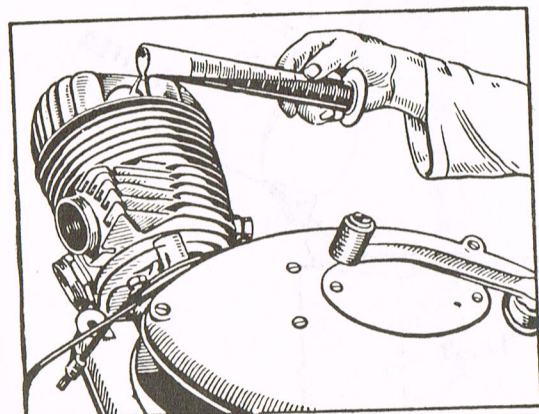


35. VB is de verbrandingsruimte. De zuiger in BDP.



36. De hoeveelheid olie is de inhoud van de verbrandingskamer.

### Rekenvoorbeeld

Gegeven: bromfietsmotor  
boring 35 mm  
slag 40 mm

Gevraagd: slagvolume ( $V_s$ )

$$\text{Oplossing: } V_s = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 35 \times 35 \times 40 \\ = 38.465 \text{ mm}^3 = 38,47 \text{ cm}^3$$

Gegeven: bromfietsmotor  
boring 40 mm  
slag 38 mm

Gevraagd: slagvolume ( $V_s$ )

$$\text{Oplossing: } V_s = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 40 \times 40 \times 38 \\ = 47.728 \text{ mm}^3 = 47,73 \text{ cm}^3$$

De ruimte die overblijft, als de zuiger in het BDP staat - de verbrandingsruimte - is niet te berekenen. Wil men toch de inhoud bepalen, dan doet men het volgende. De zuiger wordt in het BDP gezet (fig. 35) en men giet nu olie door het bougiegat in de verbrandingsruimte (fig. 36). Men neemt hiervoor een maatglas met een bepaalde hoeveelheid olie. Is de verbrandingsruimte gevuld, dan bepaalt men hoeveel olie in de verbrandingsruimte zit.

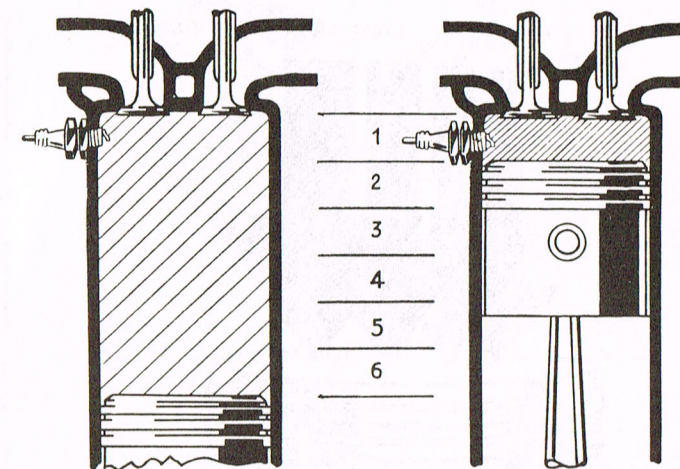
Dit is dan het aantal  $\text{cm}^3$  (cc) inhoud van de verbrandingsruimte.

### Compressieverhouding

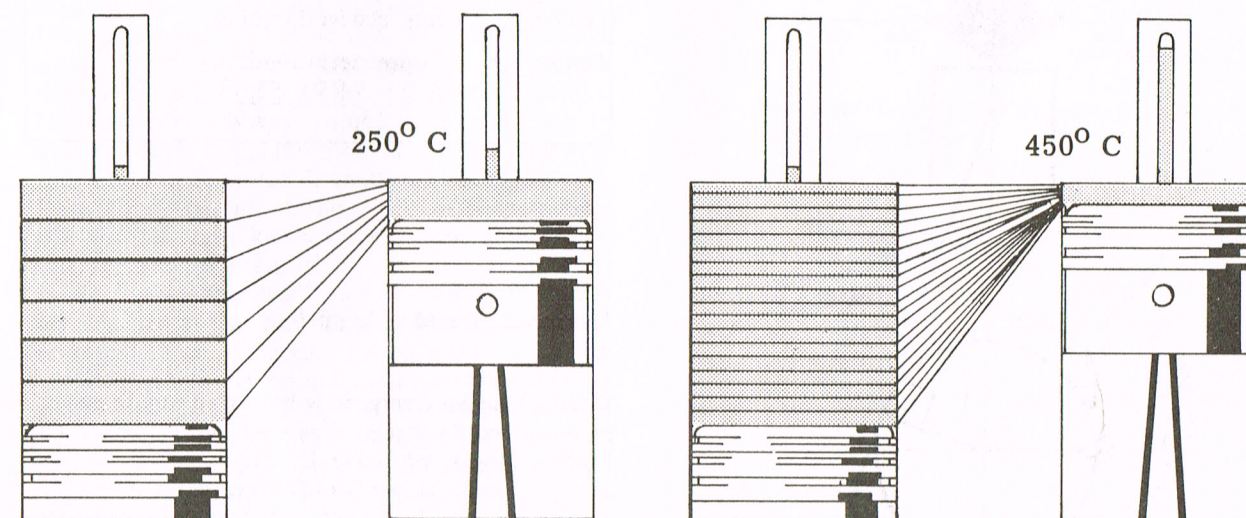
In het voorgaande hebben we al gezien dat het brandbare mengsel gecomprimeerd moet worden om een zo hoog mogelijke druk te doen ontstaan. Deze druk geeft een betere en snellere verbranding van het mengsel. Hoe hoger de druk wordt, des te hoger is het rendement (fig. 37).

De mate van comprimeren is afhankelijk van de verhouding van de ruimte boven de zuiger als deze in het ODP staat, en de ruimte boven de zuiger in het BDP, of anders gezegd: de verhouding van slagvolume + verbrandingsruimte tot de verbrandingsruimte alleen (fig. 38).

In formulevorm kunnen we deze verhouding ook zo schrijven:

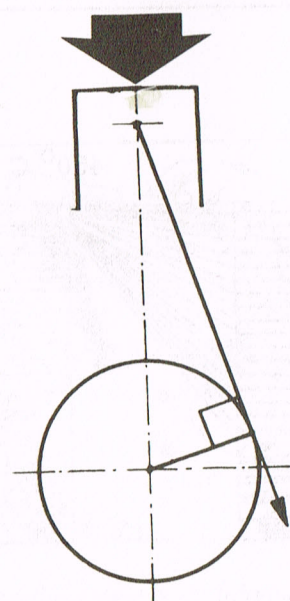
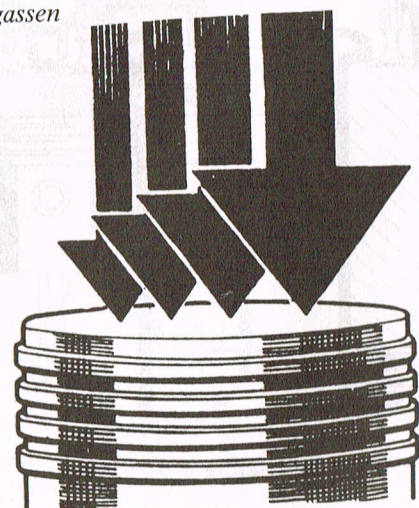


38. De compressieverhouding is 6 : 1



37. Hoe hoger de compressieverhouding, des te hoger het rendement van de motor

39. De druk op de zuiger door uitzetting van gassen



40. *Kracht x arm is draaimoment*

$$\text{Compressieverh.} = \frac{\text{slagvolume} + \text{verbrandingsruimte}}{\text{verbrandingsruimte}}$$

of korter geschreven:

$$\text{Compressieverhouding} = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

Daarin stelt  $V_s$  het slagvolume voor en  $V_c$  de inhoud van de verbrandings- of compressieruimte.

**Rekenvoorbeeld**

Gegeven: bromfietsmotor  
slagvolume 47,73 cm<sup>3</sup>  
verbrandingsruimte 7,95 cm<sup>3</sup>

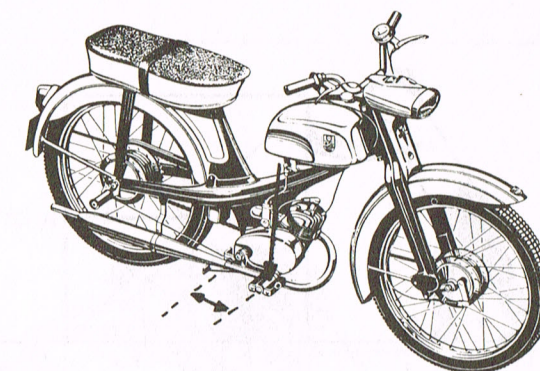
Gevraagd: compressieverhouding

Oplossing:  $\text{compressieverhouding} = \frac{V_s + V_c}{V_c} = \frac{47,73 + 7,95}{7,95} = \frac{55,68}{7,95} = 7 : 1$

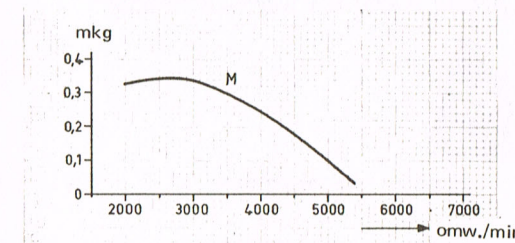
**Het draaimoment of koppel**

Dat de heen- en weergaande beweging van de zuiger omgezet wordt in een draaiende beweging van de krukas, mogen we bekend veronderstellen. De beweging van de zuiger wordt weer verkregen door een kracht op de zuiger. En deze kracht is het gevolg van de gasdruk van het gasmengsel dat tot ontbranding gebracht wordt. In figuur 39 is deze kracht door pijlen voorgesteld; in fig. 40 is deze

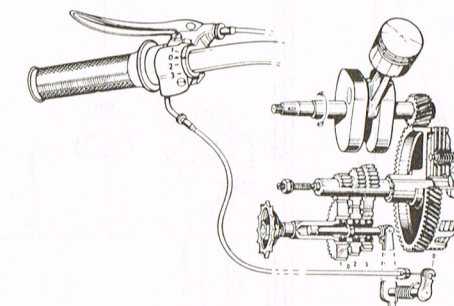
kracht nogmaals aangegeven. De kracht wordt overgebracht op de drijfstang en op de krukas. De drijfstang staat in fig. 40 loodrecht op de kruk. Een kracht die loodrecht op een arm werkt, vormt een draaimoment. Dit draaimoment zorgt ervoor dat de krukas gaat draaien. In plaats van draaimoment wordt ook wel gesproken van motorkoppel. Het koppel of draaimoment wordt uitgedrukt in mkg, dat is het produkt van een afstand (in meters) en een kracht (in kilogram). Draaimoment = kracht x arm.



41. *Kracht op pedaal is 25 kg, pedaal - trapas is 20 cm.*



42. *Het draaimoment van de motor bij verschillende toerentallen*

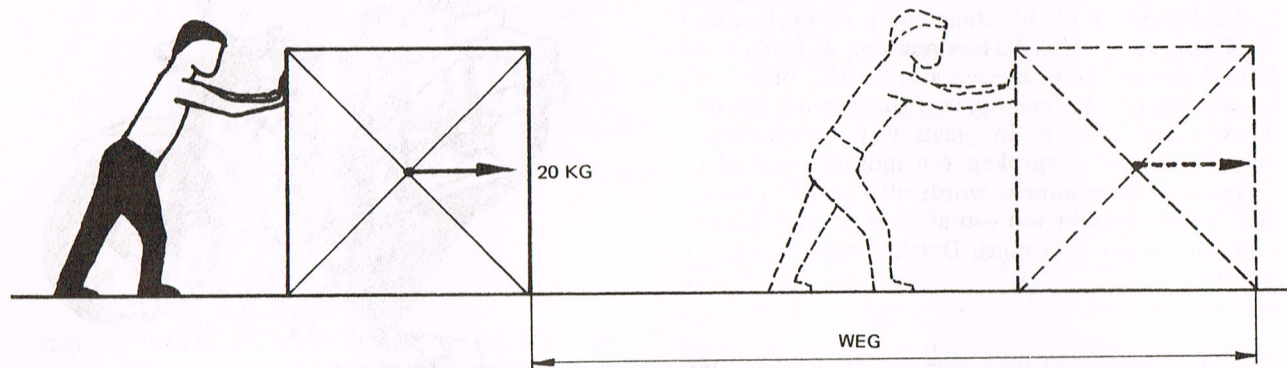


43. *In de versnellingsbak de vertragingen voor koppelvergroting*

Figuur 41 maakt dit misschien iets duidelijker. Op de trapper wordt tijdens het starten gedrukt met een kracht van b.v. 25 kg en de afstand van het hart van de trapper tot het hart van de trapas is b.v. 20 cm (0,2 m).

Het koppel, door onze voet uitgeoefend, is nu 0,2 x 25 = 5 mkg. Het koppel dat de motor levert, kunnen we ook op deze manier voorstellen. Figuur 42 geeft een grafiek met een koppelkromme. Deze koppelkromme geeft voor ieder toerental het maximum koppel aan. Het grootste koppel dat deze motor levert, is 0,35 mkg bij 2.700 omw/min. Het koppel is een maat voor de trekkracht van de motor. Uit de koppelkromme zien we dus bij welk toerental van de motor de trekkracht het grootst is. Deze koppelkromme is bij "vol gas" opgenomen. Het motorkoppel kunnen we vergroten door een vertraging aan te brengen.

In de "versnellingsbak" van de bromfiets vinden we een aantal van die vertragingen. Bovendien is er meestal een vertraging tussen motorkrukas en versnellingsbak, maar ook tussen versnellingsbak en achterwiel. De totale vertraging van versnellingsbak + kettingoverbrenging van een bepaalde bromfiets is b.v. 26,5 : 1. Dit betekent dat de krukas 26,5 maal zo snel draait als het achterwiel. Maar tevens wordt het koppel aan het achterwiel 26,5 maal zo groot als het motorkoppel. Figuur 43 geeft een beeld van de vertragingen in de versnellingsbak.



44.  $Arbeid = kracht \times weg$

### Vermogen

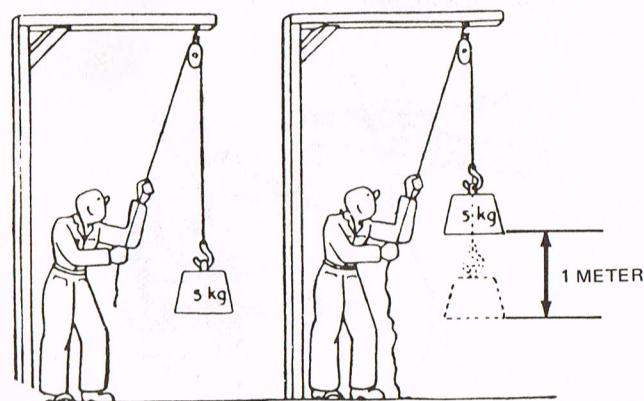
Behalve een koppelkromme wordt van de motor ook een vermogenskromme gegeven. Het vermogen van de motor geeft aan, hoeveel arbeid (werk) een motor in een bepaalde tijd kan leveren.

Het begrip arbeid zullen we nu eerst nader toelichten.

Moet men over een betonvloer een kist van 100 kg verschuiven, dan is dit over een afstand van 1 m nog wel te doen.

Moet men de kist echter 20 m verschuiven, dan kost dit veel inspanning. Er is nu meer arbeid nodig. Arbeid is de naam die men gegeven heeft aan de uitkomst van de vermenigvuldiging van kracht en weg (fig. 44). Wordt de kist 5 meter verschoven en is er een kracht van 20 kg nodig om de kist te verschuiven, dan wordt er een arbeid verricht van  $20 \times 5 = 100$  kgm.

Als eenheid van arbeid heeft men de kilogrammeter aangenomen (kgm). Dit is de arbeid die verricht wordt door een kracht van 1 kg over een weg van



45. De arbeid is 5 kgm

1 m. Wordt een gewicht van 5 kg 1 m opgehesen (zoals fig. 45 aangeeft), dan is hiervoor een arbeid van 5 kgm nodig.

Tot nu toe hebben we niet gelet op de tijd waarin deze arbeid verricht werd. Willen we het vermogen van twee motoren met elkaar vergelijken, dan moeten we weten welke motor per seconde de grootste arbeid kan verrichten.

Anders gezegd: levert de ene motor dezelfde arbeid als de andere, maar heeft hij hier meer tijd voor nodig, dan is zijn vermogen kleiner.

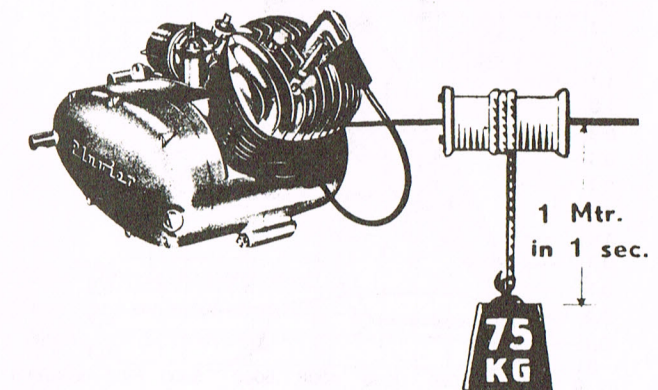
Om het vermogen uit te drukken, heeft men de eenheid paardekracht (pk) aangenomen. Dit is een arbeid van 75 kgm per seconde, zoals fig. 46 te zien geeft. Anders gezegd:

$$1 \text{ pk} = 75 \text{ kgm/sec}$$

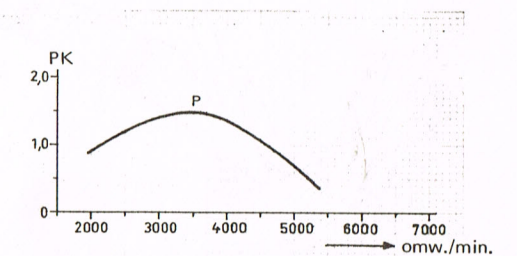
De naam paardekracht is dus maar een willekeurige benaming, want ook een bromfietsmotor die een gewicht van 75 kg 1 m op kan tillen in 1 seconde, levert een vermogen van 1 pk.

In figuur 47 is een vermogenskromme van een bromfiets afgebeeld.

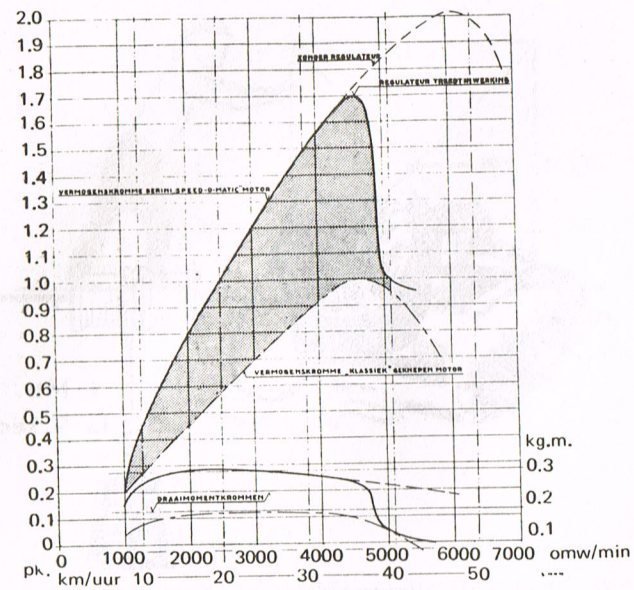
In deze kromme is weer af te lezen het vermogen dat de motor bij de diverse toerentallen levert. De bromfietsmotor waarvan het vermogen in deze grafiek is af te lezen, levert een maximum vermogen van 1,5 pk bij 3.500 omw/min. Zoals in de grafiek uitkomt, loopt de kromme na 3.500 omw/min niet meer op, maar buigt juist af. Dit komt omdat bij hoger toerental de cilinder steeds slechter gevuld wordt. De oorzaak is dat het gasmengsel de zuiger niet zo snel kan volgen. Door de slechte vullingsgraad wordt de verbrandingsdruk lager, zodat het vermogen afneemt in plaats van toeneemt. Dat de koppelkromme afneemt, is ook een gevolg van bovengenoemde slechte vullingsgraad.



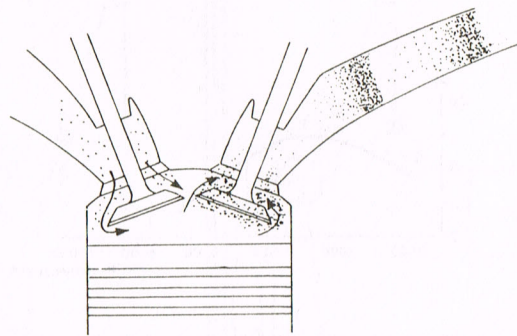
46.  $1 \text{ pk} = 75 \text{ kilogrammeter per seconde}$



47. Het motorvermogen bij verschillende toerentallen van de motor



48. De vermogens- en koppelkrommen van een motor zonder en met reguleur



49. De nog uitstromende uitlaatgassen zuigen het verse mengsel enigszins aan

In figuur 48 zijn nogmaals een koppel- en een vermogenskromme afgebeeld, of om precies te zijn: drie koppel- en vermogenskrommen. Het gaat hier om hetzelfde type motor, alleen in drie uitvoeringen, en wel zonder snelheidsbeperking (bovenste kromme), met snelheidsbeperking (geknepen; onderste kromme) en de tussenoplossing met reguleur (speed-o-matic).

De grafiek geeft duidelijk de voordelen van deze reguleur weer. Over de werking van de reguleur volgt verderop in dit boek nog een uiteenzetting. Bij de drie vermogenskrommen horen natuurlijk ook drie koppelkrommen. De kromme van de "geknepen" motor ligt hier natuurlijk ook weer het laagst en die van de "ongetemde" motor over het gehele gebied het hoogst.

Ook bij deze kromme is weer duidelijk te zien - evenals bij de vermogenskromme - dat deze motor net zo sterk is als de ongetemde motor, totdat de reguleur in werking treedt. Deze motor levert bij lagere toerentallen dus veel meer trekkracht dan de getemde motor.

## 6. HET KLEPPENDIAGRAM

In het voorgaande hebben we gezien dat het arbeidsproces verloopt in vier slagen, en wel: inlaatslag, compressieslag, arbeidslag en uitlaatslag. Iedere slag duurt bij een vierslagmotor precies 180° (de afstand tussen de beide dode punten). Bij een motor openen en sluiten de inlaat- en uitlaatkleppen echter niet precies in het BDP of ODP, maar ervoor of erna. De kleppen openen eerder (vooropenen) en sluiten later (nasluiten).

### Inlaatklep

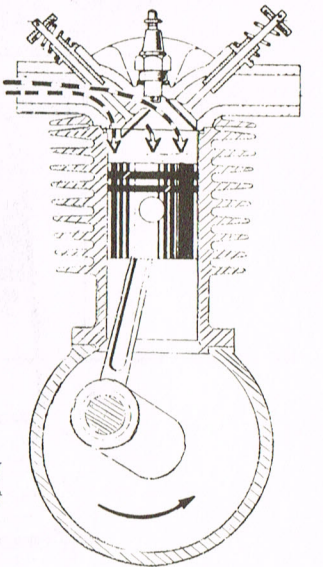
De inlaatklep opent dus niet precies in het BDP, maar enkele graden hiervoor, zoals fig. 49 aangeeft. De zuiger is nog bezig omhoog te gaan tijdens de uitlaatslag. De uitlaatgassen zijn dus nog bezig snel de cilinder te verlaten.

Deze gassen oefenen een zuigende werking uit op het door de inlaatklep vrijgegeven inlaatkanaal. De wegstromende uitlaatgassen zullen nu het verse mengsel in de inlaatbuis reeds in beweging brengen. Zodra de zuiger het BDP gepasseerd is, krijgen we dus direct een grote toestroming van vers mengsel (fig. 50). Met andere woorden: de verbrande gassen zuigen reeds vers mengsel aan.

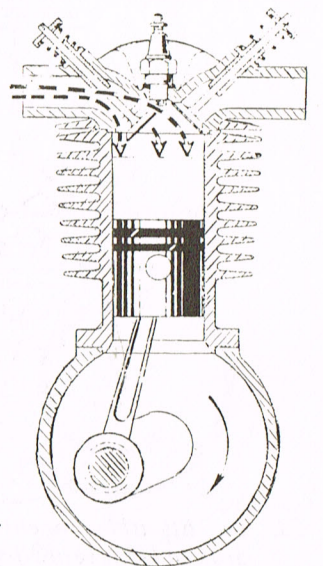
Het vroegtijdig openen van de klep betekent bovendien dat de klep al voor het grootste deel geopend is als de zuiger in het BDP is, wat bij het openen van de klep in BDP nog niet het geval zou zijn. Bovendien sluit de inlaatklep niet in het ODP, maar een aantal graden later.

De klep sluit dus pas, als de compressieslag van ODP naar BDP aan de gang is. Het mengsel dat de cilinder instroomt tijdens de inlaatslag, heeft een grote snelheid gekregen. De snelheid van de gasstroom is namelijk nog niet uitgeput, als de zuiger weer omhoog gaat.

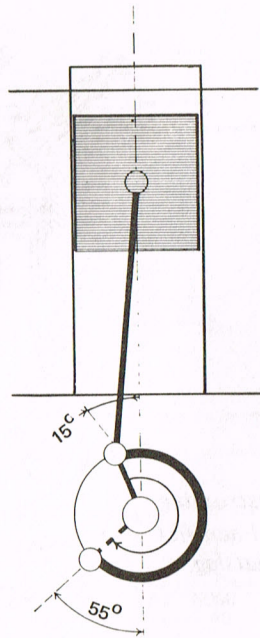
Door de klep iets langer open te laten staan, komt er dus meer vers mengsel in de cilinder (fig. 51). Dat de klep natuurlijk niet onbeperkt open kan staan, is het gevolg van de beginnende compressieslag. Het aangevoerde mengsel zou hierdoor teruggedrukt worden in de inlaatbuis.



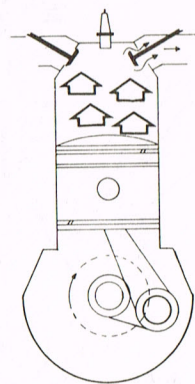
50. Directe toestroming van vers mengsel aan het begin van de inlaatslag



51. De inlaatklep sluit na ODP: betere cilinder-vulling door nastroming



52. De inlaatklep staat 250° open



53. De uitlaatklep opent vóór ODP om de restdruk te laten verdwijnen

In figuur 52 is afgebeeld hoeveel graden de inlaatklep geopend is. In deze figuur is dat  $15^\circ + 180^\circ + 55^\circ = 250^\circ$ .

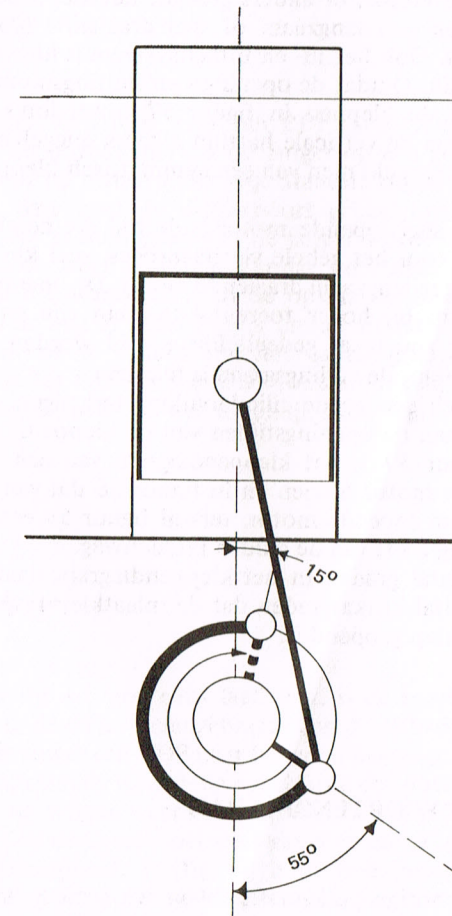
Het voordeel van deze lange inlaatperiode is een gunstige cilindervulling, vooral bij hoge motortoerentallen, waarbij de bewegingsenergie van de gassen groot is.

#### Uitlaatklep

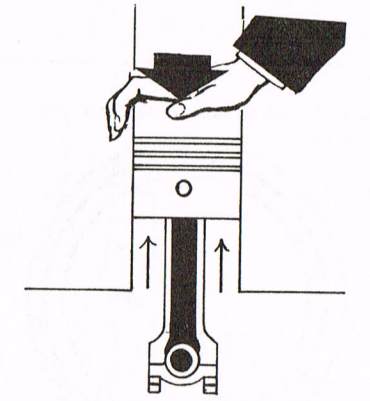
Na de inlaatklep zullen we de openings- en sluitingsmomenten van de uitlaatklep de revue laten passeren. Zoals we reeds gezien hebben, begint de uitlaatslag in het ODP. Kijken we echter naar het moment van openen van de uitlaatklep, dan zien we dat dit veel eerder ligt (fig. 53). De motor is dus nog met de arbeidsslag bezig. Het mengsel is aan het begin van de arbeidsslag verbrand en dit gaf een grote druk op de zuiger. Is de arbeidsslag bijna afgelopen, dan is de druk boven de zuiger nog maar  $\pm 4$  at. We moeten er nu voor zorgen dat deze druk verdwenen is, voordat de zuiger het ODP passeert. Als de uitlaatklep in het ODP geopend werd, dan zou de omhooggaande zuiger tijdens de uitlaatslag te veel tegendruk van de uitlaatgassen ondervinden en het toerental van de motor te veel afremmen, zoals fig. 54 aangeeft. Om dit te voorkomen, wordt de uitlaatklep vóór het ODP geopend om zodoende de restdruk te laten verdwijnen.

De uitlaatklep sluit niet aan het eind van de uitlaatslag in het BDP, maar enkele graden later (fig. 55). Dit is gedaan om een zo gunstig mogelijk uitdrijven van de afgewerkte gassen te verkrijgen. Omdat de inlaatklep inmiddels geopend is, kan het binnenstromende verse mengsel hieraan meehelpen en de verbrande gassen verwijderen. De uitlaatklep mag echter niet te lang openstaan, daar anders ook vers

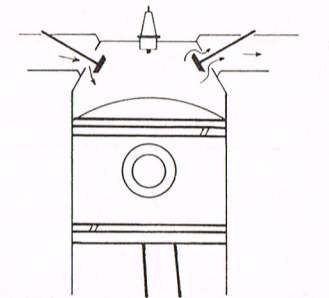
mengsel via de uitlaat zou verdwijnen. Figuur 56 geeft aan, hoeveel graden de uitlaatklep geopend is. Dat is in dit geval  $55^\circ + 180^\circ + 15^\circ = 250^\circ$ . In figuur 57 zien we ten slotte de combinatie van de diagrammen van in- en uitlaatklep. Dit noemen we het kleppendiagram.



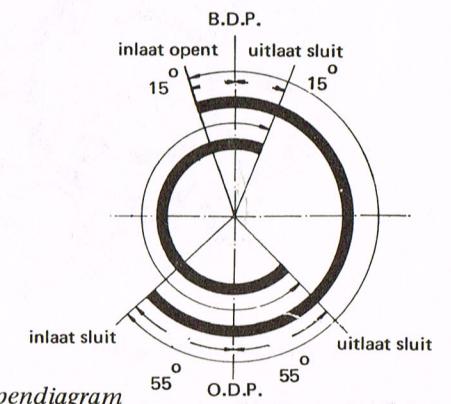
56. De uitlaatklep staat 250° open



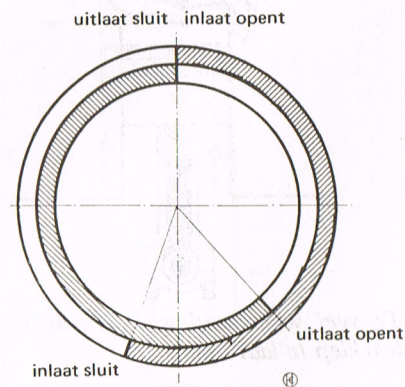
54. Te veel weerstand van de zuiger, als de uitlaatklep te laat opent



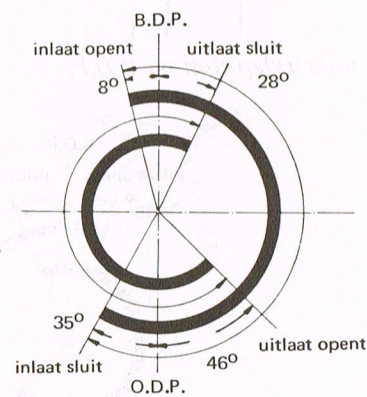
55. De uitlaatklep sluit na B.D.P.



57. Het kleppendiagram



58. Kleppendiagram voor een langzaam lopende motor



59. Normaal kleppendiagram

Uit het kleppendiagram kunnen we aflezen dat tijdens de overgang van uitlaatslag naar inlaatslag beide kleppen tegelijk iets open staan. Dit noemt men het elkaar "overlappen" van de kleppen. Ook zegt men wel: de kleppen staan op tuimelen. Het kleppendiagram dat in figuur 57 is afgebeeld, is uiteraard niet voor iedere motor gelijk. Hoe het kleppendiagram eruit ziet, is dus afhankelijk van het type motor, of anders gezegd: het kleppendiagram van een langzaam of snel draaiende motor verschilt. Ook het in- en uitlaatsysteem is hiervoor belangrijk. Omdat de openings- en sluitingsmomenten van de kleppen in figuur 57 zowel links als rechts van de verticale hartlijn elkaars spiegelbeeld vormen, spreekt men van een symmetrisch kleppendiagram.

Bij een snel lopende motor is de tijd die beschikbaar is voor het gehele vierslagproces, veel kleiner dan bij een langzaam draaiende motor. De openingsduur zou bij hoger toerental te klein zijn en de cilinder zou maar gedeeltelijk gevuld worden. We zeggen dan: de vullingsgraad is te gering.

Om toch een goede cilindervulling te krijgen, verlengt men de openingstijden van de kleppen.

In figuur 57 is het kleppendiagram van een snel lopende motor te zien en in figuur 58 dat van een langzaam lopende motor, terwijl figuur 59 een afbeelding geeft van de gulden middenweg.

Het aantal graden in het kleppendiagram slaat op het aantal krukasgraden dat de inlaatklep resp. de uitlaatklep geopend is.

### 7. HET POORTENDIAGRAM

In het vorige paragraaf hebben we gezien dat de openingstijd van de kleppen in een diagram kan worden weergegeven. Het is duidelijk dat we dit

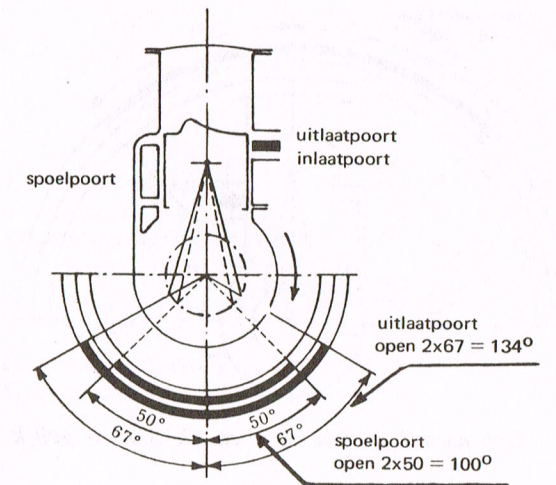
van de openingstijd van de poorten van de tweeslagmotor ook kunnen doen. Dit diagram noemen we daarom het poortendiagram.

### Uitlaatpoort

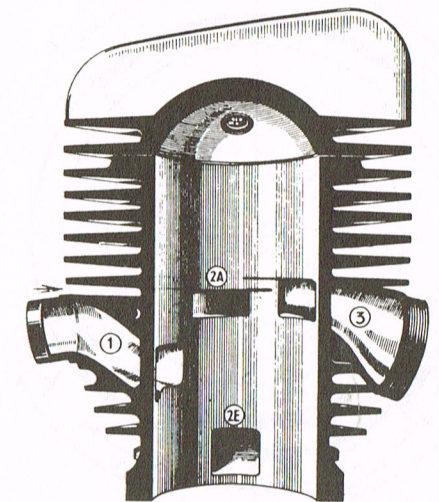
Beweegt de zuiger zich van BDP naar ODP, dan geeft de bovenkant van de zuiger op een gegeven moment de uitlaatpoort vrij. Staat de zuiger in het ODP, dan staat de uitlaatpoort geheel open. Bij het weer omhooggaan van de zuiger wordt de uitlaatpoort weer gesloten. Omdat de zuiger zowel bij de neerwaartse als bij de opwaartse beweging dezelfde weg af moet leggen om de uitlaatpoort te openen of te sluiten, zal het aantal graden van openen tot ODP en van ODP tot sluiten gelijk zijn. Figuur 60 geeft hier een duidelijk beeld van.

### Spoelpoort

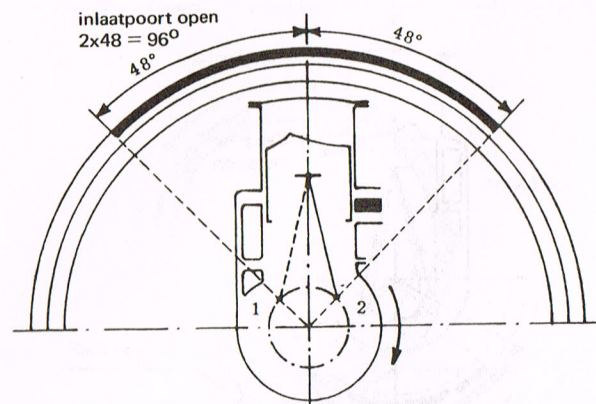
Zoals fig. 61 nog eens laat zien, is de spoelpoort lager in de cilinder aangebracht dan de uitlaatpoort. Als de zuiger van BDP naar beneden beweegt, opent hij dus eerst de uitlaat- en pas daarna de spoelpoort. Gaat de zuiger weer omhoog dan wordt uiteraard ook eerst de spoelpoort weer gesloten en pas daarna de uitlaatpoort. In fig. 60 is de openingsperiode van de spoelpoorten duidelijk zichtbaar. Hier blijkt ook weer dat het aantal graden van openen tot ODP en van ODP tot sluiten precies gelijk is.



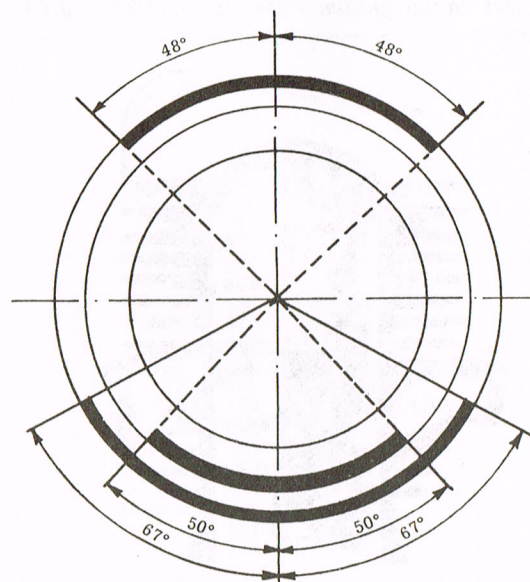
60. Het aantal graden vóór en na ODP is gelijk



61.  $2a + 2e = \text{spoelpoort}$   
 $3 = \text{uitlaatpoort}$   $1 = \text{inlaatpoort}$



62. Het aantal graden vóór en na BDP is gelijk



63. Een symmetrisch poortendiagram

### Inlaatpoort

De verse gassen die van de carburator naar de motor gaan, worden opgevangen in de ruimte onder de zuiger. Zoals bekend, geeft de onderkant van de zuiger de inlaatpoort vrij.

Gaat de zuiger van ODP naar BDP, dan geeft de onderkant van de zuiger op een bepaald moment de inlaatpoort vrij.

Bij de neerwaartse slag van de zuiger gebeurt hetzelfde, alleen in omgekeerde volgorde. Ook hier zien we dat het aantal graden dat de inlaatpoort opent vóór BDP, gelijk is aan het aantal graden dat de inlaatpoort sluit ná BDP.

In figuur 62 is het poortendiagram afgebeeld, waarin de openingstijd van de inlaatpoort duidelijk tot uiting komt.

### Poortendiagram

In figuur 63 zien we de combinatie van de poortendiagrammen uit de figuren 60 en 62. Het poortendiagram dat nu ontstaan is, noemen we een symmetrisch diagram. Afgezien van het ontstekings-tijdstip, maakt het dus niet uit of de motor links- of rechtsom loopt.

Wat kunnen we uit zo'n poortendiagram nu allemaal aflezen?

Ten eerste dat de uitlaatpoort eerder opent dan de spoelpoort. Dit moet ook, want anders zouden de verbrande gassen het carter binnenstromen.

Maar als gevolg van het eerder openen van de uitlaatpoort sluit hij ook later. En dit laatste is nu niet direct gunstig te noemen, want hierdoor krijgt een deel van het verse gasmengsel gelegenheid om weer via de uitlaat te verdwijnen. Dit is mede de oorzaak van de reeds genoemde spoelverliezen.

Bekijken we de inlaat- en uitlaatperiode van de tweeslagmotor en gaan we deze vergelijken met die van een vierslagmotor, dan zien we dat deze bij de tweeslagmotor veel kleiner zijn.

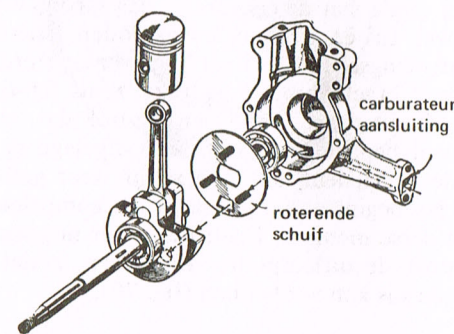
Bij een vierslagmotor is b.v. de inlaatperiode 223°; bij de tweeslagmotor van fig. 63 is de inlaatperiode slechts 96°.

Een zelfde vergelijking zouden we kunnen maken van de beide uitlaatperiodes. Het gevolg van deze korte periodes is, dat het rendement van de tweeslagmotor lager ligt dan dat van de vierslagmotor. Speciaal te merken is dit bij hoge toerentallen. Een veel beter resultaat zouden we bereiken, als een motor gemaakt kon worden met een poortendiagram zoals afgebeeld in fig. 64. De motor wordt dan doorgaans echter te ingewikkeld.

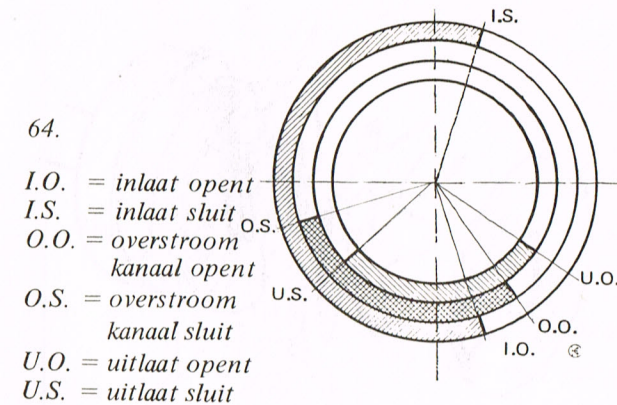
### Roterende inlaatschuif

De inlaatperiode wordt normaal geregeld door de onderkant van de zuiger. Zouden we hiervan afstappen, dan waren we gelijk van het symmetrische inlaatdiagram af. Deze mogelijkheid bestaat, en wel door de carburator direct op het carter aan te sluiten, zoals fig. 65 aangeeft.

In het carter zit een sleuf, die in verbinding staat met de carburator (fig. 66). Op de krukas van de

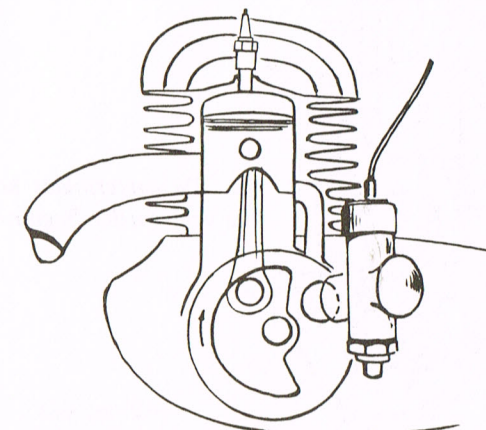


66. Inlaatschijf op de krukas

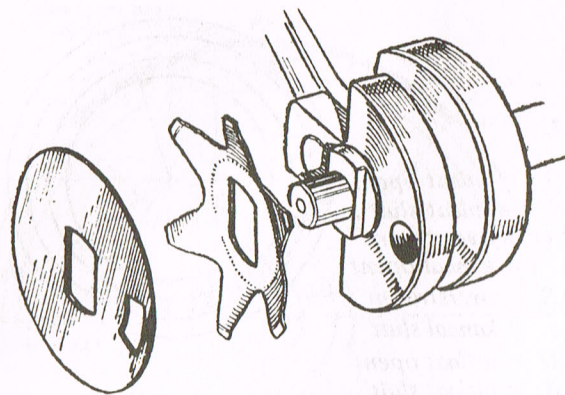


64.

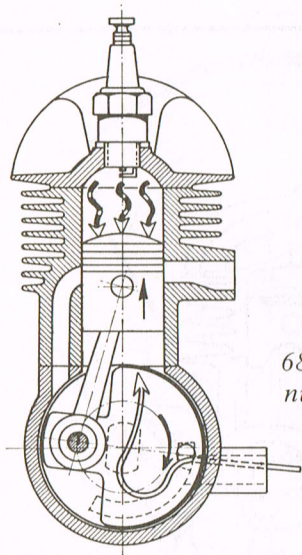
I.O. = inlaat opent  
I.S. = inlaat sluit  
O.O. = overstroom kanaal opent  
O.S. = overstroom kanaal sluit  
U.O. = uitlaat opent  
U.S. = uitlaat sluit



65. De carburator direct op het carter aangesloten



67. De veer drukt de schijf tegen het carter



68. De carterinlaat kan nu veel eerder beginnen

motor is een dunne stalen schijf aangebracht, waarin een gat zit, die de sleuf in het carter vrij kan maken, zodat het brandbare mengsel onder de zuiger kan toetreden.

De schijf wordt door de twee platte kanten op de krukas meegenomen en draait dus met hetzelfde toerental mee.

In figuur 67 is deze constructie afgebeeld. Verder zien we duidelijk dat deze schijf door een soepele, stervormige veer tegen het carter wordt gedrukt. Dit houdt echter niet in, dat in alle motoren deze stervormige veer aanwezig is. Met behulp van de volgende figuren zullen we nagaan hoe bij deze constructie het arbeidsproces verloopt. Beweegt de zuiger zich omhoog vanuit het ODP, dan zal op een bepaald moment de opening in de inlaatschijf de inlaatsleuf in het carter vrijgeven.

Het verse gasmengsel zal nu in het carter stromen door de onderdruk die hier ontstaat. Deze onderdruk is namelijk een gevolg van de volumevergroting die onder de zuiger ontstaat. Zoals uit figuur 68 blijkt, wordt de inlaatsleuf al vrijgegeven, als de zuiger ongeveer  $90^\circ$  voor het BDP staat.

Bij het omhoog bewegen van de zuiger wordt een vers gasmengsel boven de zuiger gecomprimeerd. Aan het einde van de compressieslag springt er een vonk over tussen de bougie-elektroden. Hierdoor gaat het mengsel tot ontbranding over en wordt de zuiger met kracht omlaag gedrukt, zoals fig. 69 te zien geeft. In deze figuur zien we ook dat, als de zuiger een bepaalde afstand heeft afgelegd na het BDP, de inlaatsleuf door de schijf weer gesloten wordt. Nu begint onder de zuiger het comprimeren van het verse mengsel. Daalt de zuiger nog verder, dan wordt de uitlaatpoort vrijgegeven, zodat het verbrande gas kan verdwijnen (fig. 70).

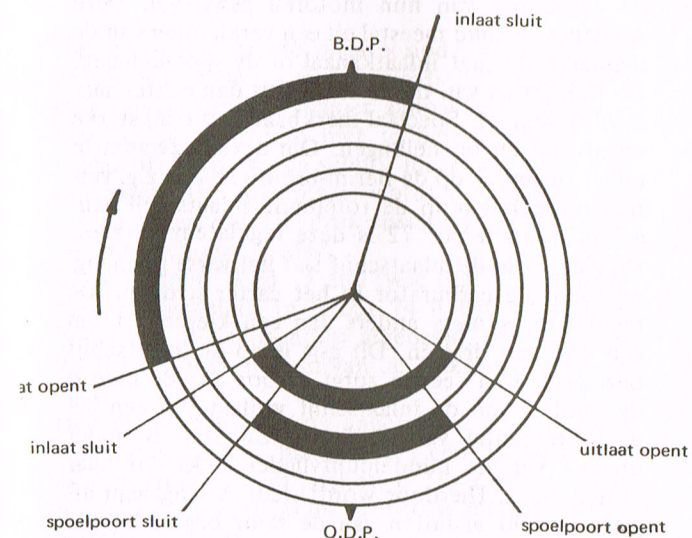
Even later wordt ook de spoelpoort geopend en kan het gasmengsel dat in het carter gecomprimeerd

werd, naar de ruimte boven de zuiger stromen. Draait de krukas verder, dan bereikt de zuiger zijn ODP en zal later weer op weg gaan naar het BDP.

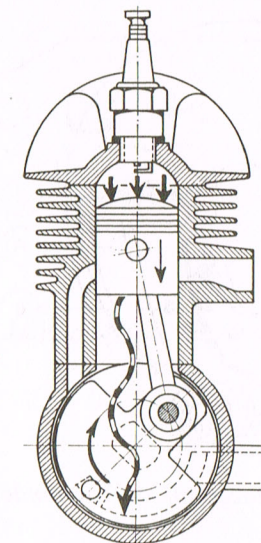
### Asymmetrisch poortendiagram

Ook de openingstijd van deze poorten is een diagram te maken. Het is afgebeeld in figuur 71. Als we dit diagram bekijken, zien we dat de inlaatduur langer is dan bij tweeslagmotoren met symmetrische poortenopening.

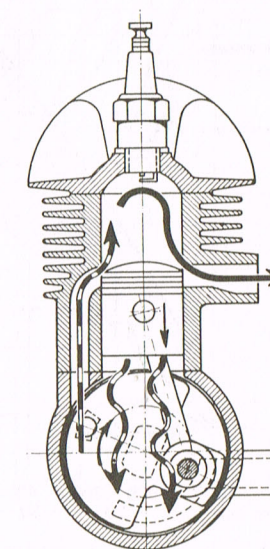
Het inlaten begint veel vroeger, zodat er meer tijd beschikbaar is en de hoeveelheid binnenstromend gasmengsel groter zal zijn.



71. Asymmetrisch poortendiagram door roterende gasschijf

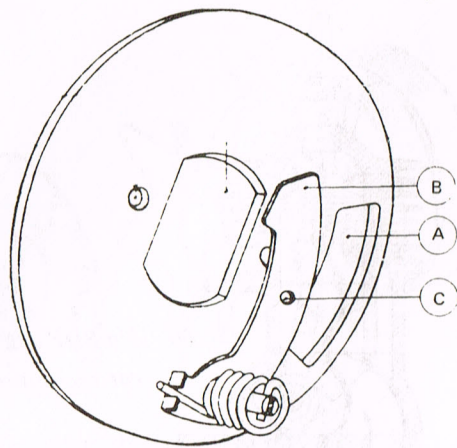


69. Na BDP begint de cartercompressie.

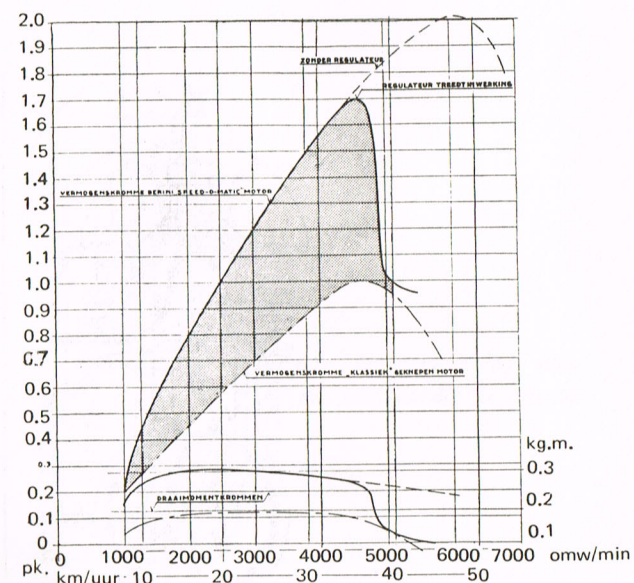


70. Het spoelen boven de zuiger





72. De snelheidsbegrenzer bij de roterende gas-schijf



73. Bij maximum toerental (5.000 omw/min) is de maximum snelheid 40 km/u.

De inlaat begint dus op een gunstig tijdstip. Maar ook het sluiten van de inlaatopening geschiedt eerder dan bij normale tweeslagmotoren. De cartercompressie begint dus eerder, zodat we een krachtiger spoeling verkrijgen. Met de openingstijden van de uitlaatpoort en de spoelpoort is het nog net zo gesteld als bij de tweeslagmotoren zonder gasschijf. Met andere woorden: ook hier spoelverliezen.

#### Snelheidsbegrenzer

Vanwege de voorgeschreven maximum snelheid voor bromfietsen hebben diverse motorfabrikanten de carburatie van hun motoren gewijzigd. Deze wijziging bestond meestal uit een verkleining van de diameter van het inlaatkanaal of de spoelkanalen. De trekkracht van de motor wordt dan echter aanzienlijk minder. Speciaal merkbaar is dit bij sterke tegenwind en op hellingen. Om deze bezwaren te ondervangen, is op de Berini-bromfiets een z.g. vermogensregulateur op de roterende inlaatschijf aangebracht. In figuur 72 is deze regulateur te zien. De gleuf A in de inlaatschijf laat het verse gasmengsel vanaf de carburator in het carter stromen. De regulateur is niets anders dan een klepje dat om een asje kan draaien. Dit asje is op de inlaatschijf bevestigd. Een veertje zorgt ervoor dat de klep B de sleuf A van de inlaatschijf vrijlaat. Bij een bepaald toerental van de motor zal klep B onder invloed van de middelpuntvliedende kracht naar buiten slaan. Hierdoor wordt sleuf A langzaam afgesloten. Dit afsluiten van de sleuf begint bij een motortoerental van  $\pm 4.400$  omw/min en is voltooid bij 5.000 omw/min. In de vermogenskromme van deze motor komt dit duidelijk naar voren, want zodra de regulateur gaat werken, daalt het vermogen, zoals fig. 73 laat zien. Dit maximum

toerental van 5.000 omw/min komt overeen met een snelheid van 40 km/u. Om te voorkomen dat bij deze snelheid de gehele gastoevoer naar de motor afgesloten is en daarmee tevens de aanvoer van smeeroilie, is in de klep een opening (C) aangebracht. De twee gaatjes in de schijf zorgen voor smering van het krukaslager. Daalt het toerental van de motor doordat men b.v. een helling oprijdt, dan zal de klep de sleuf weer helemaal of gedeeltelijk vrijgeven, zodat er een grotere hoeveelheid mengsel het carter in kan stromen.

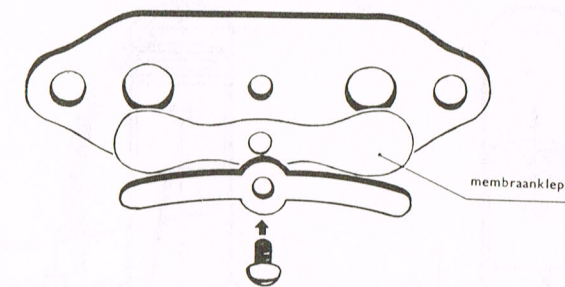
#### Inlaatmembraan

Het vergroten van de inlaatperiode, zoals dat verkregen is met de roterende inlaatschijf, kunnen we ook op een andere manier aanpakken. Deze manier is: de gasstroom niet te beteugelen met de zuiger of de roterende schuif, maar met een membraanklep. Dit membraan wordt dan aangesloten op het carter, zodat de drukwisselingen in het carter de inlaatperiode bepalen.

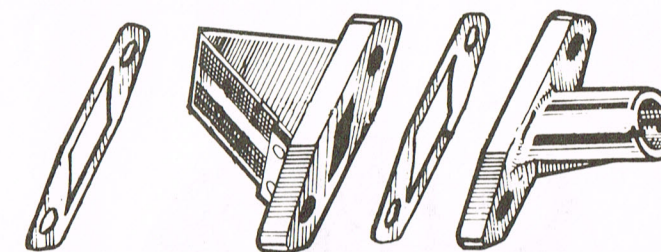
In de figuren 74 en 75 zijn twee typen inlaatmembranen afgebeeld. In figuur 74 is het inlaatmembraan van de Sachs-motor afgebeeld, terwijl figuur 75 het inlaatmembraan van de Anker-motor weer geeft.

Het membraan is niets anders dan één of meer heel dunne stalen plaatjes, die één of meer openingen vrijmaken of afsluiten. Door een aanslagbeugel op de carterwand wordt de uitslag van het membraan beperkt.

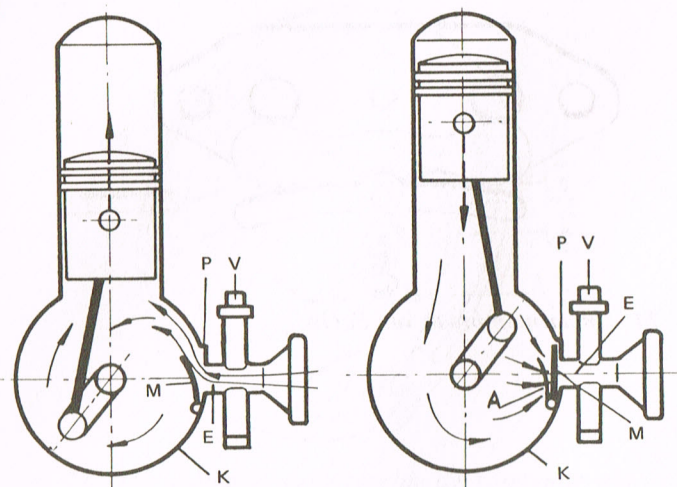
In de volgende figuren zullen we de werking van deze systemen de revue laten passeren. In figuur 76 is de carburator met inlaatmembraan direct op het carter aangesloten. Zodra de zuiger zich van



74. Inlaatmembraan van Sachs



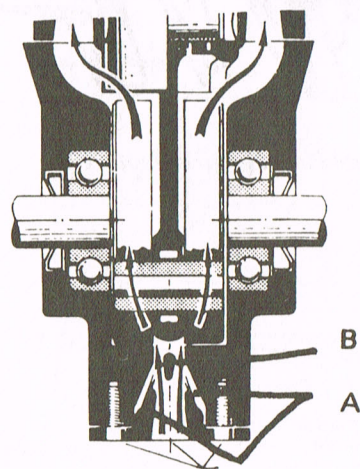
75. Inlaatmembraan van Anker-motoren



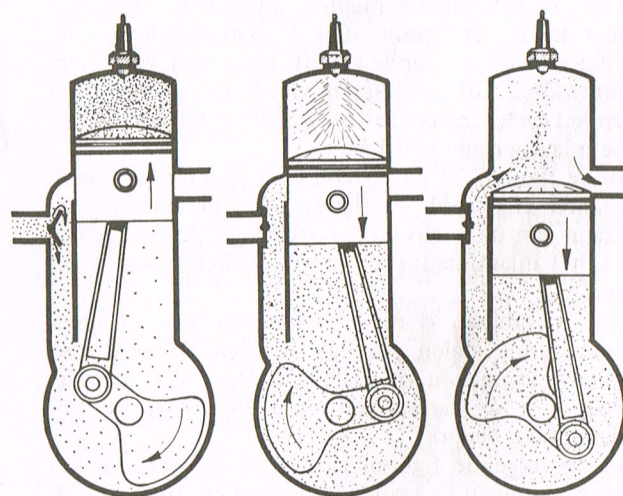
76. De carburator direct op de membraanklep

het ODP naar het BDP gaat bewegen, ontstaat er onder de zuiger een onderdruk. Het verse gasmengsel zal nu - door de overdruk van de buitenlucht - de membraanklep open drukken en in het carter stromen. Het verse gasmengsel blijft het carter instromen, totdat er geen verschil in druk meer is tussen carterdruk en buitenluchtdruk. Anders gezegd: zodra de zuiger zich van BDP naar ODP gaat bewegen en het volume onder de zuiger steeds kleiner wordt, zal de druk in het carter toenemen. Deze carterdruk zal nu de membraanklep weer sluiten.

De constructie van fig. 77 wordt toegepast op de Anker-motoren. De membraanklep bestaat uit twee dunne plaatjes A (zie ook fig. 75), die met hun uiteinde tegen de aanslag B rusten. Zodra de druk binnenin het carter lager is geworden dan erbuiten, kan het verse gasmengsel toestromen.



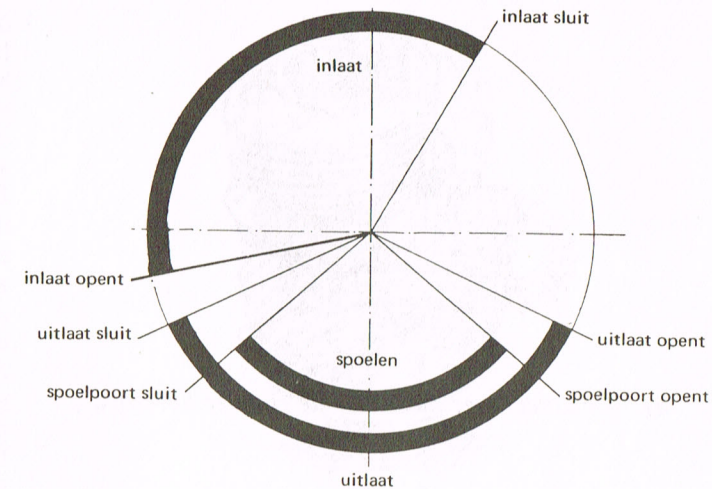
77. De membraanklep bij Anker-motoren



78. De inlaat op het overstromkanaal

In plaats van direct op het carter heeft Sachs de carburator en het inlaatmembraan aangesloten op een kanaal dat in verbinding staat met de spoelkanalen. Via de spoelkanalen staat de carburator dus toch weer in verbinding met het carter. In figuur 78 zien we duidelijk de plaatsing van dit membraan. Ook hier krijgen we dat de membraanklep "open gezogen" wordt, als de druk in het carter vermindert. De periode dat de membraanklep geopend is, is hier dus ook weer van even na het ODP tot even voorbij het BDP. De inlaatperiode is dus veel langer dan bij een "zuigergestuurde" inlaatpoort.

In figuur 79 is het poortendiagram van een motor met inlaatmembraan afgebeeld. Hier komt weer duidelijk tot uiting dat de inlaatperiode veel langer is dan bij een motor waar de inlaatperiode door de zuiger geregeld wordt. Aan de openingsduur van de uitlaat- en spoelpoort is helaas niets te veranderen, daar deze nog steeds door de zuiger wordt geregeld.

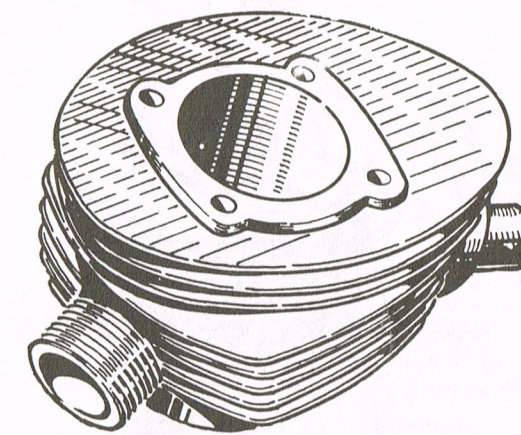


79. Asymmetrisch poortendiagram door een inlaatmembraan

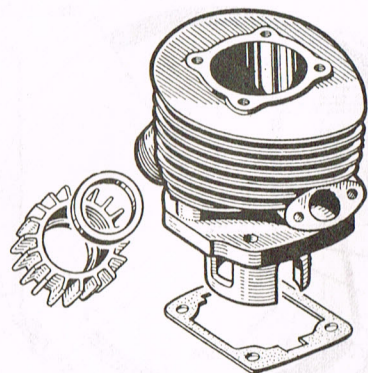
## 8. CILINDER EN CILINDERKOP

De cilinder waarin de zuiger van de motor zich heen en weer beweegt, bestaat meestal uit een speciale gietijzerlegering. We noemen dit materiaal perlietisch gietijzer. De voordelen hiervan zijn dat dit materiaal gemakkelijk te bewerken is, goede loopeigenschappen bezit en voldoende slijtvast is voor langdurig gebruik.

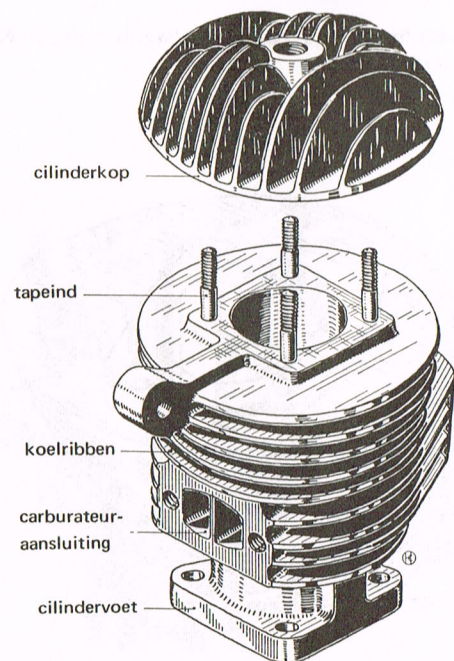
De ruwe cilinder wordt na het gieten eerst uitgeboord en later geslepen. Hoewel de cilinder op het oog dus inwendig glad is, blijkt hij, als we hem onder een microscoop bekijken, vrij ruw (berg en dal). Vandaar dat we een nieuwe motor eerst moeten inrijden, waardoor de "toppen" afgevlakt wor-



80. Aansluitingen van in- en uitlaat op de cilinder



81. De uitlaat met wartel aan de cilinder bevestigd



82. De aansluiting van de carburator met een flens

den en het loopvlak dus gepolijst wordt.

In de cilinder zijn aangebracht: het inlaatkanaal, het uitlaatkanaal en de spoelkanalen. Het inlaatkanaal in de cilinder eindigt meestal in een flens of pijp waarop de carburator direct of door tussenkomst van een inlaatbuis bevestigd wordt (zie fig. 80 en 81). Van het uitlaatkanaal kunnen we hetzelfde zeggen. Ook hier is de mogelijkheid van een flens of pijp, zoals de figuren 80 en 82 laten zien. In geval van een pijp is deze voorzien van schroefdraad waarop een wartelmoer gedraaid wordt om de uitlaatpijp vast te klemmen.

Aan de buitenkant van de cilinder zien we de aangegoten koelribben. Deze dienen om de warmte van de cilinder af te voeren. Met behulp van de koelribben wordt nl. het oppervlak van de cilinder vergroot, waardoor de erlangs strijkende lucht veel warmte kan opnemen.

Aan de bovenkant wordt de cilinder afgesloten door een cilinderkop, terwijl hij aan de onderkant op het carter rust. Tussen carter en cilinder bevindt zich meestal een pakking van papier zoals in figuur 83 te zien is. Deze pakking wordt voetpakking genoemd. De voetpakking mag niet te dik zijn (te veel warmte-isulerend werken), want een bepaald deel van de cilinderwarmte wordt nog via deze pakking en het carter naar de buitenlucht afgevoerd. In de figuur zien we bovendien duidelijk dat de spoelkanalen vanuit de cilinder doorlopen tot in het carter.

### Cilinderkop

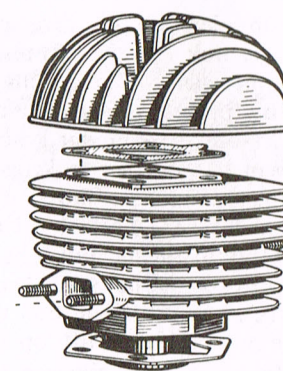
De cilinderkop bestaat uit lichtmetaal; in de meeste gevallen is dit een legering van aluminium en silicium. Het grote voordeel van dit materiaal is de eigenschap dat het de warmte snel afvoert. Ook

bij de cilinderkop zien we koelribben, die in de richting van de erlangs strijkende koellucht staan en meestal een gestroomlijnde vorm hebben, zoals figuur 83 laat zien.

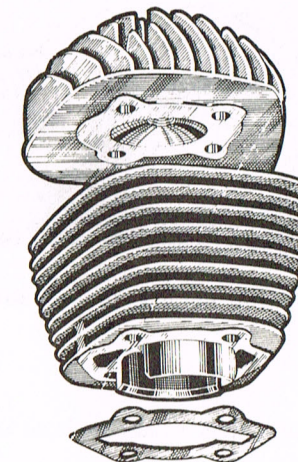
De cilinderkop wordt direct met bouten op de cilinder vastgemaakt (fig. 84) of met behulp van lange tapeinden, die door de cilinder steken, direct op het carter. Bij deze laatste constructie worden dus cilinder en cilinderkop in één keer vastgezet op het carter.

De bovenkant van de cilinder en de onderkant van de cilinderkop zijn zuiver vlak geslepen, bij sommige motoren zelfs zó vlak dat deze twee delen zonder pakking gasdicht op elkaar passen. In figuur 83 is een motor afgebeeld zonder pakking tussen cilinder en cilinderkop, terwijl de motor van fig. 85 wel voorzien is van een koppakking.

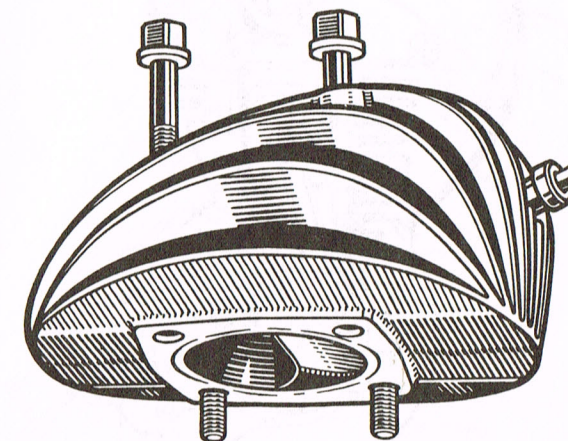
Bij het weer monteren van de cilinderkop moeten we erop letten - speciaal bij motoren zonder koppakking - dat de pasvlakken onbeschadigd zijn. Is dit niet zo, dan moeten we cilinder en kop weer zuiver vlak maken. Het gemakkelijkst gaat dit door een vlakke gasplaat op de werkbank te leggen. Hierop leggen we een vel fijn schuurlijnen of een papje



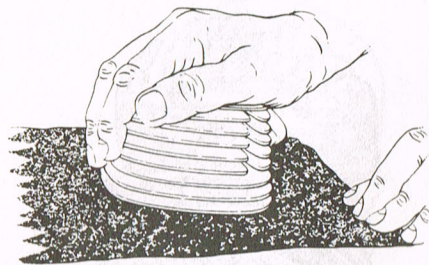
85. Koppakking tussen cilinderkop en cilinder



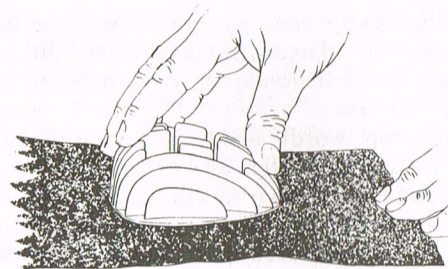
83. De voetpakking onder de cilinder



84. Bevestiging van de cilinderkop op de cilinder



86. Het vlak maken van het cilinder-pasvlak



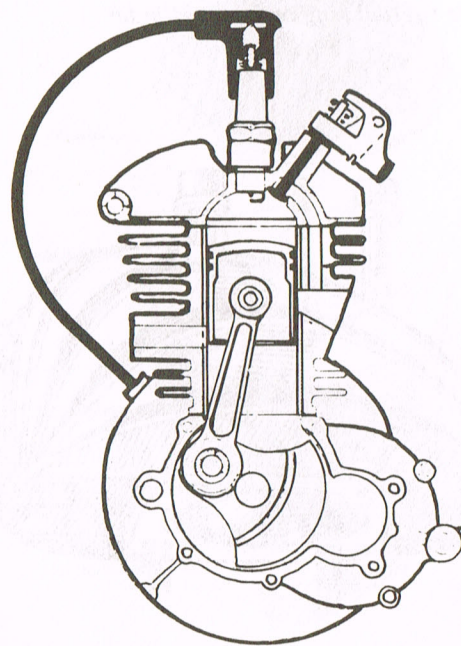
87. Het vlak maken van de cilinderkop

van amarilpasta en olie. Door nu de cilinder met het pasvlak naar beneden met draaiende bewegingen over de glasplaat te duwen (zoals fig. 86 aangeeft), wordt het pasvlak opgezuiverd. Regelmatig kijken we of de hele pasrand al "draagt". We kunnen dit laatste zien aan de kleur van het geslepen vlak.

Bij de cilinderkop kan dezelfde procedure worden toegepast om het pasvlak op te zuiveren. In fig. 87 is het vlakken van de cilinderkop weergegeven.

#### Decompresseur

In de cilinderkop zien we bij diverse motoren behalve een bougie ook een decompresseur. Hiermee kan de compressiedruk in de cilinder opgeheven worden. Bij bromfietsen wordt de decompresseur toegepast om met minder krachtsinspanning de motor aan het draaien te krijgen. Figuur 88 toont de doorsnede van een motor met decompresseur. We zien dat deze bestaat uit een klepje dat door een hefboom opgeduwd kan worden. Deze hefboom wordt vanaf het stuur bediend door een hendel met een bowdenkabel. Een veer drukt de klep, als deze niet gelicht wordt, op zijn zitting. In de figuren 89a en b en 90 zijn een tweetal decompressie- of kleplichter afgebeeld. In fig. 89 is de werking van de kleplichter duidelijk te zien. Het klepje B wordt door de veer C op zijn zitting getrokken. De klepschotel D steunt tegen een

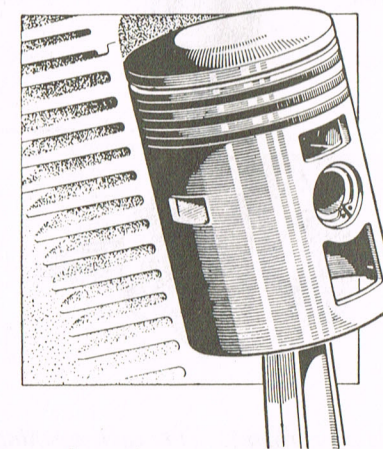


88. Door de kleplichter makkelijker starten

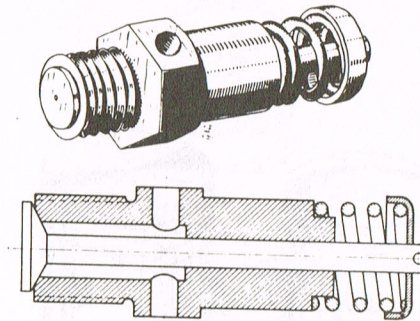
aanslagpenntje, dat door een gat in de klep loopt. Aan de andere kant van de veer bevindt zich de geleider E, waarin de klep heen en weer kan schuiven. Zodra de klep open staat, worden bij omhooggaande zuiger van de motor de gassen langs de klep en door kanaal F afgevoerd. Meestal worden deze gassen naar de uitlaatpoort afgevoerd, zoals in figuur 88 duidelijk uitkomt. Is dit niet het geval - wat bij sommige motoren wel voorkomt - dan ontsnappen de nog niet verbrande gassen direct in de buitenlucht. Omdat deze gassen ook olie meevoeren, zal de omgeving van de kleplichter - inclusief de benen van de berijder - met oliespatten besmeurd worden. In figuur 90 zien we nogmaals een kleplichter afgebeeld, alleen is nu de schroefveer vervangen door een haarspeldveer.

#### 9. ZUIGERS, ZUIGERVEREN, ZUIGERPENNEN

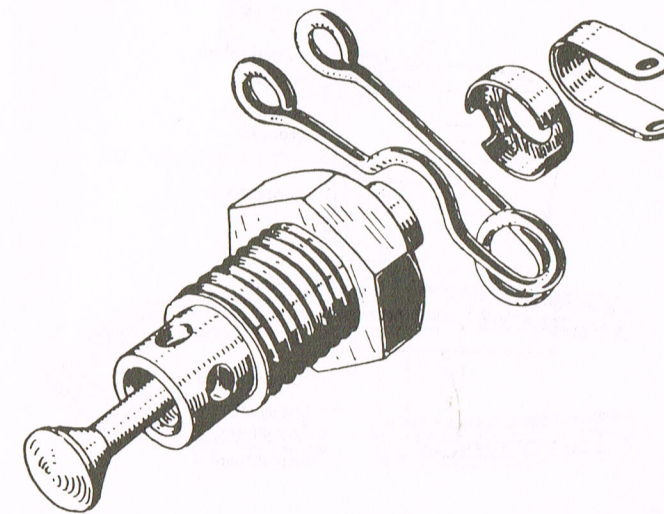
Het materiaal waarvan de zuiger gemaakt wordt, is tegenwoordig lichtmetaal (fig. 91). Lichtmetalen zuigers hebben het voordeel dat ze licht van gewicht zijn. Dit heeft tot gevolg dat er kleinere massa-krachten ontstaan bij het afremmen en het weer



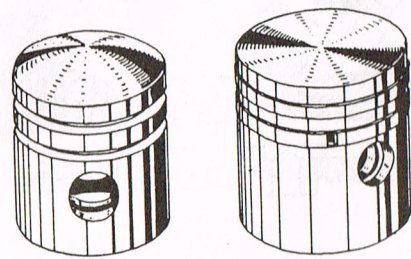
91. Lichtmetalen zuiger



89 a en b. De werking van de kleplichter



90. Kleplichter met haarspeldveer

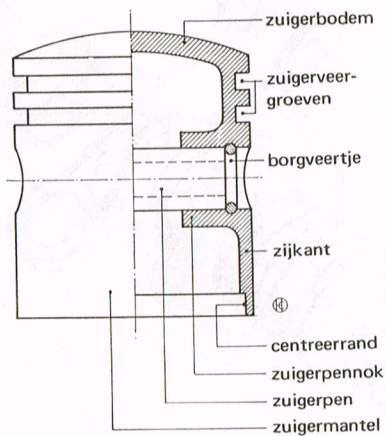


92. Zuiger met vlakke en bolle zuigerbodem

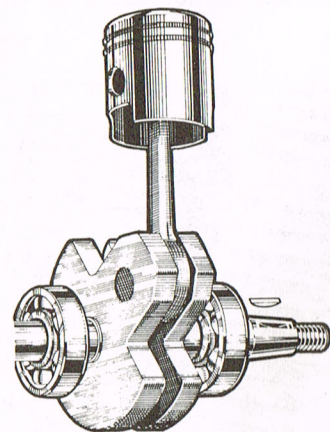
op snelheid komen van de zuiger in de nabijheid van de dode punten. Bij het BDP en ODP staat de zuiger namelijk bij het omkeren van de bewegingsrichting telkens heel even stil.

Bij moderne bromfietsen is de zuigerbodem vlak of bolvormig, zoals fig. 92 aangeeft. "Zuigerbodem" noemt men het gedeelte van de zuiger, dat naar de cilinderkop gericht is. Het gedeelte van de zuiger, dat langs de cilinderwand loopt, noemt men de zuigermantel (fig. 93). In deze zuigermantel zijn vaak openingen aangebracht, zoals de figuren 91 en 94 duidelijk laten zien. Deze openingen ontsluiten op bepaalde tijden de spoelpoorten.

De zuiger moet gemakkelijk in de cilinder kunnen bewegen, maar toch niet te veel speling hebben. De zuigerveren sluiten aan op de cilinderwand. Deze aansluiting op de cilinderwand is noodzakelijk om de overtollige warmte - die tijdens de verbranding ontstaat - naar de cilinderwand af te voeren. De zuiger moet dus zorgen - in samenwerking met de



93. De onderdelen van de zuiger

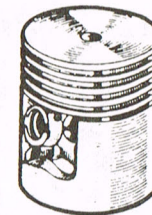
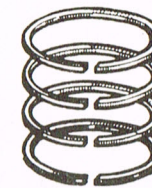


94. In de zuigermantel zijn vaak openingen aangebracht

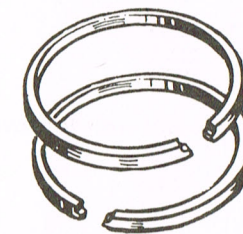
zuigerveren - voor een afdichting, zodat geen lek-gassen tijdens het comprimeren en de verbranding onder de zuiger raken.

#### De zuigerveren

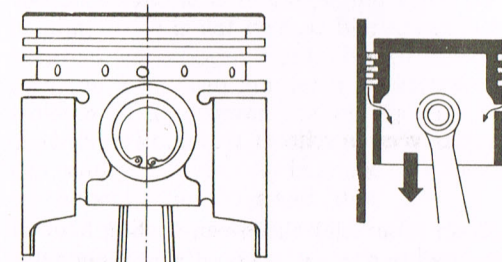
De zuigerveren zijn gemonteerd in de groeven die in de zuiger zijn aangebracht (fig. 95). Het materiaal van de zuigerveren is een speciaal soort gietijzer. Deze veren zijn veerkrachtig en drukken tegen de cilinderwand. De zuigerveren bij een tweeslagmotor zijn allemaal compressieveren (fig. 96). Deze compressieveren moeten ervoor zorgen dat de verbrandingsdruk en de compressiedruk niet langs de zuiger kunnen weglekken naar het carter. Hierdoor zou er minder druk op de zuiger komen, dus compressieverlies. Bij een vierslagmotor is, afgezien van de twee compressieveren, nog een veer aangebracht, en wel de olieschraapveer, waarvan in fig. 97 een gedeelte te zien is. Deze olieschraapveer - of olieregelveer - moet ervoor zorgen dat er niet te veel olie op de cilinderwand komt. Als dit gebeurde, zou er te veel olie boven de zuiger komen en verbranden. In de groef waarin de olieschraapveer zit, bevinden zich enkele gaatjes, zoals in fig. 98 te zien is. Hierdoor kan de olie afgevoerd



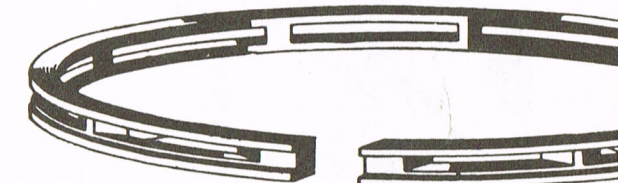
95. De veren komen in de groeven



96. Bij tweeslag alleen maar compressieveren



98. Door de gaatjes in de groef wordt de olie weer afgevoerd



97. Olieschraapveer