



INDUSTRIËLE WETENSCHAPPEN

Evolutie van de motoren

Leerling(en) :
Frederik Maertens
Pieter Declerck

Mentor:
Verhaeghe Dirk

2003-2004

VTI Torhout Sint-Aloysius | Papebrugstraat 8a, 8820 Torhout
Telefoon: 050 23 15 15 | Fax: 050 23 15 25
E-mail: vti@sint-rembert.be | Site: <http://vtiweb.sint-rembert.be/>
Site GIP'S 6IW: www.gip6iw.be

1	Motivatie.....	6
2	Inleiding.....	6
3	Viertaktwerking.....	7
3.1	Thermodynamische begrippen.....	7
3.1.1	Ideaal gas.....	7
3.1.2	Toestandsveranderingen bij constante druk.....	8
3.1.3	Toestandsverandering bij constant volume.....	9
3.1.4	Toestandsverandering bij constante temperatuur.....	10
3.1.5	Adiabatische toestandsverandering.....	11
4	Voorstelling tweetakt - viertakt benzinewerking.....	12
4.1	De tweeslag benzinemotor.....	12
	Werkingsprincipe.....	12
	Het pV-diagram.....	14
4.2	De vierslagbenzinemotor.....	15
	Nicolaus Otto.....	15
	Jean Joseph Etienne Lenoir.....	16
	De vierslagbenzinemotor.....	17
	Voor- en nadelen van tweeslagbenzinemotor ten opzichte van de vierslagbenzinemotor.....	19
4.3	Carburatie.....	21
4.3.1	Inleiding.....	21
4.3.2	Soorten carburatoren.....	21
4.3.3	Principe van de carburator.....	22
4.3.4	Mengverhouding.....	27
4.3.5	Verkrijgen van de juiste mengverhouding bij elk toerental.....	28
	Compensatiesproeier.....	29
	Solexprincipe.....	30
	Eisen van een carburator.....	33
4.4	Benzineinspuiting.....	34
4.4.1	K-jetronic.....	35
4.4.2	L-jetronic.....	38
4.4.3	Centraal (monopoint-) inspuitstelsel.....	42
4.4.4	Inspuitstelsel met een inspuitsventiel per cilinder. (multipoint).....	43
4.5	Benzine.....	44
4.5.1	Herkomst.....	44
4.5.2	Eisen om goede benzine te hebben.....	45
4.5.3	Vluchtigheid benzine.....	45
4.5.4	Het octaangetal.....	48
4.5.5	Het reinigend vermogen van benzine.....	51

4.6	Soorten benzine.....	52
4.6.1	Aardgas.....	52
4.6.2	Biogas.....	52
4.6.3	LPG.....	53
4.6.4	Waterstof.....	53
4.6.5	Biodiesel.....	54
4.6.6	Ethanol.....	54
4.6.7	Methanol.....	55
4.7	Rendement van de benzinemotor.....	56
4.8	Motorvermogen en motorkoppel.....	58
4.9	Kleppendiagram.....	59
5	Voorstelling tweetakt - viertakt dieselwerking.....	64
5.1	Inleiding.....	64
5.2	Werking van de vierslagdieselmotor:.....	68
5.3	Werking van de tweetaktdieselmotor:.....	70
5.3.1	Brandstofsysteem:.....	71
5.3.2	Inspuitleidingen:.....	72
5.3.3	Opvoer- en toevoerpompen:.....	73
5.3.4	Filters:.....	77
5.3.5	Inspuitpompen:.....	78
	Taak van de inspuitpomp:.....	78
5.3.6	Constructie en werking van de lijninspuitpomp :.....	80
	Soorten plunjers :.....	82
6	Afzonderlijke delen.....	85
6.1	Motorblok.....	85
6.2	Krukas.....	87
6.2.1	Trilling in de krukas.....	89
	Torsietrillingen tegengaan m. b. v. een trillingsdemper.....	90
6.2.2	Vervaardiging van krukassen.....	91
6.2.3	Materiaal.....	92
6.3	Cilinderstanden.....	93
6.3.1	De lijnmotoren.....	93
6.3.2	De V-motoren.....	95
6.3.3	De boxermotoren.....	97
6.4	Cilinderkop.....	98
6.5	De zuiger.....	100
	Voorwaarden waaraan de zuigers moeten voldoen :.....	100
	Vormgeving van de zuiger.....	101
6.5.1	Het zuigermateriaal is een aluminium-silicium legering :.....	101
6.5.2	Constructie:.....	103

6.5.3	Materiaal:	104
6.5.4	Gemiddelde zuigersnelheid :	105
	Berekenen van de zuigersnelheid :	105
6.5.5	Zuigerveren.....	105
6.6	De drijfstang.....	107
6.7	Kleppen en klepveren	108
6.7.1	Beschrijving van de kleppen en klepveren.....	108
6.7.2	Plaatsing kleppen.....	109
	Zijklep motor	109
	Kopklep motor.....	110
	Kopkleppen en bovenliggende nokkenas.....	111
	Kopkleppen, bovenliggende nokkenas en tuimelaars en eventueel hydraulische (oliedruk) klepstoters	111
	Kopkleppen, bovenliggende nokkenas en hydraulische spelingcompensatie	111
6.8	Het vliegwiel	112
7	Gedetailleerde bespreking van een nieuwe dieselmotor: Bmw motor: M47D20TÜ.	113
7.1	Inleiding.....	113
7.2	Technische gegevens	114
7.3	Luchttoevoer	117
7.3.1	Inlaatspruitstuk.....	117
7.3.2	Uitlaatgasturbocompressor/intercooler	119
7.4	Cilinderkop	120
7.5	Kleppentrein.....	121
7.6	Roltuimelaar	121
7.6.1	Kleppen en veren	122
7.7	Kettingaandrijving	123
7.7.1	Opbouw.....	125
7.8	• Motorblok	126
7.8.1	Motorblok.....	126
7.8.2	Krukas en lagers.....	126
7.9	Drijfstang	126
7.10	Zuiger	126
7.11	Koelvloeistofcircuit.....	128
7.12	Smeersysteem.....	132
7.12.1	Oliecircuit.....	132
7.12.2	Oliepomp/oliedrukregeling	133
7.12.3	Oliefilter.....	133
7.12.4	Oliekoeling.....	133

7.12.5 Olie-druksensor	134
Technische gegevens	134
7.12.6 Olie-sproeiers	135
7.13 Common rail 2e generatie	137
7.13.1 - Inleiding	137
7.13.2 Beschrijving van de werking	139
Historie	139
Duo-regelsysteemconcept	139
7.13.3 Componenten	143
Hogedrukpomp CP 3.2	143
7.13.4 Brandstofhogedrukaccumulator (rail)	144
7.13.5 Rail-druksensor	145
7.13.6 Drukregelklep	146
7.13.7 Verstuivers	147
Technische gegevens	148
Vernieuwingen aan de verstuivers:	148
Microblindgatverstuiver	149
7.14 Gloeisysteem	150
7.14.1 Beschrijving van het systeem	151
Componenten	151
Gloeiregeleenheid	152
7.14.2 Aansturing van de gloeibougies	153
Voorwaarde:	153
7.14.3 Snelstartgloeibougies	154
De voordelen zijn	155
7.14.4 Gloeifuncties	155
Startgloeien	155
8 Bijlagen	156
8.1 Logboek	156
8.2 Vergelijking oude motor en nieuwe motor	160

1 **Motivatie.**

Als leerlingen van het laatste jaar industriële wetenschappen moet men een geïntegreerde proef samenstellen. Ons onderwerp van de geïntegreerde proef mochten we zelf kiezen. Samen hebben we besloten om de evolutie van de verbrandingsmotor te bestuderen. We zijn beiden opgegroeid tussen de oldtimers. Onze grootouders restaureerden die wagens tot nieuwe pronkstukken.

Toen we mochten kiezen voor een *GIP* onderwerp was het dus niet moeilijk om te kiezen. We wilden iets doen over oldtimers. We hebben dan samen met dhr. Verhaeghe beslist om de evolutie van de verbrandingsmotoren te bespreken.

Zo konden we onze kennis verruimen en van motoren meer te weten komen, hoe alles geëvolueerd is.

2 **Inleiding.**

In onze geïntegreerde proef worden volgende hoofdstukken besproken: om te beginnen bespreken we theoretisch algemeen de motor. Daarna gaan we verder met de theoretische evolutie van de motor. We bespreken daarnaast ook nog een recente *BMW* dieselmotor en een oldtimer benzinemotor van *Citroën*.

Eerst en vooral willen dhr. Verhaeghe bedanken voor zijn medewerking aan de *GIP*. Hij stond altijd klaar om ons te helpen en ons informatie te verschaffen. Onze ouders hebben ons ook het hele jaar gesteund en de *GIP* verbeterd. We zouden ook graag de mensen van; garage 'le couter', *KHBO Oostende*, *Verplancke* bedanken voor hun info en hulp bij de *GIP*. Natuurlijk moeten we ook onze grootouders bedanken want zonder hen zouden we nooit aan dit onderwerp begonnen zijn.

3 Viertaktwerking.

3.1 Thermodynamische begrippen.

Bij de volgende toestandsveranderingen gaan we ervan uit dat we te maken hebben met ideale gassen. In de praktijk is het echter niet mogelijk hier mee te werken. Vandaar dat ideaal gas slechts een theoretisch begrip is.

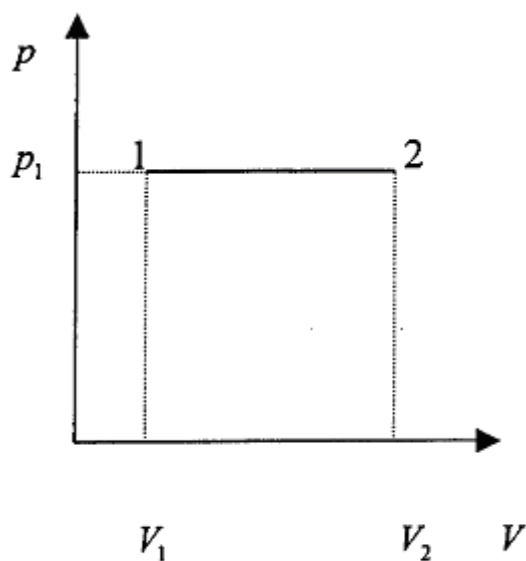
3.1.1 Ideaal gas.

In een gesloten ruimte kan slechts een bepaalde hoeveelheid vloeistof verdampt worden, zonder dat er condensatie optreedt. Bij verdere verdamping van de vloeistof, ontstaat er in de damp een even grote hoeveelheid vloeistof door condensatie. Verdamping en condensatie zijn in dynamisch evenwicht. Een dergelijke damp noemen we "verzadigde damp". Een onverzadigde damp noemen we ook wel "onverhitte damp". Bij sterke oververhitting spreken we van een gas. Theoretisch kunnen we het gas oneindig warm maken. Dergelijk gas in oneindig ver van zijn verzadigingstoestand verwijderd, en noemen we "ideaal gas". Verzadigde damp, oververhitte damp en gas zijn verschillende toestanden van een stof in de gasfase.

3.1.2 Toestandsveranderingen bij constante druk.

In een cilinder, afgesloten door een zuiger die zich wrijvingsloos kan bewegen, bevindt zich een gas. Op de zuiger werkt een constante uitwendige kracht, de druk in het gas is dus eveneens constant. De begintoestand van het gas wordt weergegeven door (p, V, T) .

Wordt aan het gas warmte toegevoerd, dan zal het volume en de temperatuur toenemen van V_1, T_1 tot V_2, T_2 , terwijl de druk gelijk blijft. De eindtoestand stellen we voor door (p, V_2, T_2) . In een pV -diagram wordt deze toestandsverandering voorgesteld door een horizontale lijn. Een dergelijke lijn noemen we een isobaar.

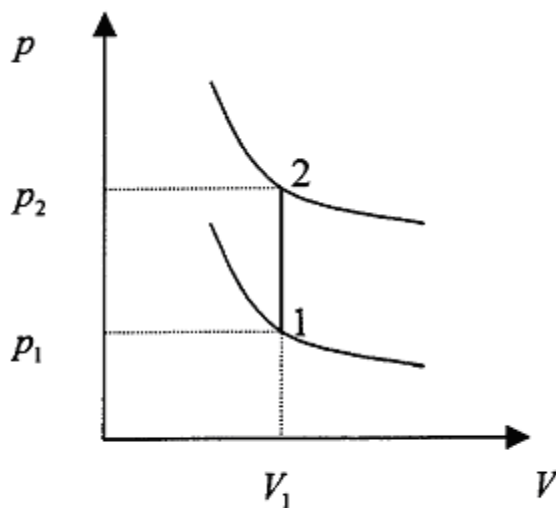


Figuur 1

3.1.3 Toestandsverandering bij constant volume

In een afgesloten ruimte met inhoud V bevindt zich een gas met druk p_1 en een temperatuur T_1 . De begintoestand wordt weergegeven door (p_1, V, T_1) .

Wordt aan het gas warmte toegevoerd, dan zal de druk en temperatuur toenemen van p_1, T_1 tot p_2, T_2 , terwijl het volume gelijk blijft. De eindtoestand stellen we voor door (p_2, V, T_2) . In een pV -diagram wordt deze toestandsverandering voorgesteld door een verticale lijn. Een dergelijke lijn noemen we een isochoor.

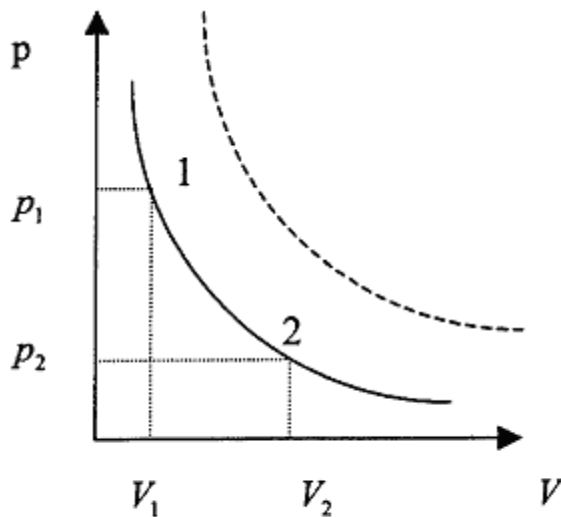


Figuur 2

3.1.4 Toestandsverandering bij constante temperatuur.

In een afgesloten ruimte met inhoud V_1 bevindt zich een gas met druk p_1 en een temperatuur T . De begintoestand wordt weergegeven door (p_1, V_1, T) .

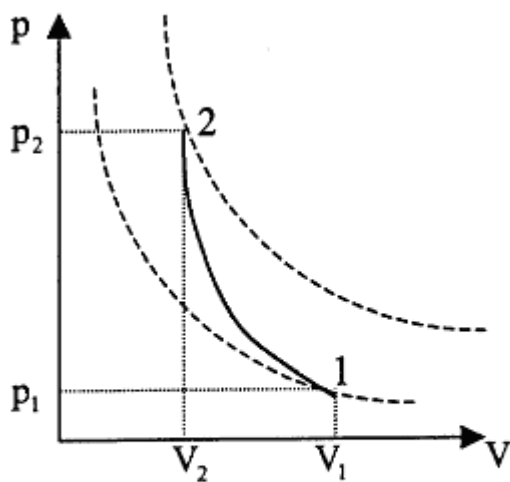
Wordt aan het gas warmte toegevoerd, dan zal de druk en het volume toenemen van p_1, V_1 tot p_2, V_2 , terwijl de temperatuur gelijk blijft. De eindtoestand stellen we voor door (p_2, V_2, T) . In een pV -diagram wordt deze toestandsverandering voorgesteld door een hyperbool. Een dergelijke lijn noemen we een isotherm.



Figuur 3

3.1.5 Adiabatische toestandsverandering.

Dit is een toestandsverandering waarbij geen warmte wordt toe- of afgevoerd. Een dergelijk proces kan plaats vinden in een volmaakt geïsoleerde cilinder. Vele processen in de techniek kunnen nagenoeg adiabatisch worden beschouwd, omdat deze zo snel verlopen dat de beschikbare tijd voor warmteuitwisseling met de omgeving uiterst klein is. Uit formules blijkt dat bij een adiabatische compressie alle toegevoerde energie in het gas aanwezig blijft, zodat de temperatuur hiervan zal stijgen. Zou men vanuit dezelfde begintoestand het gas isothermisch comprimeren, dan zou warmte moeten worden toegevoerd. Hieruit volgt dat een adiabaat steiler moet verlopen dan een isotherm.



Figuur 4

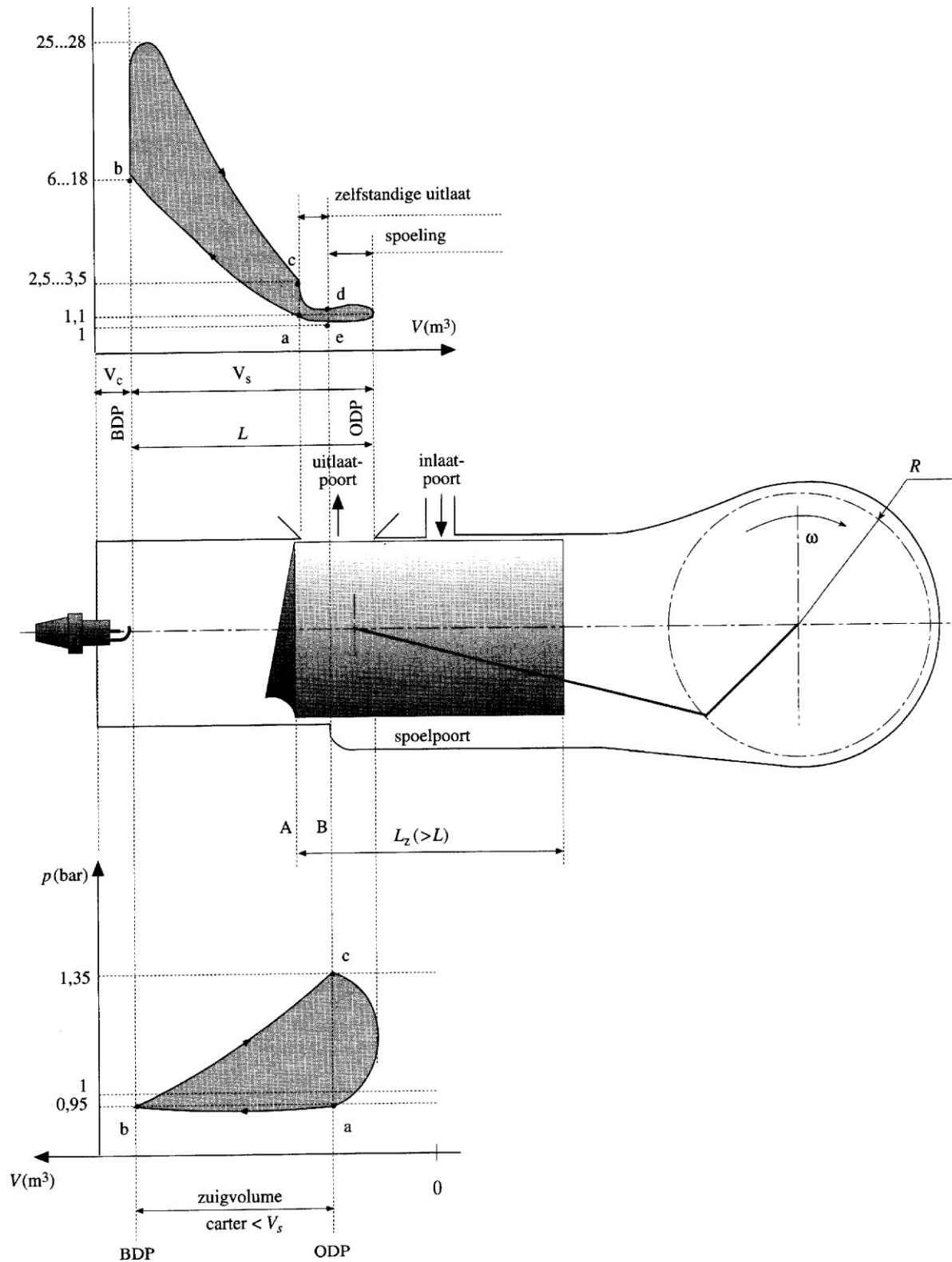
4 Voorstelling tweetakt - viertakt benzinewerking.

4.1 De tweeslag benzinemotor.

Werkingsprincipe

Bij de vierslagbenzinemotor wordt slechts gedurende een van de vier achtereenvolgende slagen arbeid geleverd. Je kan echter ook de uit- en inlaatslag vervangen door een spoelproces, vanaf het einde van de arbeidsslag tot aan het begin van de compressieslag. Dit gebeurt in een tweeslagbenzinemotor.

Figuur tweeslagbenzinemotor:



Figuur 5

Hierbij wordt gasmengsel aangezogen in het motorcarter (het onderste gedeelte van de motor) als de zuiger zich naar boven beweegt. Als de zuiger daarna zijn neerwaartse slag beëindigd heeft, wordt het in het carter samengesperste gas via een overstroomkanaal boven de zuiger gebracht. Bij de volgende opwaartse zuigerbeweging wordt tegelijkertijd boven de zuiger het verse gasmengsel samengeperst en onder de zuiger nieuw gas aangezogen. Een complete cyclus bestaat dus uit twee zuigerbewegingen of twee takten:

- één neergaande beweging (aanzuig- en compressieslag gecombineerd)
- één opgaande beweging (arbeid- en uitlaatslag gecombineerd)

Het pV-diagram

Start je in het diagram in punt a, dan is de uitlaatpoort juist afgesloten (dit wil zeggen dat de kop van de zuiger juist op niveau A staat in de figuur). Het brandstofmengsel boven de zuiger wordt dan gecompriëerd tot in punt b. ondertussen is even voor het BDP (bovenste dode punt) het mengsel ontstoken met een ontstekingskaars zoals bij een vierslagbenzinemotor.

4.2 De vierslagbenzinemotor.

Nicolaus Otto



One of the most important landmarks in engine design comes from Nicolaus Otto who in 1876 invented an effective gas motor engine. Nicolaus Otto built the first practical four-stroke internal combustion engine called the "Otto Cycle Engine," and when he completed his engine, he built it into a motorcycle.

Nicolaus Otto was born on June 14, 1832 in Holzhausen, Germany. Otto's first occupation was as a traveling salesman selling tea, coffee, and sugar. He soon developed an interest in the new technologies of the day and began experimenting with building four-stroke engines (inspired by Lenoir's two-stroke gas-driven internal combustion engine). After meeting Eugen Langen, a technician and owner of a sugar factory, Otto quit his job, and in 1864, the duo started the world's first engine manufacturing company N.A. Otto & Cie (now DEUTZ AG, Köln). In 1867, the pair were awarded a Gold Medal at the Paris World Exhibition for their atmospheric gas engine built a year earlier.

In May 1876, Nicolaus Otto built the first practical four-stroke piston cycle internal combustion engine. He continued to develop his four-stroke engine after 1876 and he considered his work finished after his invention of the first magneto ignition system for low voltage ignition in 1884. Otto's patent (see drawing below) was overturned in 1886 in favor of the patent granted to Alphonse Beau de Roches for his four-stroke engine. However, Otto built a working engine while Roaches' design stayed on paper. On October 23, 1877, another patent for a gas-motor engine was issued to Nicolaus Otto, and Francis and William Crossley.

Nicolaus Otto died at age 59, on January 26, 1891, in Cologne.

Jean Joseph Etienne Lenoir



Jean Joseph Etienne Lenoir wurde im Jahre 1822 geboren. Lenoir stellte 1860 seinen mit Leuchtgas betriebenen Gasmotor der Öffentlichkeit vor. Seine Maschine war den zeitgenössischen Dampfmaschinen sehr ähnlich (z.B. doppelwirkend) und Ausgangspunkt vieler anderer Erfinder und Ingenieure in ganz Europa.

So baute etwa der Handelsreisende Nikolaus August Otto den Lenoirmotor auf Spiritusbetrieb um und reichte mit seinem Bruder Wilhelm einen Patentantrag ein. Das Patent wurde allerdings nicht erteilt.

Von mehreren unterschiedlichen Fabrikanten wurde mit Lenoir erstmals ein Motor in Serie gefertigt. Obwohl er entscheidende Nachteile hatte, wurde er ca. 350 mal gebaut.

Der Gas- und Schmiermittelverbrauch soll sehr hoch und der Lauf sehr rauh gewesen sein.

Dazu verurteilte die Abhängigkeit von der städtischen Gasleitung den Motor außerdem zum stationären Gebrauch.

Dieser Aspekt war auch der Grund weshalb Otto Spiritus als Betriebsstoff verwenden wollte und er die Verwendung in Automobilen andeutete.

Im Jahre 1863 baute Lenoir einen seiner Motoren in einen Wagen ein und fuhr damit sogar ins neun Kilometer entfernte Joinville-le-pont und wieder zurück.

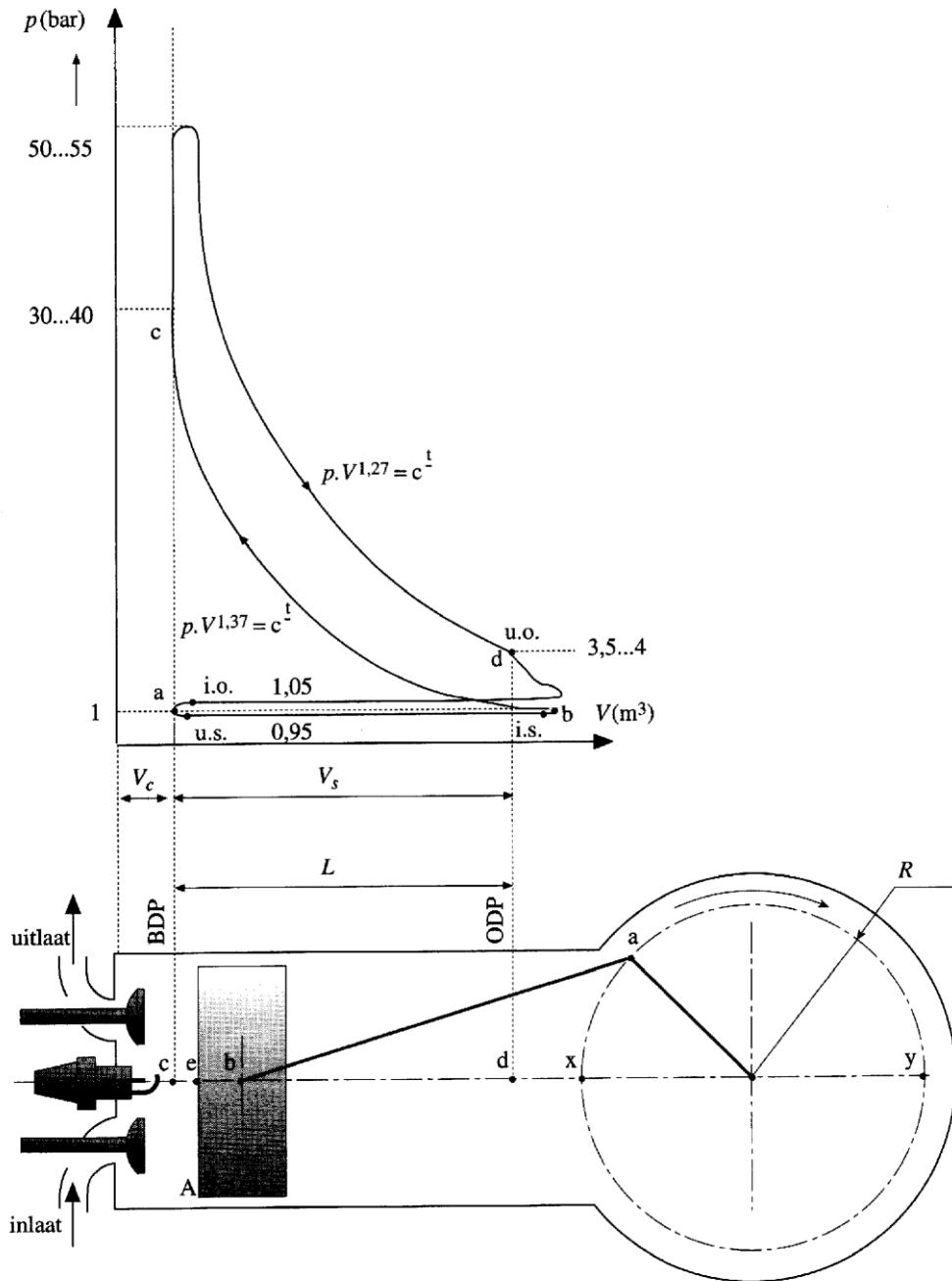
Ein Jahr darauf verkaufte er ein Fahrzeug an Zar Alexander II.. Sein eigener Wagen wurde jedoch im deutsch-französischen Krieg 1870/71 zerstört.

Danach verfolgte Lenoir den Bau selbstbeweglicher Fahrzeuge nicht mehr weiter. Jean Joseph Cugnot starb im Jahre 1900. Im Jahre 1933 wurde er von der Französischen Nationalen Kommission des A.C.F. zum Erfinder des Automobils erklärt.

De vierslagbenzinemotor

De druk en temperatuur lopen dan terug op zodat de zuiger via de drijfstang terug arbeid levert aan de onderliggende krukas. In punt c komt de kop van de zuiger terug op niveau A, de uitlaatpoort wordt vrijgegeven, waardoor de verbrande gassen nu vrij naar buiten kunnen stromen. Het gevolg is ook dat de dan heersende druk van 2,5 à 3,5 bar plots daalt tot ongeveer 1,5 bar. Ondertussen bereikt de zuiger nu ook punt d op het diagram. Nu komt de kop van de zuiger gelijk te liggen met niveau B, waar de "omloopleiding" of spoelpoort wordt vrijgegeven. Gezien de zuiger naar beneden beweegt stroomt het gas uit het carter onder druk de cilinder binnen, en drijft het de verbrandingsgassen uit. Dit proces wordt het spoelen van de cilinderruimte genoemd.

Figuur vierslagbenzinemotor:



Figuur 6

Dit spoelen blijft duren tot in punt e. Had de zuiger naar het ODP (onderste dode punt) in opgaande beweging terug in punt e, dan wordt de spoelpoort op niveau B als eerste afgesloten. De uitlaatpoort blijft nog open tot in a, zodat de laatste verbrandingsgassen en helaas ook een deel van het verse mengsel kunnen ontsnappen dan wordt de uitlaatpoort op niveau A weer afgesloten en herbegint er een compressie. Gaat de zuiger verder naar boven, dan wordt ook de inlaatpoort geopend en zuigt de zuiger aan zijn onderzijde, wegens de daar heersende onderdruk een vers mengsel in het carter aan. Hierna herhaalt de cyclus zich.

Voor- en nadelen van tweeslagbenzinemotor ten opzichte van de vierslagbenzinemotor

Bij deze constructie ontbreekt dus het gehele kleppenmechanisme. De enige delen die hier bewegen zijn: de krukas, de drijfstang, en de zuiger. De bouw van de motor is dus eenvoudiger. Naast zijn normale taak verricht de zuiger door het vrijgeven of sluiten van poorten in de cilinderwand ook de taak van de kleppen die bij een viertakmotor noodzakelijk waren. Aangezien het motorcarter dient om vers gasmengsel aan te zuigen, kan het niet dienen als oliereservoir voor het smeren van de vitale delen van het systeem. Daarom moet je olie in de benzine mengen volgens een welbepaalde verhouding en volgens de richtlijnen van de constructeur van tweeslagbenzinemotoren. Dit kan manueel maar in moderne systemen gebeurt dit bij de tweeslagbenzinemotor automatisch (door een gescheiden brandstof- en olietank). Bij een tweetaktmotor is het oliegebruik dus hoog, terwijl vervuiling van de cilinder, de ontstekingskaars en de uitlaatleiding een bezwaarlijk nadeel is.

Nadelen:

- een spoelproces waarbij veel vers mengsel verdwijnt via de uitlaat, en waarbij, voor lage toerentallen, nogal wat verbrande gassen achterblijven in de cilinder, zodat je bij lage toerentallen een slechte vulling krijgt.
- de smering die vervuilt (en dikwijls haperingen creëert bij de ontsteking) door de olie in de benzine.

Voordelen:

- minder bewegende delen en geen kleppen (dus ook geen klepspeling te regelen), zodat het mechanisch rendement verhoogt.
- goedkoper te construeren en kleiner van afmetingen.
- 1 arbeidsslag per toer, draait dus gelijkmatiger en kan het dus stellen met een kleiner vliegwiel.
- vergt weinig onderhoud.

Besluit:

Is de tweetaaktmotor goed gebouwd, dan kan hij even goed presteren als de viertaktmotor. Vanwege de compactere bouw, het beter mechanisch rendement en kleiner onderhoud wordt dit type motor veel toegepast:

- bij lichte verbrandingsmotor (brom en motorfietsen)
- in de land- tuin- en bosbouw.
- bij stationaire motoren (groepen om elektriciteit op te wekken of stoomgeneratoren).

4.3 Carburatie

4.3.1 Inleiding

Hoe raakt de benzine nu in de verbrandingskamer?

Dit gebeurt door middel van een carburator. Deze brengt een benzineluchtmengsel in de cilinder. Carburatie werd bij de eerste motor gebruikt, maar nu is er in plaats van carburatie inspuiting. Maar carburatie blijft nog steeds bestaan bij brommers, bepaalde motorfietsen.

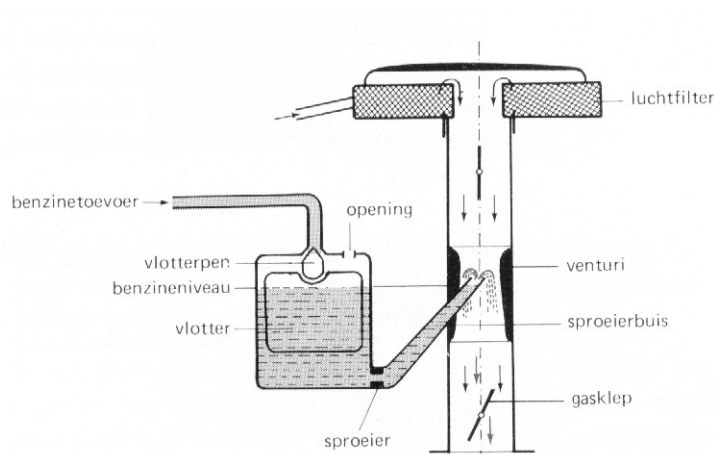
Het is nodig dat de benzine wordt gemengd met lucht omdat men vanuit de chemie weet dat "het verbranden van een stof een chemische binding is van deze stof met zuurstof".

4.3.2 Soorten carburatoren

- stijgstroomcarburator
- horizontaalstroomcarburator
- valstroomcarburator

4.3.3 Principe van de carburator

In figuur 7 zien we een principetekening van de carburateur. De benzine vanaf de benzinepomp komt in de vlotterkamer. In de vlotterkamer wordt de benzine steeds op het zelfde niveau gehouden. Wanneer dit niveau is bereikt, sluit de vlotterpen, door de opwaartse kracht van de vlotter, de toevoer af. Het benzineniveau moet altijd iets lager blijven dan de uitstroomopening van de sproeierbuis.

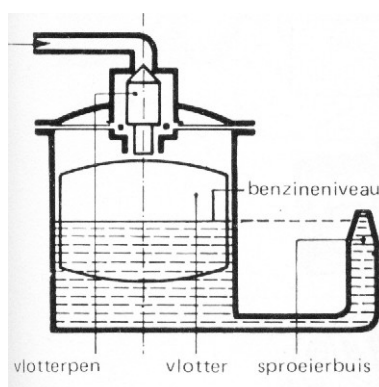


Figuur 7

De bediening van de vlotternaald kan op twee manieren plaatsvinden.

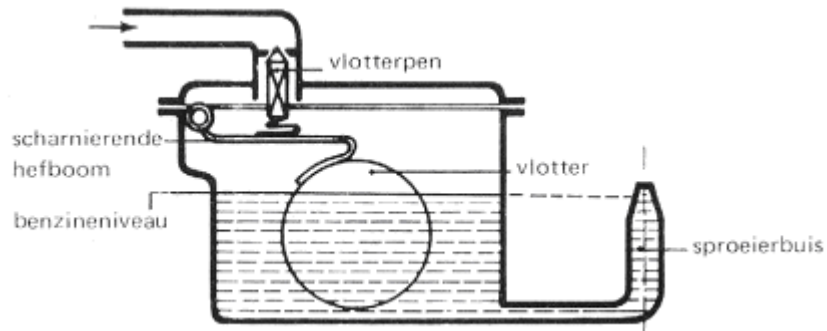
In figuur 8 wordt de vlotternaald *direct* door de vlotter bediend.

Deze uitvoering komt slechts voor bij eenvoudige carburateurs.



Figuur 8

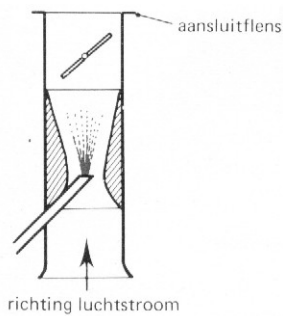
Figuur 9 laat de indirecte bediening van de vlotter zien. Hier wordt de vlotterpen bediend door een scharnierende hefboom, die aan de vlotter is bevestigd.



Figuur 9

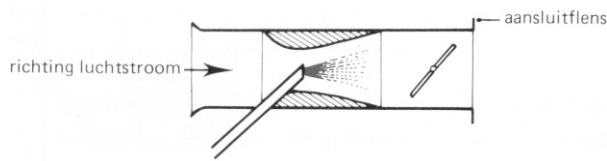
Vroeger werd de carburateur naast de motor geplaatst. De benzine en lucht moeten dan stijgen om in de cilinder te komen.

Deze carburateur noemen we stijgstroomcarburateur. (figuur 10)



Figuur 10

Bij de horizontaalstroomcarburateur (figuur 11) zien we een horizontale stroming van de lucht en benzine

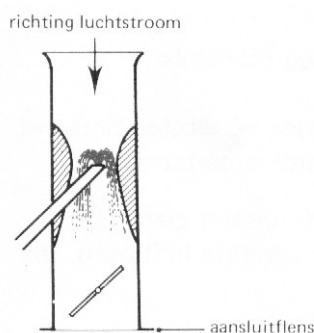


Figuur 11

De meeste carburateurs worden boven de motor geplaatst, dit heet een valstroomcarburateur (figuur 12).

De benzine en lucht worden beter gemengd, omdat de lucht tegen de benzine instroomt.

Een groot voordeel van deze opstelling is, dat de motor een betere vulling krijgt, waardoor meer vermogen ontstaat. Hierbij speelt het gewicht van de benzine en lucht een grote rol. Een ander voordeel is, dat er meer ruimte is voor het luchtfilter, waardoor deze groter kan uitgevoerd worden, en dus de lucht beter kan gefilterd worden.

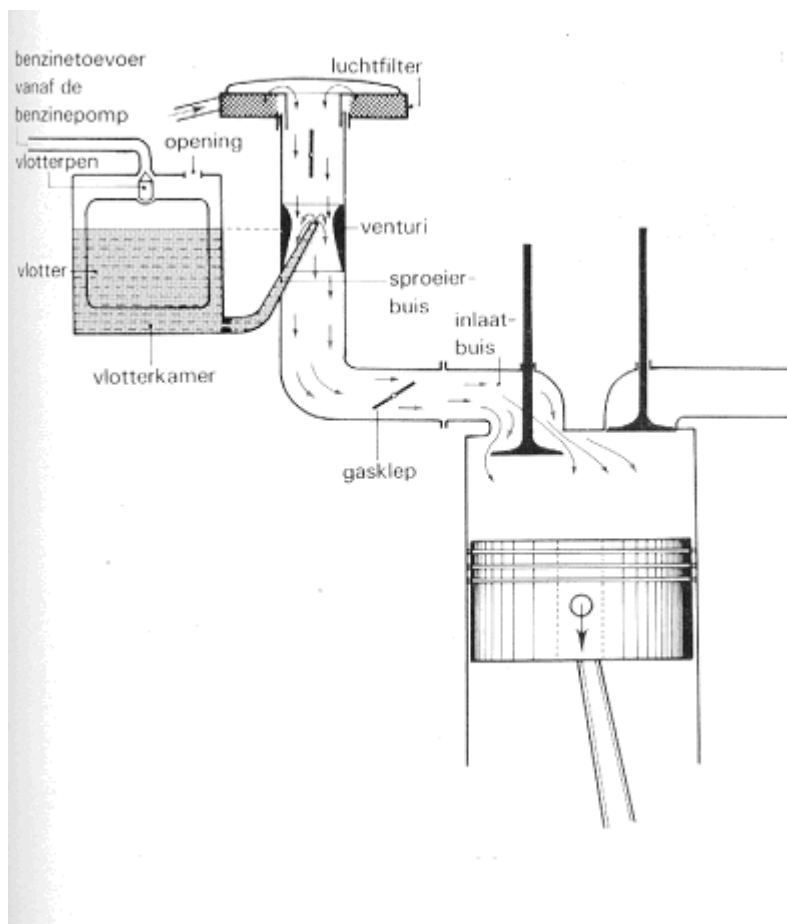


Figuur 12

Hoe komt het nu dat de benzine uit de sproeierbuis komt?

De grote snelheid van de luchtstroom veroorzaakt boven de verticale buis een verminderde luchtdruk (vacuüm). Op de vloeistofspiegel heerst echter de buitenluchtdruk (atmosferische druk).

Door dit drukverschil zal de benzine in de verticale buis omhoog worden gestuwd en door de luchtstroom worden meegenomen, maken we de snelheid van de luchtstroom groter, dan zal door het grotere drukverschil ook meer benzine omhoog worden gestuwd. Van dit principe maken we bij de carburateur gebruik.



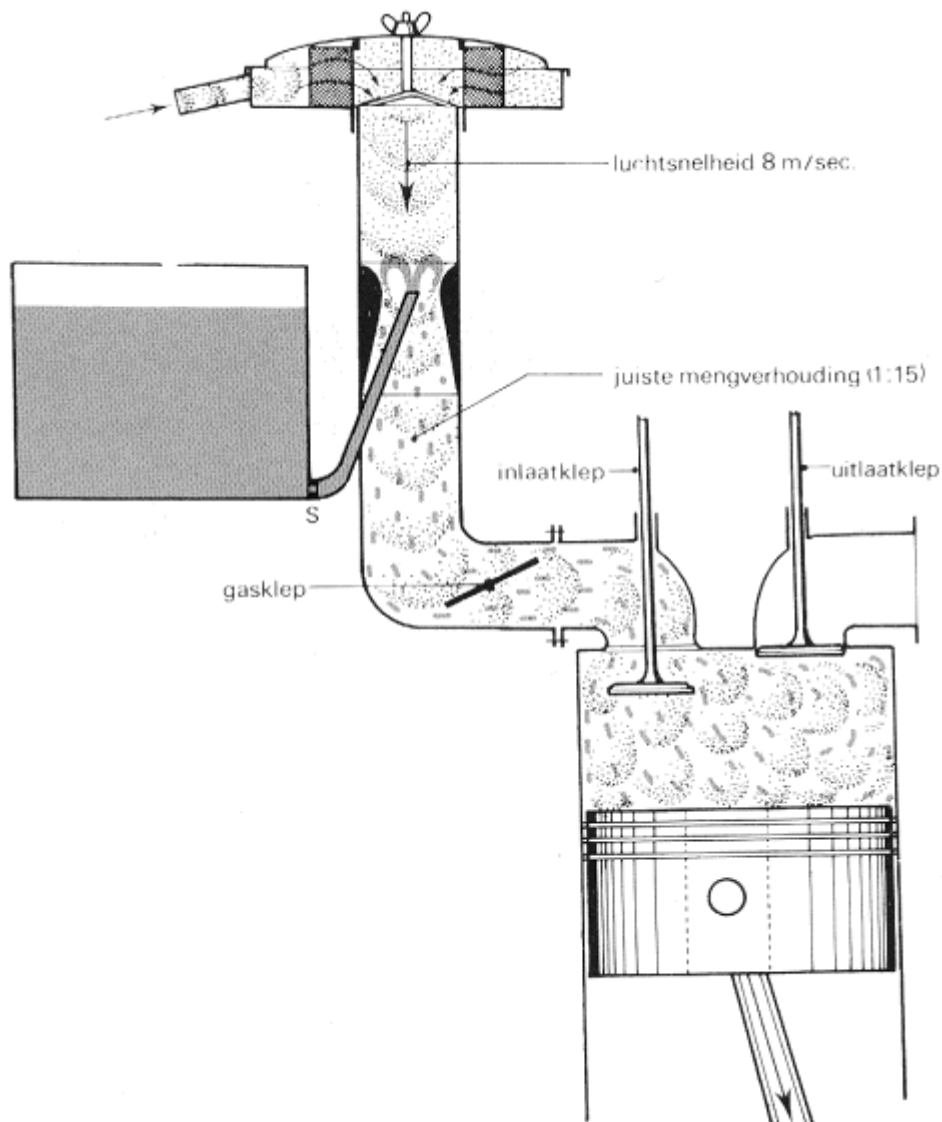
Figuur 13

Zoals je weet, komt de benzine vanaf de benzinepomp in een ruimte die we vlotterkamer noemen en zorgt de vlotter ervoor, dat het juiste niveau steeds gehandhaafd blijft.

Omdat de sproeierbuis en de vlotterkamer twee communicerende vaten zijn, zal de benzine in de sproeierbuis even hoog gaan staan als in de vlotterkamer. Het benzinenniveau ligt 2 a 3 mm beneden de uitmonding van de sproeierbuis.

Zodra de zuiger aan de inlaatslag begint, zal in de inlaatbuis een luchtstroom ontstaan. Als gevolg van het hierdoor ontstane drukverschil zal een dun straaltje benzine uit de sproeierbuis spuiten.

Bij de uitmonding van de sproeierbuis is een vernauwing aangebracht. Hierdoor zal ter plaatse een grotere luchtsnelheid ontstaan, met als gevolg een grotere onderdruk. De luchtkolom zal na het passeren van het nauwste gedeelte steeds wijder worden. Hierdoor worden a.h.v. de druppeltjes benzine uit elkaar getrokken en in zeer fijne druppeltjes verstoven. Deze vernauwing noemt men dan ook verstuiver of venturi.



Figuur 14

4.3.4 Mengverhouding

Om bij de benzinemotor een goede verbranding te verkrijgen, moet er benzine en lucht in de juiste verhouding aanwezig zijn. Bij een volledige verbranding zijn er voor één gewichtsdeel benzine 15 gewichtsdelen lucht nodig. Dit betekent, dat we voor het verbranden van 1 kg benzine 15 kg lucht nodig hebben. We spreken dan van een mengverhouding van 1:15. Wanneer we 1 kg benzine met bijv. 16 kg lucht mengen, dan ontstaat er een arm mengsel: (arm aan benzine dus). Evenzo ontstaat er een rijk mengsel, wanneer we 1 kg benzine mengen met bijv. 14 kg lucht.

We laten de motor 2500 omw. per minuut maken. Nu blijkt, dat de luchtsnelheid (V) in de venturi 8 m/sec is. We hebben nu de doorlaat 5 zodanig aangepast, dat er een mengsel ontstaat van de juiste samenstelling. We laten nu dezelfde motor 5000 omw. per minuut maken. Omdat er nu per minuut 2 x zoveel inlaatslagen zijn, zal er ook bij dezelfde vulling 2 x zoveel lucht door de venturi stromen. Dat betekent, dat de luchtsnelheid 2 x zo groot wordt. Voor handhaving van de juiste mengselverhouding zou de sproeierbuis dan ook 2 x zoveel benzine moeten leveren. Dit blijkt echter niet het geval te zijn; de carburateur levert nu een veel te rijk mengsel. Voor het behoud van de juiste mengverhouding zou bij een 2 x zo grote luchtsnelheid ook het vacuüm 2 x zo groot moeten zijn. In werkelijkheid neemt het vacuüm veel meer toe, waardoor een veel te rijk mengsel ontstaat.

Deze carburateur is slechts geschikt voor één toerental en wordt om zijn eenvoud alleen op stationaire motoren toegepast, bijv. grasmaaiers.

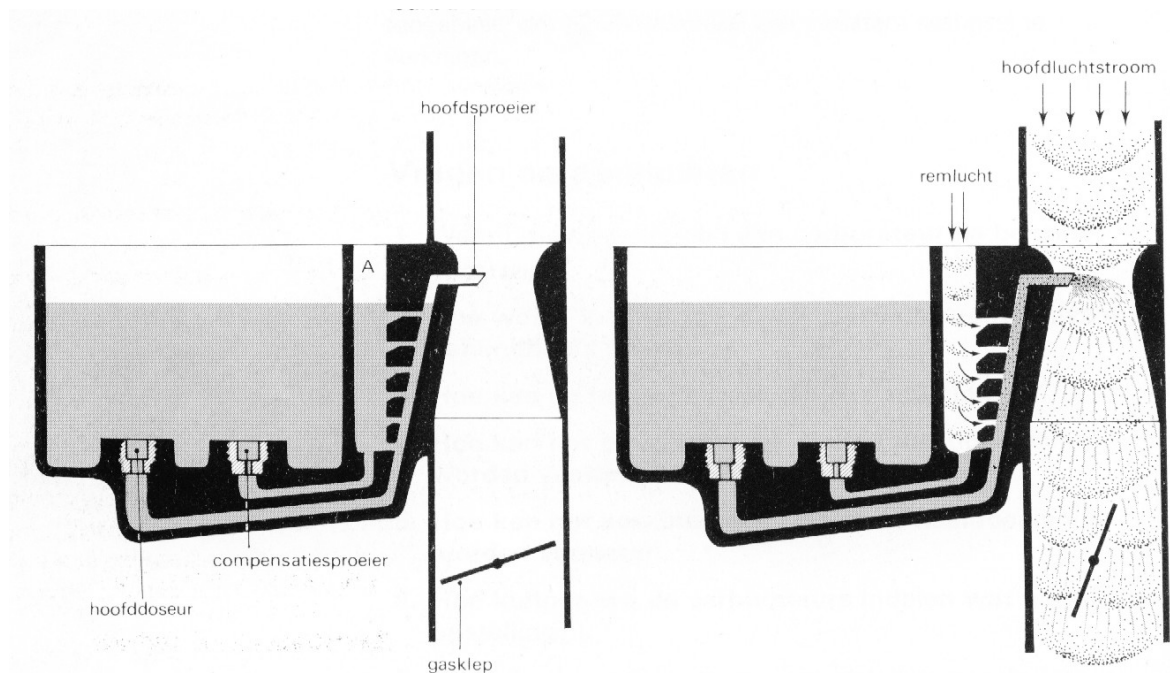
Het toerental van de automotor is echter sterk variabel, waardoor deze carburateur zonder verdere voorzieningen niet bruikbaar is.

4.3.5 Verkrijgen van de juiste mengverhouding bij elk toerental

Bij hoge toerentallen is er meer benzine nodig, met het principe hierboven uitgelegd zal er niet genoeg benzine aangezogen worden. Dit kunnen we verhelpen door een compensatiesproeier of m.b.v het solexprincipe.

Compensatiesproeier

In figuur 15 zien we een schematische voorstelling van een carburateur met een compensatiesproeier. Dit principe wordt toegepast bij de zenithcarburateur.



Figuur 15

Bij een laag toerental leveren beide sproeierbuizen benzine. De doseur of verdeler in de compensatie-sproeierbuis zal nu voldoende benzine doorlaten, om de benzine in kamer A op peil te houden.

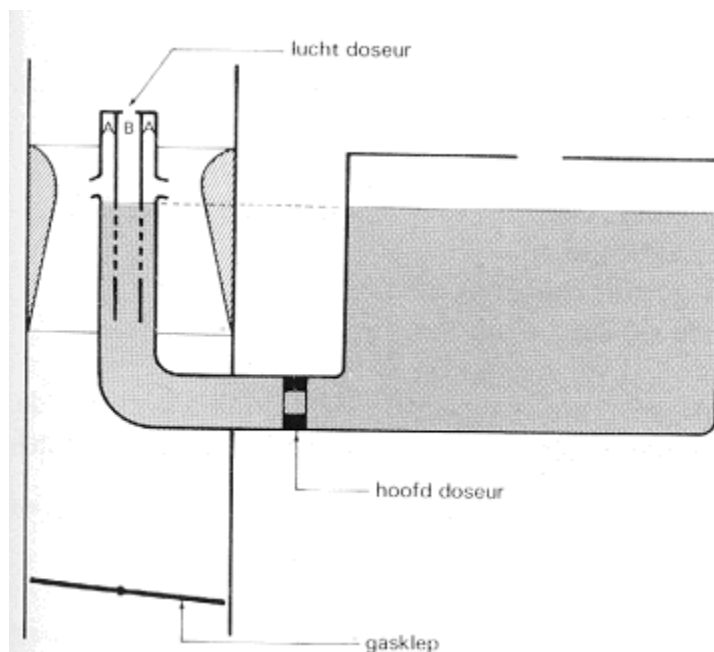
Wordt de gasklep verder geopend, dan neemt het vacuüm in de venturi in verhouding meer toe dan de luchtsnelheid. Hierdoor zal er te veel benzine uit de beide sproeierbuizen spuiten, zodat een te rijk mengsel ontstaat. Doordat de zuiging zich niet kan voortplanten tot aan de compensatieverdeler, zal deze niet meer benzine leveren. Dus zal het reservekamertje A leeg gezogen worden, zodat de compensatiesproeier een mengsel van lucht en benzine gaat leveren. (zie figuur 15)

Doordat er nu lucht vanuit de compensatiesproeier in de venturi stroomt, zal het vacuüm hierin verminderen. Dus, zal de zuigkracht aan de hoofd doseur of verdeler kleiner worden zodat de hoofdsproeier minder benzine zal leveren. We spreken van remlucht omdat de lucht de benzinetoevoer afremt. Deze remlucht zorgt ervoor dat het benzineluchtmengsel

Solexprincipe

Bij het solexprincipe maakt men ook gebruik van remlucht om het mengsel bij verschillende toerentallen constant te houden. In figuur 16 zien we de remluchtsproeier van de solex schematisch afgebeeld.

De motor draait niet, zodat in de buizen A en B g atmosferische druk heerst. (gewone buitenlucht). Hierdoor staat het benzinenniveau in beide buizen gelijk aan het niveau van de vlotterkamer. Erboven bevinden zich de uitstroomopeningen.



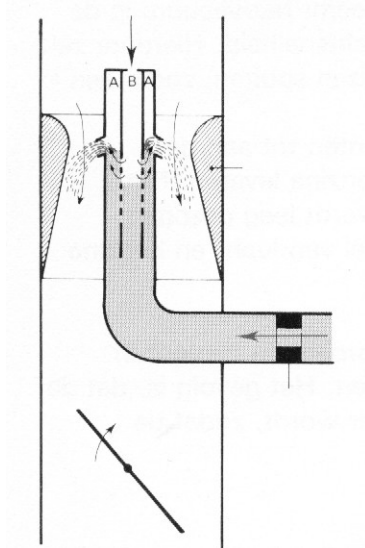
Figuur 16

Figuur 17 geeft de situatie weer wanneer de gasklep een beetje open staat.

Het vacuüm in de venturi gaat nu in verhouding meer stijgen dan de lichtsnelheid. Die lichtsnelheid is bepalend voor de hoeveelheid lucht die wordt aangezogen. Hierdoor zal dus een te rijk mengsel ontstaan.

De venturi wil meer benzine aanzuigen dan de hoofdverdeler/doseur kan leveren. Dus wordt er benzine aangezogen uit buis B. het benzineniveau zal in deze buis dalen waardoor er luchtgaatjes vrijkomen.

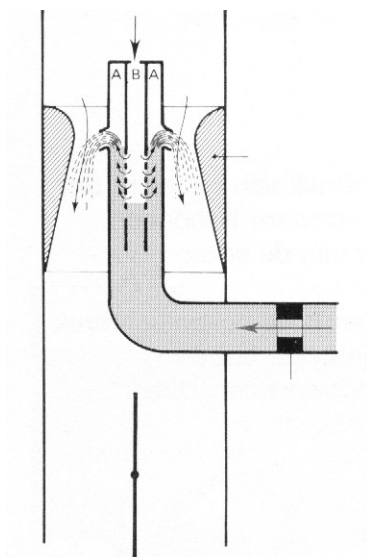
De venturi gaat dus lucht aanzuigen, waardoor de zuigkracht aan de benzineverdeler nu zoveel vermindert, dat de juiste mengverhouding wordt verkregen.



Figuur 17

Als het toerental nu stijgt, door de gasklep verder te openen, neemt het vacuüm in de venturi in verhouding meer toe dan de lichtsnelheid. Hierdoor zal er dus een te rijk mengsel ontstaan.

De venturi wil echter meer benzine aanzuigen dan de verdeler kan leveren, waardoor er benzine aangezogen wordt uit buis B. Er komen dan meer luchtgaatjes vrij, zodat er meer lucht wordt aangezogen. Hierdoor vermindert de zuigkracht aan de benzineverdeler zodat de juiste mengverhouding wordt verkregen.



Figuur 18

Eisen van een carburator

- snel starten
- regelmatig lopen bij stationair toerental
- zuinig bij gedeeltelijke belasting
- snel reageren bij acceleratie.
- verrijking van het mengsel om maximale vermogen te bereiken
- dosering van de brandstof en mengselvorming moeten zodanig zijn, dat de schadelijke stoffen in het uitlaatgas onder geen enkele gebruiksomstandigheid de maximaal toelaatbare waarden overschrijden.

Voor een laag brandstofverbruik moet de luchtvermaat ongeveer 10% bedragen. Om het maximale vermogen te bereiken is een luchttekort van ongeveer 10% nodig, omdat de snelheid van het vlamfront in de verbrandingskamer maximaal is. Een carburator die aan al deze eisen voldoet is aanzienlijk gecompliceerder dan de principiële carburator. Aangezien carburatoren niet meer zoveel gebruikt worden, zullen we er ook niet op dieper ingaan. De dag van vandaag wordt benzine vooral ingespoten. Dit tot in tegenstelling met een carburator, daar wordt een gasmengsel aangezogen.

4.4 Benzineinspuiting

In een verbrandingsmotor wordt lucht en benzine gemengd door een carburator of door middel van inspuiting. De laatste jaren wordt echter meer en meer gekozen voor een menging met zuigbuisinspuiting. Deze trend is ontstaan door de voordelen, die het inspuiten van de brandstof in samenhang met de eisen ten aanzien van de economie, prestaties en emissie van schadelijke stoffen in het milieu kan bieden.

De voordelen van benzine-inspuiting:

- zeer nauwkeurige werking
- hoeveelheid schadelijke stoffen kan in de uitlaatgassen aanzienlijk verminderen
- het wegvallen van de carburator kunnen de aanzuigwegen optimaal geconstrueerd worden, waardoor en betere vulling van de cilinders bereikt wordt en leidt tot een gunstiger koppelverloop.

Benzine inspuiting mag niet vergeleken worden met dieselinspuiting. Het is nog steeds een lucht-benzinemengsel die wordt samengedrukt en verbrand. Dit is ook de reden waarom de injectoren van benzine-inspuiting voor de inlaatklep staan. De benzine wordt samen met de aangezogen lucht naar binnengezogen. En dan dmv de ontstekingskaars of bougie verbrand.

4.4.1 K-jetronic

Een van de eerst gebruikte is de K-jetronic. Deze is een mechanisch, niet-aangedreven, continu inspuitend systeem. Er wordt constant brandstof ingespoten. De hoeveelheid in te spuiten brandstof wordt bepaald door een luchtdebietsmeter welke mechanisch met een doseerverdeeleenheid verbonden is.

De door de motor aangezogen lucht wordt door een smoorklep geregeld en door een luchthoeveelheidsmeter gemeten. De brandstof wordt door een elektrisch aangedreven brandstofpomp via de brandstofaccumulator naar de brandstofregelaar gevoerd. Deze brengt de brandstof naar zuigbuizen met injectoren die de afzonderlijke cilinders de nodige hoeveelheid brandstof levert.

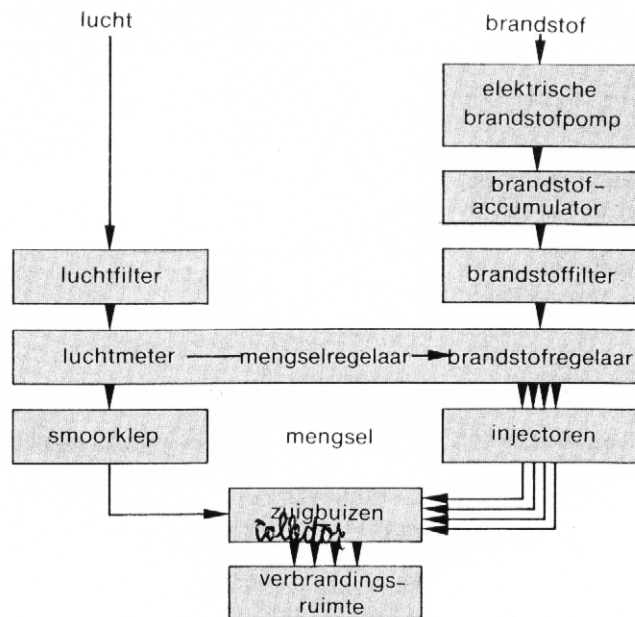
Wanneer er lucht wordt aangezogen passeert deze de mengselregelaar. Dit is een soort lepel die op en neer gaat naar gelang de hoeveelheid aangezogen lucht. Als hij naar boven wordt gedrukt door de druk van de aangezogen lucht, gaat er meer benzine naar de verstuivers. Omdat de lepel verbonden is (via een hefboom) met een plunjer. Deze kan op en neer bewegen, naar gelang de stand van deze plunjer gaat er meer of minder benzine naar de injectoren.

Deze werking geldt voor een motor in normale bedrijfstoestand.

Er is ook nog een koude-startinjector aanwezig. Deze kan, naar gelang de temperatuur van de motor.

In het begin tijdens een koude start, tijdens de warmloophase, condenseert nog een deel van de ingespoten brandstof in het inlaatspruitstuk. Daardoor kan er slechte verbranding ontstaan. Dus tijdens het warmlopen is er een rijker mengsel nodig die geleidelijk verminderd naarmate de motor warmer wordt. Voor deze mengselregeling is er een warmloophregelaar geïntegreerd in de jetronic-installatie.

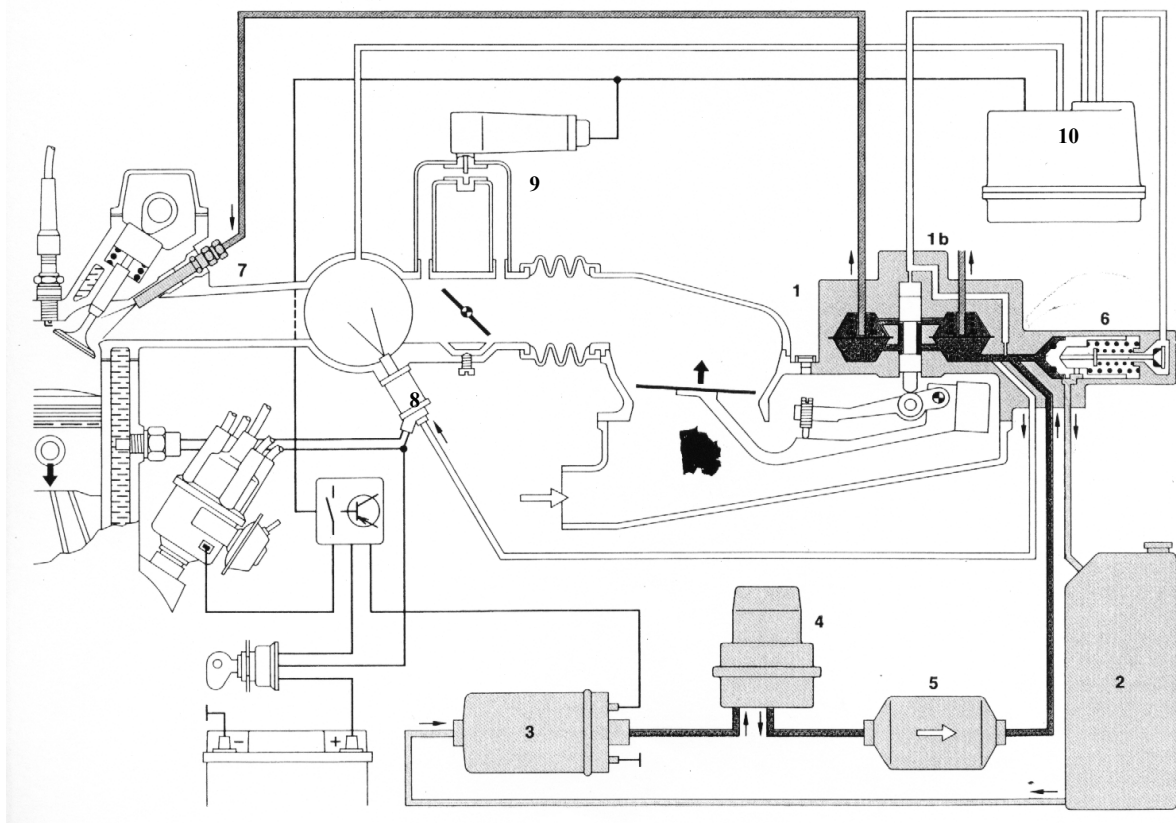
Principe schema k-jetronic:



Figuur 19

brandstofvoorziening - schema van de k-jetronic:

1 mengselregelaar	8 koude start injector
1b brandstofregelaar	9 extra luchtschuif
2 brandstoftank	10 warmloopregelaar
3 elektrische brandstofpomp	
4 brandstofaccumulator	
5 brandstoffilter	
6 drukregelaar	
7 injectoren	

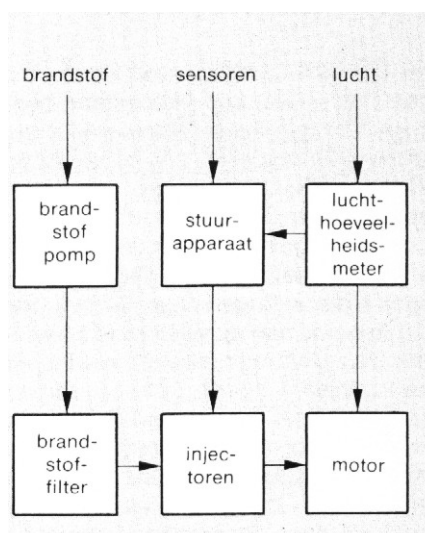


4.4.2 L-jetronic

De L-jetronic is een niet-aangedreven, elektronisch gestuurd inspuitsysteem met intermitterende brandstofinspuiting. Bij dit systeem wordt de hoeveelheid aangezogen lucht gemeten. Dit gegeven wordt onmiddellijk omgezet in een signaal dat de hoeveelheid in te spuiten brandstof bepaald. De L-jetronic is veel gebruikt geweest maar al voorbijgestreefd door beter werkende inspuitsystemen. Het systeem werkt hetzelfde als een k-jetronic maar is niet mechanisch. De mechanische luchtdebietmeter is vervangen door een elektrische. Dit is in de vorm van een L (vandaar de benaming L-jetronic). L-vormige luchtdebietmeter wordt elektronisch gemeten, via deze meting wordt er meer of minder benzine in de cilinders gespoten.

Als er meer lucht wordt aangezogen beweegt de stuwklep (de L-vormige klep) naar boven. Een elektrische sensoren meten deze verplaatsing en sturen een signaal naar het elektrisch stuurapparaat. Van daaruit vertrekt dan een signaal naar de benzine pomp en deze levert meer benzine aan de injectoren.

Principeschema L-jetronic:



Aanzuigstelsysteem:

Het aanzuigstelsysteem voert de nodige hoeveelheid lucht aan de motor toe. Het bestaat uit een luchtfilter, een inlaatspruitstuk, een gasklep en de afzonderlijke zuigbuizen.

Sensoren:

De sensoren bepalen de kenmerkende meetgegevens voor elke bedrijfstoestand van de motor. Het belangrijkste is de door de motor aangezogen hoeveelheid lucht die door de luchtdebietmeter bepaald wordt. Andere sensoren bepalen de stand van de gasklep, het motortoerental, de lucht- en motortemperatuur.

Stuurapparaat:

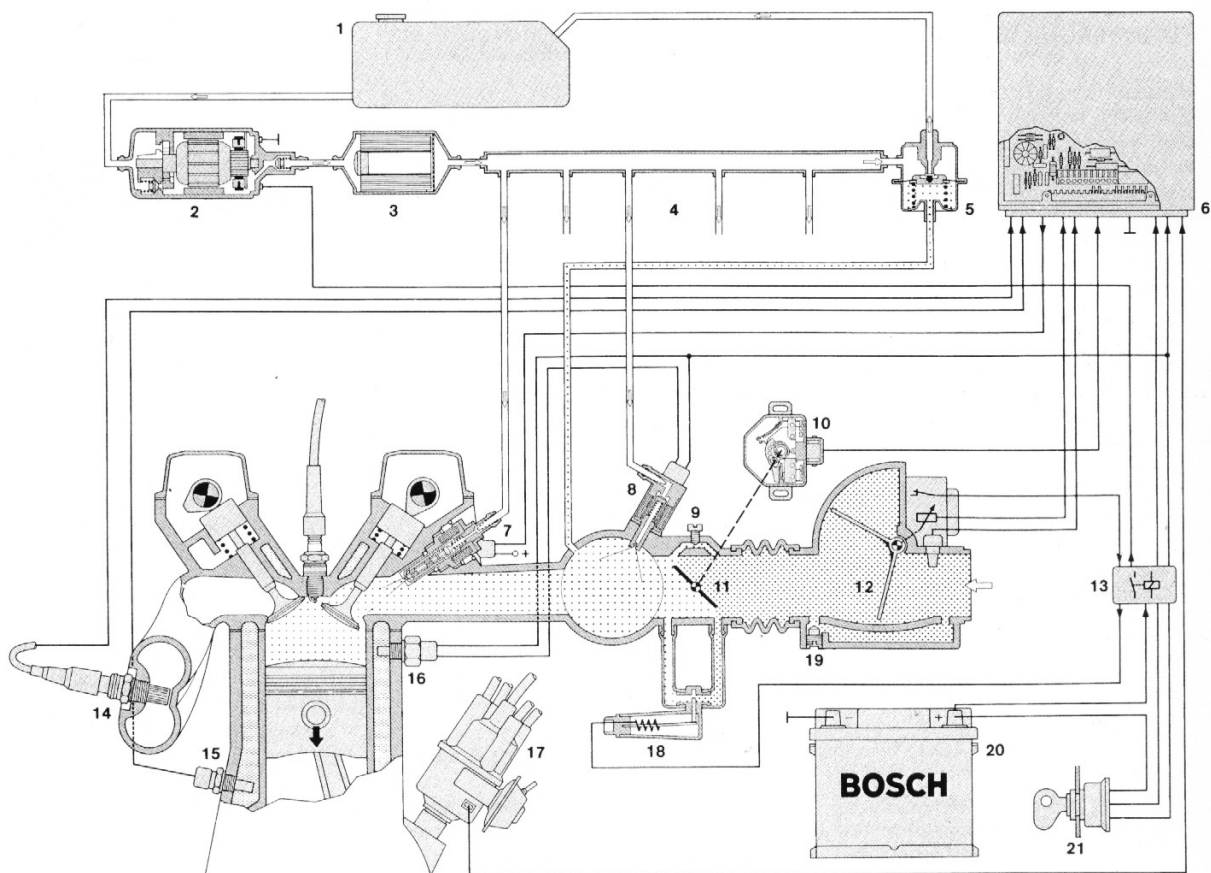
In het elektronische stuurapparaat worden de meetsignalen aan de sensoren uitgewerkt. Op basis van deze gegevens worden de stuurimpulsen voor de injectoren bepaald.

Brandstofsysteem:

Het brandstofsysteem brengt de brandstof van de brandstoftank naar de injectoren, wekt de inspuitdruk op en houdt deze druk constant. Het brandstofsysteem bestaat uit een opvoerpomp, een brandstoffilter, een verdeelbuis, een drukregelaar, de injectoren en de pulsdemper.

Schema L-jetronic:

1 brandstoftank	12 luchtmeter
2 elektrische brandstofpomp	13 dubbelrelais
3 brandstoffilter	14 lambda-sonde
4 verdeelbuis	15 motortemperatuurmeter
5 drukregelaar	16 thermostijdschakelaar
6 stuurapparaat	17 verdeler
7 injector	18 extra luchtschuif
8 koude-startinjector	19 instelschroef voor mengsel bij stationair bedrijf
9 instelschroef voor stationaire toerental	20 accu
10 gasklepschakelaar	21 contactslot
11 gasklep	



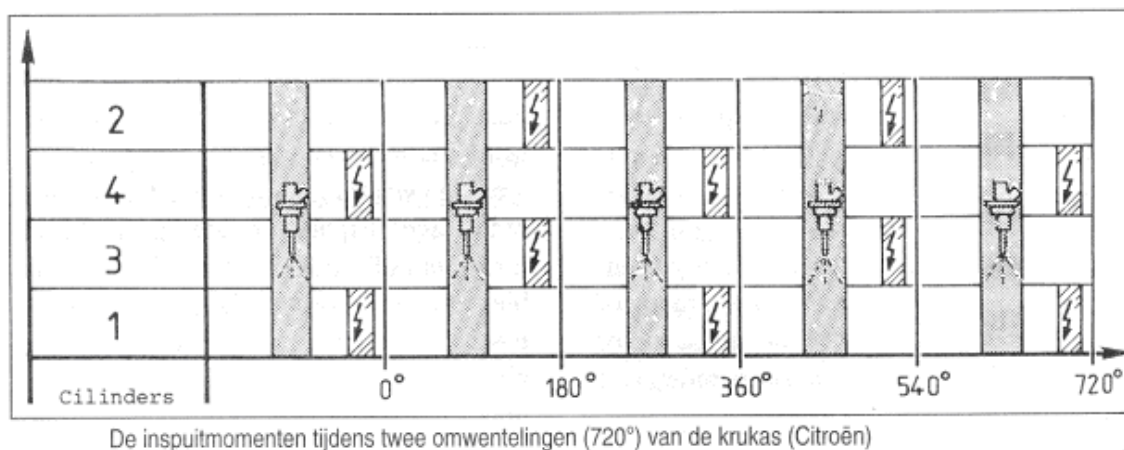
4.4.3 Centraal (monopoint-) inspuitsysteem.

Een centraal benzine-inspuitsysteem heeft maar één inspuitventiel. Dit staat opgesteld in een huis dat we aantreffen op de plaats van de carburateur. De 'commandopost' van het hele systeem (ontsteking inbegrepen) is een elektronische regeleenheid. Daar komen alle gegevens binnen en worden ze verwerkt voor het sturen van het benzine/lucht-mengsel en de ontsteking. De hoeveelheid benzine die wordt ingespoten, is afhankelijk van de openingstijd van het inspuitventiel.

De openingstijd wordt bepaald door twee hoofdgegevens:

- de belasting van de motor (potentiometer op gasklepas, luchttemperatuur- en druk-sensor).
- het toerental van de motor (toerental sensor).

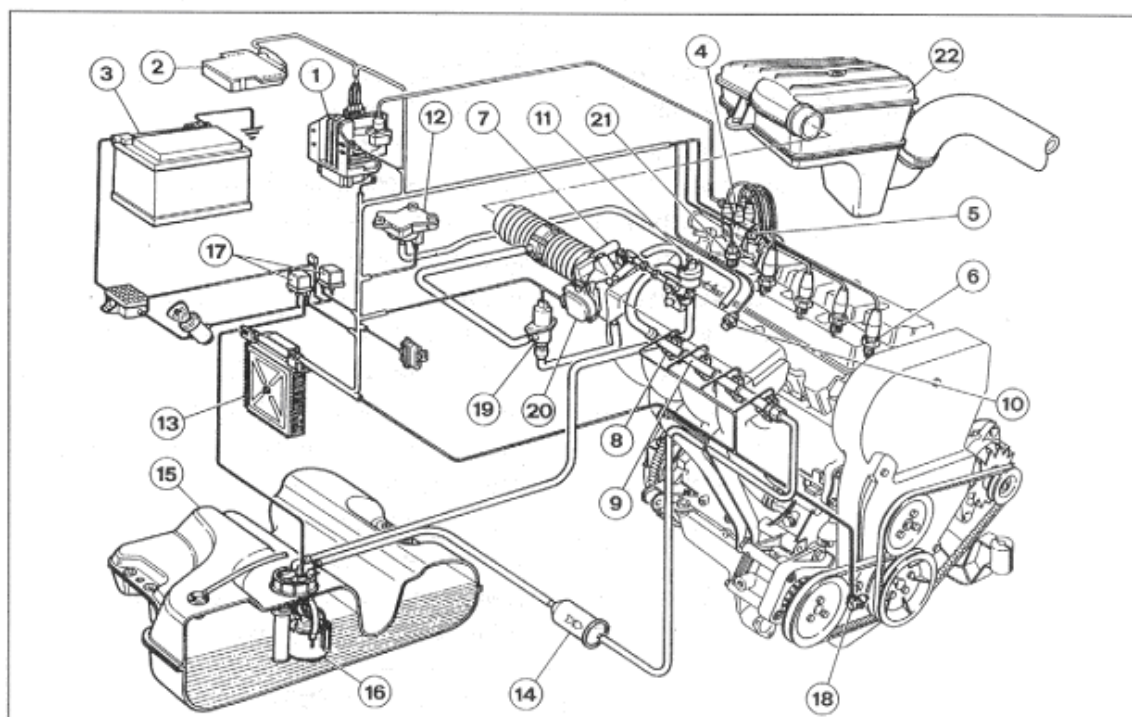
Tijdens de werking van de motor worden verschillende aanpassingen van het mengsel doorgevoerd. Er wordt daarbij rekening gehouden met de koelvloeistoftemperatuur, de atmosferische druk (hoogte), de bedrijfsomstandigheden en de accuspanning.



Figuur 20

4.4.4 Inspuitsysteem met een inspuitventiel per cilinder. (multipoint)

Onderdelen uit het centraal inspuitsysteem hiervoor besproken werd, treffen we ook nu aan. Opmerkelijk verschil is dat er per cilinder een inspuitventiel is. De inspuitventielen worden sequentieel en gefaseerd elektromagnetisch bekrachtigd. Dat wil zeggen de inspuitventielen bekrachtigd worden volgens de inspuitvolgorde. Daarbij kan de inspuiting reeds tijdens de uitlaatslag beginnen en voortduren tot na het begin van de inlaatslag. Het inspuitbegin is opgeslagen in een kernveld van de elektronische regeleenheid. De inspuitventielen staan opgesteld in het inlaatspruitstuk in de buurt van de inlaatklep.



Motor met multipoint-inspuitsysteem (Fiat)

- | | | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Bobine | 8. Inspuitventiel | 14. Benzinefilter | 20. Gasklepsensor |
| 2. Bekrachtigingsmodule voor ontsteking | 9. Benzineverdeelleiding | 15. Benzinetank | 21. Koelvloeistof-temperatuursensor |
| 3. Accu | 10. Inlaatlucht-temperatuursensor | 16. Elektrische benzinepomp | 22. Luchtfiler |
| 4. Stroomverdeler | 11. Drukregelaar | 17. Relais van inspuiting/ontsteking | |
| 5. Steker van fasesensor | 12. Absolute-druksensor | 18. Toerental/BDP-sensor | |
| 6. Bougies | 13. Elektronische regeleenheid | 19. Extra-luchtklep | |

Figuur 21

4.5 Benzine

4.5.1 Herkomst

Benzine wordt gemaakt uit aardolie. Aardolie is in de loop van miljoenen jaren ontstaan in de zeeën, door omzetting van plantaardige en dierlijke micro-organismen. Ruwe aardolie is een mengsel van koolwaterstoffen. Dat bestaat voornamelijk voor ongeveer 84% uit koolstof, 11% waterstof, 3% zuurstof, 1% zwavel, 0,5 stikstof.

Benzine wordt uit aardolie gewonnen door destillatie. Dat wil zeggen dat de ruwe aardolie verhit wordt en dat in een destillatiekolom de verschillende koolwaterstoffen van elkaar gescheiden worden op basis van verschillende kookpunten. Boven in de destillatiekolom worden de gassen afgetapt, vervolgens benzine, kerosine, dieselbrandstof, stookolie en onderaan asfalt. De op deze manier verkregen benzine moet nog een aantal bewerkingen ondergaan om in een moderne motor te kunnen voldoen. In feite is benzine een mengsel van verschillende productiesystemen.

Naast het van elkaar scheiden van de verschillende koolwaterstoffen, wordt in een raffinaderij ook benzine gemaakt door kraken en reforming. Dat zijn processen waarbij men door middel van druk en temperatuur de koolwaterstoffen verandert en uit zware koolwaterstoffen lichte maakt.

4.5.2 Eisen om goede benzine te hebben.

Bij het samenstellen van benzine wordt speciaal gelet op drie aspecten:

- vluchtigheid
- octaangetal

Deze eigenschappen worden bereikt door de kwaliteit van de benzine.

- reinigend vermogen

Deze eigenschap wordt bereikt door het toevoegen van additieven.

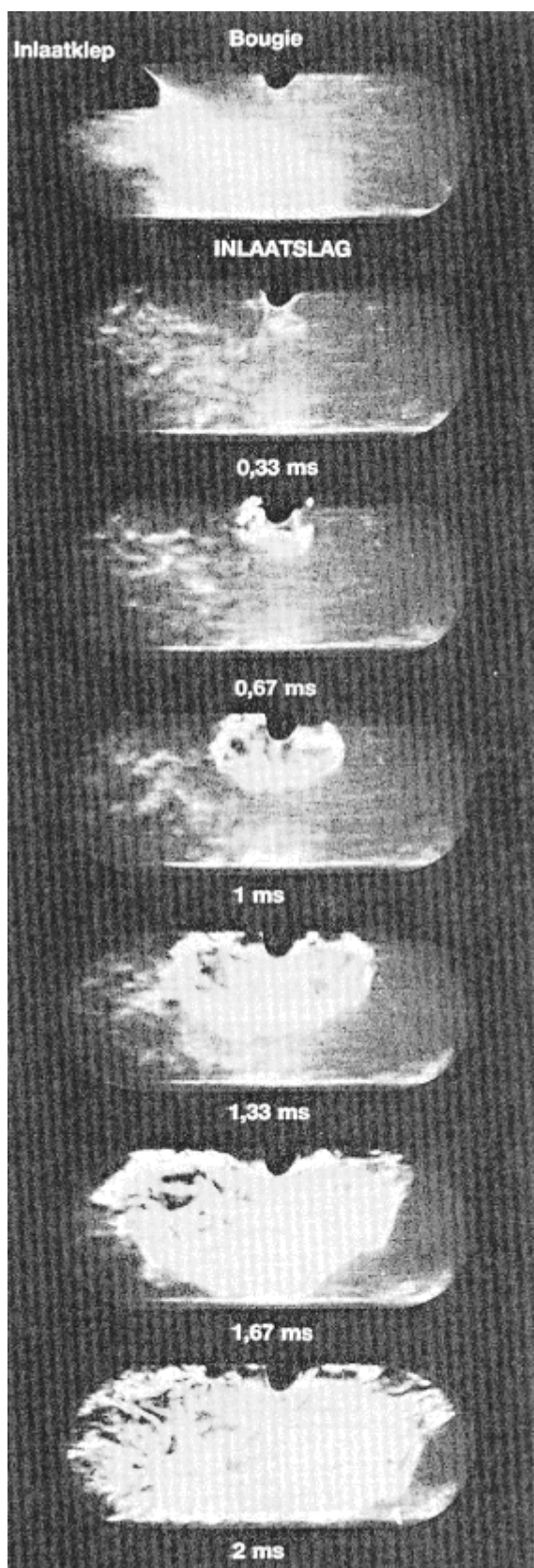
4.5.3 Vluchtigheid benzine

Als de vluchtigheid van benzine te gering is, kan dat betekenen dat een koude motor moeilijk aanslaat, traag op werkteemperatuur komt, aanvankelijk traag reageert op het gaspedaal en langer met een versneld toerental moet blijven draaien.

Bij zeer vluchtige benzine zullen gemakkelijk benzinedampbellen in de leidingen ontstaan. De brandstofpomp geeft dan een mengsel van vloeistof en damp, zodat de motor te weinig brandstof krijgt om normaal te functioneren. Men spreekt dan over 'vapourlock'. Dat kan men tijdelijk snel ongedaan maken door de benzineleiding, waarschijnlijk onder de motorkap, af te koelen met een in water gedrenkte doek.

Het is ook mogelijk dat de dampdruk in de vlotterkamer van de carburateur zo hoog wordt, dat de sproeiers gaan overlopen. Bij het starten, zuigt de motor dan te veel benzine aan, zodat de bougies nat staan, er daardoor geen ontstekingsvonken worden gevormd en de motor niet kan aanslaan. We zeggen dat de motor 'verzopen' is. Een tijdje starten (niet langer dan 15seconden zonder onderbreking om oververhitting van de startmotor te voorkomen) met volledig ingetrapt gaspedaal of de bougies demonteren en drogen of gewoon een tijdje nietsdoen en wachten om te starten tot de benzine van de bougies verdampt is, zijn de mogelijke oplossingen.

Zeer vluchtige benzine geeft ook gemakkelijk aanleiding tot ijsvorming in de carburateur. Om te kunnen verdampen, wordt immers warmte onttrokken aan het materiaal van de carburateur. De ijsvorming kan zodanig worden dat de motor afslaat. Na een tijdje wachten om het ijs de gelegenheid te geven dat het smelt, zal de motor weer normaal draaien.



Film van het verloop van de verbranding van het benzine/luchtmengsel (Shell)

Figuur 22

4.5.4 Het octaangetal

Figuur 23 pg 43 toont hoe de verbranding van het benzine/luchtmengsel vanaf de vonk tussen de bougie-elektroden verloopt, als de benzine een voldoende hoog octaangetal heeft. Het vlamfront breidt zich dan op een regelmatige manier snel in alle richtingen uit. Men spreekt in dat geval over een gecontroleerde verbranding.

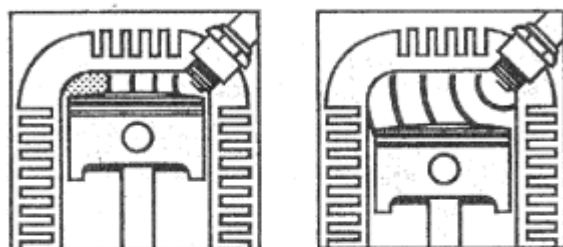
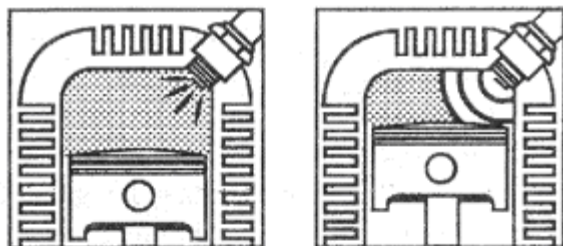
De constructeurs trachten de compressieverhouding van hun motoren zo hoog mogelijk op te drijven. Een hogere compressieverhouding betekent immers een lager brandstofverbruik en meer vermogen. Het opdrijven van de compressieverhouding wordt echter begrensd door het punt waarop een ongecontroleerde verbranding optreedt. Zo'n ongecontroleerde verbranding noemt men 'kloppen', 'pingelen' of 'detoneren'. Pingelen wordt veroorzaakt door een enorme drukstijging in de verbrandingskamers als gevolg van het ontstaan van een tweede vlamfront, door uit zichzelf tot ontbranding komen van een deel van het brandstof/luchtmengsel.

De mate waarin benzine bestand is tegen pingelen, wordt aangegeven door het octaangetal. Hoe hoger het octaangetal, hoe kleiner de kans op pingelen. Pingelen of kloppen kan ernstige motorschade veroorzaken. Zie figuur 23. Om de klopvastheid van benzine te bepalen, werd zo'n 50 jaar geleden een testmotor gebouwd met een veranderlijke compressieverhouding.

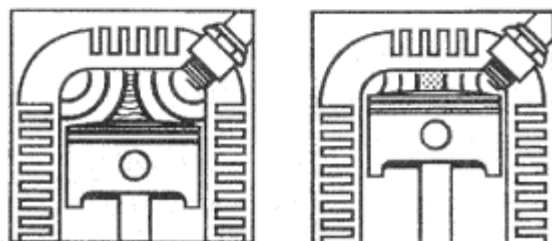
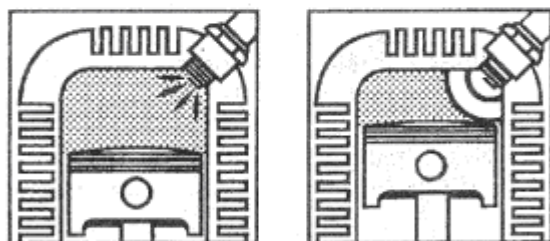
In die proefmotor werd vastgesteld dat de brandstof ISO-octaan bijzonder klopvast is en dus goed bestand tegen hoge temperatuur en druk. Men ontdekte ook dat men de brandstof normaal-heptaan zeer snel klopvorschijnselen optreden. Aan ISO-octaan gaf men het getal 100 en aan heptaan het getal 0. Als men het heeft over benzine met een octaangetal van 95, wil dat zeggen dat deze benzine onder dezelfde omstandigheden gaat pingelen als een mengsel van 95% ISO-octaan en 5% normaal-heptaan. In de benzine zit dus helemaal geen ISO-octaan of heptaan. Dat zijn alleen maar ijkbrandstoffen.

De olie-industrie heeft met het oog op milieubescherming, technieken ontwikkeld om de klopvastheid van benzine te verhogen zonder er lood aan toe te voegen.

Er worden twee octaangetallen gehanteerd, namelijk RON (Research Octane Number) en MON (Motor Octane Number). Het RON wordt onder de mildste testomstandigheden gemeten. Het wordt ook het meest toegepast. Bij de MON-testen liggen het motortoerental en de motortemperatuur hoger.



Schematische voorstelling van het verloop van het vlamfront bij een normale verbranding



Schematische voorstelling van het detonatieverschijnsel

Figuur 23

4.5.5 Het reinigend vermogen van benzine.

In vergelijking met de vroegere motoren, verbruiken de huidige veel minder brandstof en leveren ze meer vermogen. Moderne motoren zijn echter zeer gevoelig geworden voor inwendige vervuiling van de carburateur of het inspuitsysteem, de inlaatleidingen, de kleppen en de verbrandingskamers. Bedoelde vervuiling bestaat uit koolachtige afzettingen en andere deeltjes afkomstig uit de benzine en smeeroil. Afzettingen in de verbrandingskamer kunnen de motor doen pingelen. Om de afzettingen tegen te gaan, worden aan de benzine reinigende additieven toegevoegd.

4.6 Soorten benzine

4.6.1 Aardgas

Aardgas is een fossiele brandstof die over de hele wereld terug te vinden is. Als brandstof voor een verbrandingsmotor heet het Compressed Natural Gas (CNG). Bij aardgas komt 70 procent minder CO_2 vrij dan bij benzine en diesel.

Positief	Negatief
Milieuvriendelijk	Beperkte autonomie
vulstation thuis	hoge kost distributie

4.6.2 Biogas

Biogas is methaan dat wordt gewonnen uit biomassa zoals rioolafval, bouwafval, huisvuil. Voordeel is dat methaan 21 keer minder schadelijker is voor de ozonlaag dan CO_2 . Biogas kan in de toekomst 10 procent van het brandstofverbruik in Californië uitmaken. Zweden is al ver gevorderd met de biogaswinning.

Positief	Negatief
Meest milieuvriendelijke brandstof	Duur in productie

4.6.3 LPG

LPG komt vrij bij de winning van aardolie en aardgas. De brandstof is goedkoop en vervuult minder bij lage temperaturen. Bij het starten van een koude motor moet wel benzine worden toegevoegd. LPG is in Europa en de VS makkelijk verkrijgbaar.

Positief	Negatief
Zuiverder dan benzine	Hoger verbruik
lage prijs aan de pomp	minder zuiver dan aardgas

4.6.4 Waterstof

Waterstof wordt door elektolyse uit water gewonnen. Een eenvoudig procédé dat veel energie vergt. Daarom worden fossiele brandstoffen gebruikt die door stof en of zuurstof worden omgezet in een waterstofrijk mengsel. Het is de leverancier voor de brandstofcelauto.

Positief	Negatief
volledig emissievrij	Moeilijke opslag
energierijk	nog geen distributiekanaal

4.6.5 Biodiesel

Biodiesel vertoont dezelfde eigenschappen van gewone diesel maar wordt uit plantaardige oliën gehaald zoals koolzaadolie, zonnebloemolie en frituuroliën of dierlijke vetten. Deze oliën ondergaan een chemische reactie met methanol waaruit methylester wordt verkregen. Is biologisch afbreekbaar en bevat weinig zwavel en aromaten.

Positief	Negatief
CO ₂ neutraal	te duur
minder vervuilende deeltjes	tast rubber en plastic aan

4.6.6 Ethanol

Ethanol kan uit aardgas en ruwe olie worden gepuurd maar ook uit biomassa en uit gewassen zoals suikerbieten. De meeste gebruikt alternatieve brandstof ter wereld. In Brazilië wordt op grote schaal suikerriet verbouwd voor de productie van ethanol. Daar rijden ook veel auto's met ethanol. In de VS wordt ethanol met benzine gemengd. Gewone motoren kunnen een mengsel tot 22 procent ethanol probleemloos verwerken.

Positief	Negatief
betaalbare brandstof	tast metaal aan
makkelijk verkrijgbaar	koude start is problematisch

4.6.7 Methanol

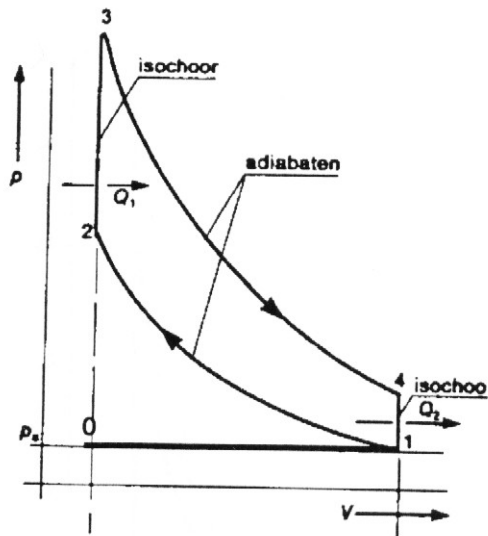
Methanol is een alcohol gewonnen uit aardgas. Bevat veel waterstof en weinig koolstof waardoor het weinig milieubelastend is. Kan ook uit biomassa worden gewonnen. Zuivere methanol is bruikbaar in brandstofcelauto's. kan gemengd worden met benzine, diesel en zelfs dimetylester. Methanol is echter een gevaarlijk product

Positief	Negatief
betaalbare brandstof	giftig
Makkelijk verkrijgbaar	vreet aluminium zink en magnesium aan

4.7 Rendement van de benzinemotor

Het thermisch rendement van de benzinemotor is het thermisch rendement van een kringproces. Thermisch rendement: de verhouding van de nuttige arbeid W_n tot de hoeveelheid toegevoerde warmte.

Theoretisch pv-diagram van de motor:



Figuur 24

$$\eta_{th} = \frac{W_n}{\sum Q^+} \quad \text{met } W_n = \sum W^+ - \sum W^- = \sum Q^+ - \sum Q^-$$

$$\eta_{th} = \frac{\sum Q^+ - \sum Q^-}{\sum Q^+} = 1 - \frac{\sum Q^-}{\sum Q^+}$$

stel $Q^- = Q_2$

en $Q^+ = Q_1$

dus (zie figuur 24) $\eta_{th} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

Met $Q_1 = mc_v(T_3 - T_2)$ (wet van Joule)

$Q_2 = mc_v(T_1 - T_4)$ (wet van Joule)

$$\eta_{th} = 1 - \frac{mc_v(T_4 - T_1)}{mc_v(T_3 - T_2)}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{T_2(T_3/T_2 - 1)}$$

uit de tweede wet van Poisson volgt :

$$\text{Voor de adiabaat 1-2 geldt: } T_1 V_1^{k-1} = T_2 V_2^{k-1} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{V_2^{k-1}}{V_1^{k-1}} \quad (\text{a})$$

$$\text{Voor de adiabaat 3-4 geldt: } T_3 V_3^{k-1} = T_4 V_4^{k-1} \Rightarrow \frac{T_3}{T_4} = \frac{V_4^{k-1}}{V_3^{k-1}} \quad (\text{b})$$

Uit (a) en (b) volgt:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4}{T_3} \Rightarrow \frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2}$$

Hieruit volgt:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

noemen we V_1/V_2 de compressieverhouding c dan kan men schrijven:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{c^{k-1}}$$

Het rendement is afhankelijk van k en c en onafhankelijk van de grootte van Q_1 d.w.z. onafhankelijk van de belasting. Een hoge compressieverhouding is gunstig maar een te hoge waarde van c veroorzaakt zelfontbranding van de brandstof. Bij zelfontbranding ontstaat er een praktisch probleem: nl. detonatie (kloppen) van de motor. Door speciale benzine met een hoog octaangetal te gebruiken kan men detonatie tegengaan en de compressieverhouding opvoeren. Bij automotoren liggen de waarden van c bij oldtimers rond de 5 en bij nieuwe wagens 8-14

4.8 Motorvermogen en motorkoppel

Het vermogen van een motor wordt uitgedrukt, in de arbeid die de motor per seconde kan leveren. Om die te gaan bepalen, het vermogen, moeten we eerst weten hoeveel arbeid de motor kan leveren per omwenteling.

Bij een vierslagmotor wordt het arbeidsproces in twee omwentelingen voltooid. Gedurende deze twee omwentelingen is er slechts één slag die arbeid levert, nl. de arbeidsslag. Die slag zorgt ervoor dat de zuiger met een bepaalde kracht omlaag wordt gedreven. De weg die afgelegd wordt door de kracht op de zuiger is gelijk aan de slag, voorgesteld met het symbool S .

Uit ons pV-diagram (theoretisch) halen we de geïndiceerde waarden. Zo kunnen we de druk herleiden tot een geïndiceerde druk (voorgesteld als p_i). Dit kunnen we gebruiken om het geïndiceerd vermogen te bepalen van een motor.

Zoals we reeds weten is de zuigerkracht = geïndiceerde druk (p_i) \times het oppervlak (A_z), dit is de kracht die zicht op de zuiger bevindt.

We weten dat arbeid na de arbeidsslag (W_{slag}) kan berekent worden door :

$$\begin{aligned} W_{slag} &= p_i \times A_z \times S \\ &= p_i \times V_{slag} \end{aligned}$$

Dit nu verrekend met het aantal arbeidsslagen (n) zorgt er voor dat :

$$\begin{aligned} W_{slag} \times (n / 2) & \quad (\text{Arbeid geleverd per minuut}) \\ W_{slag} \times (n / 1) & \quad (\text{De 2 staat voor het aantal toeren van de} \\ & \quad \text{krukas; bij een viertakt zijn er dat 2 en bij} \\ & \quad \text{een tweetakt 1}) \\ W_{slag} \times (n / (2 \times 60)) & \quad (\text{Arbeid geleverd per seconde}) \end{aligned}$$

Nu kunnen we ook gaan rekening houden met het aantal cilinders (Z) van de motor:

$$W_{\text{slag}} \times (n / (2 \times 60)) \times Z$$

Doormiddel van bovenstaande formule kunnen we nu ook het geïndiceerde vermogen van een viertaktmotor gaan berekenen. Daarvoor gebruiken we de volgende formule:

$$P_i = p_i \times A_z \times S \times Z \times (n / 60) \times \frac{1}{2} \quad \text{Met als eenheid (kilo)Watt [(k)W]}$$

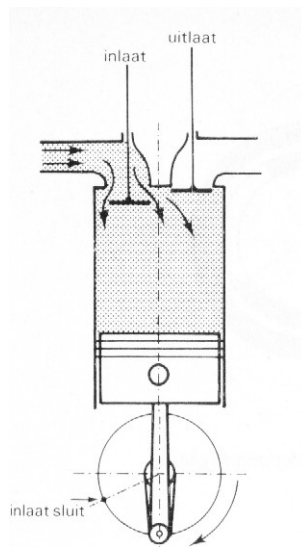
Uit die formule kunnen we het totaal slagvolume halen, dat is nl. $A_z \times S \times Z$

4.9 Kleppendiagram

Bij de behandeling van het vierslagproces zijn we ervan uitgegaan, dat de inlaatklep opent in het B.D.P. en sluit in het O.D.P., terwijl de uitlaatklep opent in het O.D.P. en sluit in het B.D.P.

In werkelijkheid is dit niet het geval. Het maximale vermogen dat een motor kan leveren, wordt in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid brandstof die per arbeidsslag verbrandt. Dat betekent, dat tijdens de inlaatslag de cilinder zo goed mogelijk gevuld moet worden met een benzineluchtmengsel. Het moment waarop de inlaatklep sluit is van grote invloed op de vulling. Ook het moment waarop de uitlaatklep opent en sluit is van invloed op het maximaal vermogen dat de motor kan leveren. In het kleppendiagram wordt aangegeven, wanneer de kleppen gaan openen en sluiten.

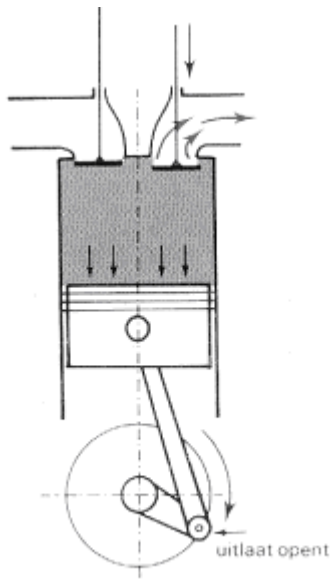
FOTO:



Figuur 25

In figuur (25) is de inlaat gaande. Door het hoge motortoerental is de tijd die beschikbaar is om de cilinder te vullen, zeer kort. Het gevolg is nu, dat de cilinder nog niet geheel gevuld is, wanneer de zuiger in het O.D.P. staat, d.w.z. dat de druk in de cilinder dan nog belangrijk lager is dan de atmosferische druk. De stroming gaat dus nog door. Op de krukcijskel is aangegeven in welke krukstand de inlaatklep sluit. De stroming is dan vrijwel tot stilstand gekomen.

FIGUUR:

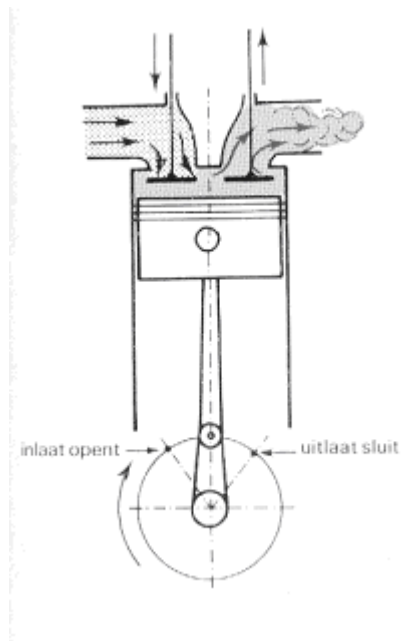
*Figuur 26*

In figuur (26) is aangegeven, bij welke krukstand de uitlaatklep begint te openen. Dat de uitlaatklep begint te openen voordat de zuiger in het O.D.P. staat, is om twee redenen van belang.

1. Omdat de klep dan maximaal open staat, wanneer de zuiger in het O.D.P. staat.
2. Omdat de druk in de cilinder dan belangrijk is gedaald, als de zuiger het O.D.P. staat.

Het gevolg is nu, dat hierdoor de zuiger veel minder weerstand ondervindt bij zijn verplaatsing van het O.D.P. naar het B.D.P. Dit betekent vermogenwinst.

FIGUUR:

*Figuur 27*

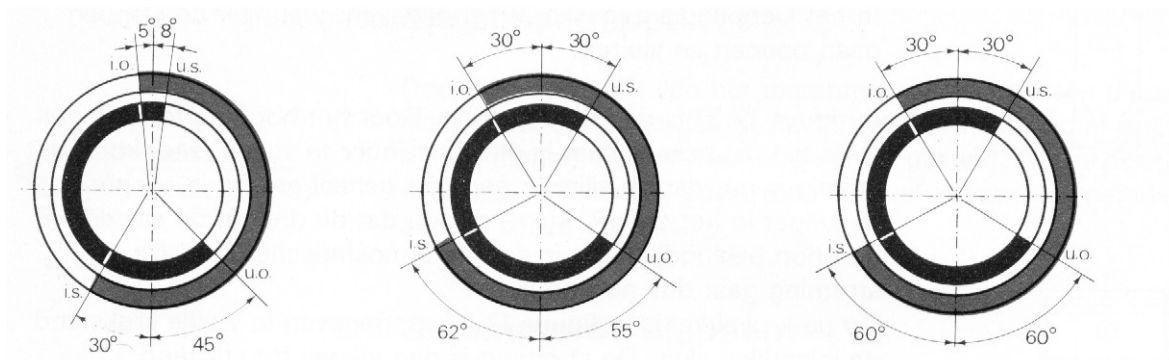
In figuur (27) zien we dat de uitlaatklep sluit, even nadat de zuiger het B.D.P. heeft doorlopen. De stroming van de uitlaatgassen is gericht naar het uitlaatkanaal en gaat nog even door, nadat de zuiger in het B.D.P. is aangekomen.

Op de krukcijskel is aangegeven bij welke krukstand de uitlaatklep sluit. Verder zien we ook dat de inlaatklep begint te openen voordat de zuiger in het B.D.P. staat. Beide kleppen staan dus een kort ogenblik tegelijk open. De stromende uitlaatgassen oefenen een zuigende werking uit op het inlaatkanaal. Hierdoor komen de verse gassen in het inlaatkanaal al in beweging, voordat de zuiger in het B.D.P. staat, waardoor een betere vulling wordt verkregen.

In het kleppendiagram staat aangegeven, bij welke krukasverdraaiing de kleppen open staan.

Hier zien we verschillende kleppendiagrammen :

FIGUUR:



Figuur 28

- i.o. = inlaatklep open
- i.s. = inlaatklep sluit
- u.o. = uitlaatklep open
- u.s. = uitlaatklep sluit

5 **Voorstelling tweetakt - viertakt dieselwerking**

5.1 **Inleiding**

De dieselmotor is vernoemd naar zijn uitvinder Dr. Rudolf Diesel (1858-1913). Het was op 17 februari 1894 dat de theorie van Diesel werkelijkheid werd. De eerste motor werkend volgens het principe van de zelfontbranding draaide toen één minuut en maakte daarbij 88 omwentelingen. Het is tenslotte dankzij de door Robert Bosch ontwikkelde hogedrukbrandstofinspuitpomp dat de dieselmotor zijn wereldwijde verovering kon beginnen.

Voordelen ten opzichte van een benzinemotor :

Door de betere cilindervulling wegens het ontbreken van de smoorklep, de hogere compressieverhouding en het verloop van de verbranding, werkt een dieselmotor zuiniger dan een benzinemotor. Vooral bij gedeeltelijke belasting.

In stadsverkeer valt een dieselmotor dan ook erg zuinig uit ten opzichte van een vergelijkbare benzinemotor. Normaal mag men ook een langere levensduur verwachten, al hangt die nauw samen met het toerental dat de motor maakt.

Nadelen ten opzichte van een benzinemotor :

Hogere rentabiliteitsdrempel, op zichzelf luidruchtiger, lager vermogen in vergelijking met een benzinemotor met dezelfde cilinderinhoud, zwaardere motor. Tussen moderne dieselmotoren en een benzinemotor is het gewichtsverschil echter niet meer zo noemenswaardig. Ook het voorgloeien bij een koude indirect ingespoten dieselmotor kan men niet meer als een nadeel beschouwen.

Brandstof:

De brandstof voor een sneldraaiende dieselmotor is gasolie. Ze heeft een dichtheid van ongeveer 840kg/m^3 . Trager draaiende diesels kunnen het stellen met een zwaardere brandstof. Men spreekt dan over dieselolie (dichtheid ongeveer 870kg/m^3).

De verbrandingswaarde van gasolie bedraagt gemiddeld $43\ 000\ \text{kJ/kg}$. Het vlampunt te bepalen, gaat men gasolie opwarmen tot er dampen boven de brandstof ontstaan. Het ogenblik waarop men de dampen kan doen ontbranden met een vlam noemt men het vlampunt. Bij de hier normaal heersende temperaturen geeft gasolie geen dampen af die, vermengd met lucht, een brandbaar mengsel vormen. Dat is wel het geval met benzine.

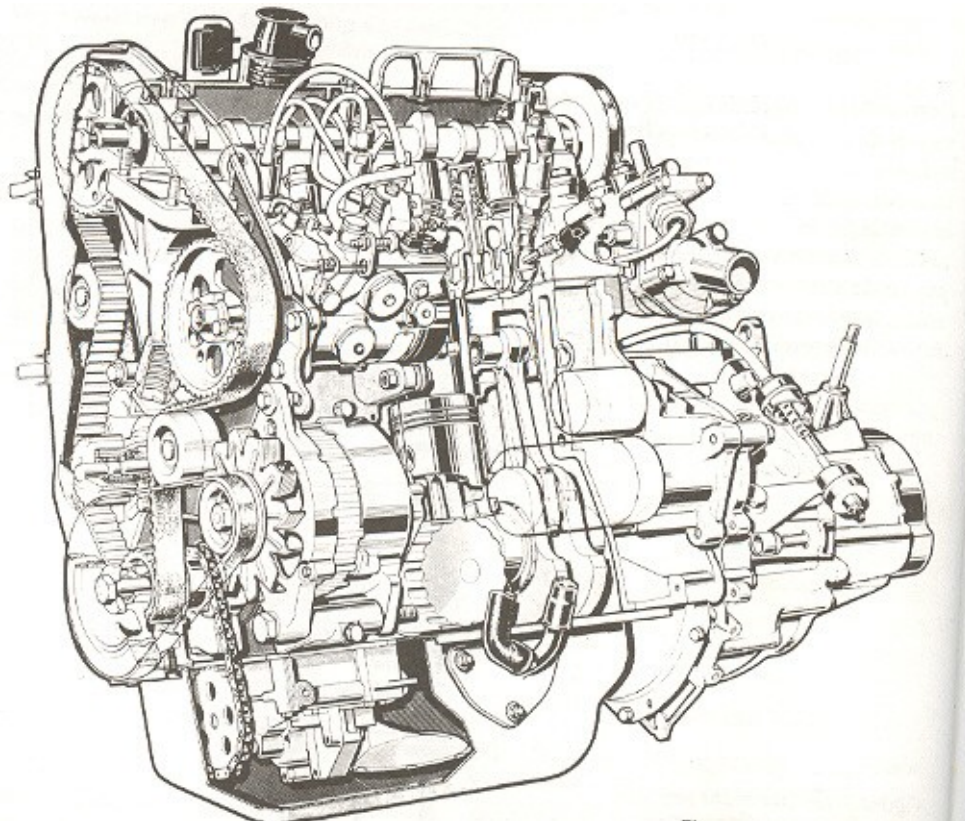
Cetaangetal:

Dieselbrandstof moet gemakkelijk tot zelfontbranding komen. De tijd die verloopt tussen het inspuiten van de brandstof en het begin van de verbranding, men noemt die de ontstekingsvertraging, moet zo klein mogelijk zijn. De bereidheid tot zelfontbranding van dieselbrandstof wordt uitgedrukt met het cetanaangetal. Hoe hoger het cetanaangetal, hoe gemakkelijker de brandstof ontsteekt. Een hoog cetanaangetal duidt dus op een klein ontstekingsuitstel. Naarmate de motor sneller draait, moet de brandstof een hoger cetanaangetal hebben. De beschikbare tijd voor zelfontbranding is immers kleiner. Voor snel draaiende indirect ingespoten dieselmotoren moet het cetanaangetal minstens 56 zijn. Voor direct ingespoten motoren 70. Het cetanaangetal wordt bepaald in een standaard proefmotor met één cilinder. Als referentiebrandstof gebruikt men een mengsel van cetaan en α -methylnaftaleen. Aan cetaan, dat een kleine ontstekingsvertraging heeft, kent men de waarde 100 toe. Aan α -methylnaftaleen de waarde 0. Het cetanaangetal van een brandstof is dan gelijk aan het percentage octaan dat in het referentiemengsel aanwezig is, wanneer dit dezelfde bereidheid tot zelfontbranding heeft als de brandstof. We willen er hier de aandacht op vestigen dat het octaangetal, dus het getal dat de klopvastheid van benzine aangeeft, het tegengestelde uitdrukt van het cetanaangetal.

Dieselmotorklop:

Deze ontstaat vooral als gevolg van de ontstekingsvertraging, maar wordt min of meer in de hand gewerkt door de constructie van de verbrandingskamer, de brandstofverstuving en de motortemperatuur. De dieselmotorklop ontstaat als de aanvankelijk ingespoten brandstof niet meteen tot ontbranding komt en dus te veel brandstof plotseling tot ontbranding komt met een te grote drukstijging als gevolg.

Foto : Dieselmotor van de Citroën Visa



Figuur 29

5.2 Werking van de vierslagdieselmotor:

A. inlaatslag :

De inlaatklep staat open, de uitlaatklep is gesloten. De zuiger beweegt van het BDP naar het ODP. Door de onderdruk die daarbij ontstaat, wordt lucht aangezogen. Dus géén lucht en brandstof zoals bij een benzinemotor.

B. compressieslag:

De inlaatklep en de uitlaatklep zijn gesloten. De zuiger beweegt van het ODP naar het BDP. De lucht wordt samengeperst, stijgt daardoor in temperatuur en kan, afhankelijk van de compressieverhouding, een compressie-eindtemperatuur van zelfs 973 K (700°C) bereiken. Bij een benzinemotor bedraagt die temperatuur 673 K (400°C).

C. arbeidsslag:

De inlaatklep en de uitlaatklep zijn gesloten. Onder zeer hoge druk wordt brandstof in de sterk samengeperste en verhitte lucht gespoten en verneveld. Door de hoge temperatuur van de lucht komt de vernevelde brandstof door zelfontsteking tot ontbranding. Door de drukstijging als gevolg van de verbranding, dus warmteontwikkeling, wordt de zuiger van het BDP naar het ODP gedrukt. In tegenstelling tot een benzinemotor waar de verbranding snel gebeurt, verloopt die bij een dieselmotor geleidelijk. Dat heeft tot gevolg dat ondanks het feit dat de zuiger daalt, de druk op de zuiger tijdens de voortdurende verbranding ongeveer constant blijft.

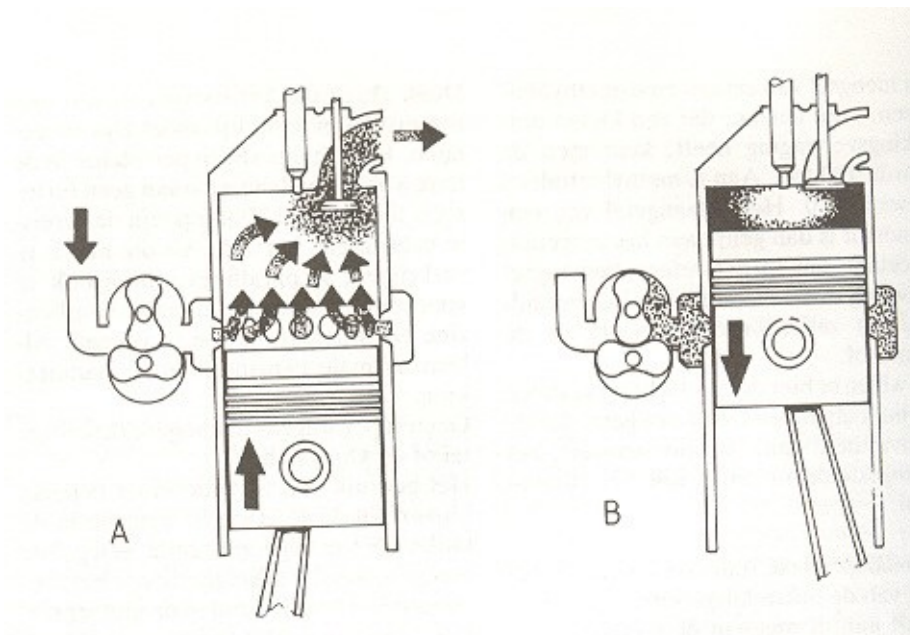
D. uitlaatslag:

Inlaatklep gesloten, uitlaatklep open. De zuiger beweegt van het ODP naar het BDP en drijft het uitlaatgas naar buiten.

5.3 Werking van de tweetaktdieselmotor:

Omdat ook een tweetaktdiesel alleen lucht aanzuigt, heeft men de gelegenheid om de cilinder goed te spoelen, wat een voordeel is ten opzichte van de tweetaktbenzinemotor. Tweetaktdiesels zijn dan ook dikwijls voorzien van een spoelcompressor. De zuiger gaat van het ODP naar het BDP. In het ODP staan de uitlaatkleppen (soms vier per cilinder) open en de spoelpoorten vrij. De uitlaatgassen worden verder naar buiten gedreven door de lucht die door de compressor naar binnen wordt gestuwd. De cilinder wordt grondig gespoeld en met lucht gevuld. Bij het naar boven bewegen van de zuiger worden eerst de inlaatpoorten door de zuiger afgesloten en onmiddellijk daarna de uitlaatpoorten. De ingesloten lucht wordt samengeperst. Juist voor de zuiger het BDP bereikt, wordt de brandstof ingespoten. Door de verbranding wordt de zuiger naar beneden gedreven. Voor de zuiger het ODP bereikt, openen de uitlaatkleppen, zodat de uitlaatgassen reeds naar buiten kunnen stromen. Als de zuiger even later de inlaatpoorten vrijgeeft, helpt de naar binnen stromende lucht de uitlaatgassen volledig naar buiten te stromen. Bij een tweetaktdiesel speelt het carter dus geen rol in het werkingsproces. Dat is, zoals bekend, wél het geval bij een benzinemotor. Een tweetakter geeft dus per cilinder en per omwenteling één arbeidsslag. Zo geeft een tweetaktviencilinder vier arbeidsslagen per omwenteling. Bij een tweetakter zonder kleppen wordt ook het uitlaten door poorten in de cilinderwand verzorgd. Het rendement van een tweetaktdieselmotor is beter dan dat van een tweetaktbenzinemotor. Er is immers geen brandstofverlies en de spoeling van de cilinders gebeurt grondig. Een tweetaktdiesel geeft ten opzichte van een vergelijkbare vierslagdiesel met eenzelfde cilinderinhoud en hetzelfde toerental een groter vermogen en koppel. Daartegenover staat dat het brandstofverbruik van een vierslag lager is en met kan rekenen op een langere levensduur.

Foto: Werking van de tweetaktmotor met uitlaatkleppen



5.3.1 Brandstofsystemen:

Deze bestaan uit de tank met daarin de groffilter, inspuut- en terugvoerleidingen, opvoerpomp, fijnfilter, hogedrukinspuitpomp en de verstuivers.

De opvoerpomp zuigt de brandstof uit de tank en stuwt ze naar de inspuitpomp. Deze stuwt de brandstof onder hoge druk en via verstuivers naar de cilinders. Op elke verstuiver is een terugvoerleiding aangesloten. Daarmee wordt de lekbrandstof naar de tank teruggevoerd. Aangezien de opvoerpomp meer brandstof aanvoert dan wordt verbruikt, is er op de inspuitpomp ook een terugvoerleiding aangebracht. Door de voortdurende doorstroming van brandstof wordt het brandstofsysteem gekoeld, dampbelvorming voorkomen en worden sommige uitvoeringen ook automatisch ontlucht.

5.3.2 Inspuitleidingen:

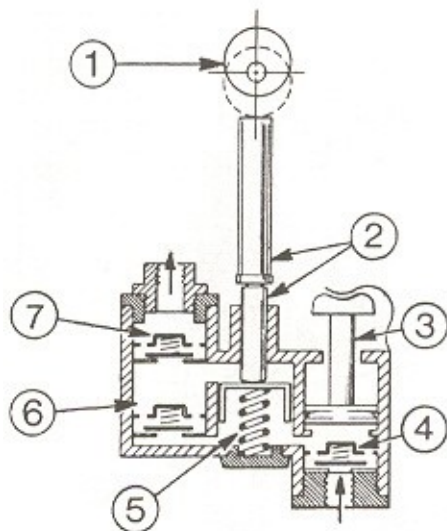
Deze kunnen in de meest grillige vormen zijn gebogen. Alle leidingen moeten immers even lang zijn om voor elke cilinder dezelfde brandstofopbrengst te hebben. Tijdens het inspuiten, zetten de leidingen uit en daardoor zouden ongelijke lengtes een verschil in ingespoten brandstof geven. Bij elke leidinglengte zou ook een ander drukontlastklepje nodig zijn. Is het nodig een nieuwe leiding te monteren, dan moet die ook dezelfde binnendiameter en wanddikte hebben dan de oorspronkelijke. Dunnere leidingen verhogen de stromingsweerstand. Inspuitleidingen mogen nooit in warme toestand worden verbogen. Door het opwarmen worden er ook aan de binnenkant oxydatieschilfers gevormd. Als die loskomen, kunnen de verstuivers onherstelbare schade oplopen. Stukspringen van inspuitleidingen is dikwijls toe te schrijven aan het niet spanningsvrij monteren. Het is verkeerd om een leiding die reeds aan één kant is vastgeschroefd, aan de andere zijde op haar plaats te moeten wringen tijdens het aanschroeven van de wartelmoer.

5.3.3 Opvoer- en toevoerpompen:

De opvoerpompen kunnen zijn uitgevoerd als membraanpomp, enkelwerkende plunjerpomp en dubbelwerkende plunjerpomp. De toevoerpompen als schottenpomp en tandwielpompe (Cummins PT-systeem). De membraanpomp werkt op dezelfde manier als de benzinepomp. De werking van de enkelwerkende plunjerpomp is fig. 1.1 te zien.

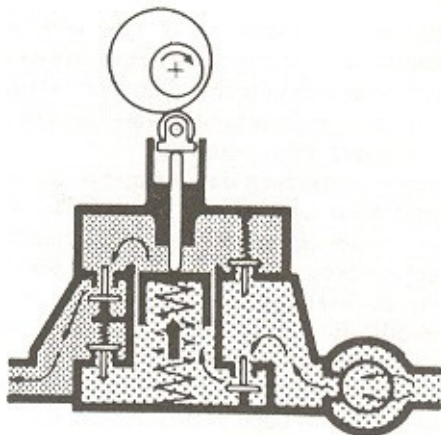
Beweegt de zuiger naar boven door veer 5, dan opent klep 4 en er wordt brandstof aangezogen onder de zuiger. Tevens opent klep 7 waardoor de brandstof die zich boven de zuiger bevindt naar de inspuitspomp wordt geperst. Klep 6 sluit dan. Beweegt door de nokkenas de zuiger naar beneden, dan sluit 4 en opent 6, zodat de brandstof zich van de ruimte onder de zuiger naar de ruimte boven de zuiger verplaatst. Aangezien de drukstift in zijn laagste stand meer volume in de perskamer inneemt dan in zijn hoogste stand zal er ook bij het naar beneden bewegen van de zuiger een kleine brandstofopbrengst zijn. Ook bij de plunjerpomp is de brandstofopbrengst afhankelijk van het verbruik. De zuiger zal immers onder invloed van de veer maar zoveel stijgen als er brandstof verbruikt is. Door middel van zuiger 3 kan men met de hand brandstof oppompen en het brandstofsysteem ontluichten. Bij motoren met een grote brandstofbehoefte maakt men gebruik van een dubbelwerkende plunjerpomp (fig 30).

Schottenpompen als toevoerpompen, ook wel eens stuwpompen genoemd treffen we aan in verdelerinspuitpompen. In de pomprotor, die excentrisch in het pomphuis is opgesteld, bevinden zich twee verschuifbare schotten. Door het verdraaien van de rotor wordt langs de inlaatzijde de ruimte tussen de twee schotten groter. Er ontstaat een drukverlaging en er wordt brandstof aangezogen. Die wordt tussen de schotten meegenomen tot ze tegenover de uitlaatzijde naar buiten wordt gestuwd als gevolg van de ruimteverkleining tussen de schotten. Een tandwielpompe werkt volgens hetzelfde principe als een tandwieloliepompe. Bij de meeste verdelerinspuitpompen wordt de ingebouwde schottenpompe gevoed door een membraanafvoerpompe. Daardoor is men minder afhankelijk van het hoogteverschil tussen de tank en de inspuitpompe en de weerstand van de leidingen en het filter.

Figuur: 'De enkelwerkende plunjeropvoer pomp'*Figuur 30*

1. nokkenas
2. drukstift
3. handbediening
4. inlaatklep
5. drukveer
6. transferklep
7. uitlaatklep

Figuur : 'De dubbelwerkende plunjerpomp'



Figuur 31

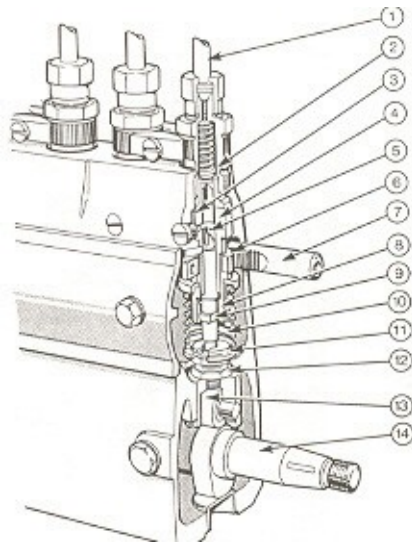
5.3.4 Filters:

Het filter kan een verwisselbaar element bevatten of in zijn geheel verwisselbaar zijn. Dit laatste heeft de voorkeur omdat zo het inwendig schoon maken van het filterhuis niet meer nodig is. Bij roterende inspuitpompen is de filtersteun waartegen het filterelement is geschroefd, voorzien van een handpompje voor het ontluichten van het brandstofsysteem. Dit moet bijvoorbeeld na het vervangen van het filter. Om het filter te ontluichten, moet het ontluchtboutje iets worden losgedraaid en zo lang met de handel op en neer worden bewogen tot er brandstof zonder luchtbelletjes uitstroomt. Dan het ontluchtboutje vastschroeven terwijl men blijft pompen. Om te voorkomen dat er water in de inspuitpomp terecht komt, hebben de filters onderaan een watervergaarruimte met aftapstop. Het is wenselijk het water om de 5000 km af te tappen. Er zijn brandstoffilters die voorzien zijn van een waarschuwingssysteem voor een te hoge waterstand. Een vlotter die niet op dieselolie maar wel op water drijft, stelt door het sluiten van reedcontacten een controlelampje of geluidssignaal in werking. Sommige vlotters sluiten de brandstof toevoer af.

5.3.5 Inspuitpompen:

Taak van de inspuitpomp:

- de brandstof met de nodige druk naar de verschillende verstuivers persen.
- de inspuitdruk moet zodanig hoog zijn dat de brandstof als een fijne nevel in de sterk samengeperste lucht wordt verspreid.
- de hoeveelheid toe te voeren brandstof moet zeer nauwkeurig afgemeten zijn.
- elke cilinder moet eenzelfde hoeveelheid brandstof toegevoerd krijgen.
- de inspuitduur moet voor alle cilinders hetzelfde zijn.
- met de motorbelasting moet ook de hoeveelheid in te spuiten brandstof kunnen wijzigen.
- de inspuiting moet abrupt beginnen en eindigen.
- tijdens de hele duur van de inspuiting moet de brandstof met een constante druk worden aangevoerd.
- de inspuiting moet op het juiste moment beginnen en het inspuitbegin moet verstelbaar zijn afhankelijk van het motortoerental en de motorbelasting.
- bij maximale motorbelasting mag de rookgrens niet worden overschreden.

Foto van een inspuitpomp :*Figuur 32*

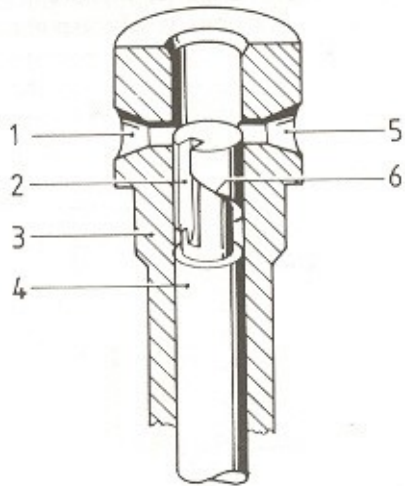
1. inspuitleiding
2. drukontlastklepje
3. brandstofgalerij
4. cilinder
5. pompplunjer
6. tandsegment
7. regelstang
8. regelhuls
9. meeneemnok
10. terugdrukveer
11. veerschotel
12. faseregeling
13. rolstoter
14. aandrijfnokkenas

5.3.6 Constructie en werking van de lijninspuitpomp :

Op de vorige foto is de in- en opbouw van een inspuitelement te zien. De pompplunjer wordt door middel van een rolstoter naar boven bewogen door de nokkenas in de pomp. De plunjerveer drukt de plunjer terug naar beneden. De nokkenas wordt door de motor aangedreven en het aantal toeren ervan is bij een vierslag de helft van het aantal toeren van de motor. Bij een tweetakt maken de motor en de nokkenas in de pomp evenveel toeren. Wanneer de plunjer in de laagste stand staat en de toevoer- en de stuurpoort vrij zijn, stroomt brandstof door de druk van de opvoerpomp vanuit het brandstofkanaal in de cilinder boven de plunjer en door de langsgroef in de plunjer ook onder de stuurkant, ook wel helix genoemd. Vanaf het moment dat de bovenkant van de naar boven bewegende plunjer de beide poorten afsluit, wordt zowel boven de plunjer als onder de stuurkant een druk opgebouwd. Het drukontlastklepje opent en de brandstof wordt naar de verstuiver geperst. Dat duurt tot de stuurkant de stuurpoort vrijgeeft. De inspuitedruk valt dan weg omdat de brandstof terugstroomt. Tijdens de verdere opwaartse beweging van de plunjer, men spreekt over de rests slag, wordt geen brandstof meer ingespoten. Beweegt de plunjer weer naar beneden, dan zal er aanvankelijk brandstof door de langsgroef boven de plunjer stromen. Dat kan tot de stuurkant de toevoer afsluit. Vervolgens ontstaat er een onderdruk in de pompcilinder, tot de bovenkant van de plunjer de toevoer- en stuurpoort weer vrijgeeft. De in te spuiten hoeveelheid brandstof wordt geregeld door het verdraaien van de plunjer. Hoe meer de plunjer naar links gedraaid staat, hoe langer het duurt voor de stuurkant de stuurpoort vrijgeeft en hoe meer brandstof er wordt ingespoten. Staat de langsgroef tegenover de stuurpoort dan kan er boven de plunjer geen druk worden opgebouwd en dus geen brandstof worden ingespoten. De plunjer wordt verdraait door het verschuiven van de regelstang. Daardoor verdraait het tandensegment. Dat zit geklemd op de regelhuls.

Door middel van de sleuf in de regelhuls en de meeneemnok aan de plunjer, wordt de plunjer mee verdraaid.

Foto: Plunjer van lijnpomp in behuizing

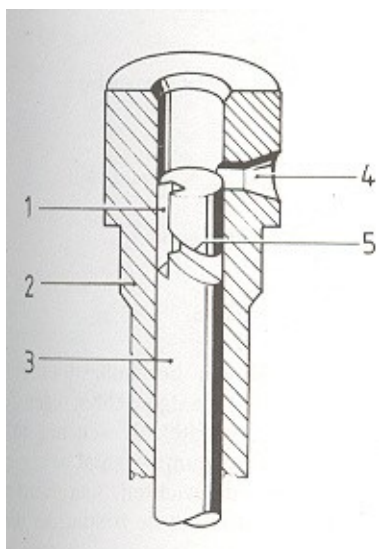


Figuur 33

1. Toevoerpoort
2. Langsgroef of ontlastgroef
3. Cilinder
4. Pomplunjer
5. Stuurpoort
6. Stuurkant of helix

Soorten plunjers :

Sommige plunjers hebben in plaats van een stuurkant een stuurgroef (foto34). Bij een plunjer met onderliggende stuurkant, is het inspuitbegin hetzelfde maar het inspuiteinde veranderlijk. Bij een plunjer met bovenliggende stuurkant (foto35) doet zich het omgekeerde voor. Er zijn ook plunjers met een onderliggende en een bovenliggende stuurkant (foto36). Sommige plunjers zijn voorzien van een startgroef. Die is alleen werkzaam in de startstand. Dus wanneer de startgroef zich tegenover de stuurpoort bevindt. De brandstoftoevoer wordt dan later afgesloten en dus beginnen ook de drukopbouw en de inspuiting later. Intussen heeft de zuiger de lucht in de cilinder sterker samengeperst. De lucht is dus sterker verhit en daardoor zal de ingespoten brandstof ook gemakkelijker vlam vatten. Plunjers met startgroef zijn vooral te vinden bij motoren met turbo's, omdat die motoren op starttoerental niet zoveel lucht binnen hebben wegens het najlen van de turbo.

Foto : Plunjer met stuurgroef*Figuur 34*

1. langsgroef
2. cilinder
3. pomplunjer
4. stuurpoort
5. stuurgroef

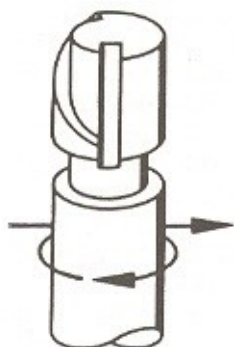
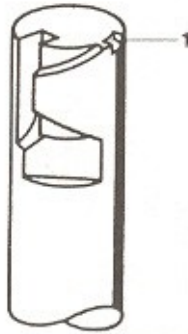
Foto : Plunjer met bovenliggende stuurkant*Figuur 35*

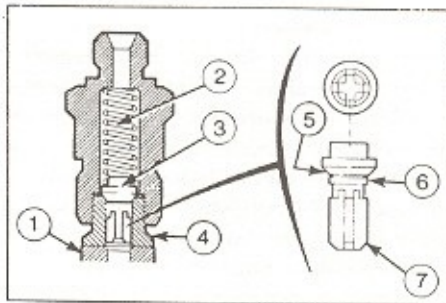
Foto: Plunjer met onderliggende en bovenliggende stuurkant



Figuur 36

1. startgroef

Foto: Drukontlastklepje (= persklepje)



Figuur 37

1. cilinder
2. veer
3. ontlastklepje
4. klephouder
5. afsluitvlak
6. ontlastgedeelte
7. geleiding

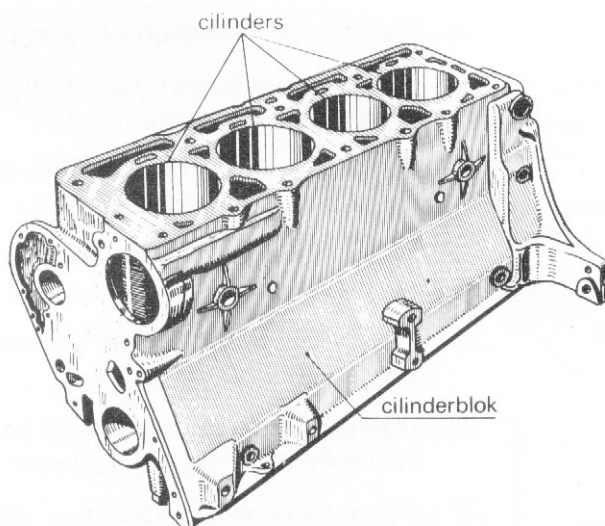
6 Afzonderlijke delen.

6.1 Motorblok

De motorblok heeft drie belangrijke doelen:

- het zorgt voor een krachtoverbrengende verbinding tussen cilinderkop en het aandrijfmechanisme.
- de lagering van het aandrijfmechanisme en de cilindervoering bevatten
- de olie voor het mechanisme afscheiden van het koelvloeistofwater.

Er worden ook veel hulpapparaten aan het motorblok bevestigd zoals: carburator.

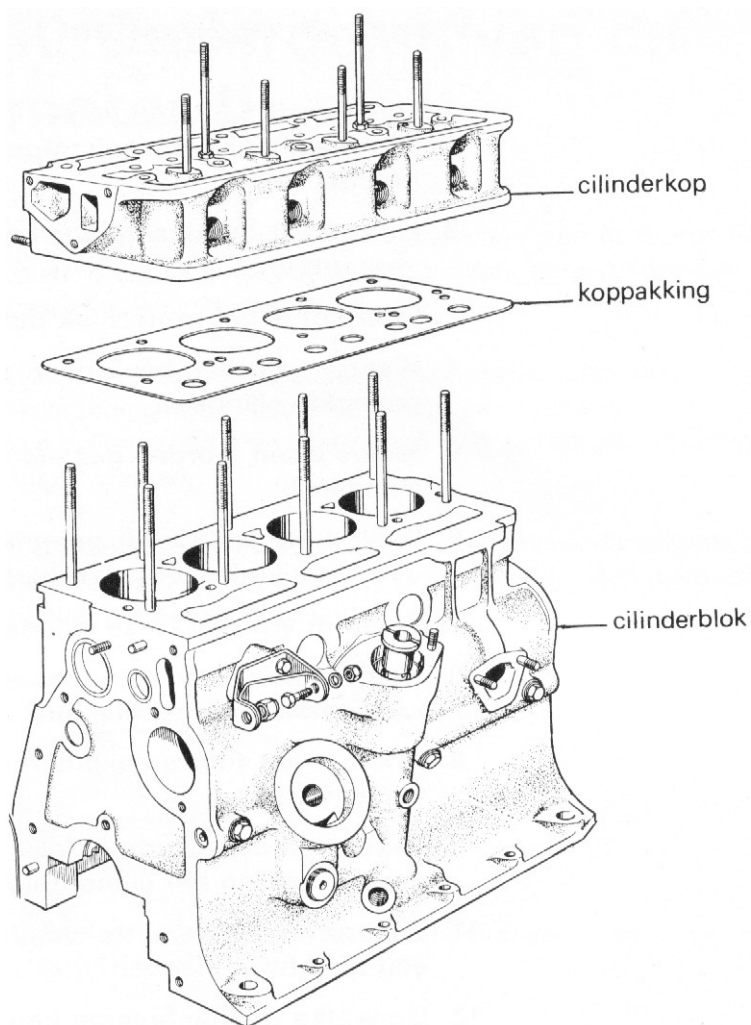


Figuur 38

In het cilinderblok zitten ook koelleidingen.

Op het cilinderblok komt de koppakking of "joint de coulasse" in de volksmond. Deze zorgt voor een goede afdichting tussen het cilinderblok en de cilinderkop.

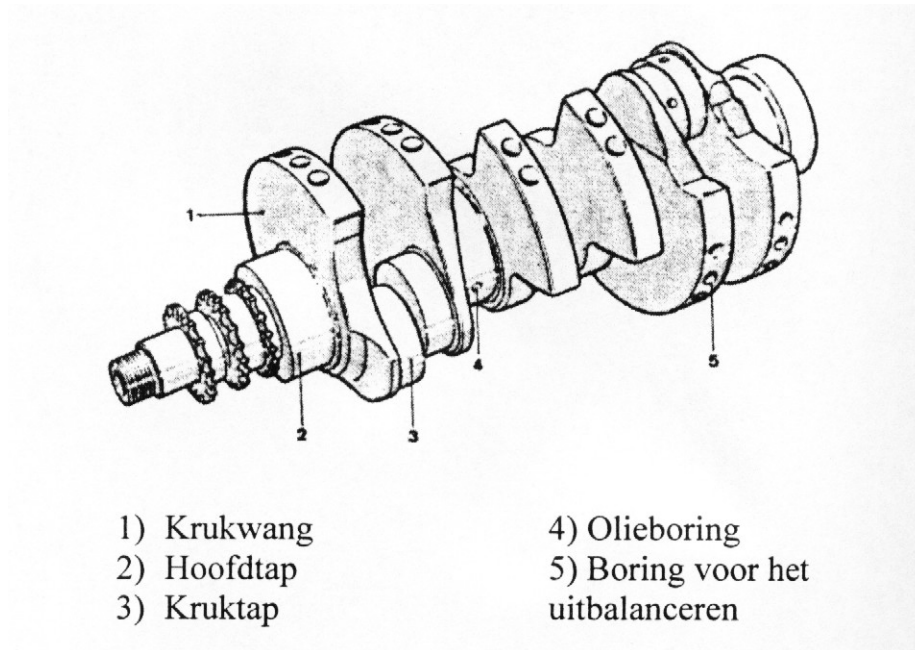
In de cilinderkop zitten de kleppen en de aanzuig- en uitlaatleidingen bevestigd.



Figuur 39

6.2 Krukas

Met de krukas wordt de op-en-neergaande beweging van de zuiger omgezet in een roterende beweging. De krukas is onderhevig aan buiging en torsie. De krukwingen vormen de verbinding tussen de hoofd- en de krukappen. Ze vormen tevens de gewichten voor statisch en dynamisch uitbalanceren. In de krukas zijn oliekanalen geboord.



- 1) Krukwing
- 2) Hoofdtap
- 3) Kruktap

- 4) Olieboring
- 5) Boring voor het uitbalanceren

Figuur 40

De ontstekingen volgen elkaar na telkens 120 krukasgraden op. Die regelmatige intervallen verkrijgt men door de krukappen van de cilinders 4, 5 en 6 30° te verplaatsen t. o. v. de krukappen van de cilinders 1, 2 en 3. Opgemerkt dient te worden dat bij iedere cilinder-rij tegelijk een zuiger in het BDP staat. De ontstekingen gebeuren afwisselend in de linker of rechter cilinder-rij om de motor zo trillingsvrij mogelijk te laten draaien. De ontstekingsvolgorde is 1-6-3-5-2-4.

Cil. 0° 60° 120° 180° 240° 300° 360° 420° 480° 540° 600° 660° 720°
--

1	Inlaat	Compressie	Arbeid	Uitlaat	
2	Comp.	Arbeid	Uitlaat	Inlaat	Comp.
3	Arb.	Uitlaat	Inlaat	Compressie	Arbeid
4	Inl.	Compressie	Arbeid	Uitlaat	Inlaat
5	Arbeid	Uitlaat	Inlaat	Compressie	
6	Uitlaat	Inlaat	Compressie	Arbeid	Uitl.

6.2.1 Trilling in de krukas

De krukas is een onderdeel dat het bijzonder zwaar te verduren krijgt; de as is onderhevig aan drie soorten trillingen, namelijk centrifugale trillingen, buigen en torsietrillingen. Al die trillingen moeten zo goed mogelijk worden onderdrukt. Ze veroorzaken niet alleen een hinderlijk geluid, maar beschadigen de lagers en kunnen zelfs tot breuk van de krukas leiden. De centrifugale krachten worden in evenwicht gebracht door de krukas statisch en dynamisch te balanceren. Door materiaal weg te boren kan een statisch evenwicht worden verkregen. De cilinderkrukas voor lijnmotoren, waarbij de krukken onder 180° liggen, zijn in statisch evenwicht. Het dynamisch evenwicht moet worden verkregen door het aanbrengen van contragewichten, waarbij rekening moet worden gehouden met de massa van de drijfstangvoet en een gedeelte van de drijfstang.

Bij een viercilinderkrukas heffen de koppels elkaar op. Is de krukas maar driemaal ondersteund, dan is deze aan een buiging onderhevig die de lagers abnormaal kan doen uitslijten. De contragewichten dienen hier alleen maar om die buigkrachten op te heffen. Ook tengevolge van de verbrandingsdruk is de krukas onderhevig aan buiging. De gevolgen daarvan kunnen alleen maar worden opgevangen door gebruik te maken van een steviger krukas en met meer hoofdstappen. We denken hierbij aan de krukassen van korteslag-motoren en vijfmaal gelagerde krukassen.

Als we een staaf aan het ene eind vastklemmen in een bandschroef en het andere eind verdraaien en daarna loslaten, zien we dat de staaf terugveert. Deze veert zelfs over zijn oorspronkelijke stand heen, veert weer terug in de andere richting enz. Zo ontstaan torsietrillingen. Het vliegwiel en de weerstand die de aandrijving ondervindt, zijn te vergelijken met de bankschroef. De drukstoten op de krukstappen van de krukas zorgen voor torsie en de daaropvolgende torsietrillingen. Die kunnen tot breuk van de krukas leiden als de trillingen samenvallen met de arbeidsslagen en elkaar zodoende versterken. Dat moet eerder bij een lange, dan bij een korte krukas worden verwacht.

Torsietrillingen tegengaan m. b. v. een trillingsdemper

Torsietrillingen worden bestreden met vooraan op de krukas gemonteerde trillingsdempers.

De demper in de figuur bestaat uit twee schijven S - S die vrij gemonteerd zijn tussen twee flenzen F - F. Die flenzen zitten vast op de krukas en zijn bekleed met wrijvingsmateriaal W. De veertjes V zorgen ervoor dat de flenzen constant even snel mee ronddraaien en zo vormt het geheel als het ware een vliegwiel. Treden er trillingen op en versnelt het voorste gedeelte van de krukas dan volgen de schijven, vanwege de traagheid, de versnellingen van de torsiebewegingen niet. Ze verschuiven ten opzichte van de flenzen, tegengesteld aan de draairichting van de krukas. De wrijving waarmee dat gepaard gaat, oefent een remmende werking uit, zodat de trillingen worden gedempt.

Blijft het voorste gedeelte van de krukas tengevolge van torsietrillingen achter dan slippen de schijven door in voorwaartse richting, waardoor deze de krukas in voorwaartse richting tracht mee te nemen zodat de trillingen weer worden gedempt. De trapeziumvormige rubberring T tussen de twee schijven dient om de doelmatigheid van de demper bij alle toerentallen te waarborgen. Dat kan omdat bij het toenemen van het toerental de ring door de

middelpuntvliedende kracht uitzet en zodoende de wrijving van de schijven S verhoogt. We merken nog op dat een trillingsdemper niet in staat is de trillingen uit te schakelen, maar ze wel tot het toelaatbare kan beperken.

6.2.2 Vervaardiging van krukassen

- **gesmeed:** de assen worden uit één blok gesmeed. De krukken worden, aanvankelijk in één vlak liggend, tenslotte warm in de juiste stand getordeerd. Gesmede assen hebben door het gunstige "vezel" verloop een grotere sterkte.
- **opgebouwd uit losse componenten:** hoofdlagertappen, krukwingen en drijfstangetappen worden dan samengesteld tot een complete kruk, waarbij de wangen op deappen worden gekrompen en dikwijls door een vertanding in een bepaalde stand worden gefixeerd.
- **gegoten:** dit wordt in toenemende mate toegepast. Deze assen zijn goedkoper en met de beschikbare gietstalen voldoende betrouwbaar. Er is ook een gewichts- en materiaalbesparing door de as hol te gieten.

6.2.3 Materiaal

Als materiaal wordt staal met 0,3-0,5% koolstof, gelegeerd met mangaan en chroom, soms bovendien met nikkel en/of molybdeen, toegepast. Een krukas moet taai zijn om de stotende belasting te kunnen weerstaan en de lagers moeten slijtvast en hard zijn. Als er namelijk slijtage optreedt, dan dient deze in de eerste plaats op te treden in de verwisselbare lagerschalen en bij voorkeur niet aan de dure as zelf. Men past dan ook wel het vlamharden of hoogfrequentharden toe. In het eerste geval worden de tappen door gasbranders verhit, in het tweede geval door een snelwisselend veld van een door een hoogfrequente wisselspanning bekrachtigde spoel, die om de trap is aangebracht. Bij het hoogfrequent harden wordt in enkele seconden een temperatuur van ongeveer 800°C bereikt, het vlamverhitten duurt aanzienlijk langer. Als de hardingstemperatuur is bereikt wordt de warmtebron uitgeschakeld en wordt de tap door waterstralen gekoeld.

6.3 Cilinderstanden

Standen van de cilinders ten opzichte van elkaar.

6.3.1 De lijnmotoren.

De cilinders worden in één lijn opgesteld aan dezelfde zijde van de krukas. De eenvoudigste en meest gebruikte is de "viencilinder in lijn". Je plaatst hierbij wel wangen op de krukas zodat de beste balancering ontstaat. Verder moet je ook een bepaalde ontstekingsvolgorde aanhouden. Indien je de ontstekingsvolgorde 1,2,3,4 zou aanhouden, dan zouden de krukas en de motorophanging aan aanzienlijke spanningen en trillingen worden blootgesteld. Deze spanningen worden tot een minimum teruggebracht als je de ontstekingsvolgorde 1,3,4,2 of 1,2,4,3 aanhoudt. Dit kun je zien op het arbeidsdiagram.

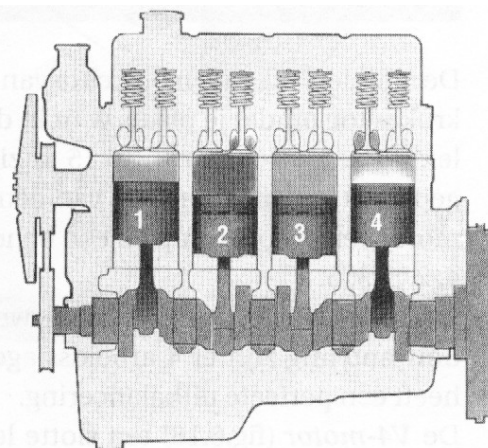
A: arbeidsslag

U: uitlaatslag

I: voor inlaatslag

C: voor compressieslag

	0°	180°	360°	540°	720°
1	A	U	I	C	
3	C	A	U	I	
4	I	C	A	U	
2	U	I	C	A	

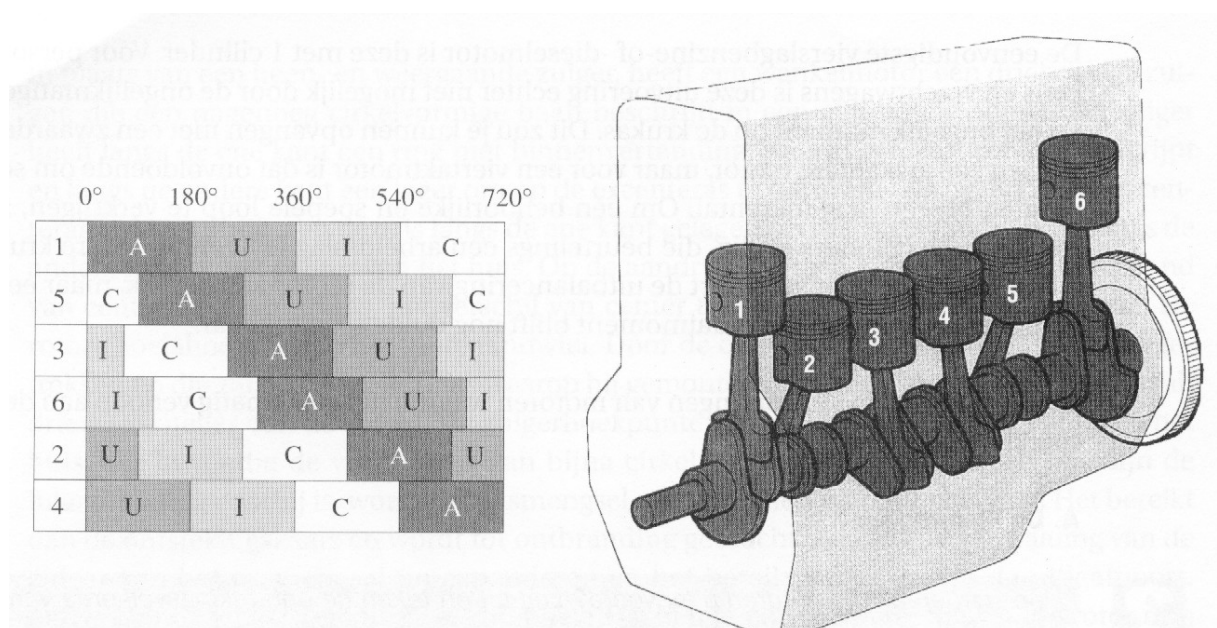


Figuur 41

De "zescilinder in lijn" is zwaarder en langer dan de viercilindertegenhanger. Toch heeft deze motor twee belangrijke voordelen:

- het koppelverloop is regelmatig omdat de arbeidsslagen elkaar overlappen (zie ook de ontstekingsvolgorde).
- de mechanische uitbalancering is beter zodat trillingen te verwaarlozen zijn.

Bij een zescilinder neem je best de volgende ontstekingsvolgorde: 1,5,3,6,2,4



Figuur 42

Een "achtcilinder in lijn" neemt te veel plaats in, in een personenwagen en komt dan ook zelden voor. Je opteert het best voor de volgende constructievorm.

6.3.2 De V-motoren.

De cilinders staan ten opzichte van elkaar in een V-vorm. Deze constructie laat een kortere krukas toe omdat je plaats wint in de lengte. De uitvoering is dan ook compacter en stabiel. Bij een V6-motor zijn de cilinderblokken meestal onder een hoek van 60 graden geplaatst en op ieder deel van één omwenteling is er een arbeidsslag. Hierdoor heeft de motor een soepele loop en een behoorlijke uitbalancering. De ontstekingsvolgorde is hier 1,4,2,5,3,6.

De V8-motor heeft twee cilinderblokken onder een hoek van 90 graden en bij elke omwenteling zijn er 4 arbeidsslagen. De motor is geschikt voor grotere vermogens en heeft een perfecte uitbalancering.

De V4-motor tenslotte levert een even goed koppel als een viercilinder in lijn, maar de uitbalancering is minder goed, welke ook de hoek tussen de cilinderblokken is. Vandaar dat de V4-motor mank loopt door trillingen, die evenwel tot een aanvaardbaar niveau kunt terugbrengen met een extra as, die met de krukas meedraait en waarop tegengewichten zijn aangebracht om deze trillingen zoveel mogelijk te nivelleren. Daardoor kan de hoek tussen de cilinderblokken beperkt worden tot ongeveer 10 graden.

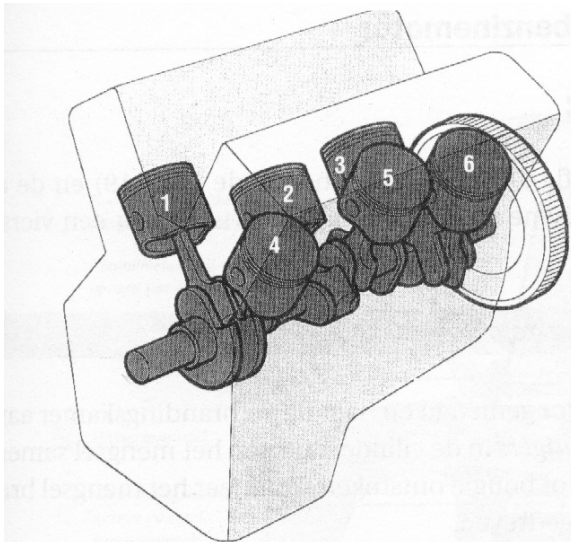


fig.6.15 a - De V6-motor

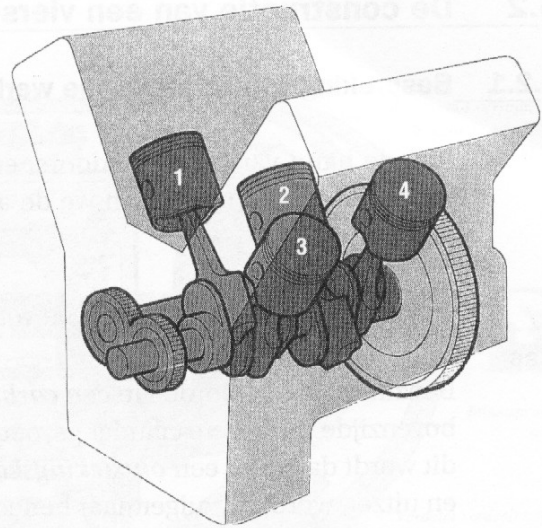
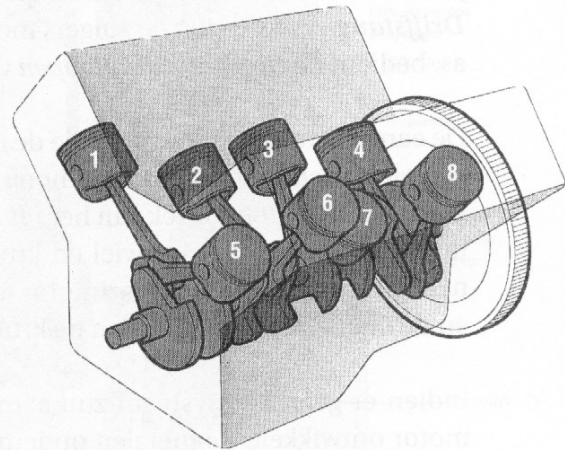


fig.6.16 - De V4-motor

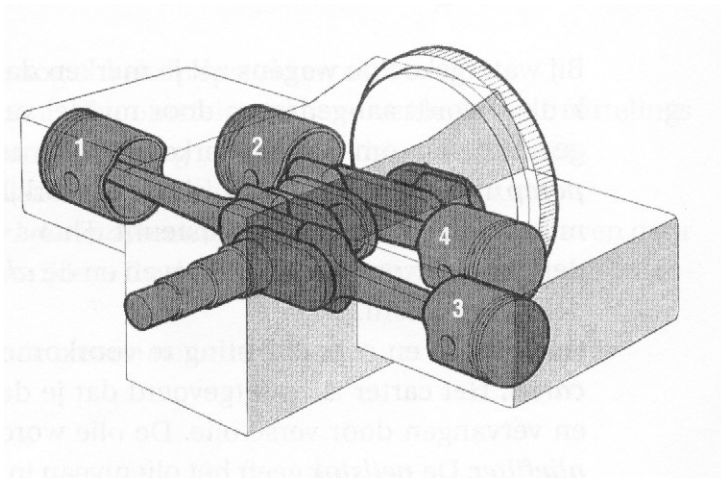
	0°	180°	360°	540°	720°
1	A	U	I	C	
8	C	A	U	I	C
4	C	A	U	I	
3	I	C	A	U	I
6	I	C	A	U	I
5	I	C	A	U	
7	U	I	C	A	U
2	U	I	C	A	



Figuur 43

6.3.3 De boxermotoren.

De cilinders zijn aan beide zijden van de krukas in elkaars verlengde geplaatst. De uitvoering met vier cilinders in boxervorm vindt je terug op onze foto. Naar vorm en afmetingen is deze motor meer geschikt voor montage achterin dan voorin de wagen. De horizontale vlakke viercilinder is zeer goed uitgebalanceerd: een zuiger met drijfstang die in een bepaalde richting beweegt, wordt door eenzelfde zuiger en drijfstang in tegengestelde richting uitgebalanceerd. De ontstekingsvolgorde is 1,4,3,2.



Figuur 44

6.4 Cilinderkop

De cilinderkop sluit het motorblok respectievelijk de cilinders aan de bovenkant af. Deze bevat de kleppen alsook de bougies en / of de verstuivers als ook meer en meer het klepbedieningsmechanisme zoals bijvoorbeeld bij de moderne personenwagens. Bovendien vormt de cilinderkop samen met de zuiger het gewenste model van de verbrandingskamer.

Er bestaan twee soorten cilinderkoppen:

1. tegenstroom cilinderkop : De in- en uitlaatkanalen zijn aan dezelfde kant van de cilinderkop aangebracht. Deze opstelling beperkt het kanaalverloop voor de verse en afgewerkte gassen; zij heeft echter bij gebruik van drukvulling grote voordelen vanwege de zeer korte leidinglengten.
2. dwarsstroom cilinderkop: De in- en uitlaatkanalen zitten aan tegenovergestelde kanten van de motor, waardoor er een diagonale stromingsrichting voor de verse en afgewerkte gassen ontstaan. Deze opstelling staat een vrije kanaalvorming toe en maakt het afdichten gemakkelijker.

Bij grotere motoren worden aparte cilinderkoppen gebruikt voor iedere cilinder. Dit heeft een aantal bijkomende voordelen namelijk dat het nog een betere koeling geeft en ook afdichtingsdrukverdeling om zo onderhouds-reparatietechnische redenen. Bij personenwagens (kleine motoren) wordt een cilinderkop gebruikt voor alle cilinders. De cilinderkop is een ingewikkeld gietstuk, vooral bij kopkleppen. Het staat bloot aan de hoge verbrandingstemperatuur. De watermantel ervan staat via gaten in de pakking met de koelmantel van het blok in verbinding. De cilinderkop mag slechts in koude toestand worden gedemonteerd; anders trekt hij krom. Het losmaken en ook het aanspannen van de moeren moet geleidelijk en aan de hand van een gegeven schema gebeuren. Hierbij begint men steeds in het midden. Het aanspannen moet daarbij met een opgegeven moment gebeuren (momentsleutel), omdat ook de cilinders vervormen. Hierdoor passen de zuigers niet meer precies in de cilinders (groter olieconsumptie). Een moment wordt uitgedrukt door het product van de hefboomlengte met de aangewende kracht.

$$T = F \times a$$

Met : T = moment (Nm)

F = kracht (N)

a = afstand (m)

Soms gebeurt het dat de fabrikanten een andere eenheid gebruiken. Daarom hieronder een verduidelijking:

Newton	N	1N = 0.102kgf	
Kilogramforce	kgf	1kgf = 9.18N	
meterkilogramforce	mkgf	1mkgf = 9.81 mN	
Voetpond	ft. lb	1 ft. Lb = = 1.3567 mN 0.1383 mkgf	

6.5 De zuiger

De zuiger is een heel belangrijk onderdeel van de motor en heeft volgende functies:

- het zorgt samen met de zuigerveren voor een gasdichte afsluiting in de cilinder.
- de zuiger moet de kracht die ontstaat bij de verbrandingsdruk doorgeven aan de drijfstang. Die deze kracht dan doorgeeft aan de krukas. Hij moet ook meehelpen bij het inlaten en samenpersen van het verse verbrandingsmengsel en drijft dan ook de verbrandingsproducten weg.
- bij tweetaktmotoren regelt de zuiger het uitlaten van de verbrande gassen, het spoelen en het vullen van de cilinder.

Voorwaarden waaraan de zuigers moeten voldoen :

1. voldoende mechanische weerstand hebben.
2. kleine wrijvingscoëfficiënt hebben.
3. goed de warmte geleiden, want de temperatuur van de zuigerkop kan meer dan 400°C bedragen. Die wordt dan op zijn beurt gekoeld door een oliestraal.
4. zo licht mogelijk zijn om de massakrachten in het BDP en ODP zo laag mogelijk te houden.

Vormgeving van de zuiger

Een cilindervormig lichaam zal na opwarming mits temperatuurverhoging gelijk is nog cilindrisch zijn. Aan een zuiger zie je dat boven de zuigerpengaten het materiaal is onderbroken. Op deze plaats kan de warmte van de zuigerbodem ongehinderd doorgaan naar beneden, dus zal een gedeelte van de mantel warmer moeten worden. Dit is ook zo, want de mantelgedeelten onder de spleet blijven koeler. Omwille van deze temperatuurverschillen heeft de zuigermantel de neiging om ovaal uit te zetten. Dit is de reden waarom men de zuiger ovaal in koude toestand slijpt opdat deze in warme toestand weer ongeveer rond wordt.

6.5.1 Het zuigermateriaal is een aluminium-silicium legering :

Dit zijn 2 materialen die samen gebracht zijn met verschillende uitzettingscoëfficiënten. De lineaire uitzettingscoëfficiënt van een materiaal is het getal dat aangeeft wat de lengtevermeerdering van het materiaal per meter lengte en per graad Kelvin temperatuurstoename is.

De Al-Si legering heeft een uitzettingscoëfficiënt van 0,000021 m/m.K. De staalstrip heeft een uitzettingscoëfficiënt van 0,000012 m/m.K. Koelt de zuiger af, dan wil het lichtmetaal veel meer krimpen dan het staal en de stalen strip zal zich hiertegen verzetten. Hierdoor wordt het lichtmetaal op trek en de staalstrip op druk belast. Het geheel zal krom trekken als het gaat om twee rechtse delen. Men moet dit proberen te voorkomen door de wanddikten zo te kiezen dat de erop werkende krachten en momenten kunnen worden opgenomen. Men moet ook kiezen voor een zuiger met dikke bodem en met stevige naden. Op deze manier kan men een goede warmte-afvoer bekomen.

Berekenen van de maximale zuigermassa van lichtmetalen zuigers :

Men gebruikt hiervoor deze formule, $M = K \times D^3$ (uitgedrukt in gram)

Met : K = coëfficiënt (gr/cm^3)

= 1,2 voor benzinemotoren,

= 1,6 voor dieselmotoren

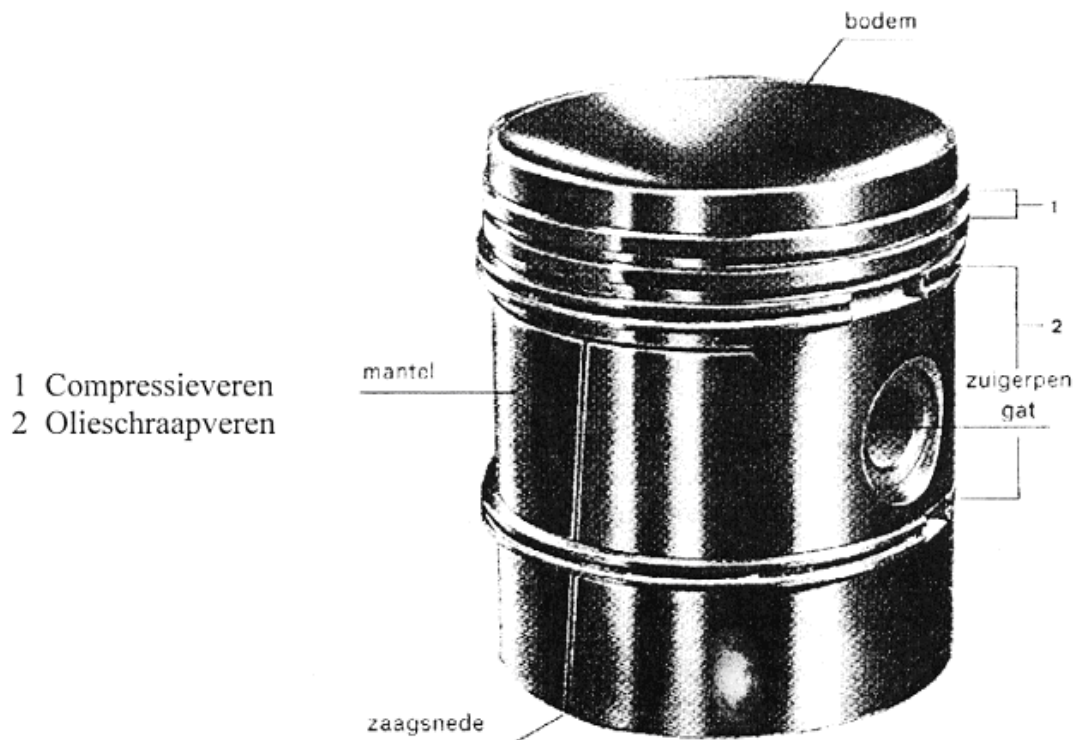
D = diameter van de zuiger (cm)

Nadelen van aluminiumlegeringen :

1. ze zijn redelijk zacht, zodat er gevaar bestaat dat plaatselijk beschadiging kan optreden door de harde koolstofpartikels, en dat de zuigerveergroeven kunnen vervormd worden door het hameren van de segmenten.
2. de mechanische weerstand van de lichte legeringen is tamelijk laag en kan 0°C worden als de temperatuur 400°C overschrijdt.
3. de maximale temperatuur van een aluminium zuiger kan tot 175°C lager liggen dan bij een zuiger uit gietijzer of staal. Dit komt omdat de thermische uitzettingscoëfficiënt ongeveer twee keer zo groot is als die van gietijzer.

6.5.2 Constructie:

Het motorblok is samengesteld uit de cilinders en de krukast. Bij motoren met waterkoeling zijn de cilinders meestal tot één blok gegoten. De andere motoren, zoals motoren met luchtkoeling hebben gewoonlijk afzonderlijke cilinders. De bovenzijde van het blok wordt met een cilinderkop afgesloten. Bij waterkoeling is om de cilinders een watermantel gegoten; bij luchtkoeling vindt men koelribben rond de cilinders. De cilinderboring is ofwel rechtstreeks in het blok ofwel is er een afzonderlijke bus of cilindervoering aangebracht. Men onderscheidt natte en droge voeringen. In de meeste gevallen worden droge bussen in het cilinderblok geperst. Ze komen niet in aanmerking met de koelvloeistof en zijn dunwandig. Natte bussen kunnen met de hand op de plaats worden gebracht. Ze komen rechtstreeks met de koelvloeistof in aanraking en hebben een dikkere wand dan droge bussen. Om te voorkomen dat er langs de natte cilinderbussen vloeistof in het oliekarter terecht komt, wordt er gebruik gemaakt van pakkingen.



6.5.3 Materiaal:

De motorblokken bestaan uit speciaal perlitisch gietijzer (gietijzer met chroom in), daar werken de grafietinsluitingen als smeerelement. Dit komt omdat er anders slijtage ontstaat door corrosie, als gevolg van het zwavelgehalte in de brandstof.

6.5.4 Gemiddelde zuigersnelheid :

In het ODP en het BDP staat de zuiger stil. De maximum snelheid ligt iets voor het slagmidden. Dat komt door de standverandering van de drijfstang, daarom spreekt men in de praktijk over 'gemiddelde' zuigersnelheid.

Berekenen van de zuigersnelheid :

$$V = (2 \times s \times n) / 60 \text{ of } (s \times n) / 30$$

Met: s = slaglengte (m)
 n = rotatiefrequentie (/min.)

6.5.5 Zuigerveren.

In de zuiger zijn groeven gemaakt waarin de zuigerveren geplaatst moeten worden.

Er zijn twee soorten zuigerveren:

- compressieveren
 - olieschraapveren
-
- er zijn altijd twee compressieveren die moeten zorgen voor een gasdichte afdichting tussen zuiger en cilinder.
 - er is één olieschraapveer die moet voorkomen dat er olie in de verbrandingsruimte terechtkomt.

Doordat de drijfstang tijdens de arbeidslag schuin staat, zal de verbrandingsdruk ook een kracht op de zuiger veroorzaken.

F is de resulterende kracht van de verbrandingsdruk, deze moet aan de drijfstang afgegeven worden (F_d), dus moet er nog een kracht F overblijven die tegen de wand van de cilinder drukt. Bij een links draaiende motor ligt de kracht aan de andere kant.

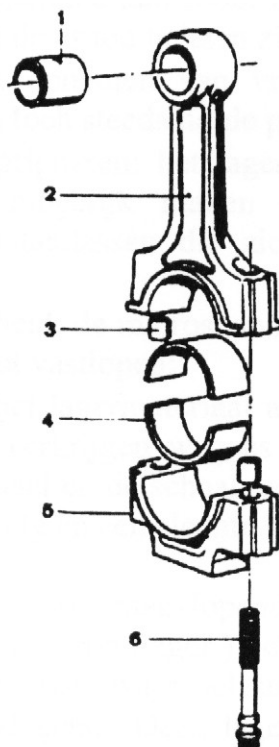
De zijde van de zuiger waarop die kracht wordt overgebracht noemen we de werkszijde van de cilinder.

6.6 De drijfstang

De drie hoofddelen van de drijfstang zijn: de drijfstangkop met de lagerkap die de articulatie vormt met de krukken, het drijfstanglichaam en de drijfstangvoet (kleine kop) die rond de zuigerpen zit. De drijfstang is gewoonlijk gefabriceerd uit zacht gelegeerd smeedstaal. Voor snellopende automotoren wordt uitzonderlijk een aluminiumlegering gebruikt. De sectie van het drijfstanglichaam is bijna steeds I-vormig om een lichte constructie met een grote weerstand te verkrijgen. De drijfstang is onderworpen aan een alternerende trek-en knikbelasting en aan een buigbelasting vanwege de traagheidskrachten. De afmetingen van de drijfstangkop moeten voldoende klein zijn om de zuiger met drijfstang langs de cilinder uit te kunnen nemen. Bij kleine cilinders en bij dieselmotoren is dit niet altijd mogelijk. Daarom wordt de drijfstangkop soms schuin verdeeld.

Doel drijfstang:

- de kracht die de zuiger heeft door de verbranding van de uitlaatgassen overbrengen naar de krukas.
- de cilinder omhoog en omlaag doen bewegen.



1. zuigerpenbus
2. drijfstangsteel
3. centreerbus
4. lagerschaal
5. lagerkap
6. drijfstangbout

6.7 Kleppen en klepveren

6.7.1 Beschrijving van de kleppen en klepveren

We zullen hier enkele constructieve gegevens over de kleppen en de klepveren bespreken.

- de inlaatklep heeft meestal een grotere diameter dan de uitlaatklep. Het binnenstromen van vers gas tengevolge van de aanzuiging gaat met name minder snel dan het uitdrijven van verbrande gassen.
- uitlaat kleppen waarvan de temperatuur tot 900 °C oploopt, krijgen soms een holle klepsteel die gedeeltelijk met zout of natrium wordt gevuld om de warmte beter af te voeren. Aan de klepzijde zal het zout verdampen door de hoge temperatuur, om aan het uiteinde van de klepsteel deze verdampingswarmte af te staan bij het weer sublimeren. Het zout zorgt dus voor warmtetransport door de klep.

Op het stuikvlak van de kleppen, het uiteinde van de klepsteel en de klepzittingen, wordt ook vaak stelliet aangebracht (hard metaal) wat de levensduur verhoogt.

Een uitlaatklep die wordt aangetast of niet goed meer sluit door een foutieve klepspeling gaat spoedig verbranden doordat ze haar warmte niet meer kan afvoeren langs de klepzitting naar het koelwater in de cilinderkop. De klepveer wordt op haar plaats gehouden door een veerschotel, een sluitring en twee klepspieën (conische halve maantjes).

Wanneer de eigen frequentie van de klepveer overeenstemt met de trillingen bij een bepaald toerental van de motor, gaat de klep 'zweven', d. w. z. ze sluit niet meer volledig en gaat ook niet helemaal open. Om dat te voorkomen, laat men de spoed van de windingen variëren.

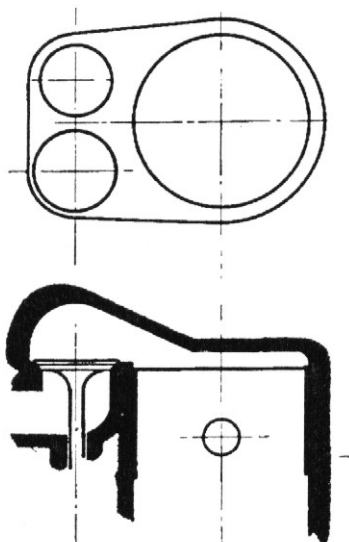
Bij grote motoren worden ook wel twee veren concentrisch in elkaar gebruikt, of veren waarbij de windingsdiameter varieert.

6.7.2 Plaatsing kleppen

Zijklepmotor

- de aandrijving van de nokkenas gebeurde d.m.v. een tandwieloverbrenging (verhouding 2/1).
- de klepsteel werd rechtstreeks bediend door de nok.
- de vorm van de verbrandingsruimte was allesbehalve gunstig; er ging veel warmte verloren en het rendement was slecht.

We vinden dit nog uitsluitend terug bij kleine goedkope motortjes (bijv. grasmaaiers).



Figuur 45

Kopklepmotor

- de gassen stromen nu gemakkelijker in en uit de cilinder.
- de verbrandingsruimte bevindt zich nu boven de zuiger met een gunstiger vorm.
- het mechanisme vanaf de nokkenas, met klepstoters, stoterstangen, tuimelaars en tuimelaar-as, is veel complexer dan bij zijkleppen.

De klepspeling dient regelmatig te worden gecontroleerd en afgesteld.

Kopkleppen en bovenliggende nokkenas.

De voordelen van kopkleppen blijven dezelfde plus:

- het kleppenmechanisme wordt veel eenvoudiger hoewel regeling van de klepspeling nodig blijft.
- de afstand van de nokkenas tot de krukas wordt zo groot dat een ketting met kettingspanner nodig is, wat lawaai veroorzaakt.
- de hoogte van de motor neemt toe door de nokkenas boven de kleppen te monteren, maar op deze manier hebben we geen tuimelaars nodig.

Kopkleppen, bovenliggende nokkenas en tuimelaars en eventueel hydraulische (oliedruk) klepstoters

- de regeling van de klepspeling vervalt: een hydraulisch systeem neemt in alle omstandigheden de speling weg.
- talrijke fabrikanten vervangen de ketting door een getande riem, die minder lawaai veroorzaakt. Een gladde riem is onbruikbaar omdat hierbij slip optreedt, zodat de bediening van de kleppen niet meer synchroon kan lopen met de beweging van de zuigers.

Kopkleppen, bovenliggende nokkenas en hydraulische spelingcompensatie

De nokkenas drukt hier op hefboomen die aan de ene kant de klep bedienen en aan de andere kant worden ondersteund door een hydraulische steun die de klepspeling wegneemt.

- het onderhoud aan het kleppenmechanisme vervalt nu volledig.
- de motor reageert sneller.
- omwille van de hoogte kan de motor over een zekere hoek worden gekanteld in plaats van verticaal te blijven.

De levensduur van de getande riem blijft het enige delicate punt.

6.8 Het vliegwiel

Bij een eencilindermotor weten we dat er maar één arbeidsslag is om de 720° . Deze duurt 180° , dus de overige 540° wordt er arbeid opgeslorpt en zou de motor veel trager gaan draaien moest er geen vliegwiel op de krukas gemonteerd zijn.

Deze neemt nl. een deel van de energie tijdens de arbeidsslag op en wordt gedurende de uitlaat, inlaat en compressieslag afgegeven aan de krukas van de motor.

Het vliegwiel vordert dus de regelmatige gang van de motor.

Wanneer de motor weinig cilinders heeft dan zullen de arbeidsslagen met grotere tussenpozen volgen dus hebben we een groter vliegwiel nodig. Bij een motor met meerdere cilinders volgen de arbeidsslagen elkaar snel op, of ze overlappen ze zelfs. (zie 6.2 de cilinderstanden)

Het vliegwiel wordt bij voorkeur licht gemaakt omdat de motor dan sneller op toeren kan komen. Dat heeft wel een nadeel want op een laag toerental loopt de motor minder regelmatig.

Het vliegwiel is voorzien van een tandkrans ook wel de stater krans genoemd. In deze tanden grijpt het kleine tandwiel van de startmotor om de krukas rond te laten draaien bij het starten van de motor.

7 **Gedetailleerde bespreking van een nieuwe dieselmoter: Bmw motor: M47D20TÜ.**

7.1 **Inleiding**

De M47D20TÜ is een verdere ontwikkeling van de M47D20. Hij vervangt de M47D20 en wordt in de 3-serie van BMW ingebouwd.

De belangrijkste ontwikkelingsdoelen bij de M47D20TÜ waren:

- het voldoen aan de strengere emissie-eisen
- verbetering comfort
- verbetering van de rijdynamiek
- verlaging van het brandstofverbruik



Figuur 46

7.2 Technische gegevens

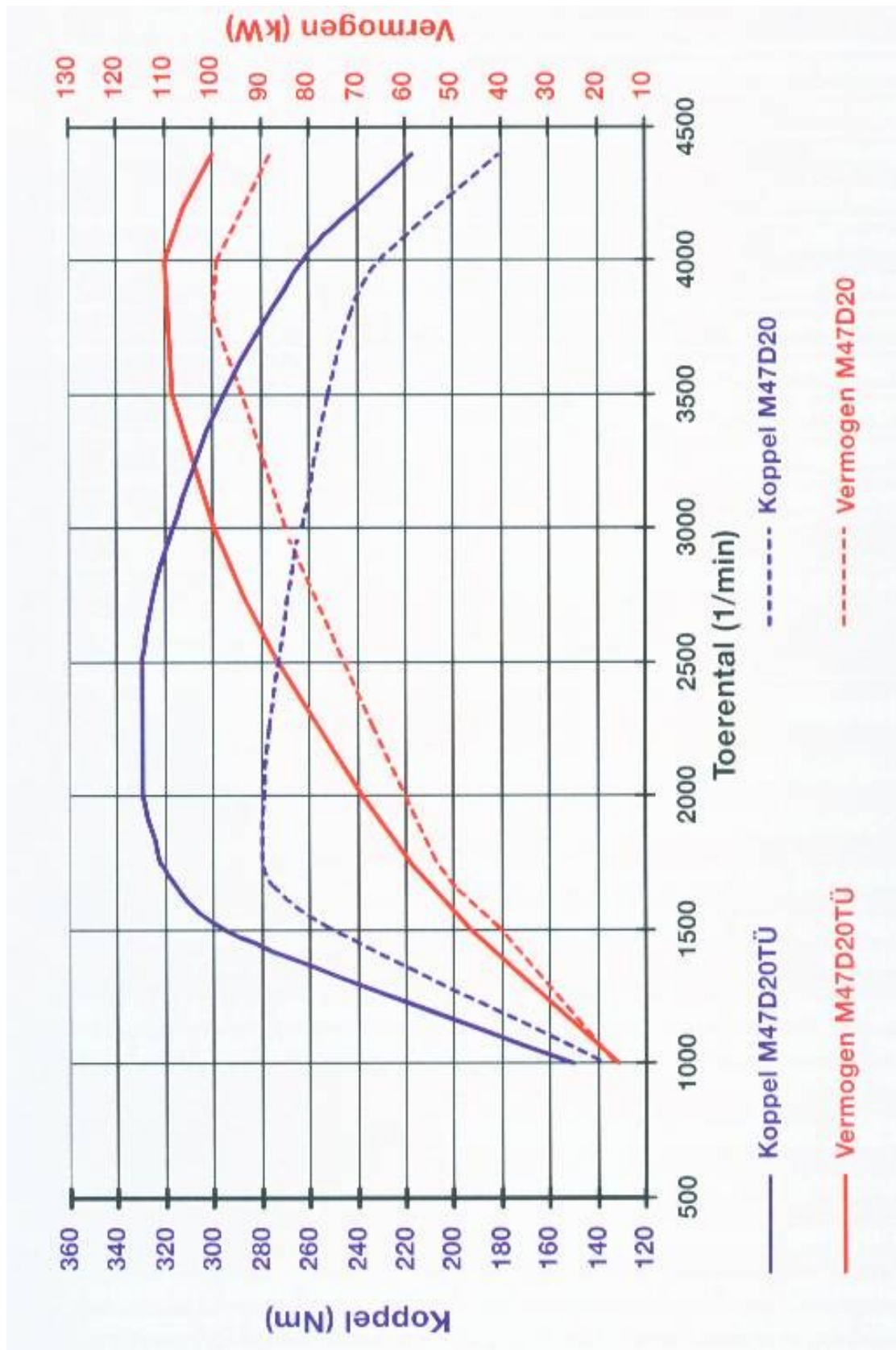
Motor	M47D20TÜ
Cilinderinhoud effectief (ccm)	1995
Slag/boring (mm)	90/84
Vermogen (kW) bij toerental (1/min)	110 4000
Max. koppel (Nm) bij toerental (1/min)	330 1750
Compressieverhouding	17:1
Hoofdlager-0 van de krukas (mm)	60
Drijfstanglager-0 van de krukas (mm)	45
In- en uitlaatklep-Q (mm)	25,9
Motorgewicht (kg)	172
DDE	DDE 5.0
Wettelijke eisen met betrekking tot de uitlaatgassen	EU3 met voorbehoud voor EU4

M47D20UL (onderste vermogenstrap)

- Reducering koppel tot 265 Nm
- Vermogensreducering tot 85 kW

De reducering van het koppel en het vermogen werd verkregen door een begrenzing van de brandstofhoeveelheid. De gegevens in de regeleenheid voor de pompen werden zo gewijzigd dat in combinatie met de gewijzigde verstuivers de brandstofopbrengst minder is. De basismotor komt overeen met die van de M47D20. De M47D20UL werd vanaf 2001 in de E46/3 en E46/4 geïntroduceerd.

Vollast-diagram



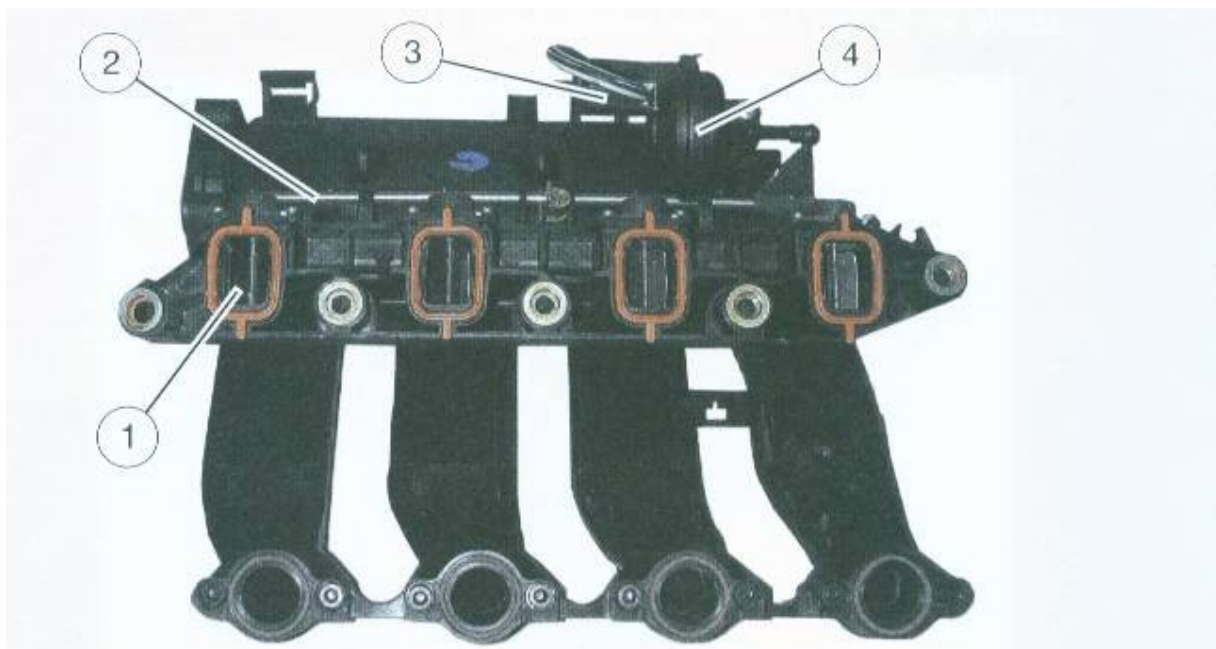
Figuur 47

7.3 Luchttoevoer

De aanzuiggeluidsdemper is geïntegreerd in het kleppendeksel. De luchtfilter is uitgevoerd als een ovaal patroon.

7.3.1 Inlaatspruitstuk

De motor is voorzien van een kunststof inlaatspruitstuk.



Figuur 48

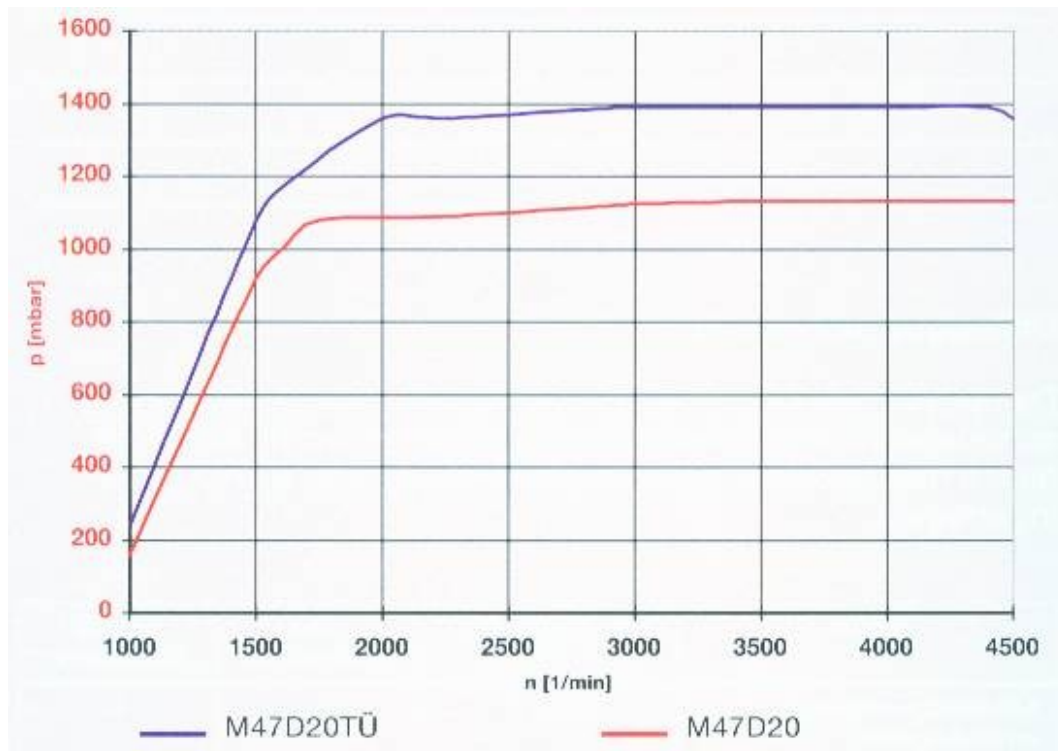
Index	Benaming	Index	benaming
1	Wervelkleppen	3	Elektrische omschakelklep
2	Stangenstelsel	4	Vacuümdoos

Afhankelijk van het toerental stuurt de DDE een elektrische omschakelklep (EUV) aan. De onderdruk werkt op een vacuümdoos en zo op een stangenstelsel dat de wervelkleppen beweegt.

In het onderste toerentalgebied zijn de wervelkleppen in de inlaatbuis gesloten, zodat de lucht uitsluitend via het wervelkanaal in de verbrandingskamer terechtkomt. Dit zorgt voor een sterke verwerveling van de lucht in het onderste toerental gebied. Door de homogene vorming van het mengsel worden de uitlaatgas emissiewaarden duidelijk gereduceerd.

7.3.2 Uitlaatgasturbocompressor/intercooler

Door de vuldruk van ca. 1,4 bar en de ten gevolge daarvan hogere vullingsgraad kon de compressieverhouding tot 17:1 worden gereduceerd.

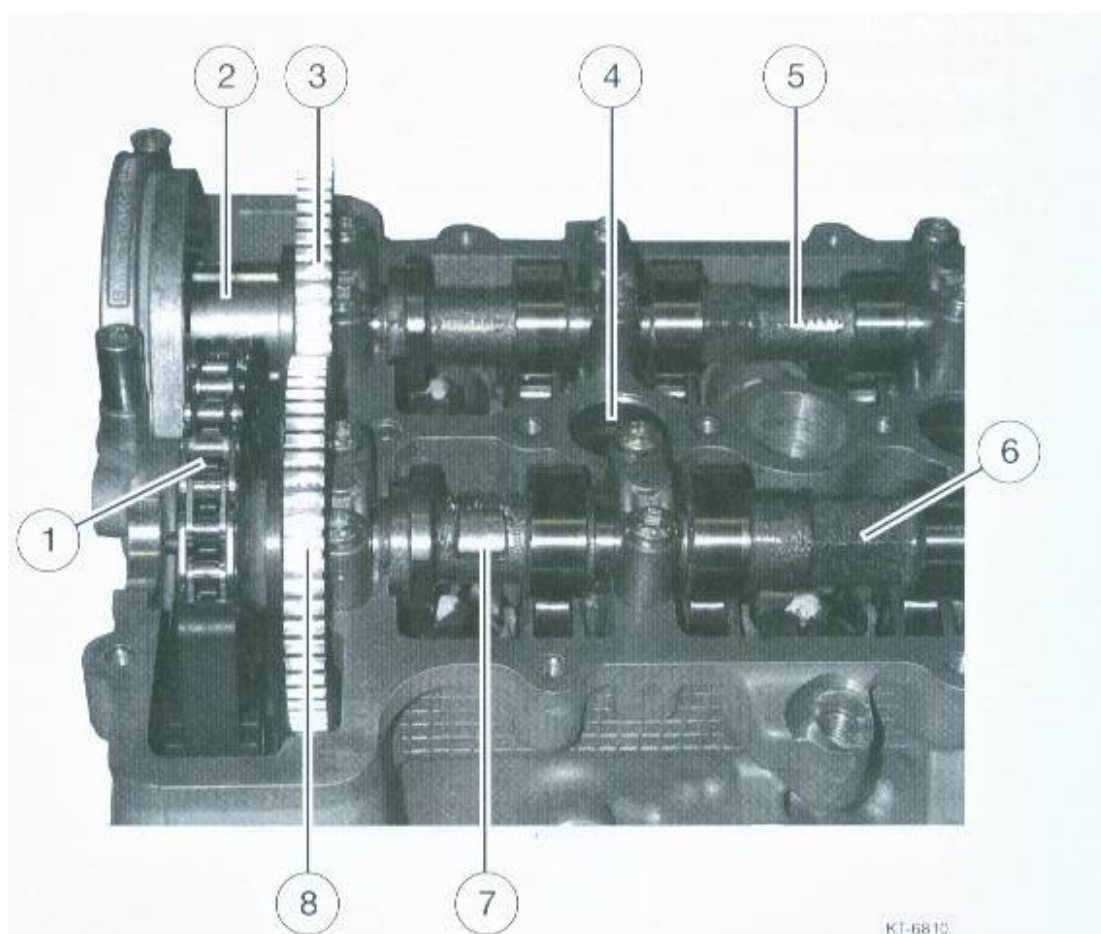


Het voordeel is dat de motor soepeler draait in het onderste/ middelste toerentalgebied.

7.4 Cilinderkop

Wijzigingen ten opzichte van de vorige reeks:

- bevestiging common rail
- aanpassing aan de gewijzigde kettingaandrijving
- grotere vacuümpompflens



Figuur 49

Index	Benaming	Index	Benaming
1	Sinplex-ketting	5	Uitlaatnokkenas
2	Klauwkoppeling (vacuüm-pompaandrijving)	6	Inlaatnokkenas
3	Tandwiel uitlaatnokkenas	7	Markering inlaatnokkenas cilinder positie 1
4	Opname voor verstuivers	8	Tandwiel inlaatnokkenas

7.5 Kleppentrein

De kleppentrein bestaat uit de in- en uitlaatnokkenas, roltuimelaars alsmede de kleppen en de veren

Nokkenas

- oppervlaktegehard gietijzer
- In-en uitlaatnokkenas volgegoten
- Negatieve nokradius

7.6 Roltuimelaar

- Roltuimelaar met hydraulische klepstoter per klep
- Lagering op hydraulische klepstoter

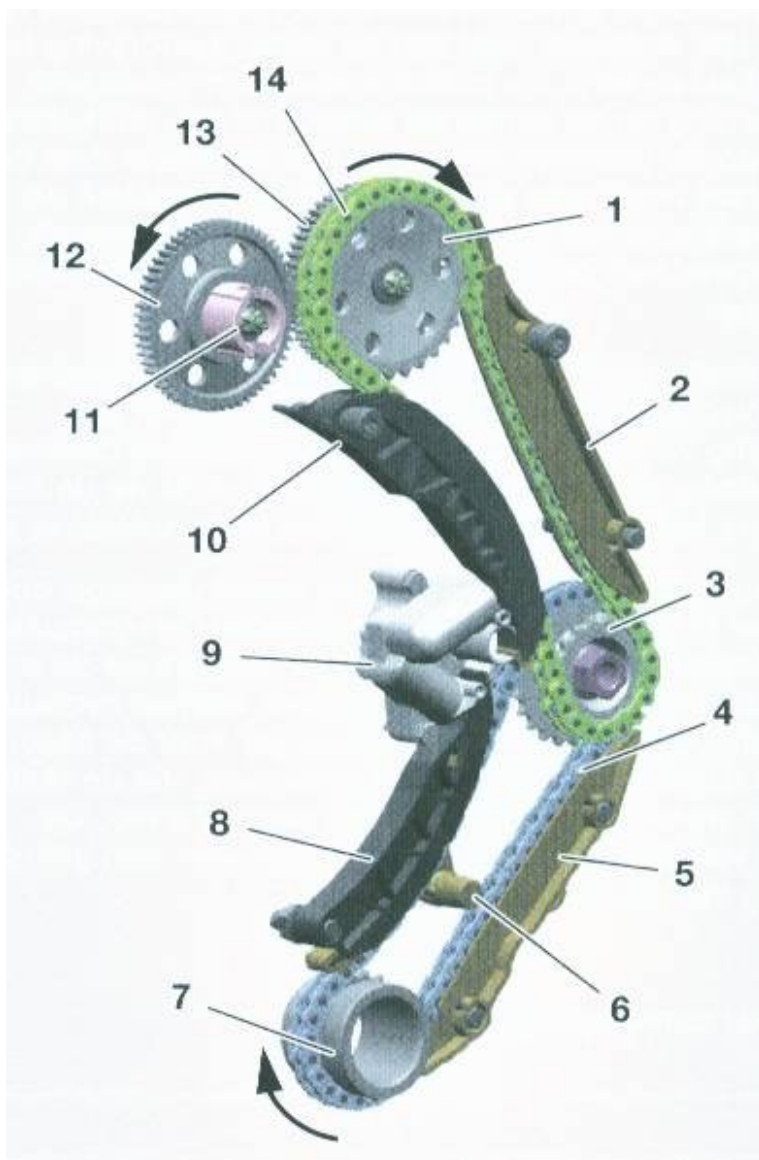
7.6.1 Kleppen en veren

- in- en uitlaatklep identiek
- Onderste klepveerschotel met geïntegreerde klepsteelcup



Figuur 50

7.7 Kettingaandrijving



Figuur 51

Index	Benaming	Index	Benaming
1	Kettingtandwiel inlaatnokkenas	8	Primaire spanrail
2	Secundaire spanrail	9	Hydraulische kettingspanner
3	Kettingtandwiel common- railpomp	10	Secundaire spanrail
4	Primaire ketting	11	Klauwkoppeling
5	Primaire geleiderail	12	Tandwiel uitlaatnokkenas
6	oliesproeier	13	Tandwiel inlaatnokkenas
7	Kettingtandwiel krukas	14	Secundaire ketting

7.7.1 Opbouw

De kettingaandrijving van de motor is uitgevoerd met twee kettingen. Het onderste deel van de kettingaandrijving bestaat uit het krukastandwiel, de primaire span- en geleiderail, de primaire ketting en de achterste tandkrans van het kettingtandwiel van de common-railpomp. Het bovenste deel bestaat uit de voorste tandkrans van het kettingtandwiel van de common-railpomp, de secundaire span- en geleiderails, het kettingtandwiel van de inlaatnokkenas en de rechte nokkenastandwielen.

Het krukaskettingtandwiel drijft het dubbele kettingtandwiel van de common-railpomp via de simplex-ketting met een overbrenging van 1:1,2 aan. Het kleinere, voorste deel van het kettingtandwiel van de common-railpomp drijft via de secundaire ketting het kettingtandwiel van de inlaatnokkenas aan.

De smering van de kettingaandrijving wordt verzorgd door een oliesproeier in het primaire kettinggedeelte. De hydraulische kettingspanner werkt met verschillende zuigers op de primaire en secundaire spanrail. De beide zuigers werken hydraulisch onafhankelijk van elkaar, waarbij de zuiger voor de secundaire spanrail is uitgevoerd met een terugslagklep. Via de rechte tandwielen wordt de uitlaatnokkenas aangedreven. De uitvoering van de rechte vertanding zorgt voor een geluidsarme aandrijving van de uitlaatnokkenas.

7.8 • Motorblok

7.8.1 Motorblok

Het motorblok werd nieuw ontwikkeld, en kon daardoor lichter worden. Naast enkele geometrische wijzigingen van het motorblok vervalt de versterkingsbrug. De taak van de versterkingsbrug wordt nu verzorgd door het balansassenhuis.

7.8.2 Krukas en lagers

De motor is uitgevoerd met een nieuwe krukas. De belangrijkste zijn:

- het geïntegreerde tandwiel voor de aandrijving van de oliepomp/AGW
- druklager als meerdelig opgebouwd lager uitgevoerd

7.9 Drijfstang

- Standaarddrijfstang
- Gecoate lagers aan de drukzijde van de drijfstang

7.10 Zuiger

De totale hoogte werd, net als de detonatierand, verkleind. Om de hogere specifieke belasting door de van 165 tot 180 bar verhoogde verbrandingsdruk aan te kunnen is de zuigerpen gelagerd in een bronzen bus.

De vorm van de zuigerkom is afhankelijk van de inspuitprocedure. Door de commonrailtechniek en niet in de laatste plaats, door de gewijzigde eisen met betrekking tot vermogen en samenstelling van de uitlaatgassen, werd de zuigerkom aangepast. Deze is kleiner uitgevoerd en kenmerkt zich door een vlakker verloop van de rand.



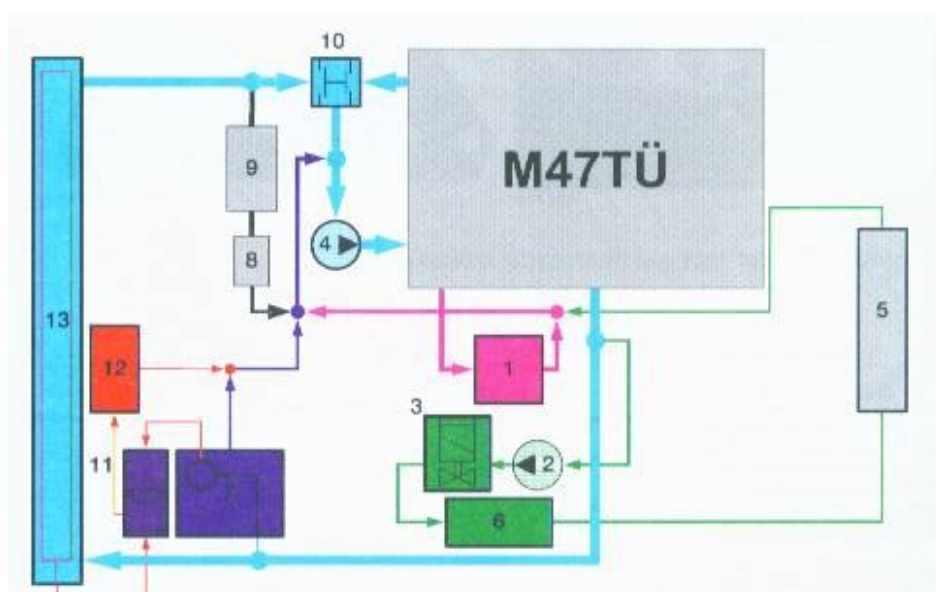
Figuur 52

Vergelijking tussen nieuwe versie(M47D20Tü) en oude versie(M47D20)

7.11 Koelvloeistofcircuit

Het koelvloeistofcircuit in combinatie met het elektrische doorstroomverwarmingselement (EDH) werd praktisch geheel overgenomen van de oude versie. Afwijkend ten opzichte van de oude versie stroomt de koelvloeistof vanuit de warmtewisselaar niet meer terug in het expansiereservoir, maar direct in de toevoer voor de waterpomp.

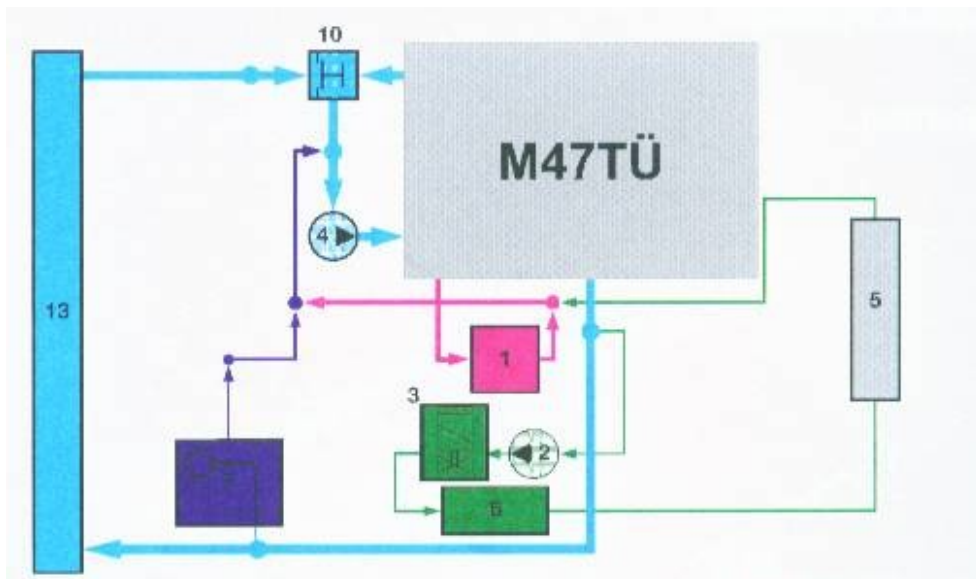
Een elektrische extra waterpomp garandeert een optimale doorstroming door de warmtewisselaar voor de verwarming.



Figuur 53

koelcircuit voor auto's met automatische transmissie

Index	Benaming	Index	Benaming
1	Olie-waterwarmtewisselaar	8	Dubbele thermostaat voor uitlaat-gasrecirculatie
2	Elektrische extra pomp	9	Uitlaatgasrecirculatiekoeler
3	Verwarmingskraan	10	Primaire thermostaat
4	Waterpomp	11	Thermostaat voor oliekoeler automatische transmissie
5	Verwarmingsradiateur	12	Oliekoeler automatische transmissie
6	Elektrisch doorstromingsverwarmingselement (EDH)	13	Radiateur
7	Expansiereservoir		



Figuur 54

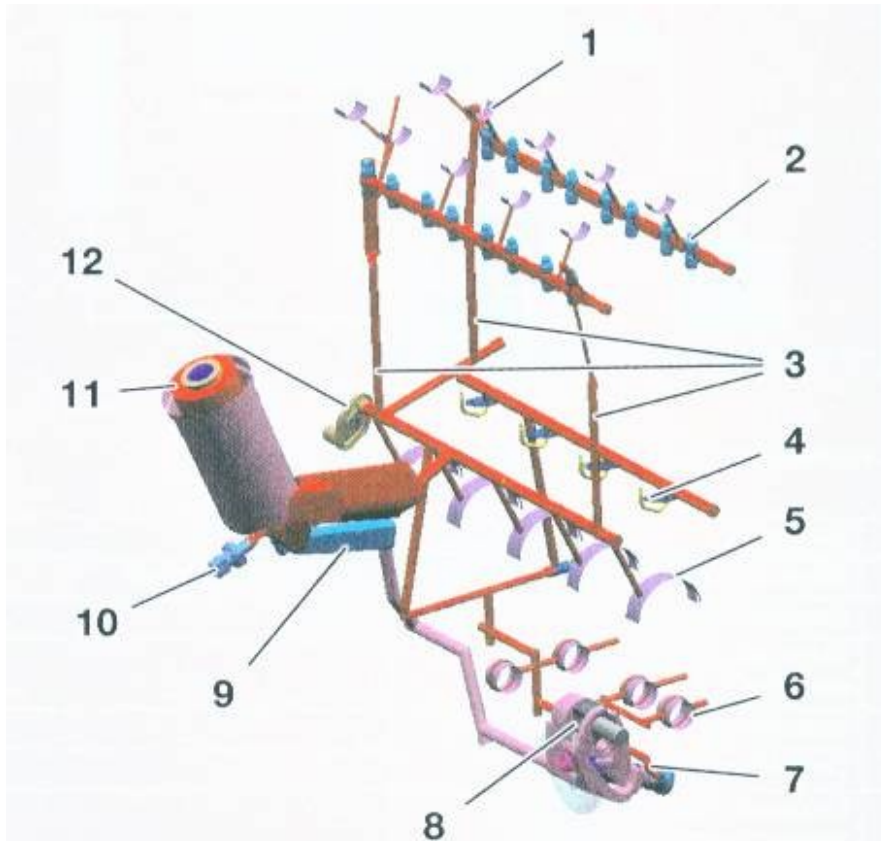
koelcircuit met versnellingsbak

Index	Benaming	Index	Benaming
1	Olie- waterwarmtewisselaar	10	Primaire thermostaat
2	Elektrische extra pomp	13	Radiator
3	Verwarmingskraan voor optie IHKR en IHKA		
4	Waterpomp		
5	Verwarmingsradiator		
6	Elektrisch doorstromings-		

	verwarmingselement (EDH)		
7	Expansiereservoir met overloop		

7.12 Smeersysteem

7.12.1 Oliecircuit



Figuur 55

Index	Benaming	Index	Benaming
1	Nokkenaslagers	7	Oliekanaal voor oliedrukni-veauregeling
2	Hydraulische klepstoter	8	Oliepomp
3	Olietoevoerkanalen	9	Olieterugvoerkanaal

4	Oliesproeier	10	Oliedruksensor
5	Krukaslagers	11	Oliefilterelement
6	Lagers AG W	12	Oliesproeier kettingaandrijving

7.12.2 Oliepomp/oliedrukregeling

De oliepomp is als een inwendige rotorpompe bevestigd op de balansasseneenheid. De oliepomp wordt via het krukastandwiel aangedreven. De drukregeling wordt verzorgd door een geïntegreerde drukregelklep.

7.12.3 Oliefilter

Het oliefilterhuis met een geïntegreerde olie-, koelvloeistof-, warmtewisselaar (ÖWWT) is direct op het motorblok gemonteerd.

7.12.4 Oliekoeling

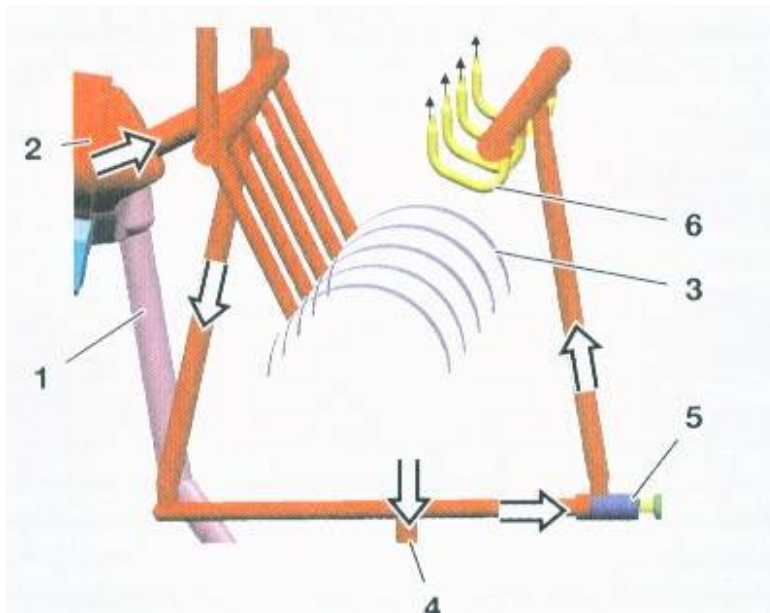
De ÖWWT is zowel met het oliecircuit alsook met het koelvloeistofcircuit van de motor verbonden. Hierdoor wordt bereikt dat de motorolie bij koude motor sneller wordt verwarmd en dat bij warme motor de motorolie door de koelvloeistof wordt gekoeld. Dit systeem zorgt zowel voor een sneller op temperatuur komen van de motor alsook voor een verlenging van de motorolielevensduur.

7.12.5 Olie-druksensor

Technische gegevens

- 1000 1/min - 1,5 bar
- 4000 1/min = 4,2 bar
- Max. werkdruk: 4,7 bar
- Olietemperatuur: -40 °C tot +150 °C
- Olie-inhoud: 6,0 liter
- Oliespecificatie: ACEA A3 B3
- Filterdoorlaat: 37 liter bij max. oliedruk en olietemperatuur

7.12.6 oliesproeiers



Figuur 56

Index	Benaming	Index	Benaming
1	Olie aanzuigleiding vanuit	4	Olietoevoer AGW
2	Gefilterde en gekoelde olie	5	Drukregelklep (oliesproeiers)
3	Krukaslagers	6	Oliesproeiers

De olietoevoer voor de oliesproeiers wordt verzorgd door een in het balansassenhuis (AGW) geïntegreerde drukregelklep. De drukregelklep gaat open bij een druk van 1,3 bar en geeft zodoende het oliekanaal voor de oliesproeiers vrij.

De oliesproeiers zijn aangepast aan de constructieve eisen voor het motorblok.

7.13 Common rail 2e generatie

7.13.1 - Inleiding

Het common-railsysteem van de tweede generatie in de M47D20TÜ is een verdere ontwikkeling van het Bosch-common-railsysteem. Als belangrijkste ontwikkelingsdoelen moeten de volgende punten worden genoemd:

verhoging van de nominale druk tot 1600 bar

- verhoging van het specifieke vermogen bij een gelijktijdige verlaging van de uitstoot van schadelijke stoffen

reducering van de minimale druk

- verbetering van de akoestiek

duo-regelsysteemconcept

- vervallen van de brandstofkoeling

verkleining van de voor-inspuithoeveelheid

- reducering van de uitstoot aan schadelijke stoffen en een verbeterde akoestiek

reducering van de toleranties in het inspuitsysteem

- reducering van de uitstoot aan schadelijke stoffen en een verbeterde akoestiek



Figuur 57

7.13.2 Beschrijving van de werking

Historie

In het common-railsysteem van de eerste generatie werd de raildruk door een drukregelklep op de hogedrukpomp geregeld. De pomp levert onafhankelijk van de verschillende bedrijfsomstandigheden de maximale brandstofhoeveelheid. Door de hoge druk die door de permanente maximale toevoer ontstaat, wordt de brandstof verwarmd. Via een warmtewisselaar die zich in de retour bevindt, geeft de brandstof de voorheen toegevoerde energie in de vorm van warmte af.

Duo-regelsysteemconcept

Het duo-regelsysteemconcept bestaat uit een brandstofhoeveelheidsregeling en een brandstofdrukregeling achter op de rail.

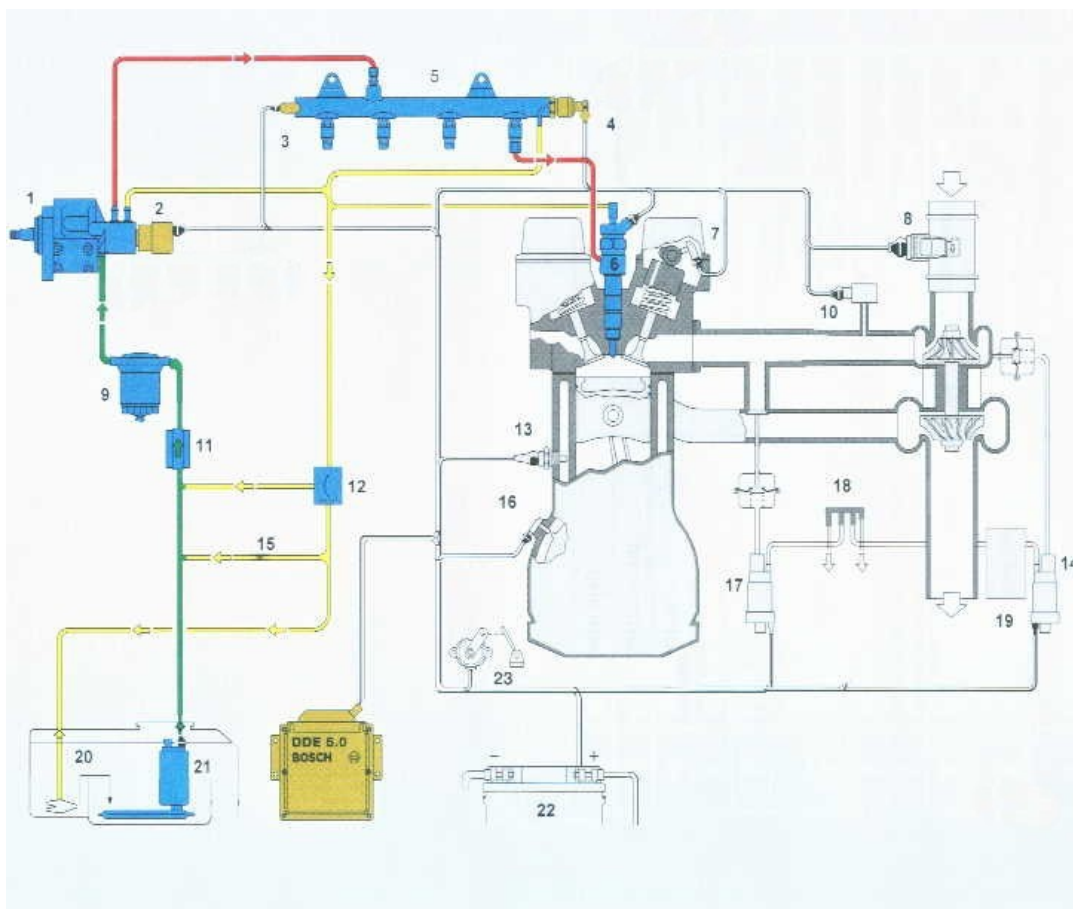
Alleen tijdens het starten en bij een koelvloeistoftemperatuur onder 19 °C wordt de druk in de rail door de drukregelklep geregeld. De brandstofhoeveelheid wordt niet afgeregeld.

Bij alle andere bedrijfsomstandigheden vindt een regeling van de brandstofhoeveelheid door de hoeveelheidsregelklep op de hogedrukpomp plaats. De drukregeling door de drukregelklep is niet actief.

De hoeveelheidsregelklep aan de aanzuigzijde wordt aangestuurd door de DDE-regeleenheid. De hoeveelheidsregelklep regelt de pompopbrengst zo, dat alleen die hoeveelheid brandstof wordt gevoerd die ook werkelijk nodig is. Dit leidt tot een kleiner overschot aan brandstof en daardoor tot een duidelijk mindere verwarming van het brandstofsysteem. Door de regeling van de brandstofhoeveelheid wordt een veelheid aan voordelen verkregen:

- lagere productiekosten door het vervallen van de brandstofkoeler
- voordelen qua werking en verbruik door de geringere vermogensopname van de common-railpomp
- optimale verbranding bij geringe uitstoot van schadelijke bestanddelen

Het duo-regelsysteemconcept garandeert zo een optimale brandstoftoevoer onder alle bedrijfsomstandigheden.



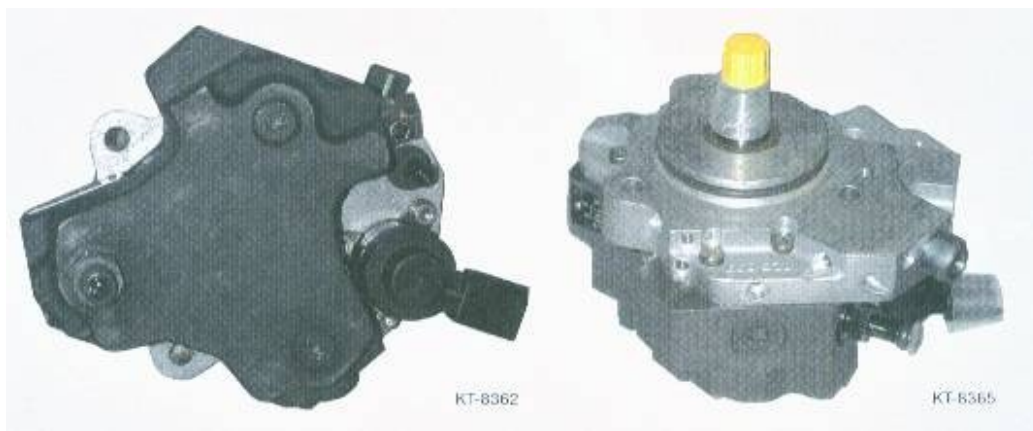
Figuur 58

Index	Benaming	Index	Benaming
1	Hogedrukpomp	13	Koelvloeistoftemperatuur-sensor
2	Regelklep brandstofhoe-veelheid	14	Aansturing VNT
3	Raildruksensor	15	Terugvoervernauwing
4	Drukregelklep	16	Krukaspositiesensor
5	Hogedrukaccumulator	17	EPDW voor AGR
6	Verstuiver	18	Vacuümverdeler
7	Nokkenassensor	19	Vacuümtank
8	HFM	20	Brandstoftank
9	Brandstoffilter	21	Elektrische brandstofpomp
10	Luchtsensor, temperatuursensor	22	Accu
11	Extra opvoerpomp	23	Gaspedaalmoduul
12	Bi-metalen klep		

7.13.3 Componenten

Hogedrukpomp CP 3.2

De hogedrukpomp is de koppeling tussen het lagedruk- en hogedrukgedeelte. Deze koppeling heeft als taak er altijd voor te zorgen dat er voldoende brandstof met een onder alle bedrijfsomstandigheden voldoende druk en gedurende de gehele levensduur van de auto ter beschikking staat. Dit houdt ook in dat er een brandstofreserve ter beschikking moet worden gesteld die voor een snelle startprocedure en een snelle druktoename nodig is.



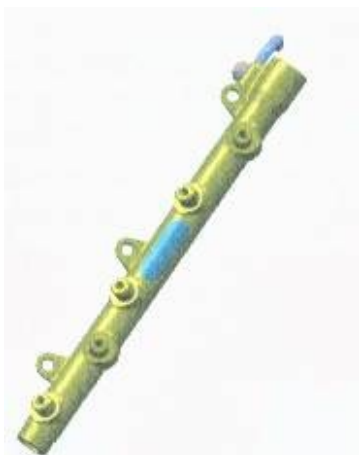
Figuur 59

Eigenschappen hogedrukpomp:

- nominale druk 1600 bar
- hoge nauwkeurigheid
- optimale afdichting

7.13.4 Brandstofhogedrukaccumulator (rail)

De hogedrukaccumulator (rail) is bevestigd op de cilinderkop. Op de rail bevindt zich de raildruksensor en de drukregelklep. De rail is aangepast aan de hogere drukken.



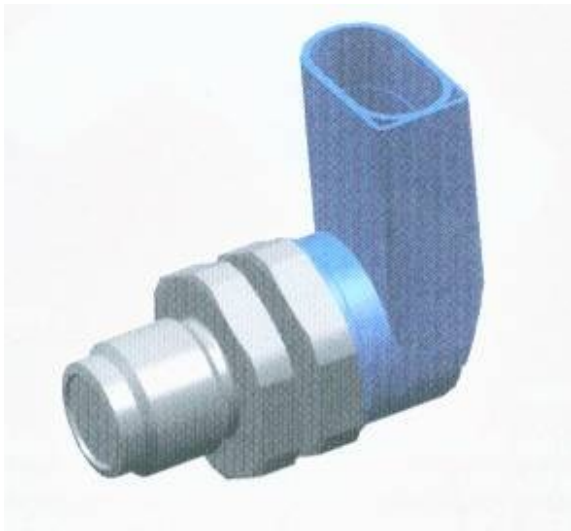
Figuur 60

7.13.5 Raildruksensor

De raildruksensor bevindt zich voor op de rail. Deze sensor meet de actuele druk in de rail

- met een grote nauwkeurigheid
- binnen de kortste tijd

Hij geeft een spanningssignaal overeenkomstig de heersende druk door aan de DDE-regeleenheid.



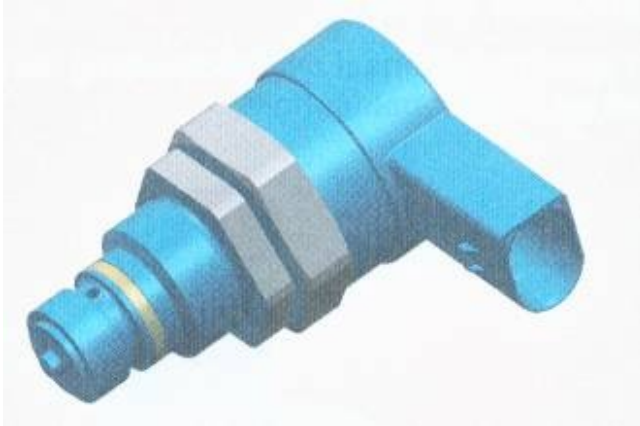
Figuur 61

De raildruksensor is net als de drukregelklep aangepast aan de eisen van het common-railsysteem van de tweede generatie en kenmerkt zich door de onderstaande eigenschappen:

- drukbestendig tot 1600 bar
- grotere nauwkeurigheid dan bij de eerste generatie
- geoptimaliseerde afdichting

7.13.6 Drukregelklep

De drukregelklep bevindt zich achter op de rail.



Figuur 62

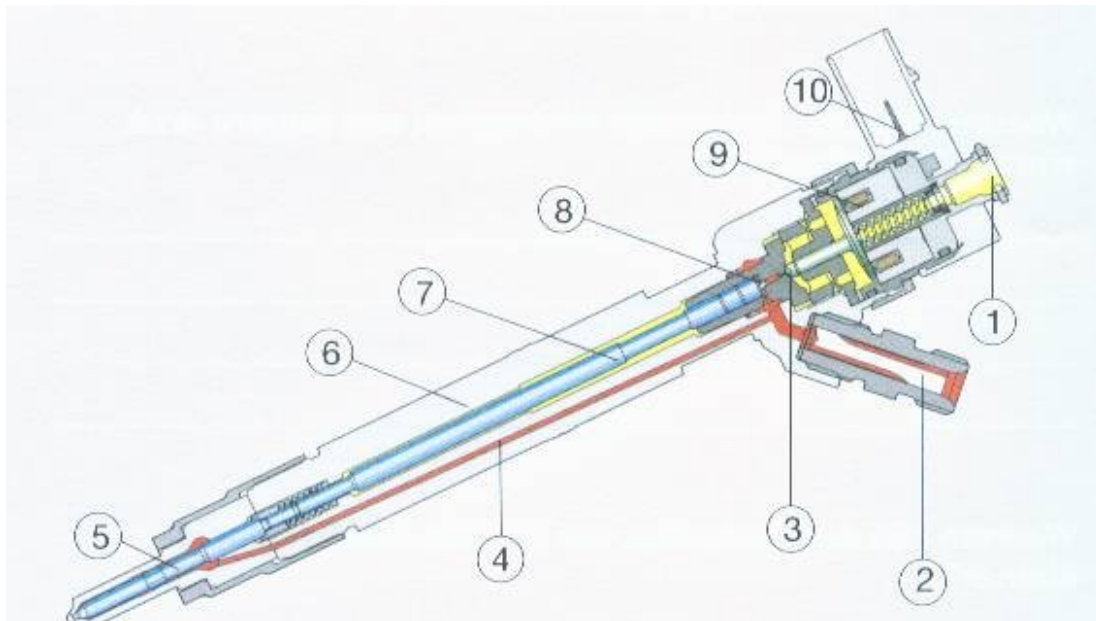
De drukregelklep heeft als doel de druk in de rail tijdens het starten van de motor en bij koelvloeistoftemperaturen onder 19 °C te regelen. De aansturing wordt verzorgd door de DDE-regeleenheid.

De drukregelklep is aangepast aan de hogere drukken en kenmerkt zich door de volgende eigenschappen:

- drukbestendig tot 1600 bar
- hoge nauwkeurigheid
- optimale afdichting

7.13.7 Verstuivers

De verstuivers werden aangepast aan de hogere eisen van het common-railsysteem van de tweede generatie. Het werkingsprincipe is gelijkgebleven.



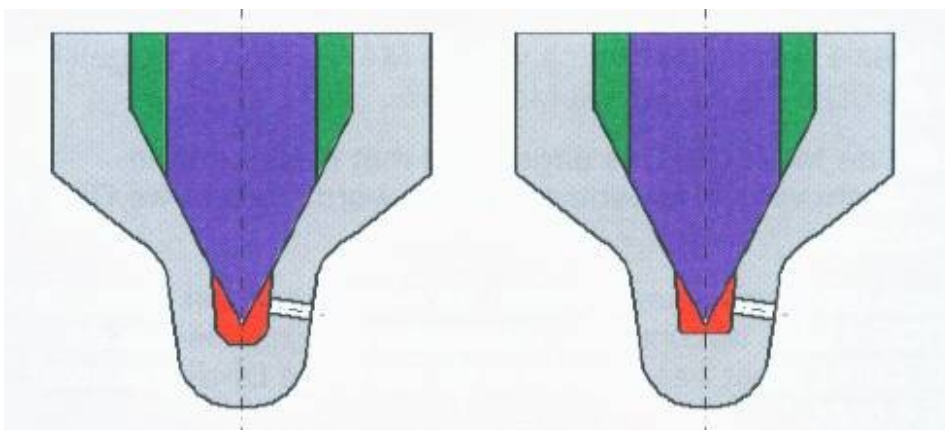
Index	Benaming	Index	Benaming
1	Brandstofterugvoer	6	Huis
2	Brandstoftoevoer	7	Klepregelplunjer
3	Klepkogel	8	Klepregelkamer
4	Toevoerkanaal naar verstuiver	9	Aanstuureenheid (2/2 elektromagnetische klep)
5	Verstuivernaald	10	Elektrische aansluiting

Technische gegevens

Openings-, sluitduur van het anker:	200-250 μ s
Aantrekstroom:	20 A max. 450 μ s
Houdstroom:	12 A max. 4000 μ s
Kortste aanstuurafstand:	0,8 ms (voorheen: 1,8 ms)
Drukbereik:	250 tot 1600 bar (start vanaf 120 bar)

Vernieuwingen aan de verstuivers:

- gewijzigde magneet-, klepgroep
- drukbestendig tot 1600 bar
- microblindgatverstuiver

*Figuur 63*

Microblindgatverstuiver

Door gebruik te maken van de microblindgatverstuiver wordt het HC-percentage in de uitlaatgassen in vergelijking met de miniblindgatverstuiver met ca. 30% gereduceerd.

Eigenschappen:

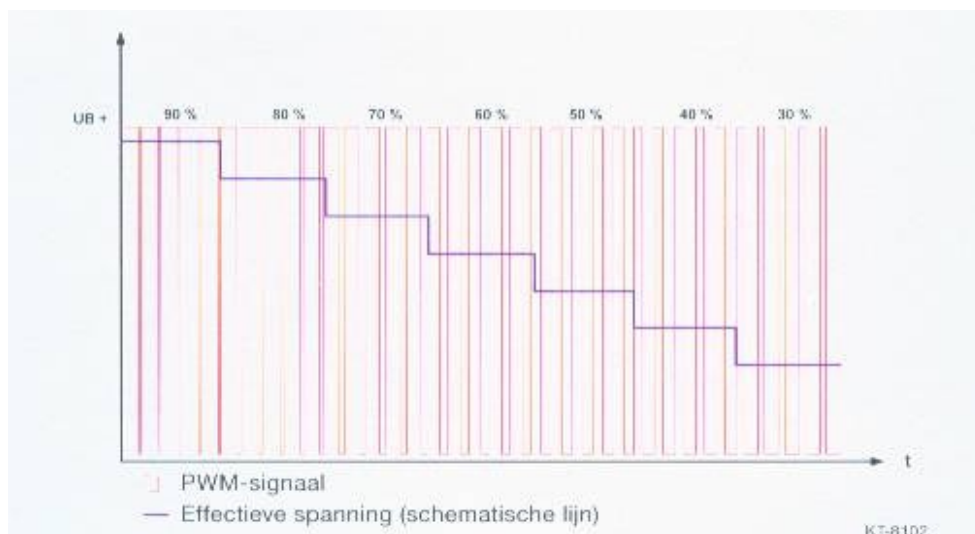
- maximale doorstroomhoeveelheid 450 cm³
- 6 gaten/boringen

7.14 Gloeisysteem

Belangrijke kenmerken van het gloeisysteem zijn

- de zeer korte voorgloeitijd, zodat onder alle omstandigheden binnen enkele seconden kan worden gestart.
- de continue werktemperatuur van de gloeibougies van ca. 1000 °C onder alle bedrijfsomstandigheden.

De gloeibougies van de M47D20TÜ worden pulsbreedtegemoduleerd (PWM) aangestuurd. Elke gloeibougie wordt individueel door een aan de gloeibougie toegekende eindtrap in- en uitgeschakeld. Door de pulsbreedtemodulatie kan de effectieve spanning (werkspanning op de gloeibougies) zo worden gewijzigd, dat er een constante temperatuur van ca. 1000 °C bij alle motorbelastingen wordt verkregen.



Figuur 64

7.14.1 Beschrijving van het systeem

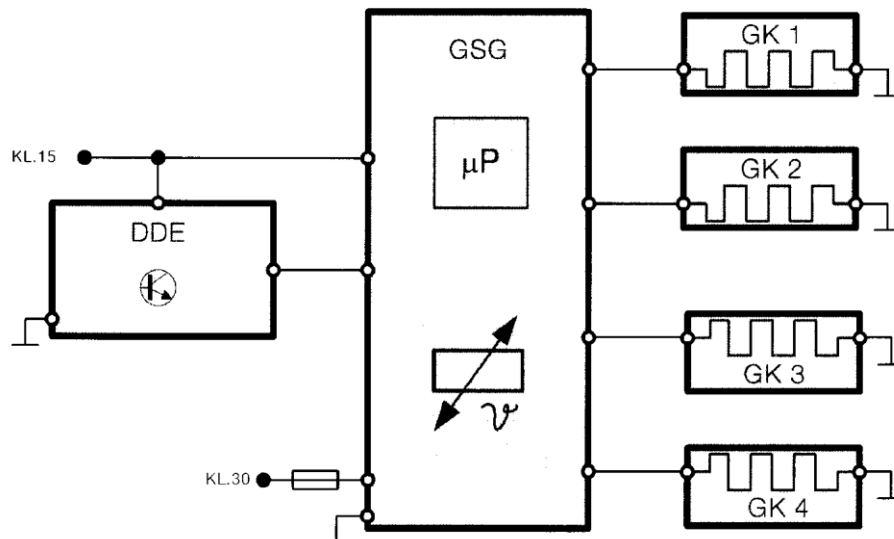
Het gloeisysteem bestaat uit de DDE-regeleenheid, een elektronische gloeibougeregeleenheid en qua capaciteit geoptimaliseerde snelstartgloeibougies. Het voorgloeirelais is vervallen. Ten opzichte van de tot nu toe gemonteerde standaard gloeibougies, zijn de snelstartgloeibougies geconstrueerd voor een spanningsbereik van 5,3 tot 7,8 volt. De snelstartgloeibougies hebben ca. 60% minder energie nodig om een temperatuur van ca. 1000 °C te bereiken. Ook is het opgenomen vermogen tijdens het gloeien met 60% gereduceerd, hetgeen tot een duidelijke ontlasting van het boordnet leidt.

Belangrijke onderscheidingskenmerken ten opzichte van de bekende gloeisystemen zijn:

- de gloeibougies worden tijdens het rijden pulsbreedtegemoduleerd aangestuurd in een spanningsbereik van 5,3 volt tot 7,8 volt
- de werking van de voorgloeibougie wordt door de eindtrappen (Mosfet) in de gloeiregeleenheid vervangen
- de implementatie van een noodgloeifunctie
- het gebruik van snelstartgloeibougies
- elk van de vier gloeicircuits is afzonderlijk in staat tot diagnose

Componenten

- Snelstartgloeibougies
- Gloeiregeleenheid
- Interface voor DDE
- Kabels en aansluitingen



Figuur 65

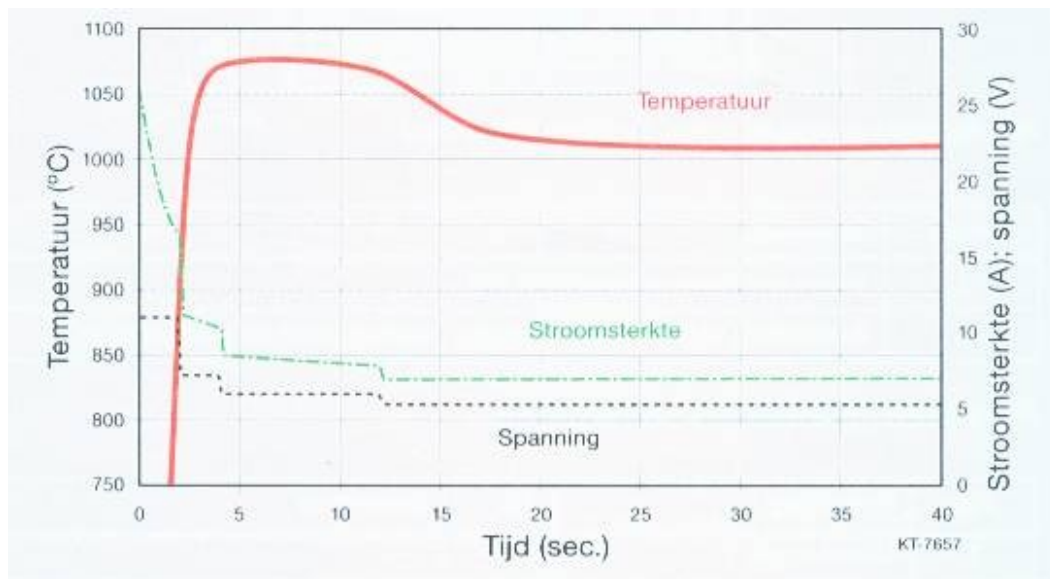
Index	Omschrijving	Index	Omschrijving
DDE	Regeleenheid DDE 5.0	GK2	Gloeibougie 2
GSG	Gloeiregeleenheid	GK3	Gloeibougie 3
GK 1	Gloeibougie 1	GK4	Gloeibougie 4

Gloeiregeleenheid

De op de motor gemonteerde, tot diagnose in staat zijnde, gloeiregeleenheid communiceert met het DDE-motormanagement via de bi-directionele interface.

7.14.2 Aansturing van de gloeibougies

De gloeiregeleenheid ontvangt de gloei-eisen (aanstuurprofiel) voor de verschillende gloeifuncties, zoals bijv. start-, bedrijfs- of diagnosegloeien van de DDE. De onderstaande afbeelding toont een typisch aanstuurprofiel en de daarmee verbonden temperatuurkarakteristiek van de gloeibougie.



Bij het gloeisysteem wordt de spanning op de gloeibougies constant gehouden door de pulsbreedtegemoduleerde aansturing, zodat spanningsschommelingen in het boordnet geen invloed op de gloeibougies en de temperatuur hiervan hebben.

Voorwaarde:

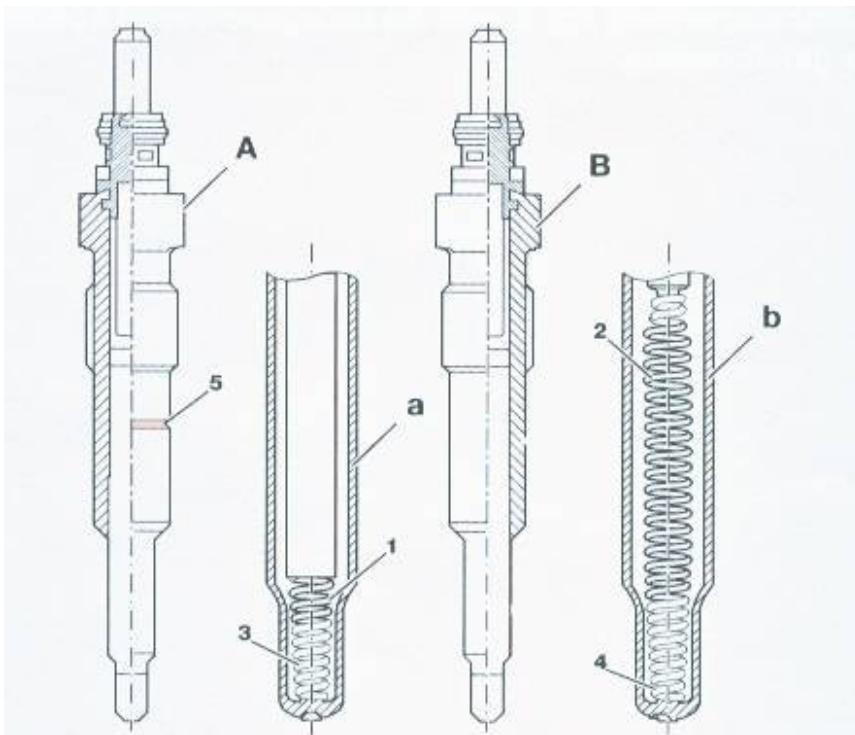
de boordnetspanning ligt boven de voorgeschreven spanning van de gloeibougies.

7.14.3 Snelstartgloeibougies

De nog krachtigere snelstartgloeibougies kenmerken zich door een laag energieverbruik bij een gelijktijdig verkorte reactietijd.

De vermindering van het opgenomen vermogen en de daaraan gekoppelde werking in het lagevoltgebied wordt gerealiseerd doordat slechts de in de verbrandingsruimte stekende punt van de gloeibougie (GRS) gloeit.

Omdat alleen de top van de gloeibougie gloeit is de lengte van de verwarmings- en regelspiraal, in vergelijking met de standaard gloeibougie, duidelijk gereduceerd (zie onderstaande afbeelding).



Figuur 66

Index	Benaming	Index	Benaming
A	Snelstartgloeibougie	B	Gloeibougie (standaard)
a	Gloeibuistop	b	Gloeibuis (standaard-GK)
1	Verkorte regelspiraal	2	Regelspiraal (standaard-GK)
3	Verwarmingsspiraal	4	Verwarmingsspiraal (standaard-GK)
5	Coderingsgroef		

De voordelen zijn

- de lange levensduur
- het goede reactievermogen
- de hoge oxidatiebestendigheid

7.14.4 Gloeifuncties

Startgloeien

Bij het starten worden de gloeibougies kortstondig (ca. 1 - 2 sec.) op de boordnetspanning met 10,5 Ampère aangesloten. Deze tijd is voldoende om de gloeibougies tot een temperatuur van ca. 1000 °C te verwarmen. Na deze tijd wordt de effectieve spanning op de gloeibougies door de pulsbreedtemodulatie tot ca. 5,3 volt gereduceerd. Deze spanning is voldoende om de top van de gloeibougie op een bedrijfstemperatuur van 1000 °C te houden.

8 Bijlagen

8.1 Logboek

Logboek : Maertens Frederik

Nr.	Datum	Titel	Tijd
1	2004-05-15	Keuze onderwerp + Bespreking inhoud	1 uur
2	2004-05-18	Opstellen van voorstelling gip	1 uur 30
3	2004-05-23	Gip goedgekeurd	/
4	2004-09-04	Opzoeking verbrandingsmotoren internet	1 uur
5	2004-09-07	Doornemen gip 2000	2 uur
6	2004-09-08	Maken van voorstelling gip voor jury	1 uur 30
7	2004-09-09	Doornemen van boeken	2 uur 30
8	2004-09-13	Voorstelling gip aan jury	/
9	2004-09-19	Doornemen van boeken	2 uur 30
10	2004-09-25	Lezen van boeken	1 uur 30
11	2004-10-08	Lezen van boeken	2 uur
12	2004-10-15	Lezen van boeken	1 uur
13	2004-11-04	Bib brugge (informatie verzamelen)	2 uur 30
14	2004-11-05	Bespreking op school: hoe ver staan we nu ?	3 uur
15	2004-11-10	Doornemen boeken (bib brugge)	2 uur 30
16	2004-11-12	Lezen boeken (bib brugge)	1 uur
17	2004-11-17	Lezen boeken (bib brugge)	1 uur
18	2004-11-19	Typen benzinemotoren	2 uur 30
19	2004-11-20	Typen benzinemotoren	2 uur 30
20	2004-11-21	Typen benzinemotoren + Inscannen figuren	2 uur 30
21	2004-12-03	Afspraak regelen met BMW garage	/
22	2005-01-15	Verder Inscannen figuren	1 uur

23	2005-01-24	Bezoek aan de BMW garage 'Lecouter'	2 uur 30
24	2005-01-27	Beginnen werken aan dossier BMW motor	2 uur
25	2005-02-05	Lezen in boeken over de motor	2 uur
26	2005-02-11	Vervolg lezen in boeken (BMWmotor)	2 uur
28	2005-02-13	Typen van dossier BMWmotor	2 uur 30
29	2005-02-16	Typen van dossier + inscannen van grafieken, foto's...	2 uur 30
30	2005-02-24	Vervolg typen	2 uur
31	2005-03-04	Bespreking over het dossier	1 uur
32	2005-03-09	Afwerken van dossier BMWmotor	2 uur 30
33	2005-03-13	Typen van deeltje Common rail	2 uur
34	2005-03-15	Typen GIP	1uur
35	2005-03-26	Typen GIP	1uur 30
36	2005-04-13	Werken aan auto dhr. Verhaeghe	3uur
37	2005-04-13	Extra uitleg door dhr. Verhaeghe	1uur
38	2005-04-15	Opzoeken gegevens	10 min
39	2005-04-20	Typen GIP	30min
40	2005-04-21	Samenkomst om gegevens te vergelijken + typen	3uur
41	2005-04-22	Bezoek aan Verplancke (revisie van motoren)	3uur
42	2005-05-08	Invoegen figuren	2uur
43	2005-05-10	Invoegen figuren + verbeteren tekst	2u30
44	2005-05-20	Samenkomen met pieter + samenvoegen tekst	3 uur
45	2005-05-22	Bewerken figuren	20min
46	2005-05-31	Afwerken GIP	2uur
47	2005-06-01	Afwerken GIP + verbeteren tekst	3uur
48	2005-06-02	Ingeven GIP in rotariaat	/
49	2005-06-06	Indienen GIP bij dehr. Verhaeghe	/

Logboek : DECLERCK PIETER

Nr.	Datum	Titel	Tijd
1	2004-05-15	Keuze onderwerp + Bespreking inhoud	1 uur
2	2004-05-18	Opstellen van voorstelling gip	1 uur 30
3	2004-05-23	Gip goedgekeurd	/
4	2004-09-05	Opzoeking internet + boeken	2 uur
5	2004-09-06	Doornemen gip 2000	2 uur
6	2004-09-08	Maken van voorstelling gip voor jury	1 uur 30
7	2004-09-11	Doornemen van boeken	2 uur
8	2004-09-13	Voorstelling gip aan jury	/
9	2004-09-21	Doornemen van boeken	2 uur
10	2004-09-24	Lezen van boeken	1 uur 30
11	2004-10-10	Lezen van boeken	2 uur
12	2004-10-17	Lezen van boeken	1 uur
13	2004-11-04	Bib brugge (informatie verzamelen)	2 uur 30
14	2004-11-04	Lezen boeken van bib	2 uur
15	2004-11-05	Bespreking op school: hoe ver staan we nu ?	3 uur
16	2004-11-11	Doornemen boeken (bib brugge)	2 uur 30
17	2004-11-13	Lezen boeken (bib brugge)	1 uur 30
18	2004-11-16	Lezen boeken (bib brugge)	1 uur 30
19	2004-11-20	Typen Dieselmotoren	2 uur
20	2004-11-22	Typen Dieselmotoren	2 uur 30
21	2004-11-24	Typen Dieselmotoren + doorsturen gegevens	2 uur 30
22	2004-12-03	Afspraak regelen met BMW garage	/
23	2005-01-15	Inscannen figuren	1 uur 30
24	2005-01-24	Bezoek aan de BMW garage 'Lecouter'	2 uur 30
25	2005-01-27	Beginnen dossier BMW motor	2 uur 30
26	2005-02-05	Lezen in boeken over de motor	1 uur

27	2005-02-12	Vervolg lezen in boeken (BMWmotor)	2 uur
28	2005-02-15	Typen van dossier BMWmotor	2 uur 30
29	2005-02-17	Typen van dossier + inscannen van grafieken, foto's...	2 uur 30
30	2005-02-26	Vervolg typen	2 uur
31	2005-03-04	Bespreking over het dossier	1 uur 30
32	2005-03-11	Afwerken van dossier BMWmotor	2 uur
33	2005-03-13	Typen van inspuiting	2 uur
34	2005-03-17	Typen GIP	1uur
35	2005-03-26	Typen GIP	1uur 30
36	2005-04-13	Werken aan auto dhr. Verhaeghe	3uur
37	2005-04-13	Extra uitleg door dhr. Verhaeghe	1uur
38	2005-04-15	Lezen info	30 min
39	2005-04-22	Typen GIP	1uur
40	2005-04-24	Samenkomst om gegevens te vergelijken + typen	3uur
41	2005-04-26	Bezoek aan Verplancke (revisie van motoren)	3uur
42	2005-05-08	Opmaak GIP	2uur 30
43	2005-05-10	Opmaak	2uur
44	2005-05-20	Samenkomen met frederik	3 uur
45	2005-05-26	Verbeteren tekst	1uur
46	2005-05-28	Afwerken GIP (vooral opmaak)	1uur 30
47	2005-05-29	Verdere afwerking	2 uur
48	2005-05-30	Definitieve afwerking	2 uur
49	2005-05-31	Verbeteren tekst	3uur
51	2005-06-01	Ingeven GIP in rotariaat	/
52	2005-06-06	Indienen GIP bij dehr. Verhaeghe	/

8.2 Vergelijking oude motor en nieuwe motor

Citroën 5CV (torpédo)		BMW Z3 (1,8i)	
cilinderinhoud	856 cm ³	cilinderinhoud	1796 cm ³
Boring	55mm	boring	84,0 mm
Slag	90mm	slag	81,0 mm
Compressiedruk	4 kg/cm ²	compressiedruk	9,7
aantal kleppen		aantal kleppen	2
carburatie		inspuiting	
solexcarburateur	horizontaalstroomcarburateur	k-jetronic inspuitsysteem	
type	26 MHD		

Vergelijking van oude benzinemotor en nieuwe benzinemotor.

De Z3 auto heeft een groter vermogen dan de citroën 5CV.

Hoe komt dit?

1. de boring is groter dus wordt er meer benzine verbrand en krijg je een grotere kracht op je zuiger
2. de boring is groter, dus is de cilinderinhoud groter dus heb je een grotere kracht op je zuiger
3. de compressiedruk is groter. Dit komt omdat de cilinderblok, de zuiger, de drijfstang uit een beter materiaal bestaat dan de citroën.
4. er is inspuiting waardoor er op het perfecte moment, de perfecte hoeveelheid benzine ingespoten kan worden. Daardoor krijg je dus een betere verbranding.

Foto's:



BMW Z3 1



bmw z3 motor 1

