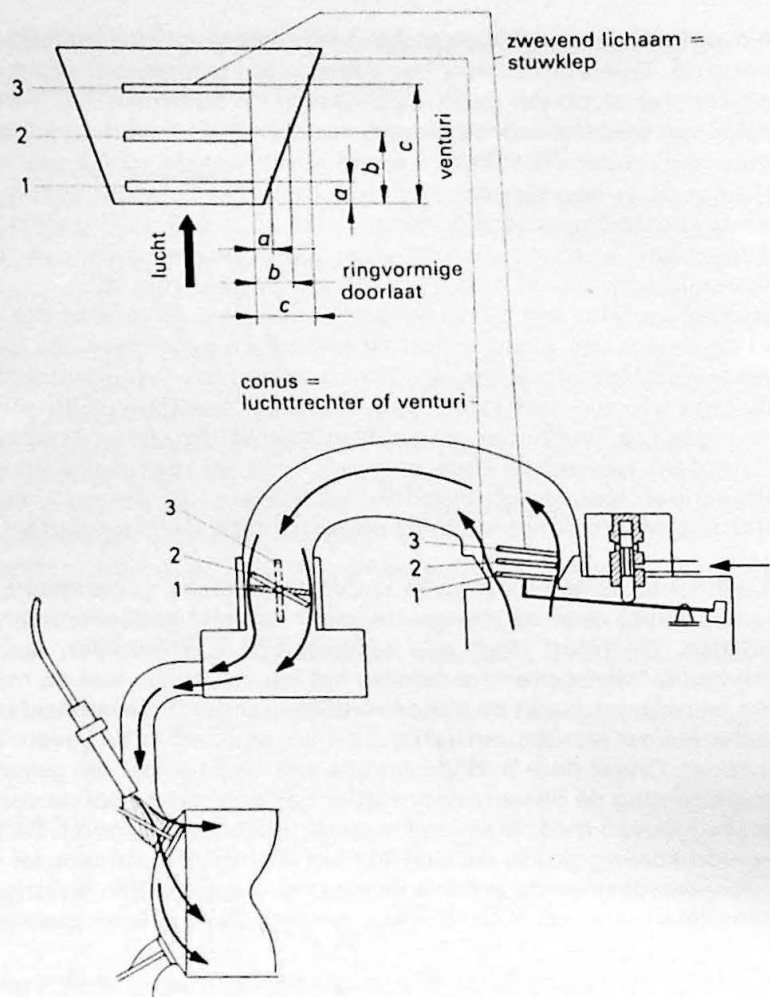
In de brandstofverdeler van de mengselregelaar zijn overeenkomstig het cilindertal van de motor een aantal verschildrukkleppen ondergebracht. Deze kleppen zorgen ervoor, dat de naar de verstuivers doorstromende brandstofhoeveelheid uitsluitend van de doorlaatopening van de doseersleuven afhankelijk is. De in de mengselregelaar ondergebrachte systeemdrukregelaar houdt de in het brandstofsysteem heersende druk constant. Van de mengselregelaar lopen brandstofleidingen naar de afzonderlijke verstuivers, die de exact afgemeten brandstof in het inlaatspruitstuk van de motor, dichtbij de inlaatkleppen, inspuiten.

Voor de koude start is een elektrische koudestartsproeier gemonteerd, die via een brandstofleiding door de mengselregelaar van niet-gedoseerde brandstof wordt voorzien. Gestuurd door een temperatuur-tijdschakelaar, spuit deze sproeier bij koude start extra brandstof in het inlaatsysteem van de motor.

De voor het warmdraaien van de motor vereiste brandstofhoeveelheid komt tot stand door het kleiner worden van het hydraulisch moment op de bovenzijde van de doseerzuiger. Onder deze bedrijfsconditie kan het moment ten gevolge van de luchtdoorstroming de doseerzuiger verder optillen, zodat door de verder geopende doseersleuven meer brandstof naar de verstuivers stroomt. De grootte van de regeldrukdaling en de periode dat het brandstofluchtmengsel verrijkt moet worden, wordt door de warmdraairegelaar bepaald. Een elektrisch verwarmde bimetalen strip schakelt na de warmdraaifase de warmdraairegelaar weer af.

Vanwege de vereiste mengselverrijking gedurende de warmdraaifase is een extra afgemeten hoeveelheid lucht nodig, die door een omloopkanaal langs de gasklep wordt geleid. De doorlaat van deze by-pass wordt door de extraluchtschuif bij toenemende temperatuur verder gesloten. Dat gebeurt door middel van een elektrisch verwarmde bimetalen strip of een in water gedompelde was-thermostaat. Vanaf de systeemdrukregelaar en de warmdraairegelaar loopt een brandstofleiding terug naar de tank.

Een microscharakelaar in de luchthoeveelheidsmeter voorkomt, dat bij ingeschakelde ontsteking en niet draaiende motor door de elektrische pomp brandstof wordt geleverd.



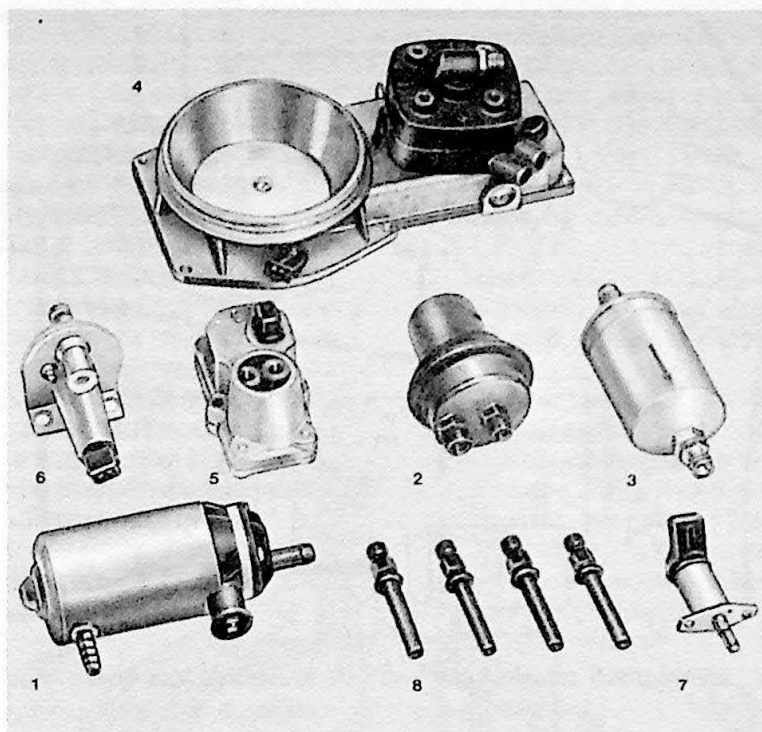
Figuur 5.2: Rotameter-principe bij de K-Jetronic van Bosch (Porsche)

5.1.1 Het meten van de luchthoeveelheid

Voor het meten van de luchthoeveelheid wordt het principe van de rotameter toegepast (een rotameter wordt voor de debietmeting van vloeistoffen en gasen gebruikt en heeft als kenmerk dat de hefhoogte van de – roterende – schijf evenredig is met de vrijgemaakte doorlaat of de doorgestroomde hoeveelheid, opm.v.d.vert). Hierbij stijgt in een kegelvormige venturi een schijf tot een zodanige hoogte, dat de aan de onderzijde werkende stromingskrachten in evenwicht zijn met de gewichtskracht van de schijf.

Treedt er geen verandering in de stroming in, dan blijft de schijf op de bereikte hoogte zweven. Neemt het luchtdebiet toe, dan stijgt ook de stromingssnelheid in de oorspronkelijke venturidoorlaat. De op de schijf werkende stromingskracht wordt groter. Daardoor stijgt de schijf in de trechter, tot de tegengestelde krachten weer in evenwicht zijn en de schijf weer een nieuwe ruststand inneemt. Neemt de stroming af, dan daalt ook de op de schijf werkende stromingskracht. De schijf zakt in de trechter, tot opnieuw een evenwicht is bereikt.

Op deze simpele manier is de stand van de stuwklep in de trechter een maat voor de door de motor aangezogen luchthoeveelheid. Aan deze luchthoeveelheid kan



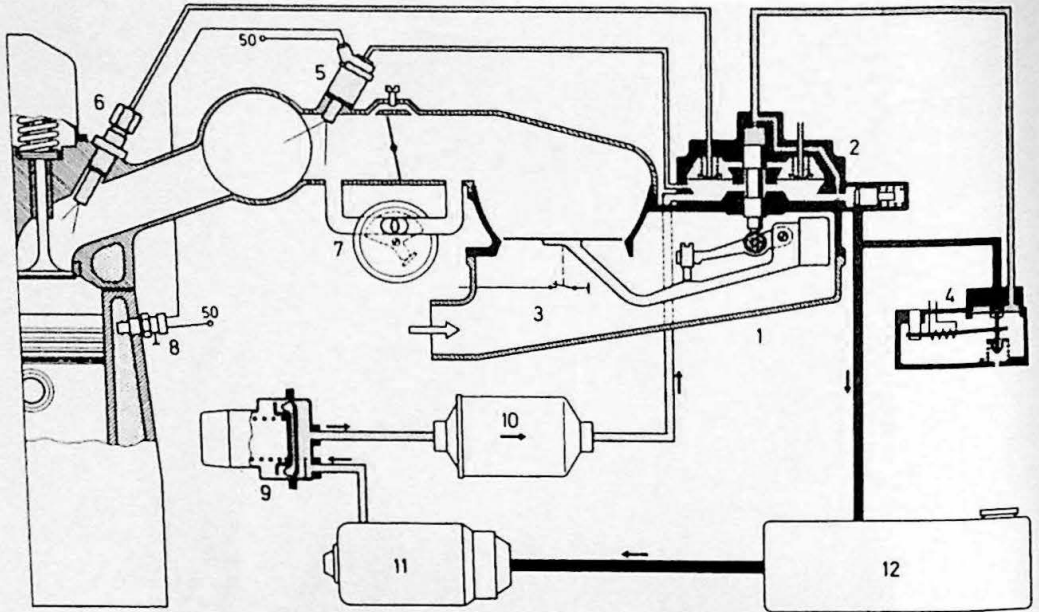
Figuur 5.3: Onderdelen van de K-Jetronic van Bosch (Robert Bosch GmbH)

- | | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| 1 Elektrische brandstofpomp | 5 Warmdraairegelaar |
| 2 Accumulator | 6 Extraluchtschuif |
| 3 Brandstoffijnfilter | 7 Elektrische koudestartverstuiver |
| 4 Mengselregelaar | 8 Verstuivers |

de brandstof worden toegevoegd, die voor een brandbaar mengsel van de juiste samenstelling vereist is. Bij een niet-gecorrigeerde conus is de hefhoogte van de stuwklep ongeveer evenredig met de doorlaat, dus met de aangezogen luchthoeveelheid.

De luchthoeveelheidsmeter bestaat uit een trechtvormige doorlaat met een hoogte van 30 mm bij viercilindermotoren en van 35 mm bij zes- en achtcilindermotoren en een stuwklep die aan een regelhefboom bevestigd is. De stuwklepdiameter bedraagt bij viercilindermotoren in het algemeen 80 mm, met uitzondering van de stuwklep van de Porsche 911 SC, die in de normale uitvoering een diameter van 76 mm heeft en die in de California-versie zelfs aan een diameter van slechts 60 mm genoeg heeft in verband met de aan de installatie toegevoegde lambda-regeling.

Voor zescilindermotoren (valstroomprincipe) bedraagt de stuwklepdiameter 85 mm en voor achtcilindermotoren (valstroomprincipe) 110 mm. Ondanks het feit dat veel K-Jetronicsystemen voor verschillende automotoren dezelfde stuwklepdiameter hebben, kunnen de kleppen onderling niet zonder meer worden verwisseld, omdat zij voor een deel van verschillend materiaal zijn gefabriceerd. De regelhefboom, waarop de stuwklep gemonteerd zit, is draaibaar opgehangen. Aan de andere zijde ervan is een contragewicht aangebracht, dat het eigen gewicht van de stel- en tussenhefboom en van de stuwklep compenseert.



Figuur 5.4: Schematisch totaaloverzicht van de K-Jetronic van Bosch (Robert Bosch GmbH)

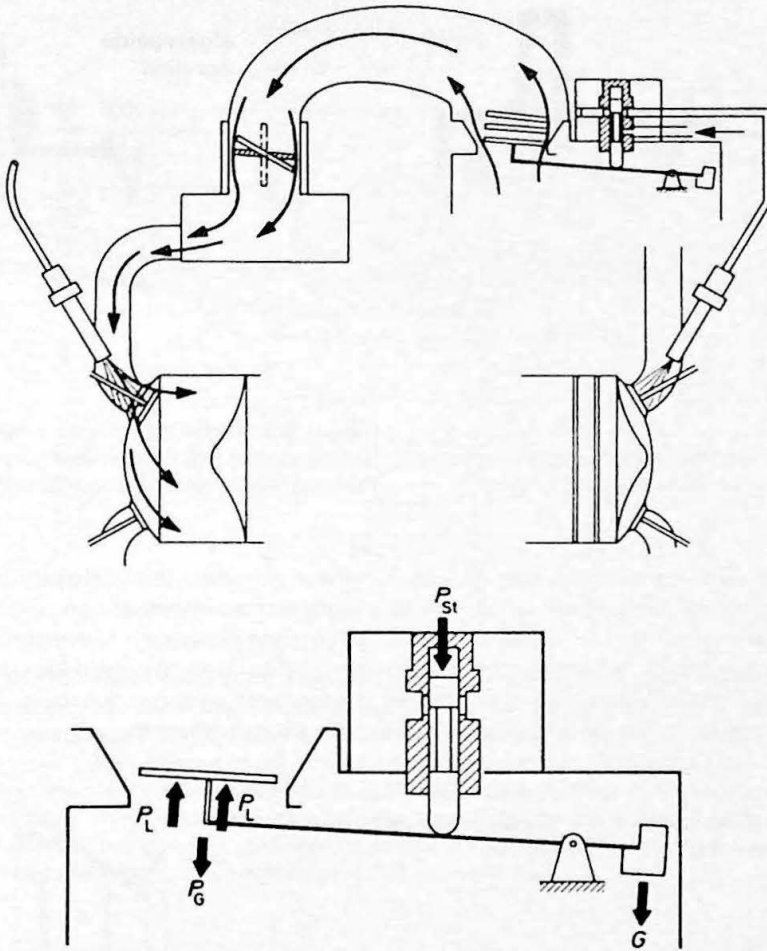
- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 Mengselregelaar | 7 Extraluchtschuif |
| 2 Brandstofverdeler/doseur | 8 Temperatuur-tijdschakelaar |
| 3 Luchthoeveelheidsmeter | 9 Accumulator |
| 4 Warmdraairegelaar | 10 Brandstoffijlfiler |
| 5 Elektrische koudstartverstuiver | 11 Elektrische brandstofpomp |
| 6 Verstuiver | 12 Tank |

De van de gasklepopening en de aangezogen luchthoeveelheid afhankelijke lichthoogte van de stuwklep wordt via de regel- en tussenhefboom op de doseerzuiger van de mengselregelaar overgebracht; deze stuwkracht wordt tegengewerkt door een op de zuiger werkende hydraulische kracht. De evenwichtsstand van beide krachten bepaalt de mate van opening van de doseersleuf in de doseercilinder en aldus de naar de verstuivers stromende brandstofhoeveelheid.

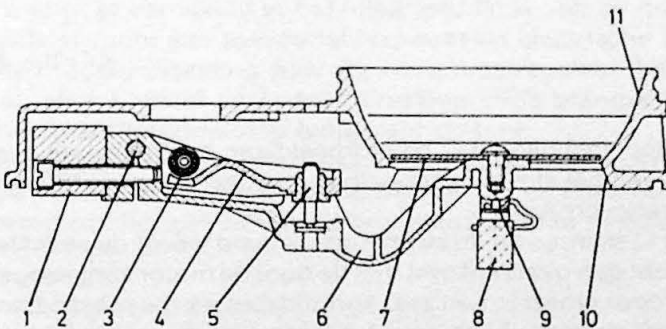
Luchthoeveelheidsmeters worden zowel volgens het stijgstroom- als volgens het valstroomprincipe gebouwd. De beide uitvoeringen verschillen van elkaar door de bewegingsrichting van de stuwklepuitslag. De valstroomtechniek wordt bij alle V-motoren toegepast in verband met het afwijkend verloop van het inlaatspruitstuk. De enige uitzondering hierop zijn de eerste versie van de Europamotor B 27 E van Volvo en de zescilinder V-motor van de Ford Granada. Bij de lijnmotoren zijn de luchthoeveelheidsmeters uitgevoerd volgens de stijgstroomtechniek.

Bij een lineaire uitvoering van de trechter in de luchthoeveelheidsmeter ontstaat door het speciale ontwerp van de regel- en tussenhefboom de mogelijkheid van een nauwkeurige aanpassing van het brandbare mengsel aan een bepaald luchtgetal, dat afhankelijk van de eisen die de motor stelt of van de heersende uitlaatgasvoorschriften in het arme of rijke gebied kan worden afgesteld. Bij de luchthoeveelheidsmeter van de K-Jetronic van Bosch wordt uitgegaan van een karakteristiek die uitgaat van een stoichiometrische verhouding, dus $\lambda = 1$. De voor het rijgedrag en de uitlaatgasvoorschriften vereiste correcties geschieden door het

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving



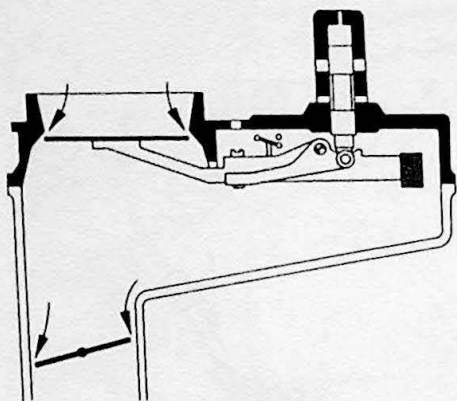
Figuur 5.5: Principe van de luchtmeting (Porsche)



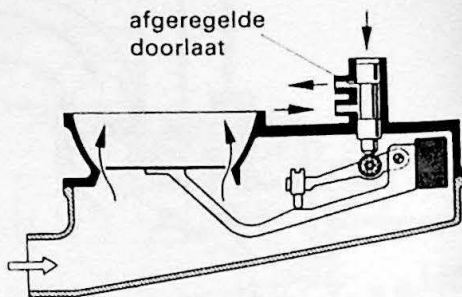
Figuur 5.6: Onderdelen van de luchthoeveelheidsmeter met stijgstroomtechniek (Robert Bosch GmbH)

Contragewicht	5 Mengselstelschroef	9 Aanslagbladveer
Lagerpen (as)	6 Regelhefboom	10 Ontlastconus
Naaldlager	7 Stuwklep	11 Luchttrechter (meet-
Tussenhefboom	8 Aanslagrubber	conus)

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving



Figuur 5.7: Luchtmeter volgens de valstroomtechniek (Robert Bosch GmbH)

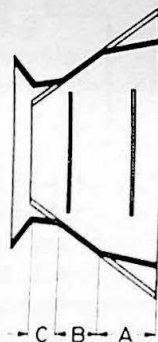


Figuur 5.8: Regeling van de brandstofdosering via het hefboomstelsel van de luchthoeveelheidsmeter (Robert Bosch GmbH)

aanpassen van het verloop van de luchtrechter. Bij een steil verlopende conus vindt een grotere uitslag van de stuwklep plaats en dus ontstaat een rijker brandstof-luchtmengsel. Dat is nodig voor een gelijkmatig stationair toerental en voor maximale prestaties bij vollast. In het deellastgebied daarentegen kan om redenen van brandstofbesparing met een arm mengsel gereden worden. Daarom loopt de conus in dit gebied minder steil dan de grondvorm.

Figuur 5.9: Correcties op het kegelvormig verloop van de luchtmeter (Robert Bosch GmbH)

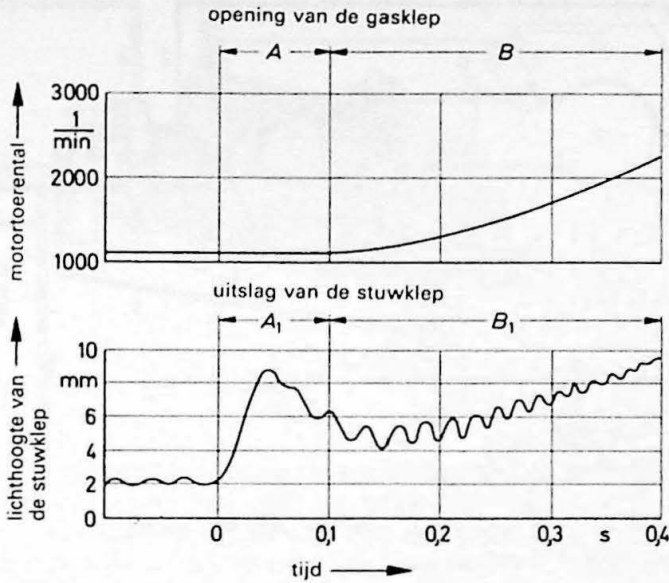
- A Vollast
- B Deellast
- C Stationair bedrijf



Wordt de gasklep snel geopend, bijvoorbeeld aan het begin van een inhaalmanoeuvre, dan heeft het stromingsprincipe een gunstig neveneffect, namelijk dat van de acceleratieverrijking.

Door de snelle toename van de stromingssnelheid wordt de stuwklep kortstondig verder gelicht dan overeenkomt met de door de motor aangezogen luchthoeveelheid. Daardoor wordt in een zeer kort tijdsbestek meer brandstof via de doseersleuven naar de verstuivers geleid, hetgeen resulteert in een mengselverrijking bij het accelereren.

De toemeting van de gedoseerde brandstof in verhouding tot de gemeten luchthoeveelheid kan alleen dan onberispelijk plaatsvinden als alle aansluitpunten aan de motorzijde vanaf de luchthoeveelheidsmeter absoluut gasdicht zijn.



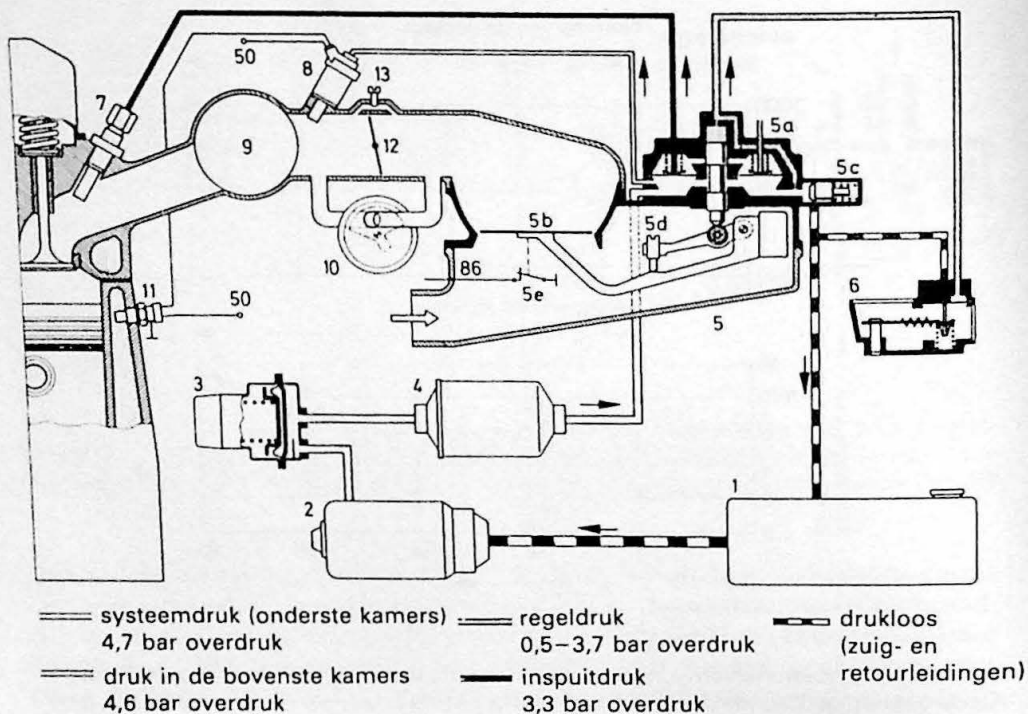
Figuur 5.10: Acceleratieverrijking van de K-Jetronic van Bosch (Robert Bosch GmbH). Als de gasklep gedurende de tijd A onder een bepaalde hoek opent, vindt synchroon daaraan het 'doorschieten' van de stuwklep plaats (A_1), waardoor de doseerzuiger de doseersleuven verder opent dan overeenkomt met motortoerental en belasting. Er vindt nu acceleratieverrijking plaats. Bij een constante gasklephoek gedurende de tijd B neemt het motortoerental toe. Synchroon daaraan stelt de stuwklep zich in de fase B_1 telkens op een nieuwe evenwichtssituatie in, overeenkomstig de werkelijk door de motor aangezogen luchthoeveelheid; de extra verrijking treedt niet meer op.

5.1.2 Het brandstofsysteem

Door de elektrisch aangedreven rollenpomp wordt de brandstof uit de tank gezogen en via de accumulator en een fijnfilter naar de brandstofverdeler gepompt. De in de brandstofverdeler afgemeten brandstof stroomt onder druk naar de verstuivers en komt fijn verneveld in het inlaatspruitstuk van de motor. Vanaf de brandstofverdeler loopt een toevoerleiding naar de elektrische koudestartverstuiver en een regeldrukleiding naar de warmdraairegelaar. Vanaf de warmdraairegelaar, alsook vanaf de systeemdrukkelep in de brandstofverdeler leidt een relatief drukloze retourleiding terug naar de tank.

In de zuigleiding tussen tank en elektrische opvoerpomp is bij verschillende modellen van de merken VW, Daimler-Benz, BMW, Audi en Porsche een drukdemper gemonteerd om het geluid van de brandstofpomp te dempen.

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving



Figuur 5.11: K-Jetronic van Bosch. Schema van de installatie met brandstofkringloop (Robert Bosch GmbH)

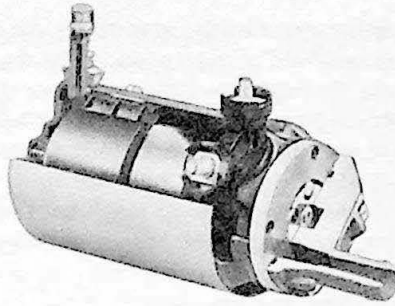
- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 Tank | 5e Elektrisch contact in de luchtmeter |
| 2 Elektrische brandstofpomp | 6 Warmdraairegelaar |
| 3 Accumulator | 7 Verstuiver |
| 4 Brandstoffilter | 8 Elektrische koudestartverstuiver |
| 5 Mengselregelaar | 9 Gemeenschappelijke luchtkamer |
| 5a Brandstofverdeler/doseur | 10 Extraluchtschuif |
| 5b Luchthoeveelheidsmeter | 11 Temperatuur-tijdschakelaar |
| 5c Systeemdrukregelaar | 12 Gasklep |
| 5d Mengselstelschroef | 13 Stationaire stelschroef |

De elektrische brandstofpomp

Sinds de eerste toepassing van de K-Jetronic zijn verschillende soorten brandstofpompen gebruikt, die in opbouw en werking echter verregaand gelijk zijn.

De laatste uitvoering heeft een aluminium huis met centraal aangebrachte zuig- en persansluitingen en een vast ingebouwde terugslagklep, die niet meer kan worden vervangen. In geval van schade is alleen nog deze pomp verkrijgbaar. Zij moet compleet worden vervangen.

De brandstofpomp wordt door het starten van de motor in bedrijf gesteld. Slaat de motor niet aan, dan wordt door een elektrisch contact in de luchthoeveelheidsmeter een beveiligingsrelais ingeschakeld dat de motorwerking onderbreekt.



Figuur 5.12: Elektrische brandstofpomp (Robert Bosch GmbH)

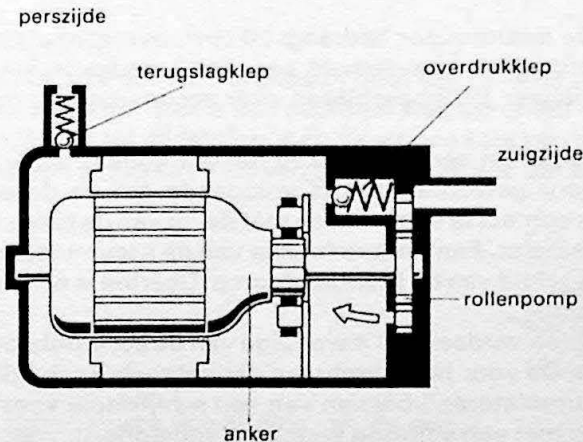
De schakelaar in de luchthoeveelheidsmeter reageert op de uitslag van de stuwklep tijdens het starten en natuurlijk bij draaiende motor.

Als aandrijving van de brandstofpomp doet een elektromotor met permanente magneet dienst, die door de brandstof wordt omspoeld. Omdat zich ook bij een leeggereden tank geen brandbaar brandstofluchtmengsel in de brandstofpomp kan vormen, bestaat geen explosiegevaar.

Door de as van de elektromotor wordt de rollenschijf van de pomp aangedreven. De rollen zijn in uitsparingen in deze schijf ondergebracht; zij worden door de centrifugaalkracht tegen het excentrisch uitgevoerde pomphuis gedrukt en zorgen zo voor de brandstoflevering. De brandstofverplaatsing geschiedt in de kamers tussen de rollen, zodat de brandstof onder druk in het leidingensysteem geperst wordt.

Het debiet van de insputpomp is zeer hoog; het ligt naar gelang van de uitvoering tussen 90 en 165 liter per uur. Deze hoeveelheid is nodig, omdat de totale brandstofbehoefte van de installatie als volgt is samengesteld:

- het eigenlijke brandstofverbruik van de motor;
- de doorstroming van de brandstofverdeler;
- de terugvoer via de warmdraairegelaar;
- ongeveer 20% extra in verband met thermische eisen.

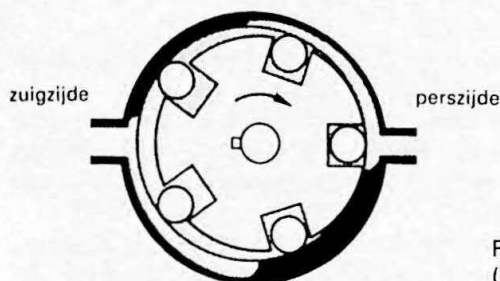


Figuur 5.13: Schematische voorstelling van de rollenpomp met elektromotor en brandstofdoorstroming (Robert Bosch GmbH)

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

De door de brandstofverdeler stromende, alsook de via de warmdraairegelaar teruggeleide brandstofhoeveelheid zorgen ervoor, dat de langs de motor lopende brandstofleidingen en de brandstofverdeler zelf door de relatief koude brandstof gekoeld worden. Daardoor is de kans op dampbelvorming geringer en wordt het warmstartgedrag van de motor verbeterd. De extra brandstofhoeveelheid wordt via de retourleiding drukloos naar de tank teruggeleid. De in de brandstofpomp geïntegreerde overdrukklep heeft tot taak, een kortsluitleiding naar de zuigzijde van de pomp te openen, hetgeen nodig kan zijn als de pomp tegen een te hoge weerstand in moet leveren, bij voorbeeld door een afgeknepen brandstofleiding of om een andere reden.

De aan de achterzijde aangebrachte terugslagklep voorkomt het terugstromen van brandstof door de pomp naar de tank als de motor wordt afgezet.



Figuur 5.14: Principe van de rollenpomp (Robert Bosch GmbH)

De brandstofpompen kunnen niet worden gerepareerd. Zij moeten als zodanig vervangen worden. Bij sommige uitvoeringen kan de aan de perszijde ondergebrachte terugslagklep vervangen worden.

De accumulator

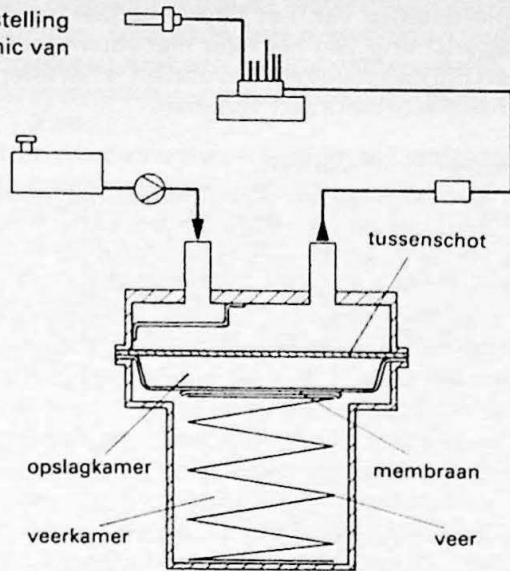
De taak van de accumulator is het instandhouden van de systeemdruk na het uitschakelen van de motor gedurende een zekere periode. Dat is nodig, omdat de rondstromende brandstof tijdens het rijden warmer wordt, wat na het afzetten van de motor ten gevolge van de afkoeling kan leiden tot de vorming van lucht in het systeem. Daardoor zou het opnieuw starten van de motor bemoeilijkt kunnen worden.

Het volume van de accumulator bedraagt 20 cm³; overeenkomstig de volumevermindering wordt deze hoeveelheid aan het brandstofsysteem afgestaan. Auto's vanaf modeljaar 1978 beschikken over accumulatoren met een volume van 40 cm³.

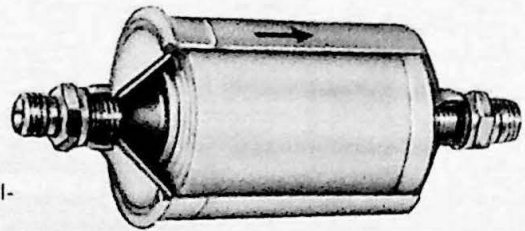
Bij opnieuw starten moet eerst de druk in de accumulator weer worden opgebouwd. De hierdoor gewonnen tijd is voldoende om de doseerzuiger in de brandstofverdeler contact te laten maken met de rol van de tussenhefboom in de luchthoeveelheidsmeter. Een andere functie van de accumulator is het dempen van het stromingsgeluid van de brandstofpomp. Daartoe is een extra dempingskanaal aangebracht.

Een stalen membraan verdeelt het inwendige van de accumulator in een opslag- en een veerkamer. De voor het membraan aangebrachte scheidingswand is bij oudere typen accumulatoren voorzien van een schijfklepje voor het vullen van de accumulator en met een smoring voor de brandstofterugvoer in het druksysteem. Bij het vullen van de accumulator welft het membraan zich tot het tegen een vaste aanslag aanligt, waarna het in deze positie blijft staan. Bij het uitschakelen van de motor staat het accumulatorvolume ter beschikking van het druk-

Figuur 5.15: Schematische voorstelling van de accumulator van de K-Jetronic van Bosch (Porsche)



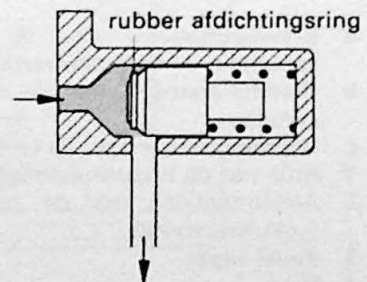
systeem van de motor. De terugstroming in dit systeem vindt via de smoring plaats en wordt totstandgebracht door de kracht van de accumulatorveer. Een in de toevoer van de accumulator opgesteld plaatje zorgt voor een omleiding van de brandstofstroom. Daardoor worden de door de pomp opgewekte stromingsgeluiden verminderd.



Figuur 5.16: Opengewerkt brandstoffijlfiler (Robert Bosch GmbH)

Het brandstoffijlfiler

Na de accumulator stroomt de brandstof door een fijnfilter met een gemiddelde poriënbreedte van $4 \mu\text{m}$. Het is een papieren wegwerpfiler met een levensduur van ongeveer 35 000 tot 40 000 km. Aan de schone kant van het filter bevindt zich een zeefje met een poriënbreedte van ongeveer $20 \mu\text{m}$, dat eventueel losgeraak-



Figuur 5.17: Schematische voorstelling van de systeemdrukregelaar (Robert Bosch GmbH). De regelrand van de zuiger opent de retourleiding afhankelijk van de druk

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

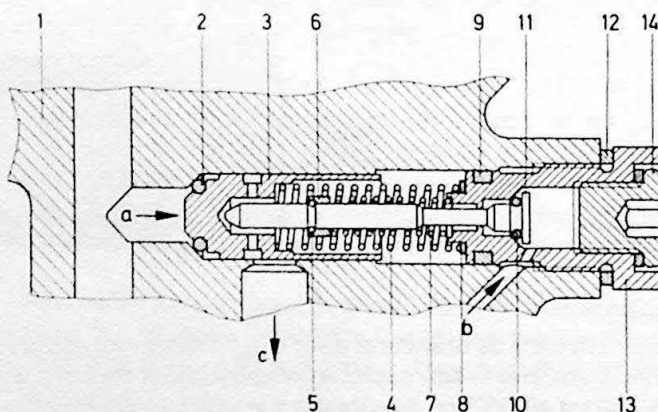
te papierdeeltjes van het filtermateriaal moet tegenhouden. Daarom mag de montagerichting van het filter niet verwisseld worden. De stromingsrichting is met een pijl aangegeven. Bovendien is het filter aan beide zijden van verschillende aansluitschroefdraad voorzien.

De systeemdrukregelaar

Nadat de overgebleven verontreinigingen door het brandstoffijnfilter zijn uitgefilterd, stroomt de brandstof in de brandstofverdeler een kanaal in, dat alle onderste kamers van de verschildrukkleppen met elkaar verbindt. In alle onderste kamers van deze kleppen heerst dezelfde druk die door de systeemdrukregelaar in de brandstofverdeler constant gehouden wordt.

De systeemdrukregelaar bestaat uit een regelzuiger, waarop aan de ene zijde de brandstofdruk staat. Aan de andere zijde van de zuiger werkt een exact afgestelde veer de drukkraft van de zuiger tegen. Naar gelang van het krachterevenwicht op de zuiger wordt door een in de zuiger gefreesde rand de terugvoerdoorraat naar de tank gedeeltelijk vrijgegeven. Door deze zelfregelende werking wordt de systeemdruk op rond 4,7 bar overdruk constant gehouden.

In een andere uitvoering is de systeemdrukregelaar voorzien van een drukklep, die zorgt voor een beveiliging van de systeemdruk bij een lekke warmdraairegelaar. Bij deze systeemdrukregelaars, sinds 1975 ingebouwd bij alle achtcilindermotoren van Daimler-Benz en sinds modeljaar 1978 bij alle auto's met K-Jetronic, wordt de brandstofretour vanaf de warmdraairegelaar door de systeemdrukregelaar geleid. Als extra voordeel ontstaat bij deze configuratie een kortstondig hogere regeldruk bij koude start, zodat de doseerzuiger meteen op de tussenafboom van de luchthoeveelheidsmeter aanligt, waardoor het gedrag bij koude

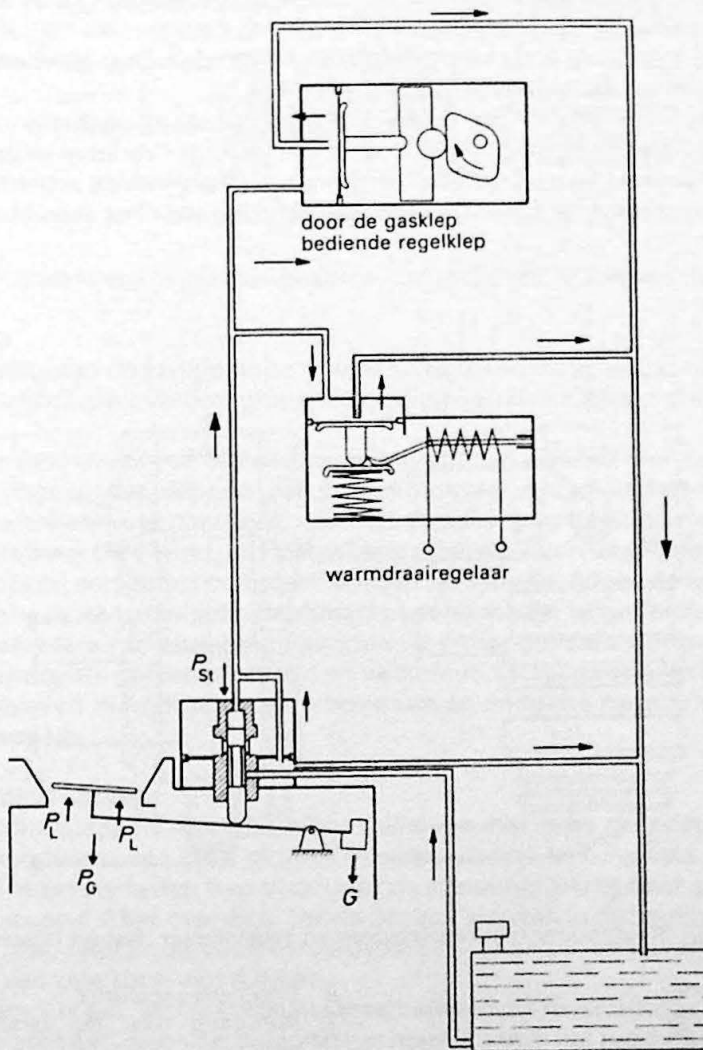


Figuur 5.18: Systeemdrukregelaar met drukklep (Robert Bosch GmbH)

- | | | | |
|---|---|----|---|
| a | Brandstoftoevoer vanaf de onderste kamers in de brandstofverdeler | 6 | Borgbus |
| b | Brandstofretour vanaf de brandstofverdeler | 7 | Veer |
| c | Brandstofretour naar de tank | 8 | Afstandsrings voor het afstellen van de systeemdruk |
| 1 | Huis van de brandstofverdeler | 9 | Afdichtingsring |
| 2 | Afdichtingsring op de regelzuiger (ge Vulcaniseerd) | 10 | Afdichtingsring |
| 3 | Regelzuiger | 11 | Drukklep |
| 4 | Veer | 12 | Afdichtingsring |
| 5 | Borgring | 13 | Opsluitbus |
| | | 14 | Bout |

start verbeterd wordt. Ook met deze regelaars wordt de systeemdruk op ongeveer 4,7 bar overdruk constant gehouden. Uiterlijk is deze systeemdrukregelaar te herkennen door een groter aangegoten deel aan de brandstofverdeler. Bij het afzetten van de motor valt de systeemdruk, gestuurd door de regelzuiger, plotseling terug naar zo'n 2,4 tot 1,8 bar.

Deze druk ligt onder de openingsdruk van de verstuivers, zodat het nadruppelen van de verstuivers en daarmee het eventueel nadieselen van de motor voorkomen wordt. De restdruk van ongeveer 2,4 tot 1,8 bar overdruk wordt door de rubber ring op de regelzuiger van de systeemdrukregelaar instandgehouden. De druk is nodig om dampbelvorming bij nog warme, afgezette motor te vermijden. De systeemdruk is instelbaar; in geval van reparatie mag de regelzuiger niet vervangen worden, omdat boring en zuiger op elkaar zijn afgestemd. Zonodig moet de brandstofverdeler vervangen worden.



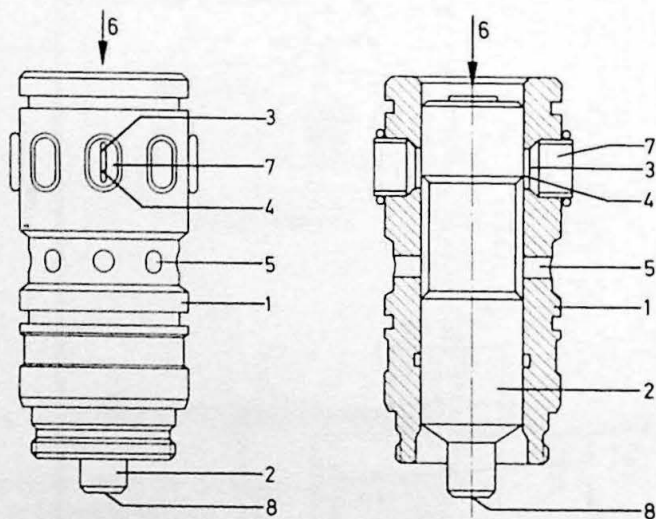
Figuur 5.19: Regelsysteem van de K-Jetronic van Bosch (Robert Bosch GmbH)

Het regelcircuit

Het regelcircuit wordt via een smoring aan de onderzijde van de verschildruk-
kleppen van de systeemdrukkring afgetapt. Een verbindingsleiding loopt van de
brandstofverdeler naar de warmdraairegelaar, die de brandstofdruk in de regel-
drukkring bepaalt. Als de motor op bedrijfstemperatuur is wordt de druk in de
regeldrukkring op ongeveer 3,7 bar overdruk constant gehouden. Bij een koude
start bedraagt de regeldruk, geregeld door de warmdraairegelaar, ten minste 0,5
bar overdruk. Gedurende de warmdraaifase wordt deze druk door de warm-
draairegelaar continu opgevoerd, tot zij haar normale waarde die behoort bij de
bedrijfstemperatuur van de motor, bereikt heeft.

De regeldruk werkt via een smoring op de bovenzijde van de doseerzuiger en
vormt de hydraulische tegenkracht tegen de luchtkracht, die via stuwklep, regel-
en tussenhefboom op de onderzijde van de doseerzuiger werkt. Verder wordt
door de smoring het pulseren van de stuwklep, dat kan optreden bij een laag
toerental en een hoge belasting, gedempt, zodat een ongewenste mengselverrij-
king bij deze bedrijfscondities voorkomen kan worden. De diameter van de smoring
bepaalt bovendien het extra kortstondige doorschieten van de stuwklep bij
plotseling toenemende stromingssnelheid in de trechter van de luchthoeveel-
heidsmeter. Daardoor is de voor de acceleratie van de motor gewenste momen-
tane mengselverrijking precies af te regelen.

Bij de zescilindermotoren van de Ford Granada en bij alle achtcilindermotoren
van Daimler-Benz is de smoring boven de doseerzuiger variabel uitgevoerd. Dat
heeft het voordeel van een groter verdringingseffect van de regeldruk bij snel
gasgeven, waardoor een grotere mengselverrijking voor het accelereren bereikt
wordt.



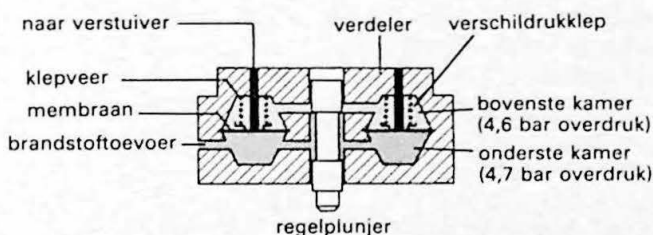
Figuur 5.20: Sleufhouder met regelsleuven en regelplunjer (Robert Bosch GmbH)

- | | |
|------------------------------|---|
| 1 Sleufhouder | 6 Effectieve regeldruk |
| 2 Regelplunjer | 7 Doorgang naar de verschildrukkleppen |
| 3 Regelsleuf | 8 Plunjerstift voor steun op het naaldlager van de luchtmeter |
| 4 Regelrand | |
| 5 Systeemdrুক্তoevoerleiding | |

De brandstofverdeler

Vanuit de onderste kamers van de verschildrukkleppen stroomt de brandstof via de regelsleuven (gevormd door de regelplunjer en de sleufhouder) naar de bovenste kamers en van daar via de leidingen naar de verstuivers.

De verdeling van de brandstof over de afzonderlijke verstuivers vindt plaats door middel van de doorsnedevariatie van de regelsleuven in de sleufhouder van de brandstofverdeler. Deze regelsleuven, waarvan het aantal overeenkomt met het aantal motorcilinders, hebben een rechthoekige doorsnede met een breedte van 0,2 mm en een hoogte van 5 mm; zij zijn in de sleufhouder gefreesd. Overeenkomstig de door de motor aangezogen luchthoeveelheid worden de sleuven door de regelrand van de plunjer minder of meer geopend. Bij elke sleuf hoort een verschildrukklep, die de drukval over de sleuf constant moet houden. Daardoor is het mogelijk, dat het debiet door de sleuf alleen van het doorsnedeoppervlak afhankelijk is. Variatie in de systeemdruk en afwijkingen in de openingsdruk van de verstuivers hebben geen invloed op de brandstoflevering.



Figuur 5.21: Schema van de brandstofverdeler met verschildrukkleppen (Bosch)

De van de slag van de regelplunjer afhankelijke brandstoflevering naar de verstuivers is lineair. De overbrengingsverhouding van de stuwklep naar de regelplunjer is 7 : 1.

De luchthoeveelheidsmeter en de brandstofverdeler worden met de mengselstelschroef in de tussenhefboom van de luchthoeveelheidsmeter op elkaar afgestemd. Deze stelschroef dient ook voor het afstellen van de stationaire uitlaatgassamenstelling. De zwarte, uit hoogwaardig gietwerk vervaardigde brandstofverdeler moet bij een defect compleet worden vervangen. Alleen de regelplunjer kan ten behoeve van reinigingswerkzaamheden worden uitgebouwd.

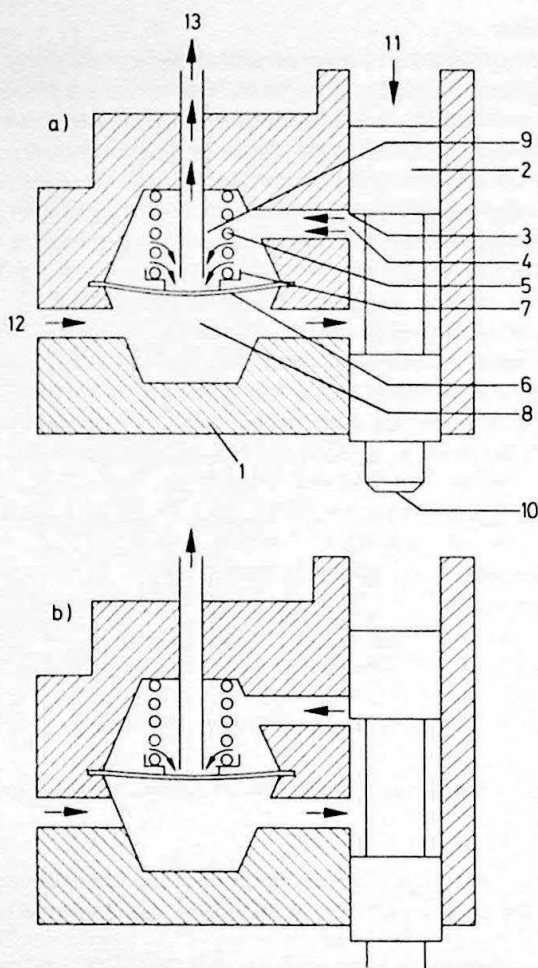
Brandstofverdelers van aluminium kunnen uit elkaar gehaald worden, maar alleen met de vereiste gereedschappen en vakkennis. Dit type verdeler is uitgerust met een geweven membraan tussen bovenste en onderste kamers van de verschildrukkleppen.

De verschildrukkleppen

De verschildrukkleppen worden, afhankelijk van het type brandstofverdeler, door een membraan van staal of doek in een onderste en bovenste kamer verdeeld. In de onderste kamer heerst de door de systeemdrukregelaar gedichteerde systeemdruk van 4,7 bar overdruk. De via de regelsleuven in de bovenste kamers stromende brandstof ondervindt een drukval van 0,1 bar; in de bovenste kamers heerst dus een overdruk van 4,6 bar.

De verschildruk is het resultaat van het krachtenverschil tussen beide kamers. De effectieve kracht aan de onderzijde van het membraan is het produkt van de systeemdruk en het membraanoppervlak; in de bovenste kamer moet bij het pro-

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving



Figuur 5.22: Regelsleuf en membraan bij groot debiet (a) en bij klein debiet (b) (Bosch)

- | | |
|----------------------|---|
| 1 Brandstofverdelers | 9 Bovenste kamer |
| 2 Regelplunjer | 10 Steunpunt van plunjer op naaldlager van de luchtmeters |
| 3 Regelrand | 11 Regeldruk |
| 4 Regelsleuf | 12 Systeemdruk |
| 5 Verschilddrukveer | 13 naar verstuiver |
| 6 Membraan | |
| 7 Veerschotel | |
| 8 Onderste kamer | |

dukt van de daar heersende druk en het membraanoppervlak, ook nog de kracht van de klepveer worden opgeteld. Beide krachten zijn in evenwicht.

Als de uitslag van de stuwklep door de toename van de stromingssnelheid in de conus van de luchthoeveelheidsmeter groter wordt, laat de regelrand van de plunjer een grotere doorlaat van de regelsleuf vrij. Door de extra brandstof, die nu in de bovenste kamer stroomt, wordt hier de druk kortstondig verhoogd. Het membraan wordt omlaag gedrukt en laat een grotere doorlaat naar de verstuivers vrij, zodat de verschilddruk van 0,1 bar zich weer instelt.

Wordt nu de gasklepstand met een bepaalde hoek verlaagd, dan daalt de stromingssnelheid in de conus van de luchthoeveelheidsmeter. De uitslag van de

stuwklep wordt kleiner, waardoor de regelplunjer door de hydraulische tegen-druk in de sleufhouder omlaagedrukt wordt. Daardoor wordt de doorsnede van de regelsleuven verkleind en kan er minder brandstof naar de bovenste kamers van de verschildrukkleppen stromen. Nu wordt de druk in de onderste kamers kortstondig iets hoger, waardoor de membranen omhooggeduwd worden tot zich weer de verschildruk van 0,1 bar heeft ingesteld. Er stroomt dan navenant minder brandstof naar de verstuivers.

De slag van de membranen is zeer klein: afhankelijk van de brandstofbehoefte van de motor ligt deze tussen 0,06 en 0,2 mm. Brandstofverdelers van het nieuwe type kunnen aan de bovenzijde met stelschroeven voor de verschildrukkleppen zijn uitgerust. De stelschroeven zijn voorzien van een borgmoer en zijn bovendien nog eens extra geborgd. De stand van deze schroeven mag in geen geval worden gewijzigd, omdat met werkplaatsgereedschap een instellen van deze kleppen niet mogelijk is.

De verstuivers

Elke verstuiver is via een toevoerleiding met een verschildrukklep verbonden. De in de brandstofverdeler gedoseerde brandstofhoeveelheid wordt door de verstuiver in de buurt van elke inlaatklep van de motor fijn verneveld in het inlaatspruitstuk gespoten. De openingsdruk van de verstuivers verschilt per voertuigtype, maar bedraagt gemiddeld 3,3 bar overdruk. De verstuivers verschillen echter niet alleen in openingsdruk, maar ook in lengte, afhankelijk van de constructieve kenmerken van de motor.

Normaal gesproken zijn de verstuivers in het inlaatspruitstuk gemonteerd door middel van een schuifverbinding. Alleen bij de Porsche Turbo worden ze in het spruitstuk geschroefd. De afdichting vindt plaats met behulp van een manchets.

De brandstof stroomt door de uitgeboorde verstuivers en wordt daar door een fijnfilter met een poriënbreedte van ongeveer 1,5 µm gefilterd. De onder druk staande brandstof opent de naaldklep tegen de kracht van de klepveer in naar buiten. Verstuivers zijn niet te repareren; zij moeten in geval van een defect als één geheel worden vervangen.

5.1.3 Inrichtingen voor de mengselaanpassing

De K-Jetronic heeft correctiemechanismen voor de mengselverrijking bij koude start, voor het warmdraaien en voor vollast. Ook correctiemechanismen voor strengere uitlaatgasvoorschriften kunnen zonder problemen aan de installatie worden toegevoegd. Auto's die voor de export naar landen met verscherpte uitlaatgasvoorschriften zijn bestemd, zijn uitgerust met afwijkende inrichtingen voor het reinigen van de uitlaatgassen.

In dit soort auto's worden deze inrichtingen dan ook afzonderlijk of in combinatie ingebouwd. Het volgende lijstje geeft een overzicht van de meest voorkomende extra maatregelen per exportland.

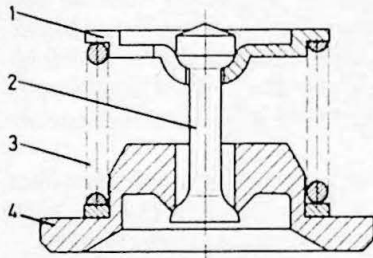
Systemen voor de uitlaatgaszuivering, vooral toegepast in:

	Zweden	Australië	Canada	USA	Japan
uitlaatgasrecirculatie	ja	ja	ja	ja	ja
aanzuigen van secundaire lucht	ja	ja	ja	ja	ja
inblazen van secundaire lucht	ja	ja	ja	ja	ja
uitlaatgaskatalysator	nee	nee	nee	ja	ja
lambdaregeling	nee	nee	nee	ja	ja

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving



Figuur 5.23: Verstuiver (Bosch)



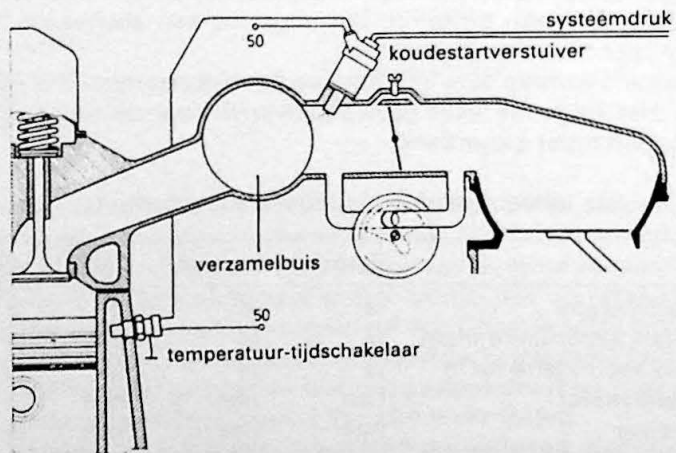
Figuur 5.24: Verstuiverklep (Bosch)

- 1 Veerschotel
- 2 Naaldklep
- 3 Klepveer
- 4 Steunplaat

De elektrische koudestartverstuiver

De elektrische koudestartverstuiver wordt via een toevoerleiding vanaf de brandstofverdeler op systeemdruk gehouden.

De brandstof stroomt door het uitgeboorde verstuiverlichaam, wordt daar nogmaals door een ingebouwde zeef gefilterd en drukt tegen het als klep uitgevoerde magneetanker. Zodra de verstuiver wordt bekrachtigd, stroomt de brandstof met een hoge systeemdruk van 4,7 bar overdruk door deze klep, waarna het door de roterende sproeier fijn verneveld in het centrale gedeelte van het inlaatspruitstuk wordt gespoten.

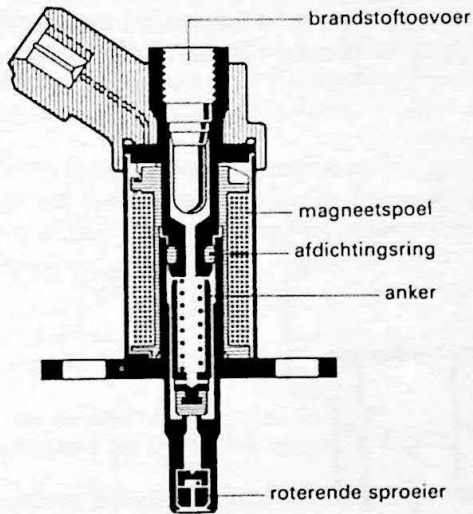


Figuur 5.25: Plaats van de koudestartverstuiver in de verzamelbuis (Bosch)

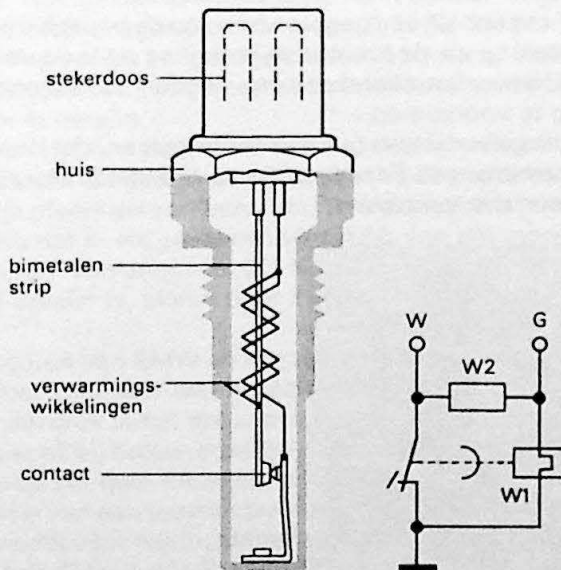
De koudestartverstuiver wordt via klem 50 van het startrelais van de startmotor bediend. Het magneetanker kan echter alleen door de wikkeling in de verstuiver worden aangetrokken, als de temperatuur-tijdschakelaar, die ook vanaf het startrelais wordt bediend, de stroomkring naar de koudestartverstuiver gesloten heeft. De temperatuur-tijdschakelaar reageert op de motortemperatuur.

De temperatuur-tijdschakelaar

Het al dan niet openen van de elektrische koudestartverstuiver wordt tijdsafhankelijk geregeld door de temperatuur-tijdschakelaar. Bij hogere motortoerentalen opent de verstuiver in het geheel niet.



Figuur 5.26: Schematische doorsnede van de koudestartverstuiver (Bosch)



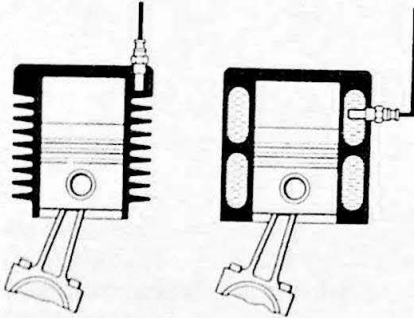
Figuur 5.27: Schema van de temperatuur-tijdschakelaar, hier met twee verwarmingswikkelingen (Bosch)

Insputing zonder afzonderlijke aandrijving

Omdat de schakelaar moet reageren op de motortemperatuur wordt zij bij watergekoelde motoren in het koelsysteem van de motor (in het motorblok) gemonteerd, terwijl zij bij luchtgekoelde motoren in de cilinderkop geschroefd wordt. Een belangrijk onderdeel van de temperatuur-tijdschakelaar is de bimetalen strip, die bij toenemende temperatuur meer vervormt en daardoor een massacontact opent. Via dit contact wordt de stroomtoevoer naar de koudstartverstui-ver geregeld. Voor een versneld opwarmen van het bimetaal is de schakelaar al naar gelang de uitvoering met één of twee verwarmingswikkelingen uitgerust. Bij koude start wordt door het verwarmen van het bimetaal de schakeltemperatuur zeer snel bereikt en de stroomkring van de koudstartverstui-ver onderbroken. Daardoor wordt in het centrale gedeelte van het inlaatspruitstuk geen extra brandstof meer ingespoten. Is de schakelaar met twee wikkelingen uitgerust, dan wordt tegelijkertijd één wikkeling uitgeschakeld, terwijl de andere het schakelcontact geopend houdt tot aan het eind van de schakelperiode.

De warmdrairegelaar

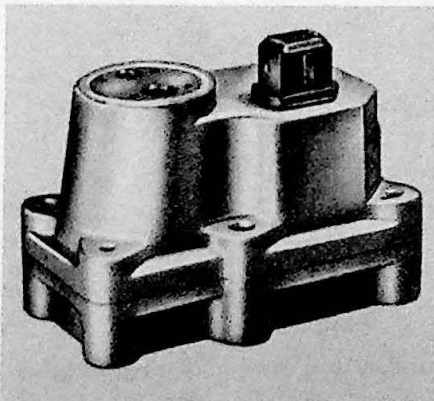
Als de koude motor gestart is, heeft deze een rijker mengsel nodig ter compensatie van de condensatieverliezen in het spruitstuk en in de cilinders. De regeling van deze brandstofhoeveelheid vindt plaats met behulp van de warmdraairege-



Figuur 5.28: Montage van de temperatuur-tijdschakelaar (Bosch)

laar. De regelaar bestaat uit een gegoten huis; op de bovenkant bevinden zich de elektrische aansluiting en de brandstofaansluiting naar de verdeler en de tank (retourleiding). De brandstofaansluitingen hebben een verschillende diameter om verwisseling te voorkomen.

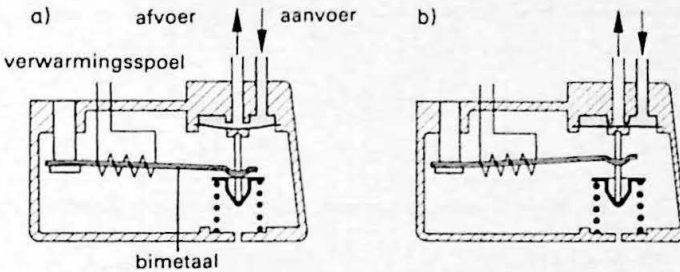
In de warmdraairegelaar is een bimetaal opgenomen, dat door een elektrische wikkeling verwarmd wordt. Een klep, die de brandstofretour regelt, wordt via een stangetje door een veer belast.



Figuur 5.29: Warmdraairegelaar (Bosch)

Bij koude motor oefent de bimetalen strip een drukkracht op de klepveer uit. Daardoor wordt het membraan van de klep ontlast en de retour naar de brandstoftank verder geopend. De regeldruk, die via een smoring van de systeemdruk wordt afgeleid, daalt door deze toegenomen terugvoer van brandstof naar de tank. Bij koude motor bedraagt deze druk nog slechts 0,5 bar overdruk, waardoor de regelplunjer in de brandstofverdeler door de stuwklep in de luchthoeveelheidsmeter verder wordt gelicht. Er stroomt nu meer brandstof door de regelsleuven naar de verstuivers; het mengsel wordt rijker.

Tegelijk met het starten van de motor wordt de verhitting van het bimetaal ingeschakeld. Hierdoor en door de stijgende motortemperatuur wordt het bimetaal warmer, waardoor de klepveer in de warmdraairegelaar in toenemende mate ontlast wordt. Bij een bepaalde temperatuur is ten slotte de strip geheel van de veer los. Daardoor neemt de veerkracht op de retourregelklep toe, waardoor ook



Figuur 5.30: Schema van de warmdraairegelaar (Bosch)

- a stand van het membraan bij koude motor: geringe onderdruk (minimaal 0,5 bar overdruk)
- b stand van het membraan bij warme motor: normale regeldruk (3,7 bar overdruk)

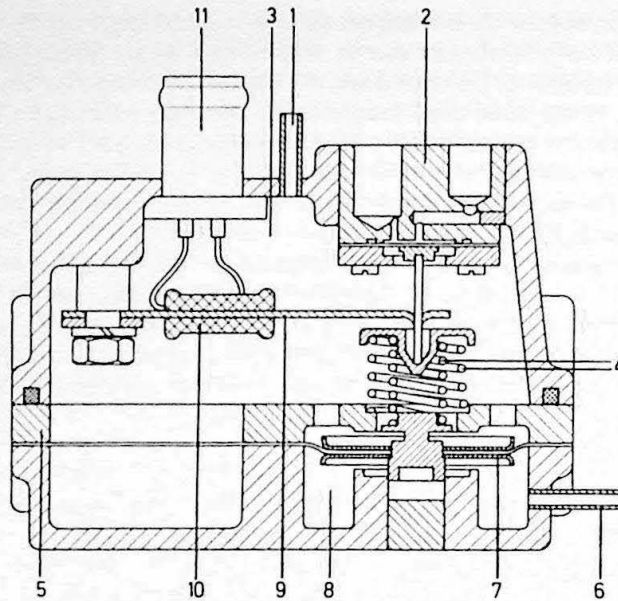
de regeldruk weer oploopt, tot deze bij de normale bedrijfstemperatuur de gebruikelijke waarde van 3,7 bar overdruk weer heeft bereikt. Tegelijkertijd neemt daardoor de hydraulische tegendruk op de regelplunjer toe en de stuwklep kan dan door de stroming van de aangezogen lucht niet meer zo hoog als eerst worden gelicht. De mengselverrijking neemt dus continu af tot de bedrijfstemperatuur van de motor is bereikt.

De verwarming van het bimetaal vindt zowel elektrisch alsook door de motorwarmte plaats. Daarom is de warmdraairegelaar op een voor de motortemperatuur karakteristieke plaats gemonteerd. Zou de elektrische bimetaalverwarming uitvallen, dan heeft dat in elk geval een verrijking van het mengsel tot gevolg, omdat de temperatuur van ongeveer 513 K (240 °C), die voor het volledig lichten van het bimetaal vereist is, alleen door de verwarmingswikkeling bereikt kan worden.

De viercilindermotoren van BMW en alle zes- en achtcilindermotoren met K-Jetronic zijn uitgerust met een warmdraairegelaar met vollastverrijking. Deze wordt door de onderdruk in het spruitstuk bediend en regelt bij vollast en laag motortoerental, alsook bij accelereren. Bij deze typen regelaars zit de onderdrukaansluiting bovenop het huis. Onderop de regelaar is een extra kamer gemonteerd, die voorzien is van een toevoeraansluiting voor lucht onder atmosferische druk. Deze lucht wordt vóór het luchtfilter afgetapt. Hierdoor wordt voorkomen, dat een vervuild luchtfilter het vollastverrijkingssysteem zou kunnen beïnvloeden.

Bovenste en onderste kamer zijn van elkaar gescheiden door het vollastmem-

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving



Figuur 5.31: Warmdrairegelaar met vollastverrijking (Bosch)

- | | |
|---|--|
| 1 Onderdrugaansluiting naar het spuitstuk | 7 Vollastmembraan |
| 2 Regeldrukklep met membraan | 8 Onderste kamer |
| 3 Bovenste kamer | 9 Bimetaal |
| 4 Klepveren | 10 Verwarmingswikkeling |
| 5 Tussenplaat | 11 Elektrische aansluiting voor verwarmingswikkeling |
| 6 Aansluiting buitenluchtdruk | |

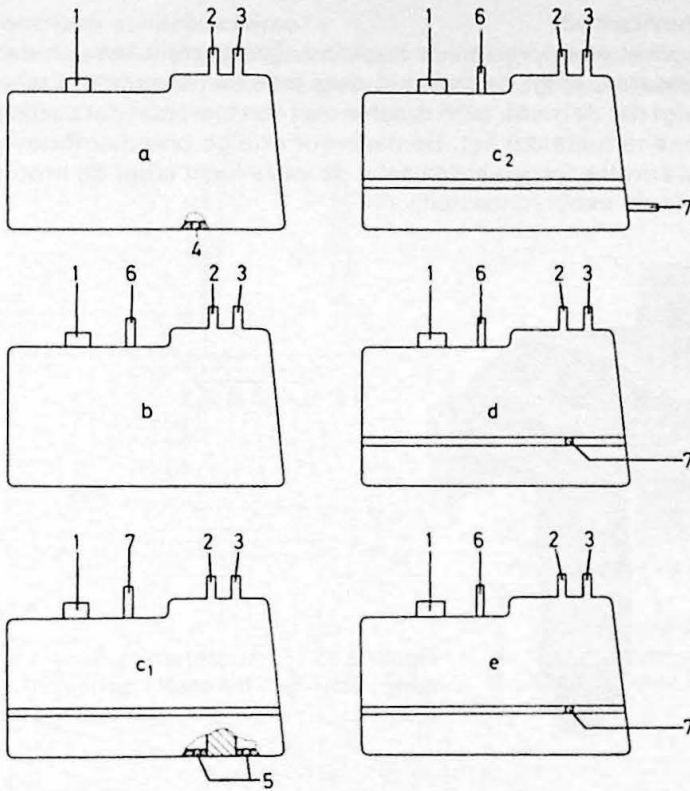
braan, dat door een veer wordt belast. De kracht van beide veren zorgt voor de regeling van de normale regeldruk van 3,7 bar overdruk. Wordt nu bij een laag motortoerental de gasklep verder opengezet, dan wordt ter plaatse van de aansluiting in het spuitstuk de druk lager, zodat het vollastmembraan, tegen de veerkracht in, omlaagedrukt wordt. Daardoor wordt de brandstofretourklep in de warmdrairegelaar ontlast, waardoor ook de regeldruk daalt, zodat de regelplunjer de sleuven verder vrijlaat.

In een andere uitvoering wordt de warmdrairegelaar als een ontkoppeld systeem ingebouwd. In deze versie hebben de spuitstukdruk en de atmosferische druk een precies omgekeerd effect. Bij deze regelaars is de aansluiting voor de spuitstukonderdruk op de onderste kamer aangebracht; de aansluiting voor de atmosferische leiding zit dan aan de bovenkant.

Voor het gebruik in landen met een sterk variërende geografische hoogte worden bovendien nog warmdrairegelaars met een hoogtecorrectie geproduceerd en ook zij kunnen met of zonder vollastverrijking worden geleverd.

Ter onderscheiding van de verschillende warmdrairegelaars dienen de volgende aanwijzingen:

- Warmdrairegelaars zonder correctiesystemen zijn zonder tussenschot uitgevoerd en hebben geen extra luchtaansluitingen.
- Warmdrairegelaars met hoogtecorrectie zijn uitgevoerd zonder tussenschot en zijn aan de bovenzijde voorzien van een atmosferische aansluiting.
- Warmdrairegelaars met vollastverrijking hebben een tussenschot. De aansluiting voor de spuitstukonderdruk bevindt zich bovenop de regelaar. De



Figuur 5.32: Uitvoeringsvormen van warmdraaieregelaars voor de K-Jetronic van Bosch

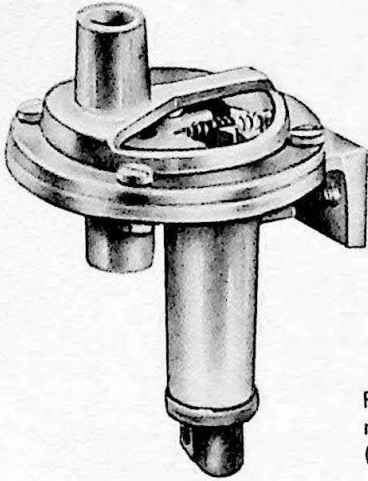
- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> a Warmdraaieregelaar zonder correctiemechanismen b Warmdraaieregelaar met hoogtecorrectie c1 Warmdraaieregelaar met vollastverrijking (oud type) c2 Warmdraaieregelaar met vollastverrijking (recent type) d Warmdraaieregelaar met ontkoppelde vollastverrijking e Warmdraaieregelaar met vollastverrijking en hoogtecorrectie | <p>Verklaring der cijfers:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Elektrische stekeraansluiting 2 Brandstofretour 3 Regeldrukaansluiting 4 Boring naar buitenlucht 5 Boring naar buitenlucht (vervangt aansluiting voor buitenluchtdruk) 6 Aansluiting voor buitenluchtdruk 7 Aansluiting voor spuitstukonderdruk |
|--|--|

atmosferische aansluiting vindt bij het oudere type plaats door middel van luchtboringen in de onderkant en bij de jongere typen door een aansluitnippel in de onderste kamer.

- d Warmdraaieregelaars met een ontkoppeld vollastverrijkingssysteem hebben een tussenschot. De aansluiting voor de spuitstukdruk bevindt zich in dit schot, de atmosferische aansluiting zit bovenop de regelaar.
 - e Warmdraaieregelaars met vollastverrijking en hoogtecorrectie zijn van een tussenschot voorzien. De aansluitingen zijn identiek aan geval d.
- Alle atmosferische aansluitingen moeten vóór het luchtfilter (gezien vanuit de aanzuigrichting) worden aangesloten, opdat de vervuiling van het luchtfilter geen invloed heeft op de werking van de correctiesystemen.

De extraluchtschuif

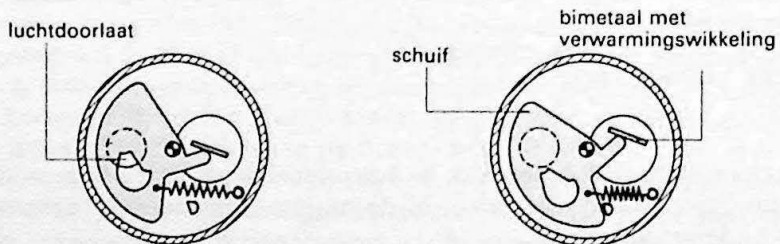
Om tijdens het warmdraaien de hogere wrijvingsverliezen van de koude motor te compenseren, krijgt de motor in deze fase een brandstof-luchtmengsel, dat ervoor zorgt dat de motor blijft draaien met een toerental dat zo dicht mogelijk bij het stationaire toerental ligt. De daarvoor nodige brandstofhoeveelheid wordt door de warmdraairegelaar bepaald, de extra lucht krijgt de motor bij gesloten gasklep via de extraluchtschuif.



Figuur 5.33: Extraluchtschuif met elektrische verwarming van het bimetaal, gedeeltelijk opengewerkt (Bosch)

Een omloopleiding langs de gasklep wordt door de extraluchtschijf meer of minder geopend, afhankelijk van de motortemperatuur. Bij koude motor is de regelklep van de extraluchtschuif geopend. Naarmate de motor warmer wordt, wordt de luchtdoorlaat door de schuif geleidelijk gesloten, totdat bij het bereiken van de bedrijfstemperatuur geen extra lucht meer nodig is.

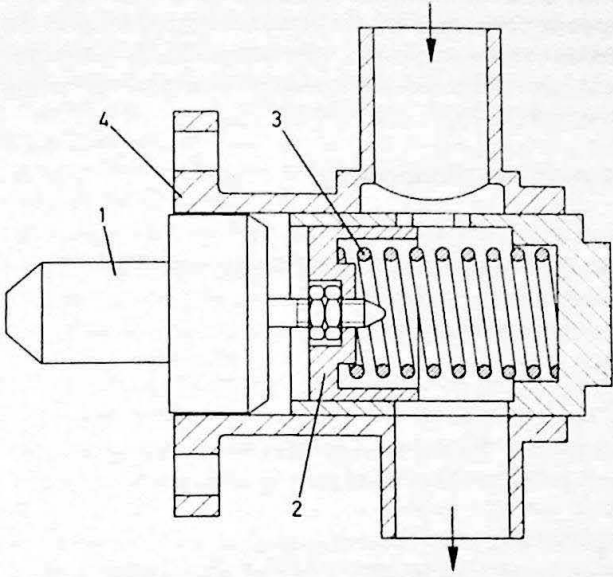
De temperatuurafhankelijke sturing van de extraluchtschuif vindt plaats met behulp van een bimetaal, dat door een elektrische wikkeling wordt verwarmd. Een andere uitvoering werkt met een wasthermostaat, die in het koelsysteem van de motor is opgenomen. Beide typen zijn gemonteerd op een plaats, die representatief is voor de thermische toestand van de motor.



Figuur 5.34: Schematische weergave van de stand van de schuif voor extra lucht (Bosch) a gedeeltelijk geopend; b gesloten.

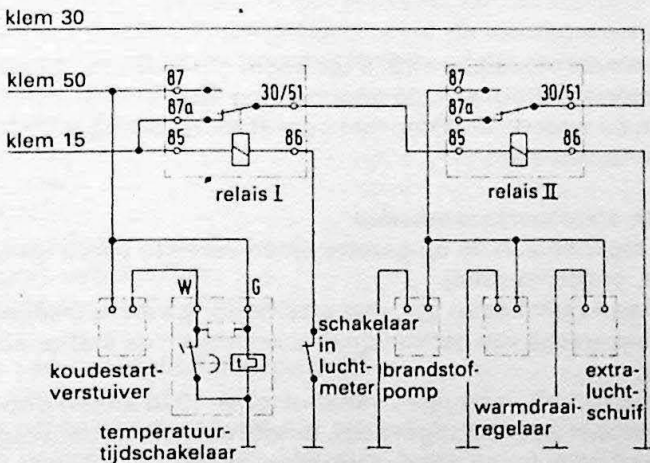
5.1.4 Het elektrisch schakelschema

Als de ontsteking wordt ingeschakeld wordt ook relais I bekrachtigd. Relais II blijft in de ruststand staan en er is dus geen verbinding met de verbruikers van de inspuitinstallatie.



Figuur 5.35: Extraluchtschuif met koelwaterverwarming (Bosch)
 1 Wasthermostaat
 2 Regelplunjer
 3 Terugstelveer
 4 Huis

Bij het starten wordt door de zuigwerking in de conus van de mengselregelaar de stuwklep iets gelicht. Daardoor wordt de massakabel naar relais I onderbroken, omdat de schakelaar in de luchthoeveelheidsmeter geopend wordt. Vanaf klem 50 van het startrelais via het contact in relais I loop nu een stuurstroom naar relais II, dat de elektrische brandstofpomp en de verwarming van de warmdraairegelaar en van de extraluchtschuif inschakelt. Tegelijkertijd wordt de elektrische koudestartverstuiver bekrachtigd; deze spuit afhankelijk van de werking van de temperatuur-tijdschakelaar brandstof in het spuitstuk. Blijft de motor nu



Figuur 5.36: Schakelschema van de K-Jetronic van Bosch. De schema's voor Audi en Porsche wijken hiervan af (Bosch)

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

draaien, dan blijft door de uitslag van de stuwklep ook de schakelaar in de luchthoeveelheidsmeter open staan, zodat zich geen wijzigingen zullen voordoen in de hierboven beschreven procedure.

Als de motor echter weer afslaat (hetzij na het starten of tijdens het rijden) dan wordt ook de stroomtoevoer naar de elektrische brandstofpomp en naar de verwarming van het correctiesysteem onderbroken. Omdat nu de stuwklep in de ruststand terugkeert, wordt ook de schakelaar in de luchthoeveelheidsmeter gesloten, zodat relais I wordt ingeschakeld. Deze onderbreekt de voeding van relais II, zodat dit in de ruststand terugkeert.

5.1.5 Bijzonderheden van enkele voertuigmodellen

Drukdemper

Bij enkele modellen van Volkswagen, Audi en Porsche bevindt zich in de zuigleiding tussen brandstoftank en elektrische brandstofpomp een extra drukdemper. Bij Daimler-Benz zijn deze componenten als volgt gerangschikt: brandstoftank - filter - pomp - drukdemper - accumulator.

Opvoerpomp

Bij extreem hoge buitentemperaturen, die meestal slechts in zuidelijke landen heersen, kan soms de brandstof reeds in de zuigleiding tussen tank en pomp verdampen.

In deze situaties bestaat de mogelijkheid, een kleine opvoerpomp en een drukregelaar als inbouwset onmiddellijk na de brandstoftank of een opvoerpomp in de tank te monteren.

Bij voertuigen van het merk Volvo wordt sinds medio 1977 standaard een kleine schottenpomp (persdruk ongeveer 0,2 bar) als opvoerpomp in de tank ingebouwd.

Tankontluchting

Om dampbelvorming onder extreme thermische belastingen te voorkomen, wordt bij Volkswagen- en Audimodellen een ontluchtingsklep in de benzinetank gemonteerd, die pas bij een overdruk van 0,3 bar de ontluchtingsleiding opent. De aldus onder een voortdurende overdruk staande brandstof zal nu minder makkelijk verdampen.

Extra accumulator

BMW-modellen van de modeljaren 1975 tot begin 1976 zijn uitgerust met een tweede accumulator, ingebouwd in de retourleiding naar de brandstoftank. Met de toepassing van de systeemdrukklem met openstootinrichting is deze extra accumulator komen te vervallen.

5.1.6 Controle- en afstelwerkzaamheden

De K-Jetronic is, afgezien van de op gezette tijden vereiste vervanging van het brandstoffijnfilter, onderhoudsvrij.

De vereiste afstelwerkzaamheden zijn, met uitzondering van optredende defecten, beperkt tot de correctie van het stationair toerental en de stationaire uitlaatgassamenstelling.

De laatste correctie kan bij voertuigen vanaf oktober 1976 alleen door daartoe bevoegde werkplaatsen worden uitgevoerd, omdat de stelschroef volgens ECE-voorschriften beveiligd is tegen onbevoegde ingrepen.

Afstelwerkzaamheden aan de K-Jetronic hebben alleen dan zin, als de motor aan de vereiste voorwaarden voldoet. Daarbij moet men er vooral op letten, dat:

- de sluihoek van de onderbreker en het ontstekingsstijdstip overeenkomen met de voorschriften van de motorfabrikant;
- de compressie van alle cilinders gelijk is en binnen de voorgeschreven toleranties ligt;
- de klepspelning overeenkomstig de voorschriften afgesteld is;
- de elektrodenafstand van de bougies correct is.

Verder moet men controleren, of de pijp- en slangaansluitingen aan de zuigzijde van de motor luchtdicht zijn. Ieder lek achter de luchthoeveelheidsmeter maakt het meten van de luchthoeveelheid onbetrouwbaar en leidt tot storingen in de brandstofdosering.

Verder moet men bij alle werkzaamheden aan de brandstofaansluitingen uiterst schoon te werk gaan.

Beveiligde stelschroeven van de inspuitinstallatie mogen niet worden verdraaid, omdat anders het functioneren van de installatie als geheel niet meer gegarandeerd is.

Speciaal gereedschap

Voor verschillende controle- en afstelwerkzaamheden aan de K-Jetronic is speciaal gereedschap vereist, dat van Bosch kan worden betrokken:

- Drukmeter KDEP 1034 voor:
- a systeemdrukmeting
 - b regeldrukmeting
 - c meting van de continudruk (voor het opsporen van hydraulische lekken).

Diverse verbindingscomponenten voor het aansluiten van de drukmeter.

De drukmeter KDEP 1034 werd in 1979 door de KJE-P 100 vervangen. De hierbij gebruikte multi-klep heeft nog maar één klepschroef, zodat montage en controle vereenvoudigd worden.

Debietvergelijkingsmeter voor de KDJE 7451 voor het vergelijken van het brandstofdebiet naar de afzonderlijke verstuivers.

Een set toebehoren KDJE-P 200/16/20 voor:

- het aansluiten van de debietvergelijkingsmeter bij voertuigen met stalen toevoerleidingen naar de verstuivers;
- verstuivercontroleur KDJE 7452 of 0 681 200 700;
- een stel centreerstukken KDEP 104010/14 voor het centreren van de stuwklep in de luchthoeveelheidsmeter;
- een stelsleutel KDEP 1035 voor het afstellen van de stationaire uitlaatgas-samenstelling met de mengselstelschroef in de luchthoeveelheidsmeter.

Verder heeft men de volgende, normaal in de handel verkrijgbare gereedschappen en meetapparatuur nodig:

- een momentsleutel (5-45 Nm);
- een voltmeter;
- een ohmmeter;
- een toerenteller;
- een uitlaatgastester;
- een meetglas van 1,5 liter;
- een vacuümhandpomp Mityvac.

Het afstellen van het stationaire toerental

Toerenteller aansluiten.

Motor (reeds op bedrijfstemperatuur) starten en stationair toerental aflezen.

** Nominale waarde (algemeen: $950 \pm 50 \text{ min}^{-1}$)

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

Indien nodig moet het nominale stationaire toerental worden ingesteld door de omloopluchtreghelschroef in het gasklephuis te verdraaien.

Schroef indraaien: stationair toerental wordt lager.

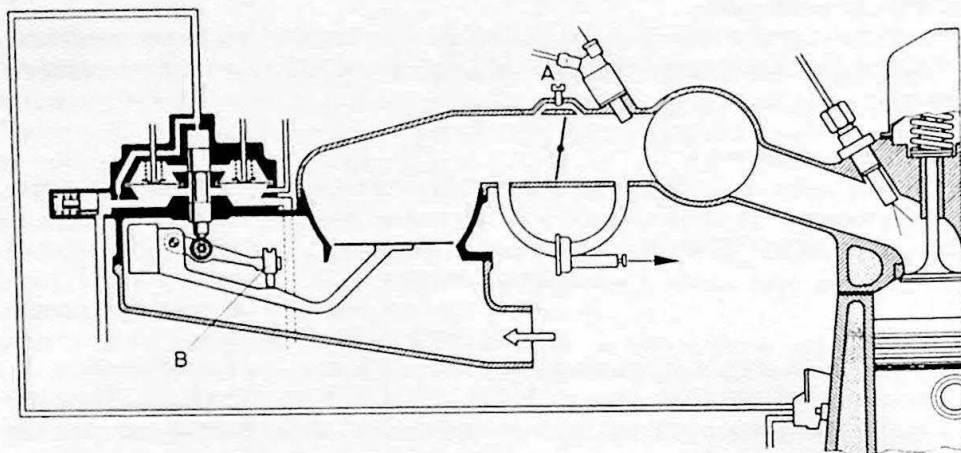
Schroef uitdraaien: stationair toerental wordt hoger.

Het afstellen van de uitlaatgassamenstelling bij stationair toerental

Toerenteller en uitlaatgastester aansluiten.

Motor (op bedrijfstemperatuur) starten en stationair toerental en CO-waarde aflezen.

** Nominale waarde (algemeen): $1,5 \pm 0,5$ vol.-% CO



Figuur 5.37: Het afstellen van het stationaire toerental gebeurt bij de K-Jetronic met behulp van de luchtreghelschroef (A) in het omloopkanaal van de gasklep. Het CO-aandeel in de uitlaatgassen bij stationair draaien wordt afgesteld met de mengselstelschroef (B) in de luchtmeter (Bosch)

Zonodig moet de CO-waarde, bij nominaal stationair toerental, worden afgesteld door het verdraaien van de mengselregelschroef.

Daarbij moet men op het volgende letten: de montageopening in de mengselregelaars was bij luchthoeveelheidsmeters volgens het stijgstroomprincipe tot oktober 1976 met een rubber dop en bij meters volgens het valstroomprincipe met een borgschroef afgesloten. Vanaf oktober 1976 zijn deze boringen volgens ECE-richtlijnen beveiligd. De afstelling van de uitlaatgassamenstelling bij stationair toerental mag alleen in daartoe bevoegde werkplaatsen worden uitgevoerd, omdat alleen zij beveiligingsdoppen als reserve-onderdelen in voorraad hebben. De keuringsstations van de TüV (Technische Überwachungsverein, Duitse pendant van de Rijksdienst voor het Wegverkeer; noot v.d. vert.) zijn belast met de controle op de aanwezigheid en het onbeschadigd zijn van deze beveiligingen.

Na het verwijderen van de beveiliging kan met de stelsleutel (zie de paragraaf over speciaal gereedschap) de mengselstelschroef ingesteld worden. Daarbij moet men altijd beginnen bij een mager mengsel. Na het afstellen kort gas geven (vergeet niet, eerst de stelsleutel uit de boring te verwijderen; anders kan door de beweging van de stuwklep schade ontstaan) en wachten tot de motor zich op de vastgestelde waarde instelt. Eventueel de procedure herhalen. Vervolgens moet bij voertuigen met een luchthoeveelheidsmeter van het val-

stroomtype de sluitschroef weer worden ingedraaid. Bij voertuigen vanaf oktober 1976 moet de dop worden aangebracht.

Zonodig moet na het afstellen van de CO-waarde nogmaals het stationaire toerental worden bijgesteld.

Controle van het aanzuigsysteem op lekkage

Als het stationair toerental niet gemakkelijk in te stellen valt, dan kan een lek in het aanzuigsysteem daarvan de oorzaak zijn. De volgende aansluitingen moeten dan zorgvuldig worden gecontroleerd:

- de aansluiting van de aanzuigleiding aan de luchthoeveelheidsmeter;
- de afdichting van de boring voor het afstellen van de stationaire uitlaatgassamenstelling (alleen bij auto's met een luchthoeveelheidsmeter van een valstroomtype);
- de slangaansluitingen op de extraluchtschuif en het centrale gedeelte van het inlaatspruitstuk;
- de onderdrukaansluiting op de warmdraairegelaar en het centrale gedeelte van het inlaatspruitstuk;
- de afdichting van de elektrische koudestartverstuiver in het centrale spruitstukgedeelte;
- de afdichting van de verstuivers in het spruitstuk;
- de afdichting van het spruitstuk op de cilinderkop van de motor.

Als een visuele of auditieve controle (een zacht sissend geluid ter plaatse van het lek) geen uitkomst biedt, dan kunnen de kritische plaatsen met wat zeepsop worden bedekt. Bij geopende gasklep kan dan via de uitgaande slang van de extraluchtschuif perslucht in de installatie worden geblazen. Lekken worden dan manifesterend door de vorming van zeepbelletjes.

Controle van de regelplunjer en de hefboom

Om te controleren of de regelplunjer en de hefboom 'gangbaar' zijn moet bij valstroomtypen het luchtfilter en bij stijgstroomtypen de luchtgeleider worden uitgebouwd; de motor moet minstens handwarm zijn.

Trek de stekker los van de luchthoeveelheidsmeter (aansluiting van de beveiligingsschakelaar voor de elektrische pomp), zodat de brandstofpomp door het inschakelen van de ontsteking bekrachtigd wordt.

Het controleren van de stuwklep houdt in:

- a de klep mag niet verbogen zijn;
- b de klep moet de ontlastconus kunnen binnengaan zonder het trechterhuis te raken.

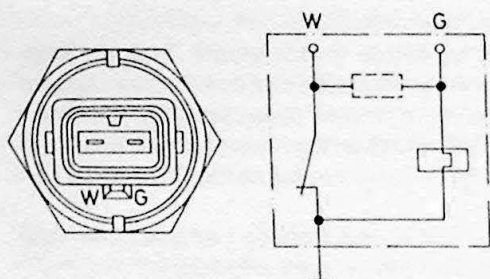
Vervolgens moet de stuwklep -afhankelijk van het type luchthoeveelheidsmeter- omhoog- of omlaaggeduwd worden en worden losgelaten. Na het bereiken van de ruststand moet de klep dan twee- à driemaal terugveren.

Schakel daarna kort (10 à 15 seconden) de ontsteking in, opdat het brandstofsysteem op druk kan komen en de regelplunjer door de regeldruk op het naaldlager van de tussenhefboom aanligt. Duw vervolgens de stuwklep -afhankelijk van het type- in een gelijkmatige beweging omhoog of omlaag. Daarbij mag de regelplunjer over de gehele slag niet klemmen.

Hierna moet de stuwklep snel in de ruststand worden teruggezet. De regelplunjer ijlt na: zij moet voelbaar op de tussenhefboom terugkeren.

De regelplunjer 'gangbaar' maken

Verwijder zorgvuldig het vuil van de buitenkant van de brandstofverdeler en maak de verdeler vervolgens los van de luchthoeveelheidsmeter. Neem daarbij de brandstofverdeler zo in de hand, dat de regelplunjer er niet uit kan vallen.



Figuur 5.40: De temperatuur-tijdschakelaar wordt met een ohmmeter doorgemeten. Belangrijk daarvoor is de aanduiding van temperatuur en schakeltijd op het huis. Op grond van deze aanduiding kunnen de vereiste meetwaarden uit de hierna volgende tabel worden afgelezen (Bosch)

den tussen de klem G en massa, tussen klem W en massa en tussen beide klemmen onderling.

Let daarbij op het schakelaartype in verband met het per type verschillende schakeltijdstip. Dit is op het huis aangegeven, bij voorbeeld: 35 °C/8 s. Op grond van deze aanduiding kan dan met behulp van weerstandsmeting het goede functioneren van de schakelaar worden gecontroleerd. Daartoe moet de volgende tabel gebruikt worden.

uitvoering	weerstandsmeting in Ω				
	bij een temperatuur		klem G en massa (huis)	tussen klem W en massa (huis)	klem G en W
	onder [°C]	boven [°C]			
45 °C/9,5 s	+40		30–40	0	30–40
		+50	55–85	120–160	55–85
35 °C/8 s	+30		25–40	0	25–40
		+40	50–80	100–160	50–80
18 °C/8 s	+13		50–70	0	50–70
		+23	50–70	~	~
15 °C/8 s	+10		50–70	0	50–70
		+20	50–70	~	~

Controle van de warmdraairegelaar

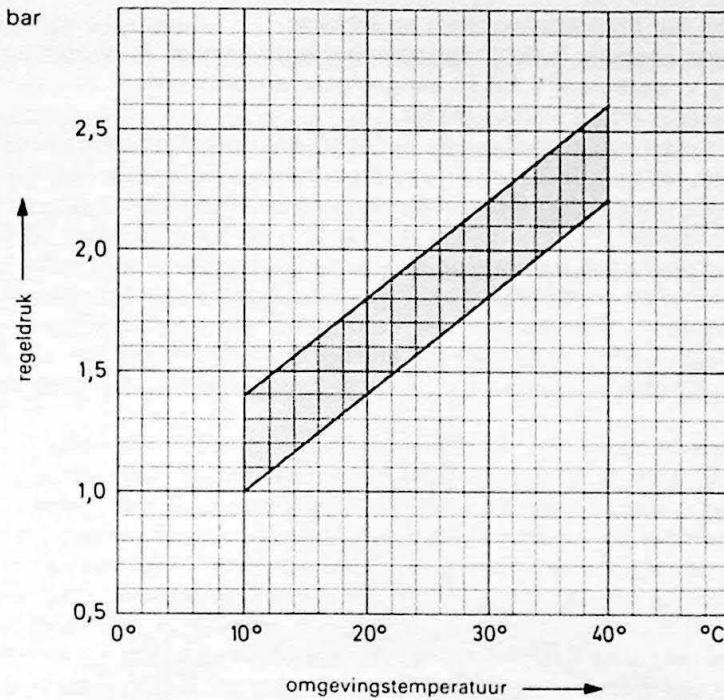
Deze controle moet door een daartoe bevoegde werkplaats worden uitgevoerd; daar beschikt men namelijk over de vereiste drukmeetapparatuur en de verschillende aansluitstukken.

Eerst wordt de regeldruk bij koude motor gecontroleerd.

Daartoe moet de drukmeter KDEP 1034 tussen de brandstofverdeler en de warmdraairegelaar worden aangesloten en vervolgens ontlucht worden. Dat gebeurt door bij ingeschakelde ontsteking de stekers van de luchthoeveelheidsmeter en de warmdraairegelaar los te trekken, vervolgens de op de drukmeter gemonteerde manometer omlaag te houden en de klepschroeven van de warmdraairegelaar verschillende malen om de beurt open en dicht te draaien. Nu kan de manometer op een geschikte plaats worden opgehangen, zodanig dat hij tijdens het meten het hoogste punt van de meetapparatuur vormt.

Als nu beide klepschroeven open staan, geeft de manometer de 'koude' regeldruk aan. Deze waarde moet het testblad van het betreffende regelaartype vergeleken worden.

Voor de verdere controle moet het type regelaar bepaald worden met behulp van het Bosch-bestelnummer. De nominale regeldruk, die moet worden vergeleken



Figuur 5.41: Met behulp van dit diagram kan de regeldruk als functie van de omgevings-temperatuur worden bepaald (Bosch)

met de gemeten waarde, kan in grafiek 5.41 worden afgelezen. Als er geen bijzondere aanwijzingen vermeld zijn, vindt zoals gezegd de controle van de regeldruk altijd 'koud', bij uitgeschakelde motor en zonder onderdruk, plaats. Daarbij moet de stekker van de warmdraairegelaar worden losgenomen.

Er zijn echter ook warmdraairegelaars die met een vacuümhandpomp bij een exact aangegeven onderdruk moeten worden gecontroleerd. Daartoe moet ter plaatse van de onderdrukaansluiting van de warmdraairegelaar de handpomp worden aangesloten, waarna overeenkomstig het Bosch-testblad een onderdruk moet worden opgebouwd.

Bij warmdraairegelaars met hoogtecorrectie (die in auto's voor bepaalde exportlanden ingebouwd worden) is het van belang, de exacte momentele atmosferische druk te kennen, omdat alleen zo de juiste regeldruk door meting kan worden vastgesteld. De toelaatbare tolerantie van de regeldruk met hoogtecorrectie bedraagt $\pm 0,25$ bar.

Controle van de systeemdruk

Ook deze controle kan alleen door een daartoe uitgeruste werkplaats worden uitgevoerd.

Sluit de beschreven meetapparatuur aan en ontlucht de installatie.

Trek daarna de stekker van de luchthoeveelheidsmeter los. Open de klep op de mengselregelaar en sluit de klep op de warmdraairegelaar.

Bij ingeschakelde ontsteking geeft de manometer nu de systeemdruk aan. Deze druk kan door verandering van de dikte van de regelveerschotel worden gewijzigd; bij systeemdrukregelaars met een openstootklep mag daartoe alleen de grote sluitschroef worden verwijderd.

Controle van het brandstofsysteem op lekkage

Ook voor deze controle is de drukmeetapparatuur vereist. Zij wordt volgens de beschrijving in paragraaf 5.1.6.12 aangesloten en ontlucht.

De controle gebeurt bij warme motor.

Na het lostrekken van de steker van de luchtmeter moet de ontsteking worden ingeschakeld, tot zich de 'warme' regeldruk op de manometer heeft ingesteld. Daarbij moeten beide doorstroomkleppen van de drukmeter geopend zijn.

Na het uitschakelen van de ontsteking mag de drukval, af te lezen op de manometer, de op het testblad vermelde waarden niet overschrijden. Is de drukval te groot, dan moet de controle herhaald worden. Daartoe moet de regeldrukkring worden geïsoleerd door de klep aan de uitgang van de warmdraairegelaar te sluiten. Is de drukval nu weer te groot, dan ligt de fout in de systeemdrukkring. Is de drukval normaal, dan moet het lek in de regeldrukkring gezocht worden.

Vergelijkende controle van de geleverde brandstofhoeveelheden.

Voor deze controle is de debietvergelijkingsmeter KDJE 7451 nodig.

Het apparaat is voorzien van acht slangen met snelkoppelingen, waarin de op de brandstofverdeler aangesloten verstuivers moeten worden gestoken. Op deze wijze komt de naar de verstuivers geperste brandstof in de rotameter van het meetapparaat terecht en hiervandaan via een lange retourleiding weer in de brandstoftank. Er vindt dus een meting in een gesloten systeem plaats.

Het apparaat wordt met een waterpas (ingebouwde libel) gericht. Na het uitbouwen van de luchtconus of de luchtgeleider (al naar gelang de uitvoering van de luchtmeter) en na het lostrekken van de steker van de luchtmeter, moet bij ingeschakelde ontsteking het meetapparaat ontlucht worden. Daarbij moet de stuwklep tot aan de aanslag worden ingeduwd; onder voortdurend omzetten van de driewegkraan van het meetapparaat moeten de bedieningstoetsen net zo lang bediend worden, tot de brandstof zonder belletjes door de buisjes van de rotameter stroomt.

Nu kan men beginnen met de vergelijkende meting bij stationair toerental. Daartoe moet de stuwklep een zodanige uitslag worden gegeven, dat bij het bedienen van verstuivertoets 1 in de buisjes van de rotameter een debiet van ongeveer 8 cm^3 wordt aangegeven. In deze stand moet de stuwklep door een geschikt gereedschap worden gefixeerd; vervolgens moet om de beurt het debiet van alle verstuivers door het bedienen van de achtereenvolgende toetsen worden gemeten en genoteerd.

Daarna moet de stuwklep verder gelicht worden, zodat in de grote buis een debiet van ongeveer 45 cm^3 (bij ingedrukte verstuivertoets 1) gemeten wordt. Ook in deze stand moet de stuwklep gefixeerd worden, waarna opnieuw het debiet van alle verstuivers door het bedienen van de afzonderlijke toetsen gemeten en genoteerd moet worden. Voor het meten van het vollastdebet moet de stuwklep in de maximale stand (maximaal debiet in de grote buis) worden geblokkeerd. Ook nu moet het debiet van alle verstuivers worden gemeten en genoteerd. De brandstofverdeler is in orde, als de onderlinge afwijking bij stationair toerental niet hoger is dan 14% en bij deellast en vollast (vier- en zescilindermotoren) niet hoger dan 9%. Dit strooiingspercentage wordt bepaald door, per belasting, van het maximale debiet het minimale af te trekken, het resultaat met 100 te vermenigvuldigen en de uitkomst hiervan door de minimale waarde te delen.

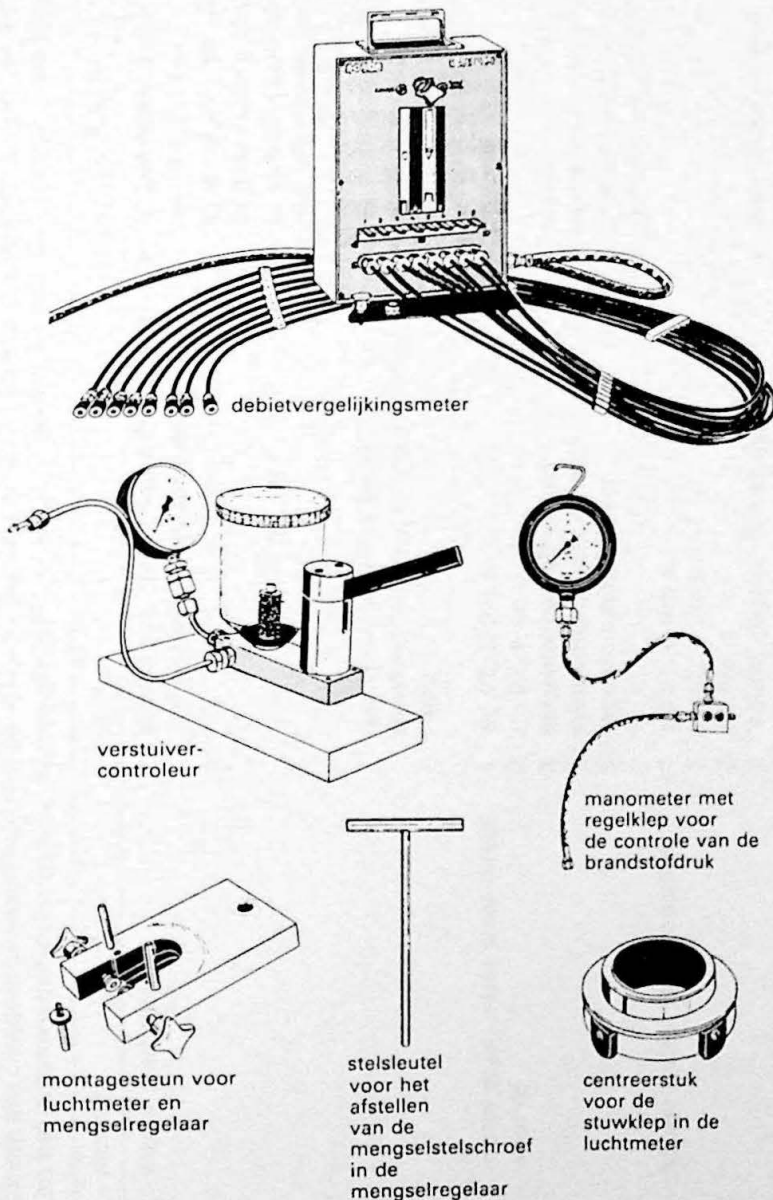
Omdat bij een te grote strooiing de brandstofverdeler moet worden vervangen, is het aan te bevelen de gehele meetprocedure te herhalen als de resultaten buiten de toleranties blijken te vallen. Zo kan de mogelijkheid van meetfouten worden uitgesloten.

Controle van de verstuivers

Voor een betrouwbare controle van de verstuivers is een verstuivercontroleur vereist.

De uitgebouwde verstuiver moet op het meetapparaat worden aangesloten en worden ontvlucht door de pomp enkele malen te bedienen terwijl de wartelmoer nog niet geheel is vastgedraaid. Daarna moet de wartelmoer worden vastgezet en moet de verstuiver worden gespoeld door enkele krachtige slagen met de pomphefboom uit te oefenen.

Open vervolgens de kraan van de controleur en bepaal dan met een gelijkmatige, rustige pompslag de openingsdruk van de verstuiver.



Figuur 5.42: Speciaal controle- en afstelgereedschap voor de K-Jetronic (Bosch)

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

Voer aansluitend met snelle pompslagen een geluidsproef uit: het 'snorren' van de verstuiver moet duidelijk hoorbaar zijn. De brandstof moet de verstuiver gelijkmatig verneveld en in een kegelvormige straal met een binnenhoek van minstens 35° verlaten.

Van een gehele set mogen afzonderlijke verstuivers worden vervangen.

5.1.7 Diagnosetabel van de K-Jetronic

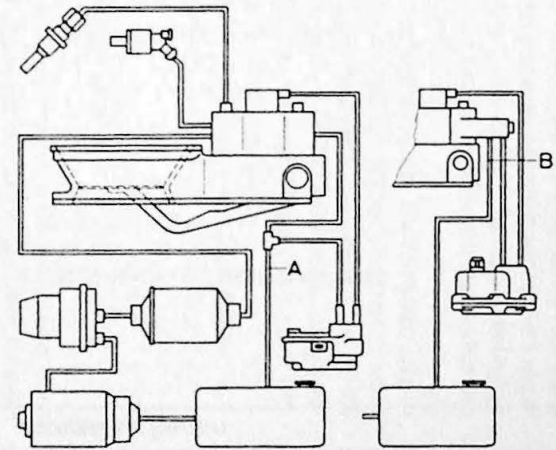
Deze tabel heeft alleen betrekking op storingen in de inspuitinstallatie. Het gebruik van deze tabel heeft alleen zin als de compressie-einddruk van alle cilinders overeenkomt met de voorschriften, als de klepspelings onberispelijk is ingesteld, als de sluihoek van de onderbreker en het ontstekingsstijp zijn als voorgeschreven en als alle onderdelen van de ontstekingsinstallatie goed functioneren.

	<i>storing</i>	<i>oorzaak</i>	<i>mogelijke fouten</i>
I	motor start niet	1 elektrische brandstofpomp werkt niet of heeft te laag debiet 2 regelplunjer blijft hangen of stuwklep hefboom in luchtmeter klemt	a onderbroken stroomtoevoer van de brandstofpomp b spanningsval in de voeding ($U_{\min} = 11,5 \text{ V}$ bij draaiende pomp) c samengeknepen brandstofleiding d voorfilter in de brandstoftank verstopt e verstopt fijnfilter a regelplunjer zit vast of loopt zwaar door vuil in de brandstof b luchtmeterhuis vervormd (onder spanning) c hefboomlagering defect
II	motor start, maar slaat direct weer af	1 zie I/1, b t/m e 2 zie I/2, b en c 3 extraluchtschuif defect 4 systeemdruk niet correct 5 regeldruk niet correct	a schuif opent niet a systeemdrukregelaar klemt b systeemdruk onjuist ingesteld a warmdraairegelaar regelt niet juist af
III	koude motor start moeilijk	1 zie I/1, b t/m e 2 zie I/2, a t/m c 3 zie II/3, a 4 'koude' regeldruk niet correct 5 koudstartstelsel defect	a warmdraairegelaar defect a temperatuur-tijdschakelaar schakelt de voeding van de koudstartverstuiver niet b onderbreking in de leiding naar de startverstuiver c startverstuiver inwendig defect

	<i>storing</i>	<i>oorzaak</i>	<i>mogelijke fouten</i>
IV	motor loopt niet goed tijdens warmdraaien	1 zie I/2, a t/m c 2 zie III/4, a 3 extraluchtschuif defect 4 onjuist stationair toerental 5 koudestartverstuiver defect 6 verstuivers defect 7 brandstofverdeler defect 8 aanzuigstelsel van de motor ondtcht	a extraluchtschuif opent niet wegens: 1 schuif klemt 2 onderbroken leiding naar verwarmingsspiraal 3 inwendig defect a toerental onjuist afgesteld b CO-waarde niet goed afgesteld a verstuiver lekt a openingsdruk te laag b verstuiver lek a debiet naar de afzonderlijke verstuivers ongelijk a luchtslangen poreus, aansluitingen niet gasdtcht
V	warme motor loopt niet goed stationair	1 zie I/2, a t/m c 2 zie IV/4, a en b 3 zie IV/5, a 4 zie IV/6, a en b 5 zie IV/7, a 6 'warme' regeldruk te laag	a voeding van de warmdraairegelaar onderbroken b spanningsval in de voeding naar de regelaar d onderdrukkslang tussen regelaar en spruitstuk defect of los (alleen bij regelaars met vollastverrijking)
VI	slechte respons op het gaspedaal, slecht overnamegedrag	1 zie I/2, a t/m c 2 zie II/4, a en b 3 zie IV/4, a en b 4 zie IV/7, a	

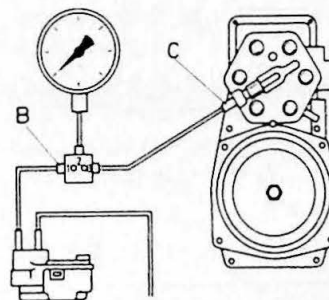
	<i>storing</i>	<i>oorzaak</i>	<i>mogelijke fouten</i>
		5 zie IV/8, a 6 zie V/6, a t/m c	
VII	motor houdt in tijdens het rijden	1 zie I/1, b t/m e 2 zie II/4, a en b 3 zie IV/6, a en b 4 'warme' regeldruk te hoog	a warmdraairegelaar inwendig defect
VIII	te hoog brandstofverbruik	1 zie IV/4, a en b 2 zie IV/5, a 3 zie V/6, a t/m c	
IX	motor haalt het maximale vermogen niet	1 zie I/2, a t/m c 2 zie II/4, a en b 3 zie IV/7, a 4 zie IV/8, a 5 zie V/6, a t/m c 6 zie VII/4, a 7 gasklep opent niet ver genoeg	a gasklepaanslag verpiaatst b gasklepstangenstelsel klemt (gaskabel gaat zwaar)

Figuur 5.43: Meetplaatsen voor het controleren van het debiet van de brandstofpomp (Bosch)
meetplaats A: bij voertuigen met eenvoudige systeemdrukregelaar
meetplaats B: bij voertuigen met systeemdrukregelaar en openstootklep



	storing	oorzaak	mogelijke fouten
X	motor blijft na het uitschakelen doordraaien	1 zie I/2, a t/m c 2 zie IV/4, a en b 3 zie IV/5, a 4 zie IV/6, a en b 5 stuwklepstand in luchtconus onjuist	a stuwklep onjuist afgesteld
XI	warme motor start moeilijk	1 zie I/1, b t/m e 2 zie I/2, a t/m c 3 zie IV/4, a en b 4 zie IV/6, a en b 5 zie IV/8, a 6 zie VII/4, a 7 zie X/5, a 8 brandstofsysteem ondicht	a ondichte regeldrukkring b ondichte systeemdrukkring
XII	uitlaatgas bij stationair draaien heeft een te hoge CO-waarde	1 zie I/2, a t/m c 2 zie IV/4, a en b 3 zie IV/5, a 4 zie V/6, a t/m c 5 stand van de mengselstelschroef niet juist	a stelschroef ontregeld
XIII	uitlaatgas bij stationair draaien met te lage CO-waarde	1 zie I/2, a t/m c 2 zie IV/4, a en b 3 zie IV/8	

Figuur 5.44: Aansluitwijze van de drukmeter ter controle van de regeldruk, de systeemdruk en de dichtheid van het totale brandstofsysteem (Bosch)



5.2 De CL-insputing van Zenith

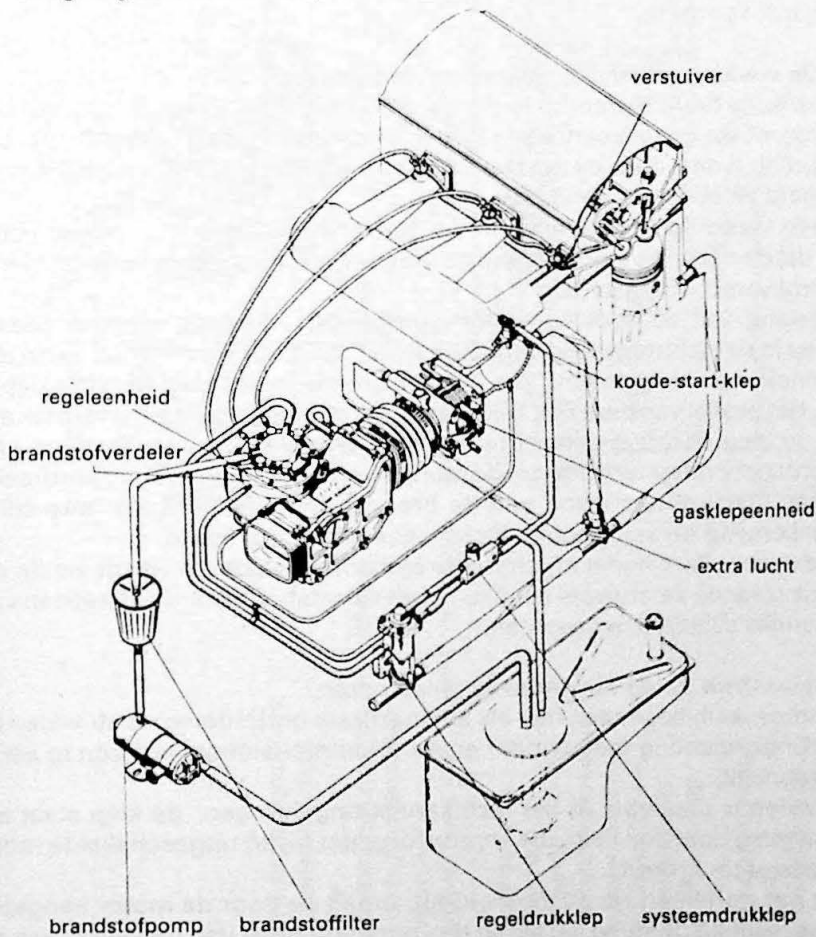
In verband met de voortgaande technische ontwikkelingen werd bij Pierburg GmbH & Co. KG te Neuss het program carburatiesystemen uitgebreid en afgerond door de ontwikkeling van de CL-insputing van Zenith. De ontwikkeling is vooral belangrijk voor de motorconstructeurs, want zij kunnen nu kiezen tussen carburateurs en insputing van dezelfde leverancier.

De CL-insputing werd toegepast in de BMW 528 Alpina. De BMW-motor, die in de standaardversie van een dubbele carburateur van Zenith was voorzien, werd voor dit model door de firma ALPINA Burkhard Bovensiepen te Buchloe op de CL-insputing omgebouwd. Deze auto's zijn door de TÜV (Technische Ueberwachungsverein, Duitse pendant van de Rijksdienst voor het wegverkeer, noot v.d. vert.) toegelaten en van een algemene typekeuring voorzien.

De BMW 528 Alpina levert met de CL-insputing de volgende prestaties:

vermogen	147 kW (200 pk) bij 6200 min ⁻¹
koppel	248 Nm bij 4500 min ⁻¹
topsnelheid	210 km/h
verbruik	9,9 l/100 km (super volgens DIN)
acceleratie	van 0 naar 100 km/h in 7,9 s.

Behalve voor het zeer gunstige brandstofverbruik zorgt de CL-insputing voor een onberispelijk rijgedrag, terwijl de uitlaatgaswaarden onder de door de wetgever vastgelegde normen blijven.



Figuur 5.45: Opbouw van de CL-insputing van Zenith (Pierburg GmbH & Co. KG)

5.2.1 Opbouw van de CL-insputing van Zenith

Bij de CL-insputing vindt de bepaling van de brandstofhoeveelheid plaats door middel van een luchthoeveelheidsmeting, analoog aan de recentere Jetronics van Bosch. De brandstof wordt in een proportionele verhouding tot de aangezogen luchthoeveelheid, vóór de inlaatklep van de afzonderlijke cilinders continu ingespoten.

Het carburatiesysteem bestaat uit de volgende componenten:

- 1 Regeleenheid
 - 1.1 Luchthoeveelheidsmeter
 - 1.2 Brandstofverdeler
- 2 Verstuiver
- 3 Een systeemdrukklep en een stopklep voor het instandhouden van de systeemdruk
- 4 Een regeldrukklep met mengselverrijking tijdens warmdraaien
- 5 Een extraluchtklep
- 6 Koudestartsysteem
- 7 Brandstoftoevoer met veiligheidsschakeling
- 8 Gasklepeenheid.

De insputing werkt zonder uitwendige aandrijving. De werkdruk en de brandstof levering worden door een externe elektrische brandstofpomp verzorgd, die met een veiligheidsschakeling via de elektrische installatie van de auto van spanning wordt voorzien.

5.2.2 De werking van de CL-insputing van Zenith

De elektrische brandstofpomp levert continu brandstof uit de tank; deze brandstof stroomt via de toevoerleiding direct naar de brandstofverdeler. De druk in deze leiding wordt door de systeemdrukklep op een vooraf ingestelde waarde afgeregeld en constant gehouden.

Door een verschildrukschakeling in de regeldrukklep wordt er verder voor gezorgd, dat de dosering van de brandstofhoeveelheden in de verdeler bij een constant drukverschil plaatsvindt.

Naar gelang van de door de motor aangezogen luchthoeveelheid neemt de stuwklep in de luchtmeting een bepaalde stand in. Op de stuwklepas is een driedimensionale nok aangebracht, die dus telkens de stand van de stuwklep aanneemt. Het profiel van deze nok wordt afgetast door een van de onderdruk afhankelijke, in lengterichting beweegbare taster. Overeenkomstig de stand van de nok wordt door de tasterhefboom de plunjer van de doseereenheid verdraaid. Zo komt een precieze toemeting van de brandstofhoeveelheid aan elke cilinder, overeenkomstig de aangezogen luchthoeveelheid, tot stand.

De reeds voor elke cilinder afgepaste brandstofhoeveelheid wordt via de onderveerdruk staande verstuivers continu in het spuitstuk, vóór de inlaatklep van de afzonderlijke cilinders, ingespoten.

De regeleenheid en de luchthoeveelheidsmeter

De luchthoeveelheidsmeter, met als belangrijkste onderdelen de stuwklep en de versterkingsinrichting met demper en de driedimensionale nok zijn in één huis ondergebracht.

De stuwklep is draaibaar in het luchtkanaal opgehangen; de klep staat onder voorspanning door een veer, die ervoor zorgt dat hij bij uitgeschakelde motor in de ruststand terugkeert.

Tijdens het starten en als de motor loopt, draait de door de motor aangezogen luchthoeveelheid de stuwklep tegen de voorspankracht van de veer in een zodanige stand, dat zich een evenwicht tussen de draaimomenten van de lucht- en de

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

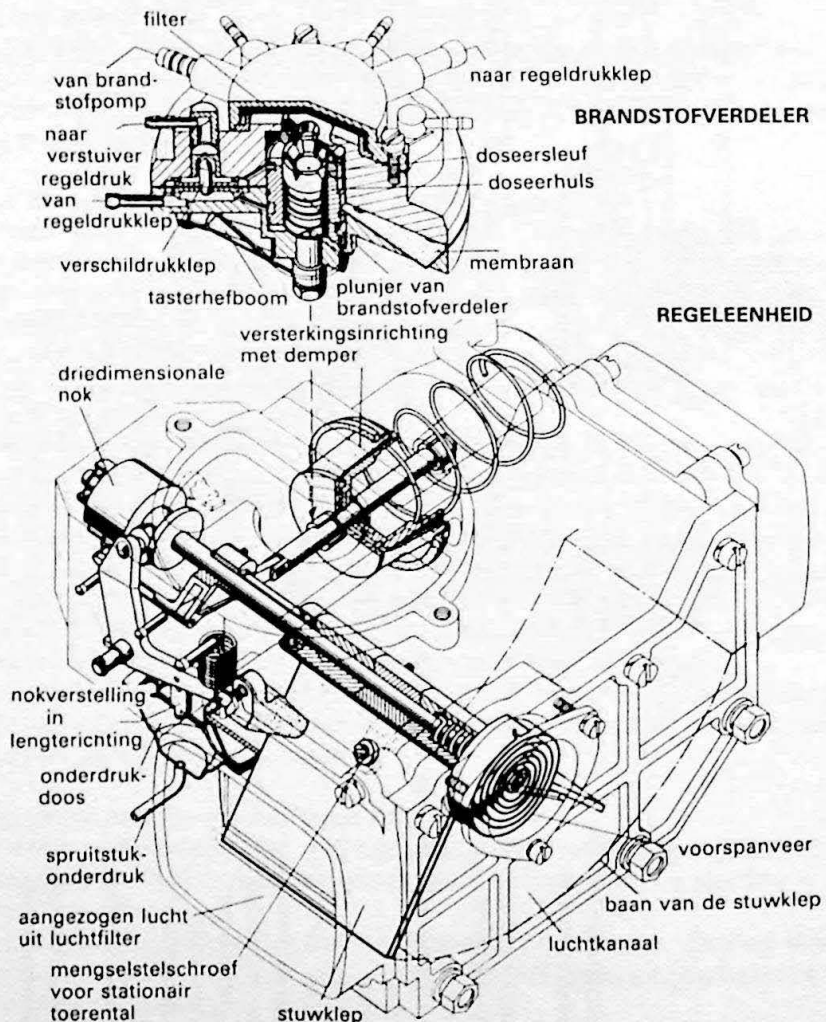
veerkracht instelt. Deze evenwichtsstand is een maat voor de aangezogen luchthoeveelheid.

Om de krachten die ontstaan bij een eventueel 'terugslaan' van de motor niet onbepaald op de stuwklep te laten werken, is de krachtversterkingseenheid voorzien van een demping. Daardoor kan de stuwklep bij een 'terugslag' tegen de demper in de richting van het luchtfilter doordraaien.

De versterkingsinrichting heeft twee functies. Op de eerste plaats moet zij de versterkingskracht van de stuwklep reeds bij de kleinste variaties in de luchthoeveelheid vergroten. Bovendien heeft zij tot taak, de trillingen van de stuwklep ten gevolge van het pulseren van de motor te dempen.

Om deze functies te kunnen vervullen bestaat de versterkingsinrichting uit twee door een rolbal gescheiden kamers. Tussen deze kamers heerst hetzelfde, door de zuigkracht van de motor gecreëerde drukverschil als aan beide zijden van de stuwklep van de luchtmeteter. De versterkingsinrichting werkt via een drukstang op de stuwklepas.

De driedimensionale nok zorgt voor de bepaling van de lucht-brandstofverhou-



Figuur 5.47: Opbouw van de volgens het principe van de luchthoeveelheidsmeting werkende regeleenheid met brandstofverdeler. CL-inspuiting van Zenith (Pierburg)

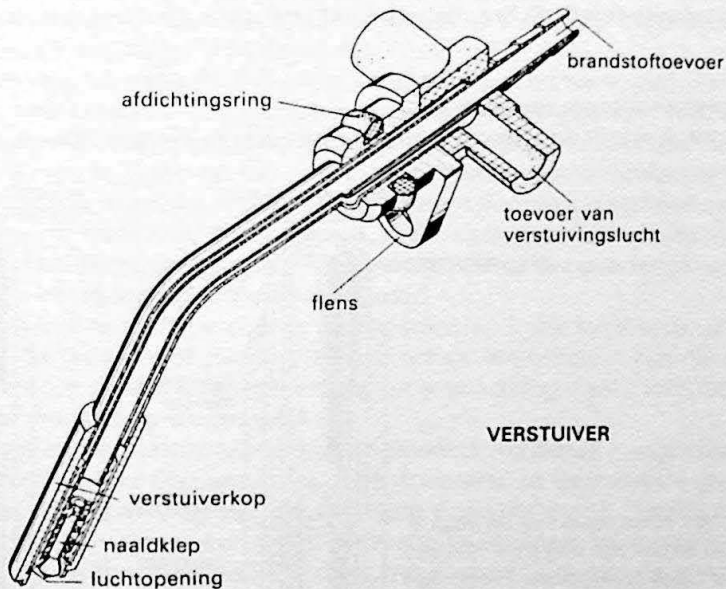
ding in het totale belastingsgebied van de motor. De verstelling vindt plaats in twee richtingen. Omdat de nok op de stuwklepas gemonteerd is, draait zij overeenkomstig de aangezogen luchthoeveelheid met de stuwklep in draairichting mee. De van de belasting afhankelijke correctie van de nokstand en daarmee de correctie van de brandstofhoeveelheid in overeenstemming met de belasting van de motor, gebeurt met behulp van de spuitstukonderdruk. Deze onderdruk wordt daartoe naar een membraan geleid, dat verbonden is met een hefboom die in de nok ingrijpt en deze in lengterichting kan verplaatsen. Tijdens het rijden wordt aldus de nok door de stuwklepbeweging in de draairichting van deze klep verdraaid, terwijl de nok in de lengterichting van de stuwklepas verplaatst wordt door een op de spuitstukonderdruk reagerende hefboom. Op deze wijze ontstaat een van de luchthoeveelheid en van de belasting afhankelijke regeling van de brandstofhoeveelheid, waarmee elke bedrijfstoestand van de motor kan worden bediend.

De brandstofverdeler

De brandstofverdeler doseert en verdeelt de brandstof gelijkmatig over de afzonderlijke cilinders. Hij bestaat uit de volgende hoofdcomponenten:

- 1 de doseerinrichting
- 2 de verschildrukkleppen.

De doseerinrichting bestaat uit een plunjer, een verdeelhuls en een sluitring. De plunjer is in de huls draaibaar ondergebracht. Aan de onderzijde van de plunjer is de tasthefboom gemonteerd, die de motorkarakteristiek op de driedimensionale nok aftast. In de plunjer en ook in de verdeelhuls zijn evenveel regelsleuven aangebracht als de motor cilinders telt; deze sleuven zijn driehoekig uitgevoerd. Door de draaibeweging van de plunjer, gedictieerd door het aftasten van de nok, worden de regelsleuven meer of minder geopend; daardoor is een precieze dosering van de brandstofhoeveelheden mogelijk. De aldus afgepaste brandstofhoeveelheden stromen dan via de verschildrukkleppen naar de verstuivers, die de brandstof tijdens het draaien van de motor continu vóór de inlaatkleppen inspuiten.



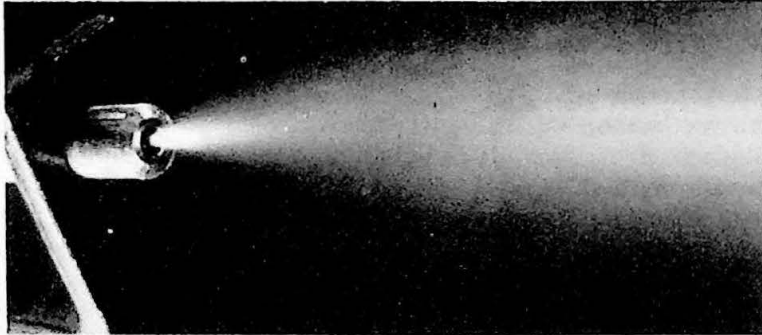
Figuur 5.48: Verstuiver met montageflens (Pierburg)

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

De verschilddrukkleppen bevinden zich in het huis van de brandstofverdeler. Er zijn evenveel verschilddrukkleppen als motorcilinders. De taak van deze kleppen is, de door de regelsleuven van de doseerinrichting veroorzaakte drukval in het brandstofsysteem op een constante waarde van 0,22 bar te houden. Deze tegen de systeemdruk afgeregelde druk wordt regeldruk genoemd; de afregeling vindt plaats in de regeldrukklep, die zich in de onderste membraankamers van de verschilddrukkleppen bevindt.

De verstuivers

De onder veerspanning staande verstuivers spuiten de reeds voor elke cilinder afgestemde brandstofhoeveelheid continu vóór de inlaatklep van de cilinders in.

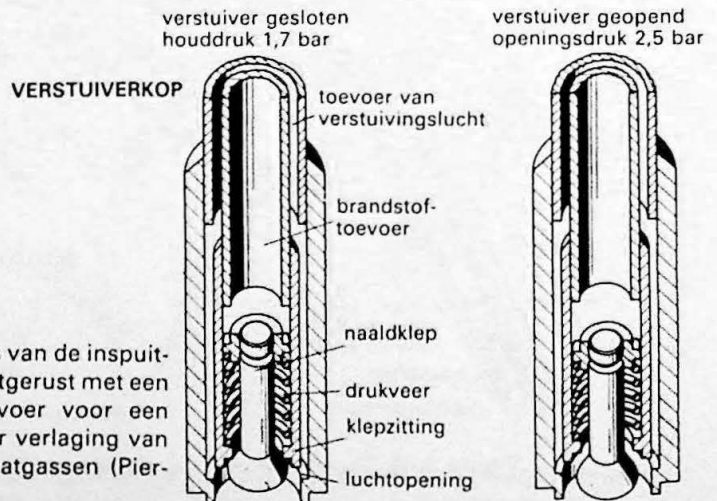


Figuur 5.49: Inspuitende verstuiver van de CL-inspuiting (Pierburg)

Om ook bij koude motor een zo gelijkmatig mogelijk lucht-brandstofmengsel te produceren, worden de verstuivers via een apart kanaal van extra lucht voorzien, die de verstuivers weer verlaat in de buurt van de brandstofboringen. Op deze wijze wordt vooral bij lage motorbelasting, dus bij stationair draaien en in het onderste deellastgebied, de brandstof bij het verlaten van de verstuiver fijn verneveld.

De systeemdrukklep en de stopklep

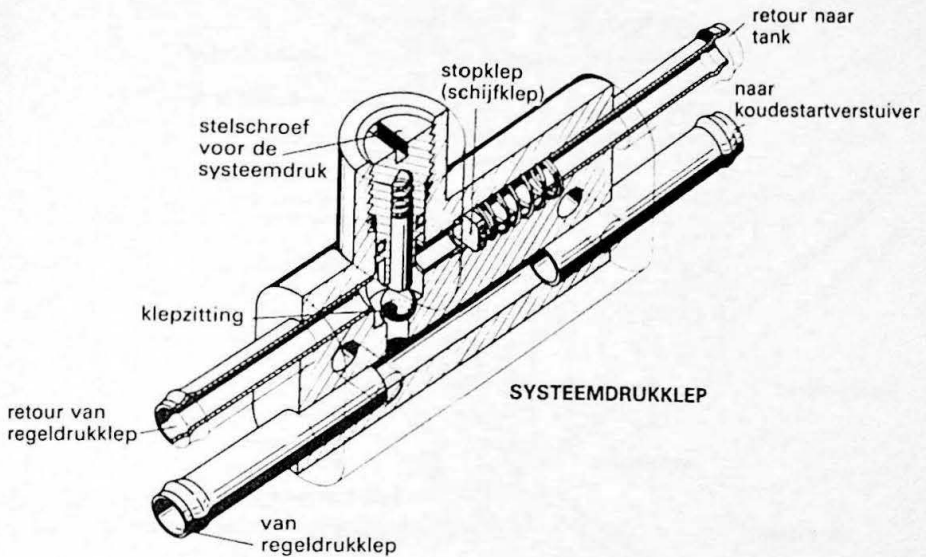
De systeemdruk wordt door een eenvoudige kogelklep bepaald. De regeling van



Figuur 5.50: De verstuivers van de inspuit-systemen van Zenith zijn uitgerust met een extra verstuivingsluchttoevoer voor een homogener mengsel en ter verlaging van het CH-aandeel in de uitlaatgassen (Pierburg)

de systeemdruk is afhankelijk van een instelbare veer, waarvan de spankracht de openingskracht van de kogelklep tegenwerkt.

In serie met deze klep is een schijfklep geschakeld, die bij uitgeschakelde motor de retourleiding naar de brandstoftank afsluit. Daardoor kan de systeemdruk bij uitgeschakelde pomp instandgehouden worden tot de motor weer wordt gestart.



Figuur 5.51: Opbouw van de systeemdrukklep (Pierburg)

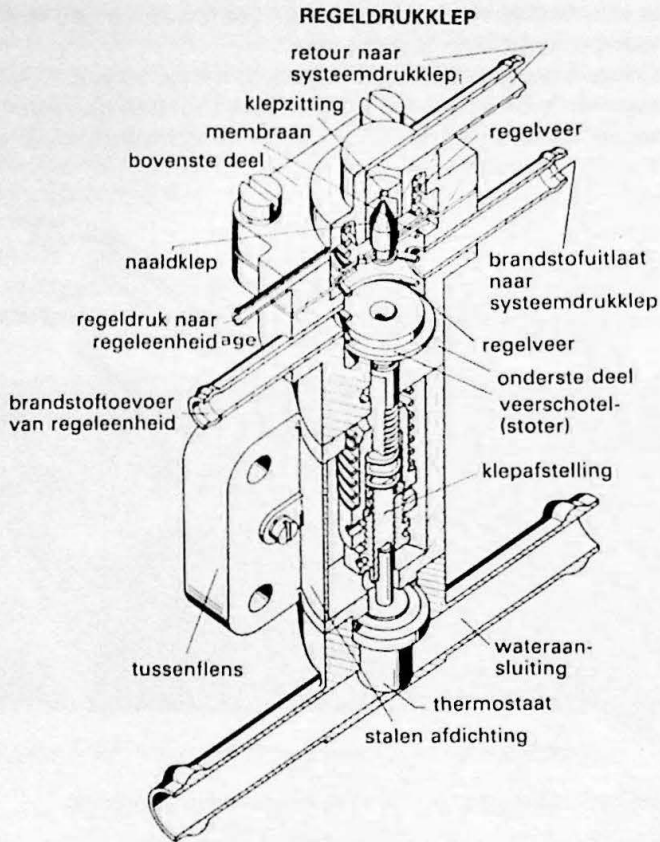
De regeldrukklep met warmdraaiverrijking

De druk voor de verschildrukkleppen in de brandstofverdeler wordt door de regeldrukklep geregeld. Een andere taak van deze klep is de brandstofverrijking tijdens het warmdraaien van de motor.

De werking van de regeldrukklep berust in beginsel op twee, door een smoring met elkaar verbonden membraanruimten en een overloopklep. In de twee membraankamers zijn membraanveren met een verschillende voorspanning ondergebracht. De drukkracht van de veer in de onderste membraankamer wordt bovendien nog temperatuurafhankelijk gevarieerd door een wasthermostaat. In de onderste kamer heerst de systeemdruk, maar door de smoring tussen beide kamers stroomt ook brandstof naar de bovenste ruimte. De overloopklep is als een doorboorde veerschotel (stoter) uitgevoerd.

Het teveel aan brandstof stroomt via de stopklep in de systeemdrukklep weer terug naar de tank. Door deze wijze van schakelen ontstaat een circulatie van brandstof, zodat steeds koele brandstof ter beschikking staat. Dampbelvorming is daardoor nagenoeg onmogelijk.

De in de bovenste membraankamer opgewekte regeldruk hangt uitsluitend af van het verschil in voorspanning van de drukveren in de onderste en bovenste kamers. De voorspanning van de onderste drukveer wordt daarbij afhankelijk van de temperatuur door een wasthermostaat beïnvloed. Bij koude motor daalt de stoter van de thermostaat, die door het koelmedium van de motor of elektrisch verwarmd wordt. Daardoor neemt de veerspanning in de onderste membraankamer af. Het gevolg is een verlaging van de resulterende regelkracht en daarmee een verlaging van de regeldruk. Door het dalen van de regeldruk, dus



Figuur 5.52: Opbouw van de regeldrukklep (Pierburg)

bij een groter drukverschil in de brandstofverdeler, neemt de door de verdeler stromende brandstofhoeveelheid bij koude motor afhankelijk van de temperatuur procentueel toe.

Naarmate de motor warmer wordt, en dus ook het koelmedium, wordt de stoter omhooggeduwd totdat bij een temperatuur van ongeveer 70 °C van het koelmedium de basisverschilddruk van ongeveer 0,22 bar bereikt is. Met behulp van een verstelbare aanslag kunnen de stoterbeweging en de opbouw van de verschilddruk op elkaar worden afgestemd.

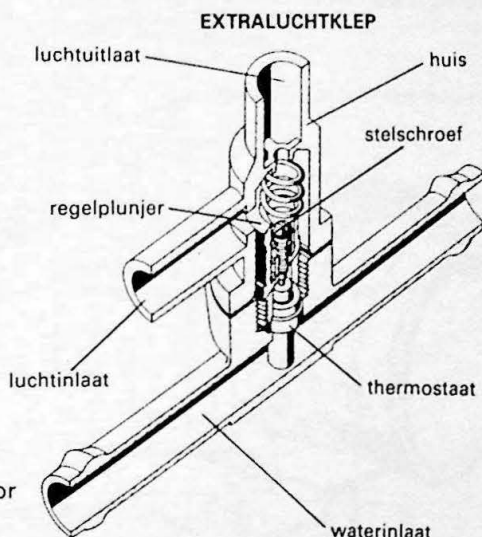
Bij een toename van de temperatuur boven 70 °C is een verdere stijging van de stoter mogelijk door een vrijlopinrichting in de regeldrukklep.

Bij het bereiken van de basisverschilddruk van 0,22 bar heerst er tussen de onderste en bovenste membraankamer een evenwicht. De overloopklep voor de brandstofretour in de bovenste kamer is gesloten. Al bij de minste brandstofdrukverhoging in de bovenste kamer zal het membraan omlaagbewegen, zodat de overloopklep geopend wordt en de overtollige brandstofdruk direct via de retourleiding wordt afgeleid. De drukkracht van de bovenste veer wordt door deze regelbeweging nauwelijks beïnvloed, omdat de membraanslag slechts enkele tienden millimeter bedraagt.

De extraluchtklep

De toevoer van de nodige extra lucht bij koude motor wordt door een plunjer in de extraluchtklep geregeld. Deze plunjer sluit, afhankelijk van de temperatuur-

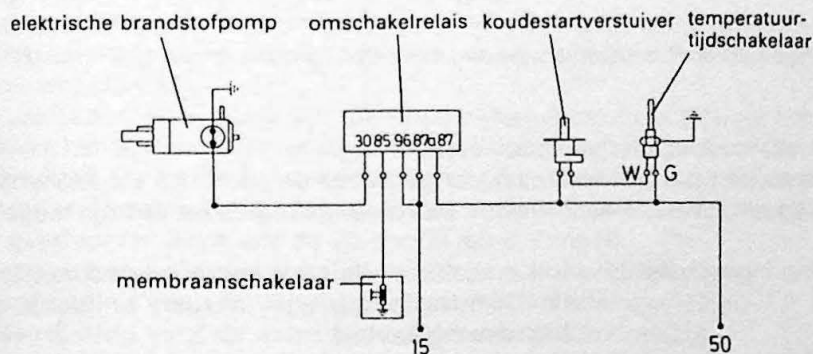
toename een luchtdoorlaat steeds meer af. De regelslag van de plunjer wordt door een thermostaat gedecteerd, die door het koelmedium of elektrisch verwarmd wordt. Bij temperatuurafname keert de plunjer weer in de ruststand terug onder invloed van een terugstelveer. De extra lucht wordt, gezien vanuit de stromingsrichting, vóór de gasklep afgetapt en via de extraluchtklep naar het spuitstuk geleid.



Figuur 5.53: De extraluchtklep wordt door een wastermostaat gestuurd (Pierburg)

De koudstartinrichting

Het bij het koud starten vereiste rijke lucht-brandstofmengsel wordt gevormd door toevoeging van een extra hoeveelheid brandstof. De hiervoor benodigde brandstofhoeveelheid wordt door een elektromagnetisch gestuurde startverstuiver, afhankelijk van de regelfunctie van een temperatuur-tijdschakelaar, in het spuitstuk ingespoten.

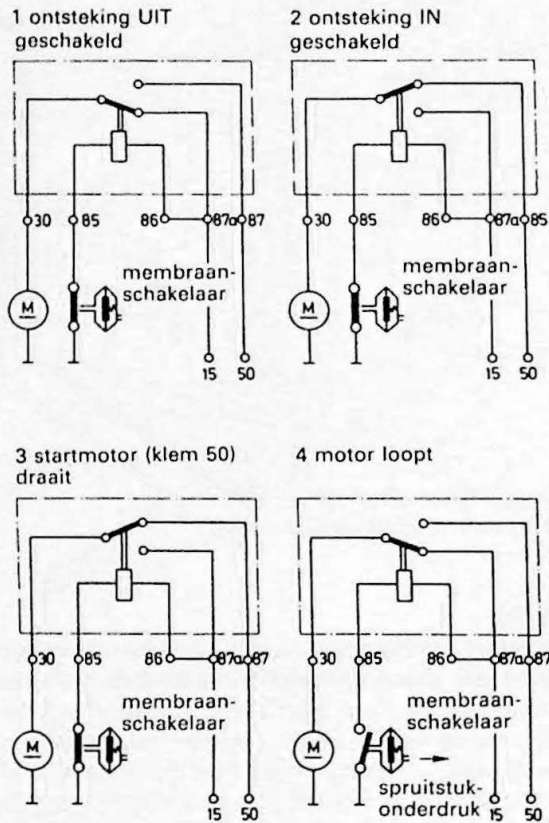


Figuur 5.54: Elektrisch schakelschema van de CL-inspuiting (Pierburg)

Tijdens de koude start staan de startverstuiver en de temperatuur-tijdschakelaar via klem 50 van de startmotor onder spanning. Tot een bepaalde temperatuur is de temperatuur-tijdschakelaar, die aan massa ligt, gesloten; de schakelaar brengt aldus een massaverbinding naar de koudestartverstuiver tot stand. De elektromagneet van deze verstuiver wordt aangetrokken, zodat de brandstof on-

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

der een constante druk en continu in het spuitstuk wordt ingespoten. De stroom door de temperatuur-tijdschakelaar verwarmt deze schakelaar, waardoor na een bepaalde, korte tijd de massasturing van de startverstuiver wordt uitgeschakeld. Daarmee stopt de extra brandstofvoevoering via deze verstuiver, omdat de elektromagneet door een veer in zijn ruststand wordt teruggeduwd en de brandstofstroom afsluit.



Figuur 5.55: Brandstofvoorziening met beveiligingsschakeling (Pierburg)

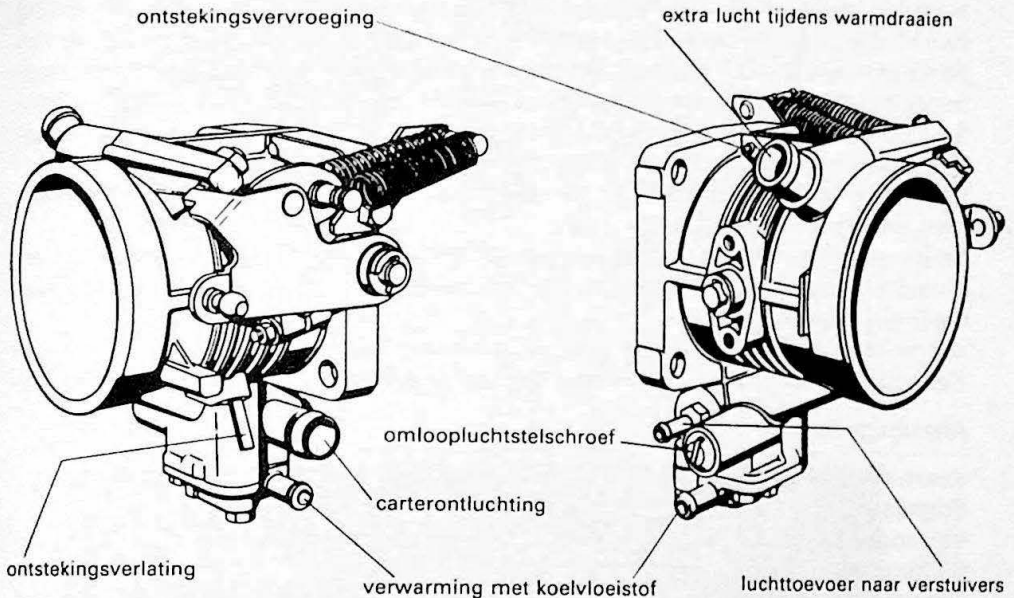
De brandstofvoevoer met veiligheidsschakeling

De brandstofpomp wordt elektrisch aangedreven en gestuurd via een omschakelrelais en een membraanschakelaar. De volgende regelsituaties zijn mogelijk:

- Ontsteking ingeschakeld:** Het omschakelrelais, de membraanschakelaar en de brandstofpomp zijn in rust; er wordt geen brandstof geleverd. Het omschakelrelais sluit de verbinding tussen klem 50 van de startmotor en klem 30 van de brandstofpomp. Pomp en membraanschakelaar zijn in rust.
- Ontsteking ingeschakeld (startmotor draait)** Via klem 50 van de startmotor en klem 87 van het omschakelrelais wordt de aan massa liggende elektromotor van de brandstofpomp (klem 30) gevoed. Er wordt nu brandstof geleverd. De membraanschakelaar staat in de ruststand.

De motor draait:

Door de onderdruk in het spuitstuk wordt de membraanschakelaar bekrachtigd, waardoor deze de stroom van klem 86 naar klem 85 (massa) van de elektromagneet in het omschakelrelais onderbreekt. Het relais 'valt af' en zorgt nu voor de voeding van de aan massa liggende brandstofpomp via klem 15 en 87a naar klem 30 van de pomp. Er wordt brandstof geleverd.



Figuur 5.56: Opbouw van de gasklepeenheid (Pierburg)

De gasklepeenheid

Naar gelang van de belastingstoestand van de motor wordt, afhankelijk van de stand van het gaspedaal, door de stand van de gasklep de toevoer van aangezogen lucht geregeld.

De gasklep staat bij stationair toerental bijna geheel dicht. De voor het stationair draaien benodigde lucht wordt door een kanaal langs de gasklep naar het spuitstuk geleid. Dit luchtomloopkanaal is van een stelschroef voorzien, zodat het stationair toerental kan worden ingesteld door de omlooplucht te regelen.

De gasklepeenheid heeft de volgende aansluitingen:

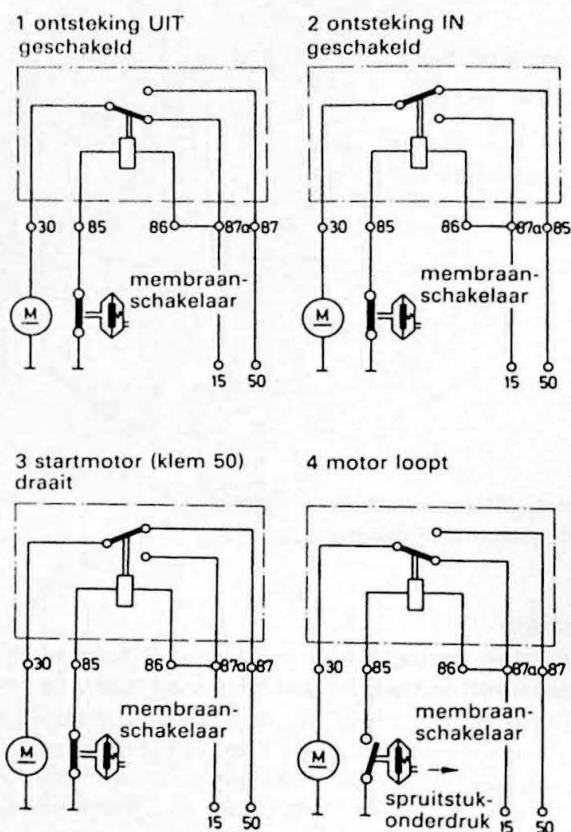
- aansluiting voor de vertraging van het ontstekingstijdstip;
- aansluiting voor de vervroeging van het ontstekingstijdstip;
- aansluiting voor de extra lucht tijdens het warmdraaien;
- aansluiting voor de luchtleiding naar de verstuivers;
- aansluiting voor de carterontluchting;
- aansluiting voor de verwarming van de gasklepeenheid met behulp van het koelmedium.

5.2.3 Onderhoud, controle en afstelling van de CL-inspuiting van Zenith

De CL-inspuitinstallatie is onderhoudsvrij. De afstelwerkzaamheden zijn beperkt tot de correctie van het stationair toerental en de stationaire uitlaatgassamenstelling.

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

der een constante druk en continu in het spuitstuk wordt ingespoten. De stroom door de temperatuur-tijdschakelaar verwarmt deze schakelaar, waardoor na een bepaalde, korte tijd de massasturing van de startverstuiver wordt uitgeschakeld. Daarmee stopt de extra brandstoftoevoering via deze verstuiver, omdat de elektromagneet door een veer in zijn ruststand wordt teruggeduwd en de brandstofstroom afsluit.



Figuur 5.55: Brandstofvoorziening met beveiligingsschakeling (Pierburg)

De brandstoftoevoer met veiligheidsschakeling

De brandstofpomp wordt elektrisch aangedreven en gestuurd via een omschakelrelais en een membraanschakelaar. De volgende regelsituaties zijn mogelijk:

Ontsteking ingeschakeld: Het omschakelrelais, de membraanschakelaar en de brandstofpomp zijn in rust; er wordt geen brandstof geleverd.

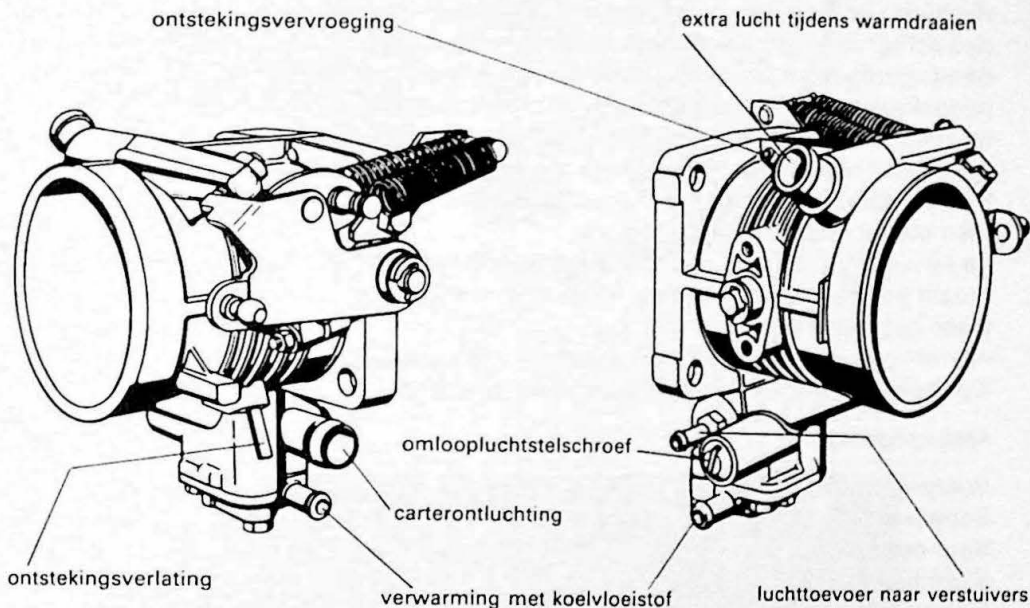
Het omschakelrelais sluit de verbinding tussen klem 50 van de startmotor en klem 30 van de brandstofpomp. Pomp en membraanschakelaar zijn in rust.

Ontsteking ingeschakeld (startmotor draait)

Via klem 50 van de startmotor en klem 87 van het omschakelrelais wordt de aan massa liggende elektromotor van de brandstofpomp (klem 30) gevoed. Er wordt nu brandstof geleverd. De membraanschakelaar staat in de ruststand.

De motor draait:

Door de onderdruk in het spuitstuk wordt de membraanschakelaar bekrachtigd, waardoor deze de stroom van klem 86 naar klem 85 (massa) van de elektromagneet in het omschakelrelais onderbreekt. Het relais 'valt af' en zorgt nu voor de voeding van de aan massa liggende brandstofpomp via klem 15 en 87a naar klem 30 van de pomp. Er wordt brandstof geleverd.



Figuur 5.56: Opbouw van de gasklepeenheid (Pierburg)

De gasklepeenheid

Naar gelang van de belastingstoestand van de motor wordt, afhankelijk van de stand van het gaspedaal, door de stand van de gasklep de toevoer van aangezogen lucht geregeld.

De gasklep staat bij stationair toerental bijna geheel dicht. De voor het stationair draaien benodigde lucht wordt door een kanaal langs de gasklep naar het spuitstuk geleid. Dit luchtomloopkanaal is van een stelschroef voorzien, zodat het stationair toerental kan worden ingesteld door de omlooplucht te regelen.

De gasklepeenheid heeft de volgende aansluitingen:

- aansluiting voor de vertraging van het ontstekingstijdstip;
- aansluiting voor de vervroeging van het ontstekingstijdstip;
- aansluiting voor de extra lucht tijdens het warmdraaien;
- aansluiting voor de luchtleiding naar de verstuivers;
- aansluiting voor de carterontluchting;
- aansluiting voor de verwarming van de gasklepeenheid met behulp van het koelmedium.

5.2.3 Onderhoud, controle en afstelling van de CL-inspuiting van Zenith

De CL-inspuitinstallatie is onderhoudsvrij. De afstelwerkzaamheden zijn beperkt tot de correctie van het stationair toerental en de stationaire uitlaatgassamenstelling.

Insputing zonder afzonderlijke aandrijving

Controle- en afstelwerkzaamheden hebben alleen zin, als de motor aan alle voorwaarden voldoet. Vooral moet men ervoor zorgen dat:

- de sluihoek van de onderbreker en het ontstekingsstijdstip overeenkomen met de voorschriften van de motorfabrikant;
- de motorcompressie gelijkmatig over de cilinders verdeeld is en binnen de voorgeschreven toleranties ligt;
- de klepspelings correct is afgesteld;
- de elektrodenafstand van de bougies voldoet aan de eisen.

Verder moet men ervoor zorgen, dat de pijp- en slangverbindingen aan de aanzuigzijde van de motor gasdicht zijn. Als de aansluiting voor de carterontluchting zich achter de luchthoeveelheidsmeter bevindt (gezien in de stroomrichting van de aangezogen lucht), dan moet er ook op worden gelet, dat het carter, het klependeksel en de oliepeilstaaf gasdicht afsluiten. Elke ondichtheid na de luchtmeter (gezien in de stromingsrichting) maakt de luchthoeveelheidsmeting onbetrouwbaar en leidt tot fouten in de brandstofdosering.

Bij alle werkzaamheden aan de aansluitingen van het brandstofsysteem dient men uiterst schoon te werk te gaan.

De beveiligde regel- en stelschroeven van de inspuitsinstallatie mogen niet verdraaid worden, omdat anders het functioneren van de gehele installatie niet meer gegarandeerd is.

Controle- en afstelwerkzaamheden aan de auto

Afstelgegevens

Voertuigmodel:	BMW 528 ALPINA
Bouwjaar:	vanaf 1974
Vermogen:	147 kW bij 6200 min ⁻¹
Sluihoek:	38 ± 3°
Ontstekingsstijdstip:	32 ± 2° vóór BDP zonder onderdruk bij 3500 min ⁻¹
Klepspelings:	inlaat 0,25–0,30 mm uitlaat 0,30–0,35 mm
Stationair toerental:	950 ± 50 min ⁻¹
CO-waarde bij stationair toerental:	1,5 ± 0,5 vol.-% CO

Speciaal gereedschap

Het voor de controle en afstelling vereiste speciale gereedschap kan alleen besteld worden bij de firma Hans Korinth, Richard Wagner-str. 21, 6450 Hanau 7/Steinheim.

De volgende gereedschappen zijn nodig:

Speciale DVG-drukmeter CLW 00201 voor:

- systeemdrukmeting;
- regeldrukmeting;
- bepalen van de rustdruk;

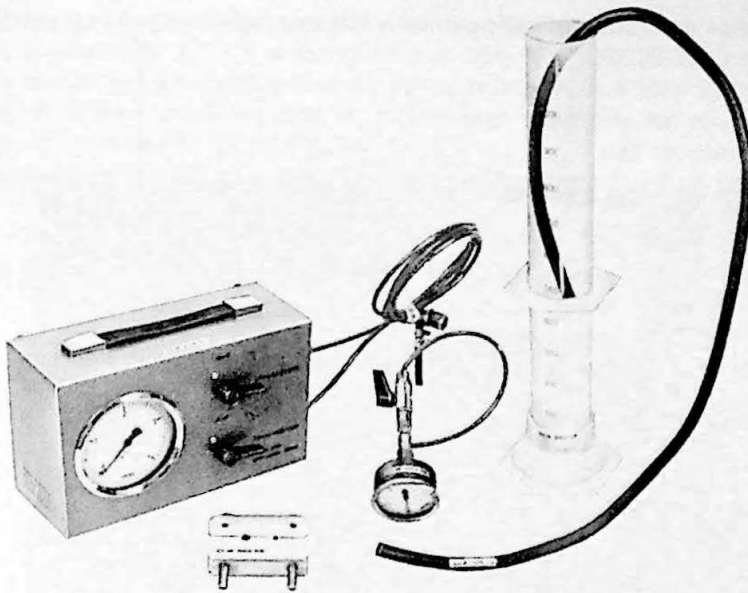
Speciale DVG-drukmeter CLW 00202 voor:

- drukmeting van de verstuivers;

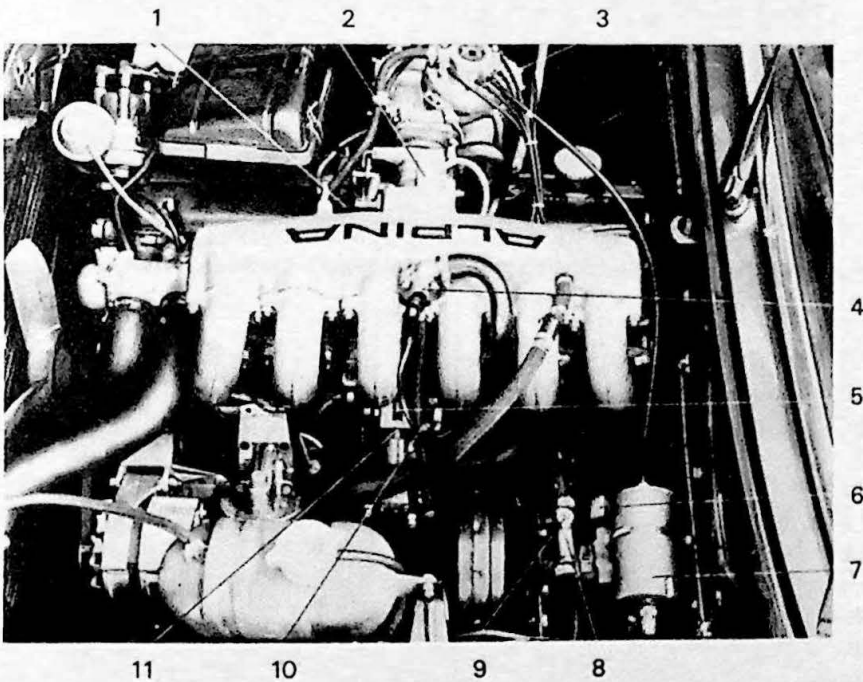
Een meetglas met een inhoud van 1 liter (speciaal DVG-gereedschap CLW 00203);

Een benzinevaste slang, diameter 7,5 mm, lengte 700 mm (speciaal DVG-gereedschap CLW 00204) voor het bepalen van het brandstofpompdebiet;

Een sleutel voor de brandstofleidingen naar de verstuivers (speciaal DVG-gereedschap CLW 00205);



Figuur 5.57: Enkele speciale gereedschappen voor controle- en afstelwerkzaamheden aan de CL-inspuiting van Zenith (Pierburg)



Figuur 5.58: Onderdelen van de CL-inspuiting van een Alpina-motor (Pierburg)

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Membraanschakelaar voor pomprelais | 6 Omschakelrelais voor brandstofpomp |
| 2 Gasklepeenheid | 7 Brandstoffilter |
| 3 Regeleenheid | 8 Systeemdrukklep |
| 4 Koudestartverstuiver | 9 Stelschroef voor systeemdruk |
| 5 Temperatuur-tijdschakelaar | 10 Extraluchtklep |
| | 11 Regeldrukklep |

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

Een sleutel voor de brandstofleiding tussen filter en regeleenheid (speciaal DVG-gereedschap CLW 00206).

Het afstellen van het stationair toerental

Sluit de toerenteller aan.

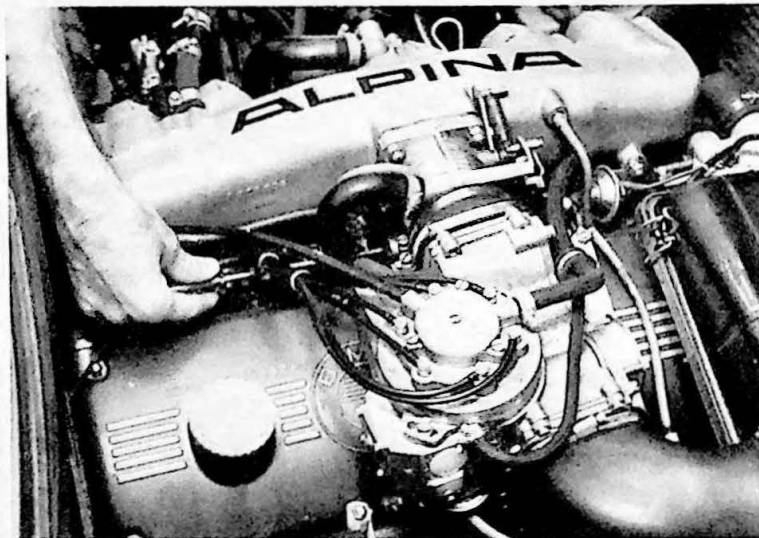
Start de (reeds op bedrijfstemperatuur zijnde) motor en lees het stationair toerental af.

** Nominale waarde: $950 \pm 50 \text{ min}^{-1}$

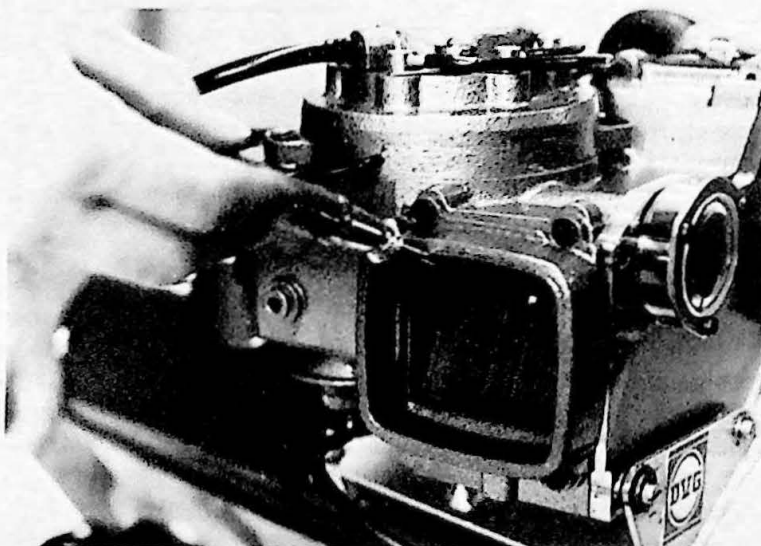
Zonodig moet het stationaire toerental worden bijgesteld door het verdraaien van de omlooppluchtschroef.

Stelschroef indraaien: stationair toerental daalt.

Stelschroef uitdraaien: stationair toerental neemt toe.



Figuur 5.59: Het afstellen van het stationaire toerental (Pierburg)



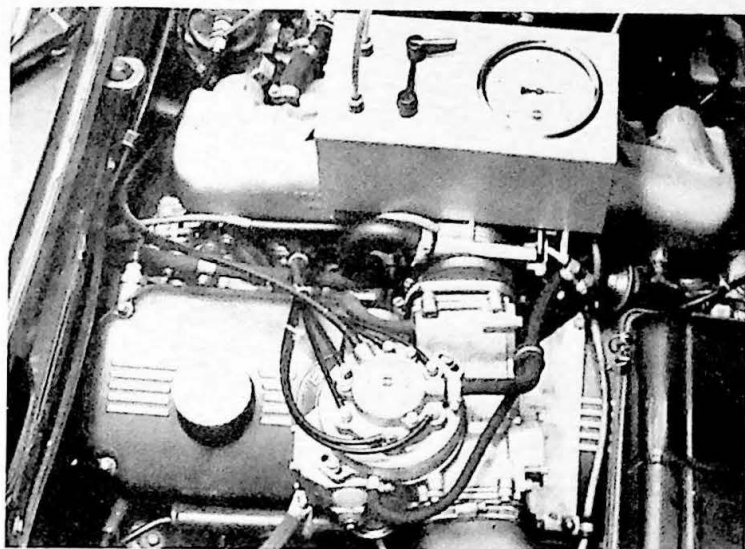
Figuur 5.60: Het afstellen van de uitlaatgassamenstelling bij stationair toerental (Pierburg)

Het afstellen van de stationaire CO-waarde

Sluit de toerenteller en de uitlaatgastester aan.

Start de motor (reeds op bedrijfstemperatuur) en lees de waarden van het stationair toerental en de CO-waarde af.

** Nominale waarde: $1,5 \pm 0,5$ vol.-% CO



Figuur 5.61: Controle van de brandstofopvoerdruk (Pierburg)

Zonodig de juiste CO-waarde instellen door, bij nominaal stationair toerental, de stationaire mengselstelschroef te verdraaien.

Mengselstelschroef indraaien: mengsel wordt rijker.

Mengselstelschroef uitdraaien: mengsel wordt armer.

Zonodig moet na het afstellen van de CO-waarde opnieuw het stationaire toerental worden bijgesteld.

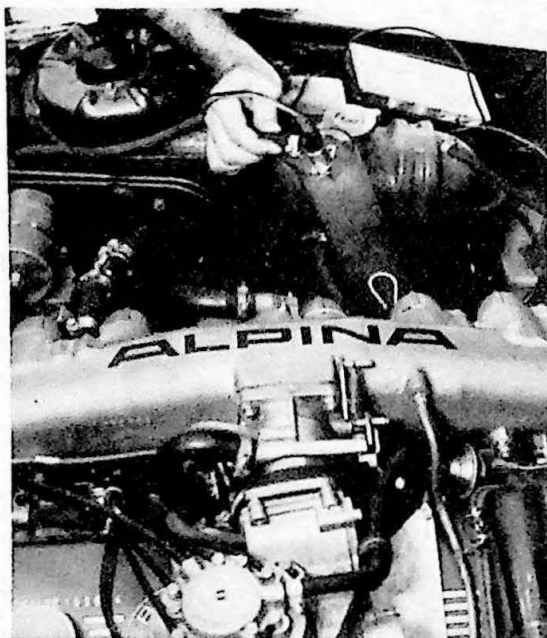
Controle van de brandstofpomp

Bij ingeschakelde ontsteking en niet-draaiende motor mag de brandstofpomp niet leveren. Door de pompschakeling is brandstoflevering pas mogelijk bij het bedienen van de startmotor of bij draaiende motor.

Door te luisteren kan men controleren of de pomp draait; of men kan een brandstofslang lostrekken en controleren of de pomp benzine levert.

Let op: brandstofleidingen staan altijd onder brandstofdruk. Wil men de werking van de pomp ook bij stilstaande motor en ingeschakelde ontsteking controleren, dan moet de kabelsteker van de membraanschakelaar worden losgetrokken. Hierdoor krijgt de brandstofpomp ook bij niet-draaiende motor en ingeschakelde ontsteking spanning en begint zij dus te leveren. Is dat echter niet het geval, dan moet men de voeding nalopen door het controleren van de zekering, de kabels en kabelaansluitingen en het omschakelrelais. Als de elektrische installatie of schakeling niet defect is, moet de brandstofpomp worden vervangen. Na deze test moet de steker weer op de membraanschakelaar worden geschoven.

Als de pomp wel levert tijdens het starten, maar niet als de motor eenmaal loopt, dan is ofwel de membraanschakelaar of de bedrading ervan defect, ofwel er is een storing in het onderdrucksysteem van de membraanschakelaar.



Figuur 5.62: Controle van de koudestartverstuiver (Pierburg)

Controle van de opvoerdruk van de brandstofpomp

Sluit het speciale DVG-gereedschap CLW 00201 op de brandstoftoevoer van de regeleenheid aan.

Trek de steker los van de membraanschakelaar.

Schakel de ontsteking in.

Nu moet de brandstofpomp leveren.

Lees de opvoerdruk af en vergelijk deze met de nominale waarde.

**Nominale waarde: $3,5 \pm 0,1$ bar.

Zonodig moet de opvoerdruk worden gecorrigeerd door de stelschroef van de systeemdrukklep te verdraaien.

Indraaien van de stelschroef: de opvoerdruk stijgt.

Uitdraaien van de stelschroef: de opvoerdruk daalt.

Na de test moet de steker weer op de membraanschakelaar worden geschoven.

Controle van de koudestartverstuiver

Trek de dubbele steker los en bouw de startverstuiver uit.

Verbind de aansluitklemmen van de startverstuiver met de plus- en minklemmen van de accu.

Trek de steker los van de membraanschakelaar.

Schakel de ontsteking in.

De startverstuiver moet nu een regelmatige, continue en kegelvormige straal produceren (vang de brandstof op in een geschikte container).

Maak de aansluitklemmen van de verstuiver los van de accuklemmen.

De verstuiver moet de brandstoflevering nu volledig afsluiten.

Als de verstuiver niet aan de genoemde eisen voldoet, moet hij worden vervangen.

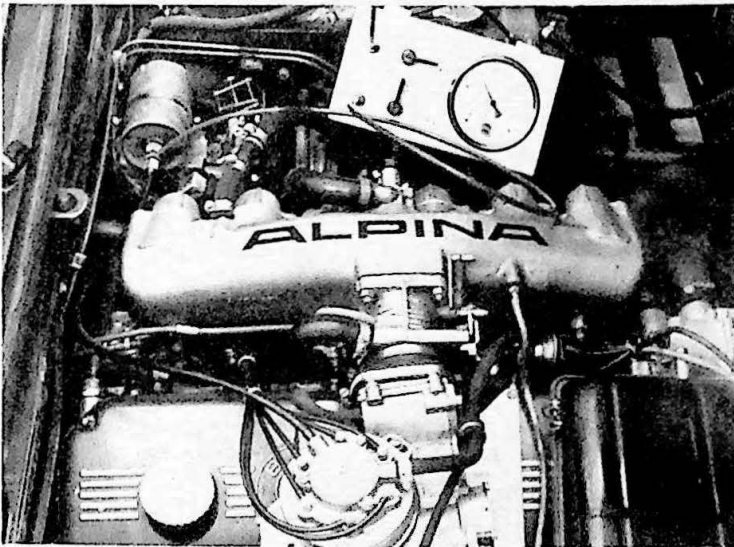
Schuif de steker weer op de membraanschakelaar.

Controle van de temperatuur-tijdschakelaar

Trek de steker los van de koudstartverstuiver.
Sluit een testlampje op de steker aan.
Start de motor.

Meet met een chronometer de tijd tot het lampje dooft en vergelijk de gemeten waarde met het nominale temperatuurdiagram.

Let op: Boven +35 °C wordt de startverstuiver door de temperatuur-tijdschakelaar gesloten. De testlamp gaat dan niet branden. Als de temperatuurafhankelijke tijdmeting niet de voorgeschreven resultaten oplevert, moet de temperatuur-tijdschakelaar vervangen worden.



Figuur 5.63: Controle van de stopklep (Pierburg)

Controle van de stopklep

Sluit het speciale DVG-gereedschap CLW 00201 aan tussen het filter en de brandstofverdeler.

Trek de steker van de membraanschakelaar.

Schakel de ontsteking in; nu moet de brandstofpomp bij niet-draaiende motor brandstof leveren en druk opbouwen.

Schakel direct na het bereiken van een brandstofdruk van $3,2 \pm 0,4$ bar de pomp uit, door de steker op de membraanschakelaar te schuiven.

Sluit tegelijkertijd met een geschikte klem de retourslang af.

Als nu op de manometer een drukdaling te constateren valt, moet de stopklep vervangen worden.

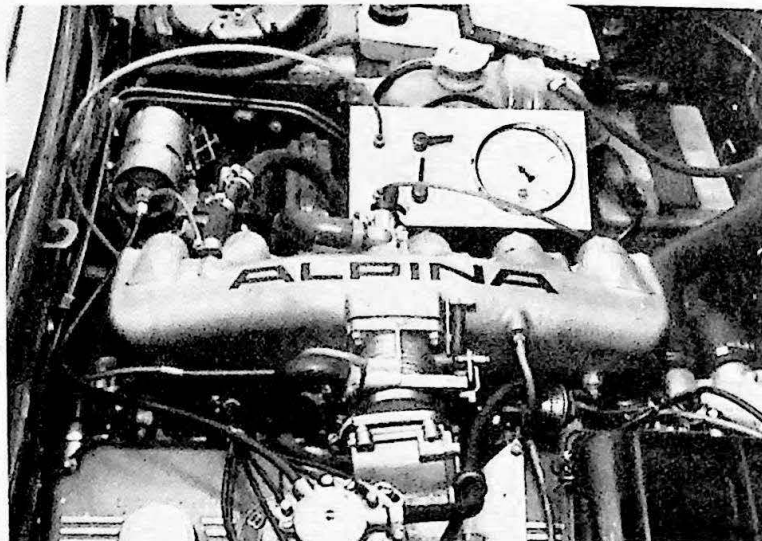
Controle van de terugslagklep van de brandstofpomp

Sluit het speciale DVG-gereedschap CLW 00201 aan.

Trek de steker van de membraanschakelaar.

Schakel de ontsteking in; bij niet-draaiende motor moet de pomp nu leveren en een brandstofdruk opbouwen.

Schakel direct na het bereiken van een druk van $3,2 \pm 0,4$ bar de pomp uit door de steker op de membraanschakelaar te schuiven en knijp tegelijkertijd met een ge-



Figuur 5.64: Controle van de terugslagklep in de brandstofpomp (Pierburg)

schikte klem de toevoerslang van de pomp af. De druk, zoals af te lezen op de manometer, moet nu merkbaar dalen, anders moet de brandstofpomp vervangen worden.

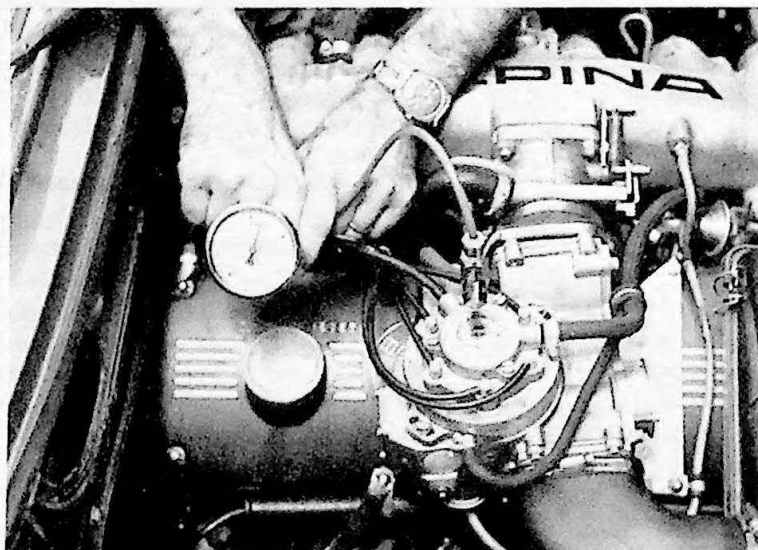
Controle van de verstuivers

Maak de inspuitleidingen van de brandstofverdeler om de beurt los en schakel er het speciale DVG-gereedschap CLW 00202 tussen.

Open de kraan van het meetapparaat.

Laat de motor draaien en vergelijk de inspuitedruk met de nominale waarde.

** Nominale waarde: 1,4–2,3 bar.



Figuur 5.65: Controle van de druk in de verstuivers (Pierburg)

Sluit de kraan en schakel de motor uit.

De zich nu instellende rustdruk mag na twee minuten niet onder de 1,3 bar gedaald zijn.

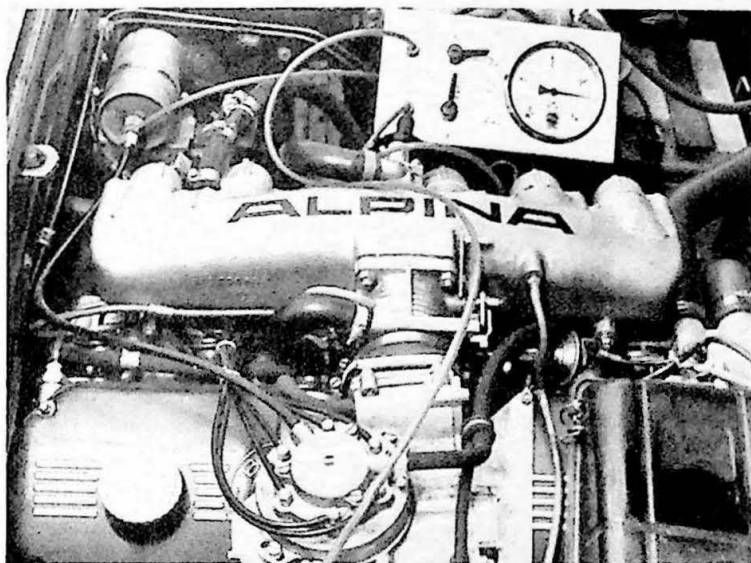
Als de voorgeschreven waarden niet worden bereikt, moet de lekke verstuiver worden vervangen.

Controle van de regeldrukklep

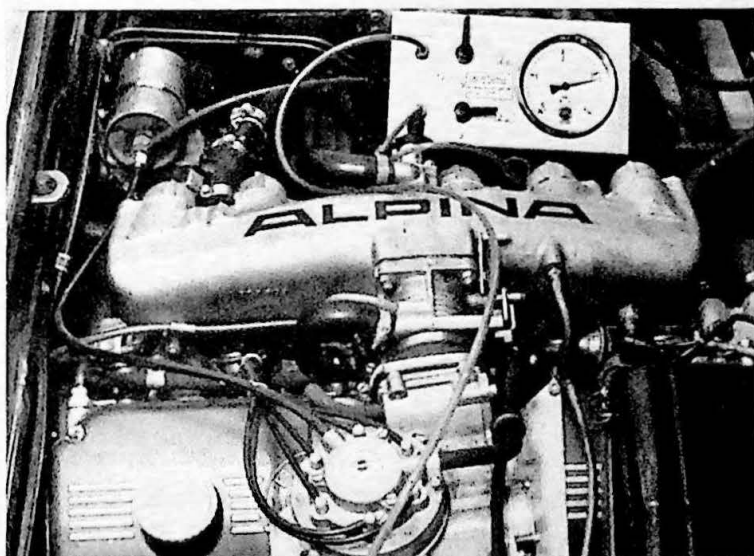
Sluit het speciale DVG-gereedschap CLW 00201 aan.

Trek de steker van de membraanschakelaar.

Schakel de ontsteking in.



Figuur 5.66: Controle van de systeemdruk (Pierburg)



Figuur 5.67: Controle van de regeldruk (Pierburg)

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

Lees de systeemdruk af op de manometer en vergelijk deze waarde met de nominale waarde.

** Nominale waarde: $3,5 \pm 0,1$ bar.

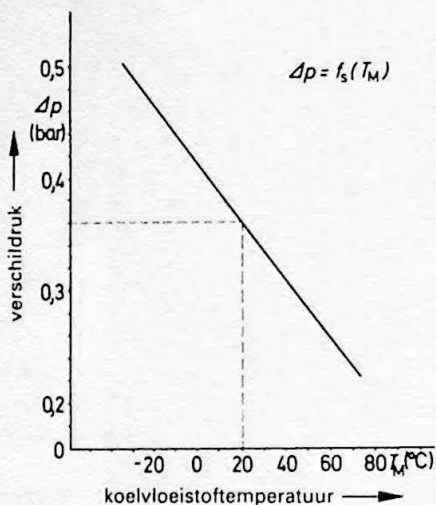
Regel zonodig de systeemdruk bij op de regeldrukklep.

Zet de kraan van het meetapparaat op de regeldruk.

Lees de regeldruk af op de manometer en vergelijk de waarde met de nominale waarde.

** Nominale waarde: 0,22 bar lager dan de systeemdruk.

De nominale waarde geldt voor een motor op bedrijfstemperatuur.



Figuur 5.68: Controlediagram voor de regeldrukklep (Pierburg)

De waarden van de regeldruk bij koude motor kunnen uit het regeldrukdiagram worden afgelezen.

Als de nominale waarde van de regeldruk niet bereikt wordt, moet de regeldrukklep vervangen worden.

Schuif na afloop van de proef de stekker weer op de membraanschakelaar.

Controle van de extraluchtklep

Bouw de extraluchtklep uit en controleer de stand van de plunjer. De spleetbreedte moet, met inachtneming van de koelvloeistoftemperatuur, op de nominale waarde worden ingesteld.

** Nominale waarde: zie spleetbreedtediagram.

Als de motor op bedrijfstemperatuur is, moet de plunjer de doorlaat geheel afsluiten.

Controle van het brandstofpompdebiet

Trek de retourslang los van de systeemdrukklep.

Sluit de slang van de meetset (speciaal DVG-gereedschap CLW 00204) aan en laat dit in een meetglas (speciaal DVG-gereedschap CLW 00203) hangen.

Trek de stekker van de membraanschakelaar.

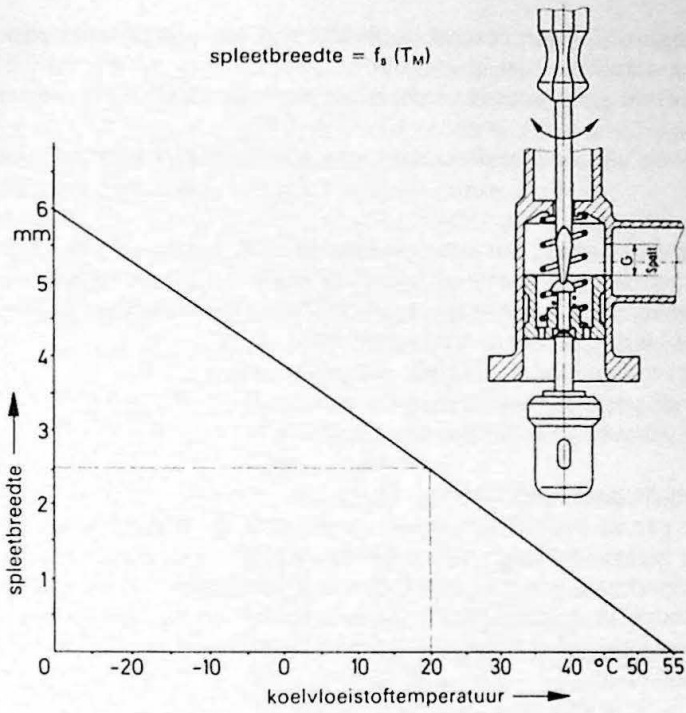
Schakel de ontsteking in.

Vang de geleverde brandstofhoeveelheid van de pomp gedurende exact 30 seconden op en vergelijk de gemeten hoeveelheid met de nominale waarde.

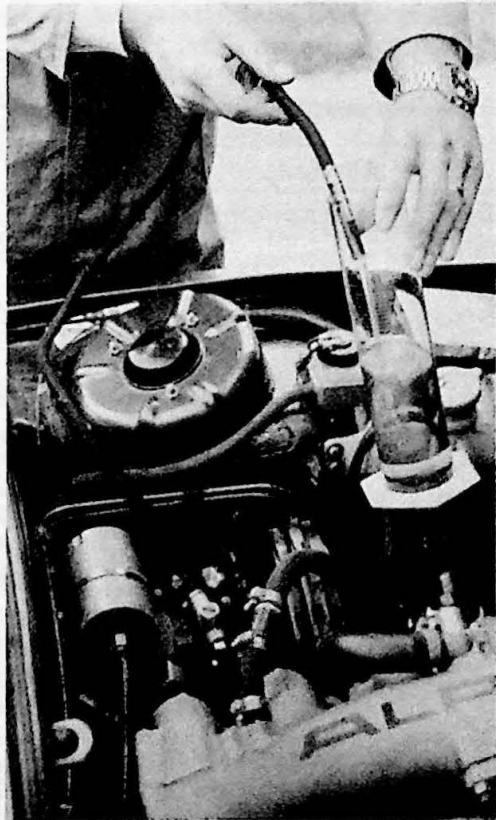
** Nominale waarde: debiet in 30 seconden = 450 cm^3 brandstof.

Als de nominale waarde niet gehaald wordt, moet worden nagegaan:

– of de spanning over de brandstofpomp ten minste 11,5 V bedraagt;



Figuur 5.69: Afsteldiagram van de extraluchtclep (Pierburg)



Figuur 5.70: Controle van het brandstofpompdebiet (Pierburg)

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving

- of de brandstofslangen correct geplaatst zijn en niet geknikt zijn;
- of het brandstoffilter niet is vervuild.

Als deze controle geen succes heeft, moet de brandstofpomp vervangen worden.

Steek na afloop van de test de steker weer op de membraanschakelaar.

Controle op lekkages

Iedere ondichtheid na de luchthoeveelheidsmeter (gezien in de stromingsrichting van de aangezogen lucht) leidt tot storingen bij alle rijcondities. Spoor de lekkages op door middel van daartoe geschikte vloeistoffen en dicht de lekken af. De volgende lekkages kunnen zich voordoen:

- een ondichte flensverbinding van het spuitstuk;
- ondichte slangaansluitingen op het spuitstuk;
- lekkende afdichtingen van de verstuivers.

Controle van de gasklepbediening

Het afstellen van de openingshoek van de gasklep bij vollast vindt bij uitgeschakelde motor plaats aan het gasklepstangenstelsel.

Trap het gaspedaal tot aan de aanslag in en controleer of de gasklep volledig open gaat staan. Vergroot zonedig de lengte van de gasklepstang.

Het veranderen van de aanslagschroef van de gasklep is niet toegestaan. Deze schroef is beveiligd.

Controle van de werking van de stuwklep

Open de stuwklep langzaam bij uitgeschakelde motor. De klep mag niet langs de wand van het luchtkanaal schaven of klemmen; bovendien moet hij door de kracht van de terugstelveer steeds in de ruststand terugglijden. Vervang zonedig de luchthoeveelheidsmeter.

5.2.4 Diagnosetabel

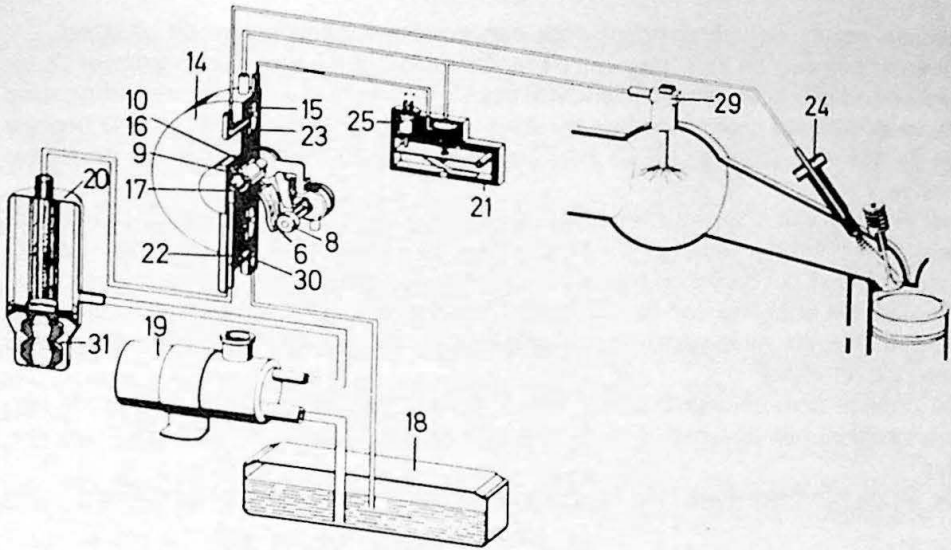
<i>storing</i>	<i>mogelijke remedies</i>
De motor slaat niet aan	Brandstofpomp defect; controleren Elektrische pompschakeling defect; controleren Pomp defect; controleren Brandstofopvoerdruk niet juist; meten Koudestartverstuiver defect; controleren Temperatuur-tijdschakelaar defect; controleren
De motor start, maar slaat direct weer af	Brandstofpomp defect; controleren Elektrische pompschakeling defect; controleren Pomp defect; controleren Brandstofopvoerdruk niet juist; meten Regeldrukklep controleren Extraluchtklep controleren Ondichtheid na de luchthoeveelheidsmeter Stuwklep gaat zwaar, klemt
Slechte koude start	Brandstofopvoerdruk niet juist; meten Koudestartverstuiver defect; controleren Temperatuur-tijdschakelaar defect; controleren Stopklep controleren Terugslagklep in de pomp defect; controleren Verstuivers defect; controleren Stuwklep gaat zwaar of klemt

Slechte respons op het gaspedaal bij koude motor	Brandstofopvoerdruk niet juist; meten Verstuivers defect; controleren Regeldrukklep controleren Ondichtheid na de luchthoeveelheidsmeter Stuwklep klemt of gaat zwaar
Te laag stationair toerental bij koude motor	Regeldrukklep controleren Extraluchtklep controleren Ondichtheid na de luchthoeveelheidsmeter Stuwklep klemt of gaat zwaar
Slecht stationair toerental	Brandstofopvoerdruk niet juist; meten Koudestartverstuiver defect; controleren Verstuivers defect; controleren Stationair toerental onjuist; afstellen Uitlaatgassamenstelling bij stationair toerental onjuist; afstellen Ondichtheid na de luchthoeveelheidsmeter Stuwklep klemt of gaat zwaar
Motor draait onregelmatig ('zagen')	Startverstuiver defect; controleren Verstuivers defect; controleren Regeldrukklep defect; controleren Uitlaatgassamenstelling bij stationair toerental niet correct; afstellen Stuwklep klemt of loopt zwaar
Motor haalt zijn vermogen niet, stottert	Brandstofopvoerdruk meten Verstuivers defect; controleren Pompdebiet niet correct; controleren Gasklepstangenstelsel controleren; eventueel bijstellen Stuwklep klemt of gaat zwaar
Motor slaat over bij accelereren	Brandstofopvoerdruk niet juist; controleren Verstuivers defect; controleren Uitlaatgassamenstelling bij stationair toerental niet correct; afstellen Ondichtheid na de luchthoeveelheidsmeter Stuwklep klemt of gaat zwaar
Hoog brandstofverbruik	Koudestartverstuiver controleren Regeldrukklep controleren Stationair toerental te hoog; afstellen Extraluchtklep controleren
Warme motor start moeilijk	Brandstofopvoerdruk meten Koudestartverstuiver controleren Stopklep controleren Terugslagklep in de pomp controleren Verstuivers controleren Stuwklep klemt of gaat zwaar.

5.3 De DL-inspuiting van Zenith

De DL-inspuiting van Zenith is uit de hiervoor beschreven CL-inspuiting ontwikkeld.

Het bepalen van de brandstofhoeveelheid gebeurt bij de DL-inspuiting door het meten van de aangezogen luchthoeveelheid. De brandstof wordt in een propor-



Figuur 5.72: Onderdelen van het brandstofsysteem van de DL-inspuiting van Zenith (Pierburg)

- | | | | |
|----|---------------------------|----|----------------------|
| 6 | Driedimensionaal profiel | 20 | Filter |
| 8 | Kogellager | 21 | Regeldrukklep |
| 9 | Plunjer | 22 | Systeemdrukklep |
| 10 | Doseerinrichting | 23 | Membraankamer |
| 14 | Brandstofverdeler | 24 | Verstuiver |
| 15 | Verschilddrukklep | 25 | Thermostaat |
| 16 | Doseerhuls | 29 | Koudestartverstuiver |
| 17 | Ring | 30 | Stopklep |
| 18 | Tank | 31 | Accumulator |
| 19 | Elektrische brandstofpomp | | |

Het aan de draaischijf bevestigde ruimtelijk profiel (6) zorgt voor de bepaling van de lucht-brandstofverhouding in het gehele bedrijfsgebied van de motor. Dit driedimensionale profiel wordt door kogellager (8), die bevestigd is aan een hefboom (7), afgetast.

Naar gelang van de aangezogen luchthoeveelheid wordt de nok (6) samen met draaischijf (1) in de draairichting verplaatst. Daardoor wordt de basishoeveelheid brandstof voor de motor bepaald. Voor de belastingsafhankelijke correctie van deze basishoeveelheid wordt profiel (6) afhankelijk van de spruitstukonderdruk ook nog in een dwarsrichting op de draaibeweging van het profiel afgetast. De coördinaten van het afgetaste punt op de nok ontstaan dus uit een van de luchthoeveelheid afhankelijke verdraaiing en een van de belasting afhankelijke dwarsbeweging. De taster (7) volgt het driedimensionale profiel en verdraait dienovereenkomstig plunjer (9) van de doseerinrichting (10). Daardoor komt een exacte afpassing van de brandstofhoeveelheid, naar gelang van de aangezogen luchthoeveelheid en de belasting, tot stand.

De fijnafstelling van de mengsamenstelling voor stationair draaien gebeurt door het instellen van de tasterhefboom (7) ten opzichte van plunjer (9) van de doseerinrichting (10) en wel met behulp van stelschroef (12) van hefboom (11). De stelschroef is via de opening (13) bereikbaar.

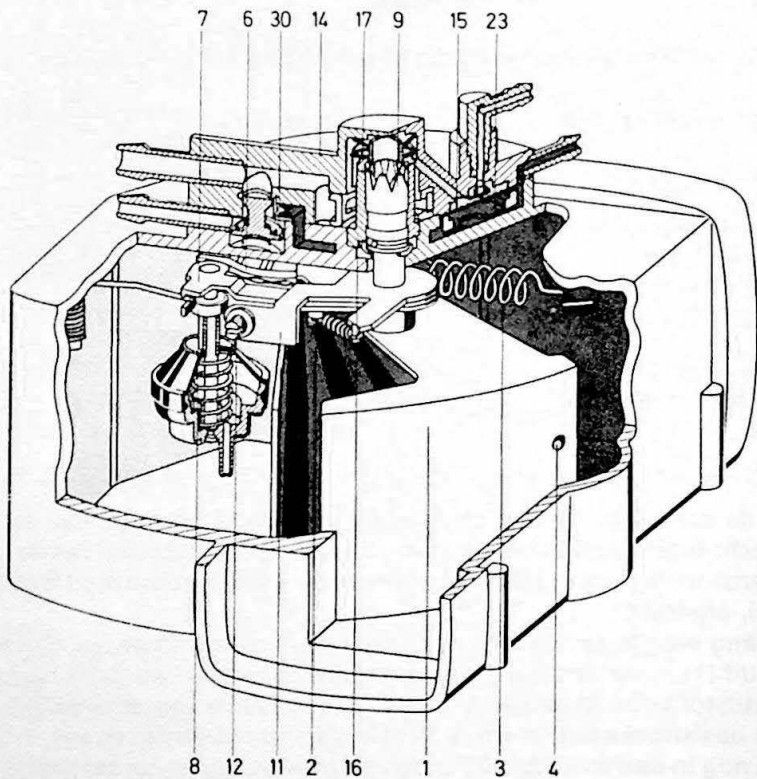
Het afstellen van het stationair toerental gebeurt met stelschroef (32). Deze

schroef regelt de luchtdoorlaat door een omloopleiding langs de gasklep. Overeenkomstig de belasting van de motor wordt in de brandstofverdeler de totaal benodigde hoeveelheid brandstof bepaald, terwijl hier ook de verdeling over de verschillende motorcilinders plaatsvindt. De brandstofverdeler (14) bestaat uit de doseerinrichting (10) en evenveel verschildrukkleppen (15) als de motor cilinders telt.

Het principe van dosering en verdeling berust op een doorlaatregeling in de doseerinrichting (10). Deze eenheid bestaat uit een plunjer (9), een doseerhuls (16) en een ring (17). Plunjer en huls zijn voorzien van even grote, driehoekige regelsleuven. De bepaling van de doorlaatgrootte gebeurt door het verdraaien van plunjer (9) met behulp van de tasterhefboom (7), die het driedimensionale profiel van nok (6) aftast.

De drukval over de regelsleuven wordt bij normaal motorbedrijf door de verschildrukkleppen onafhankelijk van de ingespoten hoeveelheid constant gehouden.

De uit de brandstoftank (18) door een elektrisch aangedreven brandstofpomp



Figuur 5.73: Opbouw van de luchtmeet- en brandstofdoseerinrichting van de DL-inspuiting van Zenith (Pierburg)

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1 Draaischuif | 11 Hefboom |
| 2 Vouwbalg | 12 Stelschroef |
| 3 Trekveer | 14 Brandstofverdeler |
| 4 Boring in draaischuif | 15 Verschildrukklep |
| 6 Driedimensionaal profiel | 16 Doseerhuls |
| 7 Tasterhefboom | 17 Ring |
| 8 Kogellager | 23 Membraankamer |
| 9 Plunjer | 30 Stopklep |

(19) aangezogen brandstof wordt via filter (20) naar de brandstofverdeler (14) geperst. Van de brandstofverdeler stroomt de brandstof naar de regeldrukklep (21).

De druk in het toevoersysteem wordt door de systeemdrukkelep (22) bepaald en bedraagt ongeveer 4,5 bar. In de regeldrukklep (21) wordt de systeemdruk met ongeveer 0,2 bar verlaagd; de hieruit resulterende regeldruk heerst in de onderste membraankamers (23) van de verschildrukkleppen (23) van de brandstofverdeler (14). Door de verschildrukschakeling is het systeem verregaand onafhankelijk van de absolute druk. Bovendien zorgt dit systeem voor een afdoende ontluchting van het brandstofsysteem.

De in de brandstofverdeler (14) voor elke cilinder afgepaste brandstofhoeveelheid wordt door verstuivers (24), die onder veerspanning staan, continu vóór de inlaatklep van elke cilinder ingespoten.

Bovendien krijgt elke verstuiver lucht toegevoerd, die vooral bij stationair toerental, dus bij een hoge onderdruk in het inlaatspruitstuk, de brandstof bij het verlaten van de verstuivers fijn vernevelt. Daardoor wordt ook bij koude motor een nagenoeg homogeen mengsel gevormd.

Tijdens het warmdraaien wijzigt de regeldrukklep afhankelijk van de temperatuur de regeldruk, gedicteerd door de wasthermostaat (25). Het debiet door de brandstofverdeler wordt groter, zodat een overeenkomstig verrijkingseffect ontstaat.

Voor de vereiste extra lucht zorgt de extraluchtklep (26), waarin een wasthermostaat (27) en een cilindrische schuif (28) afhankelijk van de temperatuur de doorlaat van een omloopleiding regelen. Daardoor wordt meer lucht aan het aanzuigsysteem toegevoerd.

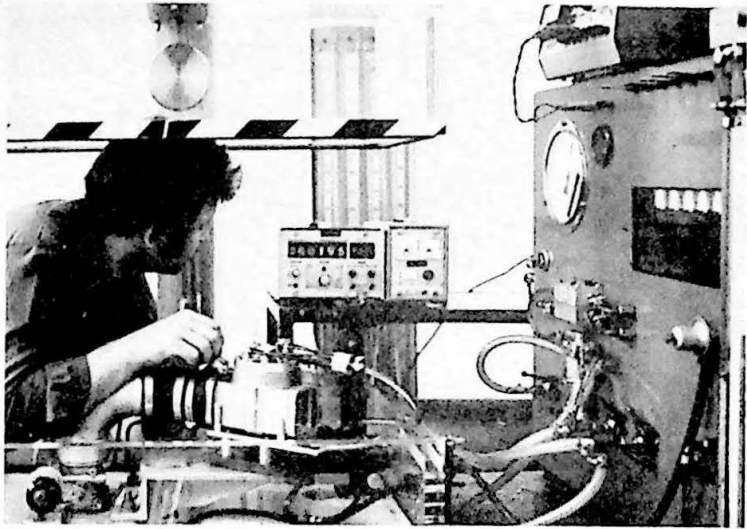
De in het spruitstuk spuitende elektromagnetische koudestartverstuiver (29) zorgt, gestuurd door een temperatuur-tijdschakelaar, voor de extra brandstofhoeveelheid bij koude start.

De stopklep (30) en de in de brandstofpomp (19) ingebouwde terugslagklep verhinderen het wegvallen van de druk na het uitschakelen van de motor. Daardoor wordt het ontstaan van dampbelletjes vermeden en wordt het starten bij warme motor vergemakkelijkt. Het warmstartgedrag wordt ook nog verbeterd door de accumulator (31) die in het filter (20) is ondergebracht. Als de motor bij ingeschakelde ontsteking niet draait, dan zijn brandstofpomp en warmdraaisysteem via een beveiligingsschakeling stroomloos.

De DL-inspuiting, ontwikkeld uit de CL-inspuiting, is uit het ontwikkelingsstadium en klaar voor grote-serieproductie. Zoals uit het voorgaande blijkt, bevat de DL-inspuiting van Zenith een geheel nieuwe luchthoeveelheidsmeter die vooral door vorm en plaatsing van de draaischuif opvalt. Ten opzichte van de tot nu toe gebruikelijke constructies, ook die van andere fabrikanten, heeft deze configuratie de volgende voordelen:

- 1 de schuif kan niet doordraaien, zodat de pulsaties van de aangezogen lucht geen invloed op het regelsysteem hebben;
- 2 de regelnaauwkeurigheid is zeer hoog;
- 3 de door de schuif veroorzaakte stromingsverliezen zijn verwaarloosbaar klein, zodat dit soort inspuitssystemen ook bij motoren kan worden toegepast, die voor het leveren van zeer hoge vermogens zijn ontworpen;
- 4 bij het 'terugslaan' van de motor door een gebrekkige ontsteking van het mengsel neemt het lager de krachten op, zodat deze installatie ongevoelig is voor dit soort veerschijnselen. Het is nagenoeg uitgesloten dat de draaischuif erdoor verbogen raakt.

Ten opzichte van de CL-inspuiting verdienen de volgende constructieve verbeteringen vermelding:



Figuur 5.74: Debietmeting van de brandstofverdeler met doseerinrichting van de DL-inspuiting van Zenith bij Pierburg GmbH & Co.KG

- 1 de driedimensionale nok is vervangen door een in de draaischijf geïntegreerd ruimtelijk profiel. Daardoor heeft het regelprofiel een hoger oplossend vermogen en is ook een precieze toemeting van de brandstofhoeveelheid mogelijk;
- 2 het afstellen van de installatie gebeurt met één enkele stelschroef;
- 3 de afmetingen van de installatie zijn compact en het aantal onderdelen is tot een minimum beperkt. Dat moet in de serieproductie leiden tot een lagere prijs;
- 4 de componenten van de installatie zijn niet afhankelijk van de oriëntatie van de montage. De luchttoevoer kan van boven en van onderen plaatsvinden.

5.4 Het CS-inspuitsysteem van Pierburg, met en zonder turbodrukverhoging

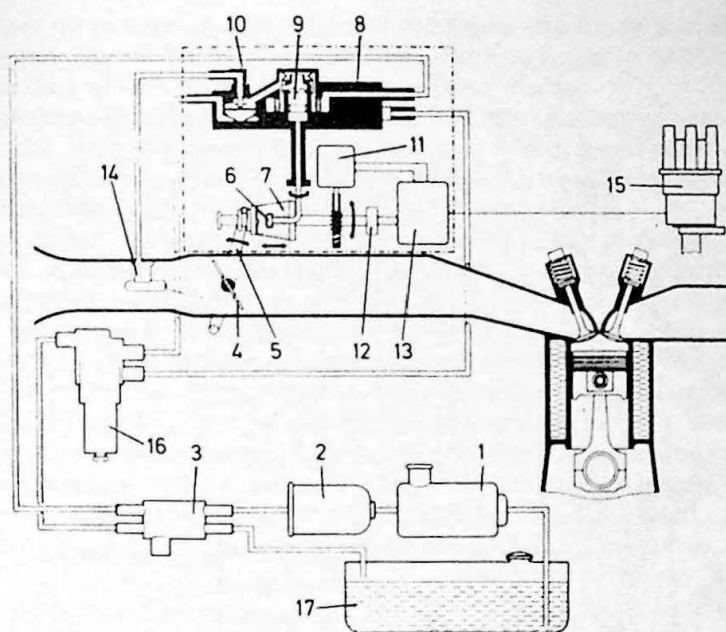
Het CS-inspuitsysteem is ontwikkeld voor de racesport en verenigt eenvoudige mechanische en elektronische componenten. De continu ingespoten brandstofhoeveelheid wordt belastingsafhankelijk door de gasklep en toerentalafhankelijk door de verdeler geregeld.

De voordelen van dit systeem zijn:

- een hoog luchtdebiet bij vollast. In het luchtsysteem bevinden zich namelijk geen kleppen zoals bij de K-, L- of LE-Jetronic. Hierdoor ontstaat een optimale vullingsgraad en kan de motor ook werkelijk maximale prestaties leveren.
- een exacte aanpassing aan de motorkarakteristieken door toepassing van een driedimensionaal profiel. De afzonderlijke karakteristieke waarden van de motor liggen in het verloop van het profiel opgeslagen.
- inbouw van stuur- en regelorganen onafhankelijk van de motor op een geschikte plaats in het motor- of passagierscompartiment.
- gemakkelijk in te bouwen bij elk voertuig- en motortype.

Bij het CS-inspuitsysteem zorgt een elektrisch aangedreven pomp voor de levering van de brandstof, die via het filter en de systeemdruk- annex stopklep in de geleenheid stroomt. De gecombineerde systeemdruk- en stopklep regelt de

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving



Figuur 5.75: Functieschema van de CS-inspuiting (Pierburg)

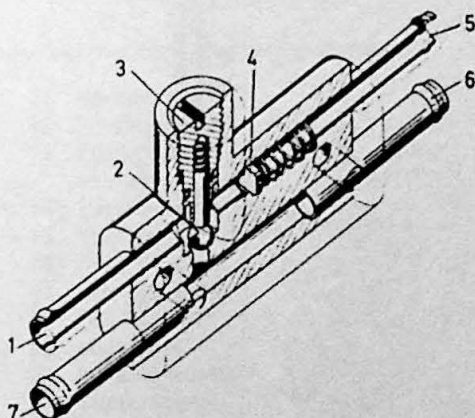
- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1 Elektrische brandstofpomp | 10 Verschilddrukklep |
| 2 Brandstoffilter | 11 Verstelmotor |
| 3 Systeemdruk- en stopklep | 12 Potentiometer |
| 4 Gasklep | 13 Elektronische regeleenheid |
| 5 Nokverstelling in lengterichting | 14 Verstuiver |
| 6 Tastrol | 15 Verdeler |
| 7 Ruimtelijk profiel | 16 Regeldrukklep |
| 8 Brandstofverdeler | 17 Tank |
| 9 Doseerinrichting | |

brandstofdruk van de installatie en stuurt de retourstroom van de niet-verbruikte brandstof naar de tank. Een gedeelte van de onder de systeemdruk van 4 bar staande brandstof stroomt naar de regeldrukklep.

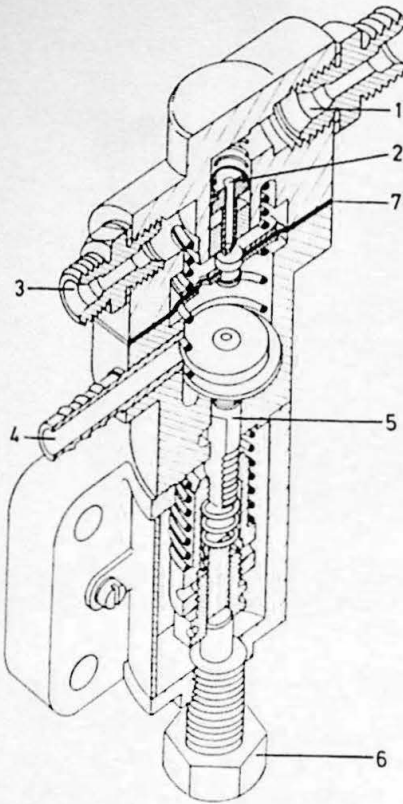
De vereiste regeldruk (3,78 bar) voor de sturing van de verschilddrukkleppen in de regeleenheid wordt door de regeldrukklep bepaald. Daartoe staat de membraan-

Figuur 5.76: Systeemdruk- en stopklep van de CS-inspuiting (Pierburg)

- | |
|--|
| 1 Retouraansluiting van systeemdruk- en stopklep |
| 2 Kogelklep |
| 3 Regeldrukaansluiting naar regeleenheid |
| 4 Stopklep |
| 5 Retouraansluiting naar brandstoftank |
| 6 Aansluiting naar regeleenheid |
| 7 Aansluiting voor brandstofpomp |



Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving



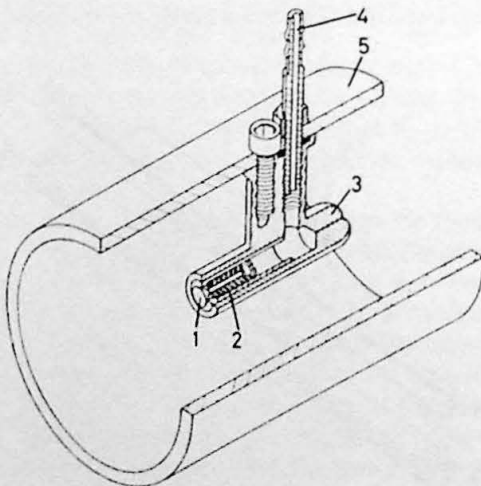
Figuur 5.77: Regeldrukklep van de CS-inspuiting (Pierburg)

- 1 Retouraansluiting van regeldrukklep
- 2 Klepzitting
- 3 Stelschroef voor systeemdruk
- 4 Brandstoftoevoer van regelenheid
- 5 Stoter met veerschotel
- 6 Stelbout
- 7 Membraan

klep onder systeemdruk, tegen de veerkracht in. Via de ringspleet in de klep wordt boven de klepschotel, overeenkomstig de veerspanning, een geringere druk opgebouwd: de regeldruk.

De brandstofverdeler bestaat uit de doseerinrichting en de verschildrukkleppen. Deze doseert en verdeelt tegelijkertijd de brandstof over de afzonderlijke motorcilinders.

De met het zuigerstangetje verbonden tasterhefboom tast de motorkarakteristiek op de driedimensionale nok af.



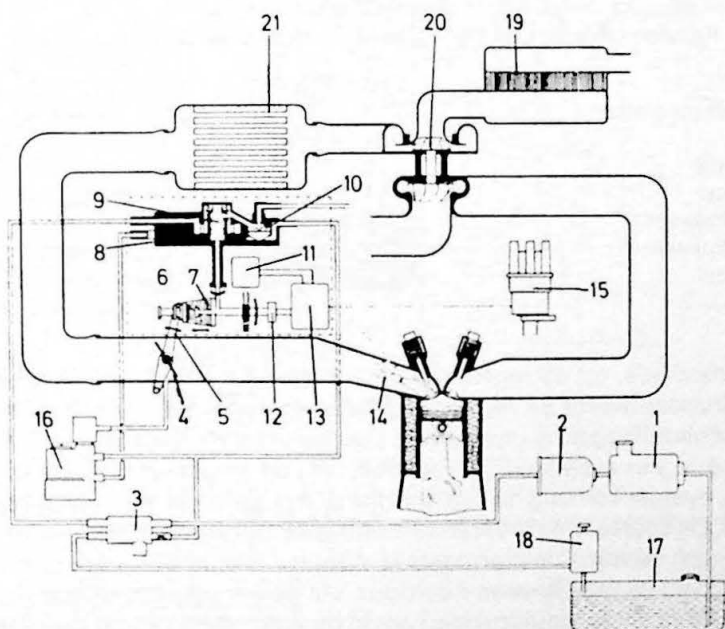
In de zuiger en in de huls zijn evenveel regelsleuven aangebracht als de motor cilindertelt. Bij het aftasten van de nok, wordt de zuiger in de huls verdraaid, waardoor de sleuven meer of minder geopend worden.

In de onderste membraankamers van de verschildrukkleppen heerst de regel-druk. Omdat deze kleppen de drukval over de regelsleuven constant houden, wordt de brandstof overeenkomstig de stand van de tasterhefboom en de positie van het kogellager op de nok gedoseerd.

De nokbeweging in lengterichting vindt mechanisch, met de draai-beweging van de gasklep, plaats. De draai-beweging van de nok geschiedt met behulp van een worm-wormwielaandrijving en een door de elektronische regelaar gestuurde verstelmotor. De nok wordt zolang verdraaid, tot de waarde van de potentiometer overeenkomt met een referentiewaarde, die van het aantal ontstekingspulsen in de verdeler afhangt. Door deze terugkoppeling is een zeer exacte, toerentalafhankelijke verdraaiing van de ruimtelijke nok mogelijk.

De voor elke cilinder afgemete brandstofhoeveelheid wordt via een onder-veer-spanning staande, niet geleide naaldklep in de verstuivers continu vóór de inlaatkleppen ingespoten, onder een overdruk van ongeveer 3 bar.

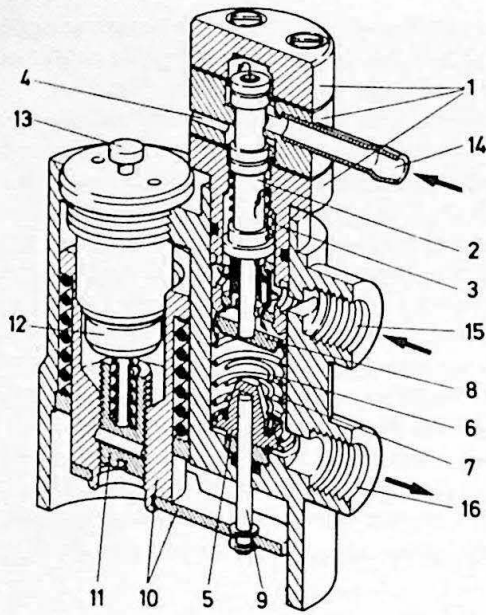
Het CS-inspuitingsysteem bestemd voor turbodruk-vulling, is identiek aan de hier



Figuur 5.79: Functieschema van de CS-inspuiting met turbodruk-vulling (Pierburg)

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 Elektrische brandstofpomp | 11 Verstelmotor |
| 2 Brandstoffilter | 12 Potentiometer |
| 3 Systeemdruk- en stopklep | 13 Elektronische regelen-eenheid |
| 4 Gasklep | 14 Verstuiver |
| 5 Axiale nokverstelling | 15 Verdeler |
| 6 Tastrol | 16 Regeldrukklep |
| 7 Driedimensionale nok | 17 Brandstoftank |
| 8 Brandstofverdeler | 18 Drukregelaar |
| 9 Doseerinrichting | 19 Luchtfiler |
| 10 Verschilddrukklep | 20 Uitlaatgasturbo |
| | 21 Tussenkoeler |

Inspuiting zonder afzonderlijke aandrijving



Figuur 5.80: Regeldrukklep van de CS-inspuiting met turbodrukvulling (Pierburg)

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1 Klephuis | 9 Drukstift |
| 2 Stoter met membraan | 10 Overbrenging van de plunjerslag |
| 3 Drukveer | 11 Stelschroef |
| 4 Ontluchting | 12 Thermostaat |
| 5 Veerschotel | 13 Elektrische aansluiting |
| 6 Verschildrukveer | 14 Aansluiting van de vuldruk |
| 7 Verschildrukveer | 15 Aansluiting van de systeemdruk |
| 8 Veerschotel | 16 Aansluiting van de regeldruk |

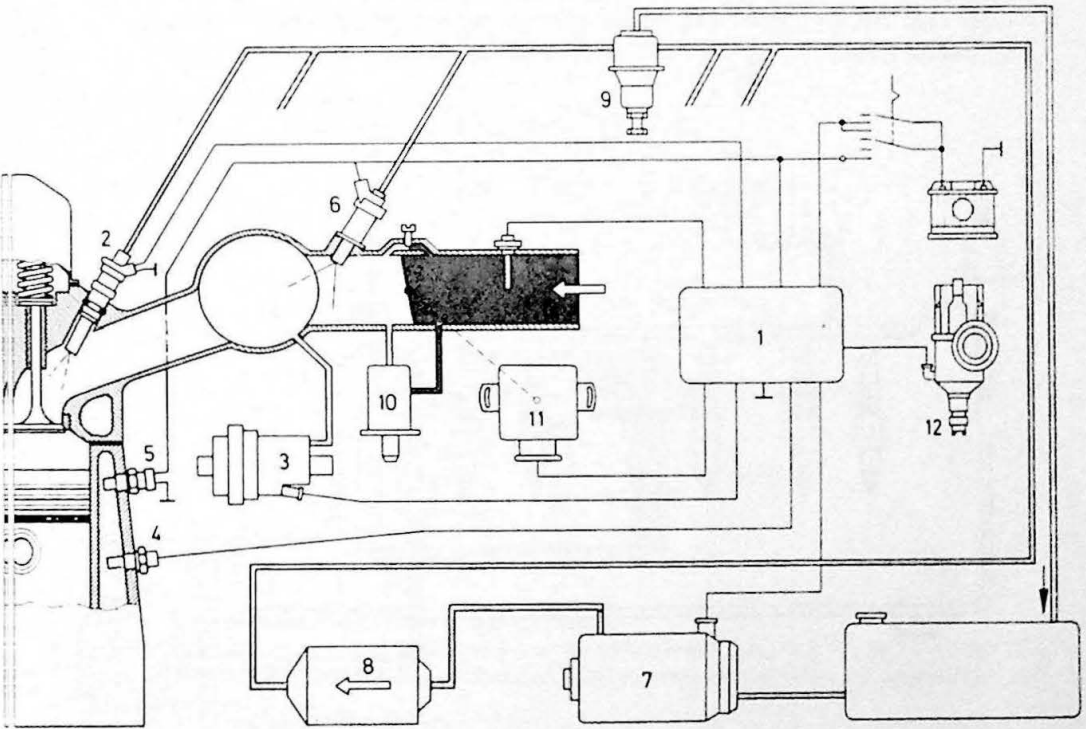
besproken installatie, op de regeldrukklep, de turbo en de tussenkoeler na. In de regeldrukklep wordt de regeldruk afhankelijk van de vuldruk met behulp van een verschildrukregeling gevarieerd. Daartoe wordt de schotelklep tegen de veerspanning in van systeemdruk voorzien. Via de ringspleet wordt onder het kleplichaam, overeenkomstig de veerspanning, een geringere druk opgebouwd: de regeldruk. De veerspanning verandert temperatuurafhankelijk, onder invloed van de elektrisch verwarmde thermostaat, continu. Dat leidt bij koude motor tot een verlaging van de regeldruk en daardoor, via de verschildrukkleppen, tot een mengselverrijking. In de regeldrukklep werkt de vuldruk tegen de drukkracht van de veer op het bovenin aangebrachte membraan, waardoor de veren ontlast worden. De mengselverrijking vindt dus plaats door beïnvloeding van de verschildrukkleppen.

6 Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

Nieuwe technologieën en vooral de vooruitgang in de elektronica, hebben het mogelijk gemaakt dat een elektronisch geregeld inspuitstelsel voor de grote-seriebouw van auto's ontwikkeld kon worden. De eerste stappen op de weg naar een elektronisch geregelde inspuiting voor motorfietsen zouden al in 1930 door de Italiaanse firma Moto-Guzzi gezet zijn.

Met het begin van de opmars van de elektronica in de gebruikerssfeer werden door de Amerikaanse firma Bendix ideeën ontwikkeld, die tot een elektronische regeling van de benzine-inspuiting moesten leiden. Het Bendix-onderzoek van destijds werd door Robert Bosch GmbH aangekocht, verbeterd en tot een elektronische benzine-inspuiting verder ontwikkeld, die bepalend werd voor het beeld van de inspuittechnologie op wereldschaal.

Het eerste in serie gebouwde voertuig met elektronische benzine-inspuiting was de Volkswagen 1600 E.



Figuur 6.1: De D-Jetronic van Bosch is een intermitterend inspuitend lagedruksysteem, dat elektronisch wordt geregeld in functie van de spuitstukonderdruk (Bosch)

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 Elektronische regeleenheid | 7 Elektrische brandstofpomp |
| 2 Elektrische verstuiver | 8 Brandstoffilter |
| 3 Spuitstukdrukvoeler | 9 Brandstofdrukregelaar |
| 4 Temperatuurvoeler | 10 Extraluchtschuif |
| 5 Temperatuurschakelaar of temperatuur-tijdschakelaar | 11 Gasklepschakelaar |
| 6 Elektrische koudstartverstuiver | 12 Inspuitcommandoschakelaar |

6.1 De D-Jetronic van Bosch

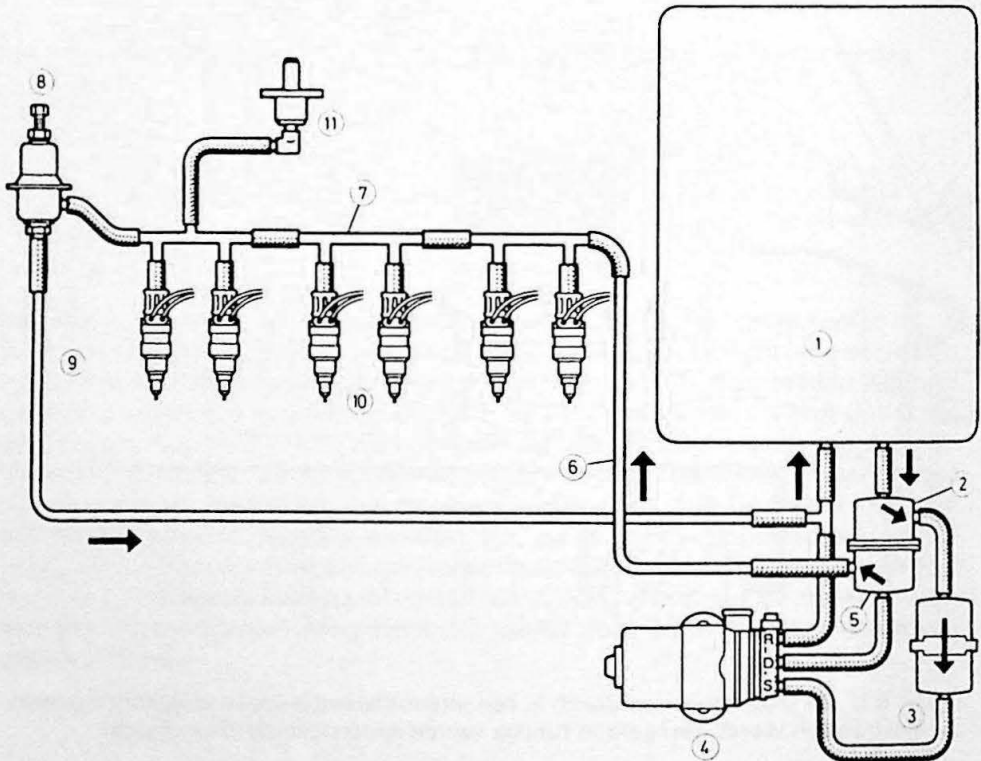
De D-Jetronic van Bosch is een intermitterend werkend inspuitstelsel, dat onder lage druk in het inlaatspruitstuk van de motor inspuit.

De voor de brandstofbehoefte van de motor belangrijke gegevens worden door voelers of sensoren gemeten en in elektrische signalen omgezet. De regelbaarheid van de D-Jetronic verwerkt deze signalen en vertaalt ze in een openingsduur van de verstuivers, in overeenstemming met de brandstofbehoefte van de motor. De D-Jetronic bestaat uit drie aparte, maar onderling samenwerkende systemen, te weten:

- het brandstofsysteem;
- het luchtsysteem;
- de elektronische regeling.

Uit de tank wordt via een filter de brandstof door een elektrisch aangedreven rollenpomp aangezogen en onder druk in de brandstofkringleiding gepompt. Via deze leiding stroomt de brandstof naar de verstuivers en de koudestartverstuiver.

De druk in het brandstofsysteem wordt door een drukregelaar bepaald, waar vandaan een retourleiding naar de tank terugloopt. Via het luchtfilter wordt de lucht naar de luchtverzamelbuis en, geregeld door de gasklep, naar het inlaatspruitstuk gevoerd. Aan de motorzijde van de gasklep zijn in de verzamelbuis



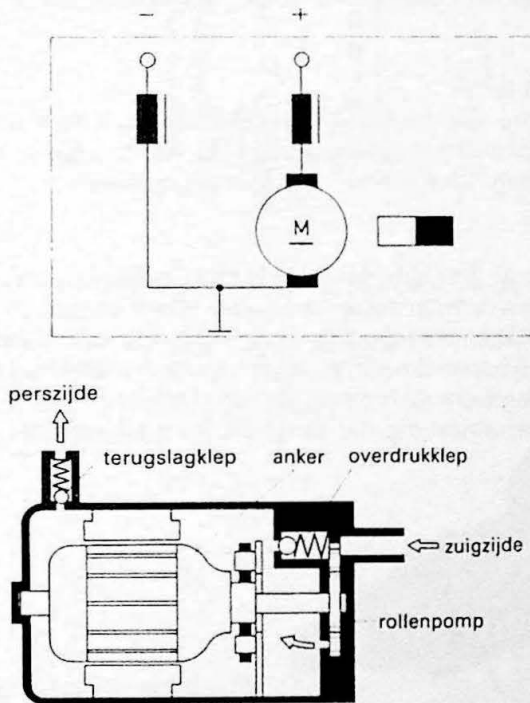
Figuur 6.2: Brandstofsysteem van een zescilindermotor (Bosch)

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Brandstoftank | 7 Verdeelbuis |
| 2 Drukdemper (bovenste kamer) | 8 Brandstofdrukregelaar |
| 3 Brandstoffijnfilter | 9 Brandstofretourleiding |
| 4 Elektrische brandstofpomp | 10 Elektrische verstuivers |
| 5 Drukdemper (onderste kamer) | 11 Elektrische koudestartverstuiver |
| 6 Brandstofkringleiding | |

aansluitingen voor het aftappen van de spuitstukonderdruk aangebracht. Alle van de voelers afkomstige informatie wordt in het elektronisch regelsysteem verzameld en in een tijdsafhankelijke stuurimpuls omgezet, met behulp waarvan de verstuivers elektromagnetisch geopend worden.

6.1.1 Het brandstofsysteem

De brandstof wordt door een elektrische pomp aangezogen en via een fijnfilter in de brandstofkringleiding geperst. Op deze leiding zijn evenzovele verstuivers aangesloten, als de motor cilinders telt. Ook de elektrische koudestartverstuiver staat met deze leiding in verbinding. Een in de kringleiding geïntegreerde drukregelaar begrenst de brandstofdruk op een overdruk van ongeveer 2,0 bar. Van deze drukregelaar voert een retourleiding terug naar de brandstoftank.



Figuur 6.3: Elektrische brandstofpomp (Bosch)

Het debiet van de pomp is afhankelijk van de aangelegde spanning. De pomp is inwendig met massa verbonden. Zij mag niet tegenpolig worden aangesloten, omdat zij anders zou doorbranden.

Afhankelijk van het voertuigtype kan in de tank een voorfilter zijn ingebouwd. Ook kunnen tussen de tank en de pomp of in de onmiddellijke nabijheid van de pomp in de perskring van het brandstofsysteem, dempers zijn opgenomen, die het stromingsgeluid van de brandstof door de pomp moeten onderdrukken. Bij sommige auto's wordt de brandstof aan de zuigzijde van de pomp door de bovenste kamer van een demper geleid, terwijl zij na het verlaten van de elektrische brandstofpomp door de onderste kamer ervan geperst wordt.

De elektrische brandstofpomp

De rotor van de brandstofpomp wordt door een elektromotor met permanente

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

magneten aangedreven; deze motor wordt door de brandstof omspoeld. Het werkingsprincipe berust op een excentrisch in het pomphuis aangebrachte schijf met uitsparingen aan de omtrek, waarin metalen rollen liggen. Door de centrifugaalkracht worden deze rollen tegen het pomphuis gedrukt, waardoor kamers gevormd worden, via welke de brandstof wordt getransporteerd.

De elektrische brandstofpomp is van een overdrukklep voorzien, die een kortsluitleiding naar de zuigzijde van de pomp opent, als de pomp tegen een abnormaal hoge druk in moet leveren. De terugslagklep heeft tot taak, in het brandstofsysteem een restdruk in stand te houden, waardoor dampbelvorming vermeden kan worden.

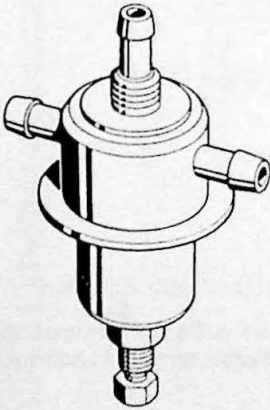
De eerste generatie van de D-Jetronic had nog een droge pomp, die hermetisch van het brandstofsysteem geïsoleerd was. Deze pompen – die nu niet meer in de handel zijn – waren uitgerust met een druk-, een terugslag- en een ontluichtingsklep.

Het brandstoffijnfilter

Na de elektrische brandstofpomp stroomt de brandstof door een fijnfilter, dat als een papieren wegwerpfILTER is uitgevoerd. Bij het monteren moet men op de stroomrichting letten. Deze is met een pijl aangegeven.

De dempers

Om het lawaai van de pomp te verminderen kan in de zuig- of persleiding, apart of in combinatie, een demper opgenomen zijn. Normaal gesproken bestaan deze dempers uit een blikken huis, waarin de brandstofstroom door een dwarsschot wordt omgeleid. Bij bepaalde uitvoeringen van de D-Jetronic voor Daimler-Benz werd een extra membraandemper in de retourleiding naar de tank gebouwd; deze demper zag er uitwendig net zo uit als de drukregelaar.



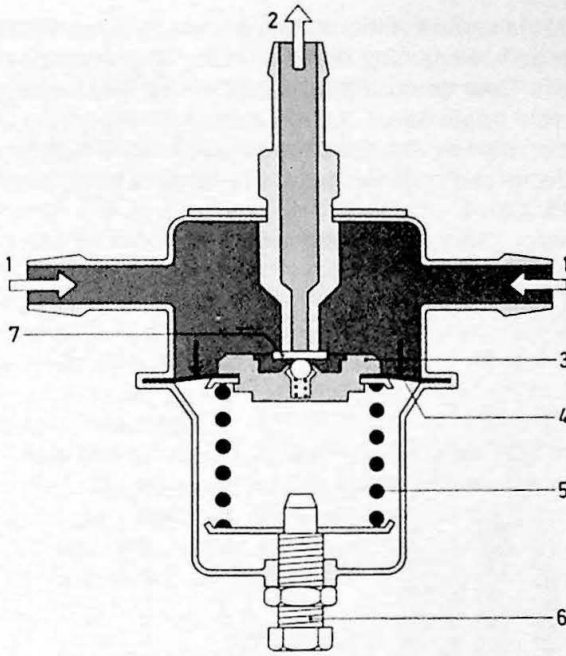
Figuur 6.4: Drukregelaar van de D-Jetronic (Bosch)

De drukregelaar

De drukregelaar, opgenomen in de brandstofkringleiding, heeft tot taak, de brandstofdruk in het systeem op een overdruk van 2,0 à 2,2 bar (afhankelijk van het voertuigtype) te begrenzen. Daartoe stroomt de brandstof tegen een veerbelaste membraan, dat afhankelijk van de druk de opening van de retourklep naar de brandstoftank vrijgeeft. De veerspanning en daarmee de systeemdruk zijn instelbaar.

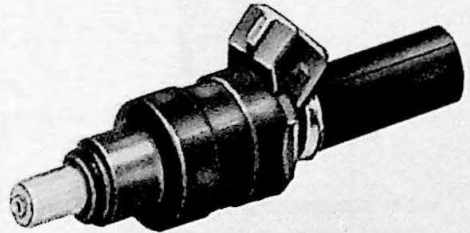
De verstuivers

De motor ontvangt de brandstof via elektromagnetisch bediende verstuivers, die vóór de inlaatkleppen in het spuitstuk inspuiten.

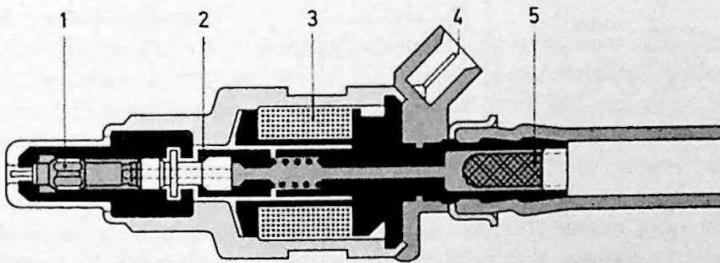


Figuur 6.5: Schematische doorsnede van de drukregelaar (Bosch)

- | | |
|-----------------------------|------------|
| 1 Brandstoftoevoer | 5 Drukveer |
| 2 Brandstofretour naar tank | 6 Stelbout |
| 3 Klepdrager | 7 Klep |
| 4 Membraan | |



Figuur 6.6: Elektrische verstuiver (Bosch)



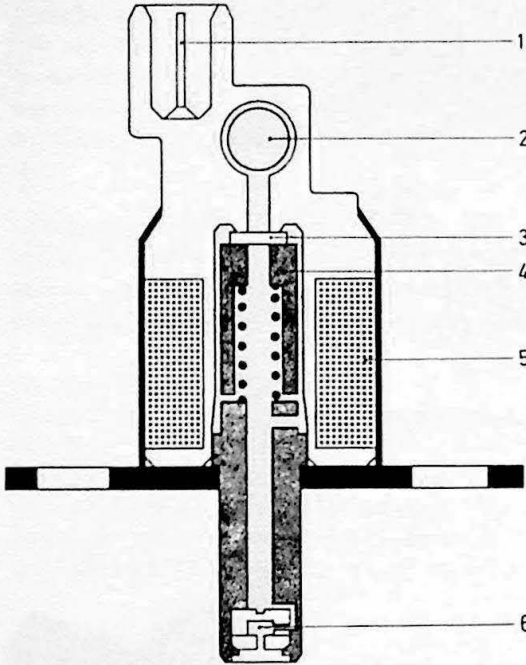
Figuur 6.7: Schematische doorsnede van de verstuiver (Bosch)

- | | |
|----------------|---------------------------|
| 1 Naaldklep | 4 Elektrische aansluiting |
| 2 Magneetanker | 5 Fijnfilter |
| 3 Magnetspoel | |

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

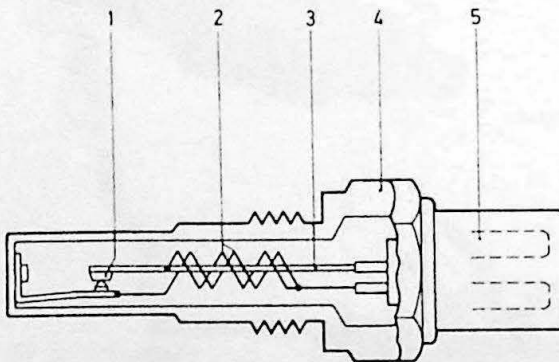
De brandstof komt via een voorfilter en een boring in de verstuiver en verlaat de verstuiver via een geijkte opening, die in de ruststand door de spanning van de klepveer gesloten is. Door de stuurimpuls van de regeleenheid wordt in de spoel een magnetisch veld opgebouwd, dat de klepnaald tegen de veerspanning in, oplicht. De spanning over de verstuiver bedraagt 3 V, omdat door de kleine coëfficiënt van zelfinductie een snelle respons van de klep mogelijk is. De openings-slag is $0,15 \pm 0,05$ mm.

Omdat bij de D-Jetronic de geleverde brandstofhoeveelheid bepaald wordt door



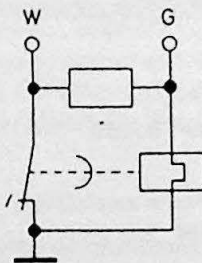
Figuur 6.8: Schematische doorsnede van de koudestartverstuiver (Bosch)

- 1 Elektrische aansluiting
- 2 Brandstofkanaal
- 3 Afdichting
- 4 Magneetanker
- 5 Magneetspoel
- 6 Roterende sproeier



Figuur 6.9: Schema van de temperatuur-tijdschakelaar (Bosch)

- 1 Contact
- 2 Verwarmingswikkeling
- 3 Bimetaal
- 4 Huis
- 5 Elektrische aansluiting



de openingsduur van de verstuivers, zijn er – afhankelijk van het autotype – verschillende verstuiveropeningen vereist. Naar gelang van de doorgestroomde hoeveelheid per minuut zijn de verstuivers herkenbaar aan de kleur van de stecker.

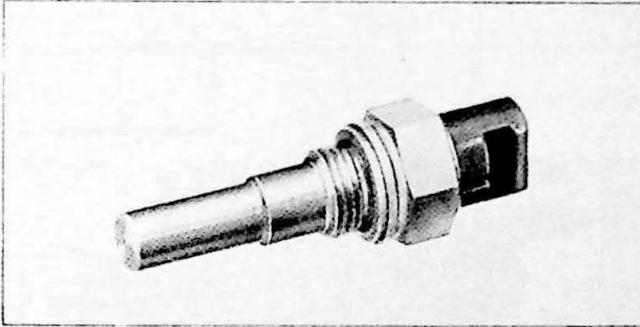
Bij een constante overdruk van 2,0 bar stroomt per minuut:

- door een verstuiver met zwart merkteken: 265 cm^3 ;
- door een verstuiver met geel merkteken: 265 cm^3 (voor VW);
- door een verstuiver met blauw merkteken: 318 cm^3 ;
- door een verstuiver met groen merkteken: 380 cm^3 brandstof.

De verstuivers zijn gedeeltelijk met een teflonkap uitgevoerd. Zij voorkomen het verkolen van de verstuiveropening; ze zijn naar gelang van het verstuiverdebiet ook in verschillende kleuren uitgevoerd.

De elektrische koudestartverstuiver

De elektrische koudestartverstuiver is aan de brandstoftoevoerzijde met de kringleiding verbonden. De brandstof stroomt door het uitgeoorde verstuiverlichaam en drukt tegen de ankerklep. Bij aangetrokken anker wordt de klep geopend, waardoor de brandstof langs de klep stroomt en door de draaisproeier fijn verneveld wordt. Er wordt in de verzamelbuis ingespoten, waardoor de con-



Figuur 6.10: Temperatuur-tijdschakelaar

densatieverliezen van de buis en van de koude cilinders gecompenseerd worden. De startverstuiver wordt naar gelang van het voertuigtype door een temperatuurschakelaar of door een temperatuur-tijdschakelaar bediend.

6.1.2 Het luchtsysteem

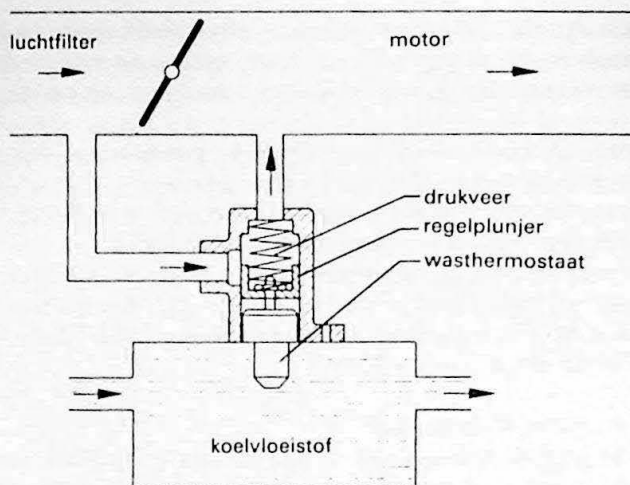
De motorcilinders worden via zuigbuizen, die samenkomen in de verzamelbuis, van lucht voorzien. In de verzamelbuis bevinden zich, afhankelijk van het voertuigtype, verschillende aansluitingen voor het aftappen van de onderdruk. Eén van deze aansluitingen staat met een onderdrukvoeler in verbinding. Bij gesloten gasklep, dus bij stationair draaien, wordt de vereiste hoeveelheid lucht via een omloopleiding langs de gasklep aangezogen.

Bij koude start en tijdens het warmdraaien krijgt de motor extra lucht via een extraluchtschuif. Daardoor moet het toerentalverlies, dat zou ontstaan door de hoge wrijvingsverliezen bij koude motor, gecompenseerd worden. De daarbij verder vereiste brandstofhoeveelheid wordt door de regeleenheid berekend.

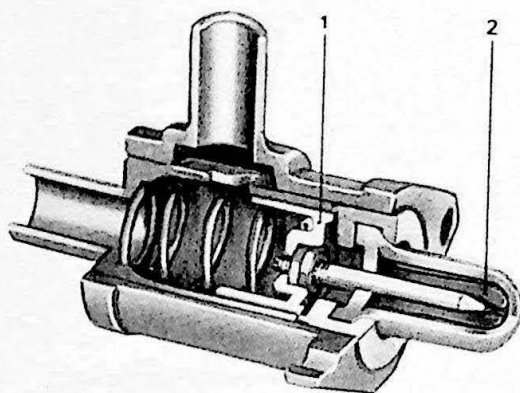
De extraluchtschuif

Ter compensatie van de hogere wrijvingsverliezen bij koude motor tijdens het warmdraaien krijgt de motor een lucht-brandstofmengsel toegevoerd, dat er-

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



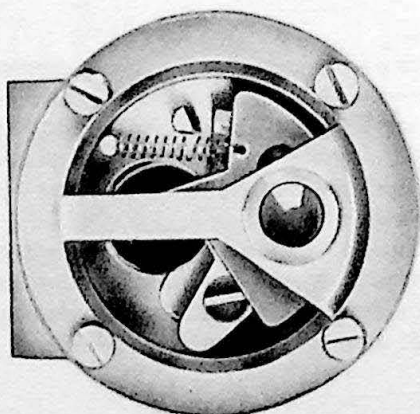
Figuur 6.11: Werkingsprincipe van de extraluchtschuif in het luchtsysteem (Bosch)



Figuur 6.12: Opengewerkte extraluchtschuif met wasthermostaat (Bosch)

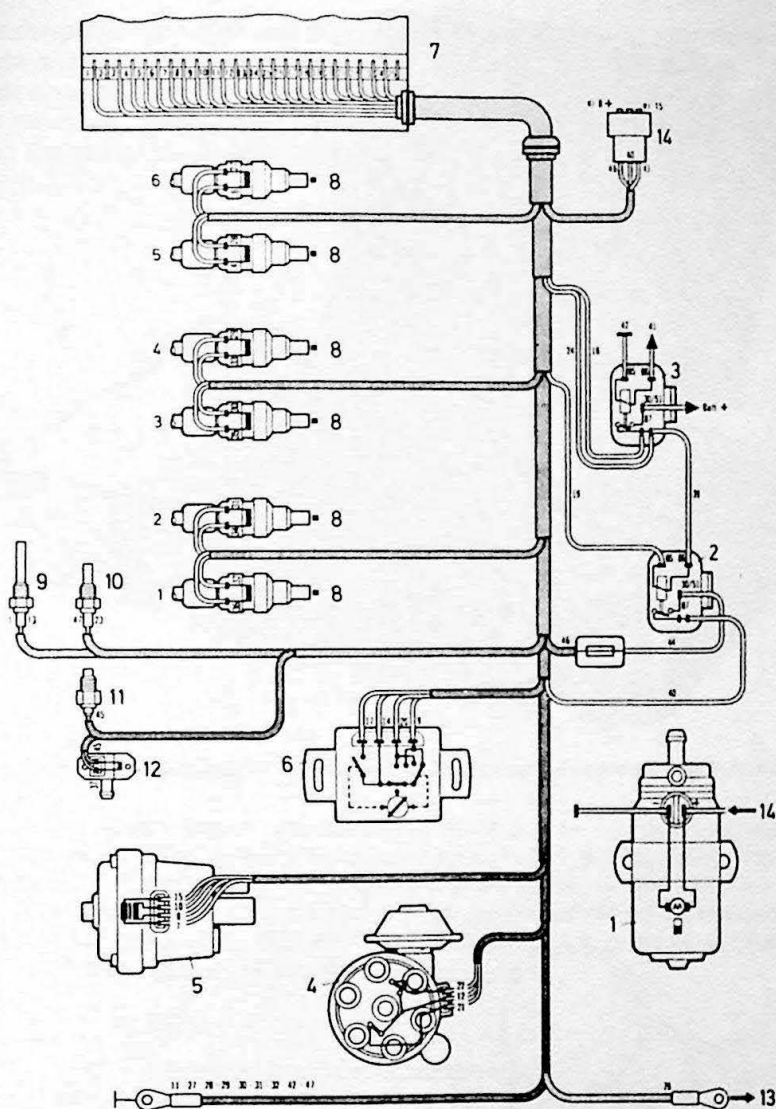
1 Regelplunjer

2 Wasthermostaat



Figuur 6.13: Bovenaanzicht van de extraluchtschuif met elektrische verwarming (Bosch)

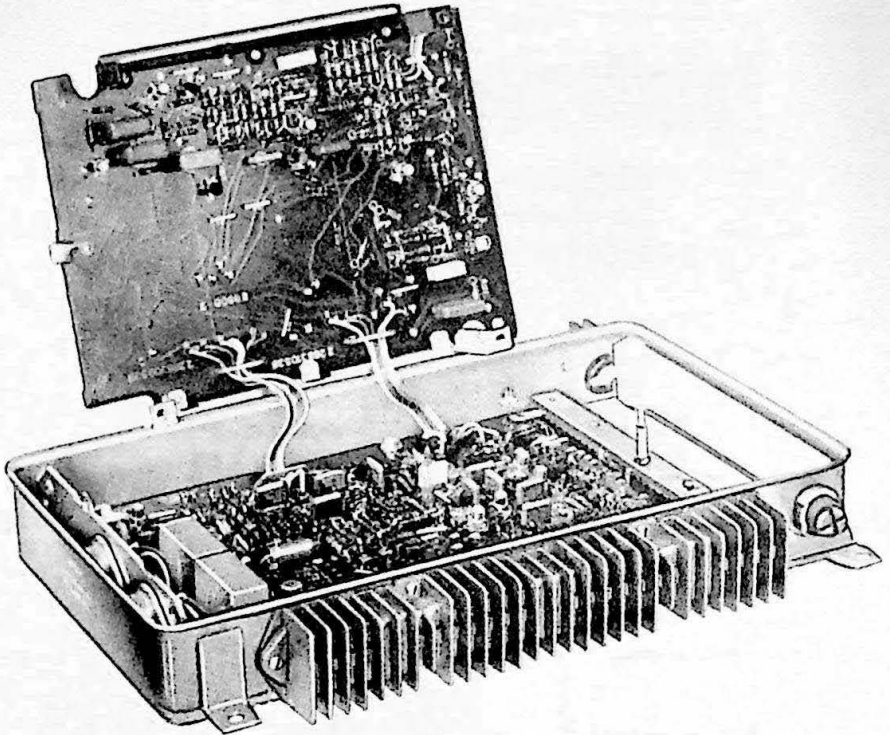
Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



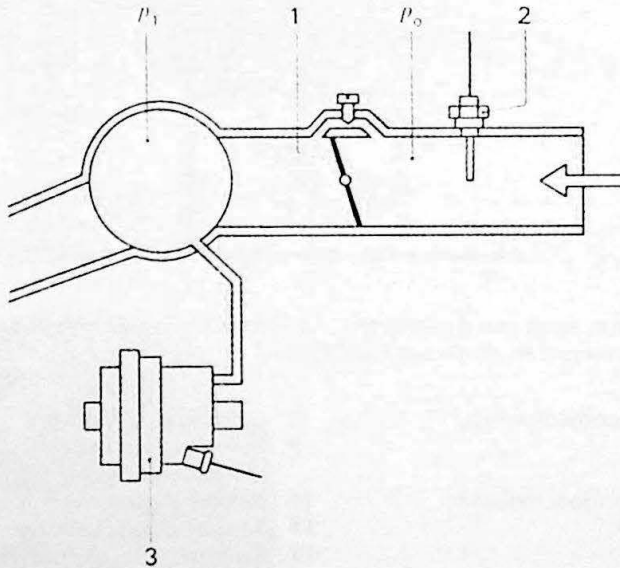
Figuur 6.14-2: Aansluiting van de sensoren via een kabelboom en een 25-polige multistekker op de regelenheid van de D-Jetronic (Bosch)

- | | |
|--|--|
| 1 Elektrische brandstofpomp | 8 Elektrische verstuivers |
| 2 Pomprelais | 9 Temperatuurvoeler I (aangezogen lucht) |
| 3 Hoofdrelais | 10 Temperatuurvoeler II (koelvloeistof) |
| 4 Inspuitcommandoschakelaar in de verdeler | 11 Temperatuurschakelaar |
| 5 Drukvoeler | 12 Elektrische koudstartverstuiver |
| 6 Gasklepschakelaar | 13 Naar klem 50 van de startmotor |
| 7 Elektronische regelenheid | 14 Tussensteker |

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.14-1: Elektronische regelenheid van de D-Jetronic met weggeklapte tussenplaat (Bosch)

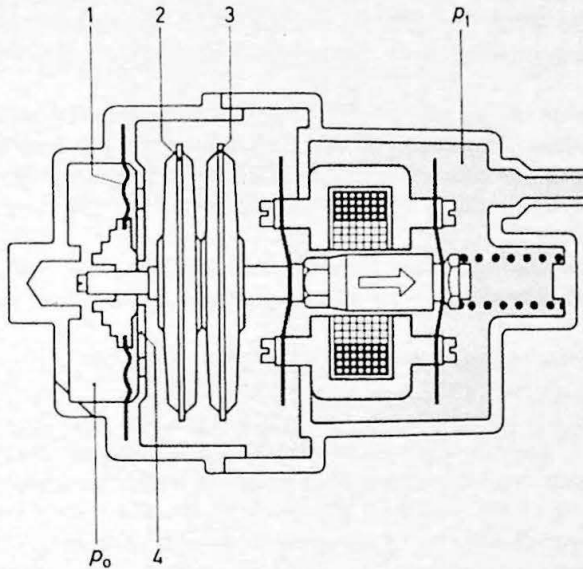


Figuur 6.15: Drukken in de aanzuigbuis bij draaiende motor (Bosch)

p_0 buitenluchtdruk
 p_1 absolute spuitstukdruk
1 Gasklep

2 Temperatuurvoeler
3 Drukvoeler

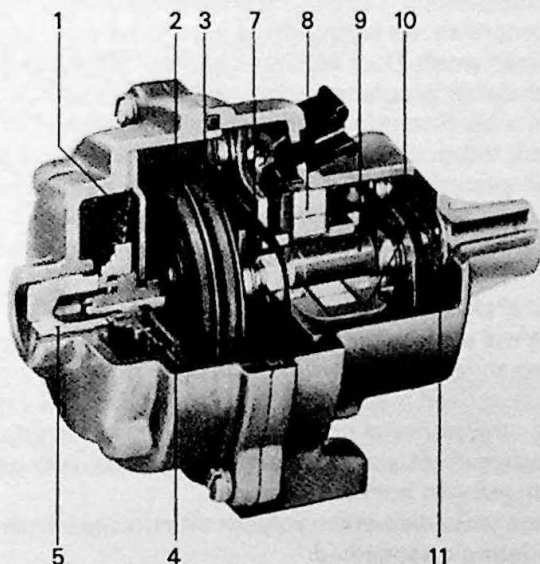
voor zorgt dat de motor met een zo dicht mogelijk bij het stationair toerental liggende snelheid blijft draaien. De daartoe vereiste extra brandstofhoeveelheid wordt op grond van de informatie van de temperatuurvoelers door de regeleenheid berekend en in de tijdsafhankelijke sturing van de verstuivers 'meegenomen'. De extra luchthoeveelheid krijgt de motor via de extraluchtschuif.



Figuur 6.17: Schematische doorsnede van de drukvoeler bij stationair bedrijf (Bosch)
 Bij nullast is de buitenluchtdruk p_o aanzienlijk hoger dan de absolute spruitstukdruk. Daardoor wordt vollastmembraan (1) tegen de deellastaanslag (4) gedrukt. Door de uitzetting van de barometerdozen (2) en (3) wordt het anker gedeeltelijk uit het spoelsysteem geduwd. Dat heeft een geringe inductie van de spoel tot gevolg, zodat een korte inspuitsimpuls naar de verstuivers wordt gestuurd.

Figuur 6.16: Gedeeltelijk opengewerkte drukvoeler met vollastmembraan (Bosch)

- 1 Vollastmembraan
- 2 Membraandoos
- 3 Membraandoos
- 4 Deellastaanslag
- 5 Vollastaanslag
- 7 Bladveer
- 8 Spoel
- 9 Anker
- 10 Kern
- 11 Klep



Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

Deze schuif regelt, afhankelijk van de motortemperatuur, de doorlaat van een omloopkanaal langs de gasklep. Bij koude motor is de schuif geopend. Naarmate de motor warmer wordt, wordt de luchtdoorlaat steeds verder afgesloten, tot bij de bedrijfstemperatuur geen extra lucht meer nodig is.

In een bepaalde uitvoering vindt de temperatuurafhankelijke sturing van de extraluchtschuif plaats door een bimetaal, dat door een elektrische wikkeling verwarmd wordt. In een andere uitvoering wordt de schuif door een wasthermostaat gestuurd, die in het koelsysteem van de motor is opgenomen. Beide typen zijn op een plaats gemonteerd, die representatief is voor de thermische toestand van de motor.

Bij de luchtgekoelde 1600 E-motoren van Volkswagen (eerste generatie D-Jetronic) werd de doorlaatopening van de extraluchtschuif geregeld als functie van de inwendige temperatuur van het carter en van de motorolietemperatuur. De extraluchtschuif werd daarbij in de montage-opening van de overbodige brandstofpomp gemonteerd.

De verwarmingswikkelingen van de extraluchtschuif zijn zo geschakeld, dat zij bij ingeschakelde ontsteking, maar niet-draaiende motor, niet verwarmen.

6.1.3 De elektronische regeling met behulp van sensoren

De elektronische regeleenheid ontvangt informatie over de absolute druk in de verzamelbuis van het luchtsysteem, het motortoerental, de temperatuur van de aangezogen lucht, de koelwater- en cilinderkoptemperatuur, de stand en de beweging van de gasklep, de startprocedure van de motor en over het inspuittijdstip.

Deze informatie wordt door de regeleenheid tot een inspuittijd verwerkt, waarvan de lengte de duur van de openingsimpuls voor de verstuivers bepaalt. Verder wordt via de regeleenheid de elektrische brandstofpomp bekrachtigd.

De regeleenheid van de D-Jetronic is via een 25-polige multisteker en een kabelboom met alle onderdelen van de inspuitininstallatie verbonden. De eenheid omvat ongeveer 300 componenten, waarvan ongeveer 70 halfgeleiders en is uitgevoerd volgens de techniek van de gedrukte bedrading. Naar gelang van het voertuigtype is de regeleenheid voorzien van een potentiometer, die dient voor de fijnafstelling van de stationaire uitlaatgassenstelling.

De regeleenheid wordt bij ingeschakelde ontsteking via een voedingsrelais van accuspanning voorzien. De elektrische brandstofpomp krijgt zijn voeding via een pomprelais, als tenminste de stuurkring van het relais door de regeleenheid gesloten wordt. Door de elektrische schakeling bepaald, loopt de pomp bij het inschakelen gedurende ongeveer 1,5 seconde en schakelt dan weer uit.

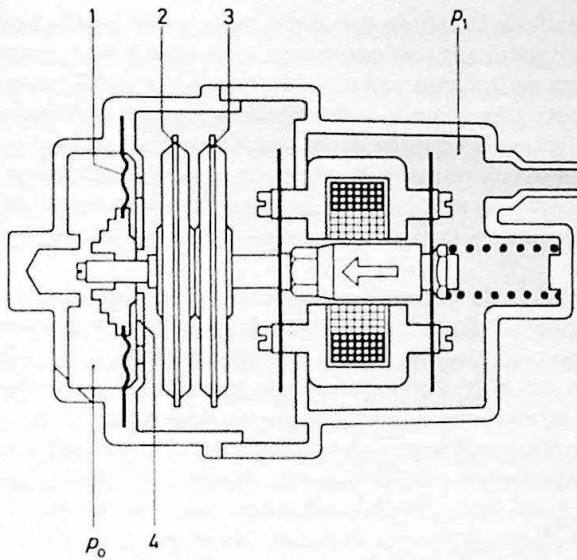
De te berekenen inspuittijd wordt in eerste instantie door twee factoren bepaald; deze tijdsduur wordt dan overeenkomstig de meetwaarden van de extra sensoren gecorrigeerd. De twee belangrijkste informatiebronnen zijn:

- 1 de belasting van de motor (drukvoeler)
- 2 het motortoerental (inspuitcommandoschakelaar).

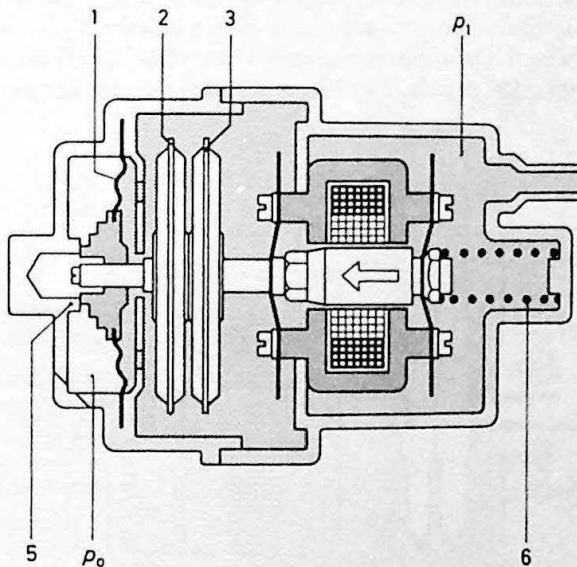
De drukvoeler

Terwijl aan de voorzijde van de gasklep in het spruitstuk de atmosferische druk heerst, is de druk achter de gasklep in de richting van de cilinders, lager. Deze druk varieert met de stand van de gasklep. Het verschil tussen de buiten heersende atmosferische druk en de aan de motorzijde afgetapte absolute druk in de verzamelbuis wordt als bepalende grootheid gebruikt voor de door de motor aangezogen hoeveelheid lucht.

Installaties die werken volgens dit principe van drukmeting worden met de naam D-Jetronic aangeduid.



Figuur 6.18: Schematische doorsnede van de drukvoeler bij deellast (Bosch)
 Bij deellast is het drukverschil tussen de buitenluchtdruk p_0 en de absolute spuitstukdruk p_1 nog steeds groot genoeg, om het vollastmembraan (1) tegen de deellastaanslag (4) te drukken. De uitzetting van de barometerdozen (2) en (3) is gering, waardoor het anker dieper in het spoelensysteem dringt. Door de grotere inductie wordt een langere inspuimpuls naar de verstuivers gestuurd. Er wordt dus meer brandstof ingespoten.



Figuur 6.19: Schematische doorsnede van de drukvoeler bij vollast (Bosch)
 Bij vollast heerst er een drukevenwicht tussen buitenluchtdruk p_0 en absolute spuitstukdruk p_1 . Het vollastmembraan (1) wordt door veer (6) tegen de vollastaanslag (5) geduwd. De barometerdozen (2) en (3) zijn samengedrukt. Het anker is nu zo diep mogelijk in het spoelensysteem gedrongen. De inductie is maximaal en de inspuitduur van de verstuivers ook.

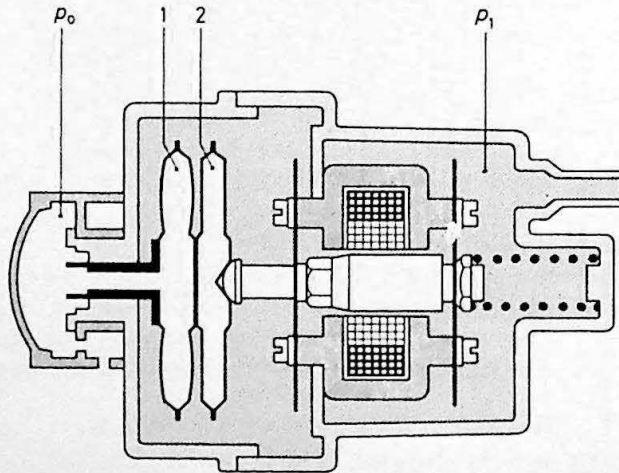
Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

De drukvoeler is ondergebracht in een dicht metalen huis. Hij bevat twee membraandozen (barometerdozen) die een anker in een spoelensysteem kunnen verschuiven, waardoor de inductie van dit anker verandert. Aldus is de drukvoeler een meetsignaalomzetter, die een pneumatisch signaal omvormt tot een elektrisch signaal. De inductieve sensor van de drukvoeler is met een elektrische tijd-klok in de regeleenheid verbonden, die de duur van de elektrische impulsen naar de verstuivers bepaalt. De inductie van het spoelensysteem in de drukvoeler is bij gesloten gasklep gering, terwijl zij bij geheel geopende gasklep haar maximale waarde bereikt.

Bij stationair draaien is de absolute druk in de verzamelbuis van het luchtsysteem laag. Deze absolute druk wordt via een slang naar de drukvoeler geleid en zorgt daar voor een uitzetting van de beide membraandoosjes. Omdat de barometerdoosjes aan één zijde aanliggen tegen het vollastmembraan, dat op zijn beurt weer tegen de deellastaanslag aanligt, duwen zij het anker tegen de werking van een dempingssysteem in, een stukje uit het spoelensysteem van de drukvoeler. De inductiespanning van de spoelen is dus gering, zodat de tijd-klok in de regeleenheid een kort inspuitscommando naar de verstuivers stuurt.

Bij deellast neemt de absolute druk in de verzamelbuis toe. De uitzetting van de membraandozen is geringer, zodat het anker dieper in het spoelensysteem komt. Daardoor neemt de inductie van de spoelen toe, zodat een langere inspuitsimpuls naar de verstuivers wordt gestuurd.

Bij vollast heerst een relatief drukevenwicht vóór en achter de gasklep. Omdat aan één zijde van het vollastmembraan de atmosferische druk staat en omdat door het spuitstuk geen effectieve verschildruk kan worden uitgeoefend, wordt het anker door de veer tegen de vollastaanslag geduwd. In deze stand is het anker het diepst in het spoelensysteem gestoken. Dus is nu ook de inductie in deze spoelen maximaal, zodat de langst mogelijke inspuitsduur wordt toegemeten. Bij auto's met D-Jetronic van de eerste generatie waren de barometerdoosjes aan één zijde gefixeerd. De vollastverrijking vond niet via de drukvoeler, maar door een drukschakelaar plaats. Ook deze schakelaar schakelde bij een even-



Figuur 6.20: Schematische doorsnede van een drukvoeler met hoogtecorrectie zonder vollastverrijking (Bosch)

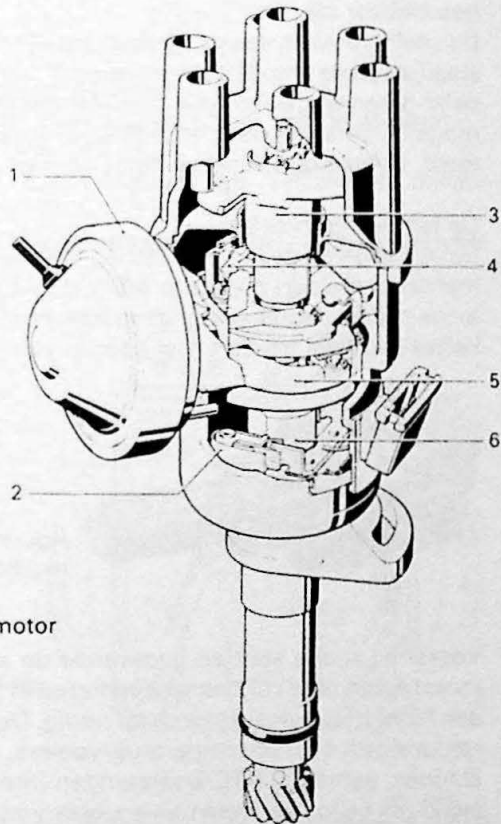
De buitenluchtdruk p_0 heerst in de open membraandoos (1). Op de gesloten membraandoos (2) werkt echter de absolute spruitstukdruk p_1 , terwijl deze druk ook via membraandoos (1) direct tegen de buitenluchtdruk p_0 inwerkt. Daardoor is een precieze aanpassing aan de belasting van de motor bij deellast mogelijk.

wicht tussen atmosferische druk vóór en absolute druk achter de gasklep. Drukvoelers van D-Jetronicsystemen die aan strenge milieu-eisen moeten voldoen, bevatten evenmin een vollastverrijking. Hier vindt de vollastschakeling plaats via een apart contact in de gasklepschakelaar. Deze drukvoelers zijn voorzien van één gesloten en één naar de vrije atmosfeer geopende membraandoos. Daardoor wordt niet alleen met de absolute druk in de verzamelbuis, maar ook met het directe drukverschil tussen buitenlucht en absolute spuitstukdruk rekening gehouden, wat tot een betere aanpassing bij deellast leidt.

De inspuitcommandoschakelaar in de verdeler

Terwijl de drukvoeler de in te spuiten brandstofhoeveelheid afhankelijk van de motorbelasting beïnvloedt, wordt het toerental geregistreerd door een extra schakelaar in de verdeler. De functie van deze schakelaar is:

- het toerental meedelen aan de regeleenheid;
- het aansturen van de multivibrator voor de bekrachtiging van de elektrische brandstofpomp;



Figuur 6.21: Verdeler van een zescilindermotor met inspuitcommandoschakelaar (Bosch)

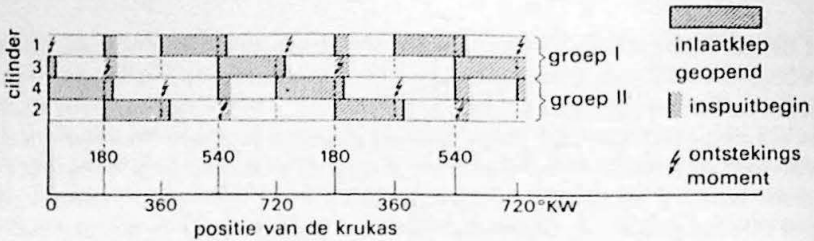
- 1 Onderdrukdoos
- 2 Commandoschakelaar
- 3 Rotor
- 4 Onderbreker
- 5 Centrifugaalvervroeging
- 6 Nok

- de regeleenheid van informatie voorzien omtrent het inspuitbegin en de keuze van de verstuivergroep in overeenstemming met de klepbediening van de motor.

Afhankelijk van de vraag welk van beide contactparen gesloten is, wordt door de verstuivergroep 1 of 2 ingespoten. Bij een viercilindermotor worden door de ontstekingsvolgorde de cilinders 1 en 4 door verstuivergroep 1 en de cilinders 2 en 3 door de verstuivergroep 2 bediend.

Bij viercilindermotoren wordt steeds door twee verstuivers tegelijk ingespo-

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.22: Inspuitdiagram van een viercilindermotor met D-Jetronic (Bosch)

ten, omdat daardoor een belangrijke vereenvoudiging van de elektronische apparatuur mogelijk was.

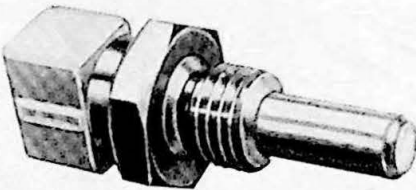
Bij zescilindermotoren worden drie verstuivers tot één groep samengenomen.

Achtcilindermotoren zijn uitgerust met een dubbele commandoschakelaar, zodat hier weer twee verstuivers één groep vormen, omdat er vier stuurcontacten beschikbaar zijn.

De snelheid waarmee de verstuivers functioneren is daarbij zeer hoog, de opslagtijd van de brandstof dus navenant kort. De commandoschakelaar in de verdeler is een wegwerponderdeel. Reparatie of afstelling van de contacten is niet mogelijk. De schakelaar is geïsoleerd op de grondplaat van de verdeler gemonteerd. De massaverbinding loopt via een regeleenheid.

De temperatuurvoelers

De op basis van de motorbelasting (drukvoeler) en motortoerental (inspuitcommandoschakelaar) bepaalde brandstofhoeveelheid moet nog aan de verschillende bedrijfscondities van de motor worden aangepast. De temperatuurafhankelijke correctie gebeurt met behulp van de temperatuurvoelers.

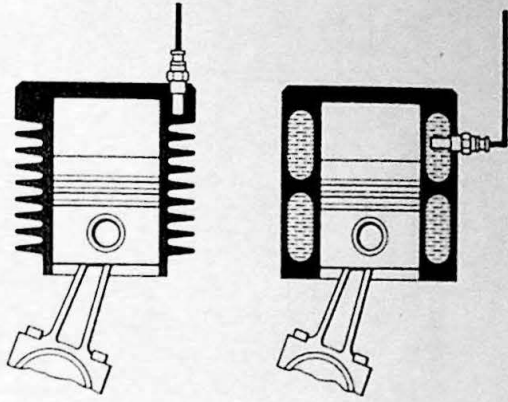


Figuur 6.23: Temperatuurvoeler van de D-Jetronic (Bosch)

Vooral bij koude start en gedurende de aansluitende warmdraaifase heeft de motor wegens de condensatieverliezen in het koude spuitstuk en in de cilinders een flinke hoeveelheid brandstof nodig. De voor de motor karakteristieke temperatuur wordt door de temperatuurvoelers, die gevormd worden door NTC-weerstanden, gemeten. NTC-weerstanden (met een Negatieve Temperatuur Coëfficiënt) zijn halfgeleider-elementen, waarvan de weerstand bij toenemende temperatuur afneemt. De variatie van de stroom door deze weerstanden, afhankelijk van de temperatuur, wordt als regelgrootte gebruikt.

Afhankelijk van het voertuigtype worden één of twee temperatuurvoelers toegepast.

Temperatuurvoeler I meet de temperatuur van de aangezogen lucht. De invloed ervan op de extra brandstofhoeveelheid is niet zo groot als die van voeler II. Temperatuurvoeler II is bij watergekoelde motoren in het koelsysteem, meestal in het thermostaathuis, opgenomen. Bij luchtgekoelde motoren is hij in de cilinderkop geschroefd. Bij de VW 1600 E van de eerste generatie diende hij tevens



Figuur 6.24: Plaats van temperatuurvoeler II op de motor (Bosch)

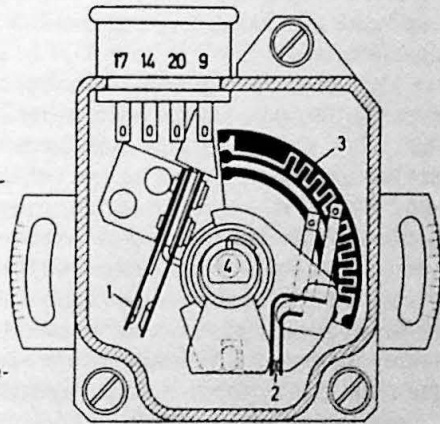
als bevestigingsplaats voor de extraluchtschuif en nam hij de olietemperatuur als regelgrootte op.

De gasklepschakelaar

De gasklepschakelaar heeft de volgende taken:

- informatie naar de regeleenheid over de openingshoek van de gasklep;
- acceleratieverrijking;
- vollastverrijking (bij auto's die moeten voldoen aan verscherpte milieueisen);
- uitschakelen van de verstuivers tijdens decelereren (alleen bij D-Jetronic van de eerste generatie).

Figuur 6.25: Gasklepschakelaar zonder vollastverrijking (Bosch)

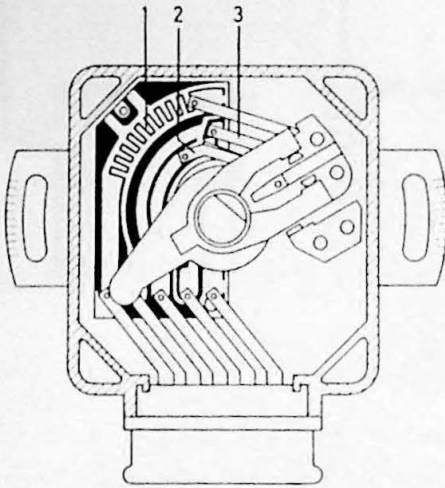


- 1 Nullastschakelaar
- 2 Versnellingschakelaar
- 3 Kamvormige contactbaan voor accelereren
- 4 Gasklepas

Als de gasklep opent tast het sleepcontact de kamvormige contactbaan af, zodat acceleratie-impuls aan de regeleenheid worden doorgegeven. Door de regeleenheid worden alleen die acceleratie-impuls verder verwerkt, waarvan de lengte groter is dan éénuizendste seconde. Verder worden alle overige acceleratie-impuls die tijdens één inspuitsduur de regeleenheid bereiken, onderdrukt. Per keer dat de gasklep, beginnend in de ruststand bij stationair toerental, volledig opent, staan maximaal 20 inspuitsimpuls ter beschikking.

De acceleratieverrijking is nodig omdat de opbouw van de absolute spruitstukdruk in de drukvoeler nait op het openen van de gasklep.

Gasklepschakelaars van de eerste generatie bezaten geen acceleratieverrijking.



Figuur 6.26: Gasklepschakelaar met vollastverrijking (Bosch)

- 1 Contactbaan voor acceleratieverrijking
- 2 Vollastcontact
- 3 Nullastcontact

Bij snel accelereren vertoonden voertuigen met dit systeem meestal een 'gat' in het begin van de acceleratie.

De versnellingsimpulsen worden via een schakelaar, die op de gasklepas bevestigd is, naar de regeleenheid gestuurd. Bij het openen van de gasklep wordt deze schakelaar gesloten; sluit de gasklep, dan gaat de schakelaar open. Dat is nodig, omdat anders bij gas terugnemen ook versnellingsimpulsen zouden worden opgewekt.

Bij auto's die aan scherpere milieu-eisen moeten voldoen, wordt door een extra contact in de gasklepschakelaar ook de vollastverrijking gestuurd. Deze opstelling maakt een precieze afstemming van de vollastverrijking op de gasklepstand mogelijk.

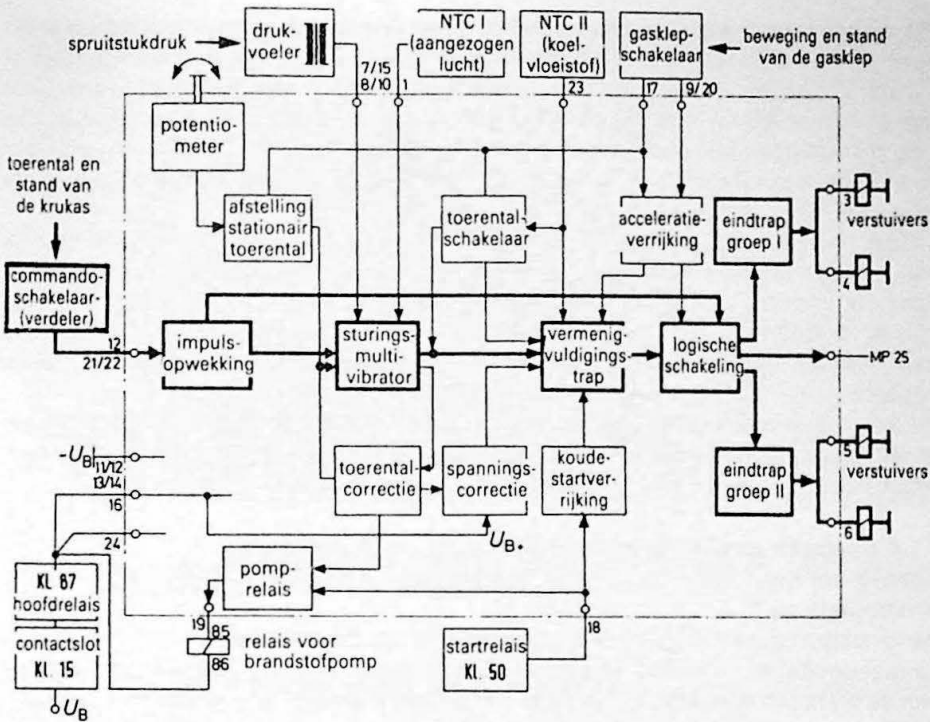
Tot 1973 werd de inspuitsimpulsonderdrukking via de gasklepschakelaar geregeld. Bij dit soort auto's werd tijdens decelereren boven een toerental van 1800 min^{-1} geen brandstof meer door de verstuivers ingespoten. Naar gelang van het voertuigtype werd bij een verlaging van dit toerental naar 1500 tot 1200 min^{-1} deze uitschakelfunctie onderdrukt, om een gelijkmatige overgang naar het stationaire toerental mogelijk te maken. Omdat de afkoeling in de cilinders bij het weer inschakelen van de verstuivers tijdens de eerste fase tot een slechte mengselvorming leidt, wat ook gevolgen heeft voor het aandeel van de schadelijke stoffen in de uitlaatgassen, wordt bij de modernere installaties ook tijdens decelereren ingespoten. Voertuigen die aan verscherpte milieu-eisen moeten voldoen, zijn dan bovendien nog uitgerust met een deceleratieluchtklep.

De elektronische regeleenheid

De elektronische regeleenheid is uitgevoerd in de conventionele techniek van de gedrukte bedrading. Afhankelijk van de uitvoering bevat zij 250 tot 300 componenten, waaronder ongeveer 30 transistors en 40 diodes.

Op de hoofdplaat zijn alle componenten ondergebracht, die niet van een bepaalde uitvoering afhankelijk zijn, terwijl een tussenplaat de voor het voertuig specifieke componenten herbergt. Drie vermogenstransistors, waarvan twee voor de eindtrappen van de verstuivers, zijn op een vertikaal geplaatste koelplaat gemonteerd.

Het koellichaam herbergt de vermogensweerstand die met de verstuivers in serie geschakeld zijn om een snellere stroomstijging in de verstuivers mogelijk te maken.



Figuur 6.27: Blokschema van de elektronische regeleenheid van de D-Jetronic (Bosch)

De meeste regeleenheden zijn voorzien van een potentiometer, die zodanig is ingebouwd dat hij van buitenaf te bedienen valt; deze potentiometer dient voor de fijninstelling van de CO-waarde van het stationaire uitlaatgas. De regeleenheid is met de andere onderdelen van de inspuitinstallatie via een kabelboom en een 25-polige multisteker verbonden.

De werking van de regeleenheid

De impulsen van de inspuitcommandoschakelaar in de verdeler bereiken de multivibrator en schakelen deze in; deze impulsen bereiken ook de toerentalcorrectieschakeling die op haar beurt de inschakeltijd van de multivibrator beïnvloedt. Dezelfde impulsen sturen ook nog een bistabiele trap (logische schakeling) die de door de multivibrator geproduceerde stuurimpulsen om de beurt naar de eindtrappen van de verstuivergroepen stuurt.

De duur van de door de multivibrator opgewekte stuurimpulsen hangt voor een belangrijk deel af van de inductie van de drukvoeler; verder is deze tijdsduur afhankelijk van de stroom door de temperatuurvoeler I, omdat op deze wijze met de temperatuur van de aangezogen lucht rekening gehouden wordt.

De beweging en de stand van de gasklep wordt door de gasklepschakelaar doorgegeven. Met behulp van sleepcontacten stuurt deze schakelaar bij het openen van de gasklep maximaal twintig impulsen naar de acceleratieverrijking. Impulsen die de vermenigvuldigingstrap binnenkomen, maar korter zijn dan éénduizendste seconde, worden onderdrukt.

Bij regeleenheden van vóór 1973 ontving de toerentalschakelaar direct de impulsen van de commandoschakelaar in de verdeler. Bij gesloten gasklep werden de door de multivibrator opgewekte impulsen naar de verstuivers boven een bepaald toerental onderdrukt.

Via de pompschakeling wordt de elektrische brandstofpomp ingeschakeld, als van het startrelais een signaal komt of als het motortoerental boven ongeveer 100 min^{-1} ligt. Informatie over de thermische toestand van de motor wordt door temperatuurvoeler II naar de toerentalschakelaar en de vermenigvuldigingstrap geleid. Deze zorgt bij koude motor via een weerstanden- en diodennetwerk voor een temperatuurafhankelijke vergroting van de door de multivibrator geleverde impulsen.

Omdat de brandstofoverdruk bij de D-Jetronic constant 2,0–2,2 bar (afhankelijk van het voertuigtype) bedraagt, kan de vereiste brandstofhoeveelheid alleen door het variëren van de inspuitduur geregeld worden. De hoeveelheid in te spuiten brandstof wordt dan ook door de inspuitimpulsen, opgewekt door de multivibrator en gecorrigeerd door de vermenigvuldigingstrap, tijdsafhankelijk bepaald.

De elektrische koudestartverstuiver wordt buiten de regeleenheid om gestuurd en wel vanaf het startrelais via de temperatuurschakelaar of de temperatuur-tijdschakelaar.

6.1.4 Controle- en afstelwerkzaamheden bij de D-Jetronic

Behalve het regelmatig vervangen van het brandstoffijnfilter, is de D-Jetronic onderhoudsvrij.

De vereiste afstelwerkzaamheden zijn beperkt tot het corrigeren van het stationaire toerental en van de CO-waarde van het stationaire uitlaatgas, de afstelling van de brandstofdruk op de drukregelaar en het afstellen van de gasklepschakelaar.

Deze afstelwerkzaamheden hebben alleen zin als de motor aan alle voorwaarden voldoet. Let daarbij vooral op de volgende punten:

- de sluihoek van de onderbreker en het ontstekingstijdstip;
- de klepspel;
- de gelijkmatige compressedruk van alle cilinders;
- de elektrodanafstand van de bougies.

Bij het werken aan het brandstofsysteem moet uiterst schoon te werk gegaan worden.

Beveiligde stelschroeven van de inspuitinstallatie mogen niet worden verdraaid.

Bijzondere aanwijzingen bij het werken aan de D-Jetronic

Opdat door de een of andere onbedoelde uitwendige oorzaak de regelektronica niet vernield wordt, moeten bij voertuigen met D-Jetronic de volgende aanwijzingen strikt in acht genomen worden:

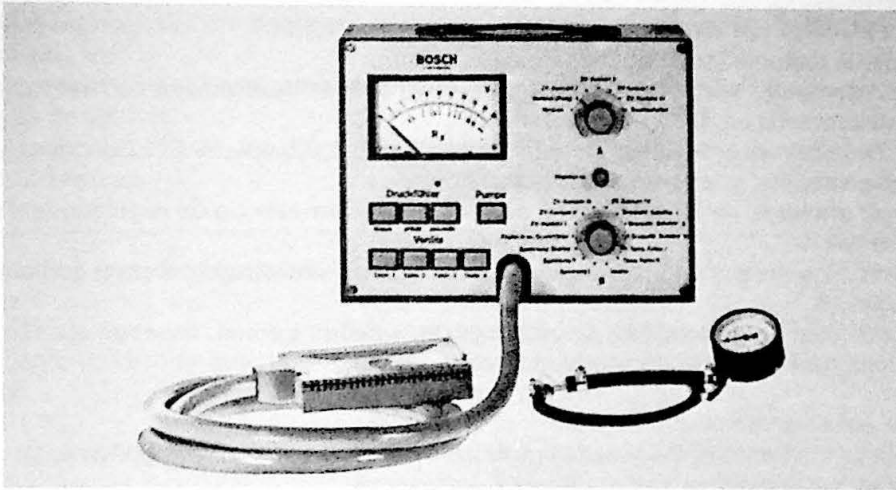
- rijd nooit zonder dat de accu is aangesloten;
- schakel nooit de ontsteking in, als de ingebouwde en aangesloten accu op een acculader is aangesloten;
- geef nooit extra starthulp met een uitwendige spanningsbron;
- sluit nooit bij ingeschakelde ontsteking de regeleenheid aan; evenmin in dezelfde situatie lostrekken.

Verder moet er bij het werken met de D-Jetronic op gelet worden, dat de stekers bij het lostrekken aan de zijkant worden vastgepakt. Trek nooit aan de kabels. Let bij het weer aansluiten op de afschuiningen op de steker en de geleidebus.

De regeleenheid mag niet aan temperaturen van boven de $80 \text{ }^\circ\text{C}$ worden blootgesteld.

Speciaal gereedschap

Voor de controle- en afstelwerkzaamheden aan de D-Jetronic zijn de volgende



Figuur 6.27-2: Bosch-tester EFAW 228 A en benzinevaste manometer voor de systematische storingsdiagnose van de D-Jetronic (Bosch)

speciale gereedschappen nodig, die via de Bosch-organisatie betrokken kunnen worden:

- een testapparaat EFAW 228 voor het doormeten van de D-Jetronic;
- een manometer met een testbereik van 0,5–2,5 bar overdruk, die bestand is tegen de inwerking van benzine.

Indien het schakelschema van de betreffende D-Jetronic-uitvoering beschikbaar is, kan de tester EFAW 228 ook door een in de handel verkrijgbare voltmeter (meetbereik 0–30 V) en door een dito ohmmeter (meetbereik 0– $\infty\Omega$) vervangen worden.

Het afstellen van het stationair toerental

Toerenteller aansluiten.

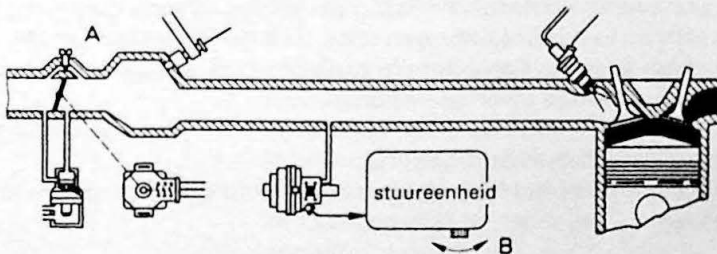
Start de motor (reeds op bedrijfstemperatuur) en lees het stationaire toerental af.

** Nominale waarde (algemeen): $950 \pm 50 \text{ min}^{-1}$

Corrigeer zonodig het stationaire toerental door de stelschroef in het luchtomloopkanaal in de gasklepeenheid te verdraaien.

Schroef indraaien: het stationaire toerental daalt.

Schroef uitdraaien: het stationaire toerental stijgt.



Figuur 6.27-3: Het afstellen van het stationaire toerental vindt bij de D-Jetronic plaats met de luchtregelschroef (A) in het omloopkanaal van de gasklep. Het CO-aandeel in het stationaire uitlaatgas kan bij nagenoeg alle auto's met D-Jetronic met behulp van een potentiometer (B) op de regelenheid worden bijgesteld (Bosch)

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

Het afstellen van de CO-waarde bij stationair toerental

Sluit de toerenteller en de uitlaatgastester aan.

Start de motor (reeds op bedrijfstemperatuur) en lees de waarden van het stationaire toerental en de CO-uitstoot af.

** Nominale waarde CO-uitstoot (algemeen): $1,5 \pm 0,5$ vol.-% CO. Corrigeer zo nodig eerst het stationaire toerental.

Regel eventueel de CO-uitstoot bij door de potentiometer op de regeleenheid te verdraaien.

Opmerking: de wettelijk toegestane CO-uitstoot bij stationair toerental bedraagt 4,5 vol.-%.

Opmerking: als de nominale waarde niet kan worden bereikt, moet de afstelling van de gasklepschakelaar worden gecontroleerd.

Het afstellen van de drukregelaar

Sluit de manometer, die geschikt moet zijn voor het werken met benzine, op de brandstofkringleiding aan.

Start de motor (reeds op bedrijfstemperatuur) en lees de brandstofdruk bij stationair toerental af op de manometer.

** Nominale waarde (algemeen): $2,1 \pm 0,1$ bar overdruk.

Draai eventueel de borgmoer op de drukregelaar los en corrigeer vervolgens de brandstofdruk door de stelschroef te verdraaien.

Stelschroef indraaien: brandstofdruk wordt hoger.

Stelschroef uitdraaien: brandstofdruk wordt lager.

Het afstellen van de gasklepschakelaar

Maak de gasklepschakelaar zover los van de verzamelbuis van het luchtsysteem, dat deze zich juist laat draaien. Controleer of de gasklep gesloten is. Sluit de ohmmeter aan de klemmen 14 en 17 van de gasklepschakelaar aan. Draai de gasklepschakelaar vanuit de geopende stand ($\infty \Omega$) exact tot de gesloten stand (0Ω). Draai de schakelaar in de draairichting een half schaaldeel van de markering op de bevestigingsflens door en zet de schakelaar vervolgens vast.

Controleer nu of bij gesloten gasklep de weerstand 0Ω bedraagt en of bij juist geopende gasklep (1 à 2° openingshoek) de weerstand $\infty \Omega$ is.

Uitbouwen en inbouwen van de elektrische brandstofpomp

Verwijder de beschermkap van de steker en trek de steker los.

Klem de brandstofslangen af met een geschikte klem. Bouw de pomp uit.

Bij het inbouwen moet men erop letten, dat nieuwe pompen met testbrandstof zijn gevuld. Daarom moet bij een nieuwe pomp eerst de toevoerslang op de pomp geschoven worden. Verwijder vervolgens de klem van de slang, sluit de steker aan en bevestig de beschermkap. Bekrachtig daarna de pomp door het telkens inschakelen van de ontsteking zo vaak, tot er uit de perszijde van de pomp zuivere brandstof stroomt. Vang deze brandstof op in een geschikte container. Voltooi tenslotte de inbouwwerkzaamheden.

Het vervangen van het brandstoffijlfilter

Let bij het inbouwen van het filter op de doorstromingsrichting. Die is met een pijl aangegeven.

Het doormeten van de D-Jetronic met de Bosch-tester EFAW 228

Bouw bij uitgeschakelde ontsteking de regeleenheid uit en trek de 25-polige multisteker voorzichtig uit de eenheid.

Steek de multisteker in de aansluiting van de meter. In deze fase wordt de regel-

eenheid nog niet op de steker van de Bosch-tester aangesloten. Schakel de ontsteking in.
Hieronder volgt een algemene testhandleiding, die niet speciaal op één voertuigtype gericht is.

<i>controle van</i>	<i>bediening van de meter</i>	<i>nominale waarde</i>
voeding van de regeleenheid	zet schakelaar A op Meten; schakelaar B op Spanning I en vervolgens op Spanning II	11–12,5 V
spanning van de startmotor	schakelaar A op Meten schakelaar B op Spanning startmotor	9–12 V
justeren (Abgleich)	schakelaar A op Meten schakelaar B op Justeren (Abgleich)/Drukvoeler nominale waarde instellen met justeerknop	$\sim \Omega$
weerstand tussen de wikkelingen van de drukvoeler en massa	schakelaar A op Meten schakelaar B blijft ongewijzigd Massatoets indrukken	$\sim \Omega$
weerstand van de primaire wikkeling van de drukvoeler	schakelaar A op Meten schakelaar B ongewijzigd Toets Primair indrukken	80–120 Ω
weerstand van de secundaire wikkeling van de drukvoeler	schakelaar A op Meten schakelaar B ongewijzigd Toets Secundair indrukken	300–400 Ω
werking van de commandoschakelaar in de verdeler	schakelaar A op Meten schakelaar B op Verdelercontact ('ZV-Kontakt') I, vervolgens op Verdelercontact II. Bij elke schakelaarstand de motor 180° verderdraaien	afwisselend 0 en $\sim \Omega$
werking van het vollastcontact in de verdeler (alleen bij sommige auto's)	schakelaar A op Meten schakelaar B op Verdelercontact ('ZV-Kontakt') IV, gasklep met de hand langzaam openen	$\sim \Omega$ bij gesloten tot circa 2/3 geopende gasklep
werking van de acceleratieverrijking	schakelaar A op Meten schakelaar B op Gasklepschakelaar ('Drosselklappenschalter') I, dan op II overschakelen. Gasklep met de hand langzaam geheel openen	afwisselend 0 en $\sim \Omega$ (per schakelaarstand tienmaal)
gasklepinstelling	schakelaar A op Meten schakelaar B op Gasklepschakelaar ('Drosselklappenschalter') III. Gasklep met de hand iets openen	0 Ω bij gesloten en bij 1 à 2° geopende gasklep
weerstand van de aanzuigluchttemperatuurvoeler	schakelaar A op Meten schakelaar B op Temperatuurvoeler I	200–500 Ω bij +20 °C

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

weerstand van de motor-temperatuurvoeler	schakelaar A op Meten schakelaar B op Temperatuurvoeler II	0,5–2,5 k Ω bij +20 °C
weerstand van de verstui-verwikkeling met voedings-leiding	schakelaar A op Meten schakelaar B op Verstui-vers ('Ventile'). Na elkaar de verstui-vertuetsen bedienen en telkens waarde aflezen (bij zes en acht verstui-vers telkens een verstui-versteker overeenkomstig de ontstekingsvolgorde lostrekken)	2–3 Ω bij +20 °C
werking van de verstui-vers	schakelaar A op Verstui-vercontrole ('Ventilprüfung') Manometer aansluiten op de brandstof-kringleiding Afwisselend pomptoets (drukop-bouw 2–2,2 bar overdruk) en de verstui-vertuetsen 1 t/m 4 indrukken (verstui-vertuetsen slechts kort bedienen, omdat anders de motor volloopt)	de overdruk van 2–2,2 bar moet bij het indrukken van elke verstui-vertuets duidelijk dalen
druk in de brandstofkring-leiding	schakelaar A op Verstui-vercontrole ('Ventilprüfung') pomptoets indrukken en druk aflezen	2,0–2,2 bar overdruk
lekkages in de perszijde van het brandstofsysteem	schakelaar A op Verstui-vercontrole ('Ventilprüfung') pomptoets indrukken tot de systeemdruk bereikt is, dan toets loslaten	druk mag snel naar 1 bar, daarna zeer langzaam verder dalen
werking van de koude-startverstuiver en de temperatuurschakelaar bij meer dan 0 °C	schakelaar A op Verstui-vercontrole ('Ventilprüfung') pomptoets indrukken, startmotor kort (1 s) bekrachtigen ontsteking uitschakelen koude-startverstuiver met hulpkabel aan massa en klem 15 aansluiten (stekker moet losgetrokken zijn) ontsteking inschakelen	druk mag niet dalen druk moet zichtbaar dalen
Ontsteking uitschakelen. Regeleenheid op de kabel van de meter aansluiten. Ontsteking weer inschakelen.		

verplaatsing van de commandoschakelaar in de verdeler	schakelaar A op Verdelercontact I ('ZV-Kontakt'), daarna op II, bij acht verstuivers verder op III en IV schakelen. Per test de waarde aflezen bij 1500 min ⁻¹ (motor-toerental)	de naald van de meter moet naar een waarde in het bovenste stuk van de bovenste schaal uitslaan. Het onderlinge verschil tussen alle metingen mag maximaal ongeveer 2 schaaldelen bedragen
---	---	--

Diagnosetabel van D-Jetronic

Deze tabel heeft alleen betrekking op storingen in de inspuitinstallatie. Er wordt vanuit gegaan, dat de klepspel en de compressedruk van alle cilinders voldoen aan de voorschriften van de fabrikant, dat het ontstekingstijdstip voldoet aan de voorschriften en dat alle onderdelen van de ontstekingsinstallatie goed functioneren.

<i>storing</i>	<i>fouten, mogelijke oorzaken</i>
Motor slaat niet aan	Elektrische brandstofpomp werkt niet, omdat: a de zekering voor het pomprelais is doorgebrand; b er een onderbreking in de elektrische voeding van het pomprelais of de pomp is; c de steker van de pomp is losgeraakt; d het pomprelais defect is; e het pomprelais niet via de regeleenheid aan massa ligt; f het hoofdrelais of de voeding ervan defect is. Leiding tussen de kabelboom en startmotorklem 50 onderbroken. Onderbroken leiding naar de drukvoeler. Onderbroken leiding naar temperatuurvoeler II. Temperatuurschakelaar of temperatuurtijdsschakelaar defect of voeding onderbroken. Drukopbouw in de brandstofkringleiding onvoldoende, omdat: a het pompdebiet niet voldoende is; b een persleiding samengeknepen is; c de drukregelaar defect is.
Koude motor start moeilijk	Elektrische koudestartverstuiver defect. Leiding naar deze verstuiver onderbroken. Temperatuurschakelaar of temperatuurtijdschakelaar defect of leiding onderbroken.

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

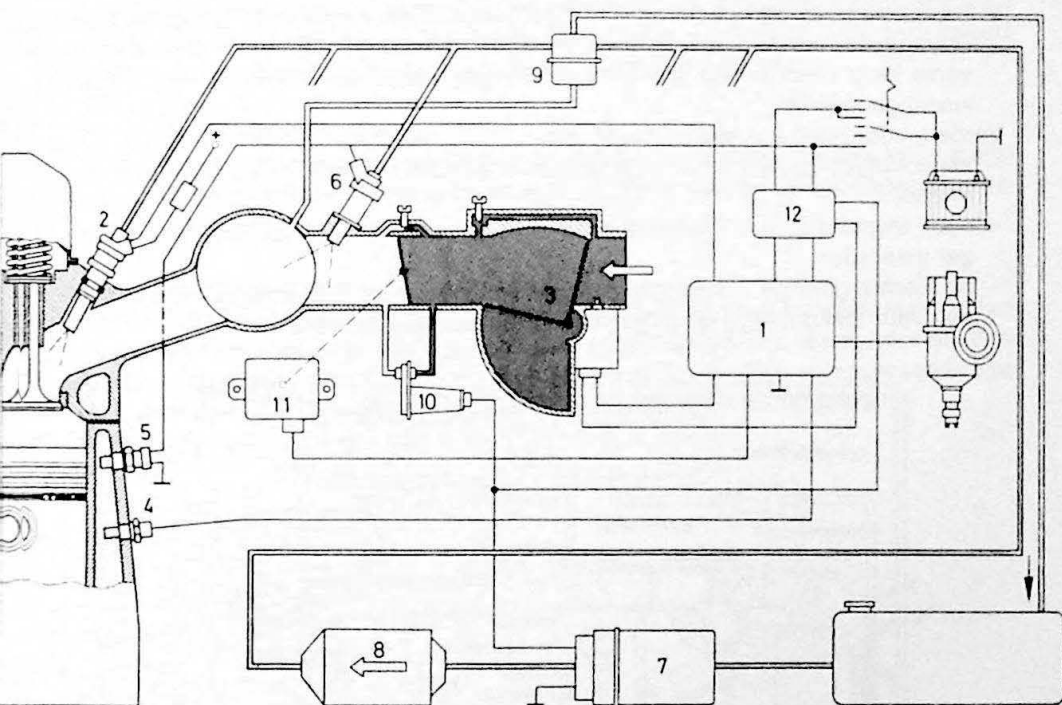
Motor start, maar slaat direct daarna weer af	Kortstondige onderbreking van de leiding naar een sensor of een relais. Kabelaansluiting van de commandoschakelaar onderbroken of los. Drukvoeler defect of stekeraansluiting los. Extraluchtschuif opent niet, omdat: a de schuif zwaar gaat; b de voeding naar de verwarmingswikkeling onderbroken is; c er een inwendig defect is.
Warmdraagedrag van de motor onbevredigend	Extraluchtschuif defect (zie boven). Stationair toerental niet juist afgesteld. Stationaire uitlaatgassamenstelling niet juist afgesteld. Koudestartverstuiver lekt. Verstuiver lekt.
Stationair toerental is niet af te stellen; te hoog stationair toerental	Lekkage in het stationaire luchtsysteem. Gasklep keert niet in de ruststand terug, omdat: a de gasklep zwaar gaat; b het gasklepstangenstelsel of de gaskabel klemt of moeilijk beweegt. Lekkende zitting van de verstuivers. Motor loopt bij stationair toerental of geringe deel- last onregelmatig ('zagen') Koudestartverstuiver lekt. Verstuiver lekt.
Motor loopt bij stationair toerental of geringe deel- last onregelmatig ('zagen')	Lekkende zitting van de verstuivers. Stationair systeem lekt. Gasklepschakelaar verplaatst. Verstuivers verkoold. Onjuiste CO-waarde bij stationair toerental.
CO-waarde bij stationair toerental is niet op 4,5 vol.-% af te stellen	Luchtfilter verstopt. Luchtsysteem van de motor lekt. Drukregelaar te hoog afgesteld. Motor zuigt te weinig lucht aan.
Motor accelereert slecht, 'slaat over'. Motor slaat over tijdens rijden	Acceleratieverrijking in gasklepschakelaar defect of leiding onderbroken. Steker van een sensor of verstuiver zit los. Verstuivers zitten los. Brandstofdruk te laag. Verstuivers staan continu open. Verkoelde verstuivers. Startverstuiver defect (staat open). Centrale massakabel heeft een slechte verbinding. Contacten van commandoschakelaar in verdeler vervuild of hebben een te hoge overgangswaarde.
Motor komt niet op maximaal vermogen	Brandstofdruk te laag. Drukvoeler defect. Gasklep opent niet ver genoeg.

Te hoog brandstofverbruik Verstuur lekt.
 Brandstofdruk te hoog.
 Temperatuurvoeler I en/of II niet aangesloten
 of leiding onderbroken.
 Temperatuurvoeler defect.
 Koudestartverstuur lekt.
 Gasklepschakelaar onjuist afgesteld.
 Vollastverrijking staat te vroeg afgesteld.

6.2 De L-Jetronic van Bosch

De door de firma Robert Bosch GmbH ontwikkelde L-Jetronic is een inspuitstelsel, waarbij voor de bepaling van de in te spuiten brandstofhoeveelheid het aangezogen luchtvolume gemeten wordt.

Een van de doelstellingen bij de ontwikkeling van de L-Jetronic was de verlaging van het aandeel schadelijke stoffen in de uitlaatgassen, nodig om aan de huidige



Figuur 6.28-1: De L-Jetronic van Bosch is een intermitterend inspuitend lagedruksysteem, dat elektronisch wordt geregeld in functie van de aangezogen luchthoeveelheid (Bosch)

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1 Elektronische regelenheid | 7 Elektrische brandstofpomp |
| 2 Verstuur | 8 Brandstoffilter |
| 3 Luchtmeter | 9 Brandstofdrukregelaar |
| 4 Temperatuurvoeler | 10 Extraluchtschuij |
| 5 Temperatuur-tijdschakelaar | 11 Gasklepschakelaar |
| 6 Elektrische koudstartverstuur | 12 Dubbelrelais |

- bij een afname van het aanzuigvermogen van de motor wordt het lucht-brandstofmengsel armer, zodat ook bij versleten motoren zeker voldaan wordt aan de uitlaatgasvoorschriften.

De L-Jetronic bestaat uit drie samenwerkende systemen, namelijk:

- het brandstofsysteem;
- het luchtsysteem;
- de elektronische regeling met de correctiemechanismen.

De brandstof wordt door een elektrisch aangedreven rollenpomp uit de tank via een filter aangezogen en onder druk naar de brandstofkringleiding of het druksysteem geperst. Vandaar stroomt de brandstof naar de verstuivers en de koudestartverstuiver. De druk in het brandstofsysteem wordt door een drukregelaar bepaald, vanwaar een retourleiding naar de tank terugloopt.

Via het luchtfilter stroomt de aangezogen lucht door de luchthoeveelheidsmeter en vandaar naar de gasklep in de verzamelbuis van het inlaatspruitstuk. Luchtmeter en gasklep zijn voorzien van één, respectievelijk twee omloopleidingen. Verder is in de verzamelbuis een aansluiting voor onderdrukmeting door de drukvoeler aangebracht.

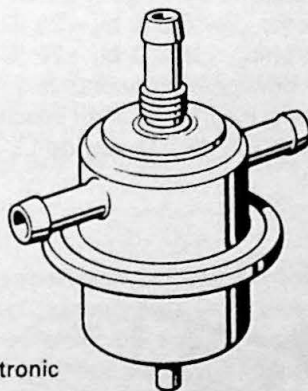
Alle informatie van de sensoren worden door de elektronische regeleenheid verzameld en in een tijdsafhankelijke stuurimpuls omgezet; met deze impuls worden de elektrische verstuivers tijdsafhankelijk gestuurd.

6.2.1 Het brandstofsysteem

Het brandstofsysteem is qua opbouw van de onderdelen identiek aan het systeem van de D-Jetronic (zie paragraaf 6.1.1); let echter op de hieronder beschreven afwijkingen.

Het persleidingensysteem

Het persleidingensysteem verschilt van de conventionele kringleidingconstructie doordat hier een extra kringleiding, de zgn. verdeelbuis, is opgenomen. Vanuit de verdeelbuis worden de verstuivers en de koudestartverstuiver van brandstof voorzien. De drukregelaar is in deze verdeelbuis ondergebracht.

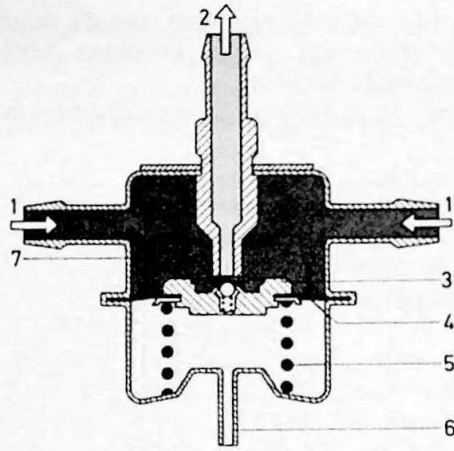


Figuur 6.29: Brandstofdrukregelaar van de L-Jetronic (Bosch)

De drukregelaar

In de veerkamer van de drukregelaar van de L-Jetronic heerst de absolute spruitstukdruk. Daardoor heerst er een constant drukverschil tussen de absolute druk in het inlaatspruitstuk en de brandstofdruk in het kringleidingsysteem, zodat de ingespoten hoeveelheid onafhankelijk van de absolute druk in het spruitstuk is.

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.30: Doorsnede van de brandstofdrukregelaar van de L-Jetronic (Bosch)

- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| 1 Brandstofaansluiting | 5 Drukveer |
| 2 Retour naar de brandstoftank | 6 Onderdrukaansluiting |
| 3 Klepdrager | 7 Klep |
| 4 Membraan | |

De drukregelaar zorgt ervoor, dat afhankelijk van het voertuigtype, de brandstofdruk in het systeem bij vollast op een constante waarde van 2,5–3,0 bar wordt gehouden.

De elektrische verstuivers

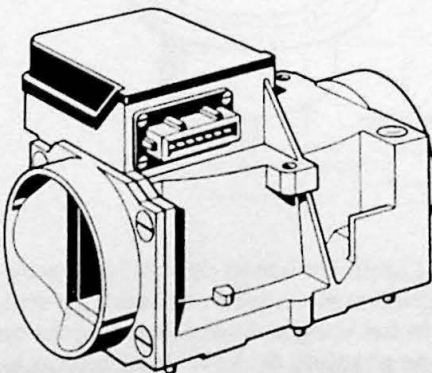
Het enige verschil tussen de verstuivers van de D- en de L-Jetronic is de kleinere openingsdoorsnede van de L-Jetronicverstuivers. Dat komt, omdat bij de L-Jetronic tweemaal per krukasomwenteling wordt ingespoten, terwijl dit bij de D-Jetronic per nokkenasomwenteling slechts éénmaal gebeurt.

Met de komst van de LE-Jetronic is ook de inwendige weerstand van de verstuivers veranderd. De volgende waarden gelden:

L-Jetronic: 2,5 Ω bij +20 °C

LE-Jetronic: 16,2 Ω bij +20 °C

Als men bij reparaties verstuivers met een verschillende inwendige weerstand gaat verwisselen, leidt dat tot beschadiging van de regelenheid. Daarom zijn de verstuivers van 16,2 Ω van de LE-Jetronic ter onderscheid van een geel huis voorzien.



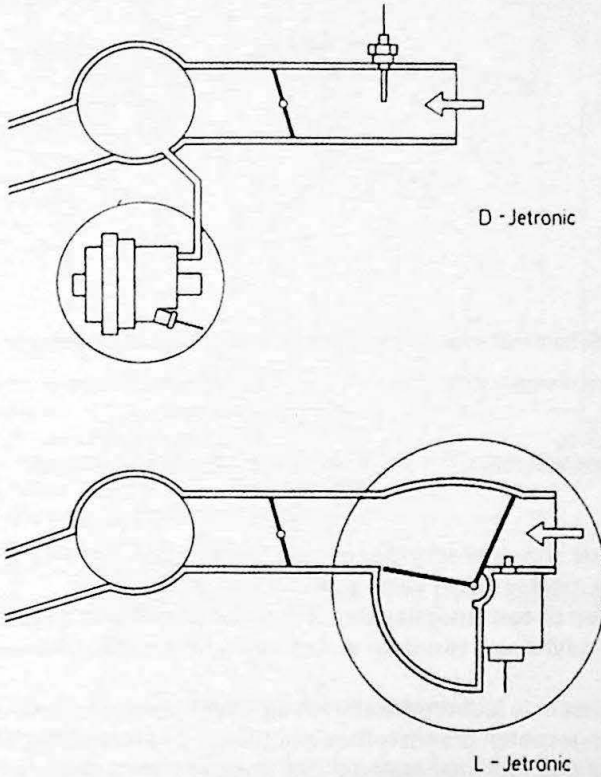
Figuur 6.31: Luchthoeveelheidsmeter van de L-Jetronic (Bosch)

6.2.2 Het luchtsysteem

Het luchtsysteem van de L-Jetronic verschilt fundamenteel van dat van de D-Jetronic.

De luchthoeveelheidsmeter

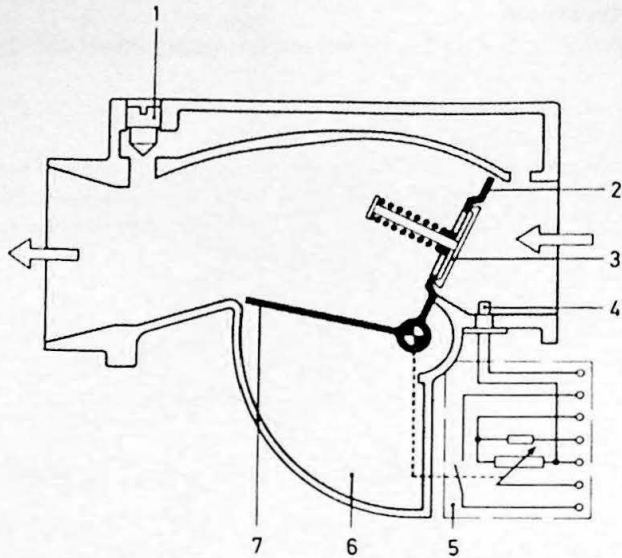
De luchthoeveelheidsmeter zet de gemeten luchthoeveelheid om in een spanningssignaal. Dit signaal en de informatie over het toerental, afkomstig van de verdeler, bepalen overwegend de in te spuiten brandstofhoeveelheid.



Figuur 6.32: Vergelijking van de meetsystemen van de D- en L-Jetronic (Bosch). Bij de D-Jetronic wordt de absolute spuitstukdruk na het passeren van de gasklep gemeten en in een inductiestroom omgezet. Bij de L-Jetronic wordt de aangezogen luchthoeveelheid vóór de gasklep gemeten en als spanningssignaal naar de regelenheid gestuurd.

De stromingskracht van de door de motor aangezogen luchthoeveelheid wordt in de luchtmetter op een beweegbare stuwklep overgebracht. Deze klep gaat, afhankelijk van de luchtstroming en de effectieve terugstelkracht van een veer, onder een bepaalde hoek openstaan. Door de stuwklepas wordt een potentiometer bediend, die de uitslag van de klep vertaalt in een spanningssignaal, dat naar de regelenheid wordt gestuurd. Tussen luchthoeveelheid en opgewekte spanning bestaat een omgekeerd evenredig verband.

De met de stuwklep vast verbonden compensatieklep compenseert eventueel optredende terugslagpulsaties; dat kan omdat het oppervlak van deze klep identiek is aan dat van de stuwklep. Trillingen ten gevolge van het terugslaan van de motor hebben dus geen invloed op de meting van de luchthoeveelheid. Door het



Figuur 6.33: Schematische doorsnede van een luchthoeveelheidsmeter (Bosch)

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1 Stationaire mengselstelschroef | 5 Potentiometer met elektrische aansluitingen |
| 2 Stuwklep | 6 Dempingskamer |
| 3 Terugslagklep | 7 Compensatieklep |
| 4 Luchttemperatuurvoeler | |

volume dat de compensatieklep ter beschikking staat, worden bovendien trillingen van het meetsysteem verregaand voorkomen.

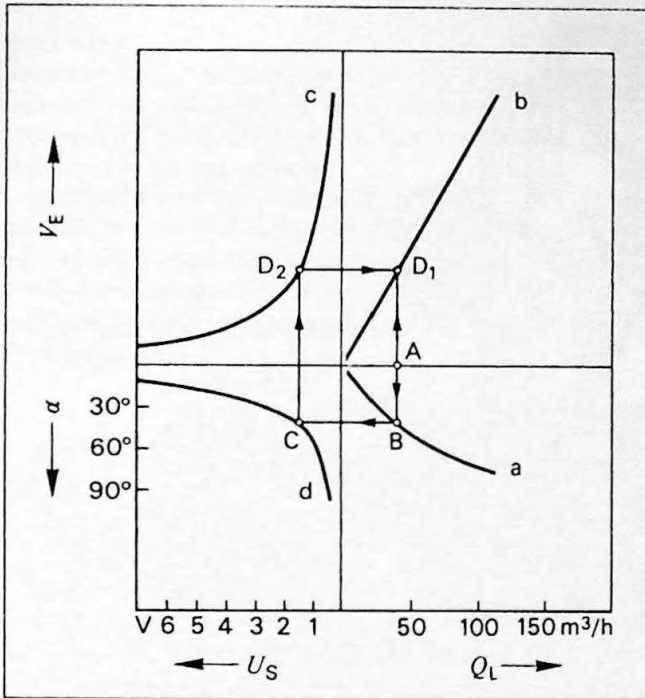
In de stuwklep zit een terugslagklep, die bij ontstekingen in het spruitstuk van de motor open gaat staan. Hierdoor wordt voorkomen, dat de stuwklep beschadigd wordt.

De relatie tussen de luchthoeveelheid, de stuwklephoek, de potentiometerspanning en de ingespoten brandstofhoeveelheid is in afbeelding 6.34 weergegeven. Bij een bepaalde luchthoeveelheid die door de luchtmeter stroomt, hoort een theoretisch vereiste brandstofhoeveelheid (punt D_1). Verder gaat, afhankelijk van de luchthoeveelheid, de stuwklep onder een bepaalde hoek openstaan (punt B). Door het bij benadering logaritmische verloop van de kromme is de relatieve meetfout in het totale regelgebied verregaand constant. Daardoor is een precieze aanpassing bij stationair toerental en bij deellast mogelijk. De door de stuwklep bediende potentiometer levert, overeenkomstig de openingshoek van de klep, een spanningssignaal (punt C) aan de regeleenheid. De regeleenheid stuurt impulsen naar de verstuivers, waarbij punt D_2 de ingespoten brandstofhoeveelheid naar gelang van de gemeten luchthoeveelheid voorstelt.

Duidelijk is te zien, dat de theoretisch vereiste en de feitelijk ingespoten brandstofhoeveelheid gelijk zijn (lijn $D_1 - D_2$).

De extraluchtschuif

Constructie en werking van de extraluchttoevoer zijn identiek met de D-Jetronic, zodat naar de desbetreffende paragraaf verwezen wordt.



Figuur 6.34: De relatie tussen luchthoeveelheid, stuwklephoek, spanning over de potentiometer en ingespoten brandstofhoeveelheid (Bosch)

- a stuwklephoek \propto van de luchthoeveelheidsmeter
- b spanning U_S over de potentiometer
- c door de regeleenheid bepaalde brandstofhoeveelheid V_E
- d theoretisch vereiste brandstofhoeveelheid, berekend uit de aangezogen luchthoeveelheid Q_L

6.2.3 De elektronische regeling met correctiesystemen

De temperatuurvoelers

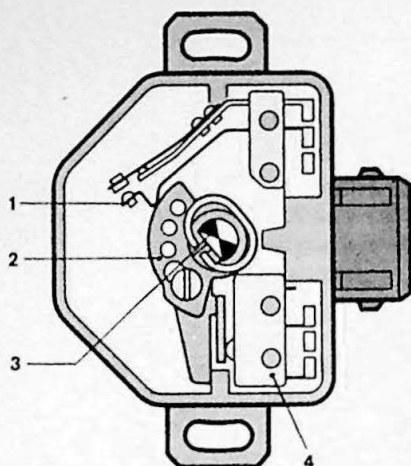
Bij de L-Jetronic wordt temperatuurvoeler II op dezelfde wijze gebruikt als bij de D-Jetronic. Zie daarom die paragraaf. Temperatuurvoeler I, die de temperatuur van de aangezogen lucht meet, is, afhankelijk van het voertuigtype parallel of in serie geschakeld, in de meeteenheid van de luchtmeter geïntegreerd.

Elektrische aansluitingen

Alle van de D-Jetronic overgenomen componenten hebben gewijzigde elektrische stekeraansluitingen. Onderling verwisselen van deze componenten is dus niet mogelijk.

De gasklepschakelaar

Omdat het spanningssignaal van de luchthoeveelheidsmeter voorijlt op de cilindervulling, is de verrijkingsinrichting in de gasklepschakelaar overbodig geworden. De schakelaar is daardoor sterk vereenvoudigd. Er is alleen nog een contact voor de nullast- en één voor de vollastbepaling. De contacten sluiten bij een bepaalde gasklepstand. Het stuursignaal wordt door de regeleenheid bij de dosering van de brandstofhoeveelheid verwerkt. Zonodig zorgt een apart stel contacten voor de regeling van de uitlaatgasrecirculatie.



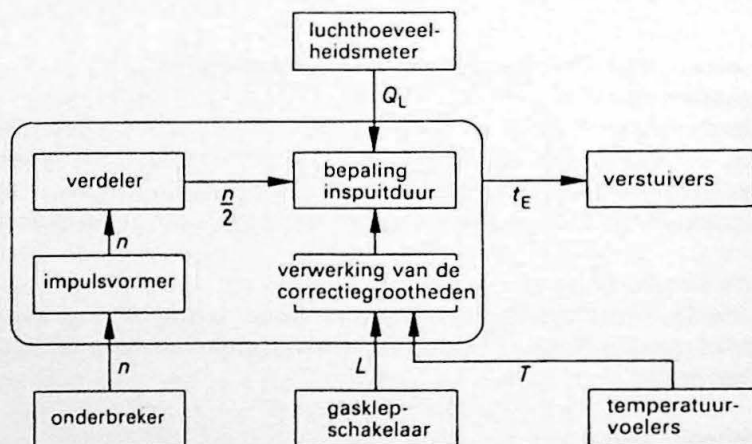
Figuur 6.35: Gasklepschakelaar van de L-Jetronic (deksel verwijderd) (Bosch)

- 1 Vollastcontact
- 2 Schakelschijf
- 3 Gasklepas
- 4 Nullastcontact

De elektronische regeleenheid

De regeleenheid bestaat voornamelijk uit drie geïntegreerde circuits en een klein aantal halfgeleiders, condensatoren, compensatieweerstanden en filters. De constructieve omvang is van ongeveer 300 elementen van de D-Jetronic teruggebracht naar rond de tachtig. De regeleenheid is, net als bij de D-Jetronic, via een kabelboom en een multisteker met de inspuitinstallatie verbonden. De multisteker van de L-Jetronic heeft 35 polen.

De regeleenheid stuurt een impuls naar de elektrische verstuivers, waardoor deze gedurende een precies afgestelde tijd open gaan staan. Ter bepaling van de openingsduur verwerkt de regeleenheid de informatie van de meetvoelers of sensoren, die de heersende bedrijfsconditie van de motor vertalen in elektrische signalen.



Figuur 6.36-1: Het ontstaan van de inspuitimpuls bij de L-Jetronic (Bosch)

De regeleenheid krijgt de volgende informatie:

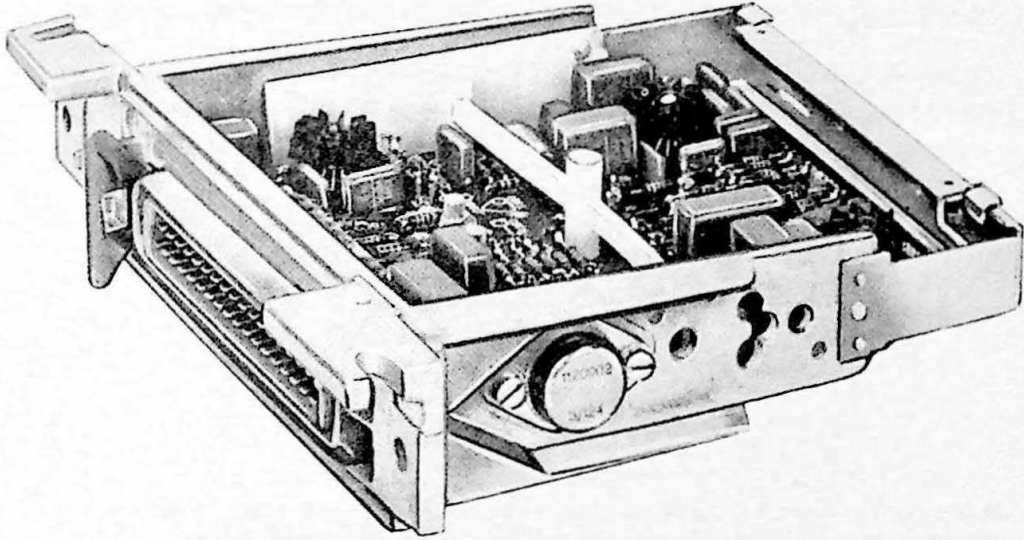
- 1 toerental = n
- 2 luchthoeveelheid = Q_L
- 3 temperatuur = T
- 4 nullast, vollast = L_L
- 5 inspuitduur = t_E

Het inspuitmoment

De verstuivers van de L-Jetronic zijn parallel geschakeld. Zij spuiten per nokkenasomwenteling tweemaal gelijktijdig in, telkens de helft van de vereiste brandstofhoeveelheid. De zo ontstane opslag van brandstof in het spruitstuk heeft een betere mengselvorming tot gevolg.

Bovendien kan door deze schakeling de constructie van de elektronische regelenheid aanzienlijk vereenvoudigd worden, terwijl het afstemmen van de inspuittijd op de stand van de nokkenas niet meer nodig is. Daardoor wordt ook de inspuitcommandoschakelaar in de verdeler overbodig.

De sturing van de inspuitimpulsen gebeurt door het onderbrekercontact van de batterijontsteking.



Figuur 6.36-2: De regelenheid van de L-Jetronic (Bosch)

Bij een viercilindermotor gaat de onderbreker viermaal per arbeidscyclus van de motor open. Omdat gedurende één zo'n fase door de verstuivers slechts tweemaal brandstof moet worden geleverd, moet de frequentie in de regelenheid gehalveerd worden. Voor een zescilindermotor geldt een deelfactor van 3 en voor een achtcilindermotor moet de frequentie door 4 gedeeld worden. Opdat de verstuivers snel openen, zijn vermogensweerstand met deze verstuivers in serie geschakeld. Deze zijn in een aparte eenheid ondergebracht en worden tussen de verstuiverwikkelingen en de pluspool van de accu geschakeld.

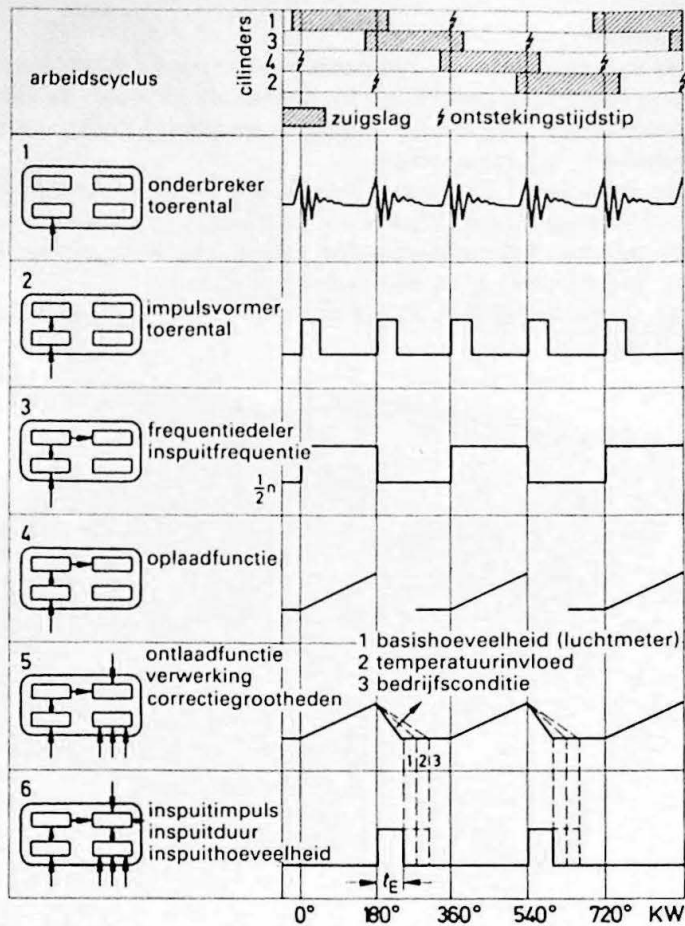
De inspuitduur

In de afbeelding is het ontstaan van de verstuiverimpulsen weergegeven, die de verstuivers tijdsafhankelijk sturen.

De van de onderbreker afkomstige impulsen (1) worden in de impulsomvormer in een blokvorm (2) omgezet. Afhankelijk van het aantal motorcilinders moet het aantal impulsen door een bepaalde factor worden gedeeld, in het hier gegeven voorbeeld door twee (3).

De blokvormige impulsen laden een condensator op (4). Als de condensator ontlad, wordt een inspuitimpuls (t_E) ingeleid, waarbij de stuwklepstand in de luchtmet, als maat voor de aangezogen luchthoeveelheid (Q_L), de bepalende grootte voor de inspuitduur is. Verschillende correctiegrootheden over nul- of vol-

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.37: Het ontstaan van de inspuitimpuls bij de L-Jetronic (Bosch)

last (gasklepschakelaar), motortemperatuur (temperatuurvoeler) en inspuitfrequentie (onderbreker) resulteren samen met het luchtmetersignaal tot een inspuitduur (5), die als impuls aan de verstuiers (6) wordt doorgegeven.

De aantrekkduur van de elektrische verstuiers neemt af met de accuspanning, terwijl de sluitperioden langer worden. Dat zou betekenen, dat bij stijgende accuspanning, maar gelijkblijvende stuurimpuls, de verstuiers langer zouden openstaan. Dit effect wordt door een compensatieschakeling in de regeleenheid tenietgedaan.

6.2.4 De elektrische regeling

De totale elektrische voeding van de inspuitinstallatie wordt geregeld door een dubbelrelais.

Het bekrachtigen van de elektrische brandstofpomp

Het pomprelais, ondergebracht in het dubbelrelais, bekrachtigt de elektrische brandstofpomp. Het pomprelais krijgt stroom van klem 50 van het startrelais tijdens de startprocedure, waardoor de pomp gaat draaien. Als de motor gestart is krijgt het pomprelais zijn spanning verder van een schakelaar in de luchthoeveelheidsmeter; deze schakelaar wordt door de stuwklep bediend.

Bij niet-draaiende motor wordt deze schakelaar door de stuwklep geopend, zo-

dat de voeding van de elektrische brandstofpomp onderbroken is. Zo kan bij ingeschakelde ontsteking en niet-draaiende motor de brandstofpomp geen brandstof leveren (beveiliging tegen 'verzuipen').

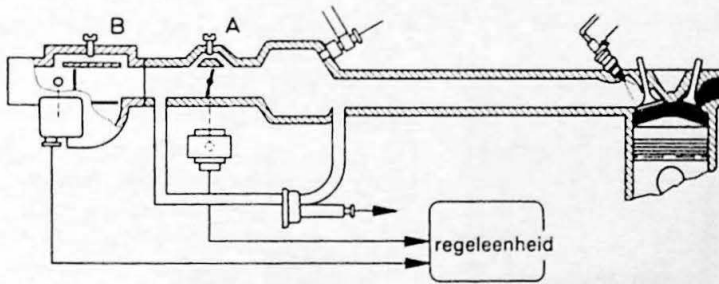
De voeding

Het eveneens in het dubbelrelais opgenomen hoofdrelais schakelt bij ingeschakelde ontsteking de voeding van de regeleenheid in. Verder worden de voorschakelweerstand van de verstuivers met de pluspool van de accu verbonden. De verstuivers worden door de regeleenheid geopend met behulp van een massasturing.

6.2.5. Controle- en afstelwerkzaamheden bij de L-Jetronic

Behalve het regelmatig vervangen van het brandstoffijnfilter is de L-Jetronic onderhoudsvrij.

De vereiste afstelwerkzaamheden zijn beperkt tot het corrigeren van het stationaire toerental en het bijregelen van de CO-waarde van het stationaire uitlaatgas.



Figuur 6.38: Het afstellen van het stationair toerental vindt bij de L-Jetronic plaats met de luchtregelschroef (A) in het gasklepomloopkanaal. De CO-waarde bij het stationaire toerental wordt met de stelschroef (B) in het omloopkanaal van de luchtmeter gecorrigeerd (Bosch)

Afstelwerkzaamheden hebben alleen zin, als de motor aan alle voorwaarden voldoet. Vooral dient gelet te worden op:

- sluihoek van de onderbreker en ontstekingstijdstip;
- klepspel van de motor;
- een gelijkmatige compressiedruk van alle cilinders;
- de elektrodenafstand van de bougies;
- de omgevingstemperatuur moet liggen tussen ongeveer +15 en +30 °C;
- de motor moet op bedrijfstemperatuur zijn, dat wil zeggen: de olietemperatuur moet ongeveer +80 °C bedragen.

Bij het werken aan het brandstofsysteem moet men uiterst schoon te werk gaan. Beveiligde stelschroeven van de inspuitinstallatie mogen niet verdraaid worden.

Bijzondere aanwijzingen bij het werken aan de L-Jetronic

Opdat door een uitwendige oorzaak de regelelektronica niet vernield wordt, moeten de volgende aanwijzingen strikt in acht genomen worden:

- nooit zonder aangesloten accu rijden;
- schakel nooit de ontsteking in, als de ingebouwde en aangesloten accu op een acculader is aangesloten;
- geeft nooit extra starthulp met een uitwendige spanningsbron;

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

- sluit nooit bij ingeschakelde ontsteking de regeleenheid aan; evenmin bij ingeschakelde ontsteking de aansluitingen lostrekken;
- stel de regeleenheid niet bloot aan temperaturen boven 80 °C.

Speciaal gereedschap

Behalve het normaal in de handel verkrijgbare gereedschap is voor controlewerkzaamheden aan de L-Jetronic het Bosch-testapparaat ETJ 00200 nodig.

Het afstellen van het stationaire toerental

Sluit de toerenteller aan.

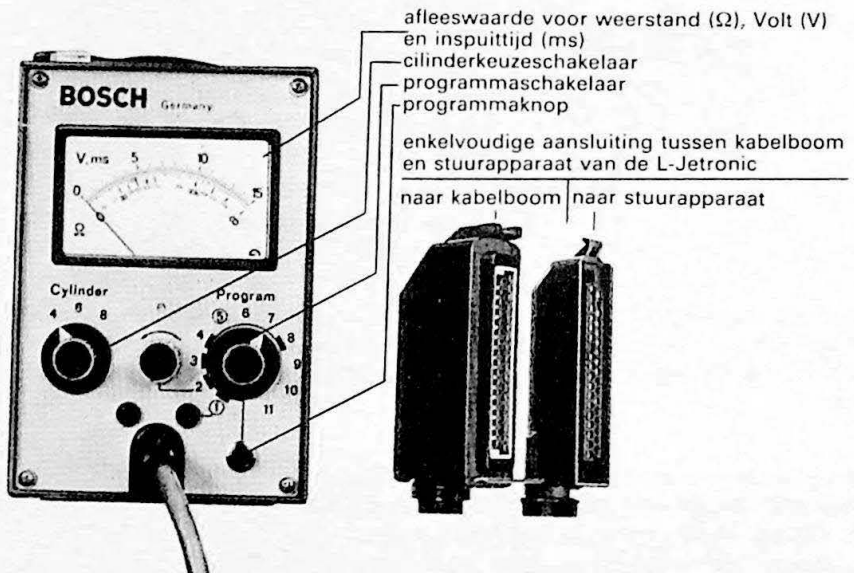
Start de motor (op bedrijfstemperatuur) en lees het stationaire toerental af.

** Nominale waarde (algemeen): $950 \pm 50 \text{ min}^{-1}$

Corrigeer zondig het stationaire toerental door de stelschroef in het omloop-luchtkanaal van de gaskleppenheid te verdraaien.

Schroef indraaien: stationair toerental wordt lager.

Schroef uitdraaien: stationair toerental stijgt.



Figuur 6.39: Bosch-tester ETJ 00200 voor de systematische storingsdiagnose van de L-Jetronic (Bosch)

Het afstellen van de CO-waarde bij stationair toerental

Sluit de toerenteller en de uitlaatgastester aan.

Start de motor (reeds op bedrijfstemperatuur) en lees de waarde van stationair toerental en van het CO-aandeel in het uitlaatgas af.

** Nominale waarde van de CO-uitstoot (algemeen): $1,5 \pm 0,5 \text{ vol-\%}$

Zonodig eerst het stationaire toerental corrigeren.

De CO-uitstoot kan bijgesteld worden door de omloopschroef in de luchthoeveelheidsmeter te verdraaien.

Let op: op grond van de ECE-bepalingen zijn de afstelmechanismen die de uitlaatgassamenstelling beïnvloeden vanaf oktober 1976 beveiligd (de datum geldt

voor nieuwe voertuigen). Om de afstellingen te kunnen uitvoeren, moeten deze beveiligingen worden vernield.

Zo is gegarandeerd, dat deze werkzaamheden alleen door daartoe bevoegde werkplaatsen kunnen worden uitgevoerd, omdat alleen zij reserve-beveiligingen kunnen krijgen. De keuringsstations van de TÜV (Technische Überwachungsverein, vergelijkbaar met de Rijksdienst voor het Wegverkeer, noot v.d. vert.) hebben tot taak, de aanwezigheid van deze beveiligingen tijdens de keuring te controleren.

Opmerking: wettelijk toegestaan CO-aandeel in het uitlaatgas bij stationair toerental: 4,5 vol.-%.

Het doormeten van de L-Jetronic met het testapparaat ETJ 00200 van Bosch

Het testen van de L-Jetronic heeft betrekking op de volgende functies:

- 1 de voeding van de regeleenheid via het dubbelrelais;
- 2 de voeding van de elektrische brandstofpomp via het dubbelrelais;
- 3 onderbrekingen in de kabelboom van de inspuitinstallatie;
- 4 de werking van de pompschakelaar in de luchthoeveelheidsmeter;
- 5 de potentiometer in de luchthoeveelheidsmeter;
- 6 de weerstanden van de extraluchtschuif en de elektrische brandstofpomp;
- 7 de weerstand van temperatuurvoeler II;
- 8 de weerstanden in de gasklepschakelaar;
 - a het nullastcontact
 - b het vollastcontact
 - c de kabelweerstand
- 9 een elektrische controle van de regeleenheid;
- 10 controle van de naaldklepbeweging van de verstuivers.

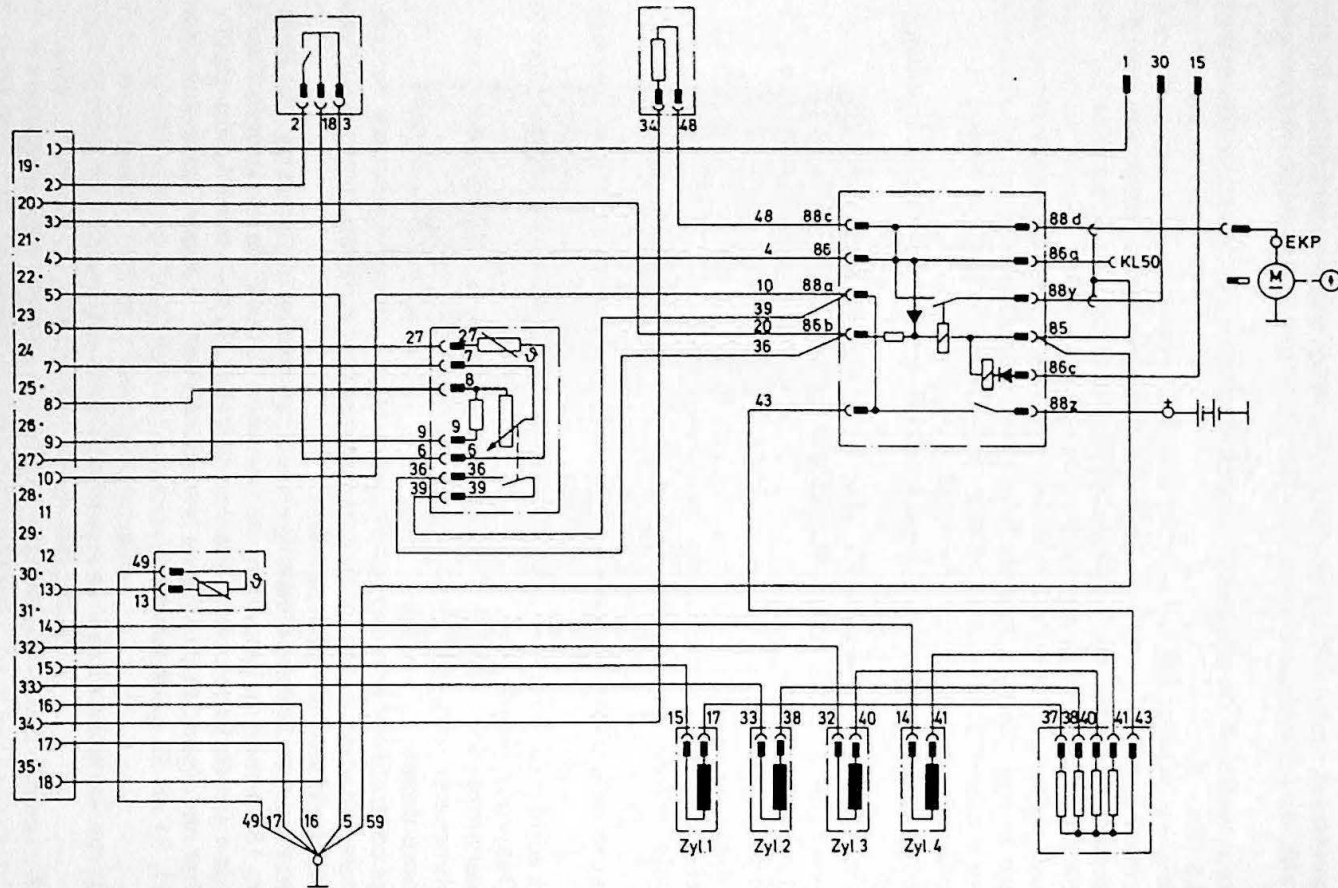
Controle van de L-Jetronic met een testlampje, een ohmmeter en een toerenteller

Maar ook zonder de Bosch-tester ETJ 00200 is het mogelijk, de L-Jetronic door te meten. Daarvoor zijn nodig:

- een testlampje van 12 V (2 W) met in de handel verkrijgbare testpennen;
- een ohmmeter met een bereik van 0-5000 Ω ;
- een toerenteller.

Voor deze controle behoeft de regeleenheid niet te worden uitgebouwd. Ter controle van de sensoren in het motorcompartiment moet de kabelboomsteker van de regeleenheid worden gesepareerd.

De klemmen van de stekerpolen krijgen een nummer, te beginnen bij 1. De klemmen 1 t/m 18 vormen de langere rij, de klemmen 19 t/m 25 de iets kortere. Klem 1 en 19 liggen aan de kabelboomzijde van de steker. Bij de L-Jetronic voor Opel - waarop het navolgende testschema betrekking heeft - hebben de aansluitingen 11, 19, 21, 31 en 35 geen functie.



Figuur 6.40: Schakelschema van de L-Jetronic voor de tweelitermotoren van Opel (Adam Opel AG)

<i>functie of component</i>	<i>testen met:</i>	<i>meten tussen de klemmen:</i>	<i>tijdens test is:</i>	<i>test is positief als:</i>	<i>oorzaken van negatieve test</i>	<i>opmerkingen</i>
voedingsspanning	testlamp	10 (+) en massa	ontsteking ingeschakeld	testlamp brandt	dubbelrelais defect; voeding dubbelrelais onderbroken; kabel 10 onderbroken; dubbelrelais krijgt geen accuspanning	
Massa van inspuitsysteem	testlamp	10(+) en 5(-) 10(+) en 15(-) 10(+) en 17(-)	ontsteking ingeschakeld	testlamp brandt	aansluiting op centrale massakabel ontbreekt; leiding 5 resp. 16 en/of 17 onderbroken	
impuls voor verstuivers	testlamp	10(+) en 1(-)	startmotor kort bedienen	testlamp knippert even snel als onderbreker	kabelboomleiding 1 onderbroken; mechanisme onderin verdeler vervangen	
Startsignaal van startmotor naar regeleenheid	testlamp	4(+) en 5(-)	startmotor kort bedienen	testlamp brandt	onderbreking tussen klem 50 en dubbelrelais; onderbroken leiding 4; dubbelrelais defect	testlamp mag alleen tijdens bedienen van startmotor branden; als lamp bij ingeschakelde ontsteking brandt, controleren waarom spanning op klem 86a

<i>functie of component</i>	<i>testen met:</i>	<i>meten tussen de klemmen:</i>	<i>tijdens test is:</i>	<i>test is positief als:</i>	<i>oorzaken van negatieve test</i>	<i>opmerkingen</i>
dubbelrelais (pomp)	testlamp	20(+) en 5(-)	startmotor kort bedienen	testlamp brandt	dubbelrelais defect of geen massa; zekering pomp doorgebrand	
extra-luchtschuif	testlamp	34(+) en 5(-)	startmotor kort bedienen	testlamp brandt zwak	onderbreking in kabelboom; extra-luchtschuif defect	
verstuivers	testlamp	14(+) en 5(-) 15(+) en 5(-) 32(+) en 5(-) 33(+) en 5(-)	ontsteking ingeschakeld	testlamp brandt	onderbreking in kabelboom; voorschakelweerstand defect; verstuiver defect	
luchtmeter	ohmmeter	6 en 7 6 en 8 6 en 9 8 en 9 27 en 6	ontsteking uit bij 20 °C	ca 50 Ω ca 180 Ω ca 280 Ω ca 100 Ω ca 350 Ω	onderbreking en/of sluiting in kabelboom; luchtmeter defect	
verstuiver en voorschakelweerstand	ohmmeter	14 en 15 15 en 32 32 en 33 33 en 14	ontsteking uit	15-20 Ω	onderbreking in kabelboom opsporen; verstuiver en weerstand apart doormeten (resp. 2-3 Ω en 5,5-6,5 Ω); defecte onderdelen vervangen	

<i>functie of component</i>	<i>testen met:</i>	<i>meten tussen de klemmen:</i>	<i>tijdens test is:</i>	<i>test is positief als:</i>	<i>oorzaken van negatieve test</i>	<i>opmerkingen</i>
temperatuurvoeler II	ohmmeter	13 en 15	ontsteking ingeschakeld	temperatuurafhankelijk: 0 °C = ca 5500Ω 20 °C = ca 2600Ω 80 °C = ca 300Ω	onderbreking in kabelboom of temperatuurvoeler vervangen	
nullastcontact in gasklep-schakelaar	ohmmeter	2 en 18	ontsteking uit; gaspedaal eerst in ruststand gaspedaal intrappen	0 Ω ∞ Ω	onderbreking in kabelboom opsporen of gasklep-schakelaar vervangen	
vollastcontact in gasklep-schakelaar	ohmmeter	3 en 18	ontsteking uit; gaspedaal eerst in ruststand gaspedaal geheel intrappen	∞ Ω ∞ Ω		
pompschakelaar in lucht-meter	testlamp	20 en 5	luchtslang van lucht-meter trekken; ontsteking ingeschakeld; stuwklep met de hand verplaatsen	testlamp brandt; draaiende pomp (akoestisch) waarneembaar	onderbreking in kabelboom opsporen of lucht-meter vervangen	testlamp mag bij ingeschakelde ontsteking en niet-draaiende motor niet branden; anders lucht-meter vervangen

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

Diagnosetabel van de L-Jetronic

Deze tabel heeft alleen betrekking op storingen in de inspuitinstallatie. Voorondersteld wordt dat de klepspelings beantwoordt aan de voorschriften, dat de compressie-einddruk van alle cilinders correct is en dat het ontstekingstijdstip en de sluihoek van de onderbreker volgens voorschrift zijn afgesteld.

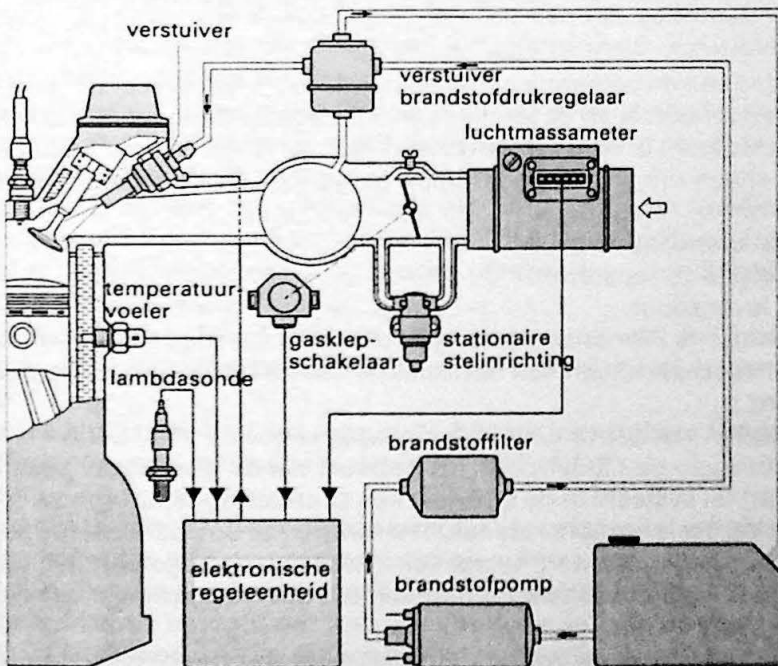
<i>storing</i>	<i>fouten, mogelijke oorzaken</i>
Motor slaat niet aan	Elektrische brandstofpomp werkt niet, omdat: a het dubbelrelais geen stroom krijgt; b de voeding van het pomprelais of de pomp zelf onderbroken is; c de steker op de pomp los zit; d de leiding van klem 50 (startmotor) naar het pomprelais onderbroken is; e het regelcontact in de luchtmeter defect is. De leiding naar temperatuurvoeler II is onderbroken; de temperatuurschakelaar of de temperatuur-tijdschakelaar is defect of leiding onderbroken. Elektrische koudestartverstuiver defect of toevoering onderbroken. Onvoldoende drukopbouw in het brandstofsysteem, omdat: a het pompdebiet niet voldoende is; b een persleiding afgeknepen is; c de drukregelaar defect is. De stuwklep in de luchtmeter klemt.
De motor start, maar slaat direct daarna weer af	Kortstondige onderbreking bij een sensor, relais of in een stuurleiding. Lek aanzuigsysteem van de motor na de luchtmeter. Stuwklep van de luchtmeter gaat zwaar of blijft hangen. Extraluchtschuif opent niet, omdat: a de schuif zwaar gaat; b de voeding van de verwarmingswikkeling onderbroken is; c de schuif inwendig defect is.
Motor heeft een onbevredigend warmdraagedrag	Lek aanzuigsysteem van de motor na de luchtmeter. Stuwklep van de luchtmeter gaat zwaar of blijft hangen. Extraluchtschuif defect, moeilijk bewegende schuif of verwarmingswikkeling onderbroken. Stationair toerental onjuist ingesteld. CO-waarde van stationair toerental niet juist ingesteld. Verstuiver of koudestartverstuiver lekt.
Stationair toerental is niet af te regelen; toerental te hoog	Lek aanzuigsysteem van de motor na de luchtmeter. Stuwklep van de luchtmeter gaat zwaar of blijft hangen. Gasklep draait zwaar of klemt.

<p>CO-waarde bij stationair toerental te laag</p> <p>Motor accelereert slecht, stottert</p> <p>Motor slaat over tijdens rijden</p>	<p>Lek aanzuigsysteem van de motor na de luchtmeter.</p> <p>CO-waarde niet juist ingesteld.</p> <p>Lek aanzuigsysteem na de luchtmeter.</p> <p>Stuwklep van de luchtmeter draait zwaar.</p> <p>Losse stekker van sensor of verstuiver.</p> <p>Te lage brandstofdruk.</p> <p>Verkoolde verstuiver.</p> <p>Defecte koudestartverstuiver.</p> <p>Onvoldoende massaverbinding naar regeleenheid.</p>
<p>Motor haalt zijn maximale vermogen niet</p>	<p>Te lage brandstofdruk.</p> <p>Stuwklep draait zwaar of blijft hangen.</p> <p>Gasklep opent niet ver genoeg.</p>
<p>Te hoog brandstofverbruik</p>	<p>Verstuivers lek.</p> <p>Brandstofdruk te hoog.</p> <p>Temperatuurvoeler II defect.</p> <p>Koudestartverstuiver lekt.</p>

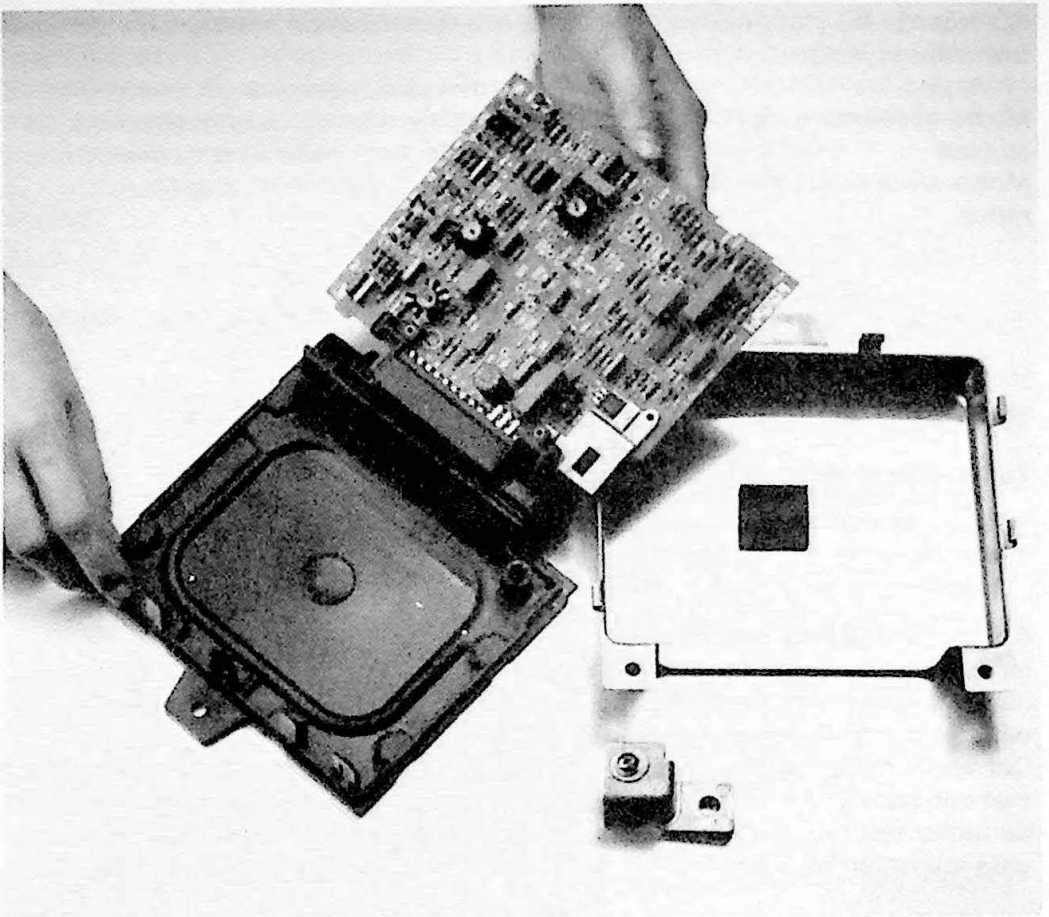
6.3 De LE-Jetronic van Bosch

In 1981 begon de serieuze productie van een nieuwe Jetronic-generatie, kortweg LE-Jetronic genoemd. Hiermee konden de produktiekosten verlaagd worden, terwijl het aantal functies aanzienlijk toenam.

Dat werd mogelijk door een qua kostprijs scherp gecalculeerde regeleenheid met een aanzienlijk vereenvoudigde elektronische schakeling en wijzigingen aan de luchtmeter en de verstuivers. De voorschakelweerstanden voor de verstuivers vervallen en op basis van dit systeem wordt nu reeds getest of de koude-



Figuur 6.41: Schema van de LE-Jetronic (Bosch)



Figuur 6.42: Regeleenheid van de LE-Jetronic met nieuwe schakeltechnologie (Bosch)

startinrichting van de volgende generatie niet zo kan worden ontworpen, dat ook de koudestartverstuiver en de temperatuur-tijdschakelaar niet meer nodig zijn. De LE-Jetronic komt in constructie en werking wezenlijk overeen met de huidige L-Jetronic, alleen zijn enkele onderdelen gewijzigd. De voordelen van de LE-Jetronic zijn:

- een lager brandstofverbruik;
- gemakkelijker te repareren;
- langere levensduur.

De regeleenheid is kleiner en lichter geworden. Door toepassing van nog meer geïntegreerde schakelingen kon het aandeel van de halfgeleiders verder worden gereduceerd.

Het uitschakelen van de brandstoftoevoer tijdens decelereren behoort standaard bij de functies van de LE-Jetronic. Dit gebeurt via de gasklepschakelaar. Zoals bekend levert dit systeem in de ECE-test een brandstofbesparing van drie tot vijf procent op. Verder is het aantal aansluitklemmen van 35 naar 25 teruggebracht. De sturing van het koudestartmechanisme werd uit de regeleenheid gelicht. Dit vindt nu plaats via de koudestartverstuiver, die door de temperatuur-tijdschakelaar aangestuurd wordt.

Door toepassing van nieuw wikkelmateriaal met een hogere weerstand en onder gebruikmaking van nieuwe elektronica wordt een nog exactere brandstofinspui-

ting bereikt. De weerstand van de verstuiverwikkeling werd van 2,5 naar 16,2 Ω verhoogd.

Omdat het verwisselen van oude en nieuwe verstuivers tijdens reparatiewerkzaamheden kan leiden tot vernieling van de regeleenheid, zijn de verstuivers van de LE-Jetronic voorzien van een geel huis. De van de L-Jetronic bekende voor-schakelweerstand van de verstuivers vervallen bij de LE-Jetronic.

Bij de luchthoeveelheidsmeter is de pompschakelaar vervallen. De luchttemperatuurvoeler werd parallel met de spanningsdeler geschakeld. Daardoor kon het aantal aansluitpunten worden teruggebracht van zeven naar slechts vier. Een aanwezige vijfde aansluiting wordt niet gebruikt.

Ook het stuurrelais is nieuw bij de LE-Jetronic. Het bestaat uit een elektronische tijdschakeling en een schakelrelais. Door de tijdschakeling wordt bereikt, dat bij afslaan de motor na ongeveer 0,15 seconde de brandstoftoevoer wordt afgesloten, onafhankelijk van de oorzaak van de stilstand.

Het stuurrelais vervangt het tot nu toe bij de L-Jetronic gebruikelijke dubbelrelais en de pompschakelaar in de luchthoeveelheidsmeter.

Ook de kabelboom vertoont verschillen ten opzichte van de L-Jetronic. Door de gewijzigde Jetroniconderdelen en het samennemen van stuur- en voedingsleidingen kon het aantal kabels van 21 naar 11 worden teruggebracht. De kabelboomsteker en de stekerdoos in de regeleenheid zijn dienovereenkomstig gewijzigd.

Bij de LE-Jetronic kon de brandstofdruk in het systeem van 3,0 naar 2,5 bar verlaagd worden.

6.3.1 Controle- en afstelwerkzaamheden

Ook voor de LE-Jetronic gelden de algemene aanwijzingen ten aanzien van de controle- en afstelwerkzaamheden, zoals die reeds voor de D- en de L-Jetronic zijn opgesomd. Zo dient op de volgende punten gelet te worden:

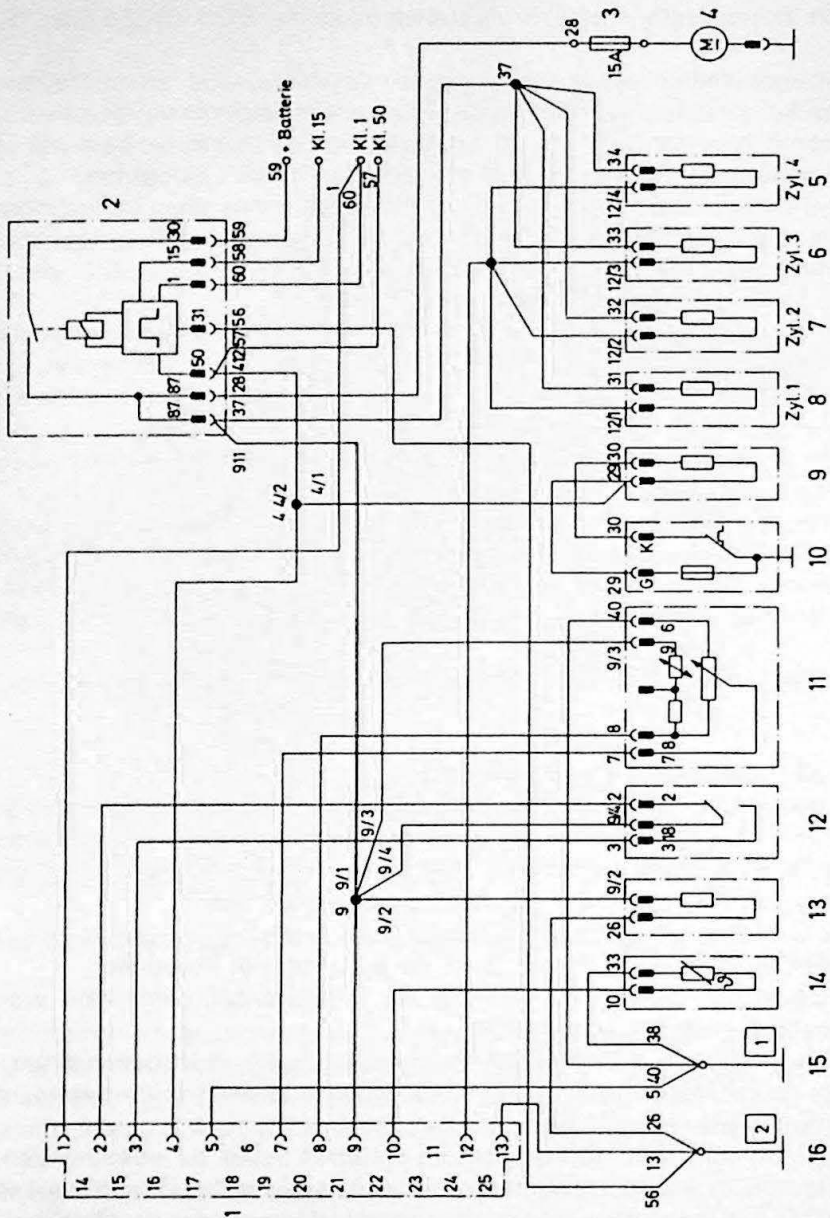
- start de motor nooit zonder dat de accu is aangesloten;
- gebruik voor het starten van de motor geen snellader;
- ontkoppel bij draaiende motor nooit de accu van het boordnet;
- bij temperaturen boven 80 °C moet de regeleenheid verwijderd worden (droogcabine voor lakreparaties);
- zorg dat alle stekers van de kabelboom stevig in de stekerdozen zitten;
- de grote multisteker nooit bij ingeschakelde ontsteking op de regeleenheid aansluiten of ervan losrekken;
- voor de controle van de compressie-einddruk moet de voeding van het stuurrelais door het losrekken van de relaissteker worden onderbroken;
- zorg er bij alle controlewerkzaamheden steeds voor, dat de afstelling van de motor aan alle eisen voldoet.

Omdat de Bosch-tester ETJ 00202 niet voor de controle van de LE-Jetronic kan worden gebruikt, vindt deze controle plaats met behulp van de volgende gereedschappen:

- een testlamp van 12 V (2 W) met in de handel verkrijgbare testpenen;
- een ohmmeter met een bereik van 0 tot 5000 ohm;
- een toerenteller.

Voor de controle behoeft de regeleenheid niet te worden uitgebouwd. Trek de kabelboomsteker los van de regeleenheid en nummer de contactklemmen van de steker als volgt. De klemmen 1 t/m 13 vormen de lange rij, de klemmen 14 t/m 25 de kortere. Klem 1 bevindt zich aan de zijde waar de kabelboom de steker binnekomt. De klemmen 14 t/m 25 hebben geen functie.

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.43: Schakelschema van de LE-Jetronic voor de tweelitermotoren van Opel (Opel AG)

- | | | | |
|---|---|----|-----------------------------------|
| 1 | Stekeraansluitingen van de regeleenheid | 9 | Koudestartverstuiver |
| 2 | Stuurrelais | 10 | Temperatuur-tijdschakelaar |
| 3 | Zekering | 11 | Luchtmeter |
| 4 | Brandstofpomp | 12 | Gasklepschakelaar |
| 5 | Verstuiver | 13 | Extraluchtschuif |
| 6 | Verstuiver | 14 | Temperatuurvoeler (koelvloeistof) |
| 7 | Verstuiver | 15 | Massaklem van de kabelboom |
| 8 | Verstuiver | 16 | Massaklem van de kabelboom |

<i>functie of component</i>	<i>testen met:</i>	<i>meten tussen de klemmen:</i>	<i>tijdens test is:</i>	<i>test is positief als:</i>	<i>oorzaak negatieve test</i>	<i>foutzoekprocedure</i>
signaal van klem 1	testlamp	1 en 5	ontsteking ingeschakeld; motor starten	testlamp brandt zwak, na ca 1 s fel en flinkt tijdens starten	onderbreking in kabelboom	ontsteking uitschakelen; leiding van klem 1 van de multisteker naar klem 1 van de bobine en leiding van klem 5 van de multisteker naar massaklem. Elektronica met ohmmeter op geleiding testen (meetwaarde ongeveer 0 Ω).
stuurrelais, startmotor	testlamp	4 en 5	ontsteking ingeschakeld; motor starten	testlamp brandt	onderbreking in kabelboom	ontsteking uitschakelen; leiding van klem 4 van multisteker naar klem 50 van stuurrelais met ohmmeter op geleiding testen (meetwaarde ongeveer 0 Ω).

<i>functie of component</i>	<i>testen met:</i>	<i>meten tussen de klemmen:</i>	<i>tijdens test is:</i>	<i>test is positief als:</i>	<i>oorzaak negatieve test</i>	<i>foutzoekprocedure</i>
stuurrelais, voeding	testlamp	9 en 5	ontsteking ingeschakeld; motor starten	testlamp brandt	onderbreking in kabelboom, stuurrelais defect	ontsteking uitschakelen. Accu-aansluitingen losmaken. Leiding van klem 9 van multisteker naar klem 87 van stuurrelais en van klem 30 van stuurrelais naar pluspool van accu met ohmmeter op geleiding testen (meetwaarde ca 0 Ω).
massa van de eindtrap	ohmmeter	13 en 15	ontsteking uitgeschakeld	ca 0 Ω	kabelboom niet in orde (massaverbinding)	als testlamp dan nog niet brandt, stuurrelais vervangen. Leiding van klem 13 van multisteker naar meetklem van eindtrap (2) en leiding van klem 5 naar massaklem. Elektronica (1) met ohmmeter testen op geleiding.

verstuivers	ohmmeter	12 en 9	ontsteking uitgeschakeld	ca 4 Ω	onderbreking in kabelboom; verstuiver defect	leiding van klem 1 van multisteker naar toerentalrelais (klem 87) en naar klem 9. In multisteker met ohmmeter testen op geleiding. Elke verstuiver testen op geleiding. Meetwaarde 15–19 Ω .
gasklepschakelaar (nullastcontact)	ohmmeter	2 en 9	ontsteking uit; gaspedaal in ruststand gaspedaal intrappen	ca 0 Ω $\sim \Omega$	kabelboom onderbroken of gasklepschakelaar defect	leiding van klem 2 van multisteker naar klem 2 van gasklepschakelaar en van klem 9/4 van gasklepschakelaar naar klem 9 van multisteker, doormeten met ohmmeter. Gas-klepschakelaar afstellen.

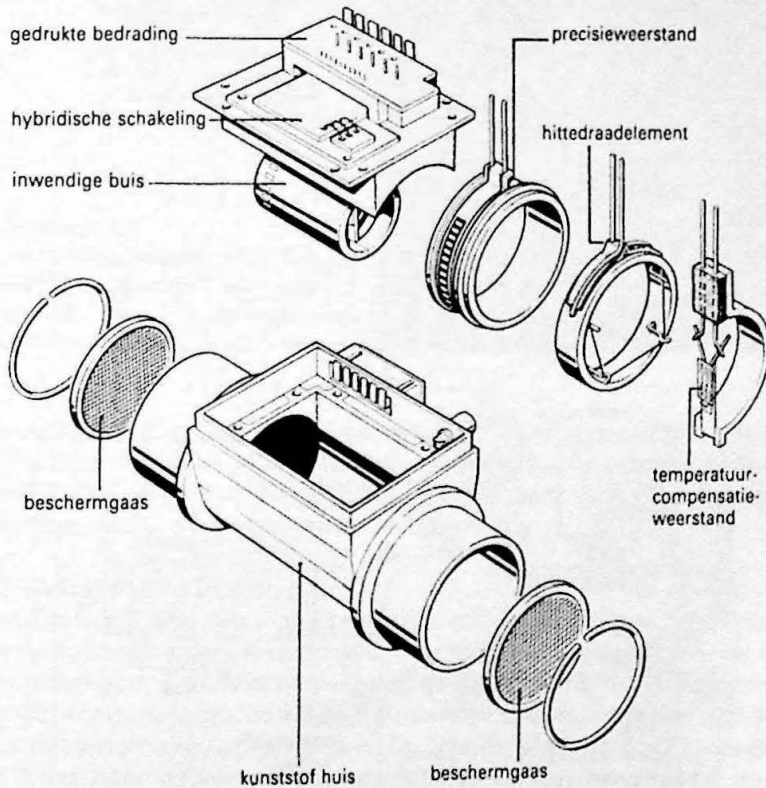
<i>functie of component</i>	<i>testen met:</i>	<i>meten tussen de klemmen:</i>	<i>tijdens test is:</i>	<i>test is positief als:</i>	<i>oorzaak negatieve test</i>	<i>foutzoekprocedure</i>
gasklepschakelaar (vollandcontact)	ohmmeter	3 en 9	gaspedaal in vol- laststand	ca 0 Ω		leiding van klem 3 van multisteker naar klem 3 van gasklepschakelaar en van klem 9/4 van gasklepschakelaar naar klem 9 van multisteker testen op geleiding. Meetwaarde ca 0 Ω .
temperatuurvoeler II	ohmmeter	10 en 5	ontsteking uitgeschakeld	bij 0 °C: 4,8–6,6 k Ω 20 °C: 2,2–2,8 k Ω 40 °C: 1,0–1,4 k Ω 80 °C: 270–380 Ω 100 °C: ca 200 Ω	kabelboom onderbroken; temperatuurvoeler defect	leiding van klem 10 van multisteker naar klem 10 van temperatuurvoeler en leiding van klem 38 van temperatuurvoeler naar massaklem. Elektronica testen op stroomdoorgang. Meetwaarde ca. 0 Ω .

luchtmeter	ohmmeter	8 en 9 7 en 5	ontsteking uit ontsteking uit	160–300 Ω 60–ca 1000 Ω	kabelboom of luchtmeter defect	leiding van klem 8 van multisteker naar klem 8 van luchtmeter en lei- ding van klem 9 van luchtmeter naar multisteker met ohmmeter op stroomdoorgang testen. Meetwaar- de ongeveer 0 Ω .
koudestartver- stuiver en temperatuur- tijdschakelaar	ohmmeter	4 en 5	leiding 57 van klem 50 (startmo- tor) lostrekken. Na test weer te- rugsteken.	boven 35 \pm 3 $^{\circ}\text{C}$: 50–75 Ω onder 35 \pm 3 $^{\circ}\text{C}$: 3–5 Ω	onderbroken kabel- boom; startverstui- ver en tijdschake- laar om de beurt vervangen tot ver- eiste waarden be- reikt zijn	leiding van klem 7 van multisteker naar klem 7 van luchtmeter en lei- ding van klem 40 naar klem 5 van multisteker op stroomdoorgang testen. Meetwaar- de ongeveer 0 Ω .

<i>functie of component</i>	<i>testen met:</i>	<i>meten tussen de klemmen:</i>	<i>tijdens test is:</i>	<i>test is positief als:</i>	<i>oorzaak negatieve test</i>	<i>foutzoekprocedure</i>
extraluchtschuif	testlamp	26 en 9/2 aan kabelboomsteker van extraluchtschuif	ontsteking ingeschakeld; motor starten	testlamp brandt	onderbroken kabelboom	weerstand van de koudestartverstuur tussen de klemmen 29 en 30 doormeten. Meetwaarde ca 4 Ω bij 20 °C. extraluchtschuif met ohmmeter doormeten. Meetwaarde ca 40–75 Ω .

6.4 De LH-Jetronic van Bosch

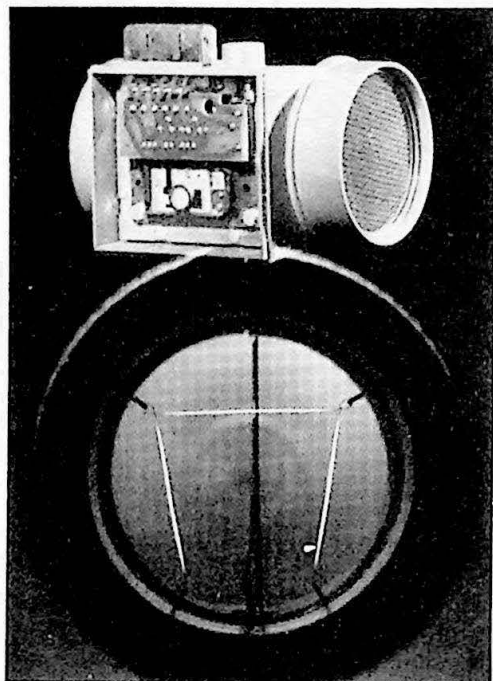
De nieuwe LH-Jetronic verschilt van de L-Jetronic door de hittedraad-luchtmeter (een massadebietmeter) en door de elektronische regeleenheid. Na een zeer lange ontwikkelingsfase en een uitgebreide beproeving in het laboratorium, op de motorproefstand en in testauto's werd in 1981 begonnen met de serieproductie. Basissenmerk is de massadebietmeter die werkt volgens het hittedraadprincipe: een tot rond 100 °C verhitte platinadraad met een doorsnede van 0.07 mm. De aangezogen lucht koelt de draad af. De voor de verhitting vereiste stroom wordt dan zo verhoogd, dat de gemiddelde temperatuur weer 100 °C is. De grootte van de benodigde stroom is een maat voor de aangezogen luchtmassa.



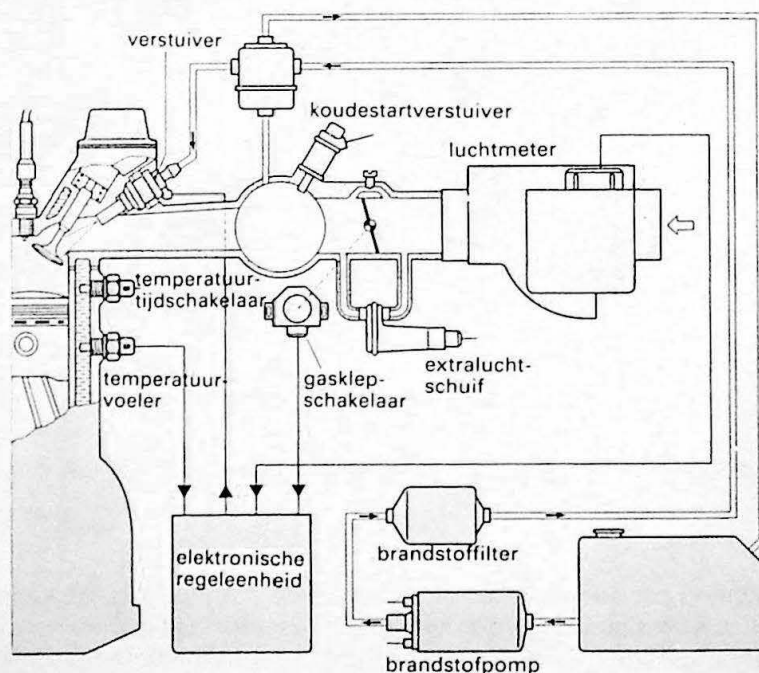
Figuur 6.44: Opbouw van de hittedraadmeter (massadebietmeter) van de LH-Jetronic (Bosch)

In tegenstelling tot alle andere tot nu toe in de auto toegepaste luchthoeveelheidsmeters wordt hier dus voor het eerst de luchtmassa gemeten, dus de voor de verbrandingsregeling feitelijk juiste fysische grootte. Het lucht-brandstofmengsel is aldus ook tijdens een rit op grote hoogte steeds constant. Een tweede voordeel is dat bij toepassing in de racesport geen remmende barrières – zoals bij de andere systemen – zijn ingebouwd. Door de afwezigheid van vreemde smookkleppen is het bereiken van maximale motorprestaties met dit systeem mogelijk.

In de elektronische regeleenheid op basis van digitale techniek wordt een micro-computer gebruikt, die uit drie componenten (met een hoge integratiegraad) bestaat: de CPU (Centraal Processing Unit), de Input-Output-eenheid en een geheugen van 2000 woorden met een bitbreedte van 10.

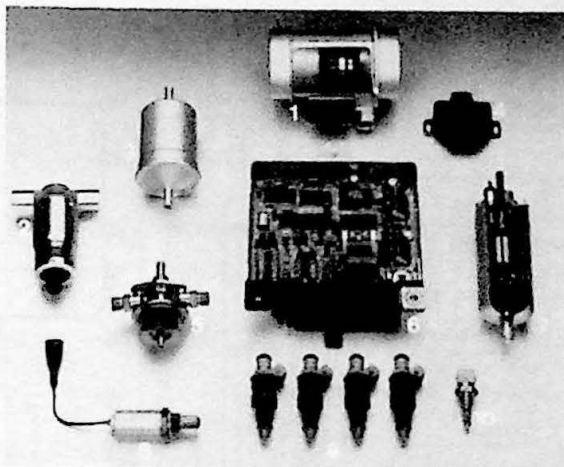


Figuur 6.45: De hittedraadmeter van de LH-Jetronic. Duidelijk is de 0,07 mm dikke platinadraad te zien, die wordt beschermd door een luchtrooster (Bosch)



Figuur 6.46: Schema van de LH-Jetronic (Bosch)

Om de luchtmassa ook bij pulsaties in het spuitstuk te kunnen meten, wordt het uitgangssignaal van de hittedraadmeter met zeer korte tussenpozen gemeten en door de rekenenheid verwerkt. In het hier beschreven geval gebeurt dat met een onderlinge afstand van éénderuitste seconde of, anders uitgedrukt: duizend maal per seconde!



Figuur 6.47: Onderdelen van de LH-Jetronic (Bosch)

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1 Luchtmassameter | 6 Elektronische regeleenheid |
| 2 Stationaire stelinrichting | 7 Brandstofpomp |
| 3 Brandstoffilter | 8 Lambdasonde |
| 4 Gasklepschakelaar | 9 Verstuiers |
| 5 Brandstofdrukregelaar | 10 Temperatuurvoeler |

De LH-Jetronic is vooral voor de USA interessant, omdat daar ook op grote geografische hoogte aan de eisen ten aanzien van de uitlaatgassenstelling moet worden voldaan. De van de hoogte onafhankelijke luchtmeting maakt een membraandoos voor de hoogtecorrectie overbodig.

6.5 De KE-Jetronic van Bosch

Bij de mechanische, continu inspuitende K-Jetronic stuurt een luchtmeting met stuwklep de doseerplunjer, waardoor in meerdere of mindere mate de doseersleuven worden geopend. Met een verschildrukklep wordt de drukval over deze sleuven constant gehouden, zodat de brandstofhoeveelheid alleen van de doorlaat van de doseersleuven afhankelijk is. De brandstof wordt onder een druk van ongeveer 4 bar naar de verstuiers geperst. De verstuiers openen en sluiten autonoom tot zo'n 2000 maal per seconde en vernevelen zo de brandstof zeer fijn.

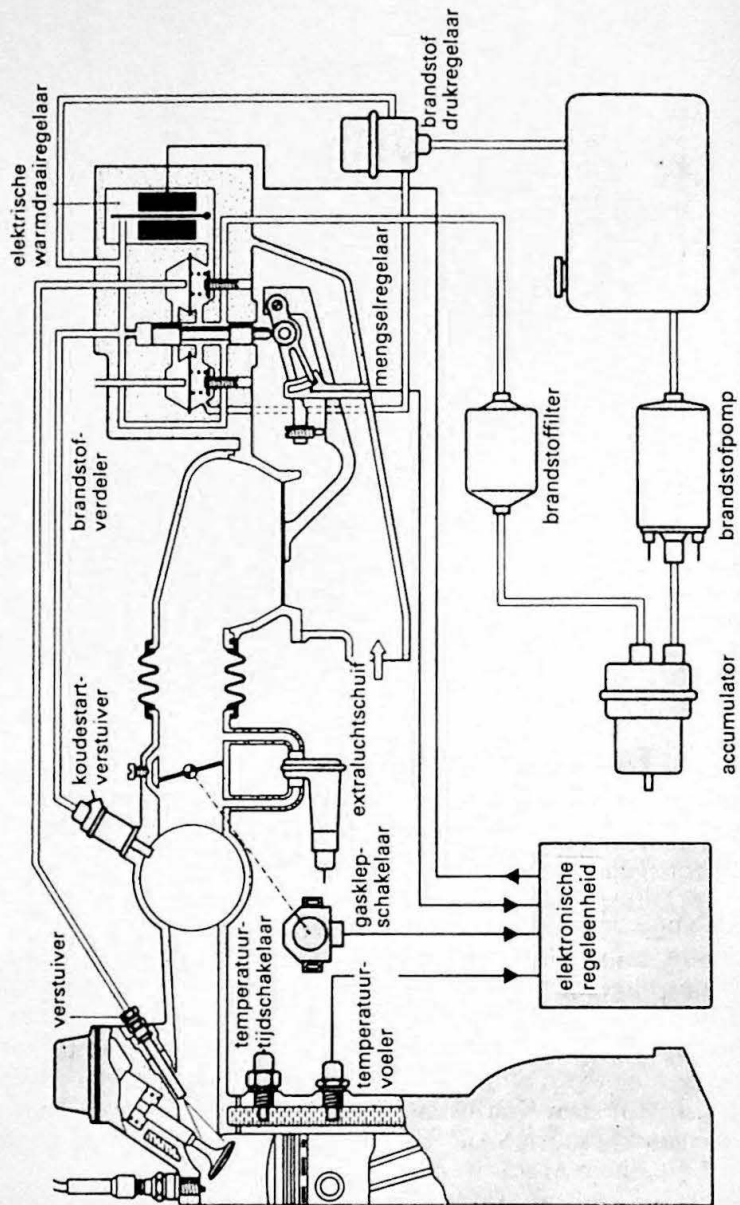
Om bij koude motor meer brandstof ter beschikking te hebben, wordt de tegendruk van de doseerplunjer door de warmdraairegelaar gevarieerd. Bij koude motor is deze tegendruk laag, ongeveer 0,5 bar. Bij warme motor is de druk hoog en bedraagt ongeveer 3,6 bar.

De warmdraairegelaar is op de motor aangebracht. Daardoor is de temperatuur van de regelaar strikt afhankelijk van die van de motor. Door een elektrisch verwarmde bimetalen strip is een extra tijdsafhankelijke regeling mogelijk.

Strengere uitlaatgaswetten en stijgende brandstofprijzen verhogen de eisen aan het warmdraaigedrag. Ook tijdens het warmdraaien moet het mengsel namelijk zo arm mogelijk zijn, waarbij het rijgedrag niet negatief beïnvloed mag worden.

Hoewel ook ingewikkelde functies principieel op mechanische wijze gerealiseerd kunnen worden, heeft de elektronica hier voordelen. Het lag daarom voor de hand om, met behoud van de basisfuncties van de K-Jetronic, de extra functies met behulp van elektronische hulpschakelingen te verwerklijken. Het resul-

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

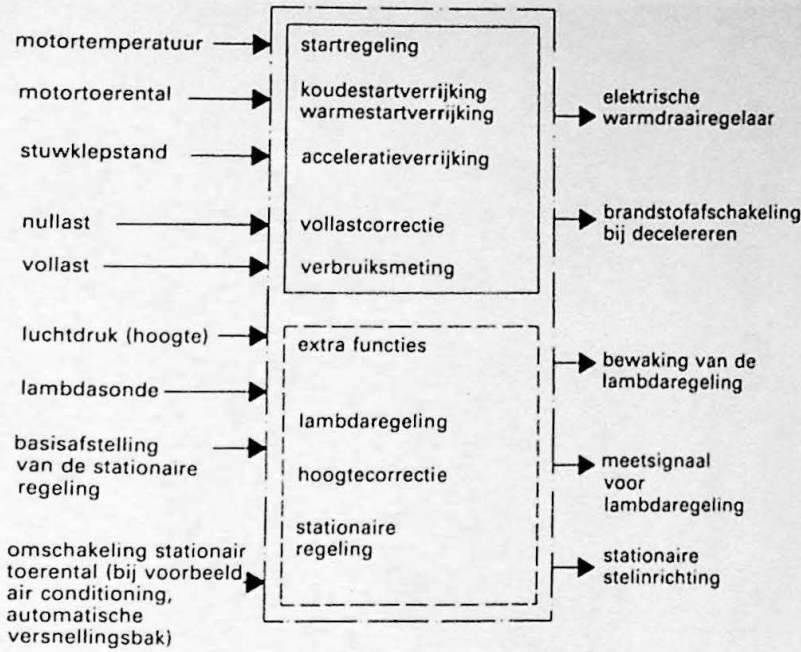


Figuur 6.48: Plaats van de onderdelen van de KE-Jetronic in een voertuig (Bosch)

taat hiervan is de KE-Jetronic, waarvan het basisschema lijkt op dat van de K-Jetronic.

In plaats van de tot nu toe gebruikte warmdraaieregelaar wordt een elektrisch regelbaar stelmechanisme direct op de mengselregelaar gemonteerd. Het ontvangt zijn signalen van een elektronische regeleenheid. Dit stelmechanisme verandert de verschildruk over de doseersleuven. De tegendruk van de doseerplunjer blijft constant.

De KE-Jetronic is een elektronisch geregelde benzine-inspuiting, waarmee ook gecompliceerde functies tijdens het warmdraaien, bij de vollastverrijking, bij het overneemgedrag na het decelereren enz. kunnen worden gerealiseerd. Bij het



Figuur 6.49: Functies en mogelijke hulpfuncties van de regeleenheid van de KE-Jetronic (Bosch)

nieuwe systeem worden echter alle 'intelligente' extra functies elektronisch tot stand gebracht. In tegenstelling met de L-Jetronic, die intermitterend werkt, wordt de brandstof bij de KE-Jetronic echter continu ingespoten. De KE-Jetronic heeft daarom uitstekende 'noodeigenschappen', mocht er onverhoopt een defect in de elektronica optreden.

6.6 De elektronische benzine-inspuiting van Lucas

Lucas Service Electrical Ltd heeft van Robert Bosch GmbH belangrijke rechten in de D-Jetronic van Bosch verworven en rust daarmee dan ook auto's met twaalfcilindermotoren uit.

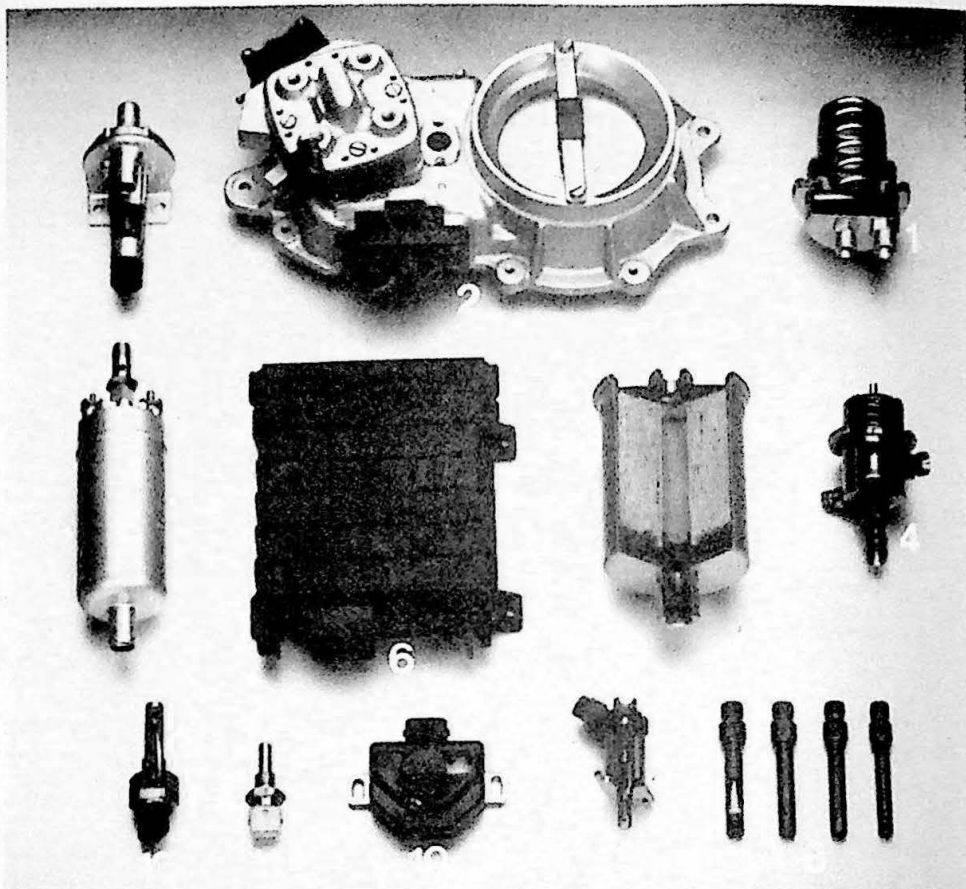
Omdat het basisprincipe van de D-Jetronic in paragraaf 6.1 uitgebreid beschreven is, zal hier slechts op de wijzigingen worden ingegaan, die door het aanpassen op twaalfcilindermotoren nodig waren en die door Lucas in de bekende installatie zijn aangebracht.

6.6.1 Het brandstofsysteem

De elektrische brandstofpomp zuigt de brandstof via een toevoerregelklep aan uit de tank. De onder de persdruk van de pomp staande brandstof wordt door een fijnfilter naar twee kringleidingen gepompt. In elke kringleiding is een drukregelaar ondergebracht, die de druk in de leiding op 2,1 bar overdruk begrenst. Door de retourleidingen wordt de overtollige brandstof via een retourregelaar naar de tank teruggeleid.

De elektrische brandstofpomp

De elektrische brandstofpomp komt overeen met de in de D-Jetronic gebruikte uitvoering.



Figuur 6.50: De onderdelen van de KE-Jetronic (Bosch)

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 Accumulator | 7 Brandstofpomp |
| 2 Mengselregelaar | 8 Verstuivers |
| 3 Extraluchtschuif | 9 Koudestartverstuiver |
| 4 Brandstofdrukregelaar | 10 Gasklepschakelaar |
| 5 Brandstoffilter | 11 Temperatuurvoeler |
| 6 Elektronische regelenheid | 12 Temperatuur-tijdschakelaar |

De drukregelaar

Ook de drukregelaar komt overeen met het type, dat in de D-Jetronic wordt toegepast (zie de desbetreffende paragraaf 6.1.1.4).

De verstuivers

Voor de verstuivers geldt hetzelfde als voor de brandstofpomp en de drukregelaar. Zie daarom de desbetreffende paragraaf.

De koudestartverstuiver en de temperatuur-tijdschakelaar

De elektrische koudestartverstuiver en de sturing ervan via een temperatuur-tijdschakelaar is identiek aan de uitvoering in de D-Jetronic. Zie de desbetreffende paragrafen.

6.6.2 Het luchtsysteem

Het luchtsysteem komt overeen met de D-Jetronicuitvoering. Zie paragraaf 6.1.2.

6.6.3 De elektronische regeling met sensoren

De wijze van schakelen van de verstuivers

Bij de D-Jetronic werd ervan uitgegaan dat vóór de gesloten inlaatkleppen van de motor zo kort mogelijke opslagtijden voor de ingespoten brandstof ontstaan, omdat daardoor de brandstofrijke vullingsgraad bij hoge toerentallen verbeterd kan worden.

Anderzijds zorgen opslagtijden voor een betere menging van aangezogen lucht en brandstof en aldus voor een eenvoudiger beheersing van de schadelijke onverbrande koolwaterstoffen in het uitlaatgas.

Om deze redenen en omdat de constructieve uitvoering van twaalf regelkringen onrealistisch was, worden bij de inspuiting van Lucas de verstuivers in twee groepen van zes geschakeld, geordend volgens de ontstekingsvolgorde en wel zodanig, dat telkens voor zes achter elkaar ontstekende cilinders wordt ingespoten.

De elektronische regeleenheid

Vanwege het aantal verstuivers is de van de D-Jetronic overgenomen regeleenheid (zie de desbetreffende paragrafen) voorzien van een stroomversterker, die de impulsen van de regeleenheid naar de verstuivers versterkt.

De versterker

De versterker ontvangt de stuurimpulsen van de regeleenheid. Hij versterkt ze en stuurt ze door de afzonderlijke verstuivers. Twee ingangssignalen, één voor elk van beide verstuivergroepen, bekrachtigen vermogenstransistors, die de versterkte impulsen naar de overeenkomstige verstuivers doorleiden. Gedurende de tijd dat de signaalimpuls duurt worden de verstuivers geopend.

Er zijn twee verbindingsleidingen aangebracht. De hoofdverbinding transporteert de signaalimpulsen naar de versterker en voedt deze uit het boordnet van de accu. De tweede verbinding zorgt voor het transport van de uitgangssignalen naar de kabelboom, waarlangs de versterkte impulsen de verstuivers bereiken.

De inspuitcommandoschakelaar

De werking van het inspuitcommando is dezelfde als bij de D-Jetronic, maar de opbouw is anders.

In de verdeler is een commandocontactplaat ondergebracht, waarop op een onderlinge afstand van 180° twee tongschakelaars zijn aangebracht. Deze tongcontacten worden telkens gesloten, als een in de rotor ingegoten magneet langs de contacten draait.

De drukvoeler

De drukvoeler komt overeen met de uitvoering van de D-Jetronic met vollastverrijking. Zie daarom de desbetreffende paragraaf.

De temperatuurvoelers I en II

De temperatuurvoelers komen overeen met de D-Jetronicuitvoering, waarbij temperatuurvoeler II de koelwatertemperatuur van de motor meet. Zie de desbetreffende paragraaf.

De gasklepschakelaar

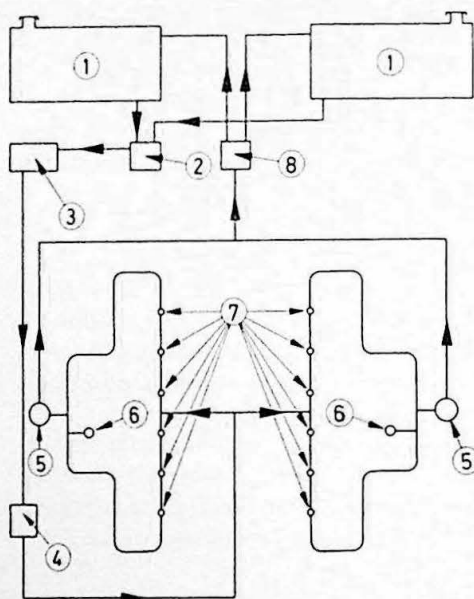
De gasklepschakelaar komt overeen met de uitvoering met vollastcontact van de D-Jetronic. Zie de desbetreffende paragraaf.

6.6.4 Controle- en afstelwerkzaamheden aan de elektronische benzine-inspuiting van Lucas

De opmerkingen in paragraaf 6.1.4 over de controle en afstelling van de D-Jetronic en de bijzondere aanwijzingen bij auto's met elektronische benzine-inspuiting gelden ook voor dit systeem. Als speciaal gereedschap is bovendien de diagnosetester Lucas Eptest nodig.

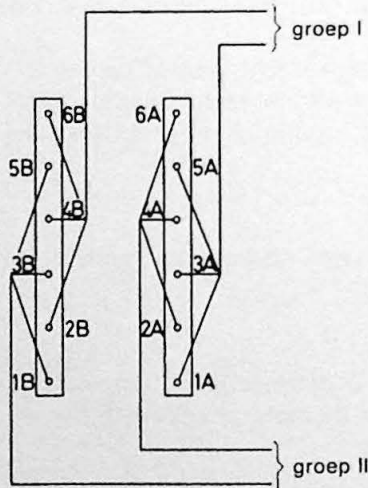
Wat betreft het afstellen van het stationaire toerental, van de CO-waarde bij stationair draaien, van de drukregelaar en van de gasklepschakelaar, gelden principieel de opmerkingen in paragraaf 6.1.4 ook voor het systeem van Lucas, zodat deze opmerkingen hier niet herhaald behoeven te worden.

De gegeven testhandleiding moet voor de Lucas-inspuiting worden uitgebreid met het testen van de versterker. Ook aan de diagnosetabel behoeven slechts de storingen in de versterker te worden toegevoegd.



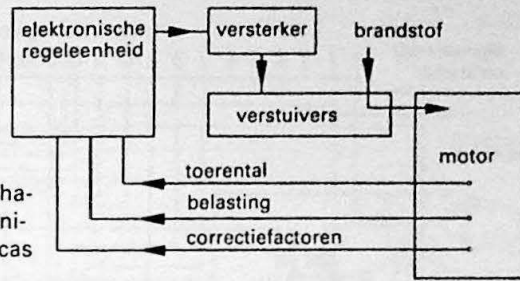
Figuur 6.51: Brandstofsysteem van de elektronische benzine-inspuiting van Lucas (Lucas Ltd)

- 1 Brandstoftank (tweemaal)
- 2 Toevoerregelaar
- 3 Brandstofpomp
- 4 Brandstoffijnfilter
- 5 Drukregelaar (tweemaal)
- 6 Koudestartverstuiver (tweemaal)
- 7 Verstuivers (twaalf maal)
- 8 Retourklep

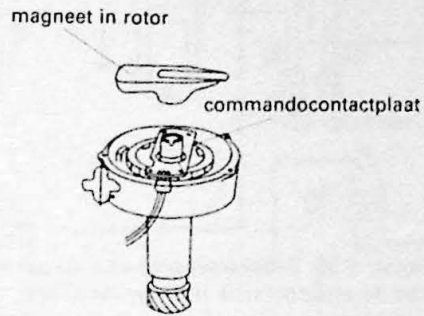


Figuur 6.52: Schakelschema van de elektronische inspuiting van Lucas voor het aansturen van de twaalf verstuivers (Lucas Ltd)

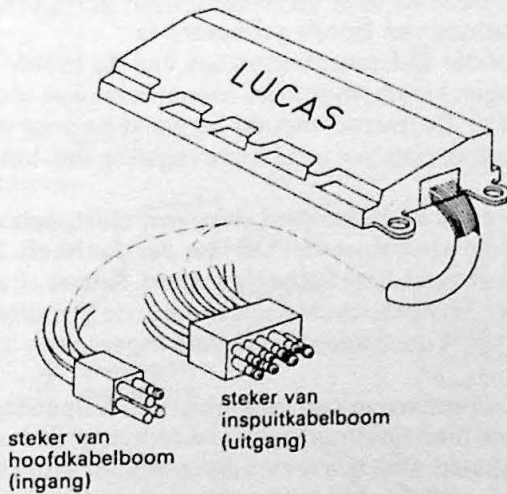
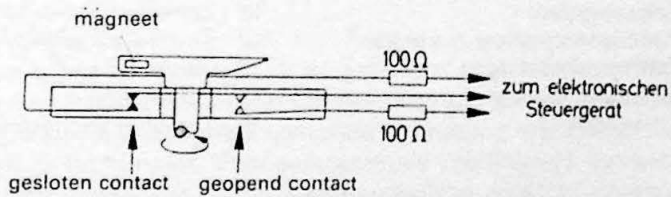
Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.53: Schema van het tussenschakelen van een versterker bij de elektronische benzine-inspuiting van Lucas (Lucas Ltd)

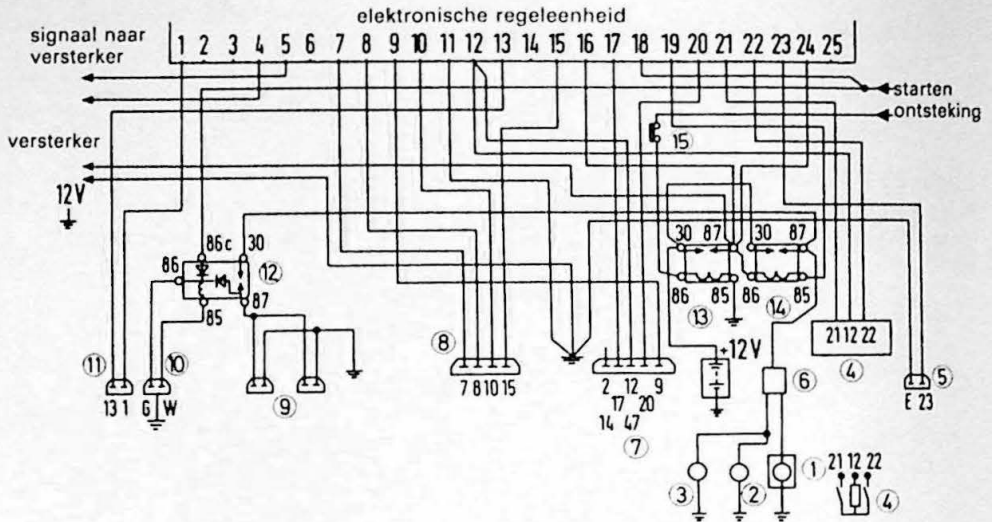


Figuur 6.54: Sturing van de commandocontactplaat in de verdeler door middel van een magneet in de rotor (Lucas Ltd)



Figuur 6.55: Regelversterker van de elektronische inspuiting van Lucas (Lucas Ltd)

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.56: Schakelschema van de elektronische regeleenheid en van de sensoren van de elektronische benzine-inspuiting van Lucas (Lucas Ltd)

- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1 Elektrische brandstofpomp | 9 Elektrische koudestartverstuiver |
| 2 Toevoerregelaar | 10 Temperatuur-tijdschakelaar |
| 3 Retourregelaar | 11 Temperatuurvoeler II |
| 4 Commandoregelaar in verdeler | 12 Koudestartrelais |
| 6 Tankomschakeling | 13 Hoofdreleis |
| 7 Gasklepschakelaar | 14 Pomprelais |
| 8 Drukvoeler | 15 Traagheidsschakelaar |

6.7 De ECI-inspuiting van Mitsubishi

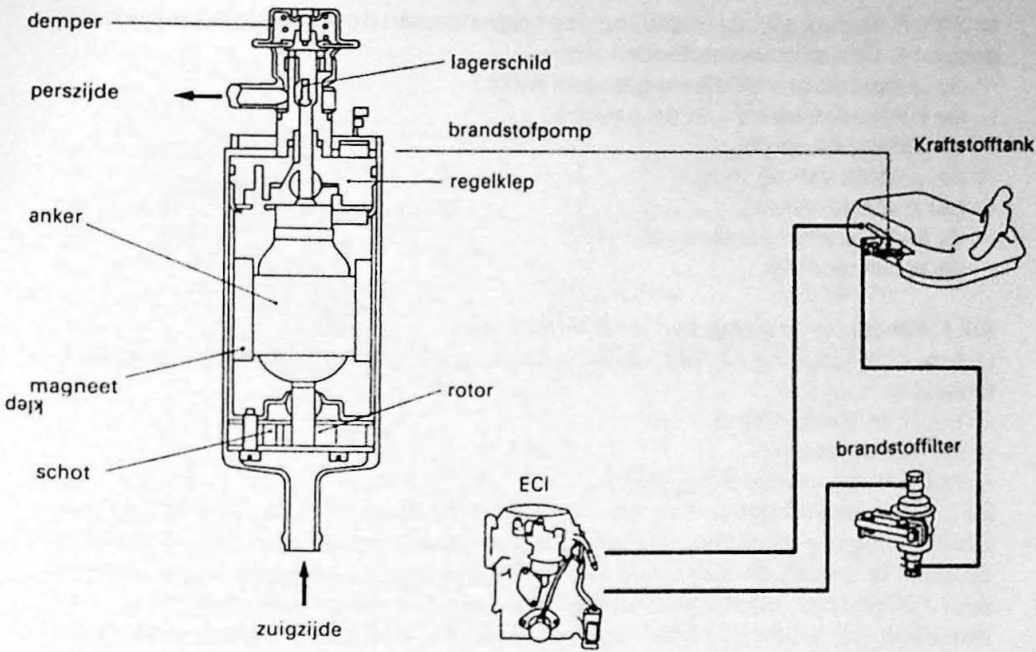
De recentelijk ontwikkelde 2,0-liter turbomotor van Mitsubishi met een vermogen van 125 kW (170 pk) beschikt over een elektronisch geregelde benzine-inspuiting, die op basispatenten van Bosch gebaseerd is.

Het ECI-systeem maakt onder alle bedrijfscondities van de motor een precieze bepaling van de aangezogen luchthoeveelheid mogelijk en wel met behulp van een luchtmassadebietmeter. De microcomputer verwerkt de door de luchtmeter afgegeven signalen. Daardoor ontstaat een exacte regeling van het lucht-brandstofmengsel.

Bij de ECI-inspuiting wordt de brandstofdruk door een elektrisch aangedreven schottenpomp geleverd, die een debiet van 110 liter per uur heeft. De drukregelklep is op een openingsdruk van 4,5 tot 6,0 bar ingesteld. Na het afregelen van de druk, wat gebeurt door een brandstofdrukregelaar die in de inspuiteenheid is opgenomen, wordt om de beurt door twee verstuivers ingespoten in de mengkamer.

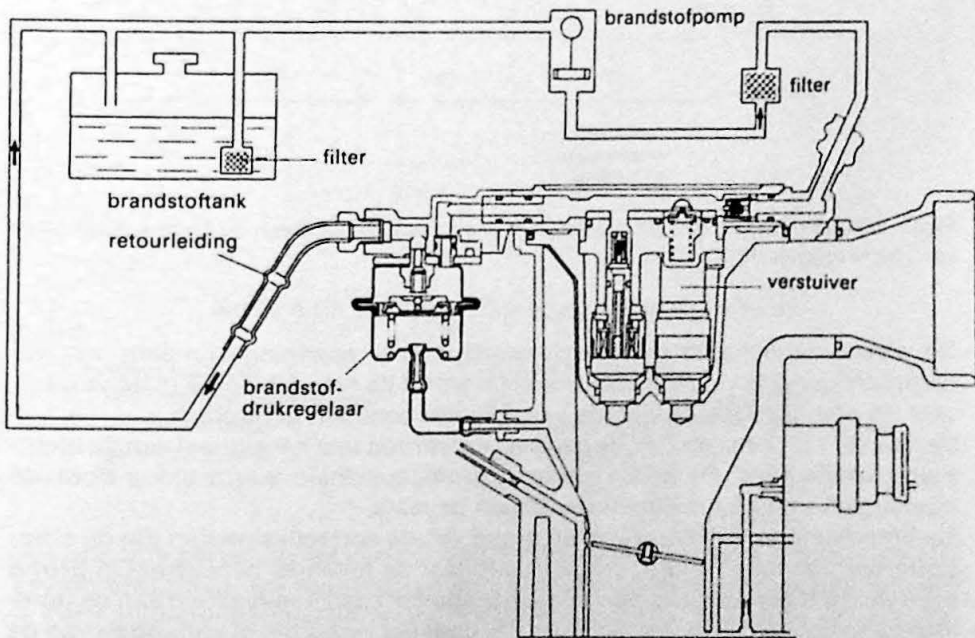
Het ECI-systeem bestaat uit een computer, verstuivers en hulpc componenten. De aan de motor toegevoegde brandstofhoeveelheid wordt door de inspuutfrequentie en de inspuittuur bepaald. Daartoe levert de computer stuurimpulsen, die gevormd worden in functie van de gemeten luchtmasa en de correctiewaarden. Bij hoge vermogens domineert het motortoerental over de gemeten luchtmasa bij het bepalen van de toe te voeren brandstofhoeveelheid.

De massa van de aangezogen lucht wordt gecontroleerd door een luchtmeter die in het luchtfilter is ondergebracht. De voor een optimaal lucht-brandstofmengsel vereiste brandstoftoevoer vindt plaats via twee boven de gasklep gemonteerde verstuivers. Het transport van de brandstof naar de verstuivers wordt door een



Figuur 6.57: Het brandstofsysteem van de ECI-inspuitinstallatie (Mitsubishi)

elektrische brandstofpomp verzorgd. De drukregelaar regelt de brandstofdruk. Hierdoor blijft de verhouding tussen brandstofdruk en spuitstukdruk constant. De verstuivers werken via een digitale computer synchroon met elke zesde elektrische impuls van de luchtmeter. Voor een optimale voeding van de motor met een lucht-brandstofmengsel van de juiste samenstelling, wordt bij constante in-



Figuur 6.58: Er wordt door twee verstuivers om de beurt ingespoten (Mitsubishi)

spuitedruk de duur van de inspuiting door signalen van de correctiesystemen bijgestuurd. De correctiegrootheden zijn:

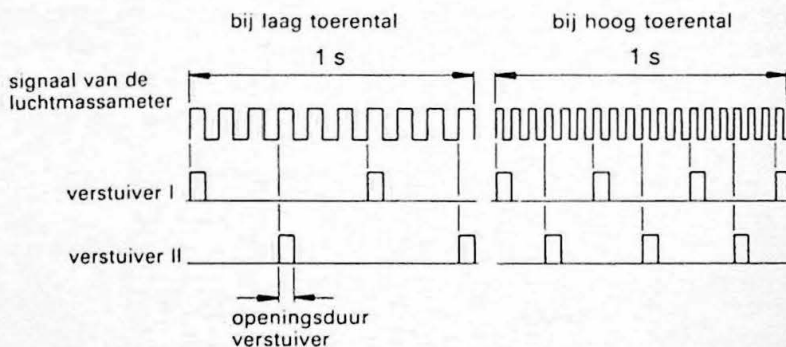
- de temperatuur van de aangezogen lucht;
- de stationaire stand van de gasklep;
- de gasklepbeweging;
- de vuldruk van de motor;
- het motortoerental;
- de koelwatertemperatuur en
- de accuspanning.

6.7.1 Functie en werking van de ECI-inspuiting

Ook de ECI-inspuiting van Mitsubishi is opgedeeld in de drie bekende systemen, te weten:

- het brandstofsysteem;
- het luchtsysteem;
- het controle- en sensorsysteem.

De lucht-brandstofverhouding wordt via het door de luchtmeter bepaalde massadebiet door de computer berekend. Omdat de brandstofdruk in de verstuiers constant is, beslist de frequentie van de inspuiting per seconde en de inspuitduur, hoeveel brandstof ingespoten wordt. Daarbij verloopt de frequentie van de inspuiting synchroon met ieder zesde signaal van de luchtmeter, dat in de vorm van een digitaal signaal in verhouding tot de aangezogen luchtmassa wordt afgegeven. De frequentie van het uitgangssignaal van ongeveer 30 tot 50 Hz bij nullast en 1 à 1,5 kHz bij vollast is echter voor alle inspuitmotoren identiek.



Figuur 6.60: Bij de ECI-inspuiting ontstaat met elk zesde signaal van de luchtmassameter een inspuitimpuls (Mitsubishi)

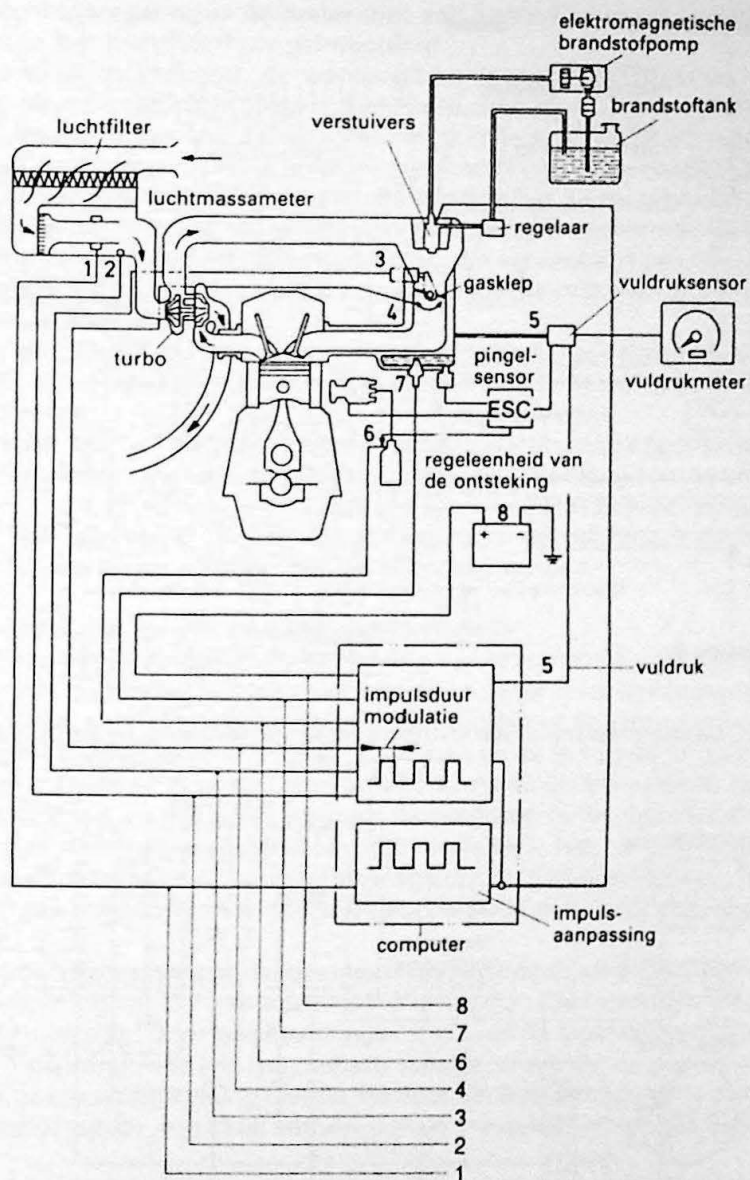
De elektromagnetische verstuiers worden door spanningssignalen van de computer geopend. Door de drukregelaar wordt de brandstofdruk in de verstuiers op een gemiddelde waarde van 2,55 bar constant gehouden.

Verstuiver 1 en 2 worden om de beurt en synchroon met het signaal van de lucht-meter bekrachtigd. De geleverde brandstofhoeveelheid wordt aldus door de openingsduur en het aantal inspuitingen bepaald.

De brandstofhoeveelheid wordt op grond van de correctiesignalen die de computer worden toegestuurd, omgerekend naar de feitelijke behoefte. Op grond hiervan vindt een aanpassing van de in te spuiten basishoeveelheid aan de feitelijke behoefte van de motor plaats en wel door het verkorten of verlengen van de inspuitduur.

De massadebietmeter werkt volgens het principe van de Kármánluchtwerveling.

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

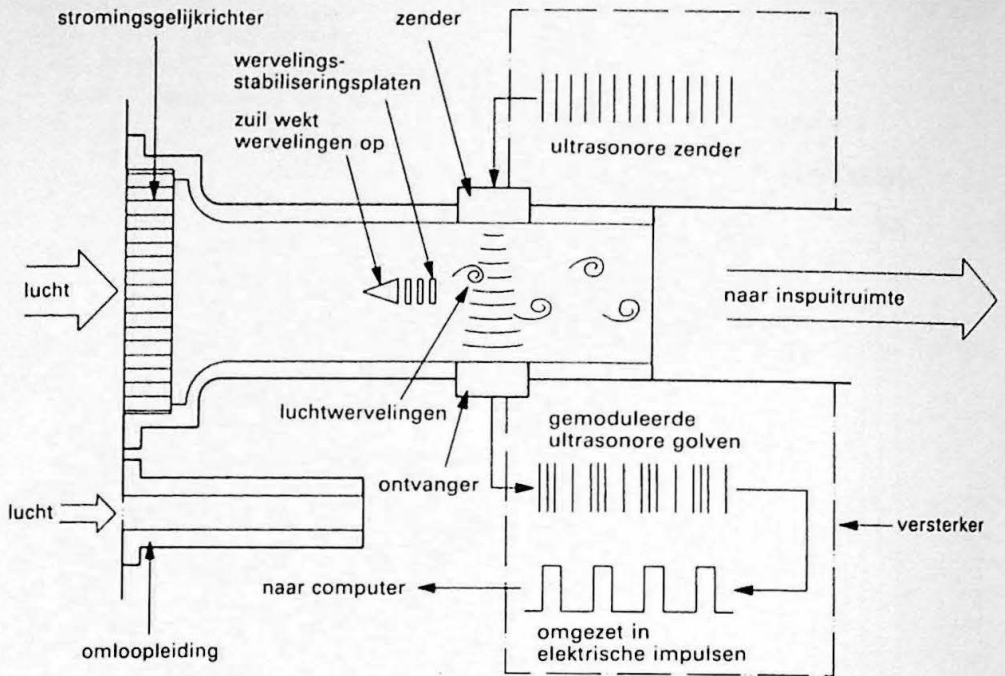


Figuur 6.59: Het totale ECI-inspuitsysteem (Mitsubishi)

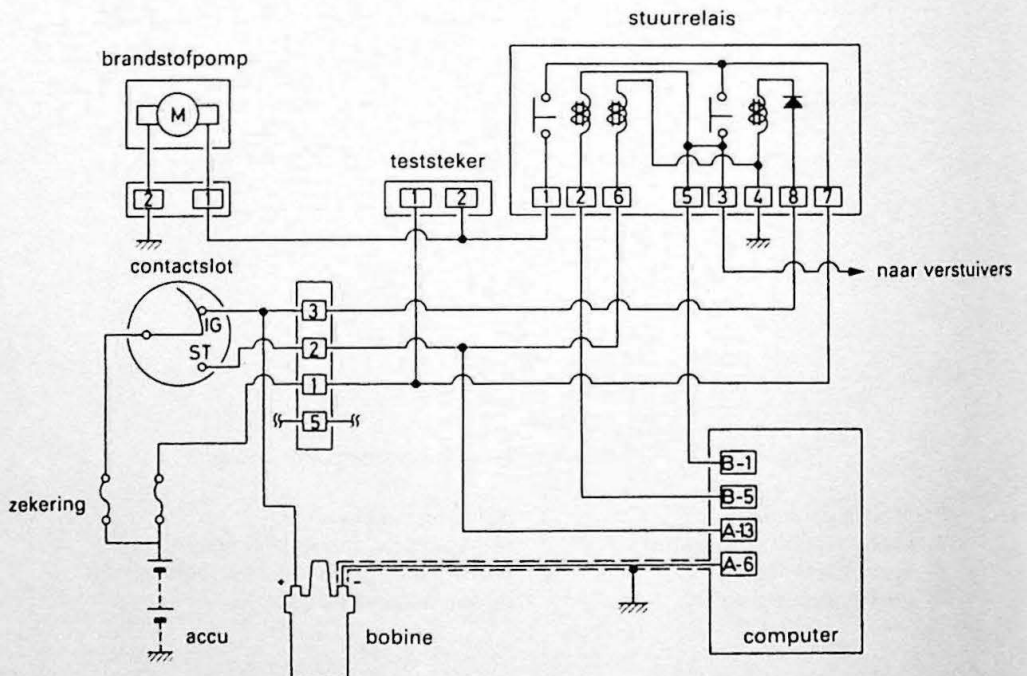
- | | |
|----------------------------|---|
| 8 accuspanning | 3 nullastschakelaar |
| 7 koelvloeistoftemperatuur | 2 temperatuur aangezogen lucht |
| 6 motortoerental | 1 elektrische impulsen overeenkomstig de luchtwerfrequentie |
| 4 gasklepbeweging | |

Het principe berust op het verschijnsel dat een in het luchtkanaal geplaatste zuil asymmetrische, maar regelmatige wervelingen opwekt. Deze luchtverwelingen – Kármán-wervelstraten genoemd – worden ultrasonoor gemeten en in de versterker van de luchtmeten in een elektrisch signaal omgezet. Om gewicht uit te sparen is de luchtmeten van kunststof vervaardigd. Voor de

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.61: De luchtmassameter werkt volgens het Kármán-wervelprincipe (Mitsubishi)



Figuur 6.62: De werking van de elektrische brandstofpomp wordt door de computer via een veiligheidsschakeling bewaakt (Mitsubishi)

doorstromingsregeling is de meter met een luchtomloopkanaal uitgerust. De meter is in het luchtfilterhuis geïntegreerd.

Een stromingsgelijkrichter, de wervelzuil en de stabiliseringsplaten zijn in de luchtmeter ondergebracht. De wand van het luchtmeterhuis is inwendig bekleed met akoestisch materiaal, dat onregelmatige reflecties van de ultrasonore golven moet verhinderen. De ultrasonore geluidsgolf van de zender bereikt de ontvanger in een gewijzigde vorm, overeenkomstig het aantal wervelingen in de wervelstraat. De ontvangen, gemoduleerde ultrasonore golven worden door de versterker in elektrische impulsen omgezet, die eveneens in een bepaalde verhouding tot het aantal luchtwervelingen staan. Deze impulsen worden naar de computer gestuurd.

De computer stuurt de verstuivers synchroon met elk zesde signaal van de luchtmeter of met een vaste frequentie, afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden van de motor.

Als de motor om de een of andere reden afslaat, wordt om veiligheidsredenen de brandstoftoevoer door de computer uitgeschakeld. Verder wordt de impuls van de bobine door de computer verwerkt. Zo kan via een inspuithoeveelheidsregeling een over de toeren draaien van de motor door het begrenzen van het maximale motortoerental op 6500 min^{-1} verhinderd worden.

6.7.2 De onderdelen van de ECI-inspuitinstallatie

De luchtfiltereenheid van de ECI-inspuiting van Mitsubishi bestaat uit het luchtfilterhuis, de massadebietmeter met een sensor voor de aangezogen-luchttemperatuur, een olieafscheider en het filterelement. Nadat de aangezogen lucht het filterelement gepasseerd is, worden de massa en de temperatuur van de lucht door de luchtmeter bepaald. Deze lucht komt via de luchtinlaatbuis, vermengd met de lucht die via het omloopkanaal binnenkomt, in de inspuiteenheid.

In deze compacte eenheid zijn de beide verstuivers, het controlemechanisme van de gasklepstand, de brandstofdrukregelaar, de nullastschakelaar, de regelbare weerstand voor de afstelling van de CO-waarde en de gasklepsensor ondergebracht.

De verstuiverplunjers worden door veerspanning omlaagedrukt. Daardoor ontstaat een speling van 0,1 mm tussen schijf en plunjer. Deze speling komt overeen met de plunjerslag. Door een spanningsimpuls van de regeleenheid wordt in de spoel van de verstuiver een magnetisch veld gevormd, dat de plunjer omhoogbeweegt, zover als de speling toelaat. Na door het filter gestroomd te zijn, bereikt de brandstof onder een druk van 2,5 bar de verstuiver en verlaat deze via de spleet.

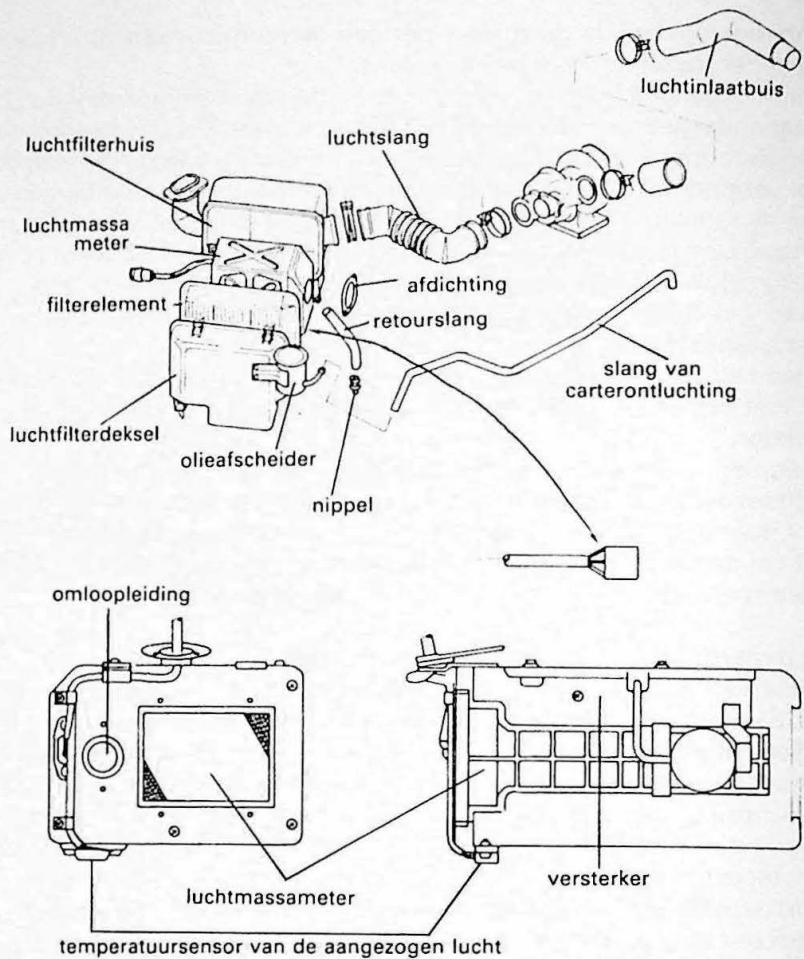
De brandstofdrukregelaar is op de inspuiteenheid gebouwd. Overschrijdt de door de brandstofpomp geleverde druk de ingestelde waarde, dan opent de regelklep in de retourleiding. De regelfunctie vindt plaats door de kracht van de veer in de regelaar alsmede door de in de menbraankamer heersende positieve of negatieve druk.

Parallel met de verstuiver is een pulsatiedemper geschakeld. Het membraan van de demper staat onder veerspanning; onder het membraan bevindt zich een luchtkamer. Dit membraan verhindert drukvariaties van de brandstof in de brandstofkamer, welke drukvariaties door de werkwijze van de verstuivers zouden kunnen ontstaan.

Een inrichting voor versneld stationair draaien zorgt ervoor, dat afhankelijk van de koelwatertemperatuur van de motor, de gasklep tijdens het warmdraaien enigszins gaat openstaan. De werking lijkt op die van een carburateur zonder choke.

Met behulp van een controlemechanisme wordt de openingshoek van de gas-

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.63: Luchtfiltereenheid van de ECI-inspuiting (Mitsubishi)

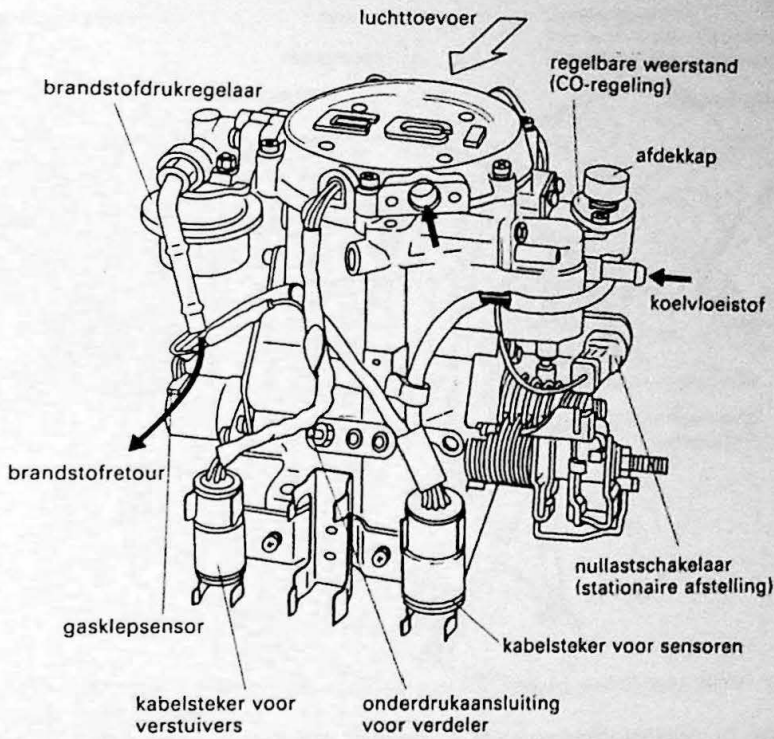
klep bij koude motor gemeten, waardoor ontstekingsproblemen vermeden worden. Op deze wijze is bij koude motor ondanks een geheel ingetrapt gaspedaal slechts een beperkte openingshoek van de gasklep mogelijk. Pas bij toenemende koelwatertemperatuur, hoger dan 60°C , kan de gasklep verder geopend worden, omdat de bedieningshefboom pas dan door de blokkeerstift wordt vrijgegeven. Een nullastschakelaar bepaalt de stand van de gasklep bij stationair toerental en stuurt een overeenkomstig signaal naar de computer. Bovendien kan door het verdraaien van de schakelaar het stationaire toerental met de hand worden bijgesteld. Als de gasklep uit de ruststand op de schakelstift gelicht wordt, gaat de schakelaar openstaan. De 'uit'-stand is dan bereikt. Met een regelbare weerstand wordt het CO-aandeel in het uitlaatgas afgesteld.

Ook de gasklepsensor is een variabele weerstand. Met het verdraaien van de gasklepas verandert de uitgangsspanning, die als signaal naar de computer wordt gestuurd.

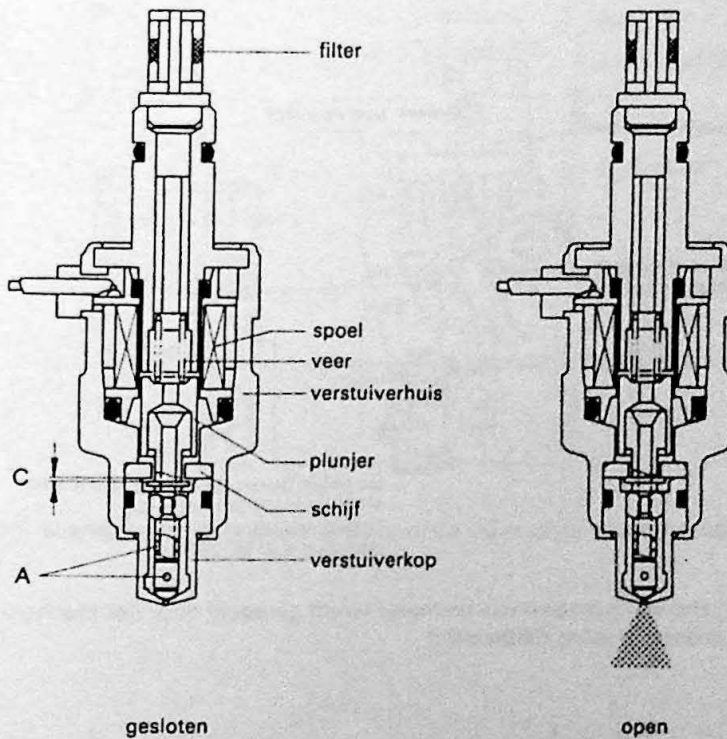
De leidingen van de nullastschakelaar, de regelbare weerstand en de gasklepsensor zijn in één kabelsteker samengebracht.

De ingangssignalen van de computer zijn afkomstig van de sensoren, die informatie leveren over de bedrijfsconditie van de motor. Deze signalen, evenals het basissignaal van de luchtmetr, worden door de computer verwerkt en omgere-

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

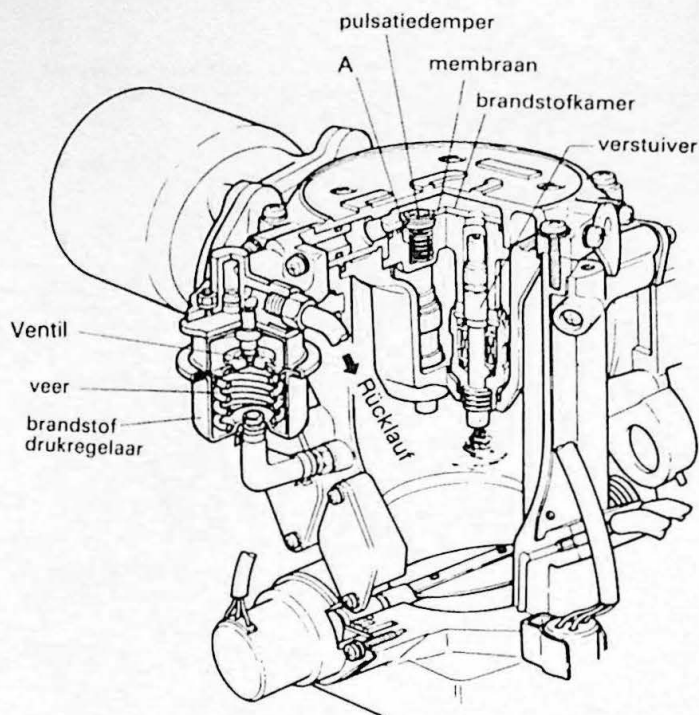


Figuur 6.64: De inspuiteenheid omvat verschillende componenten van de ECI-installatie (Mitsubishi)

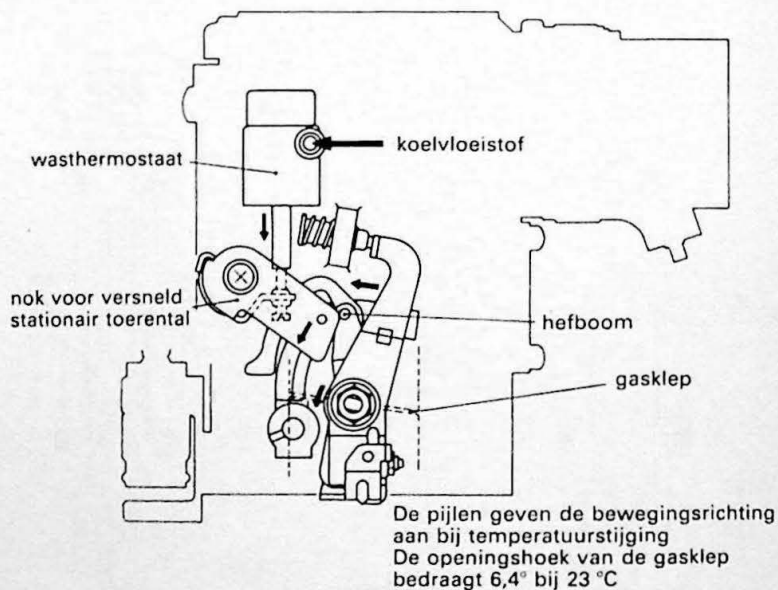


Figuur 6.65: De verstuiers worden door de computer met een spanningsimpuls gestuurd (Mitsubishi)

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.66: De brandstofdrukregelaar is uitgerust met een pulsatiedemper 'A' (Mitsubishi)

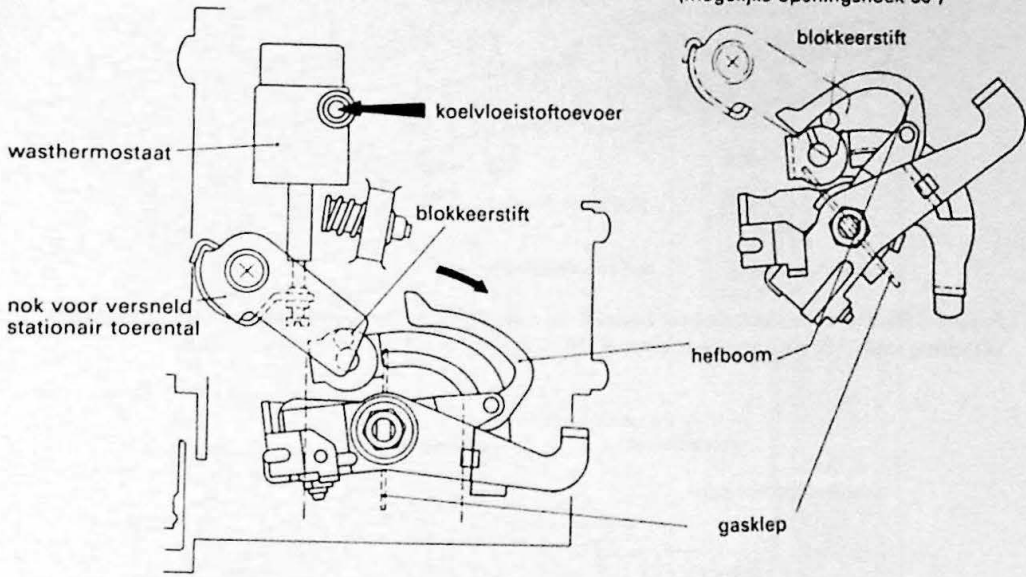


Figuur 6.67: Het warmdraaien van de motor wordt geregeld door het mechanisme voor versneld stationair draaien (Mitsubishi)

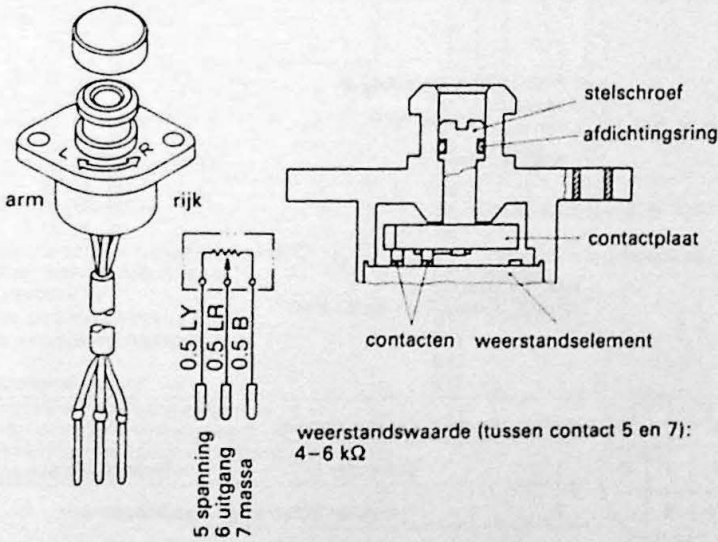
Elektronisch geregelde benzine-inspuiting

Gasklepstand bij volgas
boven 60 °C

Gasklepstand bij
een koelvloeistoftemperatuur van 60 °C
(mogelijke openingshoek 50°)

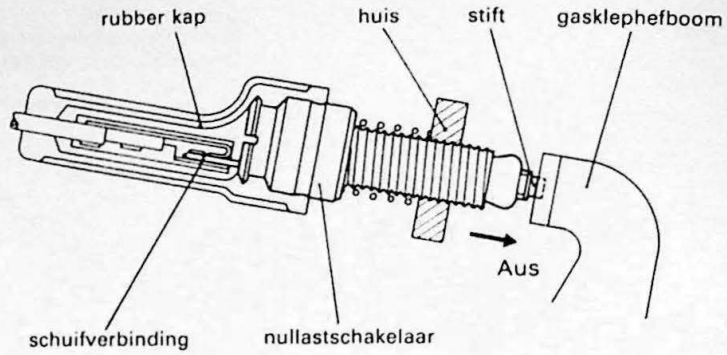


Figuur 6.68: Het regelmechanisme voor de gasklepopeningshoek verhindert volgas bij koude motor (Mitsubishi)

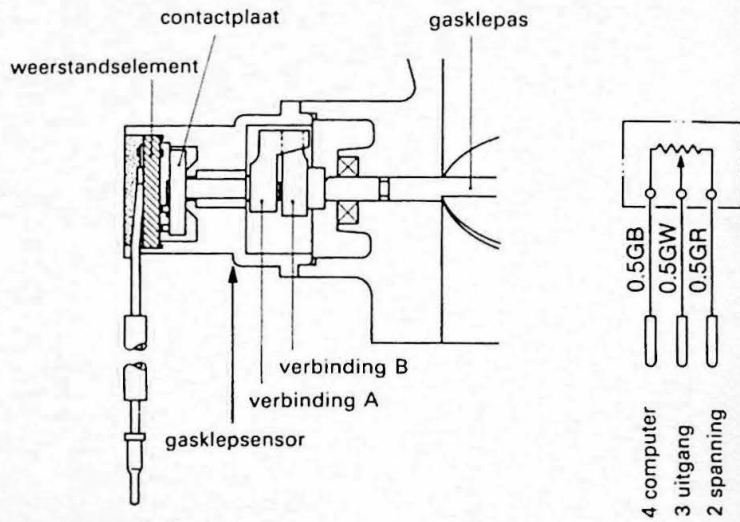


Figuur 6.70: Met een variabele weerstand wordt de CO-waarde afgesteld (Mitsubishi)

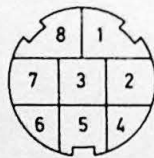
Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.69: De nullastchakelaar bepaalt de nullaststand van de gasklep en herbergt de afstelling voor het stationaire toerental (Mitsubishi)



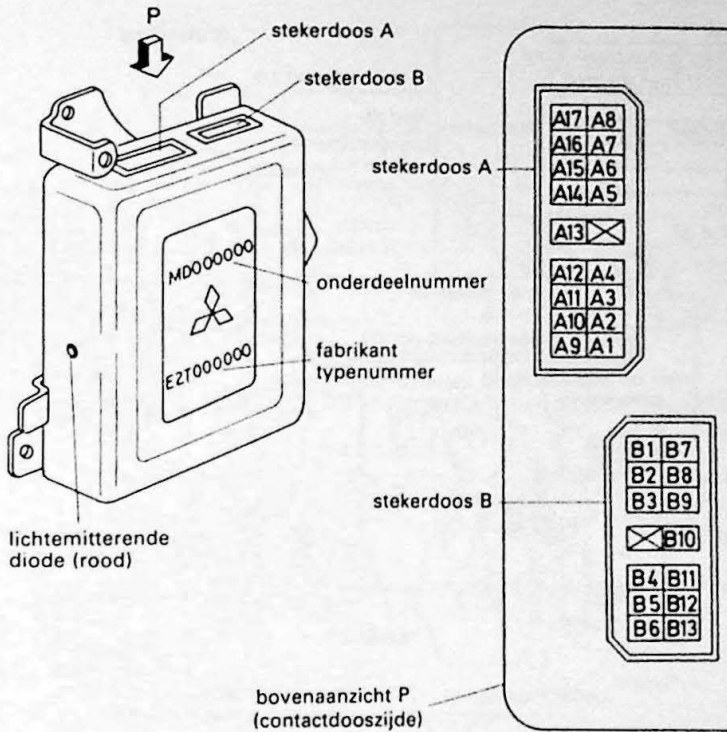
weerstandswaarde
(tussen contact 2 en 4): 4–6 k Ω



contact nummer	ingang, uitgang	
1	computer (+)	nullastchakelaar
2	computer (spanning)	gasklepsensor
3	computer (uitgang)	
4	computer (-)	
5	computer (spanning)	
6	computer (uitgang)	variabele weerstand
7	massa	
8	geen functie	

Figuur 6.71: De computer bepaalt de openingshoek van de gasklep met behulp van de gasklepsensor (Mitsubishi)

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.72: De computer van de ECI-inspuiting is via twee multistekers verbonden met de componenten (Mitsubishi)

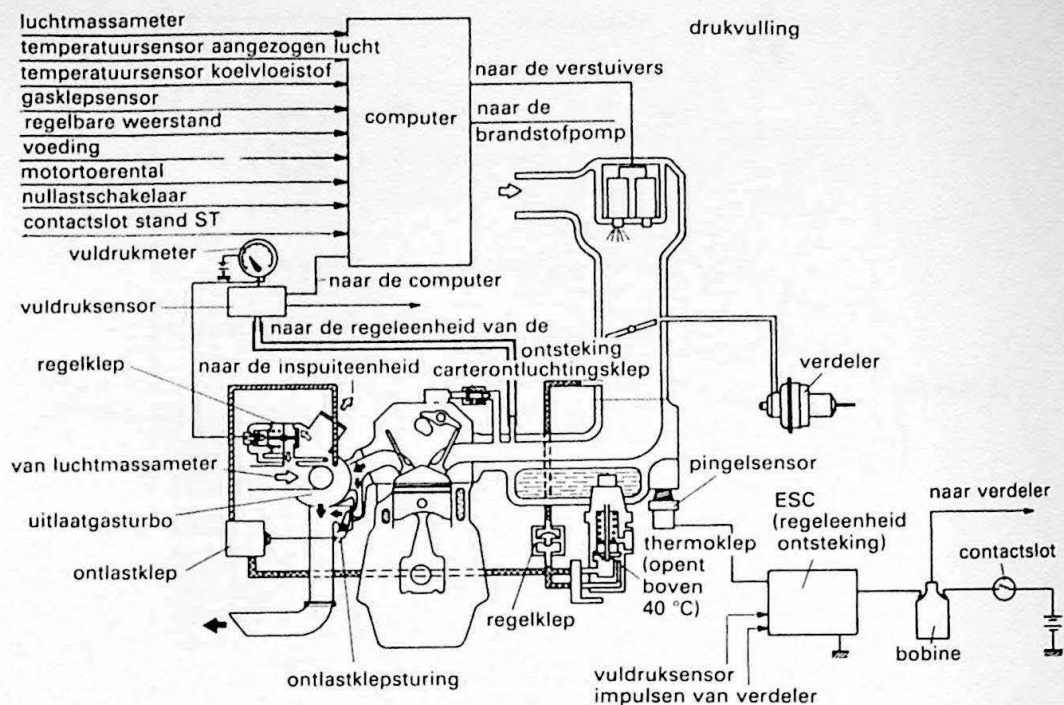
STEKERDOOS A

nr.	kabelaansluiting
A17	vuldruksensor(uitgang)
A16	luchtmassameter (-)
A15	massa (verbonden met B 8)
A14	-
A13	stand contactslot (ST)
A12	-
A11	temperatuursensor aangezogen lucht (-)
A10	regelbare weerstand(uitgang)
A9	gasklepsensor (-)
A8	primaire bobinewikkeling (-)
A7	luchtmassameter(uitgang)
A6	-
A5	nulllastschakelaar (-)
A4	temperatuursensor aangezogen lucht (+)
A3	temperatuursensor koelvloeistof (+)
A2	gasklepsensor regelbare weerstand (spanning)
A1	gasklepsensor (uitgang)

STEKERDOOS B

nr.	kabelaansluiting
B1	stuurrelais (uitgang) (spanning)
B2	massa
B3	massa
B4	-
B5	stuurrelais (spool L) (-)
B6	-
B7	stuurrelais (uitgang)(spanning)
B8	massa
B9	verstuiver 1 (-)
B10	verstuiver 2 (-)
B11	-
B12	-
B13	-

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.77: Compleet schema van de ECI-inspuiting (Mitsubishi)

kend naar de tijdsduur dat de verstuivers geopend moeten worden. Kenmerkend is verder, dat de computer ook de elektrische brandstofpomp stuurt.

Bij een eventueel defect van de computer wordt de veilige werking ervan door een geïntegreerd beveiligingscircuit gecontroleerd. In geval van schade zullen de motorprestaties weliswaar afnemen, maar de motor blijft wel gewoon doordraaien. Verder wordt door een rode lichtemitterende diode aangegeven, of het defect zich in de computer, in de luchtmeter of in de vuldruksensor bevindt. De computer is rechts onder het instrumentenbord gemonteerd.

Voor de verstuivers worden twee in één huis ondergebrachte dioden als weerstand gebruikt.

De koelvloeistoftemperatuurvoeler is op het spuitstuk in de buurt van het thermostaathuis gemonteerd.

De voeding van het elektronische inspuitsysteem geschiedt via een stuurrelais, als tenminste de schakelaars S1 en S2 gesloten zijn.

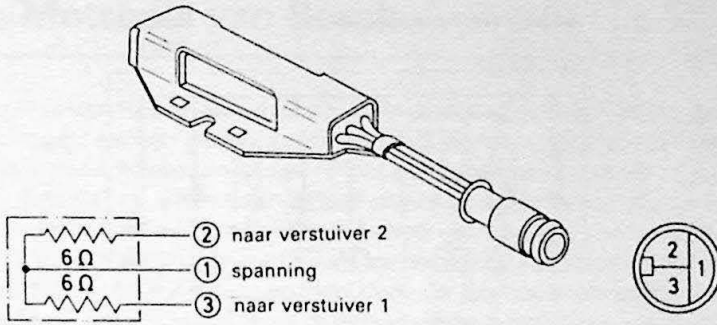
Mocht de motor, om welke reden dan ook, afslaan, dan zal ondanks de ingeschakelde ontsteking, de voeding van de brandstofpomp onderbroken worden. Dan staat klem 2 van het stuurrelais niet meer onder spanning. Omdat spoel L1 dan niet meer bekrachtigd wordt zal schakelaar S1 openen en de brandstofpomp worden uitgeschakeld.

Bij het starten wordt spoel L2 bekrachtigd en schakelaar S2 gesloten, waardoor de brandstofpomp weer spanning krijgt.

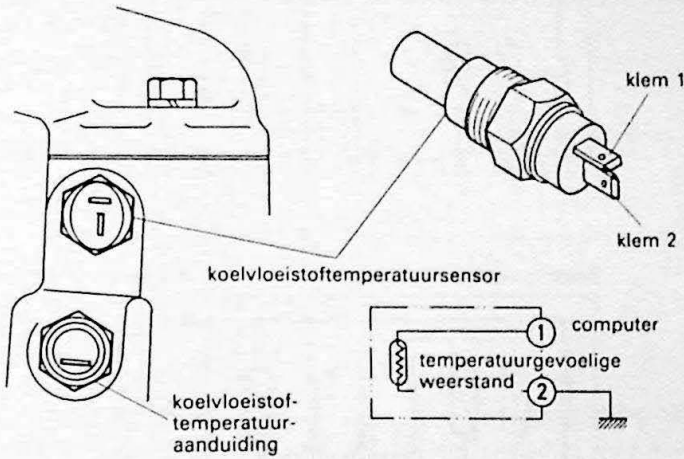
6.7.3 Het controleren van de ECI-inspuiting van Mitsubishi

Voor de vakmatige controle van de ECI-inspuiting heeft Mitsubishi een ECI-tester ontwikkeld. Hiermee wordt de installatie met behulp van een testlijst doorgemeten.

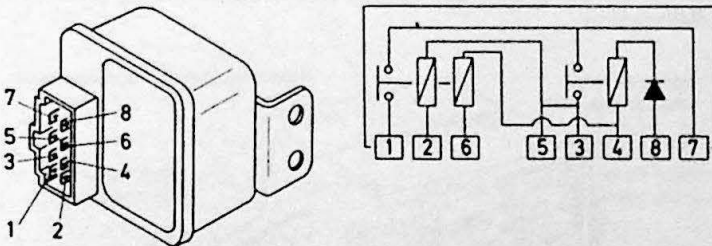
Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.73: De verstuivers worden via weerstandsdioden gestuurd (Mitsubishi)



Figuur 6.74: De koelvloeistoftemperatuursensor is in het thermostaathuis gemonteerd (Mitsubishi)

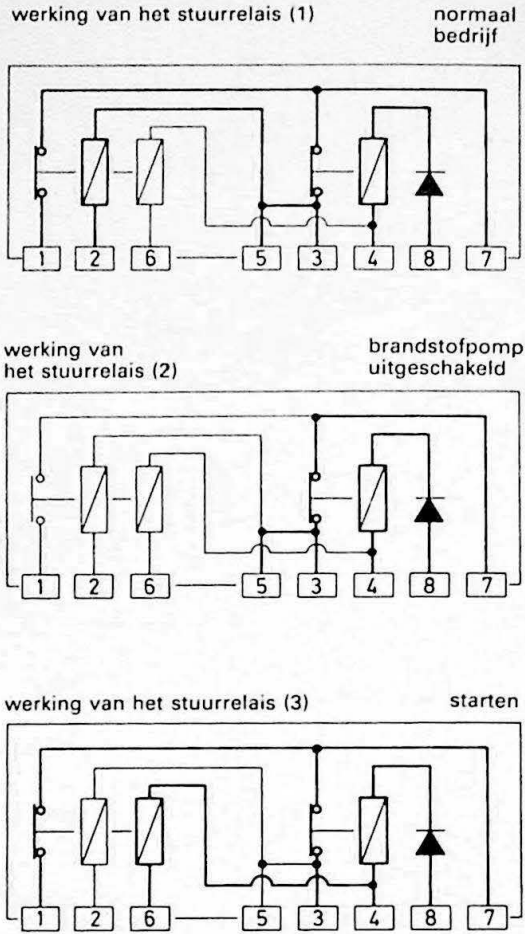


Figuur 6.75: Een stuurrelais zorgt voor de regeling van de voeding van het elektronisch inspuitsysteem (Mitsubishi)

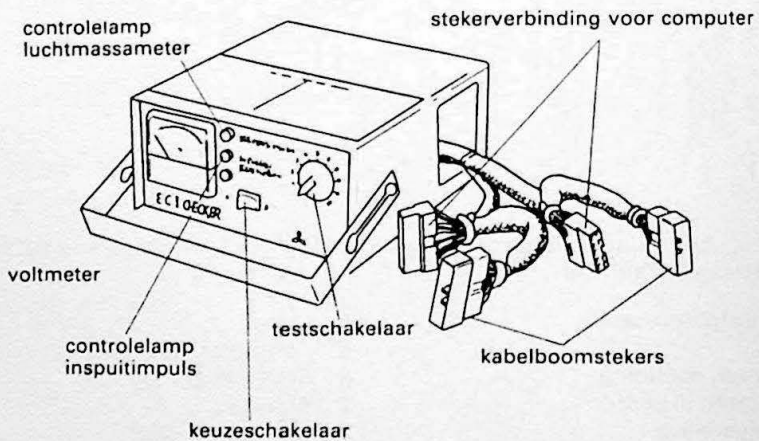
- 1 Brandstofpomp, spanning
- 2 Computer, spanning
- 3 Weerstand, inspuitsduur, spanning

- 4 Massa
- 5 Computer, spanning
- 6 Contactslot (ST)
- 7 Accu (+)
- 8 Contactslot (IG)

Elektronisch geregelde benzine-inspuiting



Figuur 6.76: Onder normale condities zijn schakelaar S1 en S2 gesloten. Bij een ongeval of wanneer de motor om een andere reden afslaat, wordt de elektrische brandstofpomp uitgeschakeld (Mitsubishi)

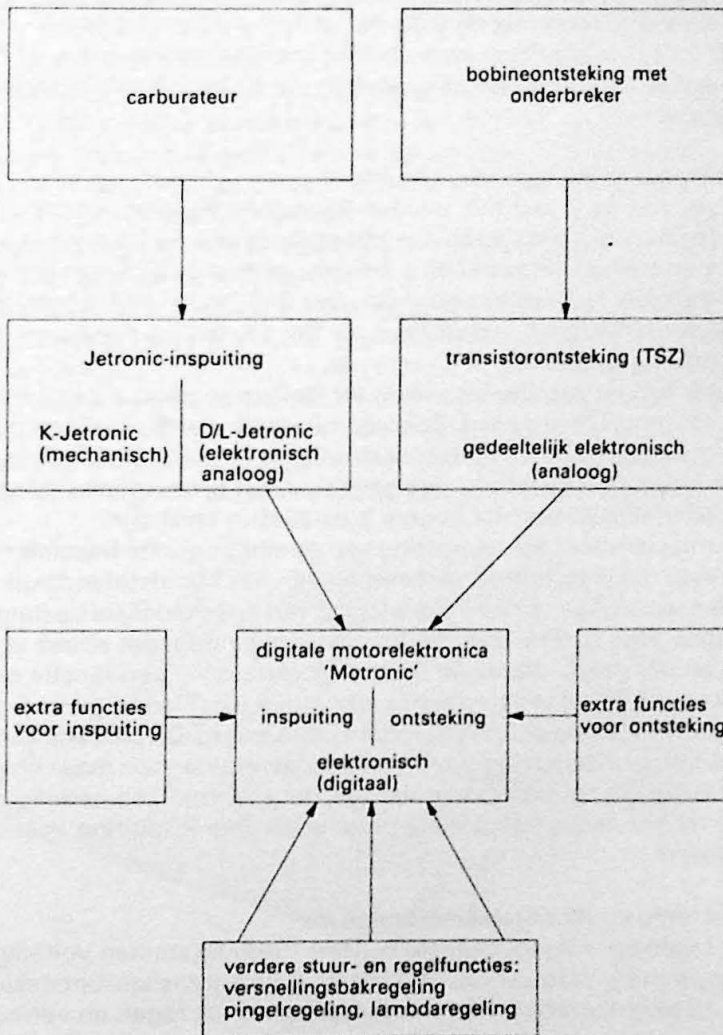


Figuur 6.78: Het testapparaat van Mitsubishi voor het doormeten van de ECI-inspuiting

7 De Motronic van Bosch

De Motronic van Robert Bosch GmbH is te omschrijven als digitale motorelektronica. Zij regelt als een geïntegreerd systeem de inspuiting en de ontsteking met behulp van een microcomputer, in het geheugen waarvan de motorkarakteristiek is opgeslagen. De regeling vindt plaats op basis van in de computer opgeslagen programma's afhankelijk van de bedrijfscondities van de motor. Deze bedrijfscondities zijn op de eerste plaats de belasting, het toerental en de temperatuur. De referentiewaarden worden door de luchthoeveelheidsmeter en door toerentalsensoren, temperatuurvoelers en andere sensoren aan de motor gemeten.

De verschillende functies van de Motronic, zoals de eigenlijke berekening van de inspuitsduur en het ontstekingsstijdstip, worden door geïntegreerde digitale scha-



Figuur 7.1: De ontwikkeling van moderne ontstekings- en carburatiesystemen met gebruikmaking van de tegenwoordig realiseerbare elektronica, leidde tot de digitale motorelektronica: Motronic (Bosch)

kelingen uitgevoerd. Digitale schakelingen zijn halfgeleider-elementen, die op een oppervlak van enkele vierkante millimeters meer dan 10 000 transistoren bevatten en die daarmee een groot aantal logische functies kunnen uitvoeren. Zonder extra constructieve maatregelen ten opzichte van de huidige inspuit-systemen, kunnen met de hogere 'intelligentie' van de Motronic extra functies met betrekking tot ontsteking en inspuiting worden gerealiseerd. Daarmee zijn de aanwezige schakelingen overigens nog niet volledig bezet. Zij zijn in staat, tegelijkertijd nog extra regel- en stuurfuncties uit te voeren, zoals de elektronische regeling van automatische versnellingsbakken, de regeling van de ontsteking langs de klopgrens van de motor of de lambda-regeling voor het voldoen aan zeer precies begrensde uitlaatgaswaarden.

De ontwikkeling van de Motronic was mogelijk door de zeer snel voortschrijdende vooruitgang op het gebied van de halfgeleidertechnologie. Beslissend was de mogelijke verhoging van de integratiegraad van de elektronische componenten bij een gelijktijdig optredende kostendaling en een aanzienlijke verhoging van de betrouwbaarheid van deze componenten gedurende de afgelopen jaren.

In nauwe samenwerking met de auto-industrie – vooral met BMW – heeft Robert Bosch GmbH de afgelopen jaren de Motronic met de inspuiting en de ontsteking als functies zo ver kunnen ontwikkelen, dat zij door BMW in serie kon worden toegepast.

7.1 De Motronic en de benzine-inspuiting

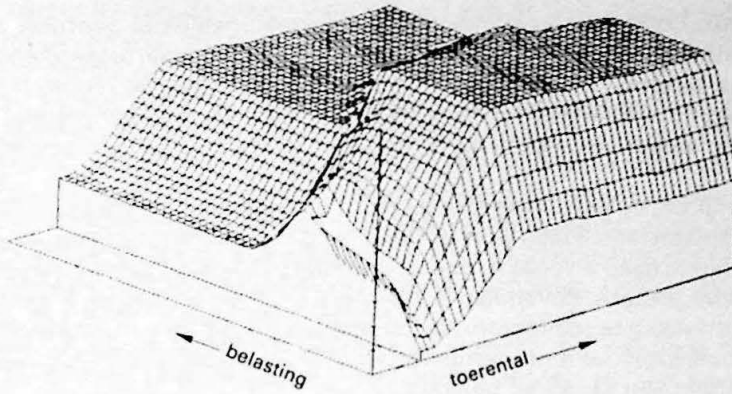
Als opvolger van de D-Jetronic worden tegenwoordig de L- en LE-Jetronic in grote hoeveelheden in auto's van de hogere en de middenklasse toegepast. Terecht kan men stellen, dat zowel de L-Jetronic als de LE-Jetronic uitontwikkelde systemen met vele technische voordelen zijn. Zij zijn dan ook tot een reële concurrent geworden van de carburateur als het tot nu toe meest gebruikelijke mengselvormingssysteem.

Aanvankelijk had de benzine-inspuiting tot taak een hogere maximale prestatie van de motor mogelijk te maken. Ook tegenwoordig wordt zij met dit doel nog in enkele auto's ingebouwd. Of de van elektronische inspuiting voorziene voertuigmotoren worden door de fabrikant zo gewijzigd, dat zij onafhankelijk van het toegepaste carburatiesysteem tot hogere prestaties in staat zijn.

Tegenwoordig is echter die toepassing van de elektronische benzine-inspuiting overheersend, die leidt tot een verbetering van het brandstofverbruik bij korte ritten in het stadsverkeer en tot een verlaging van de schadelijke bestanddelen in het uitlaatgas. Hier spreekt vóór de brandstofinspuiting, dat alleen al door het afsluiten van de brandstoftoevoer tijdens decelereren – een functie overigens, die sinds kort ook op de elektronische carburateur van Pierburg wordt aangeboden – ongeveer 5% brandstof kan worden uitgespaard. Dit procédé kan bij voertuigen met benzine-inspuiting worden toegepast zonder ook maar enig nadelig effect op het rijgedrag. Het spreekt vanzelf, dat evenmin een nadelig effect optreedt als men het deelsysteem 'elektronische benzine-inspuiting' met de Motronic combineert.

7.2 De Motronic en de ontstekingsinstallatie

Terwijl de tegenwoordig toegepaste benzine-inspuitssystemen volledig elektronische systemen zijn, kan dat van de contactpuntloze transistorontstekingen nog geenszins beweerd worden. Hier worden alleen in het regel- en vermogensgedeelte elektronische componenten toegepast. De vervroeging van het ontstekingsstijdstip overeenkomstig de motorbelasting en het toerental vindt echter nog mechanisch plaats door middel van de in de verdeler ondergebrachte onderdruk- en centrifugaalvervroeging. Dat is echter anders bij de Motronic.



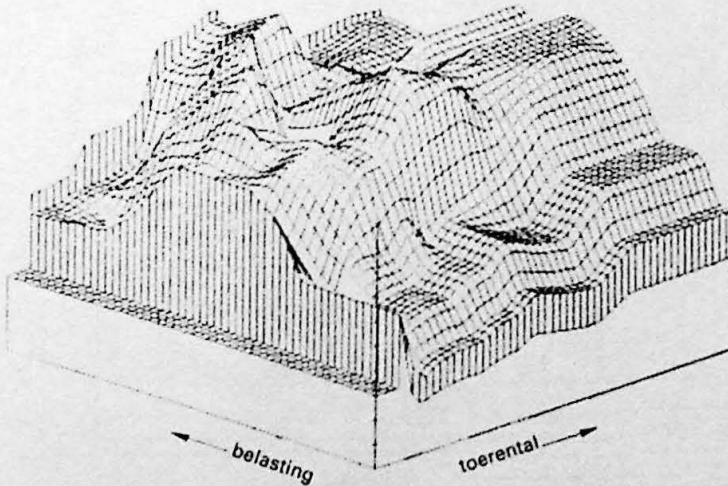
Figuur 7.2: De driedimensionale karakteristiek van een normale transistorontsteking laat slechts geringe aanpassingen aan de feitelijke behoefte van de motor toe (Bosch)

De voordelen van de transistorontsteking, zoals een hoge ontstekingsenergie, een groot aantal vonken en een verbeterd rendement, werden in de Motronic overgenomen. Ook is de Motronic, evenals de transistorontsteking, absoluut onderhoudsvrij, terwijl ook het ontstekingstijdstip principieel over zeer lange tijd constant en onafhankelijk van slijtage is.

Voor de berekening van het ontstekingstijdstip past men echter bovendien de voordelen van de digitale elektronica toe.

Het nadeel van een mechanische verstelling van de verdeler bestaat immers in het feit, dat mechanisch slechts één karakteristiek voor belasting respectievelijk toerental kan worden ingesteld, die vervolgens – afhankelijk van de parameters – parallel verschoven wordt. Daaruit resulteren de typische rechtlijnige, simpele ontstekingskarakteristieken, zoals we die al jaren kennen.

Bij de Motronic is het echter mogelijk, voor elke toerental- en belastingtoestand een aparte karakteristiek te realiseren. Zo kan hier aan elk bedrijfspunt in een

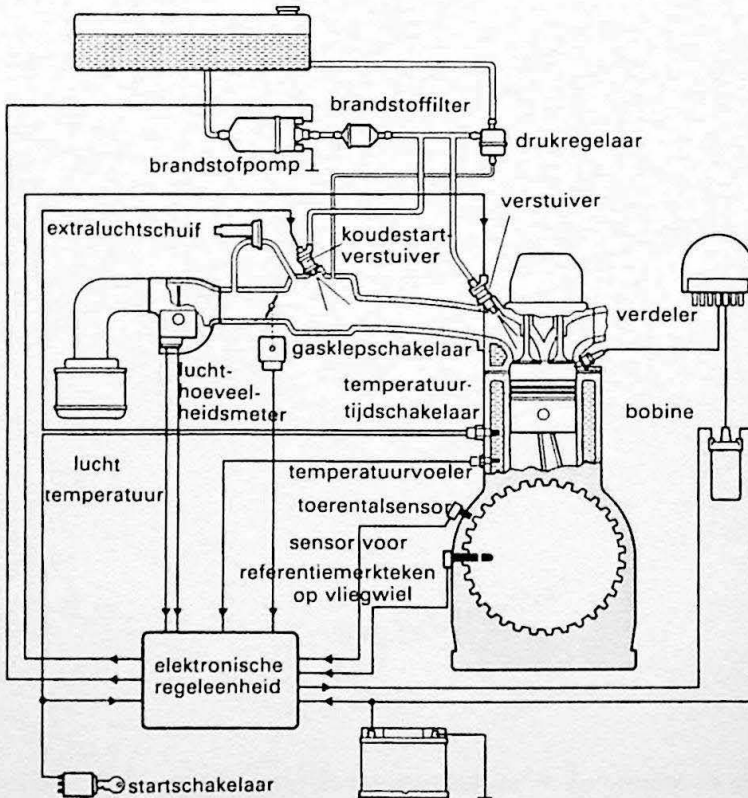


Figuur 7.3: Bij de Motronic kunnen 4096 afzonderlijke ontstekingstijdstippen worden opgeslagen (Bosch)

belasting-toerentalmatrix een individueel ontstekingstijdstip worden toegerekend. Daartoe worden 16×16 referentiepunten gebruikt, waartussen telkens 16 afzonderlijke waarden geïnterpoleerd kunnen worden. Daaruit resulteren voor het totale bedrijfsgebied van de motor 4096 afzonderlijke ontstekingstijdstippen, – een enorm aantal vergeleken bij de feitelijke bedrijfsmogelijkheden van een automotor.

Het is duidelijk dat op deze wijze qua verbruik, uitlaatgas en rijgedrag telkens het gunstigste ontstekingstijdstip voor de verschillende bedrijfscondities, zoals nul-last, decelereren, deel- en vollast, met de grootste precisie volledig onafhankelijk kan worden uitgekozen. Bovendien is het mogelijk de karakteristiek door een parallelle verschuiving te corrigeren, als dat nodig is op grond van de omgevingscondities zoals lucht- en motortemperatuur, luchtdruk enz. Deze condities worden met behulp van sensoren bepaald.

Zulke geoptimaliseerde karakteristieken worden op de motorproefstand door tests bepaald, waarna ze in de auto worden bijgesteld op grond van criteria als verbruik, uitlaatgas en rijgedrag. Ligt de karakteristiek eenmaal vast, dan wordt zij in haar definitieve vorm elektronisch opgeslagen. Daardoor is gegarandeerd, dat tijdens de levensduur van de motor geen wijzigingen in de ontstekingskarakteristiek meer kunnen optreden. Tussen twee ontstekingen wordt in de Motronic telkens een nieuw ontstekingstijdstip berekend, op basis van de informatie over belasting en toerental en op basis van de door de sensoren aangedragen correctiewaarden; de bij dit tijdstip behorende waarde wordt dan uit de opgeslagen karakteristiek uitgezocht. De voordelen van een dergelijke elektronische ontstekingsverstelling hebben vooral effect op het brandstofverbruik. Deze voordelen zijn:



Figuur 7.4: Schema van de Motronic op een moderne motor van hoog vermogen (Bosch)

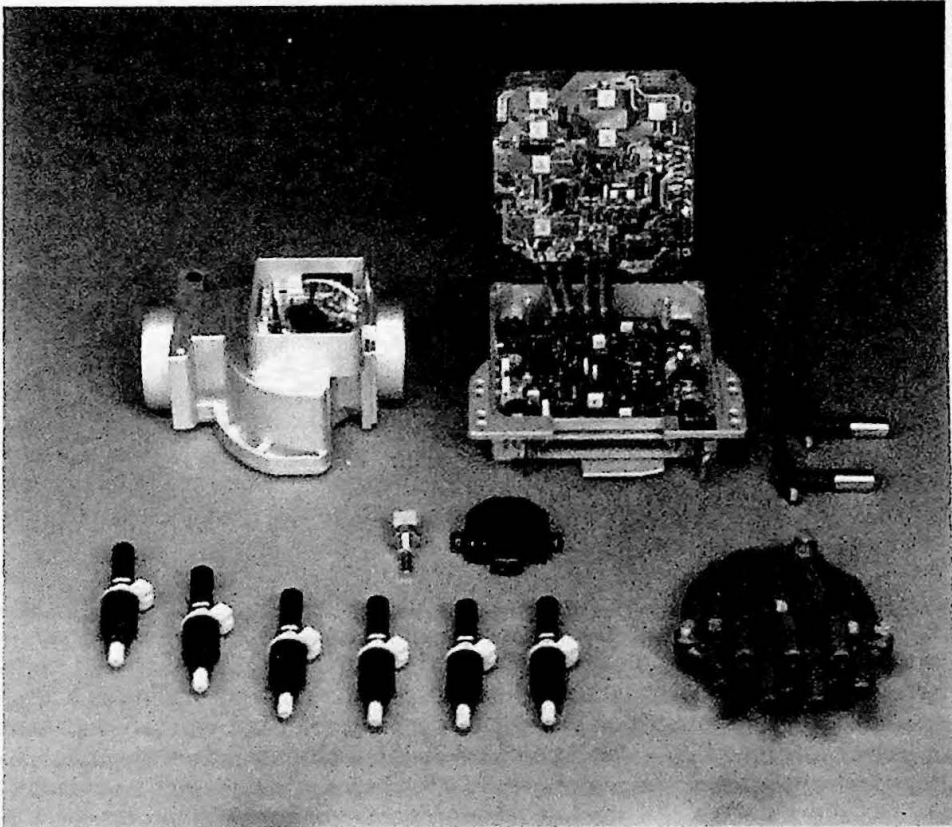
- het toerental van de motor wordt direct aan de krukas gemeten;
- de mogelijkheid, om voor elke willekeurige bedrijfstoestand van de motor een optimaal ontstekingsstijdstip te bepalen.

Door de exacte toerentalbepaling ontstaat een wezenlijk grotere nauwkeurigheid dan bij de conventionele mechanische verdeler. Dat betekent dat de veiligheidsmarge ten opzichte van de klopgrens verkleind kan worden en dat het ontstekingsstijdstip daardoor gemiddeld genomen nog verder vervroegd kan worden. Daardoor ontstaat noodzakelijkerwijs een zuiniger brandstofverbruik. Bovendien kan men het ontstekingsstijdstip, door de zeer exacte afstelling, aan de specifieke kenmerken van de motor precies aanpassen. Ook op deze wijze kan men de klopgrens nauwkeurig volgen.

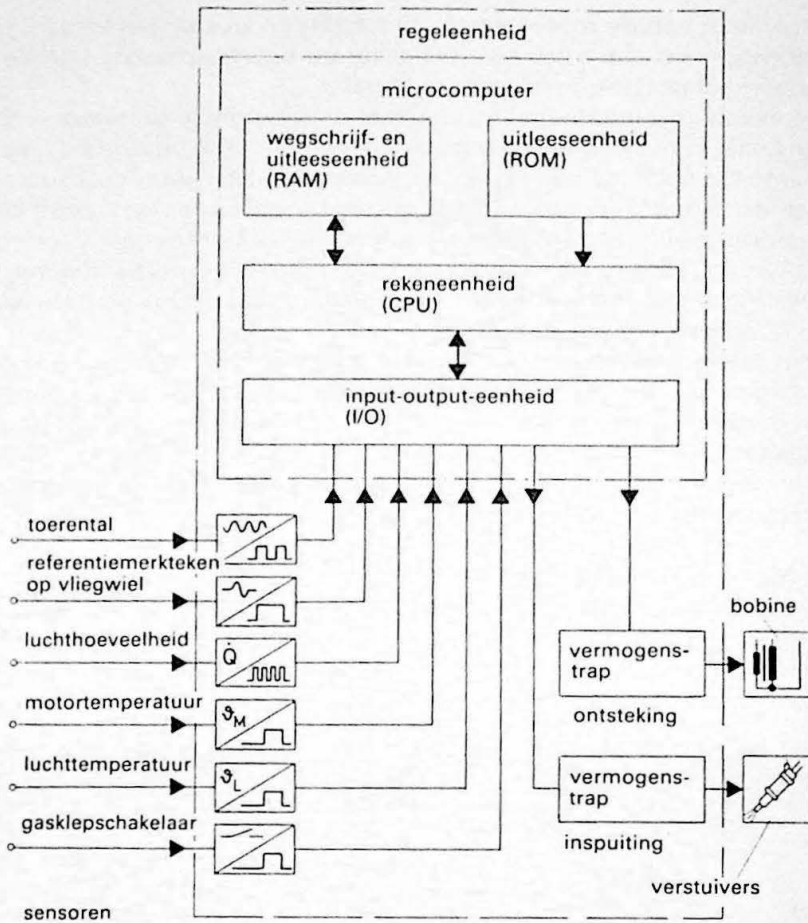
Deze voordelen zijn bijzonder duidelijk bij motoren met een hoge compressieverhouding of bij motoren die met zeer arme mengsels werken. En het zijn juist dit soort motoren die in de toekomst in Europa in toenemende mate zullen worden toegepast; want alleen zo kunnen motoren met een groot slagvolume in de hogere en middenklasse blijven worden toegepast, die lage uitlaatgaswaarden combineren met een gunstig brandstofverbruik.

7.3 Het Motronic-systeem

Het Motronic-systeem kan niet zonder een elektronisch geregeld inspuitstelsel. Daarom is de Motronic gecombineerd met een conventionele L- of LE-Jetronic. Het signaal van de luchthoeveelheidsmeter, alsook de signalen van de gasklepschakelaar, de temperatuurvoeler en de sensoren voor ontstekingsstijdstip



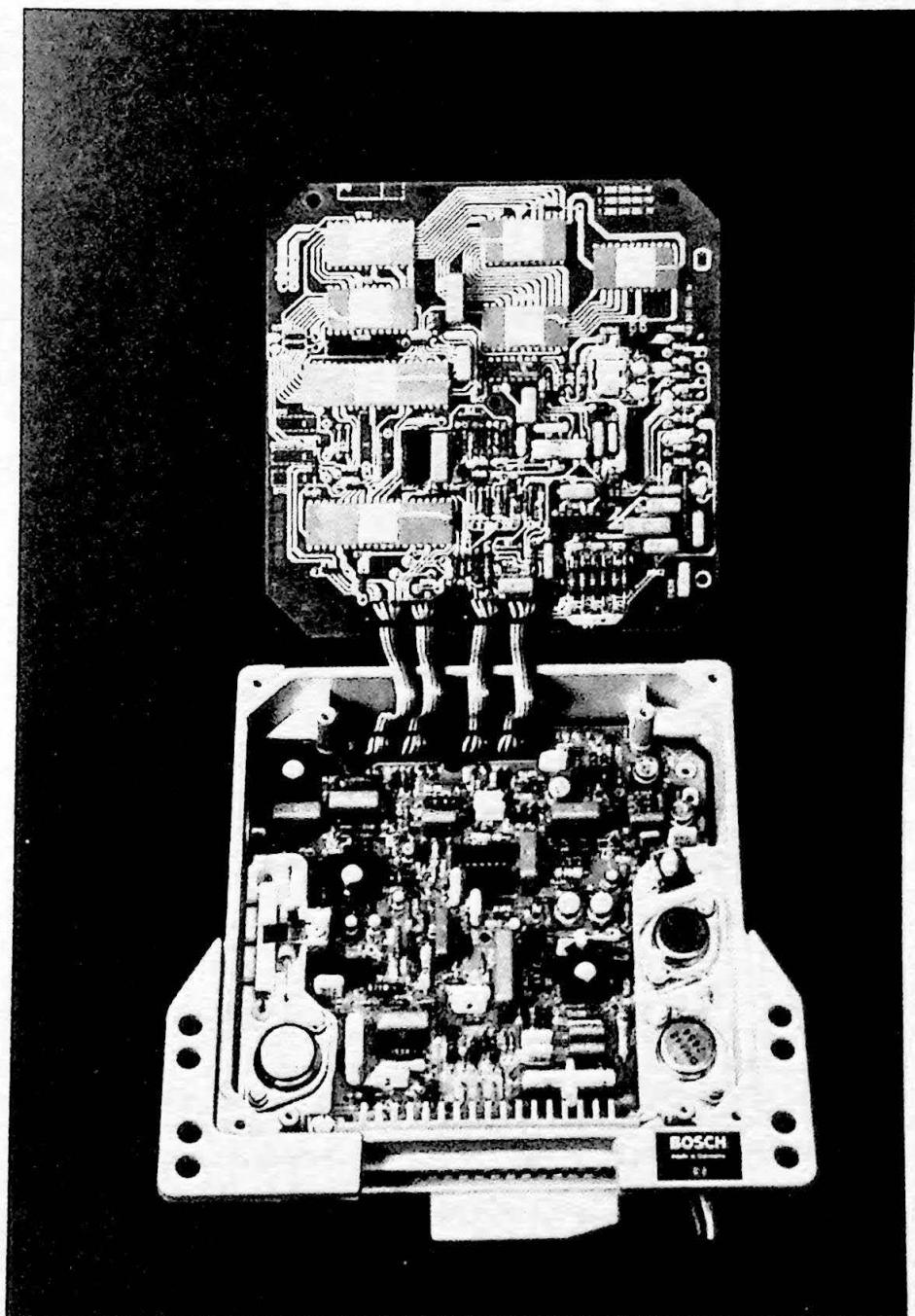
Figuur 7.5: De onderdelen van de Motronic (Bosch)



Figuur 7.6: Het blokschema van de Motronic maakt de basis- en hulpfuncties duidelijk (Bosch)

en toerental worden naar de regeleenheid gestuurd. Het Motronic-systeem berust principieel op de genoemde ontstekings- en toerentalsensoren. Beide sensoren hebben een referentiepunt in de tandkrans van het vliegwiel of in de tandkrans van de meeneemplaat bij auto's met automatische versnellingsbak. De regeleenheid bepaalt de inspuitduur en de ontstekingshoek en stuurt dienovereenkomstig de verstuivers en de bobine. De ontsteekspanning wordt van de bobine via een mechanische hoogspanningsverdeler naar de afzonderlijke bougies geleid.

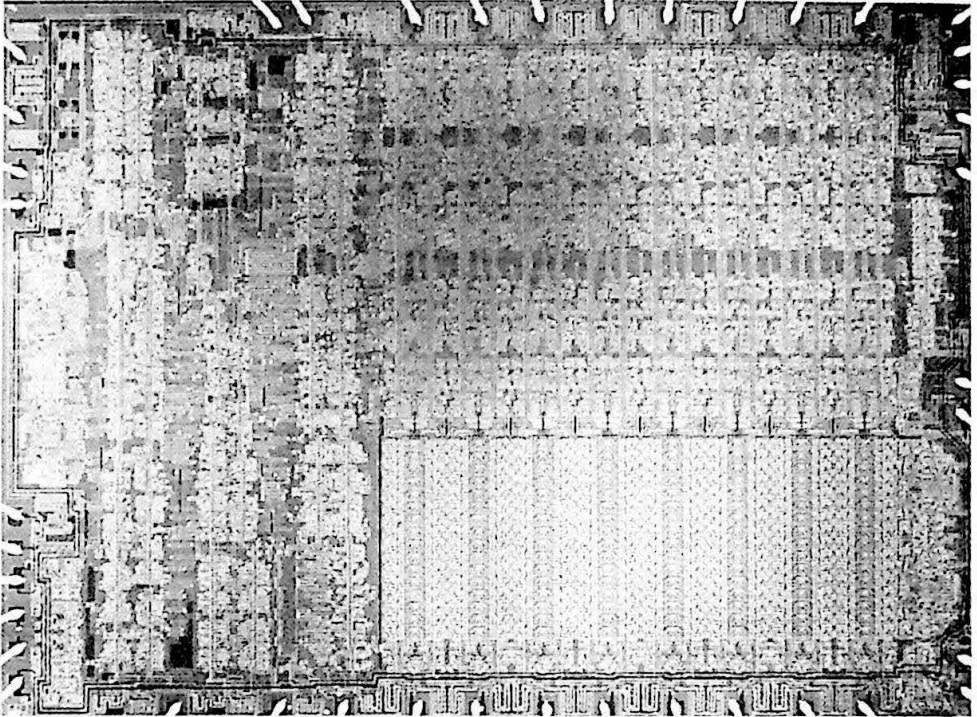
Aan het blokschema van het regelsysteem kan men zien, dat de microcomputer uit verschillende elementen is opgebouwd, bij voorbeeld uit een input-output-element, de rekeneenheid, een wegschrijf- en uitleesgeheugen en uit verschillende uitleesgeheugens. De geheugens en de rekeneenheid zijn normaal in de handel verkrijgbare standaardelementen. De input-output-schakeling is echter speciaal voor de Motronic ontwikkeld. Alle meetgrootheden worden door een omzetter verzameld en verwerkt en naar de input-outputschakeling gestuurd. Hiervandaan worden de signalen, die voor het bepalen van inspuitduur en ontstekingstijdstip nodig zijn, door de rekeneenheid naar behoefte uitgelezen. Via dezelfde schakeling stuurt de rekeneenheid het resultaat voor het sturen van ontsteking en inspuiting naar de betreffende eindtrappen.



Figuur 7.8: De regeleenheid van de Motronic (Bosch)

Dat de functies 'benzine-inspuiting' en 'ontsteking' konden worden samengevat, heeft te maken met het vermogen van de heden ten dage ter beschikking staande microcomputers. Daardoor is het mogelijk, dat slechts één voeding en één behuizing behoeft te worden toegepast. Bovendien kunnen bijna alle sensoren zowel voor de inspuiting als voor de ontsteking tegelijkertijd worden gebruikt. Al

deze elementen zijn dus maar éénmaal aanwezig. Het resultaat is een hogere betrouwbaarheid, een eenvoudiger constructie en lagere systeemkosten dan bij een gescheiden uitvoering van benzine-inspuiting en ontstekingsstelsel. Voor de constructie van de Motronic kon Bosch terugvallen op de ervaring van vele jaren op het gebied van de elektronische regeleenheden voor voertuigtoe-



Figuur 7.7: Hoogwaardige elektronica: de computerschakeling van de Motronic (Bosch)

passing. Hier namelijk worden wegens de extreme omgevingscondities uiterst zware eisen aan de elektronische apparatuur gesteld. De bedrijfstemperatuur varieert bij voorbeeld tussen -40 en $+130$ °C. De stootbelastingen van de motor kunnen tot het honderdvoudige van de valversnelling oplopen, terwijl tevens elektrische stootspanningen van meer dan 100 V kunnen optreden. De vereiste betrouwbaarheid van de elektronica werd door middel van intensieve duur- en temperatuurtests en door uitgebreide tests op motorproefstanden bereikt. Met testauto's werd ongeveer een half miljoen kilometer afgelegd.

7.4 De bijzondere voordelen van de Motronic

Het belangrijkste voordeel van de Motronic ligt waarschijnlijk in de brandstofbesparing. Dat is bijzonder duidelijk in vergelijking met motoren met carburateur en bobine-ontsteking, maar dat blijkt ook als men de Motronic vergelijkt met de benzine-inspuiting met conventioneel ontstekingsstelsel.

Dat komt, omdat met de Motronic een uiterst nauwkeurige en in de tijd gezien stabiele sturing van inspuithoeveelheid en ontstekingstijdstip mogelijk is, optimaal aangepast aan de eisen van de motor. De verschillende bedrijfscondities zoals nullast, warmdraaien, decelereren, accelereren en deel- en vollast, worden duidelijk van elkaar onderscheiden en voor elke conditie is een aparte sturing op basis van een minimaal brandstofverbruik mogelijk.

Bij frequente belastingsvariaties, zoals die optreden in het stadsverkeer of bij het filerijden, levert de Motronic door de exact aangepaste regeling van insputing en ontsteking een verbruiksreductie op tussen 5 en 20%, afhankelijk van de randvoorwaarden zoals testcyclus en vergelijkingsbasis.

Een verder voordeel van de Motronic is de verlaging van de onderhoudskosten, omdat dit systeem in de tijd gezien stabiel en onderhoudsvrij is, even afgezien van het vervangen van het brandstoffilter om de 40 000 km en van de bougies om de 15 000 à 20 000 km.

De door de motorconstructeur geleverde functies en gegevens zijn in de microcomputer digitaal opgeslagen en zij veranderen gedurende de totale levensduur van de motor niet meer. Zij worden noch door temperatuursveranderingen, noch door variaties in de spanning van het boordnet beïnvloed. Ook alle andere componenten van de Motronic zijn afgestemd op de levensduur van de motor.

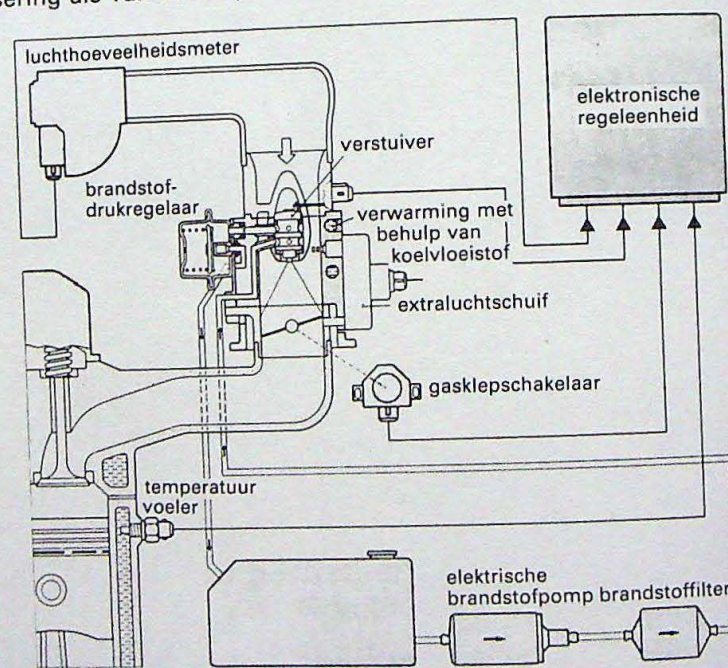
8 Benzine-inspuiting in de nabije en verre toekomst

Hoewel met de huidige carburatiesystemen een verregaande reductie van de schadelijke uitlaatgasbestanddelen bereikt is, moeten de systemen voor de toekomst, met een verdere wettelijke verzwarende van de uitlaatgaseisen, nog meer geperfectioneerd worden. De fabrikanten van carburatiesystemen hebben zich daarbij de volgende taken gesteld:

- een gegarandeerd lagere uitlaatgaswaarde dan wettelijk voorgeschreven;
- een vereenvoudiging van de constructie van de bestaande systemen;
- een verbetering van het bedienings- en het rijcomfort.

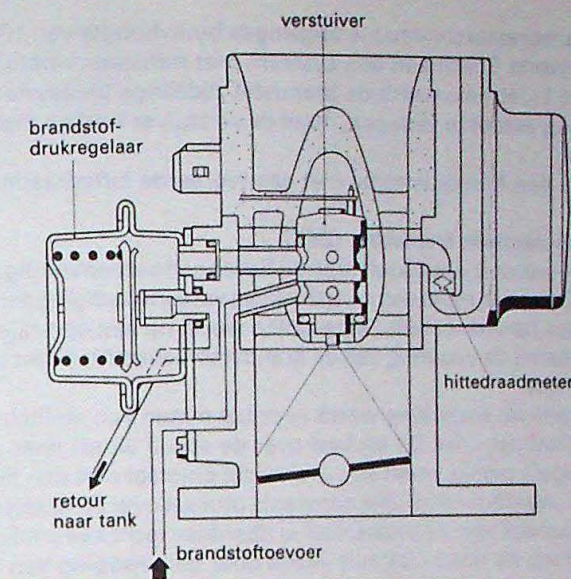
8.1 Nieuwe ontwikkelingen bij Robert Bosch GmbH

Sinds vele jaren wordt bij Bosch aan de centrale inspuiting gewerkt, een oplossing tussen de huidige inspuiting en de carburateur in. De brandstof wordt bij deze 'Mono-Jetronic' niet meer vóór de afzonderlijke inlaatkleppen van de motor, maar centraal boven de gasklep door één verstuiver ingespoten. Omdat de elektronische regeleenheid en de verstuiver verregaand overeenkomen met de LE/LH-Jetronic, heeft de Mono-Jetronic dezelfde nauwkeurigheid in de brandstofdosering als van deze systemen bekend is.

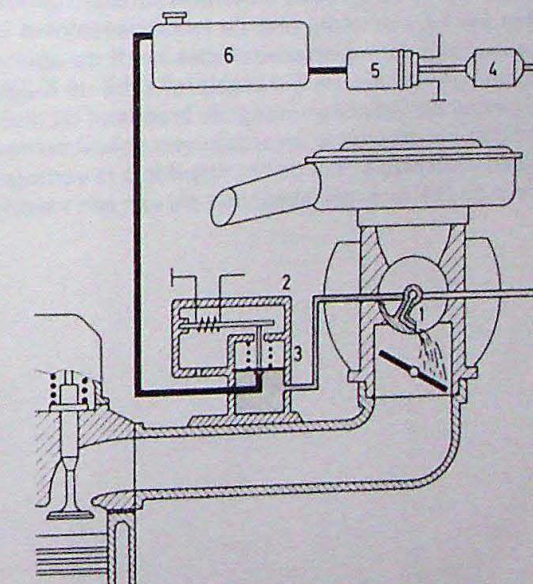


Figuur 8.1: Principe van de Mono-Jetronic (Bosch)

Maar het systeem heeft ook nadelen. Door de centrale brandstoftoevoer is de mengselverdeling over de cilinders slechter, het traject van het mengsel is langer en er is meer wandoppervlak bedekt met gecondenseerde brandstof bij koude spruitstukken. Daarom kan en moet de Mono-Jetronic de bekende K-, L-, LE- en LH-Jetronic niet vervangen; zij vormt enkel een alternatief voor kleinere auto's, waarvoor de genoemde systemen te duur zouden zijn.



Figuur 8.2: Mono-Jetronic met hittedraadmeting (massadebietmeting)(Bosch)



Figuur 8.3: Schema van de continue centrale inspuiting (ZEK)(Bosch)

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| 1 Draaischuif | 5 Elektrische brandstofpomp |
| 2 Warmdraairegelaar | 6 Brandstoftank |
| 3 Drukregelaar | |
| 4 Brandstoffilter | |

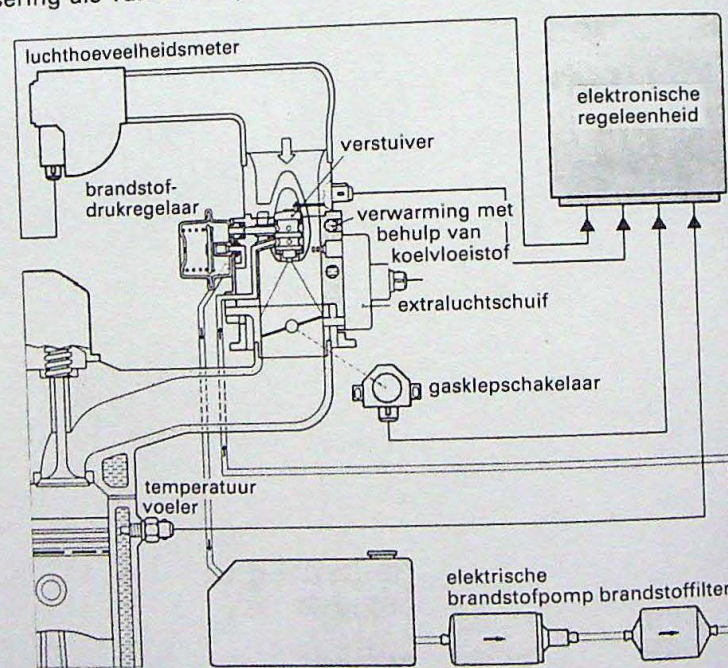
8 Benzine-inspuiting in de nabije en verre toekomst

Hoewel met de huidige carburatiesystemen een verregaande reductie van de schadelijke uitlaatgasbestanddelen bereikt is, moeten de systemen voor de toekomst, met een verdere wettelijke verzwarende van de uitlaatgaseisen, nog meer geperfectioneerd worden. De fabrikanten van carburatiesystemen hebben zich daarbij de volgende taken gesteld:

- een gegarandeerd lagere uitlaatgaswaarde dan wettelijk voorgeschreven;
- een vereenvoudiging van de constructie van de bestaande systemen;
- een verbetering van het bedienings- en het rijcomfort.

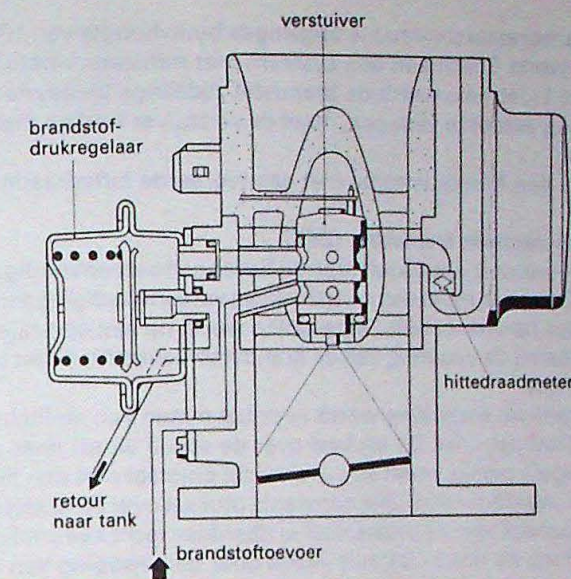
8.1 Nieuwe ontwikkelingen bij Robert Bosch GmbH

Sinds vele jaren wordt bij Bosch aan de centrale inspuiting gewerkt, een oplossing tussen de huidige inspuiting en de carburateur in. De brandstof wordt bij deze 'Mono-Jetronic' niet meer vóór de afzonderlijke inlaatkleppen van de motor, maar centraal boven de gasklep door één verstuiver ingespoten. Omdat de elektronische regeleenheid en de verstuiver verregaand overeenkomen met de LE/LH-Jetronic, heeft de Mono-Jetronic dezelfde nauwkeurigheid in de brandstofdosering als van deze systemen bekend is.

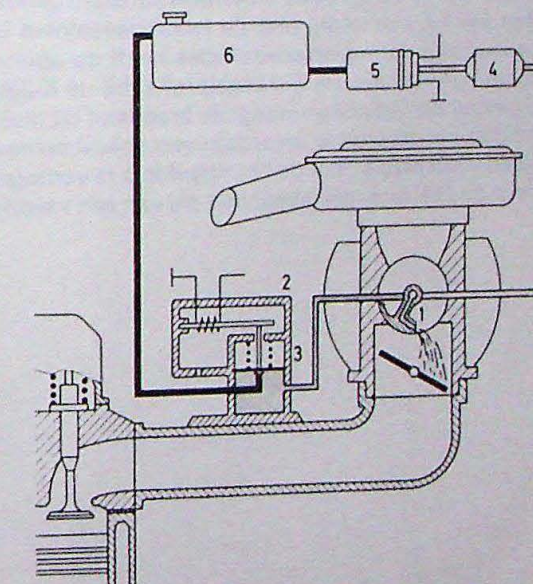


Figuur 8.1: Principe van de Mono-Jetronic (Bosch)

Maar het systeem heeft ook nadelen. Door de centrale brandstoftoevoer is de mengselverdeling over de cilinders slechter, het traject van het mengsel is langer en er is meer wandoppervlak bedekt met gecondenseerde brandstof bij koude spruitstukken. Daarom kan en moet de Mono-Jetronic de bekende K-, L-, LE- en LH-Jetronic niet vervangen; zij vormt enkel een alternatief voor kleinere auto's, waarvoor de genoemde systemen te duur zouden zijn.



Figuur 8.2: Mono-Jetronic met hittedraadmeter (massadebietmeting)(Bosch)



Figuur 8.3: Schema van de continue centrale inspuiting (ZEK)(Bosch)

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| 1 Draaischuif | 5 Elektrische brandstofpomp |
| 2 Warmdraairegelaar | 6 Brandstoftank |
| 3 Drukregelaar | |
| 4 Brandstoffilter | |

Om de door de carburateurconstructie opgelegde bouwhoogte van 100 mm niet te overschrijden werkt Bosch aan een systeem met miniatuurverstuiver. In tegenstelling tot de L-Jetronic wordt de brandstof zijdelings toegevoerd. Om de systeemkosten nog verder te verlagen, moet de verstuiver werken met een druk van slechts 1 bar.

In ontwikkeling is een Mono-Jetronic met geïntegreerde hittedraadmeter.

8.1.1 De continue centrale inspuiting (ZEK)

Op basis van de K-Jetronic ontwikkelt men bij Bosch een vereenvoudigd centraal inspuitstelsel. Daarmee moet een constructieve vereenvoudiging ten opzichte van de carburateur bereikt worden. Ingespoten wordt op een centrale plaats in het spuitstuk, waarbij de dosering van de brandstofhoeveelheid met inspuitaggregaten plaatsvindt.

Bij de continue centrale inspuiting wordt voor het meten van de luchthoeveelheid een draaischuif gebruikt. De drukval over de schuif wordt naar een drukschot ('Arbeitsflügel') geleid, zodat een evenwicht ontstaat met een fijn afregelende spiraalveer, waardoor een bijna constante drukval over de draaischuif ontstaat. De openingshoek van de draaischuif is daardoor recht evenredig met het luchtdebiet. Analooq aan de K-Jetronic wordt door de beweging van dit meetstelsel een doseersleuf, die in de omtrek van een as is aangebracht, meer of minder geopend. Door deze sleuf stroomt brandstof naar buiten.

De drukval over de sleuf wordt net als bij de K-Jetronic constant gehouden waardoor de brandstoftoediening evenredig met de luchthoeveelheid is. Voor de fijnafstelling overeenkomstig de motorkarakteristiek heeft de opening van de draaischuif een bepaald profiel, net als het kegelprofiel bij de K-Jetronic. Een door de draaischuif gestuurde onderdruk brengt de brandstof ter plaatse van de hoogste lichtsnelheid in het spuitstuk, waardoor een goede verneveling ontstaat. Het warmdraaien vindt plaats door de brandstofdruk te verhogen. De constructieve omvang van de ZEK is vergelijkbaar met die van een valstroomcarburateur.



Tengevolge van de nadrukkelijke wens om zuiniger, goedkoper en schoner auto te rijden – waarbij aan de prestatie geen concessie mag worden gedaan – zal de benzine-inspuiting de carburateur geleidelijk aan gaan verdringen. Enige jaren geleden leek dit nog onwaarschijnlijk omdat het prijsverschil tussen beide systemen aanzienlijk was. Omdat de productie-aantallen van benzine-inspuitssystemen snel groter worden, zullen deze systemen binnenkort gemeengoed zijn.

Velen zullen moeten erkennen van benzine-inspuiting onvoldoende verstand te hebben en zullen zich willen bijscholen. Voor hen is dit boek, geschreven door de bekende auteur Jürgen Kasedorf, een uitstekende leidraad. Het is zodanig geschreven dat het bekende hoge niveau van Kasedorfs werk wordt gehaald, en toch toegankelijk blijft voor hen die belangstelling voor het ontwerp hebben.

Ook de laatste ontwikkelingen zijn beschreven.