Mechanica
Veilig en zuinig autorijden

Hoofdstuk 1

Hoe de auto mobiel wordt.

Het woord 'auto' betekent ZELF en het woord 'mobiel' betekent BEWEGEN. Een auto zou dus een zelfbeweger zijn. Maar dat een auto zich niet vanzelf beweegt, ervaren we dagelijks. Er is brandstof voor nodig die in een krachtbron verbrand wordt, zodat er warmte wordt opgewekt. De warmte wordt weer omgezet in beweging en daarmee worden de wielen aan het draaien gebracht.

Dat gold voor de eerste auto die er ooit heeft gereden, maar het geldt evenzeer voor de auto in 1981. het verschil tussen beide is vooral een verschil in rendement, ook wel genoemd 'nuttig effect'. Als we brandstof tanken, vertegenwoordigt dit een zekere energiewaarde. Met deze brandstof kunnen we de auto bepaalde prestaties laten verrichten. Ook van die prestaties kan de energiewaarde worden gemeten. Het zou prachtig zijn als beide energiewaarden aan elkaar gelijk waren. Dit is helaas niet het geval.

De energiewaarde die we als brandstof in de tank laten stromen, is veel groter dan de waarde die we in de vorm van prestaties van onze auto terugkrijgen. Misschien maar het tiende gedeelte en dat zou dan een rendement van 10% betekenen. Waar blijft de overige 90% ?

Verliezen

De overige 90% - laten we het maar even bij ronde getallen houden - gaat verloren. Spijtig, maar het is niet anders. Want het omzetten van de ene vorm van energie in een andere, gaat altijd met verliezen gepaard. Daar weet ook de benzinemotor van mee te spreken. (fig. 1)

De benzinemotor

In een eenvoudige vorm heeft een benzinemotor één cilinder, die het beste vergelijkbaar is met een ronde bus, van onderen open en van boven gesloten. In de cilinder gaat een zuiger op en neer die zuiver in de cilinder past. (fig.2)

De zuiger is met een drijfstang verbonden aan een krukas. Aan de krukas is een vliegwiel bevestigd. Boven de zuiger wordt een gas verbrand. Dit gaat gepaard met een hevige uitzetting of expansie. In de ruimte boven de zuiger wordt dus een hevige druk uitgeoefend en omdat de zuiger zich vrij in de cilinder kan bewegen wordt de zuiger naar beneden geduwd. De zuiger gaat dus recht omlaag, maar dankzij de drijfstang en krukas wordt deze rechtlijnige beweging omgezet in een draaiende beweging. Het vliegwiel draait dus en via de transmissie wordt de draaibeweging overgebracht naar de wielen van de auto. Er is dus brandstof verbrand waarbij warmte ontstond. De warmte is omgezet in beweging, eerst rechtlijnig, maar dan draaiend.

Warmteverlies

Spijtig genoeg kan niet alle warmte die de verbranding van het gas (de brandstof) oplevert, in beweging worden omgezet. Bij de verbranding komt zoveel warmte vrij, dat er al direct een flinke portie afgevoerd moet worden, anders zou het metaal van de motor veel te heet worden en gaan smelten. Daarom moet een motor gekoeld worden en het koelsysteem voert ongeveer een derde van de opgewekte warmte af naar de buitenlucht. (fig. 3)

Van elke liter benzine die we tanken, wordt dus 1/3 liter via de radiator (een deel van het koelsysteem) weggegooid. Daar gaat ons goede geld! Maar dat is nog niet alles. Want de expanderende gassen die de zuiger helemaal naar beneden hebben gedrukt en dus 'afgewerkt' zijn, bezitten ook nog een flinke hoeveelheid energie. Die gaat zo maar via het uitlaatsysteem naar buiten. (fig. 4)

Weer een derde liter van de dure benzine verdwenen. Het is om te huilen. Maar we houden dan toch nog één derde over. Dacht u. Dat zou het geval zijn als de motor onder de meest gunstige omstandigheden zijn werk kon doen. Maar later zullen we zien dat die omstandigheden meestal niet zo gunstig zijn. Daarom blijft er na aftrek van de koelings- en uitlaatverliezen nog minder dan een derde liter van onze brandstof over.

En bovendien moeten we ook nog rekening houden met de wrijvingsverliezen in de motor zelf. De zuiger in de cilinder, de drijfstangverbinding aan de krukas en de ondersteuning van de krukas in lagers (en nog veel meer onderdelen) zijn allemaal punten waar wrijving optreedt. Ook deze wrijving moet overwonnen worden met de bewegingsenergie die we van de motor hebben verkregen.

De transmissie

En alsof dat nog niet genoeg was, moet de kracht die door de motor werd opgewekt, nog via een stelsel van tandwielen en draaipunten naar de aandrijfwielen worden overgebracht. Ook in dit traject treedt wrijving op en dat gaat natuurlijk ten koste van de door de motor geleverde bewegingsenergie. We houden dus een gering deel van de energiewaarde in de brandstof over om de auto voort te stuwen.

Zo heel dramatisch is dit nu ook weer niet, want door allerlei verbeteringen aan de motor en de auto hebben we over de brandstofeconomie van de hedendaagse auto niet te klagen.

Om met een auto uit de kleine middenklasse een afstand van 100 km af te leggen, hebben we gemiddeld 9 liter brandstof nodig. Verkeert de auto in minder goede staat en rijden we op een manier waarbij niet aan brandstofeconomie wordt gedacht, dan kan het verbruik gemakkelijk oplopen tot 11 à 12 liter per 100 km. Maar nemen we een aantal maatregelen die gericht zijn op een economisch verbruik, dan hebben we genoeg aan 7 à 8 liter.

Dat levert nogal wat verschil op in de kosten voor onze auto. Ook maken we op die manier een nuttiger gebruik van de vloeibare brandstoffen waarmee we tegenwoordig spaarzaam moeten zijn. Bovendien kunnen de getroffen maatregelen de levensduur van onze auto verlengen en ten goede komen aan een veiliger weggedrag. Ook de uitlaatgassen van de auto zullen dan minder schadelijke bestanddelen omvatten. Wel de moeite waard om daaraan aandacht te besteden. Maar dan is het wel nodig om eerst iets meer over het mechanisme van de auto te weten. Daarom nu een verkenningstocht door een auto.

Van motor tot achterwielen

De auto laat niet veel van zijn mechanisme zien. Alles gaat schuil achter plaatwerk met veel lak en chroom. Maar dit omhulsel is bij de auto in fig. 5 weggenomen en we zien het mechanisme dat voor de voorstuwing van de auto zorgt. Geheel links de motor. Het is een viercilinder motor waarvan alleen de zuigers met drijfstangen en krukas zichtbaar zijn. Op de zuiger wordt beurtelings een kracht uitgeoefend, zodat de krukas met aan het eind een vliegwiel, aan het draaien wordt gebracht. In fig. 5 wordt de draaiende beweging overgebracht naar de achterwielen. Bij vele modernere auto's worden de voorwielen aangedreven en dan zijn de diverse onderdelen anders opgesteld.

Daar komen we straks op terug, maar eerst de auto met achterwielaandrijving. De draaiende kracht van de motor, gewoonlijk 'koppel' genoemd, moet vanaf het vliegwiel nog een lange weg naar de achterwielen afleggen. Dit gebeurt via A - de koppeling, B - de versnellingsbak, C - de cardanas met kruiskoppelingen, D - de eindaandrijving met differentieel, E - de wielaandrijfassen.

De koppeling

Deze maakt het mogelijk de verbinding tussen motor en versnellingsbak te verbreken. Dit gebeurt voor het inschakelen van een versnelling en bij het op- of terugschakelen. Een versnellingsbak immers bestaat uit een aantal tandwielen die met elkaar in aangrijping zijn. Wat we 'schakelen' noemen is het in aangrijping brengen van bepaalde tandwielen. Dit gaat niet al te best als een van de in te schakelen tandwielen draait (omdat het met de motor is verbonden) en het andere in te schakelen tandwiel stilstaat (omdat het met de stilstaande achterwielen is verbonden).

De in te schakelen tandwielen moeten dus tot rust komen en daarom trappen we het koppelingspedaal in. Wat er dan gebeurt blijkt uit fig. 6. Tussen het vliegwiel en de drukplaat (verbonden met de versnellingsbak) bevindt zich een koppelingsplaat waarop frictievoeringen zijn aangebracht.

Deze voeringen worden door veren tussen het vliegwiel (A) en de drukplaat (B) geklemd (fig. 6).

Maar bij het intrappen van het koppelingspedaal (fig. 7) wordt de druk van de veren opgeheven en de koppeling is 'vrij', d.w.z. de voeringen van de koppelingsplaat worden niet meer ingeklemd en de verbinding tussen motor en versnellingsbak is verbroken. We kunnen nu naar hartelust inschakelen, d.w.z. bij het wegrijden de eerste versnelling inschakelen. Laten we het koppelingspedaal los, dan ontstaat weer de situatie als in fig. 6.

De versnellingsbak

Als een auto in beweging moet worden gebracht, dient er een weerstand overwonnen te worden. Dit hebben we zelf wel eens meegemaakt als we een auto een eindje moesten wegduwen. Het in beweging brengen ging ontzettend zwaar, maar als er eenmaal beweging in gekomen was, ging het heel wat makkelijker om het voertuig in beweging te houden.

Er dient dus een mogelijkheid te zijn om de trekkacht van de motor bij het in beweging brengen van de auto te vergroten. Hiertoe gebruikt men een tandwieloverbrenging.

Nu zou een overbrenging van tandwielen van gelijke grootte niet veel helpen. De kracht wordt dan wel overgebracht, maar niet vergroot. Dit is wèl het geval als we het ene tandwiel een ander - groter - tandwiel laten aandrijven, dat bv. tweemaal zo veel tanden heeft (fig. 8).

Het grote tandwiel zal dan nog maar met de halve snelheid van het kleine tandwiel draaien, maar de draaiende kracht (het 'koppel') is twee maal zo groot.

We treffen in een versnellingsbak (fig. 9) dan ook tandwielen van verschillende grootte aan en met behulp van de versnellingshendel (onder automobilisten beter bekend als 'de pook') kunnen we allerlei combinaties maken die resulteren in de eerste versnelling (grootste trekkracht), tweede versnelling, derde versnelling en vierde versnelling. In laatstgenoemde versnelling draait de ingangsas (ook wel primaire as genoemd) even snel als de uitgangsas (hoofdas). Er vindt dus geen snelheidsvermindering (reductie) plaats, maar ook geen vergroting van de trekkracht. Dit is dus een directe aandrijving, ook wel 'prise directe' genoemd.

Cardanas met kruiskoppelingen

De motor met versnellingsbak is in de auto bevestigd en dit complex heeft wel enige bewegingsvrijheid omdat bij de ophangpunten rubber wordt toegepast, maar die vrijheid is toch maar zeer beperkt. In ieder geval heel wat minder dan de bewegingsvrijheid die een achteras moet hebben, want deze moet met de oneffenheden van het wegdek op en neer kunnen veren, zoals fig. 10 toont. Daarom is de cardanas - de lange as van de versnellingsbak naar de achteras - voorzien van cardankoppelingen of kruiskoppelingen. Een kruiskoppeling is een soort dubbele scharnier die het mogelijk maakt de kracht onder een hoek over te brengen.

Dan komen we ten slotte aan het mechanisme dat van de cardanas af de kracht naar de achterwielen moet overbrengen. Om te beginnen moet dit natuurlijk een haakse overbrenging zijn. De cardanas immers bevindt zich in de lengterichting van de wagen, terwijl de wielassen de kracht in dwarsrichting op de wielen moeten overbrengen. Een haakse overbrenging is mogelijk door middel van een stel kegeltandwielen, zoals fig 11 toont.

Het kleinste van dit stel, het aandrijftandwiel, heet de pignon. Het grootste het kroonwiel. Tandwielen dus van ongelijke grootte, zodat ook hier een vermindering (reductie) van het toerental plaatsvindt, maar een vermeerdering van het koppel (de trekkracht). Omdat dit de laatste reductie in de reeks is, noemen we deze overbrenging de 'eindreductie'.

Het verschil met de versnellingsbak is dat deze een aantal variabele reducties oplevert die we zelf uitkiezen. Maar bij de eindreductie valt er niets te kiezen; het is een vaste reductie. De ingangsas - in dit geval de cardanas - draait dus sneller dan de uitgaande assen (de assen die de achterwielen aandrijven)

Differentieel

Maar een constructie zoals fig. 11 laat zien, zou op grote praktische bezwaren stuiten. Kijkt u maar even naar fig. 12. Als de wagen een bocht moet maken, legt het ene wiel een grotere afstand af dan het andere wiel. Het ene wiel moet dus meer omwentelingen maken dan het andere. En met de constructie uit fig. 11 kan dat niet, want beide wielen zijn via de aandrijfas star met elkaar verbonden.

Hier zitten we dus met de moeilijkheden dat twee wielen moeten worden aangedreven, maar ieder met een verschillende snelheid. Draait het ene wiel sneller, dan moet het andere evenredig langzamer draaien. Er is dus een compensatie-inrichting nodig en dit is het mechanisme dat we differentieel noemen.

Als de einden van de wielassen nu eens ieder met een tandwiel waren uitgerust, zou je eigenlijk een stang (met een draaipunt in het midden) moeten hebben, die de tandwielen aan elkaar koppelt. In fig. 13 is dit verwezenlijkt. Als we hefboom C naar ons toetrekken, moeten beide tandwielen met assen (A en B) even snel verdraaid worden. Wordt tandwiel A echter op een of andere manier tegengehouden, zodat het langzamer gaat draaien, dan zorgt de stang er voor dat het andere tandwiel evenredig sneller gaat (fig. 14).

Natuurlijk kan zo'n stang dit maar in beperkte mate doen, maar we kunnen hem door een tandwiel vervangen, zoals in fig. 15.

Trekken we dit tandwiel (dat satelliet wordt genoemd) recht naar voren, dan worden beide astandwielen met gelijke snelheid meegenomen. Ondervindt een van de astandwielen een weerstand, zodat het langzamer gaat draaien, dan verdraait de satelliet zicht (net als de hefboom) en laat 't andere tandwiel sneller gaan.

In fig. 16 is het differentieel compleet: de pignon drijft het grote kroonwiel aan, waaraan de differentieelhouder met satelliet is bevestigd. De satelliet verdraait zich niet ten opzichte van de astandwielen, maar neemt beide met gelijke snelheid mee. Beide wielassen (en daarmee beide achterwielen) worden dus even snel aangedreven. Maar ondervindt een der wielen een weerstand (bv. in een bocht) dan kan het ene wiel langzamer draaien en het andere wiel evenredig sneller.

In de praktijk worden gewoonlijk twee satellieten toegepast, maar dat verandert natuurlijk niets aan het principe. In fig. 17 zien we nog hoe het differentieel zich in het achterashuis bevindt en hoe de wielas het wiel doet roteren om aldus de auto voort te stuwen.

Alles achter of alles voor

De tot dusver besproken opstelling is van toepassing voor een groot deel van de Amerikaanse en Japanse auto's en een kleiner deel van de Europese auto's. Bij kleinere wagens is het aantrekkleijk om motor, koppeling, versnellingsbak en haakse overbrenging als een compact geheel uit te voeren. Dit leidt dan tot een constructie waarbij krachtbron en transmissie achterin worden geplaatst (alles achter - fig. 18) of voorin (alles voor - fig. 19).

De 'alles achter'-constructie is aan het verdwijnen. 'Alles voor' is aan de winnende hand en wordt nu ook voor grotere auto's meer en meer toegepast. Heel vaak plaatst men dan de motor dwars voorin, zoals in fig. 19, waardoor een zeer compact geheel wordt verkregen en zelfs de haakse eindoverbrenging niet meer nodig is.

Daarom worden in fig. 20 voor deze overbrugging geen haakse, maar rechte tandwielen toegepast. Maar ook bij voorwielaandrijving kan de motor in de lengterichting van de auto zijn opgesteld. Hoe in dat geval de kracht van het vliegwiel naar de voorwielen wordt overgebracht, toont fig. 21.

Het motorvliegwiel V met de koppeling drijft de versnellingsbaktandwielen VT aan en zij brengen de kracht over naar de eindreductie (pignong en kroonwiel) met differentieel D. Dit alles is in één huis ondergebracht. Van dit huis af brengen de wielaandrijfassen waarvan er één wordt getoond (WA) met kruiskoppelingen (K) de kracht naar de voorwielen over.

De drie bouwwijzen 'motor voorin - aangedreven achterwielen', 'alles voor' en 'alles achter' hebben ieder hun voor- en nadelen. Deze hebben te maken met ruimtebenutting, fabricagekosten en gewichtsverdeling. Dit laatste houdt weer verband met de rij-eigenschappen. Ook daarop komen we nog uitgebreid terug. We zijn nu alleen maar aan het verkennen.

Een auto moet kunnen veren

De wielen moeten de oneffenheden in het wegdek kunnen volgen, dus op en neer kunnen gaan, zonder dat ze deze beweging op de bovenbouw, carrosserie genaamd, overbrengen. Het is de taak van de veren om die op en neerwaartse bewegingen van de wielen te absorberen. Dat kan een schroefveer zijn, zoals in fig. 22, een veertype dat veel wordt toegepast.

Er zijn ook auto's waarop men nog bladveren tegenkomt (fig. 23), maar ze worden niet zo veel meer toegepast.

Dan is er nog de torsieveer (fig. 24) in de vorm van een staaf die 'opgewonden' wordt. De staaf is van verend materiaal en komt dus vanzelf weer zin zijn oorspronkelijke stand terug. Maar welk type veer ook gebruikt wordt, door het voortdurend in- en uitveren tijdens het rijden zal de veer in trilling geraken. De trillingen moeten gedempt worden en dit is de taak van de schokdemper.

Soms zijn veer en schokdemper tot één element samengevoegd. Dit is het geval bij auto's die op lucht veren, in combinatie met vloeistof. Men spreekt dan van hydropneumatische vering.

Een auto moet gestuurd worden

Allicht, want daardoor onderscheidt een auto zich nu juist van een tram of trein die langs spoorstaven of rails wordt geleid. Een auto moet men naar wens van richting kunnen veranderen. Als we aan het stuurwiel draaien, wordt deze beweging door een overbrenging in het stuurhuis en verder door een stangenstelsel op de voorwielen overgebracht (fig. 25).

De auto moet geremd worden

Om een rijdende auto te kunnen vertragen of tot stilstand te brengen, is een remsysteem nodig. Alle vier wielen zijn dus van een rem voorzien. Heel vaak worden voor de achterwielen trommelremmen gebruikt en voor de voorwielen schijfremmen. Het bedienen van de rem gebeurt met behulp van een vloeistof en men spreekt dan ook van een hydraulisch remsysteem.

Als we het rempedaal indrukken (fig. 26) wordt een zuiger in een hoofdremcilinder verplaatst en de zuikger verplaatst op zijn beurt de remvloeistof via leidingen naar de wielcilinders. Daar wordt de druk op de vloeistof gebruikt om twee zuigers naar buiten te duwen en deze drukken twee remschoenen met voeringen tegen de draaiende trommel aan (trommelrem).

Bij een schijfrem worden de zuigers van de wielcilinders juist naar elkaar toe geduwd. Zij drukken de remblokken tegen een draaiende schijf.

Met of zonder chassis

Een auto is dus een verzameling hoofdonderdelen (motor, transmissie, veren, stuurinrichting, remsysteem) die ergens aan bevestigd moeten worden.

Vroeger was dit altijd aan een chassisraam (fig. 27) dat de ruggegraat van het voertuig vormde. Nadat alle hoofdonderdelen er in en er aan waren bevestigd, werd de bovenbouw of carrosserie op het chassisraam geplaatst en de auto was klaar.

Deze methode is voor vrachtauto's en voor een deel van Amerikaanse personenauto's nog steeds gebruikelijk. Maar bij Europese auto's treft men geen chassis meer aan. De carrosserie is dan sterk genoeg om zelf de ruggegraat te kunnen vormen. Men spreekt in dat geval van een zelfdragende carrosserie (fig. 28).

Hierin worden de motor, versnellingsbak en achterbrug gehangen en ook de veren, de stuurinrichting en de remmen worden er aan bevestigd.

Elektrische installatie

In een auto wordt veel gebruik gemaakt van elektriciteit. Er is immers verlichting nodig en er moeten signaalinrichtingen aanwezig zijn zoals een claxon en knipperlichten. Er zijn elektromotoren nodig om de ruitenwisser aan te drijven en om de 'grote motor' in beweging te brengen. Dat doet de startmotor. Ook is er een vonk nodig om het gas in de cilinders te ontsteken.

Er is dus een hele serie stroomverbruikers die gevoed moeten worden. De voedingsbron hiervoor is de dynamo of alternator in combinatie met de accu. Al deze elektrische apparaten met de daarvoor benodigde kabels en schakelaars vormen samen de elektrische installatie (fig. 29)

Hiermee is onze verkenningstocht door de auto geëindigd. We hebben kennis gemaakt met alle hoofdonderdelen. Deze werken onderling samen en daarom is het nuttig dat u nu alvast een overzicht hebt. We kunnen ons nu gemakkelijker bezighouden met diverse delen afzonderlijk.

Hoofdstuk 2

Wat er in de motor gebeurt.

De motor in onze auto is een verbrandingsmotor. Als het een benzinemotor is, wordt in een cilinder een mengsel van benzine en lucht binnengebracht, afkomstig van de carburator (fig. 30). Het mengsel wordt binnengebracht via de inlaatklep, die daartoe wordt geopend. Nu moet het mengsel worden samengeperst, door een vonk tot onbranding worden gebracht en na het verbranden via een uitlaatklep worden afgevoerd.

Bij vrijwel alle automotoren speelt dit proces zich af tijdens vier zuigerslagen, d.w.z. twee krukasomwentelingen. Een zuigerbeweging van zijn hoogste naar zijn laagste stand of omgekeerd, heet slag. Als de zuiger een slag heeft gemaakt, heeft de krukas een halve omwenteling gemaakt. Laten we aan de hand van fig. 30 de eerste slag nog eens volgen.

Inlaatslag

Op de eerste slag gaat de zuiger omlaag en is de inlaatklep open. Daar het volume boven de zuiger steeds groter wordt, ontstaat er een luchtverdunning, zodat de druk in de cilinder lager wordt dan die van de atmosferische lucht. We noemen dit onderdruk of vacuum.

De atmosferische lucht vult dit vacuum weer op; dus achter de omlaaggaande zuiger aan, stroomt via het inlaatsysteem en door de geopende inlaatklep buitenlucht in de cilinder. Deze lucht passeert echter eerst de carburator en voert vanuit de sproeier deeltjes benzine mee. Tijdens de eerste slag, de inlaatslag, wordt de cilinder dus gevuld met een mengsel van lucht en benzine. Zie ook fig. 31A.

Compressieslag

De zuiger gaat nu weer omhoog (fig. 31B), maar inmiddels is de inlaatklep gesloten. Het brandbare mengsel zit in de cilinder opgesloten en naarmate de zuiger verder omhoog gaat, komt het mengsel onder een steeds hogere druk te staan.

We kunnen ook zeggen dat het mengsel wordt gecomprimeerd en daarom heet deze tweede slag de compressieslag. Is de zuiger aan het einde van zijn slag gekomen, dan zit het mengsel in een kleine ruimte samengeperst.

Werkslag

Maar even voordat de zuiger zijn hoogste punt heeft bereikt, gebeurt er iets bijzonders. De bougie die in de cilinderkop is geschroefd, heeft een vonk laten overspringen en daarop volgt de verbranding van het mengsel (fig. 31 C).

Het wordt ook wel eens een explosie genoemd, maar dit is onjuist, evenals de daarvan afgeleide naam explosiemotor. Wat wel gebeurt is een snelle, maar gelijkmatige verbranding, zodat in korte tijd de druk hoog oploopt. Het verbrande gas expandeert en drukt de zuiger met kracht omlaag. Omdat tijdens deze slag arbeid wordt geleverd, heet deze de arbeidsslag of werkslag.

Uitlaatslag

Tegen het einde van de werkslag wordt de uitlaatklep geopend en bij de daarop volgende opgaande slag van de zuiger kan het afgewerkte gas via de uitlaatklep de cilinder verlaten (fig. 31D).

Aan het einde van deze vierde slag, de uitlaatslag, gaat de inlaatklep weer open en begint het proces opnieuw: de zuiger gaat omlaag en de cilinder wordt gevuld met een vers mengsel, dat ook wel 'gas' genoemd wordt.

Omdat het gehele proces in de cilinder zich in vier slagen afspeelt, spreken we van een vierslagmotor. Ook gebruikelijk is het woord 'viertaktmotor', geleend van de Duitsers, omdat zij een slag een 'takt' noemen.

De tweeslagmotor

Wie de werking van een vierslagmotor bekijkt, vindt het misschien een wat ingewikkelde zaak. Vooral het gedoe met de kleppen en het gehele mechanisme dat nodig is om de kleppen te bedienen. Nu kan desnoods het gehele kleppensysteem vervallen, maar dan moet er wel iets voor in de plaats komen om het gas in de cilinders te brengen en weer af te voeren. Het is de tweeslag- of tweetaktmotor waarbij dit mogelijk is. Ook ziet deze motor kans het hele proces van gas toevoeren, samenpersen, verbranden en weer afvoeren in twee zuigerslagen, dus één krukasomwentelingen, te laten voltrekken.

Poorten in plaats van kleppen

De kleppen en alles wat hiermee te maken heeft is bij een tweeslagmotor vervangen door een paar simpele poorten in de cilinders: een inlaatpoort en een uitlaatpoort. Het verse gas komt echter niet rechtstreeks in de cilinder terecht, maar in het gedeelte van de motor dat het carter wordt genoemd (fig. 32A).

Tegelijkertijd wordt boven de zuiger een vers gas samengeperst; daar vindt dus de compressieslag plaats. In het carter wordt het gas door de omlaaggaande zuiger voor een gedeelte samengeperst of 'voorgecomprimeerd', zoals dit meestal wordt genoemd (fig. 32 B).

Tijdens deze fase vindt boven de zuiger de verbranding plaats. In fig. 32 C is de zuiger zo ver gedaald, dat aan de andere zijde van de cilinder een derde poort vrijkomt: de overstroom- of spoelpoort, die met het carter in verbinding staat. Het voorgecomprimeerde gas uit het carter kan nu naar de cilinder stromen en tegelijkertijd verdwijnen de verbrande gassen via de uitlaatpoort naar buiten.

De kringloop is hiermee - in twee zuigerslagen (één krukasomwenteling) - voltooid. Bij de volgende slag wordt het verse gas uit het carter boven de zuiger samengeperst en intussen stroomt er weer een nieuwe lading gas in het carter.

Spoelen en smeren

Bij het in fig. 32 afgebeelde systeem wordt gebruik gemaakt van een verhoging op de zuiger - een z.g. kamzuiger - die het verse gas uit het carter omhoog richt. Daarmee wordt voorkomen dat dit gas rechtstreeks naar de uitlaatpoort stroomt. Maar hiervoor kunnen ook andere systemen worden toegepast. Deze zijn er op gericht de cilinder zoveel mogelijk vrij te maken van verbrande gassen, wat meestal 'spoelen' wordt genoemd.

Aangezien het mengsel van benzine en lucht in het carter terechtkomt waarin zich de draaiende delen bevinden, kan ook een hoeveelheid olie aan de benzine worden toegevoegd (mengsmering).

Kleine motoren

Een vierslagmotor ontvangt op vier zuigerslagen één krachtimpuls. Een tweeslagmotor één krachtimpuls op twee zuigerslagen. Daaruit moet echter niet worden geconcludeerd dat een tweeslagmotor dan ook het dubbele vermogen opbrengt. Want bij de spoeling treden verliezen op. Er blijft een kleine hoeveelheid verbrand gas in de cilinder achter en er verdwijnt ook een kleine hoeveelheid vers gas via de uitlaatpoort. Hoe groter de tweeslagmotor, hoe meer de verliezen een rol gaan spelen. Maar bij een kleine tweeslagmotor hebben de verliezen niet zo veel te beteken en is hij vanwege zijn grote eenvoud dan ook de ideale krachtbron voor bromfietsen, grasmaaimachines, enz.

Als krachtbron voor de auto heeft de tweeslagmotor geen grote betekenis meer, maar er zijn nog enkele merken overgebleven. Een hiervan wordt in België geimporteerd, dus ook in ons land is het voor de liefhebbers van een auto met tweeslagmotor nog mogelijk er een aan te schaffen.

Multicilindermotor

Het beschreven proces van de vierslagmotor speelt zich af in één cilinder. Sommige motoren, zoals van motortweewielers, omvatten niet meer dan één cilinder en dan spreekt men ook wel van een monocilindermotoren. Auto's hebben motoren met meer cilinders, dus multicilindermotoren.

Het kleinste aantal is twee, maar in de meerderheid van Europese en Japanse auto's staat een viercilinder motor. Er zijn ook automotoren met 6, 8 en 12 cilinders en dan nog enkele uitzonderingen met 3 en 5 cilinders. Een meercilindermotor is natuurlijk zo ingericht dat in iedere cilinder een ander soort slag aan de gang is. Nemen we als voorbeeld een vier cilinder motor (fig. 33).

In één van de cilinders wordt de zuiger omlaaggedrukt tijdens de werkslag. In een andere cilinder waarin de zuiger eveneens omlaag gaat, maakt deze zijn inlaatslag; daarom is de inlaatklep in deze cilinder geopend. De twee andere zuigers gaan omhoog; de een maakt zijn compressieslag (daarom zijn beide kleppen gesloten) en de ander maakt zijn uitlaatslag (uitlaatklep geopend).

Cilinders zijn zuiver ronde gaten in een blok gietijzer of lichtmetaal (fig. 34)

Ze kunnen op één rij zijn geplaatst zodat een lijnmotor ontstaat. Ze kunnen ook tegenover elkaar zijn geplaatst en dan spreekt men van een boxermotor. Staan cilinders naast elkaar in V-vorm, dan hebben we te maken met een V-motor. Diverse opstellingen van de cilinders vindt u in fig. 35.

Met de onderdelen getoont in fig. 36 (cilinder, zuiger, kleppen, drijstang en krukas) kan dus een motor worden gevormd. Wel moeten dan de kleppen automatisch op tijd geopend en gesloten worden. Dit gebeurt door nokken, aangebracht op een nokkenas. Via tandwielen wordt de nokkenas door de krukas aangedreven.

Nu hebben we al gezien hoe de zuiger vier slagen en de krukas twee omwentelingen maakt: het zogenaamde vierslagproces. Tijdens dit proces moeten de inlaatklep en de uitlaatklep ieder één keer geopend worden. Hieruit volgt dat de nokkenas in dezelfde tijd maar één omwenteling moet maken. Daarom heeft het tandwiel op het eind van de nokkenas eens zo veel tanden als het tandwiel op het eind van de krukas. Twee omwentelingen van de krukas leveren voor de nokkenas dus één omwenteling op. De nokken zijn natuurlijk zodanig op de nokkenas aangebracht dat ze de inlaatklep en uitlaatklep op het gewenste tijdstip openen.

Om een motor te laten draaien is meer nodig. Allereerst brandstof en lucht. Maar ook een vonk om het samengeperste mengsel te ontsteken. Verder is voor de bewegende delen smering nodig en moet de overtollige warmte worden afgevoerd.

Een motor is dus gecomplimeerder dan de eenvoudige krachtbron in fig. 36, want er zijn nodig: een brandstofpomp, een carburator, een luchttoevoer, toe- en afvoer van het gas, een ontstekingsinstallatie, een smeersysteem en een koelsysteem. Daarom gaan we nu de complete motor eens van binnen en buiten bekijken.

De motor in- en uitwendig

De benzine wordt meegevoerd in een tank aan de achterzijde van de auto (of voorin als de motor achterin is geplaatst). Er is dus een benzinepomp (2 in fig. 37) nodig, die benzine vanuit de tank naar de carburator transporteert.

Gewoonlijk wordt de pomp langs mechanische weg door de motor aangedreven, vaak door een excentriek op de nokkenas. In fig. 37 ziet u tevens de carburator (1) die benzine en lucht krijgt toegevoerd. Benzine via een leiding vanaf de pomp en lucht via het luchtfilter boven op de carburator.

Cilinderkop, motorblok en carter

Het benzine/luchtmengsel, tot stand gebracht door de carburator, stroomt via een inlaatspruitstuk (een soort verdeelbuis) en kanalen in het motorblok naar de verbrandingsruimte van elke cilinder.

De verbrandingsruimten bevinden zich in de cilinderkop (fig. 38), die met tapeinden en moeren boven op het cilinderblok of motorblok is bevestigd. Om een goede afsluiting te verkrijgen bevindt zich tussen het motorblok en de cilinderkop een koppakking.

In de cilinderkop zijn tevens de kleppen gemonteerd (een inlaatklep en een uitlaatklep in iedere verbrandingsruimte). Het onderste gedeelte van het motorblok heet de krukkast; dit is geen afzonderlijk onderdeel, want het vormt een geheel met het gedeelte waarin zich de cilinders bevinden. De naam krukkast spreekt voor zich zelf; het is het gedeelte waarin de krukas draait en is aan de onderzijde afgesloten door een bak die het carter wordt genoemd. In het carter bevindt zich de olievoorraad. Tussen het carter en de krukkast wordt ook weer een pakking geplaatst.

Distributie

We hebben al eerder gezien hoe de krukas via tandwielen de nokkenas aandrijft. De tandwielen kunnen rechtstreeks in elkaar grijpen, maar ook door middel van een ketting met elkaar verbonden zijn (fig. 39). De tandwielen op het eind van de krukas en de nokkenas noemt men 'distributiewielen'. Is een ketting aanwezig, dan heet deze de distributieketting. Het geheel is afgesloten door een deksel: het distributiedeksel.

Kleppenmechanisme

Bij de constructie in fig. 39 bevindt de nokkenas (die via lange stangen de kleppen commandeert) zich naast de krukas in de krukkast. De nokken drukken tegen klepstoters en deze beweging wordt via de lange stoterstangen of tuimelaarstangen overgebracht naar de kleptuimelaars op de cilinderkop (fig. 40).

Als het ene eind van de tuimelaar (deze scharniert om de tuimelaaras) omhoog wordt gedrukt, gaat het andere eind omlaag. dit andere eind drukt tegen de klepsteel, dat is het lange gedeelte van de klep dat in de klepgeleider heen en weer gaat. Het gedeelte van de klep waar zich het stuitvlak bevindt heet klepschotel.

Als de klep gesloten is, rust het sluitvlak op de klepzitting. Wordt het tuimerlaarseind door de stoterstang omhoog geduwd, dan gaat het andere eind omlaag en zo wordt via de klepsteel de klep van zijn zitting geduwd, tegen de spanning van een veer in. De klep is dan geopend. Betreft het een inlaatklep dan kan er een mengsel van brandstof en lucht de cilinder binnenstromen. Betreft het een uitlaatklep, dan kunnen de verbrande gassen de cilinder verlaten om via het uitlaatsysteem in de buitenlucht stromen. Na het openen drukt de klepveer de klep weer op zijn zitting.

Bovenliggende nokkenas

Aangezien de kleppen in de cilinderkop zijn aangebracht, is de motor een kopklepmotor. Vroeger bestonden er ook zijklepmotoren, maar de verbrandingskamer had daarbij geen gunstige vorm.

Geruime tijd is daarop de kopklepmotor (bediend door een laagliggende nokkenas naast de krukas in de krukkast) het meest voorkomende motortype geweest. In die tijd werd bij sportwagenmotoren een andere methode van klepaandrijving toegepast: de bovenliggende nokkenas. Deze naam ontleende men aan het feit dat de nokkenas boven op de cilinderkop was gemonteerd (fig. 41).

De kleppen konden dan eveneens door tuimelaars of door armen of ook rechtstreeks door klepstoters worden gecommandeerd. De lange stoterstangen, die natuurlijk wat elastisch waren, kwamen dan te vervallen en dit was een voordeel want daardoor werd de klepbediening exacter. De kleppen werden geopend precies op het moment dan de motorontwerper het wilde en daardoor kon de motor betere prestaties leveren.

Het bezwaar van de bovenliggende nokkenas was de zeer lange distributieketting (fig. 42) die nodig was om de krukas (laag in de krukkast) de nokkenas (hoog op de cilinderkop) te laten aandrijven. Wilde men deze aandrijving goed laten functioneren, dan was voor de lange ketting een spaninrichting nodig en daarmee werd de distributie een vrij dure uitvoering. Voor motoren van dure auto's en sportwagens was dit geen bezwaar, maar voor de auto in de meer populaire prijsklasse wel.

Tandriem

Een grote vereenvoudiging van de aandrijving van de bovenliggende nokkenas kon gerealiseerd worden toen het mogelijk bleek hiervoor een tandriem van kunststof te gebruiken (4 in fig. 37).

De riem bezit aan de binnenzijde een profiel dat op de tandwielen van overeenkomstige vorm past. Zelfs als de slijtage van zo'n riem groter is dan van een ketting, is dit nog geen ramp, want de riem behoeft niet in olie te lopen, maar kan aan de buitenzijde van de motor worden geplaatst; hij behoeft slechts afgeschermd te worden door een eenvoudig scherm. Vervanging is dan eveneens gemakkelijk.

Het mag hier wel even gememoreerd worden dat Glas de eerste was die op zijn motoren zo'n riem van kunststof toepaste. Het merk Glas is verdwenen, maar de aandrijving van de bovenliggende nokkenas door middel van een tandriem van kunststof kan men thans aantreffen op tal van motoren in auto's die in de popoulaire prijsklasse vallen.

Warmte afvoeren

Bij het verbranden van brandstof komt een grote hoeveelheid warmte vrij. Het is niet mogelijk alle warmte in nuttige arbeid om te zetten. Daarom moet een deel van de warmte worden afgevoerd omdat anders de motor oververhit zou raken.

Dit gebeurt door middel van het koelsysteem. Bij een vloeistofkoelsysteem zijn de cilinders en de verbrandingskamers dan ook omgeven door holle ruimten, die men watermantels noemt. Men vindt deze ruimten zowel in het motorblok als in de cilinderkop. U kunt ze duidelijk zien in fig. 40.

Mengsel mag niet weglekken

Het samengeperste mengsel boven de zuiger mag niet weglekken tussen de zuiger en de cilinder. Daarom is de zuiger van verende ringen voorzien, de zuigerveren (fig. 43).

Vooral de bovenste veren hebben een afgedichtende taak en heten daarom compressieveren. De onderste veer heeft tot taak de overtollige olie op de cilinderwanden naar het carter terug te voeren en heet daarom olieveer of ook wel olieschraapveer.

Fig. 43 laat tevens zien hoe de drijfstang door middel van een zuigerpen aan de zuiger is bevestigd. De andere zijde van de drijfstang is met lagerschalen aan een van de pennen van de krukas bevestigd. Dit vormt dus het drijfstanglager. De krukas zelf rust met een aantal tappen - en eveneens met behulp van lagerschalen - in het krukkastgedeelte van het motorblok. Deze steunpunten noemt men de hoofdlagers.

Daarmee hebben we de motor van binnen en buiten grotendeels verkend. In fig. 37 vindt u nog de onderbreker/stroomverdeler (3) die een hoofdrol speelt bij het opwekken van de vonken voor de ontsteking en ten slotte het oliefilter (8) dat deel uitmaakt van het smeersysteem.

LPG als brandstof

Benzine is een dure brandstof geworden, zodat het geen wonder is dat een veel goedkopere brandstof, zoals LPG (de beginletters van Liquified Petroleum Gas) snel aan populariteit heeft gewonnen. Ondanks zijn relatieve lage prijs is LPG toch een hoogwaardige brandstof.

Het kenmerk van een motor die op benzine draait, is dat het mengsel van benzine en lucht vaak in de vorm van een nevel in de cilinders stroomt (fig. 44).

Wat men dus vaak 'gas' noemt, is geen echt gas. Maar LPG is - als het de cilinder binnenstroomt - wel een echt gas. Daardoor wordt het volledig verbrand, zodat de motor inwendig schoner blijft. En een inwendig schone motor heeft een langere levensduur.

Nu is LPG in een benzinemotor uitstekend te gebruiken, maar de motor moet wel voor dit gebruik worden aangepast. De hiervoor vereiste onderdelen (fig. 45) zijn een speciale tank (2) met toebehoren, een gasafsluiter (3), een verdamper/drukregelaar (5) en ten slotte een mengapparaat (6) dat onder de carburator (9) wordt geplaatst. Met een dergelijke installatie kan altijd van LPG naar benzine of omgekeerd worden omgeschakeld, want het benzinetoevoersysteem blijft volledig gehandhaafd.

De Engelse naam Liquified Petroleum Gas betekent 'Vloeibaar gemaakt aardoliegas'. Dit gas komt vrij zowel bij de winning als bij de raffinage van aardolie en wordt vloeibaar gemaakt door het onder druk te brengen. Hiervoor is een druk van ca. 4 bar nodig (vroeger zouden we zeggen 4 atmosfeer).

Onder deze druk kan de brandstof dus in vloeibare staat getransporteerd worden, wat heel wat economischer is dan een vervoer in gasvorm. LPG wordt dus ook in vloeistofvorm in de tank van de auto meegevoerd, maar dit moet dan wel een druktank zijn van stevige constructie.

De verdamper/drukregelaar is het apparaat dat de druk vermindert en warmte (afkomstig van het koelsysteem) toevoert, zodat de vloeibare brandstof in gasvorm overgaat. Vervolgens stroomt het gas naar het mengapparaat, waar het gas wordt gemengd met de door de motor aangezogen lucht. Dit volkomen droge mengsel van gas en lucht komt als een ideaal mengsel de cilinders binnen om te worden verbrand.

Nu kunnen tegenover de voordelen van LPG ten opzichte van benzine ook een paar nadelen worden geplaatst.

Een liter LPG heeft een iets lagere verbrandingswaarde dan benzine. Dit betekent dat op een liter LPG ca. 15% minder kilometers dan op benzine kunnen worden afgelegd. Een motor die op benzine 10 liter per 100 km verbruikt, zal dan op LPG 11,5 à 12 liter verbruiken.

Ook het vermogen gaat met LPG iets omlaag, zodat met een wat lagere topsnelheid rekening moet worden gehouden. Maar de vermindering is gewoonlijk niet meer dan 6%.

Een ander nadeel is dat de LPG-tank meestal in de bagageruimte wordt geplaatst, zodat men een deel van die ruimte kwijt is. Maar het laatste jaar heeft men andere oplossingen met de plaatsing van de tank bedacht, zodat ruimteverlies niet zo'n grote rol meer speelt.

Toch zijn vele automobilisten nog huiverig om op gas te gaan rijden omdat ze menen dat er gevaren aan verbonden zijn. Dit zou zeker het geval zijn wanneer een motor door een handige knutselaar voor LPG zou worden omgebouwd. Maar als de ombouw serieus en vakkundig gebeurt, hoeft het gebruik van LPG beslist niet gevaarlijk te zijn dan het gebruik van benzine. Bij een verkeersongeval is LPG eerder in het voordeel, want de LPG-tank is veel sterker dan de benzinetank en zal dan ook niet openscheuren.

De dieselmotor

Dieselbrandstof, ook dieselolie, gasolie of mazout genoemd, is net als LPG aanzienlijk goedkoper dan benzine. Hiervoor is echter een motor nodig die principieel afwijkt van de benzinemotor.

In de benzinemotor immers wordt een mengsel van benzine en lucht samengeperst en door een vonk van een bougie tot ontsteking gebracht. Daarmee onderscheidt deze motor zich duidelijk van de dieselmotor, waaraan geen vonk en dus ook geen ontstekingsinstallatie te pas komt.

Het kenmerk van een dieselmotor is dat tijdens de inlaatslag (fig. 46A) uitsluitend lucht in de cilinder komt in plaats van een mengsel van lucht en benzine zoals bij een benzinemotor.

Tijdens de compressieslag (fig. 46 B) wordt de lucht zeer sterk samengeperst (tot een hogere druk dan bij een benzinemotor), waardoor de lucht een hoge temperatuur krijgt. Als dan aan het eind van de compressieslag via een verstuiver brandstof (dieselolie) in de hete lucht wordt gespoten (fig. 46 C) ontstaat een verbranding en drukken de expanderende gassen de zuiger met kracht omlaag. Dit is dus de arbeidsslag.

Bij de volgende opgaande zuigerslag wordt de uitlaatklep geopend en kunnen de verbrande gassen de cilinder verlaten (uitlaatslag) (fig. 46 D).

Uiterlijk onderscheidt de dieselmotor zich van een benzinemotor door de aanwezigheid van een brandstofpomp die de brandstof via de verstuivers in de sterk samengeperste en hete lucht perst. Verder zijn de motoronderdelen zwaarder uitgevoerd omdat ze hogere drukken moeten weerstaan.

Voor bedrijfswagens is de dieselmotor de aangewezen krachtbron. Maar vanwege het economische brandstofverbruik komt de diesel ook als krachtbron voor personenwagens in aanmerking. Tot voor enkele jaren geleden waren er slechts enkele automerken die een personenwagen-dieselmotor op hun programma hadden staan. Maar dit is inmiddels uitgegroeid tot meer dan een dozijn merken.

Brandstofprijzen

Als we het prijspeil van de diverse motorbrandstoffen buiten beschouwing laten, hebben motoren op LPG en dieselmotoren bepaalde voordelen ten opzichte van motoren die uitsluitend op benzine draaien. Maar er zijn ook nadelen. Van LPG werden deze al genoemd en voor een dieselmotor kan gezegd worden dat zijn specifiek vermogen (vermogen ten opzichte van één liter cilinderinhoud) lager is dan dat van de benzinemotor.

Deze nadelen worden overschaduwd door de relatief lage prijs van LPG en dieselolie. Maar men dient er wel rekening mee te houden dat het lage prijsniveau van deze brandstoffen vrijwel uitsluitend het gevolg is van een fiscaal beleid in België, dat in grote trekken gelijk is aan dat van Nederland en Luxemburg. Maar buiten het Benelux-gebied liggen de zaken anders en genieten LPG en dieselbrandstof niet altijd de milde fiscale heffingen.

Wankelmotor

De tot dusver besproken motoren hebben gemeen dat ze heen en weer gaande zuigers omvatten. Zo'n zuiger maakte een rechtlijnige beweging tot aan het eind van de slag, staat dan heel even stil en beweegt zich dan weer in omgekeerde richting. En hoewel de moderne zuigermotor zeker een soepele krachtbron kan worden genoemd, zou een motor toch nog soepeler kunnen zijn als het heen en weer gaande onderdeel werd vervangen door een roterend onderdeel.

Dit is het geval bij de draaizuigermotor, die ook wel rotatiemotor of wankelmotor wordt genoemd, naar dr. Felix Wankel, een Duitse technicus die deze krachtbron grotendeels tot ontwikkeling heeft gebracht.

De zuiger van deze motor is driehoekig (fig. 47) en omdat de zuiger roteert, wordt hij ook wel rotor genoemd. Deze beweegt zich in een huis dat wel iets weg heeft van het cijfer acht. De rotor maakt niet alleen een roterende, maar ook een excentrische beweging. Daarom volgen de hoeken van de rotor altijd de wand van het 8-vormig huis. Er blijven tussen de rotor en het huis een aantal ruimten over die steeds van vorm veranderen en waarin zich het proces afspeelt van gas toevoeren, samenpersen, verbranden en het verbrande gas afvoeren. Hoe dit gebeurt maakt fig. 48 A t/m D duidelijk.

De kamer waarin zich de rotor beweegt, is voorzien van een inlaatpoort en een uitlaatpoort. In een ander gedeelte van de kamer is de bougie geschroefd en daar vindt dus de verbranding plaats.

In fig. 48 worden bij A de verbrande gassen afgevoerd en begint de aanvoer van een vers mengsel. Intussen wordt bij B een vers mengsel samengeperst, terwijl bij C de brandende gassen expanderen.

In fig. 48 B zien we hoe bij A het verse gas in de ruimte tussen rotor en wand stroomt. Bij B is het samenpersen van het mengsel in een eindstadium gekomen. De ruimte bij C staat volledig in verbinding met de uitlaatpoort, zodat de verbrande gassen de ruimte kunnen verlaten. In fig. 48 C is bij A het binnenstromen van het gas bijna beëindigd. Bij B ontsteekt de bougie het nu geheel samengeperste mengsel. Bij C is de uitlaatslag aan de gang: de rotor drijft de verbrande gassen uit de ruimte.

Ten slotte fig. 48 D. De ruimte bij A is nu geheel gevuld met een vers mengsel. Bij B wordt het zojuist ontstoken mengsel verbrand. Bij C wordt de rest van de verbrande gassen afgevoerd.

Gedurende een complete omwenteling van de rotor heeft er driemaal een compleet vierslagproces plaatsgevonden en is er dus op iedere zijde van de rotor een krachtimpuls uitgeoefend die de rotor in beweging houdt. Het voordeel van deze rotatiemotor is dat de krachtbron zeer soepel en compact is. Wenst men een groter vermogen, dan kunnen meer kamers naast elkaar worden opgesteld.

Toch is het brandstofverbruik nog steeds het zwakke punt van de wankelmotor en vooral een Japanse fabrikant beijvert zich momenteel om dit verbruik in redelijke banen te leiden.

Hoofdstuk 3

Toevoer van brandstof en lucht

Om benzine te kunnen verbranden is zuurstof nodig, die volop aanwezig is in de ons omringende lucht. Vergelijken we benzine en lucht op basis van gewicht, dan is er 15 kg lucht nodig om één kg benzine te doen verbranden. Maar lucht weegt niet veel. Vergelijken we de verhouding op basis van volume, dan is er 12.000 liter lucht nodig voor de verbranding van één liter benzine. Dat is tenminste nog een lichtpuntje bij de dure benzine, want stel dat het andersom was!

Er moet dus lucht en benzine naar de motor worden gevoerd (fig. 49). Meestal bevindt de motor zich voorin en is de tank aan de achterzijde van de wagen geplaatst. Er is dus een pomp nodig om benzine van de tank af naar de motor te brengen en wel naar het onderdeel dat we de carburator noemen. Deze mengt zich immers de benzine met de lucht. De carburator zelf heeft een luchtinlaat; de luchtdie hier doorheen stroomt moet eerst een filter passeren: het luchtfilter.

Het gehele toevoersysteem bestaat dus uit de volgende onderdelen (fig. 50).

- de benzinetank met een leiding naar de pomp;
- de benzinepomp met een leiding naar de carburator;
- de carburator met een luchtinlaat en een luchtfilter.

Benzinetank

U weet dat de tank een dop heeft die je moet losdraaien bij het tanken. Als u de tank 'tot zijn nek' vol laat maken, overweeg dan wel of er geen benzine kan uitstromen.

Dit is nl. het geval als de tank bij het vullen een hoge stand inneemt en kort daarop de wagen geparkeerd wordt met de tank in een lagere stand. Als de buitentemperatuur bovendien hoog is, zet de benzine iets uit en wordt een gedeelte naar buiten gedrukt. Niet alleen jammer van de dure benzine, maar nog brandgevaarlijk ook.

Maar evenmin verdient het aanbeveling om de wagen 's avonds steeds weg te zetten met een minimum aan benzine in de tank. Waar geen benzine is, bevindt zich lucht in de tank en vooral in het najaar is de lucht vochtig, zodat er water in de tank condenseert.

Gebeurt dit herhaardelijk, dan kan zich zelfs een laagje water in de tank vormen (fig. 51).

Benzinepomp

Op de meeste auto's vinden we een benzinepomp die door de motor, dus mechanisch, wordt aangedreven. Soms door de nokkenas, maar ook wel op een andere manier. Door middel van een stoter of een tuimelaar (fig. 52 A) wordt een membraan bewogen. Maakt het membraan een neerwaartse beweging, dan ontstaat in de pompkamer een onderdruk en via het inlaatklepje kan benzine de kamer binnenstromen. Onder het membraan bevindt zich een veer en zodra er in de carburator verdere toevoer van benzine nodig is, drukt de veer het membraan omhoog (fig. 52 B).

Via het uitlaat- of persklepje stroomt de benzine door de leiding naar de carburator. De tuimelaar is zo uitgevoerd dat zijn beweging niet op het membraan wordt overgebracht, zolang het pomphuis gevuld is. In fig. 53 vindt u de onderdelen van de benzinepomp.

Bezinkselruimte reinigen

Een benzinepomp vergt weinig onderhoud, maar meestal bevindt zich in of aan het huis een bezinkselruimte waar wat vuil achterblijft. Bij de ene pomp kan de ruimte zich bevinden onder een metalen kapje (3 in fig. 53) dat met een moer is vastgezet. Bij een ander type is een glaasje aanwezig dat met een beugel en klemmoer is vastgezet (fig. 54).

Kapje of glasje zijn met een kurken ring dicht afgesloten. Soms is een gaasplaatje aanwezig (5 in fig. 53), dat vuil of water tegenhoudt. Na het reinigen van de bezinkselruimte moet de bout of moer van de klembeugel niet te vast worden aangedraaid, anders vervormt de kurken ring en kan deze niet meer goed afsluiten.

Vulhefboom

Heeft men de benzinetank leeggereden en daarna weer gevuld, dan moet de pomp vrij veel slagen maken voordat de carburator is gevuld. Dit vereist vrij lang starten met de startmotor, wat voor de accu een extra belasting betekent die 's winters ongewenst is. Daarom zijn sommige pompen voorzien van een vulhefboompje (14 in fig. 53), waarmee men na een leeggereden en weer gevulde tank zelf benzine naar de vlotterkamer van de carburator kan pompen.

Benzinefilter

Daar vuil in de benzine aanleiding kan zijn tot carburatorstoringen, bevindt zich op de plaats waar de benzineleiding op de carburator is aangesloten nog vaak een filter. Ontbreekt deze, dan is er een extra benzinefilter in de handel, dat men in de leiding kan monteren.

Het luchtfilter

De 12.000 liter lucht die voor de verbranding van één liter benzine nodig is, is van zichzelf verre van schoon. Zonder verdere voorziening zouden met de lucht deeltjes stof, zand, en gruis mee in de motor komen en daar een grote verwoesting aanrichten. Het luchtfilter houdt deze verontreiniging tegen en dempt tevens het aanzuiggeruis. Het filter omvat een filterhuis dat op de luchtinlaat van de carburator is gemonteerd en een deksel. Neemt men het deksel los, dan is het filterpatroon bereikbaar (fig. 55)

Dit is van speciaal papier vervaardigd en als een harmonica geplooid, zodat een groot filteroppervlak is verkregen. De lucht dringt door het papier heen, maar de ongerechtigheden blijven achter. De levensduur van een filterpatroon is dan ook begrensd; meestal tot 20.000 km, sommige tot 10.000 km. Ook schrijven sommige fabrikanten wel voor dat het filterpatroon (ook wel filterelement genoemd) om een bepaald aantal kilometers gereinigd moet worden door het tegen een blokje hout te kloppen. Anderen schrijven voor dat het filter moet worden doorgeblazen met perslucht.

Aan het filterhuis bevindt zich vaak een pijp die de lucht aanvoert. Soms zijn twee standen mogelijk, nl. een zomer- en een winterstand. In de eerste stand wordt dan betrekkelijk koele lucht aangevoerd, in de tweede stand warme lucht uit de buurt van het uitlaatsysteem. Het mengsel zal dan sneller verdampen, wat in het koude jaargetijde een voordeel is. Maar meer en meer gaan fabrikanten over op een systeem dat de aan te voeren verbrandingslucht zoveel mogelijk op een constante temperatuur houdt. Hiervoor is een klep aanwezig (fig. 56) waarvan de stand door temperatuur wordt beïnvloed.

Bij een koude start neemt de klep een stand in (A) waarbij de lucht wordt toegevoerd via een mantel om de uitlaatpijp. Deze lucht is dus warm, waardoor de benzine gemakkelijk verdampt. Is de motor eenmaal op temperatuur, dan is te warme lucht een nadeel, want de cilindervulling zou slechter worden (warme lucht neemt een groter volume in). Daarom sluit een thermostaat de doorgang van warme lucht af en wordt relatief koele lucht aangevoerd (B). Het systeem getoond in fig. 56 is eenvoudig. Sommige systemen hebben een mengklep (bediend door het 'vacuum' of de onderdruk van de motor), waarbij lucht altijd onder een temperatuur van 37 °C in de motor komt.

Maar welk systeem van voorverwarming van verbrandingslucht ook wordt toegepast, het is wel van belang het filterpatroon tijdig te reinigen of te vervangen. Het vermogen om verontreinigingen tegen te houden, is niet onbeperkt en het filter kan op den duur verstopt raken. De motor krijgt dan minder lucht toegevoerd, zodat zijn vermogen daalt. Door de grotere zuigkracht die uitgeoefend wordt, zal het benzine/luchtmengsel rijker worden.

Dit is niet alleen aanleiding tot een groter brandstofverbruik, maar ook kan de motor inwendig vervuilen. Ook de hoeveelheid schadelijke bestanddelen in de uitlaatgassen wordt groter.

Verhouding van het mengsel

Opgemerkt werd al dat voor het verbranden van 1 kg benzine 15 kg lucht nodig is. Met deze verhouding van 1:15 wordt een vrijwel volledige verbranding verkregen. Er blijven dan zeer weinig verbraningsresten in de motor achter en de uitlaatgassen bevatten een minimum aan schadelijke bestanddelen.

Er zou dus - letterlijk - geen vuiltje aan de lucht zijn, als we de motor onder alle omstandigheden een benzine/luchtmengsel van 1:15 konden toedienen. Maar onder diverse omstandigheden eist de motor een mengsel dat relatief meer benzine omvat, dus een rijk mengsel. Zo is voor het starten van een koude motor een mengsel met een verhouding van 1:9 nodig en voor het stationair draaien van de motor een verhouding van 1:12. Ook als de motor tijdelijk grotere prestaties moet leveren, zoals bij het accelereren, dient het mengsel rijker te worden.

Er zijn echter ook omstandigheden die weer een armer mengsel vragen om een gunstig brandstofverbruik te verkrijgen. Rijden we met een matige kruissnelheid, dan zal een mengverhouding van 1:17 de grootste brandstofeconomie opleveren. De verhouding tussen benzine en lucht dient dus te worden aangepast aan de variërende bedrijfstoestanden. Dit is o.m. de taak van de carburator.

De carburator als gasfabriek

Als een carburator alleen tot taak had de benzine te verstuiven, zou hij niet zo gecompliceerd hoeven te zijn. Het principe van de verstuiving is immers eenvoudig genoeg, dat zien we wel aan de eau-de-cologne-spuit (fig. 57).

Knijpen we in het rubberballetje, dan wordt er lucht verplaatst. De lucht stroomt met grote snelheid langs de opening van een buisje dat in de vloeistof steekt. Omdat de lucht zich zo snel verplaatst, ontstaat bij de uitmonding van het buisje een onderdruk. Maar op de vloeistof staat atmosferische druk, zodat de vloeistof - in dit geval eau de cologne - uit de bovenkant van het buisje wordt gedrukt en daar door de luchtstroom verstoven wordt.

Als we eau de cologne vervangen door benzine, gebeurt het zelfde. De luchtstroom is geen probleem, want die brengt de motor zelf tot stand als de zuigers tijdens de inlaatslag omlaag gaan. Als we dus een buisje met een opening waaruit benzine kan stromen (dat is dan de 'sproeier') in de luchtstroom plaatsen (fig. 58), hebben we al een carburator.

Venturi

We kunnen het uittreden van benzine nog gemakkelijker maken door de luchtbuis ter hoogte van de sproeieropening iets te vernauwen (fig. 59).

Zo'n vernauwing heet 'venturi' of verstuiver en de lucht krijgt er een grotere snelheid door, zodat benzine gemakkelijk uit de sproeieropening stroomt en door de snelle luchtstroom wordt meegevoerd en verstoven.

Onder de sproeibuis bevindt zich een smoorklep, ook wel gasklep genaamd, die bediend wordt door een gaspedaal. Wordt dit pedaal geheel ingetrapt, dan staat de smoorklep open en kan het mengsel van lucht en benzine ongehinderd naar de motor stromen (volgas). Laat de bestuurder het gaspedaal terugkomen, dan kan er minder mengsel naar de cilinders stromen en de motor zal minder kracht ontwikkelen.

Vlotterkamer

Er is in fig. 59 nog een onmisbaar onderdeel van de carburator getekend, nl. de vlotterkamer. Deze zorgt er voor dat het vloeistofpeil in de sproeierbuis altijd constant blijft.

Benzine wordt door de benzinepomp naar de vlotterkamer gevoerd. Is deze gevuld tot het gewenste peil, dan sluit de vlotternaald de opening af en kan er geen benzine toestromen. Is het peil gezakt, dan zakt ook de vlotter die in de benzine drijft en die een geheel met de naald vormt. De toevoer wordt dan vrijgegeven en benzine stroomt de vlotterkamer binnen tot het gewenste peil is bereikt. Dan is de vlotter met naald weer iets gestegen, zodat de toevoer wordt afgesloten.

We hebben nu een complete carburator, maar deze gaat mank aan twee tekortkomingen. Op de eerste plaats is er geen rekening mee gehouden dat de stromingswetten voor gassen (lucht is ook een gas) en vloeistoffen verschillen. Als er meer lucht door de venturi stroomt, zal er in relatieve zin meer benzine toestromen zodat bij een toenemende toerental het mengsel te rijk gaat worden.

Er is dus een correctie op de mengverhouding nodig hetzij door minder brandstof of meer lucht toe te voeren of door een combinatie van beide mogelijkheden.

Op de tweede plaats moet de carburator een mengsel kunnen leveren dat is aangepast aan variabele bedrijfstoestanden (koude start, stationair draaien, accelereren, matige kruissnelheid). Daarom is een carburator gecompliceerder dan die welke in fig. 59 is getoond.

Compensatie-inrichting

Men kan om te beginnen de benzine vanuit de vlotterkamer door een boring van een bepaalde grootte naar de sproeieropening laten stromen (fig. 60).

Zo'n boring heet 'doseur' omdat de toegevoerde benzine gedoseerd wordt. In de praktijk gebruikt men voor 'doseur' meestal de naam 'sproeier', hoewel dit niet geheel juist is. Behalve de hoofddoseur (hoofdsproeier) is er ook een compensatiedoseur (compensatiesproeier) die een verbinding vormt met een kamer waarin zich een voorraad benzine bevindt.

Wordt de gasklep geopend, dan levert de voorraadkamer een extra hoeveelheid brandstof, zodat het mengsel tijdelijk verrijkt wordt. Is de hoeveelheid opgebruikt, dan treedt via de voorraadkamer lucht in het systeem, zodat het mengsel weer armer wordt. Aldus wordt vermeden dat een mengsel bij toenemende toerental te rijk wordt. De 'verrijking' wordt dus afgeremd en daarom noemt men de extra lucht die via de voorraadkamer toestroomt ook wel 'remlucht'.

Deze remlucht wordt ook wel toegevoerd via een mantel om de sproeierbuis (fig. 61) in de venturi. Als de lucht en benzine samenkomen en er vindt geen verstuiving plaats, spreken we van een 'emulsie'. Vandaar dat de buis waar de emulsievorming plaats heeft emulsiebuis wordt genoemd.

Stationair draaien

Met een compensatie- of remluchtinrichting wordt voorkomen dat het mengsel bij toenemende toerental te rijk gaat worden. Maar voor sommige bedrijfstoestanden wordt juist een rijk mengsel vereist. Dit is o.a. het geval bij een stationair draaiende motor. De smoorklep is dan vrijwel geheel gesloten, zodat de cilinders maar voor een gering deel gevuld worden.

Om de motor dan toch nog voldoende kracht te laten ontwikkelen om aan het draaien te blijven, is een rijker mengsel nodig. Daar de smoorklep gesloten is, stroomt weinig lucht langs de sproeieropening zodat daarvandaan geen benzine-afgifte is te verwachten. Het mengsel voor stationair draaien wordt dan ook geleverd via een kanaal dat onder de gesloten smoorklep uitmondt (fig. 62).

Met een regelschroef kan de hoeveelheid mengsel bij stationair draaien worden geregeld.

Acceleratiepomp

Voor snel accelereren is een rijk mengsel nodig, dat gewoonlijk wordt geleverd door een acceleratiepomp (fig. 63).

De zuigerstang van een zuiger is verbonden met een stangenstelsel van het gaspedaal. Wordt dit laatste ingedrukt, dan perst de zuiger een hoeveelheid benzine via de acceleratiepompsproeier naar de venturi.

Chokeklep

Voor een koude start is een zeer rijk mengsel nodig, aangezien een groot deel van de benzine tegen de koude cilinderwanden condenseert. Vaak wordt dit zeer rijke mengsel verkregen door middel van een chokeklep (fig. 64) die bediend wordt door een chokeknop op het instrumentenbord.

Trekt men de chokeknop uit, dan wordt de chokeklep gesloten, zodat weinig lucht kan toetreden en er een zeer rijk mengsel wordt gevormd waarop de koude motor gemakkelijk start. Onmiddellijk na het starten moet de choke weer iets teruggeduwd worden, omdat het mengsel anders te rijk zou blijven. Naarmate de motor weer op termperatuur komt, moet de choke verder ingeduwd worden. De choke kan ook automatisch worden bediend, bv. met behulp van een bimetalen veer die wartegevoelig is.

De complete carburator

In fig. 65 vinden we de complete carburator waarop we de tot dusver besproken onderdelen terugvinden.

Ander type carburator

De Hierboven besproken carburator heeft een venturi waarvan de diameter onveranderlijk is. Er bestaan ook carburators met een venturi van variabele diameter. Dit zijn de S.U. carburator en een bepaald type Stromberg-carburator.

Het principe komt hier op neer dat een zuiger (4 in fig. 66) zich verticaal in de horizontale zuigbuis beweegt en daarmee de venturi groter of kleiner maakt. Op die manier wordt de onderdruk (vacuum) in de venturi altijd constant gehouden.

Onder aan de zuiger bevindt zich een conische naald die in de sproeieropening hangt. Door de stand die de naald in sproeieropening inneemt, wordt de brandstofafgifte geregeld. Door de combinatie van een variabele venturi en een brandstofafgifte gedoseerd door een regelnaald wordt de mengselsterkte nauwkeurig aangepast aan de behoefte van de motor. Deze carburator heeft dan ook maar één sproeier. Voor een koude start kan de sproeier omlaag worden getrokken, zodat een grotere hoeveelheid benzine met de luchtstroom wordt meegevoerd. Bij de Stromberg-carburator is de zuiger (1) vervangen door een membraan.

Afstelling

Gewoonlijk treft men aan een carburator twee afstellingsmogelijkheden aan, nl. voor de hoeveelheid mengsel bij stationair draaien en voor de stand van de smoorklep, eveneens bij stationair draaien. Hiermee wordt dus het stationaire toerental geregeld.

Bij moderne carburators echter zijn deze afstellingsmogelijkheden verzegeld, omdat ontregeling de hoeveelheid schadelijke bestandelen in de uitlaatgassen zou vergroten. Gewoonlijk is nog wel een afstelmogelijkheid aanwezig om binnen een beperkt bereik het toerental te wijzigen.

Benzine kan ook ingespoten worden

Een carburator is een vrij nauwkeurig werkend apparaat dat ook vrij nauwkeurig de hoeveelheid benzine doseert die de motor nodig heeft. Maar zelfs als de carburator een ideaal mengsel voor alle bedrijfstoestanden zou produceren, dan wil dit nog niet zeggen dat dit ideale mengsel ook in de cilinders terecht komt. Tussen carburator en cilinders bevinden zich het inlaatspruitstuk en de inlaatpoorten. Dus een vrij lang inlaattraject waarop het mengsel nog weer ongewenste veranderingen kan ondergaan.

Zo condenseert soms een deel van de brandstofnevel tegen bochten in het buizenstelsel; even later wordt de vloeistof weer meegevoerd, maar op die manier kan voortdurend een verarming en verrijking van het mengsel plaatsvinden. Ook zullen de verst van de carburator gelegen cilinders minder goed bedeeld worden dan de dichtbij gelegen cilinders. Bij een viercilinder motor krijgt iedere cilinder dus niet altijd dezelfde hoeveelheid mengsel en ook de samenstelling van het mengsel kan onderling verschillen (fig. 67).

Het vermogen dat de cilinders opbrengen kan dus ook verschillen vertonen en hetzelfde geldt voor de samenstelling van hun uitlaatgassen. Men kan zich voorstellen dat een motor een beter rendement levert, economischer werkt en dat ook de samenstelling van de uitlaatgassen gunstiger is (met het oog op schadelijke bestanddelen) als de cilinder wèl een gelijke hoeveelheid mengsel van gelijke samenstelling zouden ontvangen.

Betere verdeling

Er bestaan diverse methoden om de verschillen in mengseltoevoer per cilinder te verbeteren. Ideaal zou het zijn als er voor iedere cilinder een carburator was, maar zelfs een viercilinder motor zou hierdoor wel erg gecompliceerd worden. Toch wordt meervoudige carburatie wel toegepast (fig. 68).

Soms twee afzonderlijke carburators, maar ook een zgn. dubbele carburator. Deze omvat twee luchtinlaten, ieder met een venturi, maar met één vlotterkamer. Tegenwoordig is zo'n dubbele carburator vaak als registercarburator (ook wel tweetrapscarburator genoemd) uitgevoerd. Een van beide gastoevoerbuizen met smoorklep van de tweede buis gaat pas meedoen als het gaspedaal dieper wordt ingetrapt. In fig. 69, die een gedeelte van een registercarburator toont, ziet u duidelijk dat de linker smoorklep geheel geopend maar de rechter smoorklep nog gesloten is.

Ook de vorm van het inlaatspruitstuk kan mee- of tegenwerken aan een goede mengselverdeling. Maar om een volkomen gelijkwaardig mengsel voor alle cilinders te verkrijgen, zou het nodig zijn de mengselvorming vlak bij de ingang van de cilinders te doen plaatsvinden, bv. vlak voor de inlaatklep. En dit is te verwezenlijken door op deze plaats via een verstuiver een hoeveelheid benzine in de aangezogen lucht te spuiten.

Hier komen we dus bij het systeem van benzine-inspuiting. Nu bestaan er talrijke systemen en de eerste onderverdeling die hierbij dient te worden gemaakt is indirecte en directe inspuiting. Bij de laatste wordt benzine rechtstreeks in de verbrandingskamer gespoten (fig. 70 A).

Maar hiervoor is een hoge druk nodig om de brandstof in de lucht te spuiten die tijdens de compressieslag sterk is samengeperst. Gebruikelijker is dan ook het systeem van indirecte inspuiting, dus in de inlaatpoort, vlak voor de inlaatklep (fig. 70 B).

De inspuiting op deze plaats kan dan continu zijn (het mengsel komt toch pas de cilinder binnen als de inlaatklep geopend wordt) of met tussenpozen, dus intermitterend. Dit hangt af van de constructie van de inspuitpomp.

Mechanische of elektronische regeling

De diverse benzine-inspuitsystemen kunnen in uitvoering onderling zeer verschillen, maar bij alle systemen treffen we aan:

1. een opvoerpomp om benzine van de tank naar de inspuitpomp te voeren;
2. een inspuitpomp die via verstuivers benzine in de verbrandingslucht spuit;
3. verstuivers (soms één centrale verstuiver);
4. een regel- of doseersysteem dat de hoeveelheid in te spuiten brandstof nauwkeurig op de motorbehoeften van het moment afstemt. Dit systeem kan mechanisch of elektronisch werken.

Wat de dosering beïnvloedt

De dosering of brandstofopbrengst wordt beïnvloed door een aantal factoren, zoals de onderdruk in het inlaatspruitstuk (wat weer verband houdt met de mate van smoorklepopening, dus de hoeveelheid binnenstromende lucht), het motortoerental, de motortemperatuur en ook de druk van de buitenlucht.

Fig. 71 geeft een voorbeeld van een mechanische opbrengstregeling. Een nok doet een plunjer bewegen; voor iedere cilinder is een plunjer aanwezig. De slaglengte van de plunjer - en daarmee de hoeveelheid af te leveren brandstof - is afhankelijk van de stand van bedieningsarm en deze wordt weer bepaald door de stand die door een conische nok wordt ingenomen. De stand van de conische nok wordt weer bepaald door de stand van de smoorklep, dus van het gaspedaal. Maar de conische nok kan ook verdraaid worden via een tandwieloverbrenging van de pompnokkenas en deze regeling wordt weer bepaald door een motortoerental.

Verder is een thermostatische element aanwezig die de plunjerslag vergroot als de motortemperatuur laag is. Dit heeft dus dezelfde uitwerking als mengselverrijking bij een koude start door middel van een chokeklep op een carburator.

Elektronische regeling

Fig. 72 toont een systeem waarbij de opbrengst langs elektronische weg wordt geregeld. De inspuiting via de verstuivers geschiedt elektrisch. Een elektrische pomp perst benzine in een ringleiding en hierop zijn vier verstuivers aangesloten (een voor iedere cilinder).

Iedere verstuiver heeft een elektromagnetisch bediende naald, die op een zitting afsluit. De hoeveelheid in te spuiten brandstof wordt bepaald door de openingsduur van de naald. Deze openingsduur wordt op zijn beurt vastgesteld door een elektronisch regelapparaat, een soort kleine computer, die informaties ontvangt van diverse signaalgevers. De voornaamste gegevens voor de computer zijn het motortoerental (signaalgever op de stroomverdeler) en de onderdruk in de inlaatbuis (d.m.v. een drukvoeler). Uit deze gegevens berekent de computer de basishoeveelheid in te spuiten brandstof.

Voor diverse bedrijfstoestanden (bv. een koude start) zijn correcties op de basishoeveelheid nodig. Ook zijn er systemen waarbij de hoeveelheid in te spuiten brandstof wordt bepaald door de hoeveelheid lucht die naar de cilinders stroomt. Een voordeel van elektronische regeling is dat het overbrengen van signalen geen tijd kost en het gehele systeem snel reageert op iedere verandering van bedrijfstoestand. Stelt men hoge eisen aan de storingsvrijheid, dan is een dergelijk systeem vrij kostbaar.

Voor- en nadelen

Het voordeel van benzine-inspuiting is de zeer nauwkeurige brandstofdosering vlak bij de verbrandingskamers. Daardoor is er minder verschil in verbrandingseffect tussen de cilinders en is over het algemeen de hoeveelheid CO (koolmonoxyde) in de uitlaatgassen wat geringer dan bij een carburatormotor.

De laatste heeft echter als voordeel dat bij warme motor het gevormde mengsel beter de gelegenheid krijgt om in gasvorm over te gaan. Bij een inspuitmotor met verstuivers dicht bij de inlaatklep van elke cilinder krijgt het mengsel hiertoe minder gelegenheid, zodat er brandstofdeeltjes op de relatief koele wanden (die omgespoeld worden door koelwatermantels) condenseren. De uitlaatgassen van een inspuitmotor kunnen dan ook naar verhouding iets meer CH (onverbrande koolwaterstoffen) bevatten.

Centraal inspuitsysteem

Er wordt ook getracht de voordelen van carburatie en inspuiting in één systeem te combineren. Het centraal inspuitsysteem is hier een voorbeeld van. Langs elektronische weg wordt een bijzonder nauwkeurig afgepaste hoeveelheid brandstof via één verstuiver centraal in de lucht gespoten, zodat het mengsel in verdampte vorm in de cilinders terechtkomt. Op die manier worden de verschillen tussen carburatie en inspuiting steeds kleiner, want ook een carburator kan langs elektronische weg gestuurd worden (fig. 73).

Waar alles op neer komt is dat het mengsel dat in de cilinders komt, voor alle cilinders evenveel en van dezelfde kwaliteit is en dat de mengverhouding (tussen lucht en benzine) volkomen is afgestemd op elke momentele behoefte van de motor.

Dit is volgende de jongste ontwikkelingen zowel met een carburator als met een inspuitsysteem te verwezenlijken. In beide gevallen (dus carburatie en centrale inspuiting) zijn de resultaten af hankelijk van de vorm van het inlaatspruitstuk en de inlaatkanalen in de cilinderkop.

Hoofdstuk 4

Koeling en smering

De taak van het koelsysteem is het afvoeren van te veel warmte die door de verbranding in de motor ontstaat. Toch wel een wat vreemde zaak, want brandstof wordt in warmte omgezet en de warmte wordt weer omgezet in bewegingsenergie. Warmteafvoer is dus verlies, maar we moeten het nu eenmaal aanaarden, willen we de motor heel houden. Het koelsysteem is dus een noodzakelijk kwaad.

Soms weet een koelsysteem geen raad met al die warmte omdat om een of andere reden de warmteafvoer stagneert. Om te weten te komen waar de fout schuilt, dienen we de werking van een gezond koelsysteem te kennen.

Werking van het vloeistofkoelsysteem

De cilinders en verbrandingskamers in de cilinderkop zijn omgeven door warmtemantels (fig. 74).

Hier stroomt het water doorheen dat de verbrandingswamte van de cilinders opneemt. Water dat warm wordt stijgt en stroomt dan ook via de bovenste waterslang naar de radiateur. Hier komt het water in een kanalenstelsel terecht dat het koelblok wordt genoemd en dat omspoeld wordt door de luchtstroom die bij een rijdende auto ontstaat.

Zo raakt het water dus de opgenomen warmte kwijt. Afgekoeld stroomt het water via de onderste radiateurslang weer terug naar de watermantels in het koelblok. Maar deze natuurlijke circulatie is toch niet voldoende om alle warmte snel af te voeren. Daarom bevindt zich voor aan de motor een waterpomp met schoepenrad dat de vloeistof met flinke snelheid door het koelsysteem jaagt (fig. 75).

Ventilator en riem

Op de as van de waterpomp is soms ook een ventilator aangebracht. Deze zorgt voor een luchtstroom als de 'rijwind' ontbreekt, zoals bij een stationair draaiende motor of bij het langzaam rijden in een file. Vroeger werd een ventilator altijd continu door de motor aangedreven en wel door een riem die gelijk de dynamo aandreef (fig. 76).

Daarom werd de riem 'ventilatorriem' genoemd. Op verscheidene auto's komen we dit systeem nog steeds tegen en bij deze constructie is het wel van belang de spanning van de riem goed in het oog te houden. Is de riem (die aangedreven wordt door de krukaspoelie) niet strak genoeg gespannen, dan slipt hij over de poelies van de ventilator / waterpomp en de dynamo (alternator). Ventilator en waterpomp worden dan met onvoldoende snelheid aangedreven, zodat de capaciteit van het koelsysteem vermindert en de motor heter wordt dan normaal. Ook de dynamo of alternator laadt dan niet voldoende.

Dit alles kan voorkomen worden door de juiste spanning van de riem te handhaven. Deze is bereikt wanneer de riem op een plek tussen twee poelies in ca. 1,50 cm kan worden ingedrukt. Is de riem niet strak genoeg, dan kan hij worden gespannen door de stelbout (of moer) terug te draaien (A in fig. 77) en de alternator in zijn geheel iets van de motor af te trekken.

Soms moet hiervoor ook de scharnierbout (B in fig. 77) iets teruggedraaid worden. Na de afstelling moeten beide bouten of moeren weer aangedraaid worden.

Gebroken riem

Mocht zo'n ventilatorriem ooit breken, dan zal de motor snel te warm worden en de alternator geen laadstroom meer afgeven. Eerst gaan dan het laadstroomcontrolelampje branden en even later het waarschuwingslampje voor het hoge motortemperatuur.

De motor moet dan stilgezet worden en als men een reserveriem aan boord heeft en deze monteert, is de zaak weer in orde. Voor het monteren van de nieuwe riem moet ook de stelbout op de alternator teruggedraaid worden, waarna men de alternator zo ver mogelijk in de richting van de motor duwt. De nieuwe riem, die wat stug is, kan dan vrij gemakkelijk worden omgelegd, maar hij moet wel voorzichtig tussen de vetilatorbladen en het koelblok doorgevoerd worden.

Beter is het natuurlijk om breuk van een riem te voorkomen en daarom moet niet alleen periodiek naar de riemspanning worden gekeken, maar ook naar de staat waarin de riem verkeert. Scheurtjes en/of rafels en ook sterk glimmende plekken tonen aan dat een riem zijn beste tijd heeft gehad en het is verstandiger hem dan te vervangen dan het risico te lopen dat hij onderweg breekt.

Zelfdenkende ventilator

Een ventilator verplaatst lucht en slokt dan ook een deel van het motorvermogen op. Nu is de luchtverplaatsing van de ventilatorbladen tijdens normaal rijden geheel overbodig. Dit is alleen nodig als er geen 'rijwind' is, dus bij stationair draaiende motor of langzaam fileverkeer. Om brandstof te besparen heeft men naar een mogelijkheid gezocht om de ventilator alleen te laten werken als zijn hulp werkelijk nodig is. Dit heeft geleid tot de zogeheten zelfdenkende ventilator. Deze kan op verschillende manieren werken; de meest voorkomende uitvoering is een door een elektromotor aangedreven ventilator (fig. 78).

De elektromotor wordt ingeschakeld door een thermoschakelaar, als de temperatuur van het koelwater een bepaalde waarde overschrijdt. Komt de temperatuur weer onder deze waarde, dan wordt de elektromotor automatisch uigeschakeld.

Bij toepassing van een elektrisch aangedreven ventilator kan er natuurlijk gaan sprake zijn van een ventilatorriem, maar wel is een V-riem aanwezig die de waterpomp en de alternator aandrijft. Soms wordt ook gebruik gemaakt van twee afzonderlijke riemen.

Thermostaat

Een te drastische warmteafvoer is ongewenst, want dat zou energieverlies betekenen en bovendien komt een te lage motortemperatuur de levensduur van de motor niet ten goede omdat dan corrosieve slijtage optreedt. Na een koude start moet het koelwater dan ook liefst snel de normale temperatuur van ca. 90 °C bereiken en deze moet zo veel mogelijk gehandhaafd blijven. Dit wordt bereikt met een thermostaat meestal aangebracht in de cilinderkop ter hoogte van de wateruitgang naar de bovenste radiatorslang (fig. 75).

Bij enkele merken treft men de thermostaat in de retourleiding vanaf de radiateur naar het motorblok aan. Zolang de temperatuur van het koelsysteem nog geen 90 °C heeft bereikt, sluit de thermostaat de circulatiestroom door de radiateur af en blijft de circulatie beperkt tot het motorblok. De opgenomen warmte wordt dus niet afgevoerd en het water stijgt snel in temperatuur. Wordt een bepaalde waarde bereikt, dan opent de thermostaat zich en kan het water normaal circuleren.

Weinig of geen waterverlies

Vroeger moest een radiateur geregeld worden bijgevuld om het verlies als gevolg van verdamping en koken weer aan te vullen. Het water verdween dan via de overlooppijp. Tegenwoordig is de vuldop van een kleppensysteem voorzien dat voor een bepaalde overdruk in het koelsysteem zorgt.

Het water gaat hierdoor niet bij 100 °C koken, maar pas bij een hogere temperatuur, bv. 115 °C. Stijgt de watertemperatuur tot meer dan 100 °C, bv. tijdens het bestijgen van een lange helling of door een zeer langzaam filerijden, dan blijft het koken achterwege en gaat weinig of geen water verloren.

Is het overlooppijpje van de radiateur bovendien aangesloten op een expansietank (fig. 79), dan wordt het water dat als gevolg van expansie door warmte de radiateur verlaat, later weer teruggevoerd, zodat in het geheel geen water verloren gaat. Voorwaarde voor een goede werking van het overdruksysteem is wel dat de pakking van de afsluitdop in goede staat verkeert.

Waarschuwing

Neem van een warm koelsysteem nooit in één draai de vuldop los. Op het moment van losnemen valt de druk weg en valt het kookpunt weer terug tot 100 °C. Mocht het water deze temperatuur hebben bereikt, dan gaat het meteen koken en spuit omhoog, zodat u uw handen zou kunnen verbranden. Dus langzaam de dop terugdraaien en bij een te hete motor wachten tot deze wat afgekoeld is.

Antivries

We hebben tot dusver het woord koelwater gebruikt, maar gewoonlijk is aan het water een anti-vriesmiddel toegevoegd dat ook een anticorrosiemiddel bevat. Gebruikelijk is dat de antivries het gehele jaar door in het koelsysteem blijft, zodat dit permanent profiteert van de bescherming tegen corrosie. Het is dus juister om van 'koelvloeistof' te spreken. De meeste autofabrikanten schrijven verversing van de koelvloeistof om de twee jaar voor.

Onderhoud

Het vroeger zo kwetsbare koelsysteem werkt bij de moderne auto bedrijfszeker, maar er zijn een aantal punten die men na een lange bedrijfsduur toch in het oog moet houden. Dit zijn, behalve de eerder genoemde ventilatorriem, de waterslangen (ook de slangen die naar de kachel voor interieurverwarming voeren) met hun aansluitklemmen. Als de slagen aan de uiteinden zijn ingescheurd, over hun lengte kleine scheurtjes vertonen of sterk gezwollen zijn, moeten vernieuwd worden.

Na een lange bedrijfsduur kan het koelsysteem inwendig vervuild zijn geraakt, zodat de vloeistof niet meer snel door de betrekkelijk nauwe kanalen van het koelblok kan stromen. Er bestaan reinigingsmiddelen die men enige tijd in het koelsysteem laat, waarna men radiateur en motorblok aftapt (twee kranen: één aan de onderkant van de radiateur en één aan de zijkant van het motorblok) en doorspoelt.

Is dit niet voldoende, dan moet de radiateur naar een speciale werkplaats, om grondig gereinigd te worden. Ook de buitenkant van de radiateur moet schoongehouden worden, omdat anders onvoldoende lucht kan doorstromen om de warmte van de waterkanalen op te nemen.

Lucht of vloeistof

De af te voeren warmte kan rechtstreeks aan de lucht worden afgestaan of door tussenkomst van een vloeistof. Deze laatste is meestal water, waaraan gewoonlijk andere vloeistoffen zoals antivries en een anticorrosiemiddel worden toegevoegd. Naargelang de methode van warmte-afvoer spreekt men van luchtkoeling of waterkoeling (vloeistofkoeling).

Rechtstreeks luchtkoeling komt bij een auto niet voor, aangezien de motor verscholen is onder een motorkap. De cilinders zijn voorzien van koelribben en daarlangs moet een luchtstroom worden gezonden. Dit gebeurt d.m.v. een koelturbine. Deze wordt samen met de dynamo via een riem door de krukaspoelie aangedreven. Het systeem van het opwekken van een luchtstroom heet 'geforceerde luchtkoeling'. Dit in tegenstelling tot bv. bromfiets-motoren die gekoeld worden door de luchtstroom die tijdens het rijden ontstaat.

Luchtkoeling heeft het voordeel van eenvoud en een minimaal onderhoud. Er kunnen geen waterslangen defect raken, er kan geen lakkage of verstopping ontstaan en 's winters behoeft men zich niet om bevriezing te bekommeren. Maar de motor is soms wat luidruchtiger en de temperatuurverschillen tussen motoronderdelen onderling kunnen vrij groot zijn. De meeste motoren zijn voorzien van een vloeistofkoelsysteem.

Olie doet meer dan alleen maar smeren

Als twee metalen vlakken over elkaar glijden, treedt er wrijving op. Dit betekent weerstand en deze moet in een motor zo veel mogelijk vermeden worden. Daarom moeten de vlakken door een oliefilm van elkaar worden gescheiden.

Maar dit is niet de enige taak van de motorolie. De warmte die door de verbrandingen en de snel over elkaar bewegende onderdelen ontwikkeld wordt, moet worden afgevoerd. Ook dit neemt de olie voor een gedeelte voor zijn rekening (fig. 80).

De rest is voor het koelsysteem. Het beschermend laagje dat de motorolie op de vlakken van de motoronderdelen vormt, biedt tevens bescherming tegen roest en corrosie. Vlak na een koude start is de kans op corrosieve aantasting bijzonder groot. Verder zorgt de olie ook nog voor de afdichting tussen zuigerveren en cilinders.

De omstandigheden waaronder motorolie moet werken, zijn zeker niet gemakkelijk. Op de te smeren plekken heersen hoge temperaturen en drukken. Daarbij wordt ook nog als eis gesteld dat de olie lange tijd meegaat.

Basisolie en doops

Motorolie wordt vervaardigd uit het residu, dat overblijft nadat de diverse aardoliefracties door destillatie zijn afgescheiden. Aan deze zgn. basisolie voegt men chemicaliën toe, die 'additieves' of 'dopes' worden genoemd. Olie is dus 'gedoopt' en naargelang van de hoeveelheid van deze dopes, spreekt men van een licht of zwaar gedoopte olie. Zo is er een anti-oxydatie dope, ook anti-oxydant genoemd, die het oxyderen of verzuren van de olie vermindert.

Een andere belangrijke dope is de dispergerende dope (ook 'dispergent' genaamd) die de eigenschap heeft te verkomen dat roet- en lakdeeltjes samenklonteren. Ze blijven daardoor klein van afmetingen, blijven 'zweven' in de olie en vormen dus geen afzetting die een motor inwendig vervuilen.

Een anticorrosiedope vormt op alle met de olie in aanraking komende vlakken een beschermende laag tegen de funeste werking van corrosie. Men bereikt hiermee tevens dat de olie zich sterk aan de te smeren delen hecht.

Verder wordt nog een dope toegevoegd die schuimvorming tegengaat en een die 'vreten' voorkomt. Een bijzonder belangrijke dope is de 'V.I. -verbeteraar'; deze heeft te maken met de viscositeit van de olie.

Viscositeit

Of een motor onder alle omstandigheden effectief wordt gesmeerd, hangt vooral af van de manier waarop een oliefilm tussen de vlakken gehandhaafd blijft. Bij een koude motor moet de olie dun-vloeibaar zijn om gemakkelijk alle te smeren plaatsen te kunnen bereiken. Maar bij hoge temperaturen moet de olie weer voldoende 'body' hebben om zich niet tussen zwaar-belaste vlakken te laten wegpersen.

Tegengestelde eisen dus, want olie heeft nu eenmaal de eigenschap om dunner te worden naarmate de temperatuur stijgt. De vloeibaarheidsgraad van olie is dus niet constant. Deze vloeibaarheidsgraad komt tot uitdrukking in het zgn. SAE-getal. Een SAE-10 olie is dun-vloeibaar en zal 's winters bij het starten dan ook weinig weerstand opleveren en snel naar de te smeren plaatsen kunnen worden gevoerd. Maar de keerzijde van de medaille is dat naarmate de motortemperatuur (dus ook de olietemperatuur) stijgt, de olie steeds dunner wordt en zich niet meer op de te smeren plekken kan handhaven. Een dikkere olie, zoals een SAE-50 olie, kan dat wel, maar deze is bij lage buitentemperaturen te dik (fig. 81).

Olie is dus gevoelig voor temperatuurwijziging, zoals in fig. 82 te zien is. Maar de gevoeligheid kan bij diverse oliesoorten variëren. De mate van gevoeligheid van olie voor temperatuurswijziging noemt men de 'viscositeitsindex'. Is een olie erg gevoelig voor temperatuurstijging, dan kan men de vermindere viscositeit aangeven door een lijn, zoals bij A in fig. 82. De lijn is vrij steil, veel steiler dan de lijn B die aangeeft hoe een oliesoort ook wel minder gevoelig kan zijn voor een stijging van de temperatuur. We zeggen dan dat deze olie een beter viscositeitsindex heeft.

Dik en dun naar wens

Het afnemen van de viscositeit van een olie bij hogere temperaturen is niet zo'n prettige eigenschap. Het zou ideaal zijn als een olie bij een koude start en lage buitentemperaturen dun-vloeibaar was, maar de viscositeit toch niet sterk zou verminderen als de temperatuur aanzienlijk steeg. Dit zou dus een olie zijn met een sterk verbeterde viscositeitsindex en bij een multigrade-olie wordt deze eigenschap verkregen door het toevoegen van viscositeitsindexverbeteraars, gewoonlijk afgekort tot V.I.-verbeteraars.

Zo heeft men weten te bereiken dat een 10 W 50 olie (de toevoeging W wil zeggen dat de viscositeit bij een lagere temperatuur dan 0° C is bepaald) bij een koude start dun-vloeibaar is maar zich bij 100° C gedraagt alsof het een SAE-50 olie is. Van groot belang is ook dat een tegenwoordige multigrade-olie zijn eigenschap tijdens zijn gehele levensduur behoudt.

Viscositeit en kwaliteit

Het SAE-getal van een motorolie heeft uitsluitend betrekking op de vloeibaarheid en zegt dus niets over de kwaliteit. Toch was er behoefte aan een kwaliteitsindeling; de zgn. API-classificatie (API = American Petroleum Institute) kwam hieraan tegemoet.

Tot voor kort was de hoogste API-kwaliteitsklasse voor benzinemotoren SE, maar inmiddels is er nog een hogere bijgekomen, nl. SF. Maar omdat Europese motoren en rijgewoonten verschillen van de Amerikaanse, zijn er in Europa ook kwaliteitsnormen van het 'Comité des Constructeurs du Marché Commun' afgekort tot C.C.M.C.

Brandstofbesparende motoroliën of toevoegingen

Een van de taken van een motorolie is het verminderen van wrijving. Nu betekent wrijving natuurlijk verlies en vooral de laatste jaren is het van groot belang geworden de inwendige wrijvingsverliezen van de motor nog verder terug te brengen.

Want hoewel olie wrijving vermindert, levert het over elkaar schuiven van de oliemoleculen toch nog wrijving op. Ook tussen de olie en het te smeren metalen oppervlak heerst wrijving. De moderne smeertechniek is er op gericht al deze wrijvingen toch nog verder te verminderen. Dit kan op diverse manieren worden bereikt. Bij voorbeeld met een synthetische i.p.v. de reeds besproken minerale motorolie. Deze kan nog worden onderverdeeld in een volsynthetische en een halfsynthetische olie.

Voor laatstgenoemde heeft men een minerale olie als basis genomen, waaraan synthetische elementen zijn toegevoegd.

Het kenmerk van een synthetische olie is dat deze niet alleen wrijvingsverminderde eigenschappen bezit, maar ook een grotere bestendigheid heeft tegen veroudering en een grotere thermische stabiliteit bezit. Volsynthetische oliën zijn duur, terwijl de kostprijs van halfsynthetische oliën tussen die van de volsynthetische en minerale oliën ligt.

Hoe groot de brandstofbesparing met dit soort oliën is hangt af van het gebruik van de auto. Bij veelvuldig stads- en fileverkeer, zal de besparing groter zijn dan bij het rijden met hogere snelheden op de autoweg. Uit praktijkproeven zijn besparingen mogelijk gebleken die varieerden van 2 tot 6 %.

Extra toevoegingen

Een andere mogelijkheid tot brandstofbesparing is gebruik te maken van een gewone minerale olie (dus de olie die in een autobedrijf of service station doorgaans voor verversing of bijvulling wordt gebruikt) en deze te voorzien van een extra toevoeging.

Ook de extra toevoegingen kunnen weer worden onderverdeeld in twee categorieën, nl. die welke samenstelling van de minerale oliën wijzigen en die welke de samenstelling van de minerale oliën ongemoeid laten, maar de olie uitsluitend gebruiken als een transportmiddel om op de te smeren vlakken een beschermend laagje aan te brengen.

Dit laagje kan bestaan uit molybdeen-disulfide of grafiet. Zo'n laagje geeft een extra bescherming wanneer de oliecirculatie nog op gang moet komen (zoals bij een koude start) en vermindert de wrijving tussen het metalen oppervlak en de olie.

Verder zijn er minerale oliën in de handel die reeds van zo'n extra toevoeging zijn voorzien. Een waar doolhof dus van smeermogelijkheden. Mocht het u nog wat onduidelijk zijn, dan kan het volgend overzicht wellicht verhelderend zijn.

Overzicht van beschikbare motoroliën

Single-grade motorolie Deze is voorzien van diverse 'dopes', zoals al eerder uiteengezet, maar niet van een V.I.-verbeteraar en heeft dus één viscositeitsgetal.

Multi-grade motorolie Dezelfde eigenschappen als van een 'single-grade', maar bezit bovendien een V.I.-verbeteraar, zodat de olie bij lage temperaturen dun-vloeibaar is (waardoor gemakkelijk starten in de winterperiode) terwijl bij hoge temperaturen toch een voldoende smeervermogen blijft behouden.

Beide (singlegrade en multigrade) zijn minerale oliën. Als een multigrade minerale olie in de kwaliteitsklassen SE of SF valt (zie daarvoor het instructieboekje van uw auto) en ook voldoet aan de opgegeven SAE-specificatie, zal deze olie een goede bescherming voor de motor bieden.

Zijn de omstandigheden voor de motor bijzonder zwaar (veel korte ritten waarbij de motor nauwelijks op temperatuur komt, caravanrijden, langdurig met zeer hoge snelheden rijden) of wenst men brandstof te besparen, dan kan gedacht worden aan een vol- of halfsynthetische olie.

Een alternatief is het gebruik van een minerale olie met een extra toevoeging, waarbij men dan nog de keus heeft tussen een afzonderlijke extra toevoeging of een extra toevoeging die reeds kant en klaar in de motorolie is opgenomen.

Oliecirculatie

De olie in het carter komt eerst in de oliepomp terecht (fig. 83) en wordt vervolgens naar het filter geperst. Eventuele ongerechtigheden zoals metaalslijpsel of kooldeeltjes worden daar van de olie afgescheiden en de gezuiverde olie vervolgt zijn weg van de oliepomp naar de hoofdoliegalerij.

Van hieraf lopen er kanalen naar de hoofdlagers, de nokkenaslagers en kleptuimelaars. Het deel van de olie dat zich naar een hoofdlager begeeft, doet daar zijn smerend werk en gaat dan via een kanaal in de krukas verder naar een drijfstanglager. Daar smeert de olie opnieuw en komt dan in een maalstroom van de draaiende krukas en bewegende olienevel terecht die van de olie een geweldige nevel maken en deze olienevel tegen de cilinderwanden slingeren (fig. 84).

Bij de opgaande zuigerslag wordt de olie mee omhooggevoerd en daarbij komt ook een deel van de olie tussen de cilinderwand en de bovenste zuigerveer terecht. De ruimte dus waar de verbranding plaatsvindt.

Oliepeil controleren

Bij het peilen van de olie dienen we er rekening mee te houden dat alle olie die in de motor gecirculeerd heeft, nog niet naar het carter is teruggevloeid. Ook moet de auto tijdens het peilen horizontaal staan. Bij een schuine stand zal de peilstaaf hoger of lager aanwijzen. Bij kleine motoren kunnen genoemde verschillen belangrijk zijn. De totale hoeveelheid olie in het carter is soms niet meer dan 2 of 2,50 liter en het verschil tussen de minimum en maximum streep op de peilstaaf is vaak minder dan een liter.

Het niveau van de olie mag beslist niet onder de onderste (minimum) streep komen, want dan kan de smering in het gedrang komen. Maar het kan ook slecht uitpakken als het niveau hoger dan de bovenste streep is. De olie kan dan via de keerring van het hoofdlager in het koppelingshuis terechtkomen, zodat de koppelingsplaat vet wordt.

Ook bestaat de kans dat de olieschraapveren de grote hoeveelheid omhooggeworpen olie tegen de cilinderwanden niet kunnen verwerken, zodat een deel van de olie in de verbrandingsruimte terecht komt. Daar wordt de olie verbrand en de verbrandingsresten kunnen zich in de vorm van kool afzetten op de zuigerbodem, verbrandingskamers en de onderkant van de klepschotels. Dit kan dan weer de oorzaak zijn van klepstoringen en nagloeiende kooldeeltjes.

Olie verversen

Dit is geen moeilijk karwei, en de aftapstop onder aan het carter losdraaien en de afgewerkte olie in een bakje opvangen kan iedereen. De vraag is alleen wat we dan met de afgetapte olie doen. Beslist niet de olie zo maar ergens op een een parkeerinham weg laten lopen en ook niet de afgewerkte olie in een afvoerputje in de goot deponeren. Beide handelingen zijn zeer strijdig met de zorg om het milieu.

Bij een autobedrijf of tankstation vormt de afgewerkte olie geen probleem. Men gebruikt deze bv. voor verwarmingsdoeleinden of de olie komt na een regeneratieproces opnieuw in circulatie.

Maar wil men de olie beslist zelf verversen, dan kan men het beste de afgetapte olie verdelen over een aantal plastic flessen en aan de vuilnisman meegeven of bij een garage of tankstation inleveren. Denk er wel om de olie af te tappen kort nadat de motor een flinke rit heeft gemaakt.

Oliefilter vervangen

Als olie om de 5.000 km moet worden ververst, is het gebruikelijk dat na elke tweede verversing ook het oliefilter wordt vernieuwd. Blijft de olie langer dienst doen, dan moet bij elke verversing het filter vervangen worden. Het filter draagt er in belangrijke mate toe bij dat de olie redelijk schoon blijft.

Papieren element

Alle oliefilters zijn tegenwoordig voorzien van een filterelement van papier van speciale samenstelling, dat in stervorm in een cilinder is aangebracht, dus net als bij een luchtfilter. Hierdoor wordt ondanks compacte afmetingen een groot filteroppervlak verkregen.

Wat de uitvoering van het filter betreft, zijn er twee mogelijkheden:

Het filterelement vormt een geheel met het filterhuis (fig. 85).

Een dergelijke filter (dat tegenwoordig het meest voorkomt) is van een schroefnippel voorzien, zodat een oud filter uit de aansluiting kan worden geschroefd en een nieuw filter kan worden ingeschroefd. Men noemt dit vaak een 'spin-on filter' of een wegwerpfilter. Een gemakkelijk systeem dus, maar zo'n filterhuis kan wel eens behoorlijk vastzitten en is niet altijd met de hand los te krijgen. Men heeft er dan een speciale sleutel voor nodig.

Het filterelement is aangebracht in een afzonderlijk huis. Het huis is met een centrale bout bevestigd tegen een zitting waartegen het open eind van het huis door middel van een pakkingring voor een afsluiting zorgt (fig. 86).

Om het element te vervangen hoeft men slecht de centrale bout los te nemen, waarna men het filter uit het huis kan verwijderen. Als het nieuwe filterelement (ook wel filterpatroon genaamd) in het huis is geplaatst, zet men het huis weer met de centrale bout vast.

Olieverbruik

Over olieverbruik heersen nogal eens misverstanden. Sommige autorijders menen dat er iets niet klopt als na verloop van tijd een halve ol hele liter moet worden bijgevuld.

Toch is olieverbruik, zolang het niet buitensporig wordt, een heel normale zaak. Als de cilinders en zuigerveren goed gesmeerd worden, is het onvermijdelijk dat een zeer kleine hoeveelheid in de verbrandingskamer terecht komt. Dat de op die manier verdwenen olie na 2,5 miljoen motoromwentelingen (ca. 1000 km) een halve liter bedraagt, is niet iets om wakker van te liggen. Ook is het normaal dat een motor wat meer olie gaat gebruiken naarmate de motor meer kilometers heeft gedraaid.

Dat het olieverbruik van een nieuwe motor tijdens de inrijperiode wat tegenvalt is ook al een normaal verschijnsel. Na ca. 5000 km zijn de vlakken van de bewegende delen wel pasgelopen en zal het olieverbruik zich stabiliseren.

Nog één opmerking over olie. Gebruik geen motorolie waarvan de herkomst onbekend is, ook al is de prijs erg aantrekkelijk. Niet elke goedkope olie hoeft slecht te zijn, maar men loopt wel het risico. De gevolgen zijn meestal niet onmiddellijk merkbaar, want de extra slijtage openbaart zich in een later stadium. Maar dan is er niets meer aan te doen.

Hoofdstuk 5

Elektrische energie in uw auto

Om zijn werk te kunnen doen, heeft een motor vier dingen nodig. Hij moet een brandbaar mengsel toegevoerd krijgen, hij moet gekoeld en gesmeerd worden, maar hij heeft ook een vonk nodig om het mengsel te ontsteken. Voor een vonk is elektrische energie nodig en zo komen we terecht bij de elektrische installatie van de auto. Met die elektrische energie is het al net als met onze bankrekening: er komt bij en er gaat weer af. Toch gaat de vergelijking niet helemaal op. De bank laat toe dat onze rekening nu en dan op een bescheiden manier rood staat.

Daar is bij de elektrische installatie van de auto geen sprake van. Is alle elektrische energie opgebruikt, dan kan er zonder een nieuwe energie-injectie niet gestart worden.

Maar zover hoeft het niet te komen, ondanks het feit dat in de loop der jaren de vraag naar elektrische energie in de auto enorm is toegenomen. De meeste auto's hebben immers radio aan boord, veel wagens zijn voorzien van halogeenverlichting, de claxon en de ruitewissermotor moeten gevoed worden en als we zouden gaan tellen, vinden we nog minstens een dozijn andere stroomverbruikers.

Eén hiervan, de startmotor, is zelfs een grootverbruiker. Wat deze aan vermogen opneemt, stelt al het andere in de schaduw. U weet dat het elektrisch vermogen in kilowatt wordt aangegeven. Dat vindt u ook op de rekeningen die u van uw elektriciteitsbedrijf ontvangt voor geleverde elektrische energie. Eén kilowatt (kW) = 1000 Watt (W). Een kleine gloeilamp in de auto, bv. voor het binnenlicht, neemt een vermogen op van 5 W, maar de startmotor doet het niet minder dan met 1500 W! We moeten dus over een sterke energiebron in de auto kunnen beschikken voor de voeding van de startmotor. Deze heeft overigens een zware taak, nl. het in beweging brengen van de verbrandingsmotor en wie ooit een motor met een aanzetslinger aan de gang heeft gemaakt, weet wat dit zeggen wil.

De sterke bron van elektrische energie in de auto is de batterij, ook wel accu genoemd. En omdat de zwaarste taak van de batterij het voeden van de startmotor is, wordt hij ook vaak 'startbatterij' genoemd.

De leveranciers

De batterij of accu is in staat om elektrische energie af te geven, maar moet deze eerst zelf hebben ontvangen. Wat hij heeft afgegeven, moet ook weer worden aangevuld. Als de motor draait, is dit geen probleem, want deze drijft immers een dynamo aan, ook wel alternator genoemd. De alternator op zijn beurt voedt de ingeschakelde stroomverbruikers en ziet daarbij ook nog kans om de accu 'bij te laden', d.w.z. de accu de energie terug te geven die deze heeft moeten leveren toen de alternator niet in bedrijf was.

De elektrische installatie van een auto omvat dus twee leveranciers van elektrische energie: de alternator (dynamo) en de accu. De laatste levert alleen als de alternator niet in bedrijf is of om wat voor reden onvoldoende energie kan leveren.

De verbruikers

Alle andere elektrische apparaten of toestellen in de auto zijn stroomverbruikers. Nu mag een elektrische installatie nog zo ingewikkeld lijken (fig. 87), het wordt al veel eenvoudiger als we onderscheid kunnen maken tussen de leveranciers (A = alternator, B = batterij - fig. 87) en de verbruikers.

We hebben al gezien dat de startmotor (S) een grootverbruiker is en deze neemt dan ook een aparte plaats onder de verbruikers in. Een aparte plaats neemt ook de ontstekingsinstallatie (OI) in. Niet vanwege een hoog verbruik, maar omdat het een vrij gecompliceerde en uitgebreide installatie is. Tussen de stroomleveranciers en de stroomverbruikers loopt een netwerk van kabels en draden, maar dan wel via schakelaars, aftakdozen en zekeringen. Deze staan in een schakelschema vermeld dat u in het instructieboekje van uw auto aantreft; een voorbeeld hiervan vindt u in fig. 88.

Dit is het schakel- of bedieningsschema van een Mini, die nog een betrekkelijk eenvoudige installatie heeft. Niettemin ziet het schema er wat ingewikkeld uit. Toch kunnen de diverse verbindingen goed worden gevolgd. Zo is 3 de batterij (accu), 4 het startrelais en 5 de startmotor. Zowel bij de accu als de startmotor ziet u een bepaald teken staan, dat 'massa' betekent. Dat vereist wel enige verduidelijking en daarom eerst iets over het begrip 'stroomkring'.

Stroomkring

Tussen de aansluitklemmen van een in werking zijnde alternator of de polen van een geladen accu heerst een spanningsverschil. Dit maakt het mogelijk dat er een stroom vloeit wanneer de spanningsbron wordt aangesloten op een gesloten kring. Dit is het geval met de accu in fig. 89.

Deze is met twee geleiders aangesloten op een gloeilamp. Nu kan er een stroom vloeien. De stroom vloeit door de gloeidraad van de lamp, ondervindt daarbij een weerstand, zodat warmte wordt ontwikkeld en de gloeidraad gaat gloeien; de lamp brandt. Verbreken we een van de verbindingen, dan is er geen gesloten kring meer en er kan geen stroom meer vloeien.

Massa

Tussen de accu en de lamp, getoond in fig. 89, zijn twee draden nodig die een stroomkring tot stand brengen. Uit ervaring weten we dat dit ook geldt voor de elektrische toestellen in onze woning. Ook daarvoor zijn twee geleiders nodig. En natuurlijk geldt dit ook voor de elektrische installatie van de auto. Maar met dat verschil dat het metalen onderstel of de carrosserie van de auto als gemeenschappelijke leider fungeert. Naar elke elektrische verbruiker loopt dus maar één draad (fig. 90).

De andere aansluiting van de verbruiker is verbonden met de carrosserie; het metaal hiervan wordt 'massa' genoemd. Is een verbruiker niet stevig genoeg op 'massa' aangesloten ('hijmaakt geen massa' zegt men ook wel), dan is er geen gesloten stroomkring en kan er geen stroom vloeien.

Dikke en dunne kabels

De kabels naar alle elektrische toestellen hebben een bepaalde diameter, maar zoals uit het schema in fig. 88 blijkt, zijn er een paar uitschieters bij, nl. de kabels die op de accu zijn aangesloten en waarvan er een naar de startmotor voert.

De andere kabel (of strip) is aangesloten op massa. De accu, startmotor en startschakelaar en de daarmee verbonden kabels vormen samen de startkring. Waarom deze kabels zo dik moeten zijn, wordt duidelijk als we bedenken dat de accu een spanning heeft van 12 volt. Dat is dus heel wat minder dan de netspanning in ons huis die 220 volt bedraagt. Nu is elektrisch vermogen (Watts) het produkt van spanning (volts) en stroomsterkte (ampères). Daar de startmotor een groot vermogen moet opnemen en de beschikbare spanning vrij laag is, volgt hieruit dat er een stroom van grote sterkte zal moeten vloeien. Een dunne kabel zou hiervoor te veel weerstand opleveren (voor het verplaatsen van een grote hoeveelheid water is immers ook een buis van flinke diameter nodig). Vandaar de forse kabels die stevig op de accu, op massa en op de startschakelaar en de startmotor aangesloten moeten zijn. Is die aansluiting niet stevig genoeg, dan kan er geen of onvoldoende stroom vloeien. De startmotor doet dan niets of werkt heel traag.

De accu

Voorwaarde voor het vlot starten van de motor en het goed functioneren van alle stroomverbruikers is een accu die in goede staat verkeert en goed geladen is. De meeste startmoeilijkheden ontstaan door een accu die niet in staat is om voldoende energie af te geven of door losse of vuile verbinding in de startkring.

Het loont dus wel de moeite om de accu en al wat daarme verband houdt in goede conditie te houden of de accu in geval van een defect te vervangen.

Als een accu geladen wordt, vindt in de cellen een chemisch proces plaats. Wordt de accu ontladen, dan voltrekt het proces zich in omgekeerde richting. We zullen deze processen niet in alle details gaan volgen, maar wat er in elke cel van de accu gebeurt komt op het volgende neer:

Een cel omvat positieve en negatieve platen (4 en 2 in fig. 91).

De platen zijn in feite roosters en in de openingen hiervan is de actie; massa aangebracht. Dit is de substantie die deelneemt aan het chemische proces. De platen zijn van elkaar gescheiden door een separator vervaardigd uit niet-geleidend materiaal. Hoe groter het aantal platen, des te groter de capaciteit van de cel. Het platenpakket is ondergedompeld in een vloeistof, elektrolyt genaamd, dat uit verdund zwavelzuur bestaat. Verkeert een cel in geladen toestand, dan bestaat de actieve massa van de negatieve platen uit zuiver lood en de actieve massa van de positieve platen uit looddioxyde. Wordt de accu ontladen, dan vindt een chemische omzetting van het elekrolyt plaats; geleidelijk wordt dit water, terwijl de actieve massa van zowel de positieve als de negatieve platen in loodsulfaat wordt omgezet.

De positieve en negatieve platen eindigen ieder in een 'pool'. Is een cel geladen dan heerst er een spanningsverschil van twee volt tussen de positieve en negatieve pool van een cel. Schakelen we zes van deze cellen in serie, dan verkrijgen we een accu of batterij met een negatieve eindpool (minpool genoemd) en een positieve eindpool (pluspool). Tussen de min- en de pluspool heerst een spanning van 12 volt.

Elke cel kan voorzien zijn van een vulstop. Door deze los te draaien kunnen we het vloeistofpeil in elke cel controleren. Andere accu's hebben een gemeenschappelijk deksel. Trekt men dit omhoog, dan kan het vloeistofpeil in alle zes cellen gecontroleerd worden.

Gedistilleerd water bijvullen

Een van de voornaamste onderhoudspunten van een accu is het controleren van het vloeistofpeil en het eventueel bijvullen. We hebben gezien dat de vloeistof uit verdund zwavelzuur bestaat, d.w.z. zwavelzuur verdund met gedistilleerd water. Zwavelzuur verdampt niet, maar gedistilleerd water wel. Als na verloop van tijd het vloeistofpeil gezakt is, moet dan ook uitsluitend gedistilleerd water worden bijgevuld.

Dit mag beslist niet worden nagelaten, want als een deel van de platen niet meer onder de vloeistofspiegel staat, heeft dit niet alleen een ongunstige invloed op de platen, maar ook de capaciteit van de accu zal dan vermindereren. Als algemene regel voor een auto-accu geldt dat de vloeistofspiegel zich ca. 15 mm boven de bovenkant van de platen moet bevinden.

Is de stand te laag, dan vult men gedistilleerd water bij. Zorg er wel voor dat het gedistilleerd water rechtstreeks in de cellen komt, dus niet eerst langs de schroefdraad van de vulstop stroomt, want dan kunnen stof en vuil meegevoerd worden.

Het beste kan dus een trechter worden gebruikt, bij voorkeur geëmailleerd of van kunststof. Zorg er ook voor dat het vloeistofpeil niet te hoog wordt, want anders treedt er accuzuur naar buiten dat zich over de bovenkant van de accu verspreidt.

Meestal bevindt de accu zich onder de motorkap en kunnen we bij daglicht het vloeistofpeil goed waarnemen. Is het minder goed zichtbaar, gebruik dan een looplamp of een zaklantaarn, maar nooit open vuur, zoals een lucifer, aangezien in de cellen tijdens het laden een explosief gas ontstaat.

De onderhoudsvrije accu

Er is de laatste jaren een type accu verschenen die men 'onderhoudsvrij' noemt en in de meeste gevallen ontbreken hieraan de vulstoppen. Dit is mogelijk geworden door veranderingen in het roostermateriaal, waardoor het zogeheten gassen, dat bij het laden kan optreden, sterk verminderd is. Er verschijnt dus vrijwel geen water meer, zodat er ook niets meer bijgevuld hoeft te worden.

Denk er wel aan dat 'onderhoudsvrij' in dit geval alleen betekent: geen gedistilleerd (of gezuiverd) water bijvullen. Net als de conventionele accu kan ook de onderhoudsvrije accu ontladen raken, bv. door het lang starten of als bij stilstaande auto een stroomverbruiker ingeschakeld blijft.

Startvermogen daalt bij lage temperatuur

Naarmate de buitentemperatuur lager is, verloopt het chemisch proces in de accu trager en vermindert zijn startcapaciteit. Bij 0° C bedraagt deze nog maar 60 % van de capaciteit bij warm zomerweer.

Hiermee is natuurlijk rekening gehouden, zodat de accu ook bij vriezend weer voldoende startvermogen bezit om de motor (waarvan de inwendige weerstand dan groter is) met voldoende snelheid in beweging te brengen. Maar is het startvermogen van de accu bij normale temperaturen al aanzienlijk gedaald (een accu is aan veroudering onderhevig), dan levert een verdere vermindering als gevolg van dalende temperatuur startmoeilijkheden op.

Fig. 93 toont hoe het startvermogen van een volgeladen accu bij een buitentempartuur van 27° C vermindert bij 0° C en 18° C vorst en hoe de capaciteit nog verder vermindert als de accu half of bijna geheel ontladen is.

De ontsteking: 200 vonken per seconde

Telkens als de zuiger een mengsel heeft samengeperst, moet het door een vonk tot ontbranding worden gebracht. Bij een vierslagmotor per cilinder dus een vonk op elke twee omwentelingen.

Dat zijn voor vier cilinders twee vonken per omwentelingen. Dat zijn 12 000 vonken bij 6 000 omw. per minuut of 200 vonken per seconde. En dit zijn vonken die niet kunnen overspringen in de open lucht, maar in een mengsel dat sterk is samengeperst. Dan moeten ze nog precies op het juiste moment komen ook, terwijl dit moment bij diverse toerentallen en motorbelastingen voortdurend kan variëren.

Hieruit volgt dat de ontstekingsinstallatie van een auto drie taken heeft:

1. het opwekken van een zeer hoge spanning om een sterke vonk te kunnen leveren;
2. het verdelen van de spanningsimpulsen over de cilinders;
3. de spanningsimpulsen te leveren op het moment dat de daaruit voortkomende vonk het meeste effect sorteert.

Voor 1 zijn nodig: een stroombron, bobine, onderbreker en condensator.

Voor 2 zijn nodig: een stroomverdeler met rotor en de bougies.

Voor 3 is nodig: een vonkvervroegingsmechanisme.

In fig. 94 ziet u de daarvoor benodigde onderdelen: de accu als stroombron, de bobine en verder de onderbreker, condensator en stroomverdeler die samen één apparaat vormen dat gewoonlijk de stroomverdeler wordt genoemd.

In deze stroomverdeler bevindt zich tevens het mechanisme dat het vonktijdstip - meestal spreken we van 'ontstekingstijdstip' - kan laten variëren.

Maar de buitenkant van deze onderdelen brengt ons wat hun werking betreft niet veel verder. Daarom kijken we liever binnenin; het is fig. 95 die ons dit mogelijk maakt. Daar zien we o.a. de woorden primaire en secundaire stroomkring, maar we kunnen evengoed de woorden 'laagspanningskring' en 'hoogspanningskring' gebruiken; die zeggen waarschijnlijk iets meer.

In de tekening ziet u duidelijk dat de laagspanningskring dunne kabels omvat en dat de kabels van de hoogspanningskring veel dikker zijn.

Laagspanningskring

Als we de ontstekingsschakelaar (meestal het 'contact' genoemd) aanzetten, vloeit er een stroom van de accu naar de bobine. Hierin bevindt zich een primaire wikkeling gewonden om een ijzeren kern. De accustroom vloeit door deze wikkeling en vervolgens naar de onderbreker die gevormd wordt door een stel contactpunten, wellicht beter bekend als de 'platinnekes'. Zijn deze gesloten, dan kan de stroom via 'massa' terugvloeien naar de massapool van de accu.

Er is dus een gesloten kringloop waarin nog niet zo heel veel bijzonders gebeurt. Alleen de primaire wikkeling in de bobine is in feite een elektromagneet en levert dan ook een sterk magnetisch veld. Eén van de bijzonderheden hiervan is dat telkens als een wijziging in het magnetisch veld optreedt (bv. bij het tot stand komen ervan of het wegvallen) er een elektrische inductie optreedt. En van dit verschijnsel nu maken we gebruik om van de 12 V accustroom een zeer hoge spanningsimpuls te verkrijgen.

Als de contactpunten van de onderbreker van elkaar gaan, houdt de stroom op te vloeien. Het magnetisch veld rond de primaire wikkeling in de bobine verdwijnt dus eveneens. Dit betekent een wijziging in het magnetisch veld en nu ontstaat de eerder genoemde inductiespanning. In de bobine bevindt zich nog een tweede wikkeling: de secundaire. Deze heeft veel meer windingen dan de primaire, wel 100 maal zo veel. En dat heeft een geweldig effect, want ook de secundaire wikkeling wordt door de opgewekte inductie beïnvloed.

Ontstaat in de primaire wikkeling een inductiespanning van 200 volt, dan zal in de secundaire wikkeling met zijn zeer veel windingen een inductiespanning van vele duizende volts ontstaan. En als de spanning van deze grootte naar een bougie wordt geleid, kan zich hier een zeer sterke vonk vormen.

Condensator

De condensator fungeert als een soort buffer. Als de contactpunten zich openen, zal de accustroom trachten te blijven vloeien en zich als een vonkje tussen de contacten willen ontladen. Dit zou de contactpunten zeer snel doen inbranden en bovendien zou het magnetisch veld van de primaire wikkeling niet snel genoeg wegvallen. En hoe sneller dit gebeurt, hoe hoger de spanning is die door de inductie teweeggebracht wordt.

Doordat de condensator de accustroom tijdelijk opneemt (men zegt dan dat de condensator wordt geladen), worden dus twee dingen bereikt: a- het voorkomen van vonkvorming aan de contacten; b- het snel wegvallen van het magnetisch veld waardoor een hogere inductiespanning wordt verkregen.

De onderbreker

Om een hoge inductiespanning en daarmee een vonk te verkrijgen, moet de accustroom onderbroken worden. De motor (meestal via de nokkenas) drijft daartoe een nok aan met vier of meer verhogingen (overeenkomstig het aantal cilinders). Telkens als een nokverhoging tegen het sleepblokje van het beweegbare contact (meestal contacthamer genoemd) komt, wordt deze weggeduwd van het vaste contact (fig. 96).

Dit stelsel van nok en contacten noemt men de onderbreker en is aangebracht op een plaat in het stroomverdelerhuis. Boven op de onderbrekernok is een rotor aangebracht.

Verdeler

Het stroomverdelerhuis wordt afgesloten door een verdeelkap (fig. 97). Deze heeft aan de buitenzijde in het midden één aansluiting voor de hoogspanningskabel vanaf de bobine en verder aansluitingen voor alle bougiekabels. Aan de binnenkant is de verdeelkap voorzien van metalen contacten waarlangs de metalen strip boven op de rotor glijdt. De hoogspanningsimpuls van de bobine wordt via de dikke kabel naar de verdeelkap geleid en via rotor en bougiekabel naar de gewenste bougie. Tussen de elektroden van de bougie zal de hoogspanningsimpuls zich als een vonk ontladen.

Vonkvervroeging

Op het moment dat de contactpunten worden gelicht, verschijnt er aan de bougies een vonk. Maar naarmate de motor sneller draait, moet het ontstekingstijdstip eerder verschijnen, anders zou de ontsteking van het mengsel een onvoldoende effect opleveren. Daarom bevindt zich onder de onderbrekerplaat (de plaat waarop de contactpunten zijn aangebracht) een vervroegingsmechanisme ook genoemd centrifugaalregelaar.

Deze omvat twee gewichtjes door veren naar elkaar toe getrokken. Maar naarmate het motortoerental toeneemt en de onderbrekeras sneller draait, worden de gewichtjes door de centrifugaalkracht naar buiten geslingerd, dus tegen de veerspanning in van elkaar af getrokken.

Hierbij wordt een plaat meegetrokken die de onderbrekernok in de draairichting iets verdraait. Daardoor komen de verhogingen op de onderbrekernok iets eerder tegen het sleepblokje van de contacthamer (bewegende contactpunt) met het gevolg dat de vonk eerder verschijnt.

Vacuumvervroeging

Er zijn omstandigheden die een nog grotere vervroeging vereisen. Bijvoorbeeld als de motor licht wordt belast (rijden met matige snelheid op een vlakke weg). Het gaspedaal is dan maar weinig ingetrapt en de cilinders worden maar matig gevuld. In zo'n geval duurt de verbranding iets langer en moet de vonk eerder komen. Dit gebeurt door de vacuumvervroeger aangebracht tegen de buitenkant van het stroomverdelerhuis.

De vacuumvervroeger omvat een membraan die via een trekslang met de onderbrekerplaat is verbonden. De membraankamer staat door middel van een leiding in verbinding met de carburator. Ontstaat daar een groot vacuum (dat is het geval als de cilinder zeer matig is gevuld), dan wordt het membraan tegen de veerdruk in naar rechts getrokken, waarbij de onderbrekerplaat wordt meegenomen. Daar zich op deze plaat de contactpunten bevinden, wordt het sleephokje van de contacthamer iets verschoven en wel tegengesteld aan de draairichting van de onderbrekernok. De contacthamer wordt hierdoor eerder gelicht, zodat de vonk vroeger verschijnt.

Onderhoud

De hier beschreven conventionele ontsteking eist betrekkelijk veel onderhoud.

Vooral moet op de volgende punten worden gelet:

- Alle verbindingen in de laagspannings- en hoogspanningskring moeten goed vastzitten en schoon zijn. Slechte verbindingen leiden tot spanningsverliezen, waardoor het systeem minder doelmatig functioneert.
- Dit laatste kan ook het geval zijn als contactpunten zijn ingebrand of als van de bougies de elektrodenafstand te groot is. De afstand tussen de elektroden kan worden gewijzigd door verbuiging van de zij-elektroden, maar bij oude bougies heeft dit weinig zin. Behalve de afstand is nl. ook de vorm van de elektroden van belang en zijn deze door erosie min of meer afgerond, dan is een grotere spanning nodig om de vonk te doen overslaan. Ook de ontsteking is dus een zaak van vraag en aanbod. Enerzijds kan de vraag naar een hogere spanning stijgen door bepaalde afwijkingen in het ontstekingssysteem. Andere afwijkingen kunnen leiden tot een geringer aanbod (lagere spanning).
- Van zeer groot belang is een juiste basisafstelling van de ontsteking en een goede werking van het vervroegingsmechanisme. De trekkracht en zuinigheid van de motor worden er door beïnvloed.

Elektronica

De laatste jaren hebben we kunnen lezen hoe de elektronica ook de auto heeft veroverd. Er wordt geschreven over mini-computers en micro-processors die gebruikt worden om veiliger te kunnen remmen. Om een nauwkeurige mengselvorming te verkrijgen en die tal van andere functies in motor en auto kunnen vervullen.

Het was allemaal begonnen met de halfgeleiders. Sommige stoffen, zoals de meeste metalen, zijn goede elektrische geleiders. Andere stoffen geleiden niet en fungeren juist als isolatoren. Maar naast geleiders en niet-geleiders is er nog een groep die bekend staat als halfgeleiders. Deze zijn onder bepaalde voorwaarden geleidend en onder andere voorwaarden niet-geleidend. Een bekende halfgeleider is de transistor. Deze kan bij voorbeeld fungeren als een schakelaar of onderbreker. Dit is dan ook de reden dat men o.a. van de transistor gebruik heeft gemaakt om de elektronische ontsteking te verwezenlijken.

Want wat vormt het zwakke punt van het conventionele ontstekingssysteem? Om een vonk van voldoende sterkte te verkrijgen, moet er een vrij grote stroom naar de primaire bobinewikkeling vloeien. Bij het onderbreken van de stroom - dus als de contactpunten zich van elkaar scheiden - moet de stroom door een zeer klein contactvlak vloeien (fig. 100).

De temperatuur loopt daarbij hoog op, zodat een deel van het puntenmateriaal smelt en los wordt getrokken. Daardoor vindt materiaaloverdracht plaats, zodat de ene contactpunt een putje en de ander een heuveltje krijgt.

Dit zou kunnen worden voorkomen door een geringere stroom via de contactpunten te laten vloeien, maar dan wordt de spanning voor de vonk niet hoog genoeg. Er moet dus een compromis worden gezocht: een stroom die groot genoeg is voor het induceren van een toereikende spanning, maar die de levensduur van de contactpunten niet abnormaal kort maakt.

Maar het is een compromis dat toch niet bevredigt. Want een relatief kleine stroom via de contactpunten eist ook een langere opbouwtijd voor de vonkvorming. Bij een hoog motortoerental wordt de tijd tussen iedere ontsteking zo kort mogelijk, dat de stroom zijn maximum waarde zelfs niet meer bereikt. De vonk zal dus zwakker worden.

Veel onderhoud

Er zijn twee redenen waarom contactpunten geregeld vernieuwd moeten worden.

Ten eerste omdat de contactvlakken na een betrekkelijk korte gebruiksduur inbranden en ze een te grote weerstand gaan opleveren.

Ten tweede omdat de contacthamer (dat is de bewegende contactpunt) voorzien is van een sleepblokje dat afslijt op de verhoging van de onderbrekernok. Dit heeft tot gevolg dat de contacthoek (de sluitingsperiode van de contactpunten) zich gaan wijzigen. En dit brengt ook een wijziging in het ontstekingstijdstip teweeg.

Dit heeft weer een ongunstige invloed op het motorvermogen en de brandstofeconomie en ook op de samenstelling van de uitlaatgassen. Nu is het materiaal van het sleepblokje tegenwoordig wel slijtvaster dan vroeger, zodat wijziging in de contacthoek en daarmee het ontstekingstijdstip minder vaak optreedt. Maar het probleem met de contactpunten zelf is gebleven. Ze dienen dus om de 10.000 of 15.000 km vernieuwd te worden en bij deze handelingen moeten contacthoek en ontstekingstijdstip opnieuw worden ingesteld.

De transistor

De komst van de halfgeleiders - waartoe de transistor behoort - maakte een verbetering van de ontsteking mogelijk. Een transistor kan fungeren als een elektronische onderbreker, zonder contactpunten. Daardoor kunnen er grote stromen meegeschakeld worden.

Daardoor moet een transistor echter 'gestuurd' worden door een zeer zwakke stroom, een zogeheten 'stuurstroom'. Door het aldus 'transistoriseren' van de conventionele ontsteking ontstaat een 'contactgestuurde transistorontsteking' (fig. 101), die de volgende voordelen biedt:

- Omdat de transistor een grotere stroom kan schakelen, wordt het uitgangsvermogen van de bobine vergroot. Dit resulteert in een betere vonk bij het starten en ook bij hoge toerentallen.
- Omdat de contactpunten slechts een zwakke stuurstroom behoeven te voeren, branden ze niet meer in en gaan ze langer mee. Ze hoeven dus niet meer zo vaak vernieuwd te worden.

Van 'contactgestuurd' naar 'contactloos'

In de beginperiode van de getransistoriseerde ontsteking verschenen er vele ombouwsets op de markt, die niet alle even betrouwbaar bleken. Maar met de verdere ontwikkeling van de elektronica zijn ook de ombouwsets verbeterd.

Toch bleven de contactpunten - al was hun levensduur dan verlengd - nog een probleem vormen. Ten dele vanwege het al eerder genoemde sleepblokje waarvan, ondanks verbeterd materiaal, slijtage toch niet voorkomen kon worden. Ten dele ook vanwege de enorme snelheden waarmee bij hoge toerentallen de contacthamer wordt bewogen. Dit leidt tot het 'zweven' van de contacthamer, wat uiteraard de vonkvorming niet ten goede komt.

De volgende ontwikkeling was dan ook om de onderbreking eveneens elektronisch te doen plaatsvinden. Hiervoor zijn verschillende systemen bedacht waarbij de stroomverdeler blijft gehandhaafd, maar de contactpunten worden vervangen door een aantal onderdelen waaronder een impulsgever.

Daarmee werd de 'contactloze transistorontsteking' verkregen. Deze heeft de voordelen die reeds bij de contactgestuurde transistorontsteking worden genoemd, maar met als extra voordelen dat ook bij hoge toerentallen een uitstekende vonk wordt verkregen en dat vernieuwing van de contactpunten geheel is komen te vervallen.

Dit betekent handhaven van het ontstekingstijdstip en daarmee van het motorvermogen, brandstofeconomie en geringe uitlaatgasemissies. Dit is dan ook de reden waarom sommige autofabrikanten (in de V.S. alle) er toe overgegaan zijn om een elektronische ontsteking als standaarduitvoering te leveren.

Inductief of capacitief

De conventionele, maar ook de transistorontsteking (contactgestuurd of contactloos) zijn inductieve systemen. Dit betekent dat er door het onderbreken van een stroom een spanning wordt geïnduceerd. Dit kost tijd, ook al is het nog zo kort. Men noemt dit de stijgtijd.

Deze relatief lange stijgtijd bij een inductieve ontsteking is er verantwoordelijk voor dat de hoogspanningsenergie kan weglekken als delen van het ontstekingssysteem vochtig of vervuild zijn. Om ook onder dergelijke omstandigheden nog een goede vonk aan de bougies te krijgen, zou een zeer korte stijgtijd vereist zijn. Dit is nu mogelijk met een capacitief systeem. Hierbij wordt een condensator geladen, die in één keer zijn lading loslaat (fig. 103) op de primaire wikkeling van de bobine. Er hoeft dus niets te worden 'opgebouwd', want onmiddellijk is een zeer hoge spanning in de secundaire wikkeling beschikbaar.

In het Duits wordt dit systeem dan ook 'Hochspannungs Kondensator Zudung' genoemd, afgekort tot HKZ. In het Engels het dit systeem 'Capacitive Discharge Ignition', wat afgekort wordt tot C.D.I. Omdat bij dit systeem een andere halfgeleider, de thyristor, een rol speelt, spreekt men in het Nederlands van 'thyristorontsteking'.

Het nadeel van een capacitief systeem (thyristorontsteking) is de zeer korte vonkduur. Bij een normaal mengsel van lucht en brandstof is dit geen bezwaar. Maar in verband met de emissie-eisen en het streven naar brandstofeconomie worden tegenwoordig armere mengsels toegepast. En dan kan een kortere vonkduur wel een bezwaar vormen. Want de kans bestaat dat de verder uit elkaar gelegen brandstofdeeltjes bij een armer mengsel vanwege de korte vonkduur niet tot ontbranding zullen komen.

In praktijk echter zal dit veelal vermeden kunnen worden door de bougie-elektrodenafstand iets te verkleinen. Ook een thyristorontsteking kan contactgestuurd of contactloos zijn.

Gecombineerd

Er bestaat ook ombouw-ontstekingsinstallaties waarin een inductief en een capacitief systeem gecombineerd zijn. Er is dan het voordeel van de korte stijgtijd van een thyristorontsteking en lange vonkduur van de transistor- of conventionele ontsteking. Wie de bestaande conventionele ontsteking van zijn auto elektronisch wil maken, heeft dus de volgende mogelijkheden:

1. een contactgestuurde transistorontsteking (inductief);
2. een contactloze transistorontsteking (inductief);
3. een contactgestuurde thyristorontsteking (capacitief);
4. een contactloze thyristorontsteking (capacitief);
5. een combinatie van inductieve en capacitieve ontsteking - contactgestuurd;
6. idem als hierboven maar contactloos.

Van at/m dzijn er vele merken in de handel, van een fslechts enkele. De capacitieve en combinatiesystemen zijn er over het algemeen iets duurder dan het inductieve systeem. Een contactloos systeem is weer iets duurder dan een contactgestuurd systeem omdat een ombouwset dan meer onderdelen omvat.

Sommige sets zijn voorzien van een schakelaar waarmee in geval van een onverhoopt defect aan de elektronica de conventionele ontsteking weer ingeschakeld kan worden. Bij sommige systemen heeft de schakelaar nog een nul-stand, zodat gelijk een zekere mate van beveiliging tegen diefstal wordt verkregen.

Brandstofbesparing

Vergeleken met een in goede staat van afstelling zijnde conventionele ontsteking, is de brandstofbesparing van een elektronische ontsteking zeker niet indrukwekkend. Maar zoals al eerder opgemerkt gaan de motorprestaties en de brandstofeconomie van een conventionele ontsteking tamelijk snel achteruit, terwijl ze van een elektronische ontsteking (vooral de contactloze) gehandhaafd blijven.

Neemt men de geleidelijke achteruitgang van een conventionele ontsteking in aanmerking, dan is de brandstofbesparing groter. Het is echter moeilijk deze besparing in procenten uit te drukken, want daarvoor liggen testresultaten te ver uit elkaar. Als we 3 tot 10 % opgegeven is dit niet meer dan een zeer voorzichtige schatting.

Maar behalve brandstofbesparing zijn er natuurlijk de voordelen van vlotter starten bij lage buitentemperaturen, een soepeler lopende motor, een wat langere levensduur van de bougies en een aanzienlijk verminderd onderhoud aan de ontsteking. De verwachting is dan ook dat autofabrikanten de komende jaren hun nieuwe modellen in standaarduitvoering met een elekronische ontsteking zullen uitrusten.

Zolang we het nog met een conventionele ontsteking doen, dienen we er wel voor te zorgen dat het ontstekingstijdstip periodiek wordt gecontroleerd. Een vonk die niet op het juiste moment komt, leidt tot een hoger brandstofverbuik. Dit laatste geldt ook voor bougies die te lang dienst hebben gedaan.

Hoofdstuk 6

Motorprestaties en brandstofeconomie

De werking van de motor is u uit de voorgaande hoofdstukken nu wel bekend. Als een mengsel van lucht en brandstof wordt verbrand, stijgt de druk in de ruimte boven de zuiger, zodat op de zuigerbodem een kracht wordt uitgeoefend.

Door het mechanisme van drijfstang en kruk wordt de kracht op de krukas overgebracht en is dan een 'draaikracht' geworden dat we in de mechanica 'draaimoment' of 'koppel' noemen (fig. 104). De grootte van dit koppel wordt door diverse factoren beïnvloed, natuurlijk ook door de grootte van de motor.

En deze wordt weer bepaald door twee afmetingen, nl. de boring en de lengte van de slag (fig. 105). De boring is niets anders dan de diameter van de cilinder. De slaglengte is de afstand tussen het onderste dode punt en het bovenste dode punt van de zuiger. Uit boring en slag kan de inhoud, ook genaamd slagvolume, van de cilinder worden berekend. Men geeft dit aan in kubieke centimeters (cm3) of liters. Eén liter is 1000 cm3.

Natuurlijk moet de inhoud van één cilinder vermenigvuldigd worden met het aantal cilinders om de totale inhoud of het slagvolume van de motor te verkrijgen.

Nu ligt het voor de hand dat een motor met grote inhoud, waarin dus een flinke hoeveelheid mengsel kan binnenstromen, ook een groot koppel kan afgeven. Maar dit is mede afhankelijk van de mate waarin de cilinders worden gevuld. En dit heeft dan ook weer te maken met de stand van de smoorklep (fig. 106) in de carburator. Is deze bijna gesloten, dan kan er maar weinig mengsel naar de cilinders stromen. De vulling is dan slecht en omdat er weinig gas verbrandt, kan de motor maar een gering koppel leveren. Trappen we het gaspedaal in zodat de smoorklep wijder wordt geopend, dan kan er meer gas naar de cilinders stromen. De vulling wordt beter, door de grotere hoeveelheid gas wordt de verbrandingsdruk hoger en het daaruit resulterende koppel neemt toe. Maar wel tot een zeker toerental. Want gaat de motor nog sneller draaien, dan is er minder tijd beschikbaar om de cilinder te vullen.

Er is dus een bepaald toerental waarbij de cilinder de beste vulling heeft en de grootste verbrandingsdruk optreedt. Dit toerental heeft onder meer te maken met het ontwerp van het inlaatsysteem en is bij ieder type motor verschillend.

Compressieverhouding

Hoe groot de verbrandingsdruk boven de zuiger is, hangt vooral ook af van de compressieverhouding. Dit is de mate waarin een gas wordt samengeperst. De compressieverhouding is dan ook het verschil in volume boven de zuiger als deze resp. zijn laagste en hoogste stand in de cilinder inneemt (fig. 107).

Is het volume vier maal zo klein geworden, dan bedraagt de compressieverhouding 4:1 (fig. 107 A).

Is het volume tien maal zo klein, dan bedraagt de compessieverhouding 10:1 (fig. 107 B).

Waarom compressie?

Zonder compressie zou een verbranding in de cilinder weinig effect sorteren. De verbranding zou traag verlopen, want de brandstofdeeltjes in het mengsel zouden ver uit elkaar liggen. Door het samenpersen komen de brandstofdeeltjes dichter bijeen, ze worden heter, ze zullen daardoor gemakkelijker in gasvorm overgaan en er wordt een snellere verbranding verkregen.

Hoe groter de compessieverhouding, hoe groter de compressie-einddruk en de temperatuur en hoe hoger de daarop volgende verbrandingsdruk. Ook de temperatuur van het gas is bij de verbranding hoger. En dat is weer van groot belang bij de daaropvolgende expansie, des te groter zal ook het verschil in temperatuur zijn tijdens de verbranding en het moment waarop de verbrande gassen de cilinder verlaten.

Vermogenswinst of brandstofbesparing

Een voorbeeld zal dit duidelijk maken. Stel u voor een motor met een vrij geringe compressieverhouding. De verbrandingsdruk stijgt dan tot ca. 30 bar (vroeger zeiden we 30 atmosfeer) en aan het eind van de werkslag (expansie) is de druk gezakt tot 4 bar. Bij een motor met een hoge compressieverhouding stijgt de verbrandingsdruk tot ca. 45 bar. Maar na de expansie hebben de verbrande gassen een druk van nauwelijks 4 bar.

Het ligt voor de hand dat de motor in het laatste voorbeeld de energie in de brandstof beter benut dan de motor in het eerste voorbeeld. Bij het vergroten van de compressieverhouding wordt dan ook winst geboekt. Hoe die winst gebruikt wordt is een zaak die de autorijder beslist. Hij kan de grotere prestaties die hem ter beschikking staan geheel benutten. (bv. sneller accelereren) of hij kan genoegen nemen met dezelfde prestaties, maar een brandstofbesparing incasseren. Als de compressieverhouding van een motor 7:1 bedraagt en de fabrikant zou dat bij een nieuw model verhogen tot 8:1, wordt of een prestatietoename van 6 % of een brandstofbesparing van 5 %.

Compressieverhouding begrensd

In de jaren zestig vertoonden de compressieverhoudingen van automotoren een stijging. Men was wel aan een grens gebonden, want een te hoge compessieverhouding vergrootte de kans op een abnormale verbranding. Het verschil tussen een normale verbranding en een abnormale verbranding die aanleiding geeft tot detonatie, wordt getoond in fig. 108.

Bij een normale verbranding breidt het vlamfront zich geleidelijk over de gehele verbrandingsruimte uit (fig. 108 A).

Een abnormale verbranding voltrekt zich zo snel, dat het nog niet verbrande gas spontaan tot ontbranding komt en er een tweede vlamfront ontstaat dat met het eerste in botsing komt. Dit noemt men detonatie of pingelen of kloppen en het verschijnsel kan heel schadelijk voor de motor zijn. Met een klopvaste brandstof is een compressieverhouding van 10:1 zeer wel mogelijk (vooropgested dat ook het motorontwerp gericht is op het vermijden van detonatie). Maar de klopvastheid van benzine eist dan wel een bepaalde toevoeging, nl. TEL (Tetra Ethyl Lood) of een daaraan gelijkwaardig middel.

In de jaren zeventig echter begon de milieubeheersing haar eisen te stellen. Dit hield in dat de loodtoevoeging verminderd moest worden, waardoor de klopvastheid van benzine verminderd dreigde te worden. De raffinaderijen hebben de klopvastheiden op andere wijzen redelijk goed kunnen handhaven. Maar vele autofabrikanten stelden hun motoren veiligheidshalve toch maar vast in op het gebruik van minder klopvaste benzine (dus 'normaal' benzine i.p.v. 'super' benzine) waarbij in vele gevallen de compressieverhouding werd verlaagd.

In feite dus - hoewel we niet mogen generaliseren - een teruggang van het motorrendement. 'Onze motoren geschikt voor nomale benzine' begon zelfs een verkoopsargument te worden. Men wilde de gebruikers doen geloven dat ze met deze motoren toch maar goed af waren omdat er niet meer de dure superbenzine voor nodig was, maar de iets goedkopere normale benzine. En dit nu is - zoals u na deze uiteenzetting over compressiedruk, verbrandingsdruk en temperatuur wel begrepen zult hebben - een zeer zwak argument. Een motor met een relatief hoge compressieverhouding - ook al moet daarvoor de iets duurdere superbenzine worden gebruikt - heeft een hoger rendement (is dus relatief zuiniger) dan de motor die geschikt is voor normale benzine.

Welke prestaties levert de motor?

Om te weten wat een motor presteert, hanteert men twee begrippen: koppel en vermogen. Het koppel, zo hebben we gezien, is de 'draaikracht' - gewoonlijk draaimoment genoemd - die de motor bij een bepaalde toerental kan leveren. Bij een laag toerental komt er weinig gas in de cilinders. Daardoor is ook de verbranding langzamer, want de brandstofdeeltjes liggen tamelijk ver uit elkaar. Naarmate het toerental toeneemt, wordt de vulling beter en verbrandt het mengsel sneller. Het koppel neemt dus toe en in een z.g. prestatiediagram (fig. 109) wordt dit duidelijk zichtbaar.

Bekijkt u maar even de gebogen lijn (meestal curve genaamd), in fig. 109 aangegeven door A. De bijhorende verticale schaal is verdeeld in Kgm (Kilogrammeter, de vroeger gebruikte eenheid) en in Nm (newtonmeter, de tegenwoordig gebruikte eenheid).

We zien nu het koppelverloop ten opzichte van het toerental (de horizontale lijn geheel onderaan). Naarmate het toerental stijgt, wordt het koppel groter en bereikt zijn maximum bij 4000 omwentelingen per minuut. De motor heeft nu zijn maximale vulling, de verbranding is gunstig, kortom de motor draait bij dit toerental zeer efficiënt. Bij toename van het motortoerental daalt de curve: het koppel wordt geringer omdat de cilindervulling nu weer slechter wordt.

Toch betekent dit niet dat de mogelijkheden voor de motor nu zijn uitgeput. Er is bij 4000 toeren per minuut wel de maximale draaikracht per arbeidskringloop (dus de bekende vier slagen inlaat - compressie - verbranding en uitlaat) bereikt, maar we kunnen het aantal arbeidskringlopen per minuut nog opvoeren.

Nu komt dus de factor tijdseenheid op het toneel. En als we kracht in tijdseenheid gaan aangeven, dan spreken we niet meer van koppel, maar van vermogen. Bij het verder opvoeren van het toerental wordt de vulling slechter, dus de arbeidsinslagen worden minder krachtig, maar we vergroten het aantal arbeidsinslagen per minuut.

Daarom ziet u in het prestatiediagram niet alleen een curve die het koppel aangeeft, maar ook de curve (B) van het vermogen. Op het moment dat de koppelcurve het maximum heeft bereikt en daarna daalt, blijft de curve van het vermogen stijgen. De arbeidsslagen worden minder krachtig, maar dit wordt ruimschoots gecompenseerd door het grotere aantal arbeidsslagen per tijdseenheid. Het vermogen blijft dan ook stijgen, tot aan een zeker toerental.

Voorbij dit toerental is het toenemende aantal arbeidsslagen per minuut niet meer in staat de steeds slechtere vulling, dus het steeds zwakker worden van de arbeidsslagen, te compenseren. De motor is daarmee aan de top van zijn vermogen. Een nog hoger toerental zou het vermogen alleen maar doen dalen, wat in de vermogenscurve duidelijk tot uitdrukking komt.

Nu zult u zich waarschijnlijk afvragen wat van groter nut is om te weten: het koppel of het vermogen. Dit hangt af van wat men wil beoordelen. U zou het verschil tussen beide als volgt kunnen zien: Een fietser oefent druk op het pedaal uit (fig. 110) en levert een koppel op het kettingwiel. Dit koppel is van twee dingen afhankelijk, nl. van de kracht die op het pedaal wordt uitgeoefend en van de lengte van de arm, in dit geval dus de crank (de stang waaraan het pedaal is bevestigd).

Wil men weten of de fietser een kracht kan leveren groot genoeg om tegen een helling te komen, dan is zijn 'koppel' dus van belang. Maar wil men weten wat de fietser in een bepaalde tijdseenheid, bv. per minuut, aan arbeid kan verrichten, dan is het vermogen van belang. Het vermogen wordt uitgedrukt in kiloWatt, afgekort tot kW (vroeger PK als afkorting voor 'paardekracht'). In het prestatiediagram vindt u beide schalen, dus zowel kW als PK.

Brandstofverbruik

We gaan nog een ander prestatiediagram bekijken (fig. 111).

Daarin vinden we terug de curve A voor het koppel, de curve B voor het vermogen en nog een derde curve C voor het brandstofverbruik. Deze curve is vrijwel het spiegelbeeld van de koppelcurve A.

Dat is natuurlijk niet zo vreemd, want denk nog even aan de situatie bij het toerental van het maximum koppel. De motor draait dan onder gunstige voorwaarden: de vulling is goed, de compressieverhouding komt dus het beste tot zijn recht en de verbranding verloopt op een gunstige manier. Geen wonder dat de motor bij dit toerental ook het meest economische verbruik heeft. Dat zien we duidelijk aan de curve C. Deze is het laagt (het geringste verbruik) bij het toerental van het maximum koppel.

De conclusie zou dus voor de hand liggen: houdt bij het rijden een motortoerental aan waarbij het maximum koppel wordt geleverd en automatisch is het brandstofverbruik dan het laagst. Daar zit iets in, maar er zijn twee factoren die we daarbij in aanmerking moeten nemen. Op de eerste plaats wordt het maximum koppel en het daarbijbehorende laagste brandstofverbruik verkregen wanneer de smoorklep geheel is geopend.

Op een proefbank kan dat zonder bezwaar. Men belast de motor met een rem en zet de smoorklep wijd open. De motor levert nu een grote prestatie en ten opzichte van deze prestatie is het brandstofverbruik gunstig. Maar als een motor tijdens het rijden op een vlakke weg het toerental van het maximum koppel bereikt, is de smoorklep gedeeltelijk gesloten. Dit wil dus zeggen dat het maximum koppel niet gerealiseerd wordt en dat dan ook het brandstofverbruik hoger zal zijn.

Toch kan het wel degelijk nut hebben om bij het rijden bij kruissnelheid het motortoerental in de buurt van het maximum koppel te houden. Om dit te bewijzen moeten we u nog een keer met een grafiek lastig vallen (fig. 112).

Daar staan bovenaan drie curven aangegeven. De bovenste is het koppelverloop bij 100 %, dus geheel-geopende smoorklep. Bij 50 % geopende smoorklep (dus het gaspedaal ongeveer half ingetrapt) geeft de tweede curve van boven het koppeverloop aan. Is de smoorklep slechts voor een kwart geopend, dus 25 %, dan laat de derde curve het kopperverloop zien.

De drie curven onderaan tonen weer het brandstofverbruik bij 25 %, 50 % en 100 % geopende smoorklep. En in alle drie gevallen zien we dat het verbruik bij het toerental van het maximum koppel (in deze grafiek ca. 3000 omw. per minuut) toch het gunstigste is.

Specifiek verbruik en wegverbruik

Let wel dat we bij het brandstofverbruik in deze grafieken steeds de geleverde motorprestaties in aanmerking hebben genomen. Als we dit doen is er sprake van 'specifiek brandstofverbruik'. Het is het verbruik in grammen dat nodig is om een motor één uur lang een vermogen van één kW te laten ontwikkelen. Vandaar dat bij de schaal 'Brandstofverbruik' staat: g/kWh, dus gram per kW per uur. Dat is natuurlijk heel iets anders dan de manier waarop het verbruik in liters over een afstand van 100 km op de weg wordt aangegeven.

Twee verschillende soorten verbruiken dus. Soms bestaat er een relatie tussen beide, maar vaak hebben ze weinig met elkaar te maken. Om dit te begrijpen, moeten we ons er van bewust zijn dat een automotor gewoonlijk maar een gering deel van zijn prestaties hoeft te leveren. Als met een snelheid van 90 km/uur op een vlakke weg wordt gereden, bij de meeste auto's het gaspedaal gewoonlijk nog maar voor de helft ingetrapt. De motor heeft dan nog een flinke reserve die nodig is voor het accelereren, het bestijgen van een helling of het overwinnen van de steeds groter wordende luchtweerstand als sneller dan 90 km/uur wordt gereden.

U moet het op deze manier zien: zijn er weinig prestaties nodig, dan is de brandstofeconomie van de motor relatief bezien niet gunstig. Het specifiek brandstofverbruik is dan vrij hoog, maar omdat de motor vanwege de geringe krachtontwikkeling maar weinig brandstof vraagt, is het wegverbruik laag.

Omgekeerd: als de motor grotere prestaties moet leveren, is zijn specifiek brandstofverbruik gunstiger (tot aan het toerental van het maximum koppel). Maar bij grote prestaties moet er meer brandstof worden toegevoerd, dus in termen van liters per 100 km is het verbruik hoger.

De relatie die tussen beide verbruiken soms bestaat, komt tot uitdrukking bij auto's waarvan de motor het maximum koppel levert bij een laag toerental, bijvoorbeeld 2500 tot 3000 omwentelingen per minuut. Komt dit overeen met de gebruikelijke wegsnelheid in de hoogste versnelling op een vlakke weg, bijvoorbeeld tussen 100 en 120 km/h, dan beïnvloedt het lage specifieke verbruik het wegverbruik op een gusntige manier.

Dit is dan ook het geheim van sommige automodellen met een vrij grote motor (groot slagvolume), die echter zijn maximum koppel bij een vrij laag toerental levert. Heeft zo'n auto bovendien een aerodynamisch verantwoorde vormgeving van de carrosserie en is de versnellingsbak uitgerust met een vijfde versnelling als overdrive (waarover meer in hoofdstuk 8), dan kan dit leiden tot een verbruik dat maar weinig verschilt met dat van veel kleinere auto's.

Voorwaarde is dan wel dat er met een zo constant mogelijke snelheid wordt gereden. Auto's met een grote motor zullen immers een nogal hoog eigen gewicht hebben, meestal meer dan 1200 kg. Moet deze massa steeds weer vertraagd en versneld worden, zoals in stadsverkeer, dan eist dit meer energie - dus meer brandstof - dan een auto van bijvoorbeeld 800 kg. Dit is de verklaring voor het grote verschil in stadsverbruik en het rijden bij constante snelheid voor auto's met grote motoren.

Bij sportwagenmotoren wordt het maximum koppel gewoonlijk bij een veel hoger toerental ontwikkeld, bijvoorbeeld 4000 of 4500 omw. per minuut. De wegsnelheden zijn bij dit toerental meestal hoger dan in ons land is toegestaan. In zo'n geval kan dus het voordeel van een laag specifiek verbruik niet tot zijn recht komen.

Alles begrepen?

Er werden in dit hoofdstuk op een populaire manier een aantal theoretische grondslagen van de motor behandeld. Misschien dat u alles niet in één keer hebt begrepen. Lees dit hoofdstuk dan nog een keer door, want het geeft u een goed inzicht in de achtergronden van motorprestaties en brandstofeconomie. Ook zult u nu begrijpen wat in folders wordt bedoeld als hierin het slagvolume, de compressieverhouding, het maximum koppel en het maximum vermogen (bij een bepaald toerental) worden opgegeven.

Wat in het hoofdstuk tot dusver is behandeld, komt op het volgende neer:

- Motorprestaties zijn afhankelijk van motorinhoud (slagvolume), compressieverhouding en cilindervulling.
- Brandstofeconomie (specifiek verbruik) is afhankelijk van compressieverhouding en cilindervulling.
- Bij het maximum koppel (draaikracht of draaimoment) is de cilindervulling het grootst en komt de toegepaste compressieverhouding het meest tot zijn recht. Relatief gezien (dus t.o.v. degeleverde prestaties) is het brandstofverbruik (daarom specifiek verbruik genoemd) het laagst.
- Bij een hoger toerental dan het maximum koppel kan een motor nog meer presteren. De krachtimpulsen worden dan geringer, maar omdat het aantal krachtimpulsen per tijdseenheid toeneemt, kan er meer uit de motor gehaald worden. De geleverde arbeid per tijdseenheid noemen we vermogen.
- Bij toenemende toerental worden de krachtimpulsen steeds zwakker (de cilinders worden slechter gevuld). Bij een bepaald toerental neemt het vermogen niet meer toe en is het maximum vermogen bereikt.
- Bij constante kruissnelheid (80 à 90 km/uur) op een vlakke weg hoeft een motor slechts geringe prestaties te leveren. Daarom is het brandstofverbruik in liters per 100 km gering. Maar het specifiek verbuik (gemeten t.o.v. de geleverde prestaties) is hoog.
- Naarmate de rijsnelheid hoger wordt, nemen de rijweerstanden (vooral de luchtweerstand) toe. Om die te overwinnen zijn veel grotere motorprestaties nodig. Ten opzichte van die prestaties wordt het brandstofverbruik lager (specifiek verbruik). Maar het wegverbruik wordt aanzienlijk hoger.
- Het wegverbruik hoeft echter toch niet ongunstig te zijn als we het motortoerental in de buurt van het maximum koppel kunnen houden.

Nogmaals: rendement

We weten inmiddels dat bij een motor verliezen optreden. Als het mengsel van brandstof en lucht wordt verbrand, gaat ongeveer een derde van de warmte-energie via het koelsysteem verloren en nogmaals een derde via het uitlaatsysteem. Dan is er nog de inwendige wrijving in de motor die ook zijn deel eist. Ten slotte blijft er ca. 24 % van de warmtewaarde van de brandstof over die de motor als stuwkracht doorgeeft (fig. 113).

Daarvan gaan nog transmissieverliezen af, maar misschien herinnert u zich nog hoe in hoofdstuk 1 werd beweerd dat slechts ongeveer 10 % van de warmtewaarde in de brandstof nuttig kan worden gebruikt. Hoe valt dit nu te rijmen met de hierbovengenoemde 24 %?

Deze 24 % is alleen te verkrijgen onder ideale omstandigheden, dus bij een motor op de proefbank en met geheel geopende smoorklep.

In de rijpraktijk is deze situatie niet te verwezenlijken. Soms draait de motor stationair en verbruikt dus benzine zonder dat er stuwkracht wordt geleverd. In stads- en fileverkeer wordt de smoorklep voortdurend een beetje geopend en gesloten, dus ook dan is er geen sprake van een maximum rendement. Het steeds weer opnieuw in beweging zetten van de auto bij verkeerslichten en opstoppingen kost bovendien extra brandstof. Zelfs bij het rijden op een buitenweg moeten we toch voortdurend inhouden bij bochten en door een bebouwde kom.

Slechts op een niet te drukke autoweg kunnen we een constante snelheid handhaven, wat de brandstofeconomie ten goede komt. Maar over het geheel genomen hebben we bijlange na niet het precentage dat in de allergunstigste omstandigheden wordt verkregen. Dat is de ene keer misschien niet meer dan 8 %, de andere keer misschien 15 %. Vandaar dat in hoofdstuk 1 een rendement van 10 % werd genoemd. Kunnen we met een goede rijstijl en een goed gebruik van de versnellingsbak het percentage iets opvoeren - al is het maar met enkele procenten - dan scheelt dat aanzienlijk in het brandstofverbruik. We komen daarop nog terug in hoofdstuk 8 'In de juiste versnelling'.

Rendement handhaven

Maar ook is het van bijzonder groot belang dat een optimale conditie en staat van afstelling van een motor gehandhaafd blijft. Is dit niet het geval, dan zakt het percentage dat we als voorstuwingsenergie voor onze auto uit de brandstof halen.

Wanneer

1. het ontstekingstijdstip niet correct is ingesteld;
2. de bougies niet op de juiste manier functioneren;
3. het luchtfilter vervuild is;
4. de carburatie niet correct is ingesteld

kan de combinatie van deze afwijkingen er toe leiden dat 20 tot 25 % méér brandstof wordt verbruikt dan nodig is.

Er zijn nog meer afwijkingen te noemen, ook aan de auto, zoals:

- een te lage bandenspanning
- onjuiste wielsporing en
- slepende remmen

Die tot grotere brandstofverbruik bijdragen. Maar als de punten genoemd onder A t/m D te wensen overlaten, is er geen sprake van een goed motorrendement. Men haalt dan niet het maximum uit de brandstof die er bij de huidige stand van de techniek uit te halen valt.

De dieselmotor

Na de uiteenzettingen over de theoretische grondslagen van de motor, zal men wellicht begrijpen waarom een dieselmotor 15 à 20 % minder brandstof verbruikt dan een vergelijkbare benzinemotor. Er is een combinatie van redenen.

Op de eerste plaats heeft een dieselmotor een hogere compressieverhouding en we hebben al gezien dat dit uit een oogpunt van brandstofverbruik gunstig is.

Ten tweede heeft een dieselmotor geen smoorklep. Er is geen restrictie in de luchttoevoer, zodat de cilinders in elke toerengebied optimaal met lucht worden gevuld. Ook bij lagere toerentallen kan de compressieverhouding dus een goed effect sorteren.

Daarom is een dieselmotor ook onder 'deellast' (bij een benzinemotor is de smoorklep dan gedeeltelijk gesloten) bijna even economisch als onder 'vollast' (geheel geopende smoorklep bij een benzinemotor). Daar komt nog bij dat een liter dieselbrandstof een wat hogere warmtewaarde heeft dan een liter benzine.

Turbolading

Het nadeel van een dieselmotor is dat er in de aangevoerde lucht een betrekkelijk geringe hoeveelheid dieselbrandstof kan worden gespoten. Een grotere hoeveelheid zou tot een abnormale rookontwikkeling leiden, die voor het milieu niet acceptabel was. Daarom is het specifiek vermogen (het vermogen ten opzichte van de inhoud of het slagvolume van de motor) kleiner dan van een benzinemotor. Maar er bestaat een mogelijkheid om méér lucht naar de cilinders van een dieselmotor te voeren. En wel door het systeem van drukvulling door middel van turbolading. Een hiermee uitgevoerde motor heet turbomotor.

Een turbolader bestaat uit een turbine die door de uitlaatgassen wordt aangedreven en een lader of compressor die de lucht onder druk naar de cilinders voert (fig. 114).

De schoepen van de turbine en van de lader bevinden zich op een gemeenschappelijke as. De turbine wordt door de uitlaatgasstroom in beweging gebracht, zodat de lader eveneens draait. De verbrandingslucht wordt dus niet door de motor aangezogen, maar komt onder druk - dus onder een grotere dichtheid - in de cilinders. In deze dicht opeengepakte lucht kan meer brandstof worden gespoten dan bij een dieselmotor zonder drukvulling. Koppel en/of vermogen kunnen op die manier 20 tot 40 % worden vergroot en dit grotere specifiek brandstofverbruik daalt.

Vanwege het hoge toerental (tot 100.000 omw/min) moet een turbolader met grote precisie worden vervaardigd en het is dan ook een vrij duur onderdeel. Dat is voor een bedrijfsauto niet zo'n bezwaar, maar op een dieselmotor voor personenauto's drukken de kosten van de turbolader veel zwaarder. Daarom heeft het vrij lang geduurd voordat drukvulling op de personenauto-diesel werd toegepast. Maar de steeds stijgende brandstofprijzen waren aanleiding om ook dit soort dieselmotoren bij een aantal merken van een turbolader te voorzien.

Turbolading voor de benzinemotor

Bij een dieselmotor wordt alleen lucht naar de cilinders gevoerd en ook al komt de lucht onder druk in de cilinders terecht, dan zijn er geen problemen. Maar bij een benzinemotor is het een mengsel van benzine en lucht dat naar de cilinders wordt gevoerd. Wordt dit mengsel door een turbolader onder druk gebracht en dan tijdens de compressieslag flink samengeperst, dan kunnen er problemen ontstaan in de vorm van abnormale verbranding (bv. detonatie of gloeiontsteking). Maar als de ladingsdruk binnen bepaalde grenzen kan worden gehouden, hoeven er geen problemen te ontstaan.

Regeling van de ladingsdruk

Een mogelijkheid om de ladingsdruk binnen de perken te houden, is het plaatsen van een regelklep in het inlaatsysteem. Deze opent zich wanneer de luchttoevoer naar carburator of inspuitsysteem te groot wordt. De regelklep voert het te veel aan lucht eenvoudig af. Er kan evenwel ook een klep aan de uitlaatzijde worden geplaatst (fig. 115).

Loopt de druk in de motor te hoog op, dan wordt de klep geopend zodat een deel van de uitlaatgassen om de turbine heen wordt afgevoerd. Het toerental van de turbolader loopt terug en dit brengt een daling teweeg van de druk waaronder de cilinders worden gevuld. De bediening van de regekleppen gaat uiteraard geheel automatisch in zijn werk.

De klopvoeler

Om enerzijds de motor te beschermen tegen de gevolgen van een te hoge verbrandingsdruk, maar anderzijds een zo hoog mogelijke druk toe te laten om het rendement te verbeteren, kan ook een 'knock sensor', dus een klopvoeler worden toegepast. Deze voelt een neiging tot detoneren of kloppen aan, waarna via elektronische apparatuur wordt ingegrepen, bv. door de ontsteking op een later tijdstip te doen plaatsvinden of door de ladingsdruk te verminderen.

Inmiddels zijn er al vele automodellen met een turbomotor op de markt gekomen. Bij een verbruiksvergelijking tussen een model met turbo en hetzelfde model zonder drukvulling zal de brandstofbesparing van de turbomotor wel eens in twijfel worden getrokken. Maar dit geldt gewoonlijk voor metingen bij snelheden waarbij de turbolader nog geen of weinig effect sorteert. De turbomotor is tot grotere prestraties in staat waarvoor anders een motor met een groter slagvolume nodig zou zijn.

Men kan het ook zo stellen: om van een gegeven automodel bepaalde prestaties te verkrijgen is een bepaald motorvermogen nodig. Dit kan geleverd worden door een motor met normale aanzuiging of met een turbomotor met een 30 % geringere cilinderinhoud en geringer gewicht. Laatstgenoemde motor zal dan economischer blijken te zijn.

Hoofdstuk 7

Uw auto in veilige staat

Een auto die bliksemsnel accelereert mag indrukwekkend zijn, maar snel tot stilstand komen is een veel grotere prestatie. Van de mogelijkheid om snel te remmen kan ons eigen leven en dat van anderen afhangen en daarom wordt in dit hoofdstuk het remsysteem behandeld.

Nu zou je met nog zulke goede remmen weinig beginnen als er geen banden waren die de remkrachten op het wegdek konden overbrengen. Vandaar dat ook banden een plaats in dit hoofdstuk krijgen. Het onderwerp banden leidt vanzelf tot de besturing van een auto, want ook hiermee is de veiligheid gemoeid. Dit is ook het geval met schokdempers, want deze hebben niet alleen met comfort, maar ook met het weggedrag van de auto te maken. Remmen, banden, stuurinrichting en schokdempers worden dan ook alle in dit hoofdstuk behandeld.

Het remsysteem

Een auto die met een flinke snelheid rijdt, vertegenwoordigt een grote hoeveelheid bewegingsenergie. Is er voor de wagen in de verte een obstakel, dan moet de energie afgevoerd worden. Dit is niet zo'n probleem, want er is alle tijd voor. Maar soms is het obstakel heel dichtbij. Dan moet er in zeer korte tijd een grote hoeveelheid energie worden afgevoerd, anders zijn de gevolgen rampzalig.

De vertraging wordt verkregen door middel van het remsysteem en omdat er van zijn goede werking zo ontzettend veel afhangt, kunnen we het remsysteem wel als het belangrijkste mechanisme van de auto beschouwen.

Nu kan je een grote hoeveelheid energie niet zo maar laten verdwijnen. Omzetten in een andere vorm is wel mogelijk, bijvoorbeeld in warmte. Als we op het rempedaal trappen, worden er een paar dunne reepjes remvoering tegen een metalen trommel of tegen een schijf (fig. 117) gedrukt.

Door de wrijving van de remvoering tegen het metaal ontstaat warmte en daarmee wordt het beoogde doel bereikt: de bewegingsenergie is omgezet in warmte-energie. Nu is het wel noodzakelijk om de warmte snel aan de buitenlucht af te voeren. Dit gaat bij de open schijfrem sneller dan bij de ingesloten trommelrem.

Het duwen van de remvoering tegen trommel of schijf, gebeurt hydraulisch, zoals in fig. 118 wordt getoond.

Trapt men het rempedaal in, dan wordt in de hoofdremcilinder een zuiger verplaatst, die druk op de remvloeistof uitoefent. Via een leidingstelsel plant de druk zich voort naar de vier wielcilinders, waarvan er in het schema één wordt getoond. In de wielcilinder bevinden zich twee zuigertjes die door de vloeistofdruk naar buiten worden bewogen en deze duwen nu de remschoenen, waarop de remvoering is aangebracht, tegen de trommel.

Is er geen verdere vertraging in het voertuig meer nodig, dan laat de bestuurder het rempedaal terugkomen, de druk in het systeem valt weg en de trekveren trekken de remschoenen weer in hun oorspronkelijke stand terug.

Een overmaat van warmte

De warmte-ontwikkeling die bij het remmen optreedt is aanzienlijk. Bij herhaaldelijk remmen, zoals bij het afdalen van een steile helling, kan er zelfs zo veel warmte worden opgewekt dat aan de oppervlakte van de remvoeringen een ontledingsproces plaatsvindt. De wrijvingskracht loopt dan sterk terug en er treedt een verschijnsel op dat bekend staat als remfading.

Het krachtig indrukken van het rempedaal helpt dan niet veel meer. De toestand wordt nog verergerd doordat de trommel door de grote hitte uitzet en zich dus verder van de remvoering verwijdert, waardoor het remeffect nog geringer wordt. Men noemt dit remfading en dit verschijnsel heeft de constructeurs andere wegen doen zoeken, waarbij de schijfrem tot ontwikkeling is gekomen.

De schijfrem

Ook bij de schijfrem is vloeistofdruk werkzaam op zuigers in een cilinder. De zuigers drukken hierbij ieder een remblok tegen een remschijf (fig. 119).

Dit is een metalen schijf die aan de wielnaaf op de as is bevestigd en dus met het wiel meedraait. Aan de fuseedrager is een remblokhouder, meestal genaamd remzadel, bevestigd die de schijf voor een deel omsluit (fig. 120).

In dit remzadel bevinden zich de boringen die de wiel- of remcilinders vormen. Er wordt ook wel een zg. zwevende remzadel toegepast met één cilinder. Wel bevindt zich aan weerskanten van de schijf een remblok, maar slechts een van de beide blokken wordt rechtstreeks door de zuiger bediend (fig. 121).

Als het rempedaal wordt ingetrapt, dan verplaatst de zuiger met remblokje zich in de richting van de schijf. Hierbij moet de remvloeistof ook druk uitoefenen op de achterzijde van de cilinder. Het remzadel wordt dan ook in zijn geheel verschoven en het daarmee vast verbonden remblokje (dat dus niet door de zuiger wordt bediend) wordt eveneens tegen de schijf gedrukt.

Bij vele wagens zal men schijfremmen op de voorwielen en trommelremmen op de achterwielen aantreffen. Tijdens het remmen wil de massa van de wagen zijn snelheid behouden, waardoor gewichtsverplaatsing optreedt. Er komt een groter gewicht op de voorwielen en deze moeten dan ook meer remwerk voor hun rekening nemen dan de achterwielen. Op zeer snelle auto's worden rondom schijfremmen toegepast.

Zoals al opgemerkt heeft de schijfrem een betere warmteafvoer naar de buitenlucht, omdat er niets is afgesloten. Ook al zet de schijf door warmte uit, dan zal dit alleen in lengterichting zijn en de afstand tussen de schijf en de remblokjes ondergaat dus geen verandering. Dit in tegenstelling tot de trommelrem waarbij de trommel zich bij uitzetting verder dan de remvoering verwijdert. Bovendien heeft de schijfrem met zijn rechte remblokken nog het voordeel dat men remvoering kan toepassen die minder warmtegevoelig is dan de gebogen voering op de remschoen. Bij een schijfrem zal dus niet zo spoedig fading optreden.

Er zijn echter ook wel enkele nadelen aan de schijfrem verbonden. Zo hebben stof, vuil en vocht gemakkelijker toegang dan bij een trommelrem. Wel wordt de schijf schoongeveegd zodra de bestuurder de rem in werking stelt, maar de eerste remming die plaats vindt nadat de wagen een nacht buiten heeft gestaan, laat soms te wensen over. Het is dan ook een goede gewoonte om kort na het wegrijden op een gunstig moment even op het rempedaal te trappen om de schijf schoon en droog te vegen. Dit is dan ook van toepassing als men door een grote plas heeft gereden of de Car Wash heeft bezocht.

Een tweede nadeel van de schijfrem is dat deze niet zoals de trommelrem zelfbekrachtigend is. Zonder verdere voorzieningen moet bij schijfremmen het rempedaal wat krachtiger worden ingedrukt dan bij een auto met uitsluitend trommelremmen. Daarom zijn vele auto's van een rembekrachtiger voorzien. Dit is een vacuumbekrachtiger die op de onderdruk in het inlaatspruitstuk van de motor werkt.

Als een auto gesleept wordt en de motor draait niet, moet men er rekening mee houden dat de rembekrachtiger niet kan werken en er meer kracht op het rempedaal dient te worden uitgeoefend.

Remvoering slijt

Schijfremmen zijn zelfafstellend. Dit geldt ook voor sommige trommelremmen, maar er zijn ook trommelremmen met een afstelvoorziening waarmee men de slijtage van de remvoering compenseert. Maar of er nu afgesteld dient te worden of dat een rem zelfafstellend is, slijtage van de remvoering vindt bij iedere remming plaats en na een lange gebruiksduur zal de voering dan ook aanzienlijk dunner zijn geworden.

De dikte van de voering op schijfremmen is te zien via het inspectiegat in het remzadel. De dikte van de voering mag niet geringer zijn dan 1,50 mm. Wil men de voeringdikte van een trommelrem controleren, dan dient de trommel te worden afgenomen.

Periodieke controle van remvoering en remblokjes is beslist noodzakelijk. Als remblokjes te ver afslijten, kunnen zij groeven in de schijf veroorzaken, zodat ook de schijf vernieuwd dient te worden. Te ver afgesleten remvoering bij trommelremmen veroorzaakt groeven in de trommel, zodat ook deze vernieuwd moet worden.

Remkrachtbegrenzer

Er werd al opgemerkt dat tijdens het remmen een groter gewicht op de voorwielen komt. Dit betekent dus minder gewicht op de achterwielen. Dit zou aanleiding kunnen zijn dat bij sterk remmen de achterwielen blokkeren. Hieronder verstaat men het verschijnsel dat het wiel zo sterk wordt afgeremd dat het niet meer draait, maar over het wegdek wordt geschoven. Dit zou slippen tot gevolg kunnen hebben. Daarom is in het circuit naar de achterremmen een remkrachtbegrenzer opgenomen die de remkracht op de achterwielen tijdens een zg. paniekstop vermindert.

Anti-Blokkeer Systeem (A.B.S.)

Toch is zo'n remkrachtbegrenzer niet meer dan een pover hulpmiddel. Het houdt immers geen rekening met de toestand van het wegdek. Op een nat of glibberig wegdek wordt bij het remmen immers al gauw de toestand bereikt waarbij de wielen niet meer draaien, maar over het wegdek glijden. Die wielen zijn dus geblokkeerd en het vervelende is dat je met geblokkeerde wielen zo weinig beginnen kunt.

Als een wiel niet meer rolt, heeft het geen geleidingskracht meer om de wagen in het juiste spoor te houden. Bij geblokkeerde achterwielen kan de wagen van achteren zijwaarts schuiven. Als de voorwielen blokkeren, zijn ze niet meer bestuurbaar. Het is de oorzaak van vele ongevallen en auto-ontwerpers hebben zich dan ook al tientallen jaren met dat probleem beziggehouden. Ze zijn op zoek geweest naar een systeem dat automatisch de remkracht van een wiel vermindert, zodat blokkering begint op te treden. Daarna moet de remkracht weer onmiddellijk hersteld worden, want het is er om begonnen een auto zo snel mogelijk te vertragen of tot stilstand te brengen als de omstandigheden dat eisen. Daar is een rem ten slotte voor. Maar zodra opnieuw blokkeren dreigt, moet de remkracht weer opnieuw verminderd worden en ga zo maar door.

Het komt dus neer op een zo groot mogelijke remkracht, maar waarbij het wiel nog niet niet blokkeert. Eigenlijk een soort pompend remmen, maar dan zeer snel achter elkaar en met een zeer zorgvuldige gedoseerde remkracht. Dat eist bliksemsnel rekenen en een even snelle reactie. Dat krijg je als bestuurder nooit voor elkaar. Zelfs niet met mechanische hulpmiddelen. Daar moet elektronica aan te pas komen om binnen een paar duizendsten van een seconde signalen op te nemen, te verwerken en vervolgens naar aanleiding van berekeningen de remkracht te doseren. Dit is alleen mogelijk met een Anti Blokkeer Systeem (A.B.S.) dat we op sommige auto's in de hoge prijsklasse tegenkomen.

Hoe het systeem werkt

Als u fig. 122 even raadpleegt, komt de werking hierop neer: aan de voorwielen zitten een paar voelers (A) die de versnellingen en vertragingen van de wielen aftasten. Datzelfde gebeurt met een voeler (B) bij de tandwielen die de achteras aandrijven. Wordt er geremd, dan geven de voelers hun bevindingen door aan een elektronisch brein (C). Dat maakt in een waanzinnig tempo berekeningen en vergelijkingen en beslist of de uitgeoefende remkracht gehandhaafd moet blijven, verminderd moet worden of geheel moet wegvallen. Het commando wordt doorgegeven aan een hydraulische apparaat (D), dat aangesloten is op het normale remsysteem.

Als de bestuurder het rempedaal intrapt hoeft hij zich verder om het al of niet blokkeren van de wielen niet te bekommeren. Het A.B.S. zorgt ervoor dat de wielen niet blokkeren en dat de wagen bestuurbaar blijft.

Remvloeistof

Aan de remvloeistof die het middel vormt om de uitgeoefende kracht op het rempedaal gelijkmatig naar de wielcilinders over te brengen, worden zeer hoge eisen gesteld. De vloeistof moet bestand zijn tegen zeer lage maar ook tegen zeer hoge temperaturen. Ook moet de mate van vloeibaarheid (viscositeit) bij uiteenlopende temperaturen constant zijn, anders zou de werking van de rem door temperatuurwisselingen worden beïnvloed. De remvloeistof mag geen metalen of rubberonderdelen aantasten en niet gemakkelijk vocht opnemen.

Onder de motorkap bevindt zich een reservoir voor de remvloeistof. Vaak wordt ook de koppeling hydraulisch bediend, zodat twee reservoirs naast elkaar staan opgesteld (fig. 123).

Het vloeistofniveau in beide reservoirs moet periodiek worden gecontroleerd. Vaak zijn de reservoirs uit doorzichtige kunststof vervaardigd, zodat het peil van buitenaf waarneembaar is. Is het niveau gezakt, dan moet remvloeistof worden bijgevuld. Als het om kleine hoeveelheden gaat, is dit een normaal verschijnsel, want zeer geringe lekkages kunnen hier en daar in het remsysteem optreden. Is het vloeistofpeil echter abnormaal laag, dan is dit een teken van ernsige lekkage in het systeem en men dient de oorzaak hiervan dan ook onmiddellijk te laten opsporen.

Periodiek verversen

Na een lange gebruiksduur raakt de remvloeistof verontreinigd door vocht en sijpelt van de metalen en rubber-onderdelen. Door de vochtopname zal het kookpunt van de remvloeistof zijn verlaagd en kan bij een grote warmte-ontwikkeling (langdurig remmen) ontoereikend zijn. De remvloeistof gaat dan koken er er ontstaan dampbellen die door het indrukken van het rempedaal worden samengeperst. Een deel van de pedaalslag gaat dus verloren bij dit samenpersen en wordt niet gebruikt om de remvloeistof te doen verplaatsen

Daarom dient de remvloeistof periodiek te worden ververst. Hoe vaak dit gebeuren moet is ook tussen de experts nog vaak een onderwerp van discussie. Gebruikelijk is eens per 50 000 km of om de twee jaar. Men kan dit verversen meestal laten samenvallen met het vernieuwen van remvoering.

Remsysteem, het voornaamste van uw auto

Wie zijn motor niet geregeld op punt laat stellen, zal meer brandstof verbruiken dan nodig is. Wie lak en chroom dof laat worden rijdt in een auto die er niet al te best uitziet. Maar wie geen aandacht aan zijn remmen schenkt, rijdt met een auto die een gevaar kan opleveren. Helaas zijn er veel auto's op de weg waarvan de remmen niet in perfecte staat verkeren.

Als we van 100 willekeurig gekozen auto's het remsysteem grondig gingen controleren, zouder er zeker 50 zijn waarvan het remsysteem mank ging aan een of meer van de volgende afwijkingen:

1. Lucht in het remsysteem, zodat een keer 'gepompt' moet worden om de remmen goed te doen werken. (Het remsysteem moet dan ontlucht worden)
2. Een of meer vette remvoeringen, zodat de wagen bij sterk remmen naar één zijde trekt. (Remvoering dient vernieuwd te worden en de oorzaak van het vet moet worden opgespoord)
3. Te ver versleten remvoeringen of remblokken. (Deze moeten vernieuwd worden)
4. Onjuiste afstelling. (Remmen afstellen)
5. Een vervuild remsysteem met oude, sterk verontreinigde remvloeistof. (Remvloeistof verversen)
6. Bijna doorgeroeste remleidingen of bijna doorgesleten remslangen, die het nog net op één dunne plek houden. (Remleidingen en remslangen vernieuwen)
7. Onvoldoende werkende handrem. (Afstellen)
8. Ovale remtrommels of slingerende remschijven. (Trommels en schijven vernieuwen)

Sommige van deze afwijkingen resulteren rechtstreeks in een geringer remeffect. Bij andere is het remeffect niet verminderd, maar wordt de bedrijfszekerheid geweld aangedaan.

Allemaal onverantwoordelijke bestuurders, zegt u? Geen sprake van, de meerderheid van de bestuurders van auto's met een of meer van de genoemde afwijkingen is er van overtuigd dat de remmen prima in orde zijn. Ze gebruiken de remmen dagelijks en ze doen het toch goed? Want dit is het fnuikende van een geleidelijk slechter functionerend remsysteem: de bestuurder merkt het niet. Hij raakt zo vertrouwd met de geleidelijke achteruitgang, dat hij zijn remmen 'prima' blijft vinden.

Wel een griezelige zaak, want een snelrijdend voertuig vertegenwoordigt een indrukwekkende hoeveelheid energie. Deze bewegingsenergie moet bij het vertragen van een voertuig meestal geleidelijk, maar soms binnen de kortst mogelijke tijd in warmte worden omgezet. Dit proces concentreert zich op een paar stukjes remvoering die tegen een metalen trommel of schijf worden gedrukt. Van hun conditie en ook van de andere remonderdelen hangt alles af. Zorg er voor dat het remsysteem in orde is, ook al bent u nog niet aan de autokeuring toe!

Banden tussen auto en wegdek

De banden - en dan nog maar een klein deel er van - vormen de enige verbinding tussen onze auto en het wegdek. Zij moeten dus grote krachten overbrengen: rem- en stuwkrachten en ook stuurkrachten. Banden moeten een auto in het juiste spoor houden, ook als er zijdelingse krachten op werken, zoals bij het nemen van bochten.

Er moet dus 'spoorkracht' ontwikkeld worden. Maar ook moet een band als verend element kunnen fungeren en kleine oneffenheden in het wegdek absorberen. Bij al deze eisen moet een band ook nog bijzonder sterk zijn en een lange levensduur hebben.

Een band bestaat uit drie hoofdonderdelen: het karkas, de hielen en het loopvlak (fig. 124).

Het karkas is te beschouwen als een skelet en is opgebouwd uit een of meer koordlagen. Het loopvlak is het gedeelte dat in aanraking met het wegdek komt. Als een wiel snel draait, treden er krachten op die de band van de velg willen trekken en het zijn de uit staaldraden vervaardigde hielen die dit moeten beletten. De lucht in de band staat onder een zekere druk en zorgt er voor dat de hielen stevig tegen de velgrand worden geklemd.

Diagonaal

Fig. 125 A toont een band die is opgebouwd uit een aantal koordlagen waarin de koorden elkaar kruisen. Ze liggen dus diagonaal ten opzichte van elkaar en deze constructie verleent de band zijn naam: diagonaalband. Als de koorden elkaar onder een scherpe hoek kruisen, zal zo'n band zich stabiel gedragen, maar het karkas is dan wel stug. Kruisen de koorden elkaar minder scherp, dan biedt de band een groter comfort, maar zijn zijdelingse stabiliteit is dan geringer.

Radiaal

Het is ook mogelijk de koorden van de koordlagen elkaar in het geheel niet te laten kruisen (fig. 125 B).

Ze lopen dan recht van hiel tot hiel ofwel radiaal. Dit is dan de radiaalband met een bijzonder soepel karkas, maar die erg onstabiel zou zijn als er geen verdere voorzieningen waren getroffen. De zo gewenste stabilisatie kan toch verkregen worden door tussen het loopvlak en het karkas een of meer sterke gordels te plaatsen. Fig. 125 B toont de opbouw van zo'n band.

Verschil in gedrag

Het karkas van een diagonaalband wordt maar in geringe mate vervormd als er zijdelingse krachten op werken. Daardoor heeft de band een neiging tot kantelen, waarbij het loopvlak met de stugge zijwanden mee moet (fig. 126 A).

Het loopvlak kan dan niet meer in zijn volle breedte het contact met het wegdek handhaven. Onder invloed van zijdelingse krachten laat de radiaalband een geheel ander beeld zien. De soepele flanken laten zich gemakkelijk vervormen (fig. 126 B).

Maar dank zij de stijve gordel blijft het loopvlak over zijn volle breedte op de weg. De weerstand die het loopvlak tegen vervorming heeft, biedt diverse voordelen. Dit bespaart dus energie, wat in een geringer brandstofverbruik tot uitdrukking komt. De stuw- en remkrachten kunnen beter op het wegdek worden overgebracht en ook de stabiliteit in bochten is beter.

De radiaalband heeft dus een aantal duidelijke voordelen ten opzichte van de diagonaalband. Maar ook enkele nadelen. Het stugge loopvlak van de radiaalband maakt deze minder geschikt voor het opnemen van kleine oneffenheden bij lage snelheden. De wat boller staande flanken zijn wat kwetsbaarder bij het schuren langs stoepranden en bij parkeermanoeuvres gaat het stuur wat zwaarder.

Daartegenover staat weer dat de bruikbare levensduur van een radiaalband aanzienlijk groter is dan van een diagonaalband, terwijl het prijsverschil tussen beide maar gering is. Het is dan ook niet verwonderlijk dat bijna 90 % van alle banden radiaalbanden zijn. De diagonaalband biedt alleen voordelen voor de automobilist die zijn auto vrijwel uitsluitend in lokaal verkeer gebruikt.

Staal en textiel

Hoe stug het loopvlak van een radiaalband zich gedraagt hangt samen met het materiaal waaruit de versterkingsgordel vervaardigd is. Zijn de gordels uit staaldraad vervaardigd, dan ontstaat een zeer stug loopvlak met alle reeds genoemde eigenschappen, maar ook met de mogelijkheid dat door trillingen het zg. dreuneffect ontstaat.

De trillingen van de band worden dan overgebracht op de zelfdragende carrosserie die als klankbord fungeert. Sommige auto's zijn hiervoor erg gevoelig, wat weer verband houdt met het toegepaste wiel- en ophangingssysteem en het al of niet gebruiken van soepel rubber voor de ophangingspunten.

Om de voordelen van een radiaalband te kunnen benutten zonder zijn nadelen op de koop toe behouven te nemen, worden versterkingsgordels ook wel uit textiel i.p.v. staal vervaardigd. Het is echter uiterst moeilijk om een textielgordel volkomen nauwkeurig in de bandenconstructie op te nemen, zodat zijwaartse afwijkingen en ook afwijkingen in hoogterichting nog wel eens voorkwamen (zijslag en hoogteslag). De laatste jaren zijn de meeste bandenfabrikanten dan ook op de stalen gordel overgestapt. Bovendien waren de bezwaren tegen het dreuneffect niet zo groot meer, want autoconstructeurs hebben het onderstel van de auto nu beter op het gebruik van radiaalbanden afgestemt.

De tubeless band

Lange tijd werden autobanden voorzien van een binnenband of een 'tube' zoals de Engelse naam luidt. Toen het mogelijk bleek de binnenband te laten vervallen, ontstond de 'tubeless' band of 'binnenbandloze buitenband'.

Deze is aan de binnenzijde van een luchtafsluitende voering voorzien. Dringt een scherp voorwerp naar binnen, dan zorgt de lucht onder druk in de band er voor dat de luchtafsluitende voering zich stevig tegen het binnengedrongen voorwerp klemt, zodat er geen of slechts weinig lucht ontsnapt.

Er spruiten twee voordelen uit voort: dank zij de luchthoudende voering blijft de spanning beter behouden dan bij een band met afzonderlijke binneband en in geval van lek raken door een scherp voorwerp raakt de band minder snel zijn lucht kwijt. Uit het oogpunt van veiligheid dus een belangrijk voordeel.

Natuurlijk stelt een tubeless band wel hogere eisen aan de afdichting tussen band en velg. Ook dient de velg voorzien te zijn van een veiligheidsrand (fig. 127) die de hiel ook bij extreme rijomstandigheden op zijn plaats houdt.

Het profiel

Een band moet zo goed mogelijk contact met het wegdek hebben en hieruit volgt dat een zo groot mogelijke hoeveelheid rubber van het contactvlak het wegdek moet raken.

Bij een droog wegdek gaat dit zeker op. Ram- en stuwkrachten worden op een droog wegdek het beste overgebracht door een band met een loopvlak dat geen onderbrekingen vertoont. Er is dan een maximale adhesie (hechtkracht) tussen band en wegdek.

Maar een wegdek kan ook vochtig, modderig of kletsnat zijn en dan komen heel andere eisen naar voren. Dan moet het loopvlak in staat zijn om water weg te pompen ten einde toch een droog gedeelte van het contactvlak te verkrijgen. Daarom is een band van groeven voorzien die gezamenlijk het profiel vormen.

Al naar gelang de eigenschappen die men bij een band wil accentueren, zal het profiel een bepaalde vorm hebben, maar meestal moet naar een compromis worden gezocht tussen, snelle waterafvoer, een goede grip op modderige of besneeuwde wegen, minimaal geruis, goede langs- en zijstabiliteit, weerstand tegen het verschijnsel 'aquaplaning' (waarbij een band op een laagje water gaat glijden) en levensduur.

De meeste eisen zijn tegenstrijdig, vandaar het compromis. Vandaar ook de noodzaak om een band niet langer in gebruik te houden als het loopvlak zodanig is versleten dat de profieldiepte minder dan 2 mm bedraagt. De opnamecapaciteit en afvoermogelijkheid van water is dan zo gering geworden dat geen goede grip op het wegdek meer wordt verkregen. Het verschil tussen A en B in fig. 128 maakt dit wel duidelijk.

Maten van banden en velgen

Het eerste cijfer van een bandenmaat heeft betrekking op de breedte van de band (B in fig. 129), het tweede op de diameter van de velg (V). Beide cijfers kunnen in inch-maten worden aangegeven (bv. 5.60-15) of het eerste cijfer in mm, bv. 155-15.

Heeft de maataanduiding geen verdere toevoeging, dan is er een zeker standaartverhouding tussen breedte en hoogte van een band. Is de verhouding hiervan afwijkend en bedraagt de hoogte slechts 70, 60 of 50 % van de breedte, dan wordt dit door dat percentagecijfer aangegeven, bv. 185/70-13.

Voor het monteren van deze bredere banden zijn ook bredere velgen aan te bevelen en als men dan toch op andere velgen overgaat wordt dit meestal een velg van lichtmetaal (men spreekt meestal van 'velgen', maar bedoelt hiermee het gehele wiel). Dit kan wel verbetering van rij-eigenschappen opleveren (lichtere wielen betekenen minder niet-afgeveerd gewicht), maar niet iedere auto leent zich voor bredere velgen en banden.

Verzorging van de banden

Wie zijn banden zo lang mogelijk in een goede staat wil houden, moet op de volgende punten letten:

Spanning Bij een te geringe spanning moeten alle delen van de band extra werk verrichten, zodat meer warmte wordt ontwikkeld. Dit heeft een ongunstige invloed op de levensduur. Ook een te hoge spanning zal de slijtage doen toenemen (fig. 130).

Het beste is dan ook eens per maand de spanning te laten controleren en indien nodig de banden tot de voorgeschreven spanning te laten oppompen.

Wielbalans Als wielen met banden een 'zwaar punt' hebben, zullen zij tijdens het rijden telkens even opspringen en weer met een klap op het wegdek terechtkomen. Dit veroorzaakt niet alleen grote slijtage, maar leidt ook tot een onveilig stuurgevoel en soms tot onaangename trillingen in de gehele auto. Zodra men een dergelijke ervaring opdoet, moeten de wielen met banden op onbalans worden gecontroleerd.

Wieluitlijning Als een auto stilstaat, bevinden de wielen zich niet volkomen recht onder de wagen, maar nemen ze bepaalde hoeken in. Ze worden getoond in fig. 131 en hebben tot doel de wielen tijdens het rijden zuiver te laten sporen, de besturing lichter te maken en die wielen een zelfrichtend effect te geven, zodat na een bocht het stuurwiel vanzelf terugkomt.

Als een of meer van deze wielstanden onjuist zijn, kan dit de besturing ongunstig beïnvloeden en zal de auto niet zuiver sporen. Abnormale loopvlakslijtage is dan het gevolg. Daarom verdient het bij het monteren van nieuwe banden wel aanbeveling de sporing te laten controleren. Dit is ook het geval als men bij de bestaande banden onregelmatige loopvlakslijtage waarneemt. Het zal dus nodig zijn de wieluitlijning te laten controleren.

Een auto bestaat uit twee massa's

Het laag bij de grondse deel van de auto omvat de wielen en banden, remmen en wielassen. Dat deel heeft een bepaald gewicht en is dus een 'massa'. (Niet te verwarren met het begrip 'massa' in verband met de elektrische installatie).

Het andere deel van een auto is de bovenbouw, dus de carrosserie, moter en transmissie en alles wat daaraan verder bevestigd is. Dat bovendeel is natuurlijk een veel grotere massa. Daarom zullen we het bovendeel 'Massa 1' (M1) noemen en het onderste gedeelte 'Massa 2' (M2).

Technici spreken in dit verband van de afgeveerde en niet-afgeveerde massa. In fig. 132 kunt u beide massa's duidelijk herkennen. Ook het veersysteem dat als C1 tussen beide massa's ingetekend is. De kleine massa M2 heeft nog een afzonderlijk veersysteem, nl. de luchtbanden, voorgesteld als C2.

De banden zijn in staat om kleine oneffenheden in het wegdek op te nemen, maar de grote onregelmatigheden komen voor rekening van het hoofdveersysteem C1. Deze neemt stoten op, geeft ze weer terug, incasseert opnieuw de stoot, enz., want een veer is een elastisch element, die in beweging blijft als hem een kracht wordt toegediend. Het zou voor de inzittende in Massa 1 een onprettige ervaring zijn als de veer steeds maar in beweging bleef, want ze zouden in hun kooi blijven meedeinen. Voor de bestuurder werd de taak wel heel moeilijk, want hoe bestuur je een auto waarvan de carrosserie de neiging heeft alle kanten op te waggelen. En wat moet je met een onderstel dat over het wegdek huppelt met nu eens de banden op de grond, dan weer in de lucht. Banden in de lucht kunnen geen krachten overbrengen, dus optrekken, sturen en remmen zouden dan gepaard gaan met onderbrekingen.

Maar gelukkig bestaan er schokdempers of - zoals ze ook wel genoemd worden - schokbrekers. Een niet zo'n goede naam, want wat dit onderdeel doet is de veerbeweging dempen, zodat de massa's M1 en M2 snel tot rust komen. Dat maakt het rijden veel comfortabeler, maar ook veel veiliger. Dit gebeurt in prinipe door vloeistof door een nauwe opening te persen. Dank zij de daardoor ontstane wrijving wordt de bewegingsenergie omgezet in warmte-energie. Hoe dit in een schokdemper gebeurt, laat fig. 133 zien.

Een zuiger voorzien van een kleppenstelsel danst in een cilinder op en neer. Bij de ingaande zuigerslag stroomt de vloeistof vanuit de ruimte onder de zuiger via de klep naar de ruimte boven de zuiger. Je zou menen dat daar plaats genoeg is omdat die ruimte boven de zuiger steeds groter wordt. Maar schijn bedriegt. Want de zuigerstang waaraan de zuiger is bevestigd, eist ook zijn ruimte op en waar de stang zit, kan geen vloeistof zitten. De vloeistof in de ruimte onder de zuiger moet dus een heenkomen zien te vinden en daarvoor dient de ruimte tussen de cilinderwand en de buitenmantel.

Daarom heeft men in de bodem van de cilinder ook nog een kleppenstelsel aangebracht en via deze bodemklep kan het teveel aan vloeistof ontwijken in het reservoir tussen cilinder en mantel, of binnenbuis en buitenbuis. het betreft hier dus een schokdemper van het dubbelbuis-type.

De enkelbuis schokdemper

Fig. 134 laat een schokdemper zien van een enigszins andere constructie en het allereerste wat opvalt is dat hier het reservoir tussen twee wanden ontbreekt, want deze schokdemper heeft slechts één enkele buis. Waar blijft nu de vloeistof die door de zuigerstang verdrongen wordt?

Het geheim schuilt in een tweede zuiger, een zg. vrije zuiger, die dus nergens aan verbonden is. Deze zuiger fungeert als een scheiding tussen de vloeistof en een gas dat onder een zekere druk staat. Dit gas is dan gewoonlijk stikstof en het heeft in tegenstelling tot vloeistof de eigenschap dat het nog verder samengeperst kan worden. De vloeistof die bij de dalende zuiger dus gedwongen wordt om uit te wijken, kan dit doen naar de ruimte boven de zuiger, omdat het gas nog wat meer kan worden samengeperst. Dit is dus de taak van de gasvulling: ruimte maken voor de verdrongen vloeistof. Het gas heeft dus niets te maken met de vering van de auto, want dat behoort tot de taak van het veersysteem.

Dat bij dit type schokdemper de vloeistof voortdurend onder druk van het gas staat, heeft als voordeel dat de neiging tot schuimvorming (veroorzaakt door de snelle bewegingen van de zuiger in de vloeistof) geringer is. Ook de warmteafvoer voltrekt zich sneller.

Aan de afdichting van de scheidingzuiger en fabricage van andere onderdelen worden wel zeer hoge eisen gesteld, zodat alleen gasdrukdempers een lange levensduur hebben en goed functioneren als ze van hoogwaardige kwaliteit zijn. Een andere eigenschap van dit type schokdemper is dat zijn achteruitgang in dempingskracht niet geleidelijk optreedt, zoals bij de dubbelbuisdemper, maar plotseling.

Soms gecombineerd met hulpluchtveer

Om bij extra belasting op de achteras (zoals voorkomt bij veel zware bagage in de kofferruimte of het trekken van een aanhangwagen) doorzakken en vermindering van rij-eigenschappen te voorkomen, worden wel hulpveren toegepast. Vaak zijn deze hulpveren gecombineerd met een daarop afgestemde schokdemper.

De hulpveer kan een schroefveer zijn, maar ook een luchtveer (fig. 135), die dan als afzonderlijk luchtkamertje een plaatsje krijgt in het schokdemperhuis. Dit kan dan het huis van een dubbelbuisdemper of een enkelbuisdemper (dus met gasvulling) zijn. Men moet het dus zo zien dat de gasvulling van een gasdrukdemper geen veerfuntie heeft maar uitsluitend dient als compensatieruimte voor de verdrongen vloeistof. Is de demper bovendien van een extra luchtkamer voorzien, dan heeft deze wel een veerfunctie.

Levensduur van schokdempers

Hoe lang gaat zo'n stel schokdempers - er zitten er natuurlijk vier onder elke auto - nu mee?

Het is al net als met andere producten: sommige zijn hoogwaardig en hebben een lange levensduur, terwijl andere het niet verder dan tot de helft of zelfs een veel geringer deel brengen. Schokdempers die voor eerste montage op een nieuwe auto worden gezet, zijn soms van een kwaliteit die men niet hoogwaardig kan noemen.

Ze doen hun werk, maar men moet er niet vreemd van opkijken als na 20.000 tot 30.000 km hun werking zodanig achteruit is gegaan dat de rij-eigenschappen van de auto er onder lijden.

Vernieuwen is dan de enige oplossing, waarbij men kiezen kan: weer goedkope schokdempers die een langere levensduur hebben. Als we deze keus hebben gemaakt, kunnen we verder nog vaststellen of we dubbelwandige, al of niet nastelbare of gasdrukschokdempers nemen. Dempers van goede kwaliteit gaan zeker 70.000 à 80.000 km mee en nastelbare schokdempers nog langer.

We willen hierbij nogmaals de nadruk legen op het belang van goede schokdempers voor een veilig weggedrag van de auto. Sommige auto-of aanverwante bedrijven beschikken over een schokdempertester, waarmee redelijk nauwkeurig de conditie van elke schokdemper aan de auto, dus zonder demontage, kan worden gecontroleerd. Het verdient zeker aanbeveling nu en dan zo'n controle te laten verrichten, zeker als u over de rij-eigenschappen van uw auto niet tevreden bent.

MacPherson veerpoten

Bij vele auto's wordt voor de wielophanging het zg. McPherson-systeem toegepast, waarbij veer, fuseedrager en schokdemper in één constructie-element zijn ondergebracht (fig. 136).

Moet het schokdempergedeelte vernieuwd worden, dan kunnen de meeste schokdemperfabrikanten hierdoor een zg. inbouwpatroon leveren, die in de lange McPherson veerpoot worden gemonteerd.

Schokdemper geen remedie tegen stugge vering

Goede schokdempers kunnen de rijkwaliteiten van een auto verbeteren en daarmee de veiligheid vergroten. Ook het comfort kan er mee op een hoger nieveau komen. Maar wat schokdempers beslist niet kunnen doen is een stugge veer zachter maken.

Toch wordt dit vaak gedacht en vermoedelijk vindt dit zijn oorzaak in de naam. Van een onderdeel dat schokdemper of schokbreker heet, wordt soms verwacht dat men een wat erg stugge vering ermee kan afzwakken. Maar een schokdemper dempt of breekt geen schokken. Wat wel gedempt wordt zijn de trillingen waarin een veerelement geraakt en een deel van de bewegingen van de niet-afgeveerde en afgeveerde massa. Deze demping draagt natuurlijk wel bij tot comfort, maar een van huis uit stugge veer kan met een schokdemper niet soepeler woden gemaakt.

Wel is in de praktijk gebleken dat van sommige auto's met behulp van de al eerder genoemde combinatie schokdemper-hulpveer de rij-eigenschappen verbeterd konden worden, ook bij een normale belading. De vervanging door een speciale schokdemper met hulpveer is natuurlijk alleen voor de achteras nodig.

Hoofdstuk 8

In de juiste versnelling

De motor levert een 'draaikracht' of koppel. Dit koppel is niet groot genoeg om de rijweerstanden te overwinnen. Het koppel moet dus vergroot worden en dit gebeurt in de eindreductie. Bij achterwielaandrijving en voorin geplaatste motor maakt de eindreductie deel uit van de achterasaandrijving, nl. als haakse overbrenging tussen kroonwielen en pignon (fig. 11). Ook bij voorwielaandrijving is zo'n haakse overbrenging aanwezig, tenzij de motor dwars is geplaatst. In dat geval wordt de eindreductie gevormd door twee rechte tandwielen (fig. 20).

We spreken dus van een reductie als een tandwiel van bepaalde afmetingen en een bepaald aantal tanden een groter tandwiel met meer tanden aandrijft (fig. 8). Het koppel (de 'draaikracht') wordt dan vergroot (in fig. 8 verdubbeld), waarbij het toerental verminderd (gereduceerd) wordt. Vandaar de naam 'reductie'. In fig. 8 wordt het toerental van het gedreven tandwiel tot de helft gereduceerd. Men spreekt ook wel van een overbrengingsverhouding van 1:2 (1 staat tot 2 of 1 op 2).

De overbrengingsverhouding van de eindreductie is door de auto-ontwerper vastgesteld en vormt een vaste reductie waaraan de bestuurder niets veranderen kan. Tijdens normaal rijden levert de eindreductie een koppelvergroting op die voldoende is om de rijweerstanden te overwinnen. Maar soms moeten er veel grotere weerstanden worden overwonnen. Bij voorbeeld bij het in beweging brengen van een stilstaande auto. Want het vereist meer kracht om een stilstaand voorwerp in beweging te brengen dan om een in beweging zijnd voorwerp in beweging te houden.

Ook als een auto tegen een helling op moet of als zijn beweging binnen de kortst mogelijke tijd versneld moet worden (bij het snel inhalen van een andere auto) wordt er meer draaikracht, dus een groter koppel, vereist.

Het is de versnellingsbak die dit mogelijk maakt. Hierin bevinden zich een aantal tandwielengroepen die een aantal overbrengingsverhoudingen naar keuze opleveren. Meestal zijn het er drie (eerste, tweede en derde versnelling), terwijl de vierde versnelling een rechtstreekse overbrenging is, dus geen reductie vormt.

Al eerder in dit boek werd opgemerkt dat de naam 'versnelling' niet zo best gekozen is. De eerste versnelling levert een grote reductie op (we zouden ook kunnen zeggen 'vertraging', maar het is zeker geen 'versnelling'), dus een groot koppel. De tweede versnelling een iets minder grote reductie, zodat het koppel ook in een iets mindere mate vergroot wordt. De reductie van de derde versnelling is nog wat minder groot en dit geldt natuurlijk ook voor het daaruit resulterende koppel.

De vijfbak

De meeste auto's zijn voorzien van een vierversnellingsbak, kortweg een vierbak genoemd. Wij hebben gezien dat de hoogste, de vierde versnelling dan een directe overbrenging is en dus geen reductie en daarmee geen koppelvergroting oplevert.

In het verleden werd ook wel een vijfversnellingsbak, een zg. vijfbak, toegepast, met de vijfde versnelling als directe overbrenging. Het nut van zo'n bak was dat de overbengingsverhoudingen dan wat dichter bij elkaar lagen, wat bij sportauto's de mogelijkheid tot sneller accelereren opleverde.

Tegenwoordig geniet de vijfbak weer opnieuw populariteit (fig. 139), maar met een ander oogmerk. De vijfde versnelling is geen directe overbrenging, maar het tegendeel van een reductie, dus een echte 'versnelling'. Als de bak in de vijfde is geschakeld, maakt de uitgangsas meer omwentelingen dan de ingangsas. Dit vormt dus het tegendeel van koppelvergroting. Het koppel, dus de trekkracht, wordt er juist door verminderd. Dat is geen bezwaar wanneer met kruissnelheid op een vlakke weg wordt gereden. Maar wordt de rijweerstand groter omdat bij voorbeeld de weg stijgt, dan is de trekkracht hiervoor onvoldoende en moet teruggeschakeld worden naar de vierde versnelling (die dan meestal een directe overbrenging is).

Het voordeel van zo'n vijfde versnelling is dat de motor minder toeren maakt, minder brandstof verbruikt en minder geruis maakt. Duidelijke voordelen dus, maar zo'n vijfde versnelling is alleen bruikbaar als men langere tijd met een vrij constante snelheid op een vlakke weg kan rijden.

Deze vijfde versnelling wordt ook wel 'overdrive' genoemd. Dit is niet geheel juist, want een overdrive (Duitsers noemden het een 'Schnellgang') was oorspronkelijk een klein versnellingsbakje met een speciale tandwielencombinatie die achter de hoofdversnellingsbak werd geplaatst. Deze overdrive leverde dan een extra overbrengingsverhouding op, vergelijkbaar met de thans toegepaste vijfde versnelling.

Er zijn ook versnellingsbakconstructies met voorschakeltandwielen, door een afzonderlijke hefboom bediend, waarmee men alle overbrengingsverhoudingen kan wijzigen. De hefboom heeft dan twee standen, nl. P (Power) en E (Economy).

In de stand P leveren de overbrengingsverhoudingen van de versnellingen een grote trekkracht op. In de stand E is de trekkracht minder groot, maar dit komt het brandstofverbruik weer ten goede.

Koppelvergroting kost brandstof

Al naargelang de motor meer trekkracht nodig heeft, moet een lagere versnelling worden ingeschakeld. Dit kost nu eenmaal meer brandstof dan het rijden in de hoogste versnelling, maar daaraan is weinig te doen.

Maar in vele gevallen is er geen extra trekkracht nodig. Komt deze toch beschikbaar omdat een lage versnelling wordt gebruikt, dan betekent dit verspilling van brandstof. De kunst is natuurlijk om de beschikbare trekkracht af te stemmen op de behoefte. Net zou het ook niet goed zijn om een te geringe trekkracht (te hoge versnelling) te kiezen, als er juist behoefte is aan meer trekkracht. De motor wordt dan schokkerig en maakt de indruk zijn levendigheid te hebben verloren. Het is dus een zaak om naar beide kanten niet te overdrijven.

Ook de cilinderinhoud en het karakter van de motor spelen een rol bij de keuze van de juiste versnelling bij elke rijtoestand. Bij een kleine tweecilinder motor van een halve liter inhoud zal men in stadsverkeer veel gebruik van de lagere versnellingen moeten maken.

Maar zelfs een betrekkelijk kleine viercilinder motor van één liter cilinderinhoud is tegenwoordig soepel genoeg om bij 50 km per uur de hoogste versnelling (dus directe aandrijving zonder koppelvergroting) mogelijk te maken. Blijft in zo'n geval de derde versnelling ingeschakeld, dan gebruikt men 15 tot 20 % meer dan nodig is. In de tweede versnelling wordt dit percentage bijna verdubbeld (fig. 140).

Wat ook extra benzine kost is de gewoonte om voornamelijk op de motor af te remmen door terug te schakelen en dan gas los te laten. Op die manier kan snel vaart worden verminderd zonder de remmen te gebruiken. Maar het motortoerental gaat er fors door omhoog en er wordt extra benzine doorgejaagd. Wie deze gewoonte niet toepast en zoveel mogelijk de hoogst mogelijke versnelling heeft ingeschakeld, zal 20 tot 30 % minder benzine verbruiken dan de bestuurder die alles 'in z'n twee' (of in z'n drie) doet.

Constructie van de versnellingsbak

Er is wel uiteengezet dat koppelvergroting plaatsvindt door het inschakelen van bepaalde tandwielengroepen, maar nog niet HOE dit gebeurt. Uit fig. 141 blijkt dat daartoe gebruik wordt gemaakt van schakelvorken die bewogen worden door de versnellingshendel.

De schakelvorken schuiven de in te schakelen tandwielen langs een as die voorzien is van langsgroeven. Men noemt ze meesztal 'splines' (spreek uit: splains). Deze as is de hoofdas en vormt tevens de uitgangsas, die het koppel verder via de eindaandrijving naar de wielen overbrengt.

Natuurlijk heeft de versnellingsbak ook een ingangsas. Deze wordt door de motor via de koppeling aangedreven en wordt gewoonlijk primaire as genoemd. Op deze ingangs- of primaire as bevindt zich een tandwiel dat voortdurend in aangrijping is met een groter tandwiel op de er onder gelegen as, die nevenas of secundaire as wordt genoemd. Het gaat er nu om dat tandwielen op de hoofdas met de juiste tandwielen op de secundaire as in aangrijping worden gebracht.

Krakende tandwielen

Nu is het tandwielenstelsel in fig. 141 wel geschikt om het principe van een versnellingsbak te tonen, maar voor werkelijk gebruik minder geschikt. Tijdens het rijden moeten tandwielen in elkaar worden geschoven die met een verschillende snelheid draaien. Dit gaat zwaar en geeft aanleiding tot gekraak, terwijl de tandwielen er ook niet beter op worden.

Het gaat al wat beter als de tanden niet van rechte, maar van schuine verstanding worden voorzien (fig. 142) en nog beter is het om de tandwielen niet meer langs de as te schuiven, maar ze constant in elkaar te laten grijpen (constant mesh). Een tandwiel kan dan vrij over de as draaien, maar kan aan deze as vastgekoppeld worden door middel van een klauwkoppeling. De nokken of klauwen van deze koppeling zijn minder kwetsbaar dan de tanden op de tandwielen.

De klauwkoppeling

Maar ook de klauwkoppeling in fig. 142 is vrij primitief en voor verbetering vatbaar. Die verbetering ziet u in fig. 143. De koppeling is nu een schuifmof geworden, aangebracht op een as met langsgroeven. U vindt geen tanden aan de buitenomtrek, maar wel aan de binnenkant. Deze inwendige vertandingen corresponderen met tandkransen die naast de eigenlijke tandwielen (A en D) zijn aangebracht. Door de schuifmof naar links of rechts te verplaatsen, krijgt tandwiel A of D een vaste verbinding met de groevenas, draait dus niet meer vrij om zijn as en drijft op zijn beurt tandwiel C of tandwiel B op de secundaire as aan.

Synchromesh

Als u het principe van de schuifmof begrijpt, is het nog maar één stap om de werking van een synchromesh-versnellingsbak te begrijpen. De zijkanten van de tandkransen van tandwiel A en D in fig. 143 worden van conussen voorzien. U ziet de conische vlakken getekend in fig. 144 (zie de pijlen).

Ook de schuifmof biedt een conische uitsparing en u begrijpt natuurlijk al dat de conische vlakken van de tandkransen in de conische uitsparingen van de schuifmof kunnen vallen. Als dit gebeurt ontstaat er wrijving tussen beide elementen en daardoor zullen ze op een gelijk toerental worden gebracht. Het gaat er dus om eerst de snelheden van beide elementen gelijk te brengen (te synchromiseren) en ze vervolgens zonder moeite en geruisloos met elkaar in aangrijping te brengen. De schuifmof is nu een synchronisator geworden. Zijn constructie blijkt uit fig. 145, waarbij de synchronisator in doorsnede wordt getoond. U moet het dus zo zien (fig. 145).

Het tandwiel op de hoofdas draait vrij om de as en is in voortdurende aangrijping met het tandwiel op de daaronder gelegen secundaire as, dat een aandrijfwiel is. Maar omdat het bovenste tandwiel vrij om zijn as draait, wordt er geen kracht overgebracht.

Dat gebeurt pas als het tandwiel vast aan de as wordt gekoppeld. Hiertoe wordt de schakelmof naar links geduwd en komen de conische vlakken hiervan in aanraking met de conische vlakken op de zijkant van het tandwiel. As en tandwiel nemen nu dezelfde snelheid aan, zodat de verbinding zonder kraken tot stand komt. Het bovenste tandwiel draait nu niet meer vrij om de as, maar drijft de as aan (dankzij de groeven of splines).

Automatisch schakelen

Het bedienen van het koppelingspedaal en de versnellingshendel kan in druk verkeer een vermoeiende bezigheid vormen. Beide handelingen kunnen echter geautomatiseerd worden door middel van een 'automatische transmissie' zoals de naam meestal luidt.

Dit is gewoonlijk een combinatie van twee hoofdcompontenten, nl. een vloeistofkoppeling tevens koppelomvormer (A in fig. 146) en een versnellingsbak van speciale constructie (B).

De vloeistofkoppeling

Een koppeling brengt het motorkoppel (de draaikracht) naar de versnellingsbak over. We hebben gezien in fig. 6 hoe een met frictievoering beklede schijf tussen het vliegwielvlak en een drukplaat wordt geklemd. Om de koppeling vrij te maken, moet het pedaal worden ingetrapt, waarbij de drukplaat tegen de druk van een of meer veren in teruggetrokken wordt. Deze koppeling werkt dus geheel mechanisch.

Een koppeling kan echter ook hydraulisch werken en dan spreekt men van en vloeistofkoppeling. Het principe hiervan is eenvoudig. De vloeistofkoppeling bestaat uit twee schalen, ieder voorzien van een aantal schotten, ook wel schoepen genoemd (fig. 147).

De ene schaal is bevestigd aan de motorkrukas en werkt als aandrijvend deel of pomp. De andere schaal is verbonden met de versnellingsbak en vormt het aangedreven deel of turbine. Samen vormen ze een gesloten huis, gevuld met olie. Als de motor draait en daarmee ook de pomp, wordt de olie hieruit tegen de schotten van de turbine geslingerd.

Bij stationair draaiende motor is de oliestroom nog niet krachtig genoeg om de turbine mee te nemen. Maar naarmate het motortoerental toeneemt, wordt ook de oliestroom krachtiger en gaat de turbine meedraaien. Circulerende olie is nu een middel geworden om een koppel van de motor naar de versnellingsbak over te brengen. Dit gebeurt geheel automatisch, zonder tussenkomst van een koppelingspedaal.

Koppel vergroten

Een vloeistofkoppelling kan, net als een mechanische koppeling, het motorkoppel wel overbrengen, maar niet vergroten. Hiervoor is nog een derde element tussen pomp en turbine nodig, nl. een reactor, ook wel stator genoemd (fig. 148).

Wordt deze tussen pomp en turbine geplaatst, dan is wel vergroting van het koppel mogelijk. De oliestroom heeft nu immers een 'afzetpunt' gekregen, want de reactor is door middel van een vrijloopmechanisme op een as aangebracht. Hierdoor kan de reactor in één richting vrij draaien; in de andere richting is hij geblokkeerd.

Reactor draait mee

Naarmate het toerental van de turbine stijgt, is er minder behoefte aan koppelvergroting. Doordat de turbine sneller draait, komt de oliestroom onder een andere hoek tegen de schoepen van de reactor. Deze gaat nu meedraaien en biedt geen weerstand meer aan de oliestroom. Pomp en turbine fungeren nu weer als een gewone vloeistofkoppeling. De oliestroom brengt wel het koppel over, maat vergroot dit niet. Dit gebeurt weer, zodra de auto meer weerstand gaat ondervinden en het toerental van de turbine terugloopt.

Traploze koppelvergroting

Dit vergroten van het koppel gebeurt traploos, in tegensteling tot wat er in een gewone versnellingsbak geschiedt. Daar immers vinden we een aantal overbrengingsverhoudingen, die het motorkoppel 'in trappen' vergroten.

Toch kan een hydraulische koppelomvormer een mechanische koppeling niet geheel vervangen. De reductiemogelijkheid van een koppelomvormer is niet groot genoeg en daarom moet er toch een tandwielreductie aan te pas komen. Ook moet de wagen in 'achteruit' geschakeld kunnen worden. Voor de tandwielreductie wordt gebruik gemaakt van planetaire tandwielen, zie fig. 149. Het aandrijftandwiel (het zonnewiel) op as A drijft drie planeetwielen aan, die draaibaar zijn om de asjes van de planeetwieldrager (B). De planeetwielen kunnen omlopen langs de binnenomtrek van een tandwiel met inwendige verstanding, genaamd het ringtandwiel (C).

Een planetair tandwielenstelsel is bijzonder compact. Dit geheel kan diverse reducties opleveren zonder dat tandwielen in- of uitgeschakeld worden. Hiertoe kan een der elementen, bv. het ringtandwiel, worden tegengehouden of twee elementen kunnen met elkaar verbonden worden. Voor het eerste wordt een remband toegepast (fig. 150) die door oliedruk om het ringtandwiel wordt aangetrokken.

De oliedruk werkt in een zg. servocilinder op een zuiger. Het verbinden van twee elementen aan elkaar geschiedt d.m.v. een meervoudige platenkoppeling of lamellenkoppeling. Het inschakelen van de koppeling geschiedt eveneens door oliedruk die op een zuiger werkt. Zo'n koppeling is aangegeven door C in het schema van fig. 151.

Door het tegenhouden of het met elkaar verbinden van elementen kunnen allerlei gewenste combinaties worden verkregen: een reductie, omkering van de beweging (dus achteruit) of een directe aandrijving zonder reductie.

Oliepomp

Het aantrekken van de remband of het aangrijpen van de lamellenkoppeling gebeurt door oliedruk die geleverd wordt door een pomp, die door de motor wordt aangedreven. Nu is er natuurlijk een inrichting nodig die ervoor zorgt dat de oliedruk naar de juiste remband of lamellenkoppeling wordt geleid. Dit gebeurt door een kleppenstelsel (D in fig. 151) dat bv. wordt beïnvloed door het motortoerental en de stand van het gaspedaal.

Ook de bestuurder zelf kan kleppen inschakelen door middel van een hefboompje. Hiermee kan de achteruit worden gekozen of een bepaalde reductie kan geblokkeerd worden, bv. bij een lange afdaling. Ook is er natuurlijk een 'neutraal'- en een parkeerstand.

Laten we met behulp van fig. 151 alles nog even herhalen:

A is de koppelomvormer die automatisch het koppel kan vergroten, maar binnen een beperkt bereik. De koppelvergroting moet dan ook uitgebreid worden met een planetair tandwielenstelsel (B) die een of meer reducties kan opleveren alsmede een directe aandrijving en de achteruit. Dit wordt bereikt met behulp van hydraulisch bediende rembanden en/of lamellenkoppelingen (C).

In sommige gevallen geschiedt de bediening door de bestuurder die door middel van een hefboom kleppen in een bepaalde stand brengt (D). Ook een reductie kan met de hand worden ingeschakeld, maar tijdens normaal rijden gebeurt dit inschakelen automatisch door een inrichting die gevoelig is voor wagensnelheid en motorbelasting.

Brandstofverbruik

Het nadeel van de automatische transmissie met koppelomvormer is dat in laatstgenoemde slip optreedt. Een deel van de aandrijfkracht gaat dus verloren en dit is er de oorzaak van dat een automaat 10 à 15 % meer brandstof verbruikt dan een overeenkomstige auto met een handgeschakelde versnellingsbak. Daar staat dan wel tegenover dat een automaat beter de juiste versnelling weet te kiezen dan vele bestuurders met een handgeschakelde bak.

Toch zijn er de laatste tijd gewijzigde constructies verschenen die ten doel hebben het meerverbruik van de automaat te verhinderen. Een van deze mogelijkheden is het buiten werking stellen van de koppelomvormer, waneer deze geen koppel hoeft te vergroten.

Dit buiten werking stellen gebeurt dan door de koppelomvormer te overbruggen door een plaatkoppeling. Bij normaal rijden - zonder koppelvergroting - is daarmee de slip opgeheven en op die manier kan ca 5 % brandstof worden bespaard.

Een andere mogelijkheid is om ook de planetaire versnellingsbak achter de koppelomvormer van een 'overdrive' te voorzien, zodat hetzelfde effect wordt verkregen als bij de vijfde versnelling van een handgeschakelde bak.

Ook elektronisch

Op het hier beschreven systeem zijn variaties mogelijk. Zo kan men de commando's voor de hydraulisch in te schakelen lamellenkoppeling of rembrand langs elektronisch i.p.v. langs mechanische weg verkrijgen. Op de rol die de elektronica in verband met een automatische transmissie en vermindering van het brandstofverbruik kan spelen, komen we in een later hoofdstuk nog terug.

Mechanisch

En dan is er verder nog de volautomatische 'variomatic' van DafVolvo, een geheel mechanisch systeem. Het principe is bijzonder eenvoudig. Het motorkoppel wordt via een automatische koppeling (geen vloeistofkoppeling; ook een mechanische koppeling kan met behulp van centrifugaalgewichten automatisch werken) naar de variomatic overgebracht. Deze omvat twee riemschijven waarvan de diameter veranderliijk is en die onderling verbonden zijn door een V-riem (fig. 152).

De riemschijven bestaan uit twee helften, waarvan een zich kan verplaatsen. Loopt de riem aan de aandrijfzijde over een grote diameter, dan trekt de riem aan de gedreven zijde de helften van elkaar en loopt daar over een kleine diameter. Het verschil in diameter van de aandrijfschijf komt tot stand door een stel centrifugaalgewichten, ondergebracht in een tegen de schijf aangebouwde trommel. Als het toerental van de motor - en daarmee ook dat van de aandrijfschijf - toeneemt, gaan de gewichten naar buiten (richting van de pijlen) en worden de schijfhelften naar elkaar toe geduwd.

Het motortoerental bepaalt dus de overbrengingsverhouding, maar ook de motorbelasting draagt hiertoe bij. De ruimte in de trommel wordt nl. ook beïnvloed door het motorvacuum en deze ondersteunt de werking van de centrifugaalgewichten of gaat de werking hiervan tegen, al naargelang de bedrijfstoestand.

Halfautomaten

Ten slotte zijn er, meestal voor personenauto's in de kleinere klasse, nog de zg. halfautomaten. Gewoonlijk is dit een combinatie van een koppelomvormer, een natte koppeling en een gewone versnellingsbak. Een koppelingspedaal is dan overbodig.

Aanpassing

De laatste jaren staat de transmissie als geheel sterk in de belangstelling van autoconstructeurs. Men wil nl. de transmissie zo goed mogelijk aan het motorkarakter aanpassen en de overbrengingsverhoudingen afstemmen op een economisch brandstofverbruik. De komende jaren kunnen er dan ook nieuwe constructies worden verwacht waarbij waarschijnlijk ook de elektronica een rol zal spelen.

Maar thans moeten we het nog met de gewone versnellingsbak (of de automaat) doen. Wat de eerste betreft kunnen we zelf veel aan de brandstofeconomie doen door de juiste versnelling te kiezen.

Hoofdstuk 9

Misverstanden over auto-onderhoud

Autofabrikaten, importeurs en verdelers leggen er in hun advertenties tegenwoordig de nadruk op dat hun automerk weinig onderhoud nodig heeft. Dit is natuurlijk een sterk verkoopsargument. Wie een auto koopt, tracht zo veel mogelijk van te voren een begroting te maken wat de auto hem jaarlijks of per kilometer zal gaan kosten. Voor vele posten komt het neer op een schatting. Wie zou thans durven voorspellen wat we voor twee jaar voor benzine, dieselolie of LPG moeten betalen? Maar vooral de post 'Onderhoud en Reparaties' is een onbekende grootheid.

Het eerste jaar zal het nog wel meevallen, want de kosten van een onderhoudsbeurt zijn over het algemeen wel bekend en van reparaties zullen we nog weinig last hebben. Mochten ze al voorkomen, dan behoeden de garantiebepalingen ons voor een hoge reparatierekening.

Het verloop van de onderhouds- en reparatiekosten in de volgende jaren zijn minder duidelijk. Het is waar dat bij de moderne auto vele onderhoudswerkjes die 10 jaar geleden nog geregeld verricht moesten worden, nu vervallen zijn of minder vaak moeten gebeuren. Maar een auto is een gecompliceerd mechanisme.

Het mechanisme van een stofzuiger, schrijfmachine, frigo of naaimachine is nog wel te overzien en dergelijke apparaten kunnen dus ook of onderhoudsvrij of onderhoudsarm worden uitgevoerd. Maar een auto is veel gecompliceerder, wordt veel zwaarder belast en is dan ook aan meer slijtage onderhevig. Remvoering, remblokjes (bij schijfremmen), schokdempers, bougies, een uitlaatdemper, een luchtfilter, een oliefilter, koelvloeistof, ruitenwisserbladen, rediatorslangen, zij alle zijn aan slijtage en/of veroudering onderhevig en moeten dus periodiek worden vernieuwd. De frequentie van de vernieuwing kan zeer uiteenlopen. Zo zal de frictievoering op remblokjes sneller slijten dan de frictievoering op de koppeling. De laatste gaat soms wel 10 maal zo lang mee als een remblokje. Dat ook de banden slijtagedelen zijn zal geen enkele automobilist in twijfel trekken.

Afstellingen

Verder moeten er aan een auto afstellingen worden verricht, nodig om slijtage of ontregeling te compenseren. Bekende voorbeelden zijn het afstellen van de kleppen, het spannen van de dynamoriem, het opnieuw instellen van het ontstekingstijdstip, het afstellen van de vrije slag van het koppelingspedaal (hoewel niet bij alle auto's nodig) en het richten van de koplampen.

Dergelijke afstellingen en het vernieuwen van aan slijtage onderhevige onderdelen zijn heel normaal, maar vergen bij elkaar toch nogal wat werk. Dit valt wel eens wat tegen voor iemand die een auto koopt en nu verwacht dat het onderhoud een zaak is van één onderhoudsbeurt per jaar die niet meer dan een paar honderden euro kosten.

Reparaties

Nu hebben we nog uitsluitend de werkzaamheden genoemd die voortvloeien uit het normale gebruik, dus de normale slijtage en achteruitgang van een auto. Maar er treden ook wel eens echte defecten op. Die kunnen het gevolg zijn van onvoldoende onderhoud, onoordeelkundig of onjuist gebruik (overbelasting) van de auto, fabricagefouten of een combinatie hiervan.

Fabricagefouten kunnen ontstaan door onvolkomenheden in een materiaal of slordigheden bij de montage. Soms komt zo'n fout in het eerste jaar na de aankoop aan het licht en dan is de fabrieksgarantie er goed voor. Maar vaak is een fabricagefout oorzaak van een defect dat pas in een later stadium optreedt.

Gaat het om een groot defect en is de garantietermijn nog niet zo lang verstreken, dan zal een dealer/ verdeler-reparateur meestal wel een coulant standpunt innemen en een deel van de kosten voor zijn rekening nemen. Maar openbaren defecten zich pas in een veel later stadium, dan draait de eigenaar zelf voor de kosten op. Wel geven vele autofabrikanten de laatste tijd een langere garantie op lak en op de kosten die roestverschijnselen met zich brengen.

Over het algemeen gesproken valt het aantal defecten aan een auto tegenwoordig wel mee, vooropgesteld dat het noodzakelijk onderhoud niet wordt verwaarloosd. Storingen blijven gewoonlijk beperkt tot de elektrische installatie, defecte afdichtingen (pakkingen), wieluitlijning en irriterende zaken als niet goed sluitende deuren of een kofferdeksel, indringen van water in het interieur.

Echt grote defecten aan motor, transmissie en wielophanging komen niet vaak voor, hoewel sommige automodellen hun zwakke plekken hebben. maar neemt men alle onderhouds- en reparatiewerkzaamheden bijeen, dan is aan een auto tijdens zijn levensduur nog heel wat te doen.

Zelf doen of naar de garage?

Omdat al het gesleutel aan een auto vrij veel tijd in beslag neemt en vele autorijders worden afgeschrikt door hoge uurtarieven in de werkplaatsen, worden zij zelf-sleutelaar. Sommige werkzaamheden lenen zich daar wel voor, andere in mindere mate of in het geheel niet. Voor sommige werkzaamheden zijn alleen nauwkeurigheid en gezond verstand nodig, voor andere is vakkennis nodig.

Al het werk dat ooit aan een auto moet worden verricht, kan ingedeeld worden in vier verschillende groepen. Die indeling berust niet alleen in graden van vakkennis, maar houdt ook rekening met het al of niet beschikken over noodzakelijke werktuigen en apparatuur.

Inzicht en zorgvuldigheid

Er zijn werkzaamheden waarvoor geen bepaalde vakkennis wordt vereist, maar wel inzicht en zorgvuldigheid. Hiertoe behoren bij voorbeeld het vernieuwen van een waterslang of een ventilatorriem, een lamp verwisselen of een zwaar gaand slot gangbaar maken.

Bij dit soort werkzaamheden is het wel gewenst iets van de auto af te weten, maar het gaat hierbij toch meer om de handigheid dan om een gedegen kennis van het automechanisme. Het zijn werkjes die heel goed verricht kunnen worden door iemand die thuis zelf een nieuwe stekker aan een snoer monteert en die bij een lekkende vlotterbak van de WC niet onmiddellijk de loodgieter belt, maar zelf de oorzaak opspoort en verhelpt.

Wie al eens heeft getracht een kraan te repareren, daarop prompt een overstroming veroorzaakte en het nu nog benauwd krijgt als hij aan een kraan draait, kan zich beter niet wagen aan gesleutel aan zijn auto.

Meer dan handigheid

Er zijn werkzaamheden waarvoor meer dan een oppervlakkige kennis wordt vereist en handigheid alleen niet voldoende is. Hiertoe behoort bv. het afstellen van de kleppen en het zoeken naar een storing in de elektrische installatie.

Wat kleppen betreft, kan met iets grondig verknoeien wanneer de speling op een verkeerde manier wordt gemeten en gecorrigeerd wordt. In het gusntigste geval verbranden de kleppen en volgt er een dure reparatie.

Wat de elektrische installatie betreft, moet men wel weten waartoe alle onderdelen dienen, hoe ze werken, hoe ze met elkaar verbonden zijn en hoe het systeem beveiligd is. Zo niet, dan is het zoeken van een storing onbegonnen werk.

Speciale apparatuur nodig

Dan zijn er werkzaamheden waarvoor men op de vakman is aangewezen - zelfs al zou men over vakkennis beschikken - omdat apparatuur wordt vereist die niet binnen het bereik van de doe-het-zelver ligt. Dit zijn werkzaamheden als wielen balanceren en uitlijnen, waarvoor een balanceermachine en een uitlijnapparaat nodig zijn. Ook het afstellen van de contacthoek en het onstekingstijdstip vallen hieronder.

Vooral de laatste jaren is voor controles en afstellingen meer testapparatuur vereist dan voorheen. Zo kon een handige doe-het-zelver vroeger met een eenvoudig controlelampje zelf wel het ontstekingstijdstip controleren en afstellen. Maar om tegenwoordig volgens voorschrift de ontsteking op tijd te kunnen zetten bij draaiende motor, dient men over een afstellamp, vervroegingsmeter en toerenteller te beschikken.

En wil men de carburator nauwkeurig afstellen, dan moet het CO-gehalte (koolmonoxyde) worden gemeten waarvoor ook weer een vrij dure CO-meter nodig is. Stelt men een moderne motor op een primitieve manier af, dan kan dat leiden tot een groter CO-gehalte in de uitlaatgassen en een verhoogd benzineverbruik.

Veiligheid

Dan zijn er ook de werkzaamheden die rechtstreeks verband houden met veilig remmen en rijden. Omdat een verkeerde handeling verstrekkende gevolgen kan hebben, dient men dit soort werk dan ook beslist aan de vakman over te laten. Nu zal een doe-het-zelver die een technisch beroep uitoefent en een zekere ervaring met autoreparatie heeft, het wel klaarspelen om remvoering te vernieuwen, het remsysteem te ontluchten en een stuurkogel te vernieuwen. Maar het geeft het griezelig gevoel als iemand aan een remsysteem of aan stuuronderdelen werkt als hij geen opleiding op dit terrein heeft gehad en daardoor gemakkelijk iets over het hoofd kan zien.

Storingen

Na deze indeling vraagt men zich wellicht af of er voor de doe-het-zelver nog iets anders overblijft dan wassen en poetsen. Laten we daar meteen het antwoord op geven: er blijft nog heel wat over, zowel op het gebied van onderhoud als bij het opsporen en verhelpen van storingen. Bij dit laatste gaat het vooral om logisch denken. Als een motor niet start, hoeft men niet onmiddellijk een monteur met de servicewagen te ontbieden, want waar hij naar kijkt, kunt u ook kijken.

Stel dat u wilt starten, maar dat de startmotor in het geheel niet reageert. Dan is het logisch om het licht in te schakelen, ten einde na te gaan of er wel spanning op andere delen van de elektrische installatie staat.

Brandt het licht niet, dan is dit een teken dat de gehele installatie stroomloos is en moeten we eerst kijken naar de bron van elektrische energie: de accu.

Nu mag een accu nog zo slecht zijn, het is onwaarschijnlijk dat hij in één nacht in volkomen ontladen toestand geraakt. Tenzij een stroomverbruiker aan is blijven staan die de accu geheel heeft uitgeput. Maar anders is het waarschijnlijk dat de storing moet worden gezocht in een losse verbinding op de accu, het startrelais of massa. Het betreft dus de massakabel van de accu naar een metalen deel van de carrosserie of de kabel van de accu naar het startrelais. Op dit relais is de voedingskabel voor het overige gedeelte van de elektrische installatie aangesloten.

De accukabels moeten een grote stroom voeren om de startmotor zijn zwaar werk te laten doen. Daarom hebben de kabels zo'n grote diameter en zijn ze met stevige klemmen op de accu bevestigd. Maar vuil of een losse of gecorrodeerde verbinding kan tot gevolg hebben dat er tijdens een startpoging geen spanning op het startrelais komt te staan. In een andere richting moet gezocht worden als de startmotor wel draait, maar de motor niet aanslaat.

Twee mogelijkheden: de ontsteking of de benzinetoevoer. Met nog een kleine mogelijkheid van een mechanische storing, zoals een gebroken distributieketting. Of de benzinetoevoer in orde is, kan gemakkelijk gecontroleerd worden door de leiding aan de carburatorzijde los te nemen en te starten. Golft er tijdens het starten benzine uit de leiding, dan is de benzinetoevoer in orde. Is de carburator van een automatische choke voorzien, dan bestaat nog de mogelijkheid dat deze defect is, zodat het mengsel bij het starten niet verrijkt wordt.

Is de benzinetoevoer in orde, dan zal men het in de ontsteking moeten zoeken. Kijk eerst even of er geen kabels los zitten aan de bobine en de stroomverdeler. Ga vooral na of er geen kabelschoentje is gebroken. Een veel voorkomende oorzaak van slecht starten zijn slechte bougies. Na een zekere gebruiksduur is de elektrodenafstand te groot geworden en kan geen vonk meer overspringen. Dit gebeurt nogal eens bij vochtig weer als het hele ontstekingssysteem bedekt is met een natte condenslaag. dit veroorzaakt 'weglekken' van de hoogspanningsenergie, vooral in combinatie met een te grote elektrodenafstand van de bougies. De remedie is dan de ontsteking vochtvrij maken (hiervoor zijn spuitbussen met een vochtverdrijvend middel in de handel) en de bougies vernieuwen of hun elektrodenafstand verkleinen.

Er blijft nog genoeg over

De uiteenzetting over het niet starten is zeker niet compleet, maar dan ook meer bedoeld als voorbeeld voor het stap voor stap in een logische volgorde ontdekken van de fout. Nog beter is het om storingen te vermijden door zelf periodiek onderhoud te verrichten. Daartoe moet ook gerekend worden het nagaan of alle kabels onder de motorkap goed vastzitten. Ook controle op de toestand en spanning van de vertilatorriem kan storingen onderweg voorkomen. Als de riem breekt, laadt de dynamo niet meer en wordt de motor heet, omdat in de meeste gevallen de riem ook de waterpomp aandrijft.

Van belang is ook dat de waterslangen van het koelsysteem (ook die welke naar de kachel lopen) in goede staat verkeren. Als u in de slang knijpt en deze voelt sponsachtig aan, dan kunt u door vernieuwing voorkomen dat een slang tijdens het rijden scheurt en er koelvloeistof wegstroomt. Zo kan men ook het koelsysteem van een oudere wagen in goede conditie houden door het jaarlijks door te spoelen.

Filters

Wat beslist ook tot het terrein van de doe-het-zelver behoort is het vernieuwen van de patronen in het olie- en luchtfilter.

Het luchtfilter heeft vaak een deksel (vastgezet met een vleugelmoer) dat afgenomen kan worden, waarna het filterpatroon (ook wel filterelement genaamd) bereikbaar is. Sommige fabrikanten vermelden in het instructieboekje dat het filterpatroon om de 10.000 km moet worden gereinigd door het tegen een blokje hout te kloppen of schoon te blazen met perslucht. Andere fabrikanten zien niet veel in deze methode en schrijven vernieuwing om de 20.000 km voor.

Aan het filterpatroon valt niet te reinigen. Dit moet eenvoudig vernieuwd worden. Er zijn twee mogelijkheden. Het filterpatroon is ondergebracht in een huis dat met een centrale bout is vastgezet. Het andere systeem is het zg. weggooifilter, waarbij filterpatroon en huis één geheel vormen dat vernieuwd moet worden.

Uitlaatsysteem

Een zwakke plek van de auto is het uitlaatsysteem. Na een paar jaar komen de knaldemper(s) en de achterste uitlaatpijp gewoonlijk voor vernieuwing in aanmerking. Deze onderdelen worden vooral van binnenuit aangetast tijdens de periode na een koude start, waarbij het systeem nog niet op temperatuur is. De waterdamp met verbrandingsresten condenseert dan als een agressief laagje op de nog koele wanden van het uitlaatsysteem. Regen, vochtige atmosfeer en strooizout in de winter doen de rest.

Een uitlaat vernieuwen kan eventueel zelf worden ondernomen, maar het is geen prettig werkje. Men moet er voor onder de auto kruipen om bevestigen en verbindingen los te maken die vastgeroest zijn.

Het beste is om eerst alle bouten, moeren en pijpverbindingen aan de knaldemper met kruipolie in te spuiten en dit een poosje in te laten werken. Het eenvoudigste is het vernieuwen van een compleet uitlaatsysteem, dus van alles wat na het spruitstuk komt. Alleen de knaldemper vernieuwen is wel goedkoper, maar het is niet gemakkelijk deze van de pijpen los te maken zonder ze te beschadigen. Bij het monteren moet men niet onmiddellijk elke bevestiging vastzetten, maar alles los laten hangen tot het hele systeem op zijn plaats zit. Pas daarna kan men de zaak definitief vastzetten.

Roestbescherming

Dit lijkt zo op het eerste gezicht een echt doe-het-zelf-karwei, maar er moeten toch een paar vraagtekens bij worden geplaatst. Een doeltreffende bescherming tegen corrosie wordt alleen verkregen als het beschermingsmiddel niet alleen tegen de carrosserievloer, maar ook in alle naden wordt gespoten en ook in de binnenzijde van drempelkokers, deuren en andere holle ruimten. Daartoe moeten soms gaten worden geboord, maar men weet niet precies waar.

Zelfs als men niet zo ver wil gaan en alleen de onderkant van de auto een behandeling wil geven is toch het verspuiten van het materiaal veel doeltreffender als het aanbrengen met een kwast. Bovendien moeten de te behandelen vlakken schoon zijn, wat ook geen gemakkelijke opgave is.

Er zijn daarentegen vele werkjes die men aan een carrosserie zelf kan verrichten, zoals het soepel houden van de tochtrubbers met een speciaal rubber-smeermiddel en het behandelen van sloten en scharnieren met een smeermiddel waaraan grafiet is toegevoegd.

Bij de tegenwoordige auto is het doorsmeren meestal geheel vervallen, maar er zijn heel wat draai- en scharnierpunten die af en toe een paar druppels olie nodig hebben. Voorbeelden: alle draaipunten tussen gaspedaal en smoorklep van de carburator, motorkap- en kofferdekselscharnieren en het stangen- of kabelstelsel van de handrem.

Met alle eerder genoemde werkzaamheden is het al een hele lijst geworden, goed voor vele uren werk. Een goede investering van tijd want u verricht dan gelijk werkjes die in de autowerkplaats niet aanbod komen of waarvoor men andere dure werkuren moet betalen. Maar nogmaals: laat reparaties die verband houden met een veilig gebruik van de auto liever aan de vakman over!

Uw auto kan langer mee

Er wordt wel eens gesproken over 'geplande' veroudering, waarmee men dan bedoelt dat een auto gebouwd is om een beperkt aantal jaren mee te gaan. Maar zelfs als dit waar is, kunt u die veroudering omzeilen en daarmee de gemiddelde gebruikdsduur van een bepaald automodel ver overschrijden.

toen uw auto alleen nog maar op de tekenplank stond, heeft hij een geschatte levensduur in kilometers en tijd meegekregen. Deze levensduur houdt natuurlijk wel enig verband met de aanschaffingsprijs, maar is daaraan niet rechtstreeks evenredig. Wij kunnen niet beweren dat een auto van 400.000 frank een twee maal zo lange levensduur heeft dan een van 200.000 frank. Er zijn tenslotte meer factoren die de prijs van een auto bepalen dan alleen levensduur.

Gemiddelde levensduur

Laten we even bij die auto van 200.000 frank blijven. De ontwerper hiervan heeft een 'gemiddelde verbruiker' voor ogen gehad. Iemand die het onderhoud van een auto niet geheel verwaarloost, maar zeker niet de puntjes op de i zet. Die geen kilometervreter is, maar ook geen uitsluitende zondagsrijder. Hij rijdt wellicht 20.000 km per jaar. De auto staat dag en nacht buiten, wordt tijdens het rijden niet afgebeuld, maar ondergaat af en toe een minder zachtzinnige behandeling.

Voor zo'n doorsneegebruiker moet de auto een redelijke levensduur hebben en men kan zich voorstellen hoe een fabrikant denkt aan ca. 100.000 km of vijf jaar. Hij zal er naar streven deze levensduur voor zoveel mogelijk componenten 'in te bouwen', met natuurlijk de nodige reservesterkte. Want tenslotte mag de auto na 100.000 km of op zijn vijfde verjaardag niet uit elkaar vallen.

Bovendien is het onmogelijk om de sterkte van alle componenten zodanig te berekenen dat zij alle dezelfde levensduur hebben. Nu moet 'levensduur' hier vooral beschouwd worden als 'economisch verantwoorde levensduur'. Na 100.000 km of vijf jaar is de auto nog niet op. Er kan misschien wel het dubbele mee worden gereden. Maar dan ten koste van vele reparaties en het vernieuwen van vele onderdelen. De bedrijfszekerheid is dan sterk achteruit gegaan en dit kan aan de prijs van de gebruikte auto ook wel worden afgemeten.

De restwaarde van de auto die eens voor 200.000 frank in de showroom stond geprijst, bedraagt nu misschien 10.000 frank. Dit is althans het bedrag dat de eigenaar er bij inruil voor krijgt. De wagen verdwijnt dan in de 'handel', duikt hier of daar als 'occasie' op tegen een prijs van bv. 20.000 frank, nadat hij wat is opgeknapt en wordt dan als zijnde 'in zeer goede staat' verkocht.

De gebruikte auto

Natuurlijk is er niets op tegen als zo'n auto door een bona-fide autobedrijf met een redelijke winst wordt verkocht. Maar bij zo'n bedrijf zal de garagehouder ook niet schromen om over de beperkingen van zo'n auto te praten. Hij zal zeker geen garantie kunnen geven, want hoe zo'n auto zich verder houdt, is onvoorspelbaar. De tragiek is echter dat een dergelijke auto vaak wordt gekocht door iemand die er toch nog wonderen van verwacht. Hij koopt een goedkope auto, weet wel dat de wagen niet helemaal nieuw meer is, maar hij ziet er toch nog redelijk uit, nietwaar ?

En dan komt het drama. De kersverse automobilist denkt dat hij met zo'n auto hetzelfde kan doen als met een nieuwe, vreet er kilometers mee, wil nog hoge snelheden rijden en komt al spoedig voor de eerste kosten te staan, gevolgd door nog meer reparaties.

Daarom nogmaals een welgemeende raad aan kopers van goedkope gebruikte auto's: verwacht niet te veel. De goedkope inruilauto hoeft niet slecht te zijn en bij oordeelkundig gebruik (niet te snel accelereren en remmen, geen hoge rijsnelheden) kan hij misschien nog best 15.000 km zonder al te grote moeilijkheden mee. Wees er dan tevreden mee dat u dit aantal kilometers eruit haalt en bepaal zelf maar of u er één jaar of twee jaar over doet.

Nieuwe auto

Wie een nieuwe auto koopt heeft het bepalen van de levensduur grotendeels in eigen hand. U kunt net iets voorzichtiger zijn, iets meer zorg aan het onderhoud besteden en met iets meer overleg te werk gaan dan de doorsnee-gebruiker en daarmee vergroot u het aantal te rijden kilometers en verlengt u de tijdsduur.

Wat brengt veroudering teweeg?

Waarom is een auto na 100.000 km dienst of na vijf jaar niet meer in dezelfde staat als bij de levering? Hiervoor kunnen vijf hoofdoorzaken worden genoemd, nl.:

- mechanische slijtage;
- corrosieve aantasting;
- overbelasting;
- vervuiling;
- geen correctie bij ontregelingen of afwijkingen.

Als we deze vijf tot een minimum terugbrengen - en dit is mogelijk - is de kans groot dat we de economische levensduur van de auto met 25 tot 40 % verlengen.

Motorolie

Hiermee wordt zowel mechanische als corrosieve slijtage van de motor tegengegaan. De corrosieve slijtage is het grootst vlak na een koude start, als een motor nog niet op bedrijfstemperatuur is. De verbrandingsproducten zijn dan zeer agressief totdat de temperatuur van de motor hoog genoeg is om ze in dampvorm te doen overgaan, zodat ze via het uitlaatsysteem worden afgevoerd.

Wordt een motor koud gestart en korte tijd later weer afgezet, dan blijven de verbrandingsprodukten in de cilinders en doen hun verwoestend werk. Daarom veroorzaakt het even verplaatsen van een auto met koude motor en het even rijden naar de brievenbus of sigarenwinkel twee straten verder meer slijtage dan een rit van 100 km. Het komt de levensduur van de motor ten goede om die zeer korte ritjes met koude motor te vermijden.

Overbelasting

Dit is vooral een zaak van gebruikswijze en rijstijl. Onder overbelasting wordt niet in de eerste plaats verstaan een te zware belading - hoewel ook dit vermeden dient te worden - maar vooral het blootstellen van het mechanisme aan schokbelastingen. Dit komt voor bij het ruw laten opkomen van het koppelingspedaal en het herhaaldelijk zeer sterk remmen.

In hoofdstuk acht werd uiteengezet hoe een te lage versnelling brandstof kost. Maar tijdens de inrijpperiode van een auto kan men de lagere versnellingen beter wat meer gebruiken. Dan komt het er juist op aan de motor niet te belasten door op een te hoge versnelling te blijven rijden.

Moet de auto als trekker voor een caravan fungeren, dan spreekt het vanzelf dat het gewicht hiervan in een gunstige relatie moet staan tot het wagengewicht en het motorvermogen.

We kunnen een auto niet eeuwig jong houden, maar er zijn wel mogelijkheden om veroudering zoveel mogelijk tegen te gaan. De voornaamste zijn:

- het onderhoud niet verwaarlozen;
- zorgen voor een goede smering en filters op tijd vernieuwen;
- niet met een defect blijven rijden;
- de auto rustig bedienen (wat niet hoeft te betekenen 'langzaam rijden'), dus niet de deuren dicht-smijten, aan de versnelligshendel rukken, met gillende banden accelereren en bruusk remmen.

Hoofdstuk 10

Verdere ontwikkeling van de auto

Er zijn de laatste jaren goede vorderingen gemaakt met het beter benutten van de energiewaarde in de brandstof. In de komende jaren krijgen we nog meer verbeteringen te zien, want het wetenschappelijk onderzoek op dit gebied begint thans zijn vruchten af te werpen. Enerzijds tracht men het motorrendement te verhogen en anderzijds tracht men de rijweerstanden te verminderen.

Armere mengsels

Om een mengsel van benzine en lucht normaal te laten verbranden, moeten beide bestanddelen in een juiste verhouding staan.

In hoofdstuk 3 werd al vermeld dat een volledige verbranding wordt verkregen als het mengsel 15 gewichtsdelen lucht en één gewichtsdeel benzine bevat. Maar bij een dergelijke verhouding zal de motor niet op zijn zuinigst zijn. Rijdt men met een kruissnelheid van 80 à 100 km per uur op een vlakke weg, dan levert een verhouding tussen 16 en 17:1 de grootste brandstofeconomie op.

Natuurlijk heeft men het ook nog met nog armere mengsels geprobeerd. Sommige autorijders hebben zelf geëxperimenteerd met kleinre sproeiers in de carburator of met een zg. benzinebespaarder die extra lucht toevoert. Maar dit levert eerder het tegendeel van een besparing op.

Bij een zeer arm mengsel liggen de brandstofdeeltjes verder van elkaar en het duurt dan ook langer eer het gehele mengsel verbrand is. De zuiger heeft dan al weer een deel van zijn arbeidsslag afgelegd en de expansie van de gassen komt dus niet op het goede moment. De warmte van de verbranding - waarvoor dure brandstof is gebruikt - wordt in dit geval dus niet voldoende benut om de zuiger arbeid te laten leveren. In plaats daarvan wordt de warmte door de cilinderwanden opgenomen en via het koelwater en door uitstraling aan de buitenlucht afgegeven - zie fig. 161.

De motor levert dus een onvoldoende vermogen en het rendement is lager dan normaal. Vandaar dat het brandstofverbruik niet minder wordt, maar eerder toeneemt.

Thermische overbelasting

Er zit nog een nadeel aan de langere verbrandingsduur als gevolg van een arm mengsel. Het gehele temperatuurniveau van de motor wordt hoger. Nu kunnen motoronderdelen zoals zuigers en kleppen best wat warmte verdragen. Ze zijn gemaakt om thermische belasting te weerstaan, zoals de technicus dit noemt. Maar ze zijn niet opgewassen tegen voortdurende thermische overbelasting en dit is nu juist wat een te arm mengsel veroorzaakt.

Speciale verbrandingskamers

Toch hebben motorontwerpers de idee van een armer mengsel (een normaal mengsel heeft een verhouding van 15:1; bevat het mengsel meer brandstof dan is het rijker, bevat het minder brandstof dan is het armer) niet losgelaten.

In de researchafdeling van autofabrieken wordt naastig gespeurd naar een methode om van een arm mengsel toch een snelle verbranding te verkrijgen. Het antwoord daarop is: een snelle werveling van het mengsel zodra het de verbrandingsruimte binnenkomt. Maar het vereist een zeer nauwkeurige studie en veel geëxperimenteer om na te gaan wààr ze de werveling wel en niet mag optreden en wat de juiste wevelsnelheid bij bepaalde toerentallen moet zijn.

Met zo'n wervelend mengsel is het ook mogelijk een grotere compressieverhouding toe te passen, zonder dat detonatie ontstaat. De combinatie van een arm mengsel en een hoge compressieverhouding leidt tot een geringer brandstofverbruik. In sommige gevallen zijn al veelbelovende resultaten bereikt. Zo heeft men bij een 12-cilinder motor, waarvan de cilinderinhoud 5,4 liter bedraagt en die voorzien is van een speciaal ontworpen verbrandingsruimte een verbruik verkregen van 10,4 liter op 100 km bij een constante snelheid van 90 km/uur. Dit is een verbetering van meer dan 20 % en aan een toepassing op kleinere motoren wordt momenteel gewerkt.

Ook benzinebespaarders die wervelen

Ook de werking van apparaten die het oogmerk hebben om benzine te besparen, berust vaak op werveling van het mengsel. Maar in dat geval begint de werveling al bij de carburator en zet zich voort in het inlaatspruitstuk. Dit is meestal niet de juiste methode, want hier kunnen ongewenste nevenverschijnselen door ontstaan.

De juiste methode is dat de werveling pas begint als het mengsel de verbrandingsruimte binnenstroomt. Een uitgekiend proces dat zich niet laat sturen door een apparaat dat voor ieder soort motor wordt toegepast. Dit neemt niet weg dat men afhankelijk van motorconstructie en uitvoering van het inlaatspruitstuk er toch wel eens geluk mee kan hebben. Maar het is tevens de verklaring voor het feit dat bij het ene motortype besparing wordt verkregen en een ander type juist meer verbruikt.

In ieder geval blijkt werveling van het mengsel IN de verbrandingskamer een mogelijkheid te zijn om meer kilometers uit de liter benzine te verkrijgen.

Ontsteking van een arm mengsel

Als één probleem opgelost schijnt te zijn, dient zich alweer een nieuw probleem aan. Het is nu gebleken dat een motor zonder bezwaar op een armer mengsel kan draaien, mits een bepaalde werveling wordt toegepast. Maar dan blijkt dat het gebruikelijke ontstekingssysteem niet voldoende capaciteit heeft om de zeer sterke vonk op te wekken die voor het ontsteken van het arme mengsel nodig is.

Daar is wel weer een oplossing voor te vinden en bij de reeds genoemde V-12 motor wordt dan ook een elektronisch ontstekingssysteem met twee bobines gebruikt. Het maakt de ontsteking weer duurder en dat is voor een dergelijke motor geen bezwaar. Maar het toont wel aan dat wat mogelijk is voor motoren in auto's van een hoge prijsklasse, nog niet altijd geschikt is voor kleinere motoren.

Een ander probleem is het ontstekingstijdstip. Vroeger had men als enige zorg een vonkvervroeging bij toenemend toerental plus een extra vervroeging bij lichte motorbelasting omdat in die situatie (gering geopende smoorklep) de verbranding langer duurt.

Om aan deze twee eisen te voldoen was het voldoende om de onderbreker/stroomverdeler te voorzien van en centrifugaal regelaar en een vacuumregelaar. Men verkreeg hiermee een goede aanpassing aan de verschillende bedrijfstoestanden.

Vonktijdstip en samenstelling uitlaatgassen

Maar sinds men ook rekening heeft moeten houden met de samenstelling van de uitlaatgassen, is het ontstekingstijdstip onderhevig geworden aan veel meer factoren. Een geringere voorontsteking vermindert het aandeel van schadelijke stoffen in de uitlaatgassen, maar is van ongunstige invloed op de brandstofeconomie.

Wil men voor alle omstandigheden dan toch het gunstigste ontstekingstijdstip bepalen, dan is er een dermate fijne regeling nodig, dat de conventionle regelingsorganismen (centrifugaal- en vacuumvervroeging) hieraan niet kunnen voldoen.

De microprocessor

Het is de microprocessor die dit wel kan. Dit is geen toekomstmuziek want er bestaan al systemen waarbij de elektronica voor de juiste aanpassing van mengseltoevoer en ontstekingstijdstip onder alle bedrijfsomstandigheden zorgt.

Fig 163 geeft schematisch een overzicht van een dergelijks systeem. In het bovenste deel van het schema ziet u het brandstoftoevoersysteem en daaronder de luchtstroommeter. Deze geeft evenals de smoorklepschakelaar, temperatuurvoelers, toerentalvoelers en referentievoeler signalen door aan een microprocessor. Deze berekent uit de ontvangen informaties de inspuitduur en het vonktijdstip en zendt deze gegevens door naar respectievelijk de inspuitventielen en het ontstekingssysteem. In feite kan hier van een minicomputer worden gesproken, want de microprocessor heeft een ingang (signalen verkregen van de diverse voelers of gevers) en een uitgang (voor het besturen van de bezineinspuiting en ontsteking), en omvat geheugens waarin de vergelijkingswaarden liggen opgeslagen (zie blokschema fig 164)

Ook met carburator

Uit deze beschrijving hoeft niet de conclusie te worden getrokken dat de motor in de toekomst beslist een inspuitmotor zal moeten zijn. Ook een carburator is in staat de gewenste mengverhouding nauwkeurig te regelen, behalve wellicht in de warmdraaifase. Maar ook daarvoor zal men wel een oplossing kunnen vinden.

Gelaagde vulling

Een ander systeem dat armere mengsels mogelijk maakt, is dat van gelaagde vulling in de verbrandingsruimte. Dit is een methode waarbij zich in een bepaald deel van de verbrandingsruimte een zer rijk mengsel vlak bij de bougie bevindt, zodat dit mengsel gemakkelijk kan worden ontstoken. De hierdoor ontstane vlam is voldoende om een zeer arm mengsel elders in de verbrandingsruimte te ontsteken. Dit is al een oud idee, het stamt zelfs uit de jaren twintig, maar is de laatste tien jaar sterk in de belangstelling gekomen.

Er zijn in grove trekken twee systemen waarmee het principe van gelaagde vulling verwezenlijkt kan worden. De een is het inspuiten van een hoeveelheid brandstof vlak bij de beide bougies, waarbij de rest van de ingespoten brandstof zich over de rest van de verbrandingsruimte verspreidt, om daar een arm mengsel te vormen (fig 165).

De andere methode is gebaseerd op twee afzonderlijke verbrandingskamers, nl. een voorkamer en een hoofdkamer. In de voorkamer komt via een extra inlaatklep een zeer rijk mengsel binnenstromen dat door de bougie aldaar onstoken wordt. Het brandende mengsel verplaatst zich via een kanaal naar de hoofdverbrandingsruimte en ontsteekt daar het zeer arme mengsel (fig 166).

Op dit moment is nog moeilijk te beoordelen welke systemen, die met armere mengsels dan gebruikelijk werken, zullen worden toegepast. Maar het principe van werveling is inmiddels gerealiseerd bij een motor die in serie wordt vervaardigd. De verwachting is dan ook gewettigd dat motoren die in de komende jaren als nieuw ontwerp verschijnen een 20 % grotere brandstofeconomie zullen hebben.

Nog meer besparingen dankzij elektronica

De elektronica biedt nog andere mogelijkheden om brandstof te besparen. Daar is b.v. het automatisch uitschakelen van twee of vier cilinders van een achtcilindermotor wanneer deze weinig kracht hoeft te ontwikkelen.

Ook is het mogelijk om alle cilinders (ook van een viercilinder motor) uit te schakelen als de auto tot stilstand komt bij stoplichten of andere obstakels. Wil men weer wegrijden, dan is het indrukken van het gaspedaal voldoende om de motor weer tot leven te brengen.

Ook kan de elektronica benut worden voor een beter evenwicht tussen de behoefte aan stuwkracht die de auto op elk gewenst moment nodig heeft en die de motor op dat moment levert. Het gaat hier om kleine percentages winst, die bij elkaar geteld toch wel flinke besparingen kunnen opleveren.

Minder rijweerstanden

Maar een aanzienlijke winst kan geboekt worden door de rijweerstanden te verlagen. Als een auto zich op een vlakke weg verplaatst, moeten er twee soorten weerstanden worden overwonnen.

Dit is ten eerste de rolweerstand die de banden ontmoeten wanneer ze zich over het wegdek bewegen. Deze rolweerstand blijft vrij constant, ongeacht de rijsnelheid.

Ten tweede is er de luchtweerstand. Deze blijft niet constant, maar neemt toe met het kwadraat van de snelheid. Bij 100 km/uur is de luchtweerstand vier maal zo groot als bij 50 km/uur. En bij 150 km al acht maal zo groot.

Hoe groot de luchtweerstand is, hangt af van twee factoren. De eerste is de frontale oppervlakte van de auto. Deze naam is enigszins misleidend want men zou er uit kunnen afleiden dat het hier het front van de auto betreft. Maar de frontale oppervlakte wordt bepaald door de grootste hoogte en de grootste breedte van de auto. De tweede factor is bekend als de luchtweerstandcoëfficiënt. Of deze groot of klein is hangt af van de stroomlijngunstige vorm van een voertuig.

In fig. 167 vindt u vier verschillende carrosseriemodellen, die ieder een andere luchtweerstandscoëfficiënt hebben. Een lastig woord, vooral als je dit in een gesprek vaak moet gebruiken. Daarom spreekt men meestal van de CW-waarde. Dit is zoiets als een waarderingscijfer voor gunstige of ongunstige stroomlijnvormen. Het hoogste (ongunstigste) cijfer is 1.10 en het laagste (gunstigste) cijfer ligt bij 0.15. Dit komt in de buurt van de gunstigste stroomlijnvorm: de druppel. Maar dan moet de verhouding tussen de grootste doorsnede van de druppel en zijn lengte 1/6 zijn en dit houdt dan in dat de auto 7 à 8 meter lang moet worden. Dit is dus niet te verwezenlijken en bovendien willen we de binnenruimte in een auto zo goed mogelijk benutten.

Men kan echter wel trachten de ideale vorm zo goed mogelijk te benaderen, wat bij de grote auto's weer gemakkelijker is dan bij de kleinere. Bij de tegenwoordige auto moet zijn ingebouwde koplampen, verzonken deurkrukken en aflopende achterpartij licht de CW-waarde tussen 0,35 en 0,45. Als nu van een auto bekend zijn de frontale oppervlakte, de luchtweerstand en wanneer ook de gemiddelde dichtheid van de lucht bekend is, kan voor iedere snelheid de stuwdruk uitgerekend worden die nodig is om de stuwdruk te overwinnen.

Nu bestaat er een vuistregel dat 10 % vermindering van de luchtweerstand 3 tot 5 % brandstof voor de voortstuwing bespaart. Alle auto's met een CW lager dan 0,40 kunnen als stromingsgunstig worden beschouwd. Hoger dan 0,40 is minder gunstig, maar zien de ontwerpers kans om hierin een verbetering van 20 à 25 % te brengen, dat kan alleen al door een verbeterde vormgeving 6 to 12 % aan brandstof worden bespaard.

De windtunnel

De CW-waarde van een auto wordt bepaald in een windtunnel. Maar de onderzoekingen beperken zich geenszins tot de luchtstromen langs en over het voertuig, hoewel dit een belangrijk deel van het werk is.

Men onderzoekt echter ook de door de luchtstromingen veroorzaakte krachten die op de auto aangrijpen en daarmee de rij-eigenschappen beïnvloeden. Ook onderzoekt men de binnenwaartse luchtstroming om na te gaan welk de meest doelmatige plaats is voor het binnenstromen van de koellucht en de lucht voor de ventilatie en de verwarming.

Met betrekking tot de luchtstroming over het voertuig is vooral de separatie van de stroming van belang. Hieronder verstaat men het verschijnsel dat de luchtstroom niet meer de contouren van de carrosserie volgt. Dit gebeurt b.v. bij de achterkant van de wagen, maar ook bij de wielen, assen en delen van de wielophanging. Als gevolg van de vele separatiepunten ontstaan zones met drukverschillen die gezamenlijk de totale tegendruk opleveren.

Detailverbeteringen

Het grote voordeel van onderzoekingen in de windtunnel is dat men niet alleen de luchtweerstand van nieuwe ontwerpen onderzoekt, maar ook kan nagaan wat er aan bestaande modellen nog te verbeteren valt. Bij auto's die de afgelopen 6 à 7 jaar als geheel nieuw model op de markt kwamen heeft men de grondvorm wel volgens aerodynamische principes uitgevoerd. Er zijn echter nog vele modellen waarvan de grondvorm veel ouder is. In dat geval gaat het om een optimalisering van alle details en daarmee kunnen vaak zeer goede resultaten worden verkregen.

Fig. 168 geeft hiervan een voorbeeld. Het betreft in A de oorspronkelijke vorm van een model, waarbij de scherpe kant van de motorkap een sterke separatie teweegbracht. Met het aanbrengen van een sierlijst (B) liet deze separatie zich verminderen, maar kon geheel ongedaan gemaakt worden door een afronding aan de voorzijde.

De eerste greep (B) leidde tot 4 % vermindering van de luchtweerstand, de tweede ingreep (C) tot een vermindering van 15 % ten opzichte van de oorspronkelijke vorm.

Gewicht

Ook het gewicht van een auto is van invloed op het benzineverbruik. Er bestaat zelfs een vuistregel die zegt dat voor elke 100 kg aan massa die een motor over 100 km verplaatsen moet, er 1 liter benzine nodig is. Een auto van 700 kg zou dus 7 liter op 100 km gebruiken en een auto van 1400 kg zou 14 liter per 100 km nodig hebben. Deze cijfers zijn vrij onnauwkeurig, want verbruik wordt ook beïnvloed door snelheid, vormgeving, motortoerental en tal van andere factoren.

Van grote invloed is ook of met een auto bij constante snelheid kan worden gereden of dat steeds weer opnieuw vertraagd en gestopt en daarna opgetrokken wordt. Is dit laatste het geval, dan is de auto met een hoog gewicht in het nadeel, want een grote massa telkens op gang brengen kost uiteraard energie.

Daarom wordt getracht lichtere materialen te gebruiken, zoals kunststoffen en aluminium. Men heeft de laatste jaren al onderdelen uit kunststof kunnen vervaardigen die er tien jaar geleden nog niet voor in aanmerking kwamen.

Beter motorrendement, minder luchtweerstand, geringer gewicht zijn de huidige doelstellingen van de autoconstructeurs. Gemakkelijk zijn die toch niet, want men mag geen concessies doen aan de veiligheid en de betrouwbaarheid van de auto. Maar er is de laatste jaren al veel bereikt en over enkele jaren mogen we auto's verwachten die 30 % minder brandstof verbruiken dan nu het geval is.

We kunnen zelf ook besparen

Bij twee autorijders die precies hetzelfde automodel bezitten, kan het brandstofverbruik soms aanzienlijk verschillen. Het is heel goed mogelijk dat de een 8 liter op 100 km verbruikt en de ander 12 liter op 100 km. Dat is maar liefst 50 % meer! En het is bepaald geen uitzondering. Het grote verschil wordt teweeggebracht door de staat waarin beide auto's verkeren en de rijstijl.

Wat de conditie van een auto betreft is de staat van de motorafstelling van bijzonder belang. Hierbij moet vooral gedacht worden aan een correct ontstekingstijdstip, dus het moment waarop de vonk moet komen. Afwijkingen hierin kunnen gemakkelijk tot een meerverbruik tot 15 % leiden.

Eveneens grote brandstofverspillers zijn slechte bougies. Elke keer dat zij het mengsel niet tot ontbranding brengen, verdwijnt het ongebruikt via de uitlaat naar buiten. Ook de afstelling van de carburator beïnvloedt het verbruik. Te snel stationair draaien betekent extra brandstof verbruiken waarvoor we niets terugkrijgen.

Verder is de bandenspanning van belang. Een te lage spanning vergroot de rolweerstand, zodat er meer brandstof voor nodig is om deze te overwinnen.

Snelheid handhaven

Terloops werd al opgemerkt dat het veel meer energie kost om een stilstaande massa in beweging te brengen dan om de beweging van die massa te handhaven. Met die wetenschap kunnen we bij het autorijden ons voordeel doen.

Nu is het handhaven van de snelheid niet altijd mogelijk. We zijn vaak wel gedwongen om te vertragen of zelfs geheel tot stilstand te komen. Maar hoe geleidelijker dit vertragen en weer versnellen gebeurt, des te minder energie er nodig is. Snel accelereren kost extra brandstof. En snel remmen betekent dat we een groot deel van de bewegingsenergie die uit de brandstof werd verkregen weer in de vorm van warmte aan de buitenlucht kwijtraken.

In stadsverkeer kunnen we dus besparen door kalm optrekken en vooruitzien. Staat een verkeerslicht 100 meter voor ons op rood, dan heeft het geen zin om gas te blijven geven en op het laatste moment sterk te remmen. We verbruiken er alleen maar extra brandstof mee en komen toch niet sneller vooruit.

Op een niet te drukke autoweg is het niet moeilijk een eenmaal gekozen snelheid te handhaven. Het gunstigste verbruik wordt dan verkregen als u het gaspedaal niet intrapt, maar uw voet zo neerzet dat het pedaal tegen uw voet veert.

Met een economische rijstijl en een auto in goede staat van afstelling verbruiken we minder brandstof en daarmee compenseren we enigszins de hoge brandstofprijzen. Voor velen biedt dit de mogelijkheid om ondanks de prijsverhoging toch te blijven rijden!

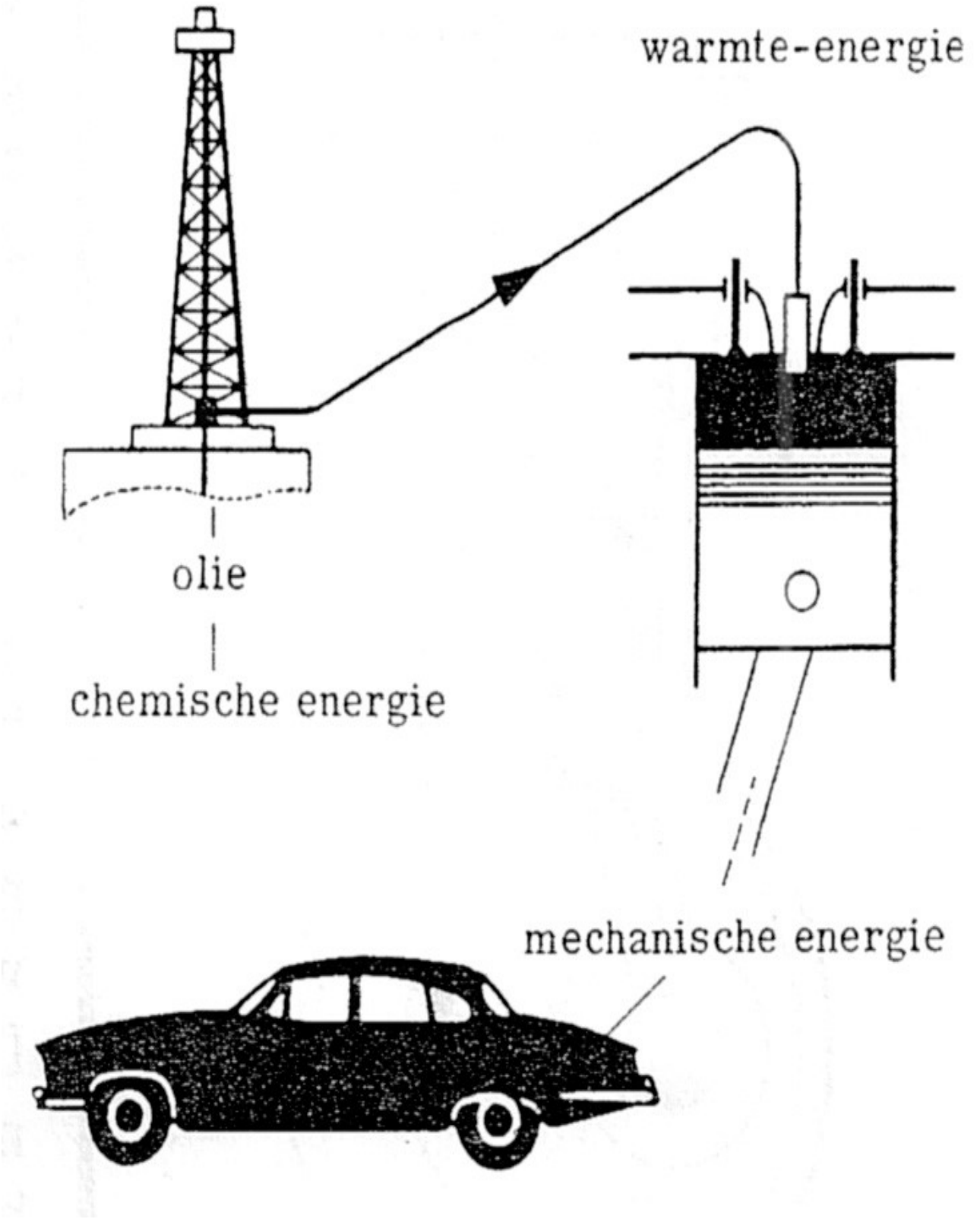

Fig.1. De chemische energie in een vloeibare brandstof wordt in de motor eerst omgezet in warmte-energie en dan in bewegingsenergie om de wielen van de auto aan te drijven. Bij dit proces treden vele verliezen op.

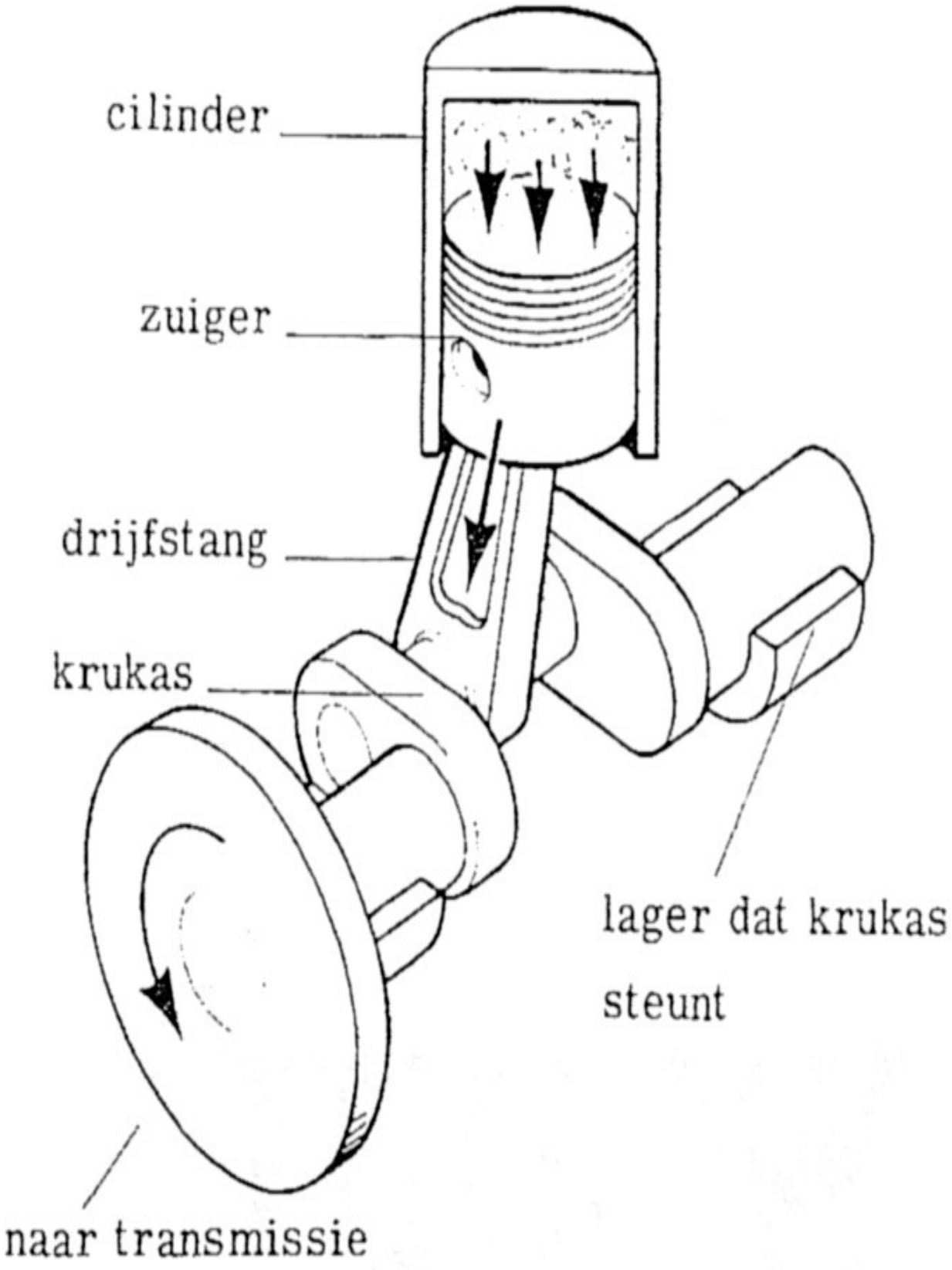

Fig.2. De expanderende gassen drukken de zuiger omlaag.

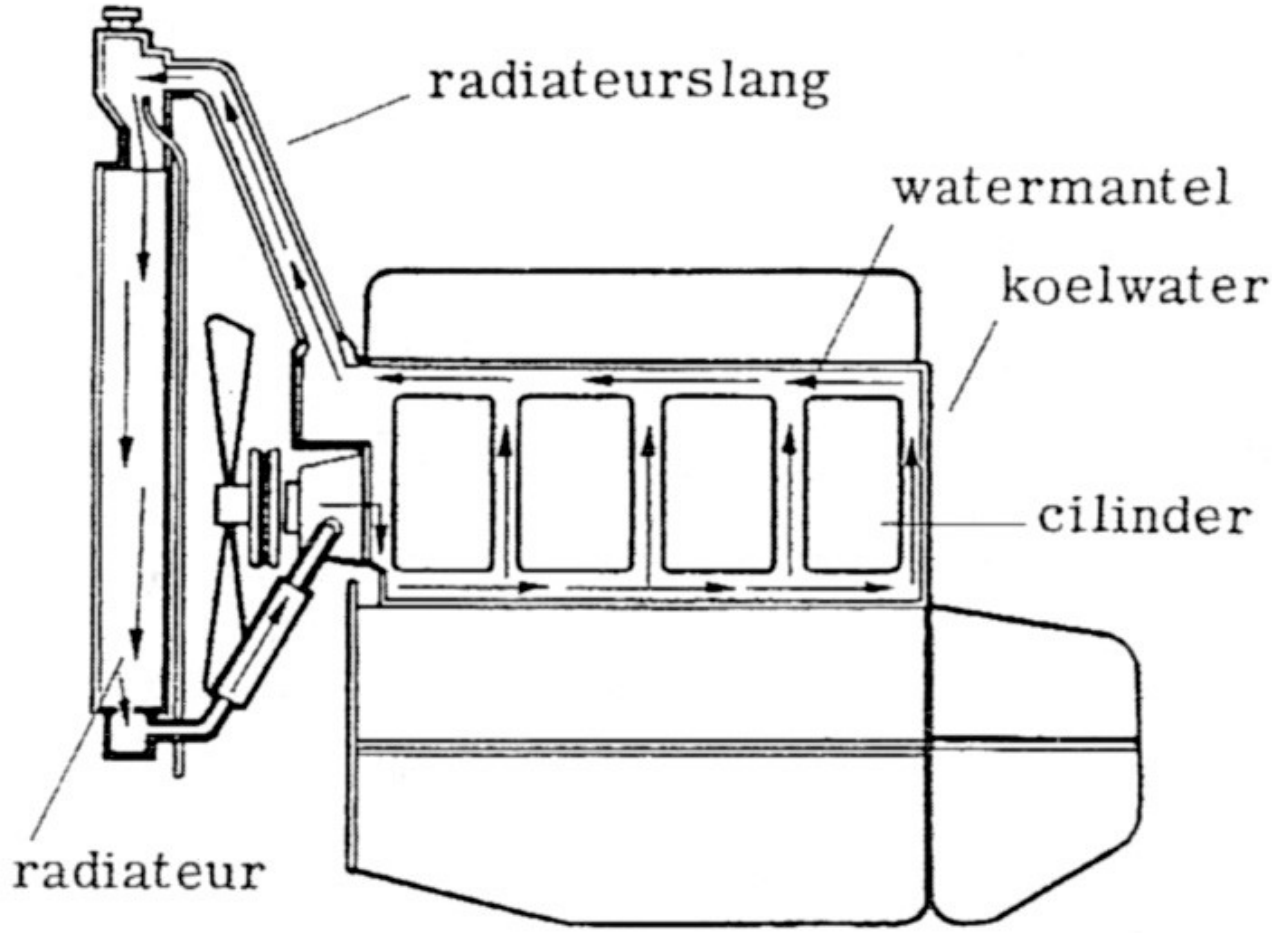

Fig.3. In de cilinders (hier vier) wordt zoveel warmte ontwikkeld, dat een groot deel moet worden afgevoerd aan het koelwater. Dit stroomt op zijn beurt naar de radiateur en geeft de opgenomen warmte aan de buitenlucht af.

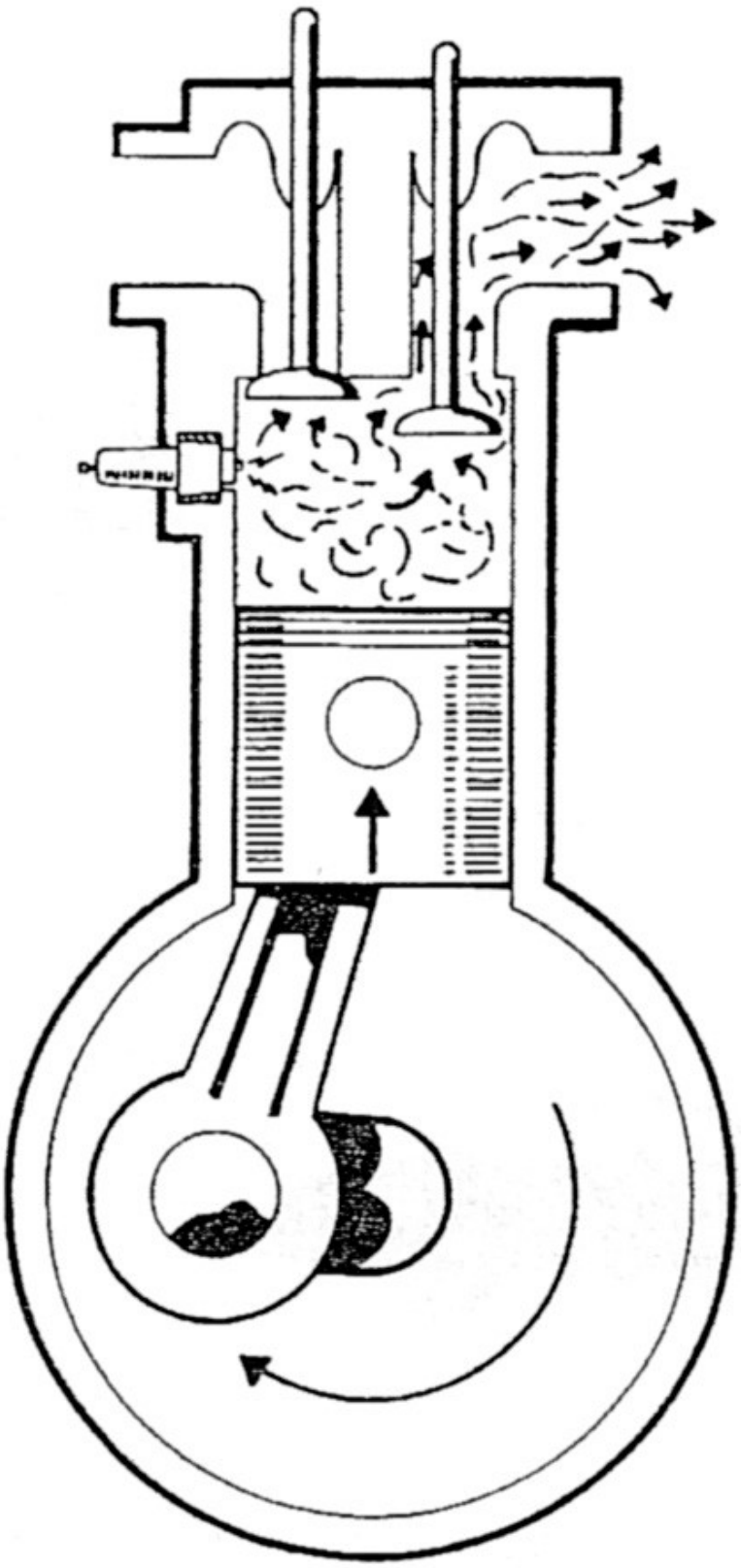

Fig.4. De afgewerkte gassen die de cilinder verlaten, hebben nog een hoge temperatuur. Deze warmte wordt via de uitlaat naar buiten afgevoerd.

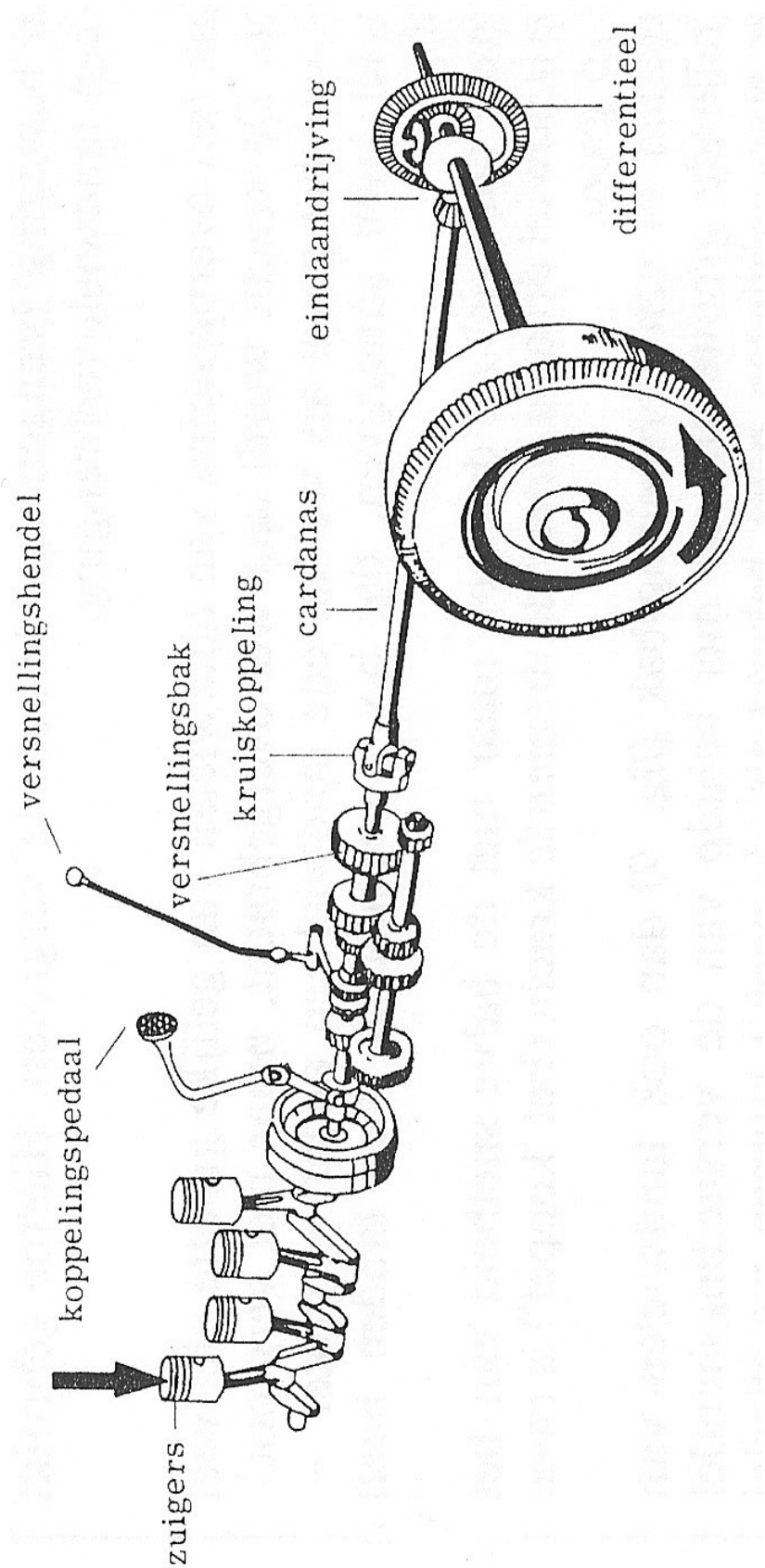

Fig.5. Van het motorvliegwiel af wordt de 'draaikracht' (meestal 'koppel' genoemd) via de transmissie naar de achterwielen overgebracht

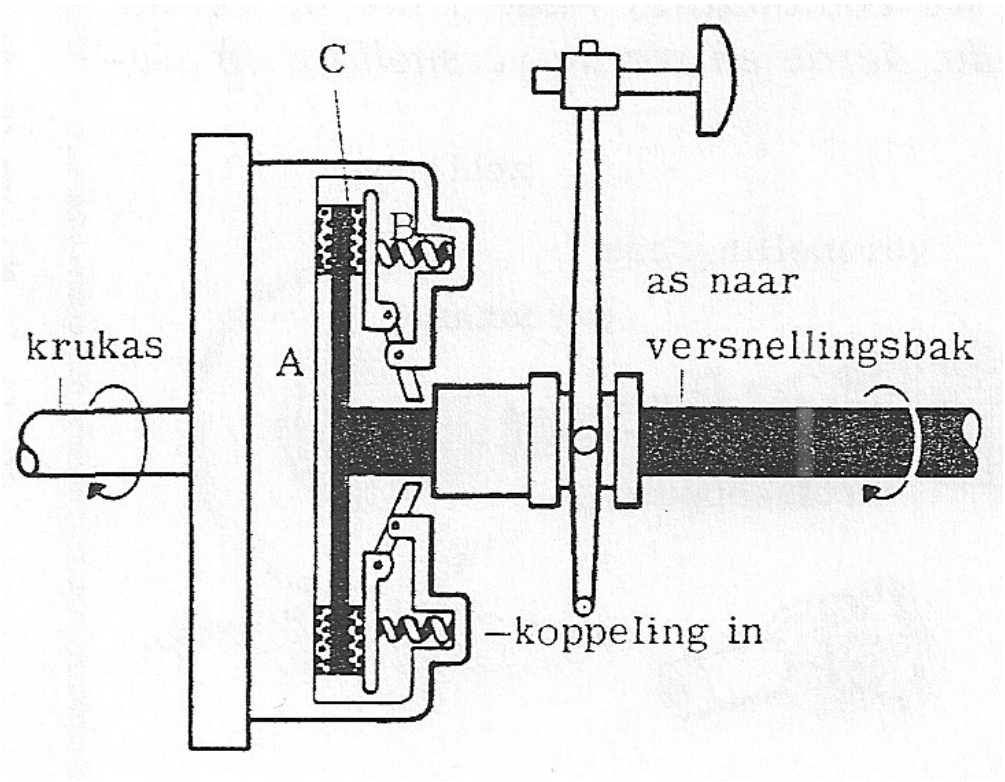

Fig.6. De koppelingsplaat met voeringen (C) wordt door de kracht van de veren tussen het vliegwiel (A) en de drukplaat (B) geklemd

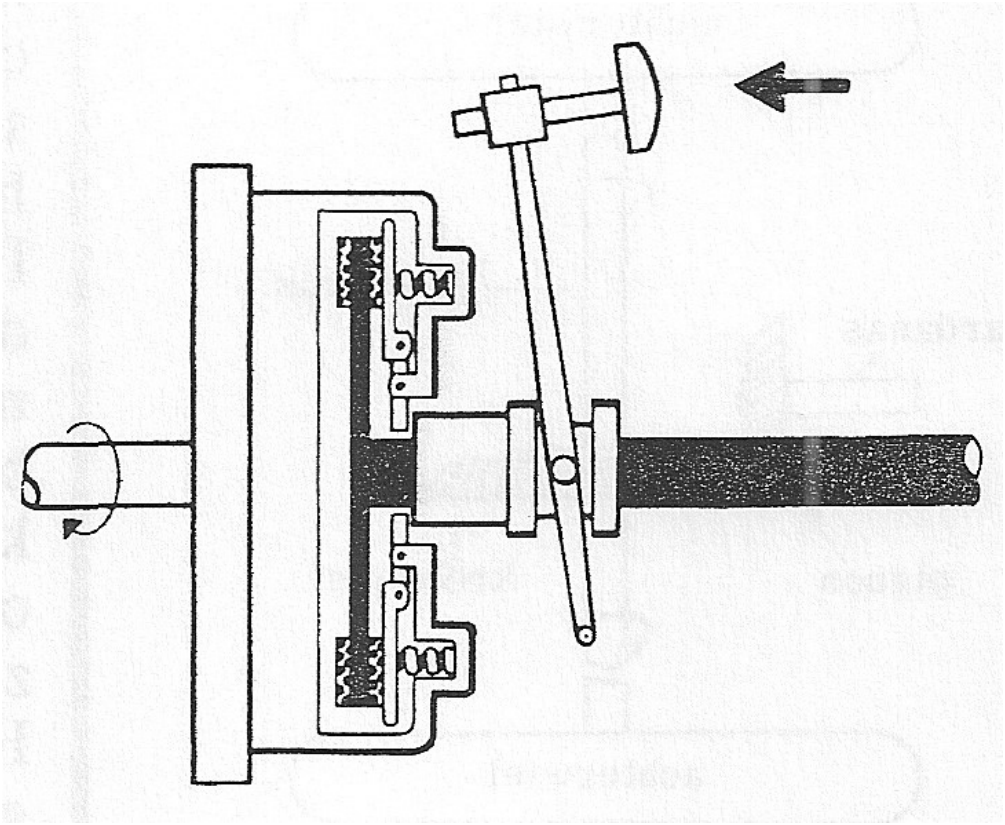

Fig.7. Bij het intrappen van het koppelingspedaal komt de koppelingsplaat vrij te liggen. Er kan geen kracht van motor naar versnellingsbak worden overgebracht.

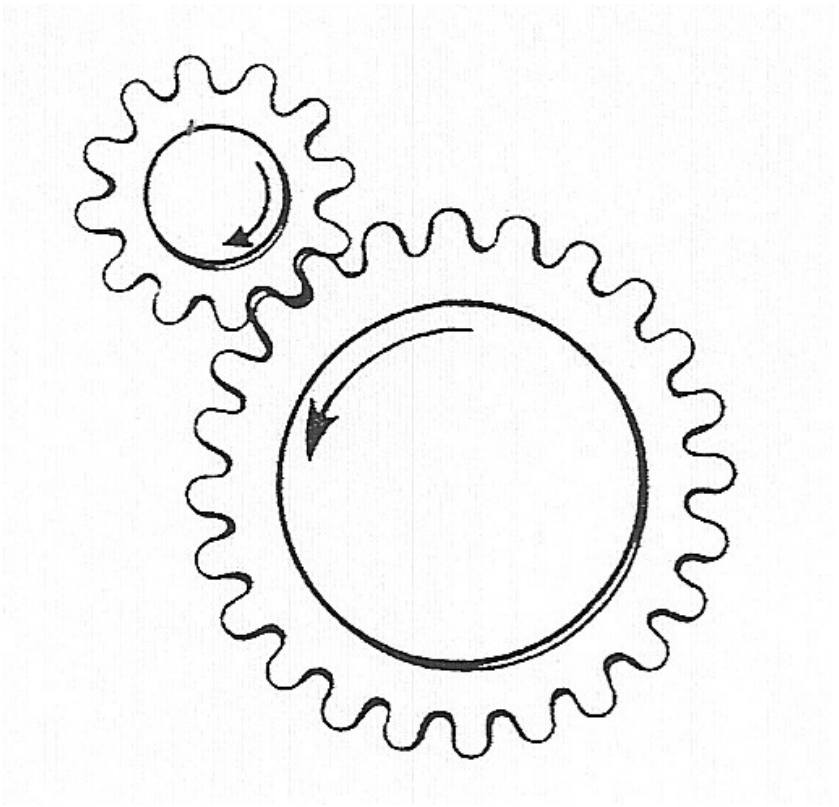

Fig.8. Een gedreven tandwiel heeft tweemaal zo veel tanden als het aandrijftandwiel. Gevolg: de snelheid wordt (met de helft) verminderd, maar de trekkracht (het koppel) wordt tweemaal vergroot.

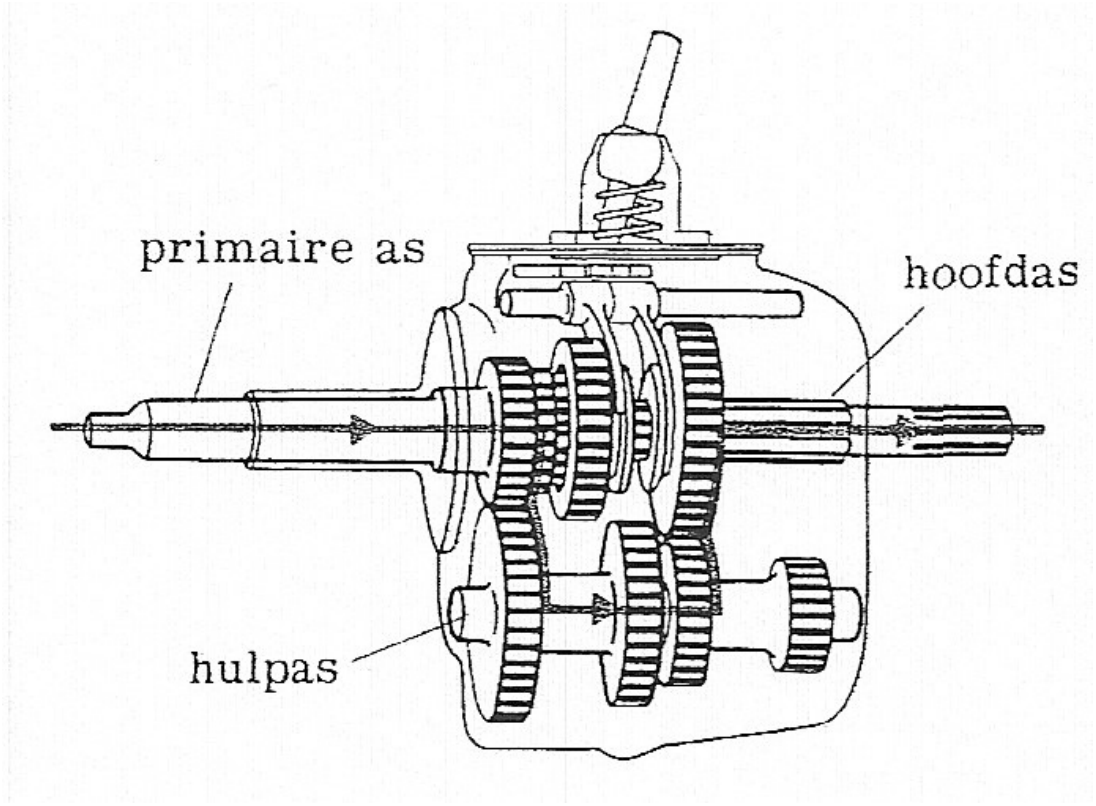

Fig.9. In een versnellingsbak treffen we tandwielen van verschillende grootte aan, waarmee we combinaties maken die de eerste, tweede, derde en vierde versnelling opleveren.

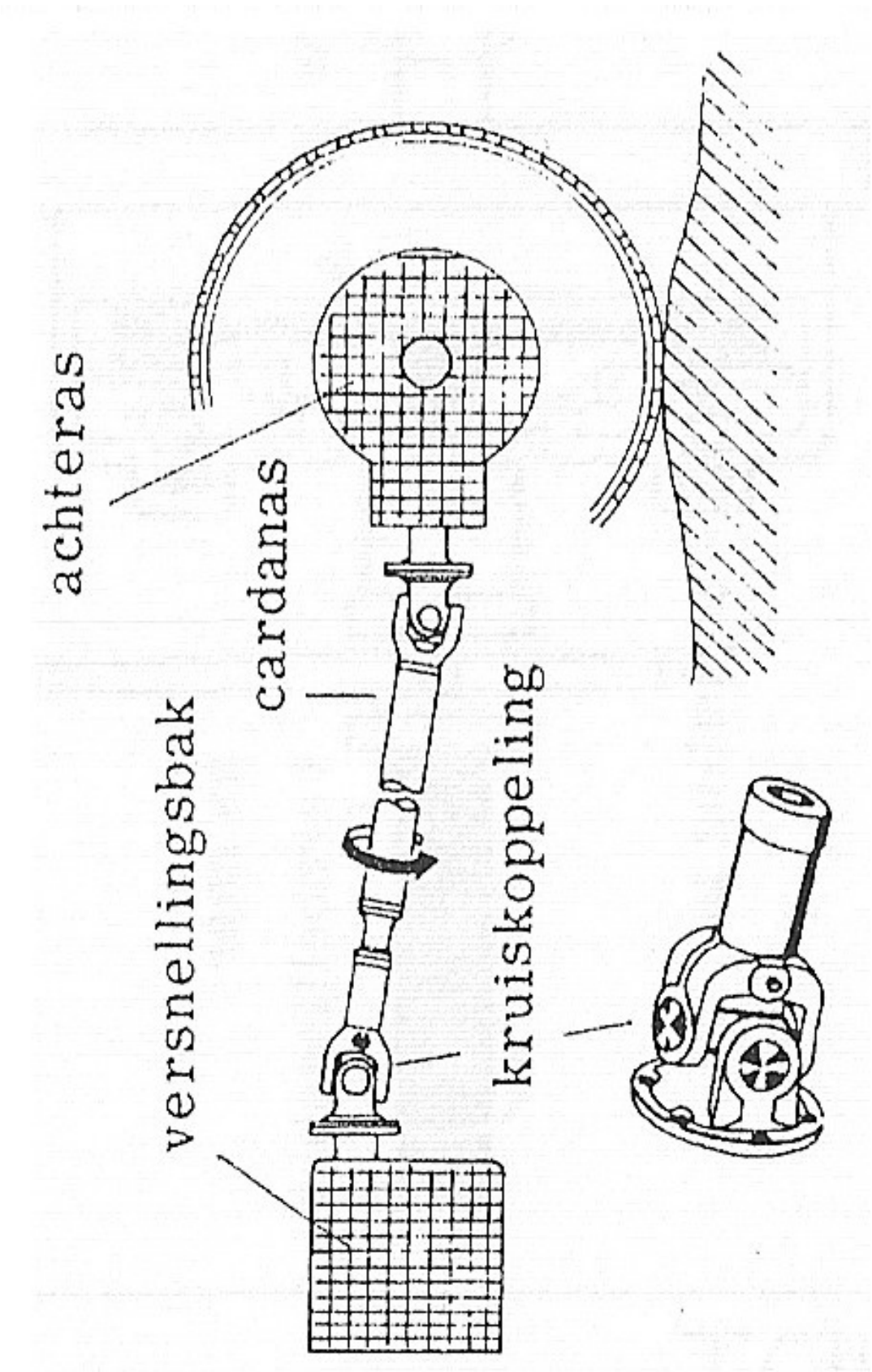

Fig.10. De achteras moet met de oneffenheden van het wegdek op en neer kunnen veren, terwijl de versnellingsbak min of meer star in de wagen is bevestigd. Daarom worden een of meer kruiskoppelingen toegepast

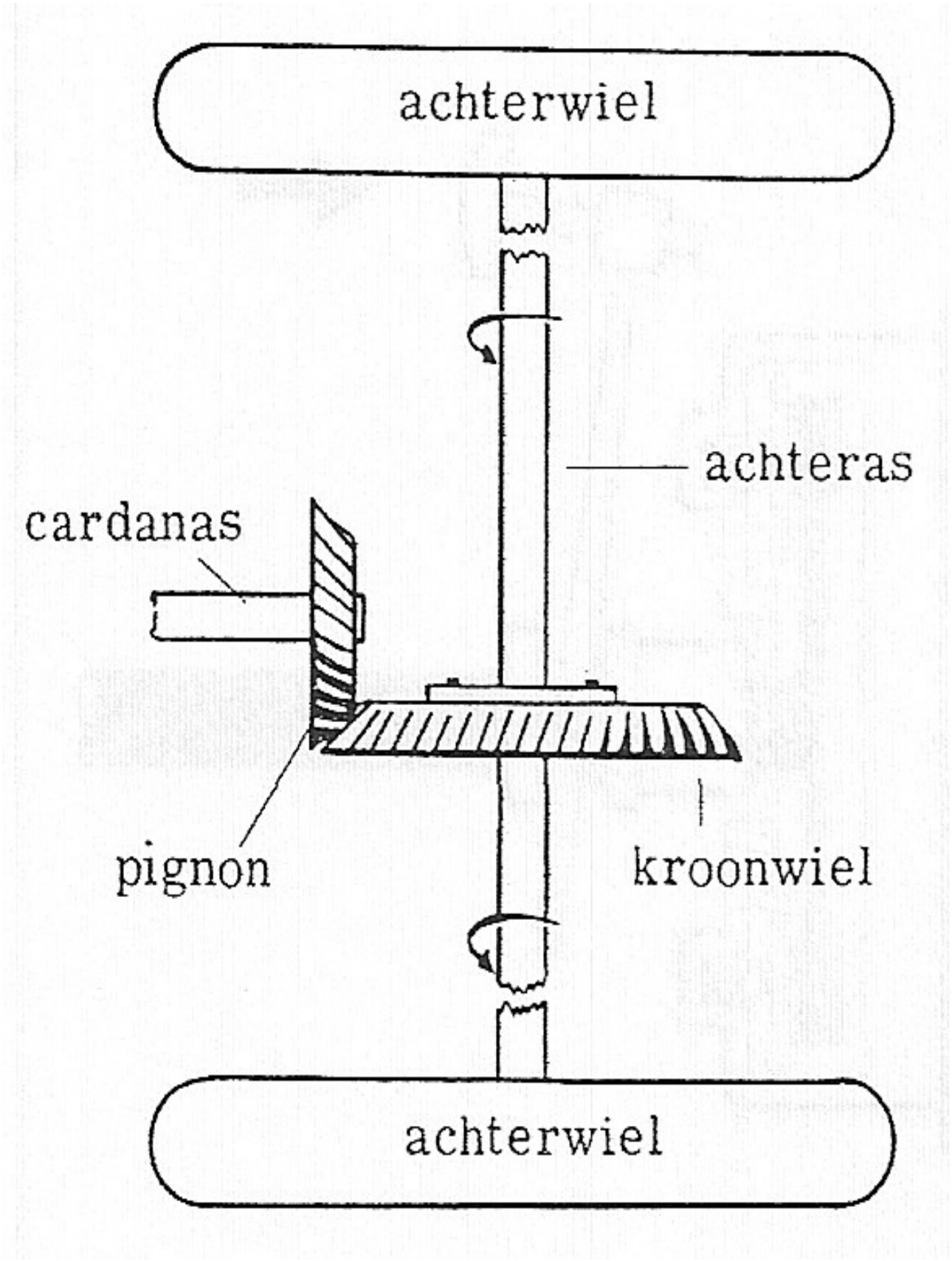

Fig.11. De haakse overbrenging wordt verkregen door middel van een stel kegeltandwielen die het pignon en het kroonwiel worden genoemd.

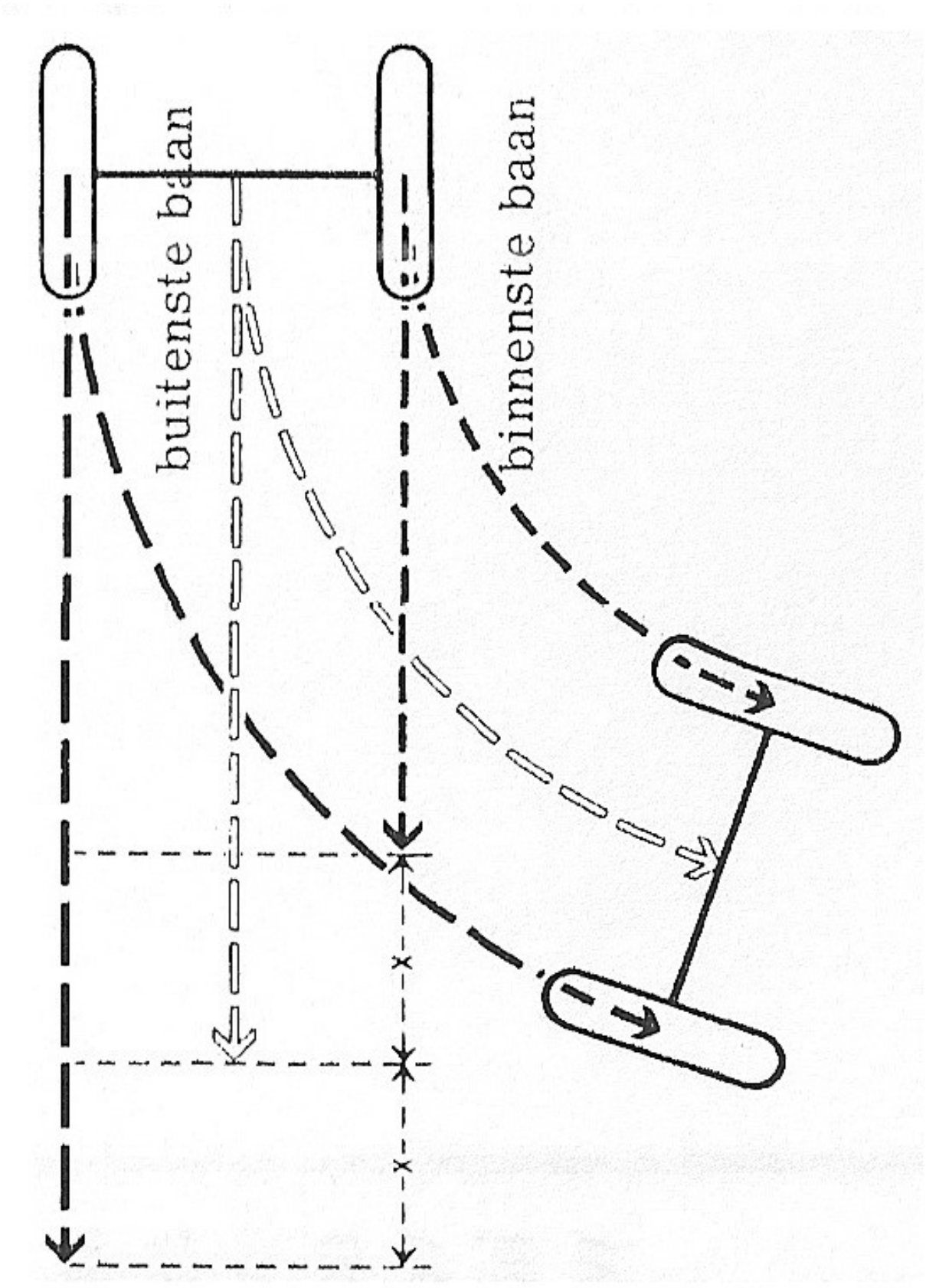

Fig.12. In een bocht legt het ene wiel een grotere afstand af dan het andere wiel

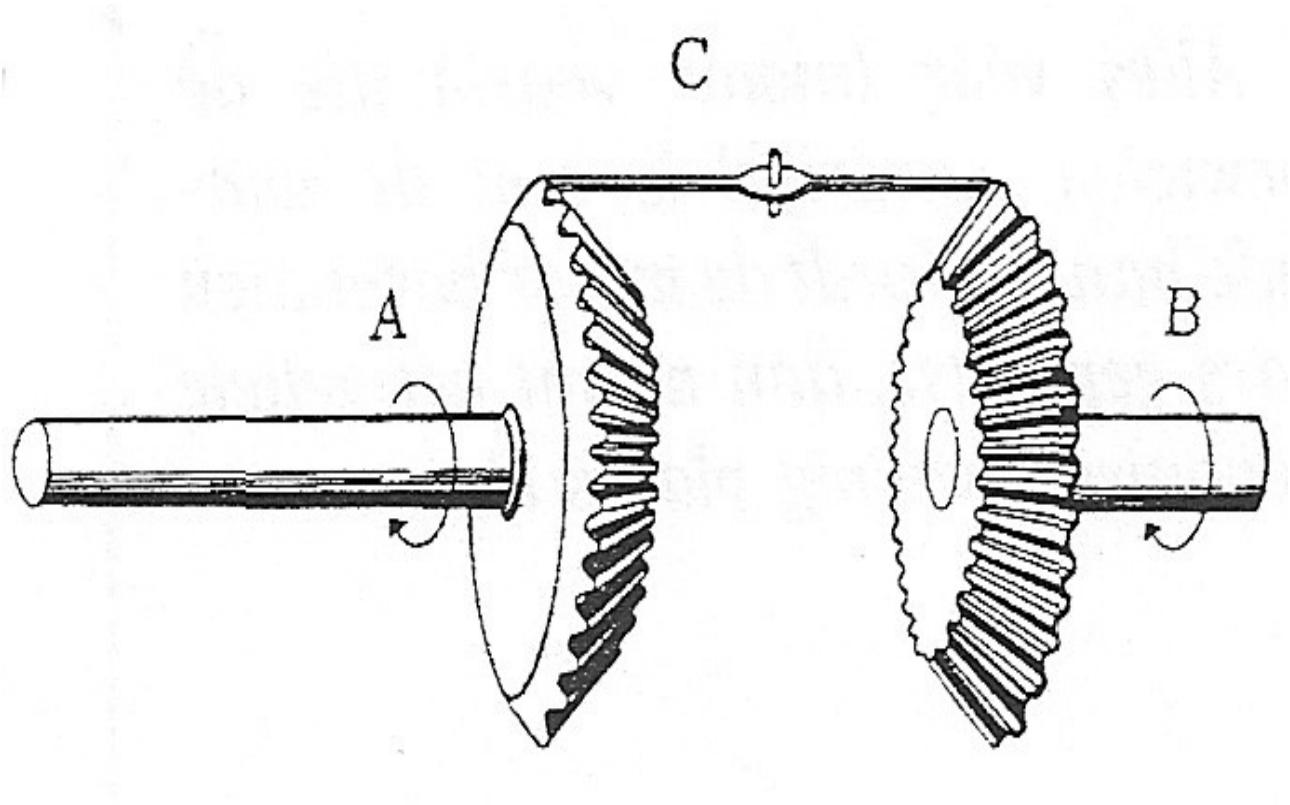

Fig.13. Principe van een differentieel: beide astandwielen draaien even snel; stand C blijft recht

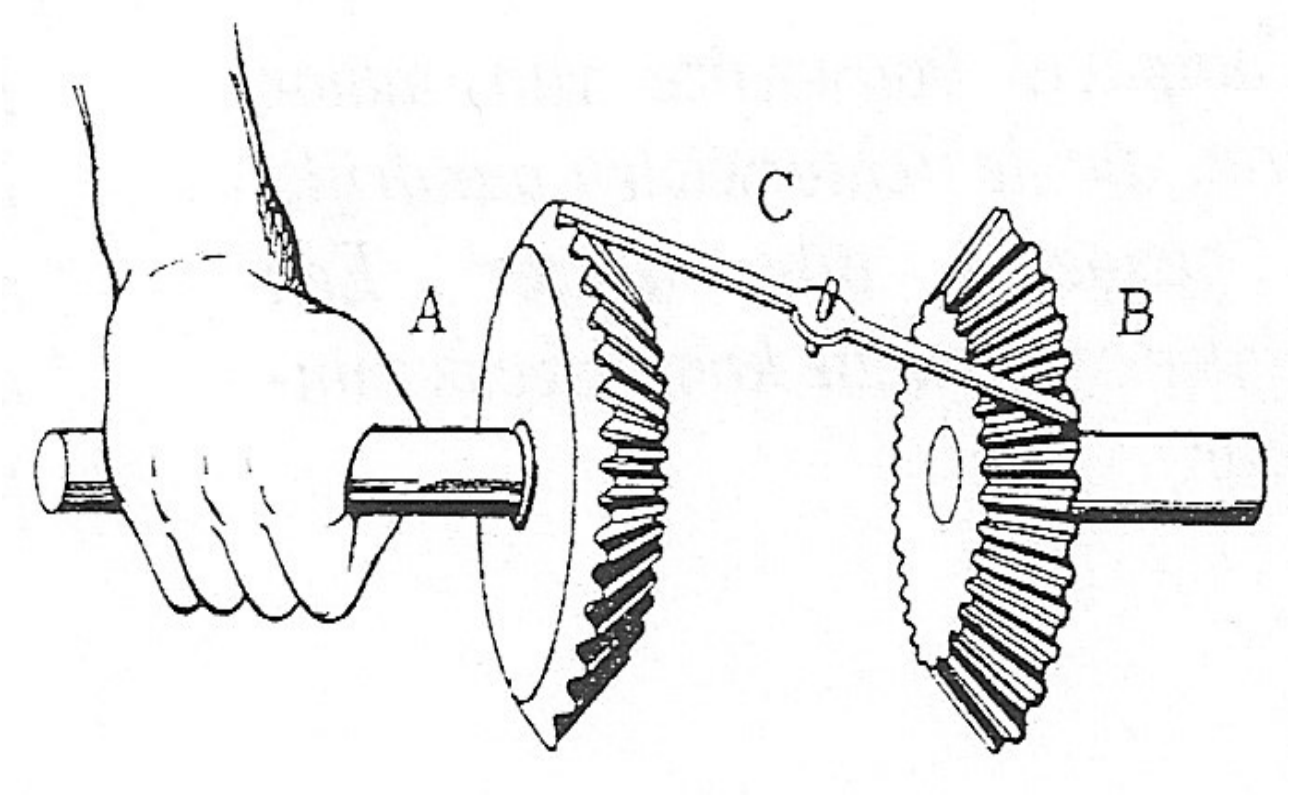

Fig.14. Tandwiel A wordt tegengehouden en gaat trager. De stang verdraait zich en versnelt het tandwiel B

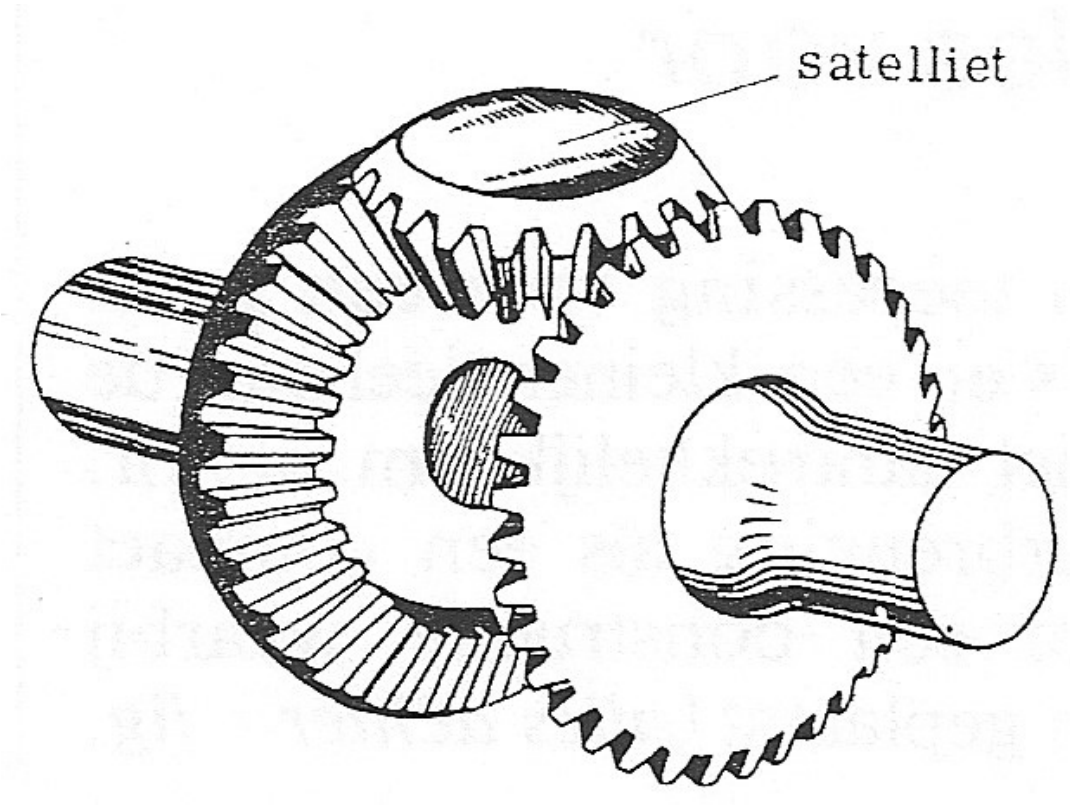

Fig.15. Stang C wordt vervangen door een derde tandwiel, satelliet genoemd

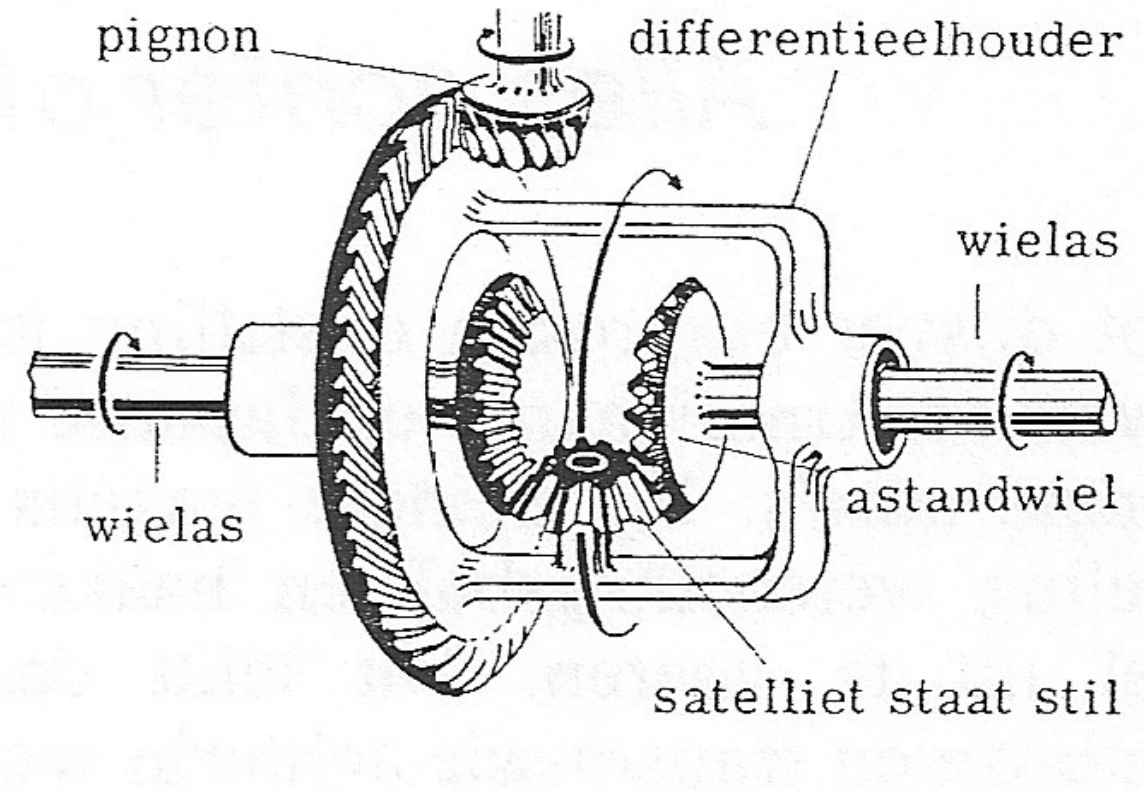

Fig.16. De satelliet is bevestigd aan de differentieelhouder, die op zijn beurt aan het kroonwiel is bevestigd

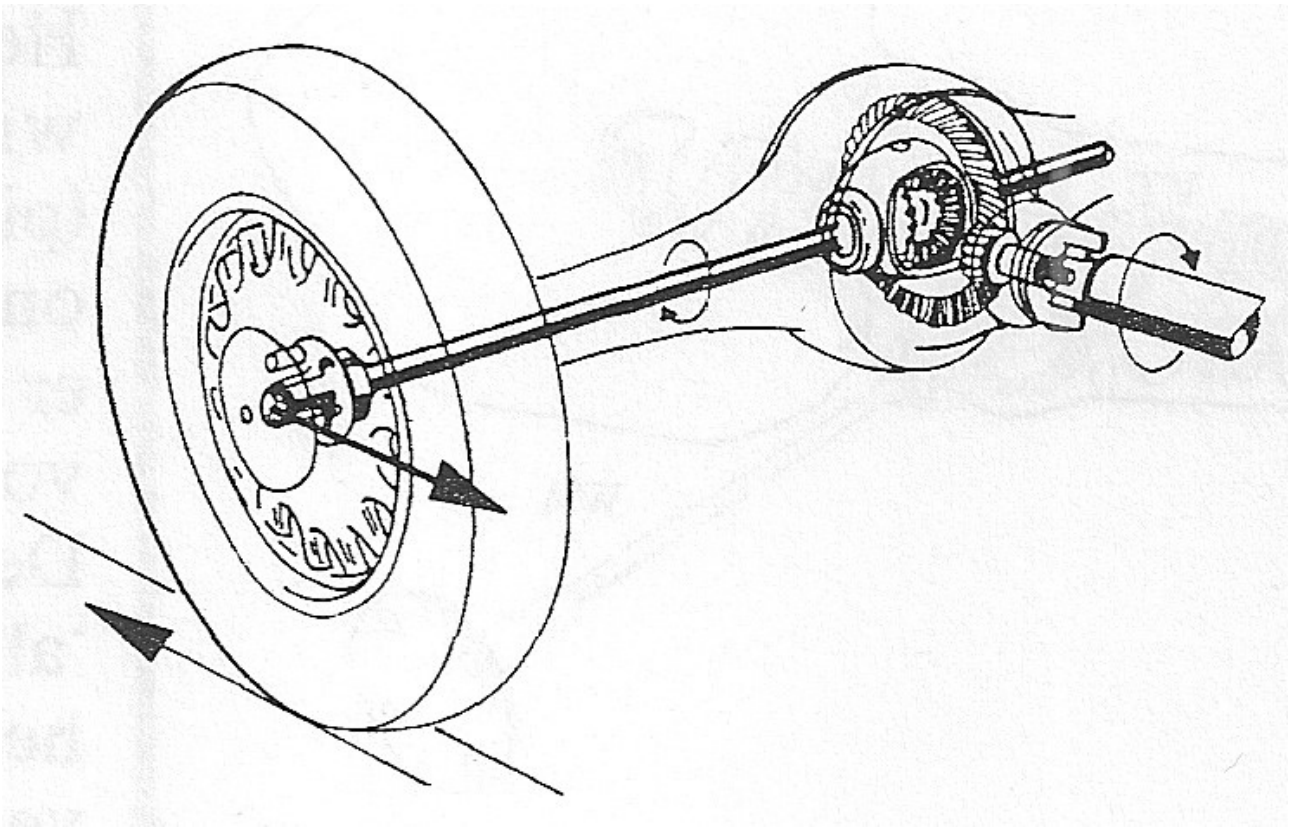

Fig.17. De wielas drijft het wiel aan en stuwt de auto voort

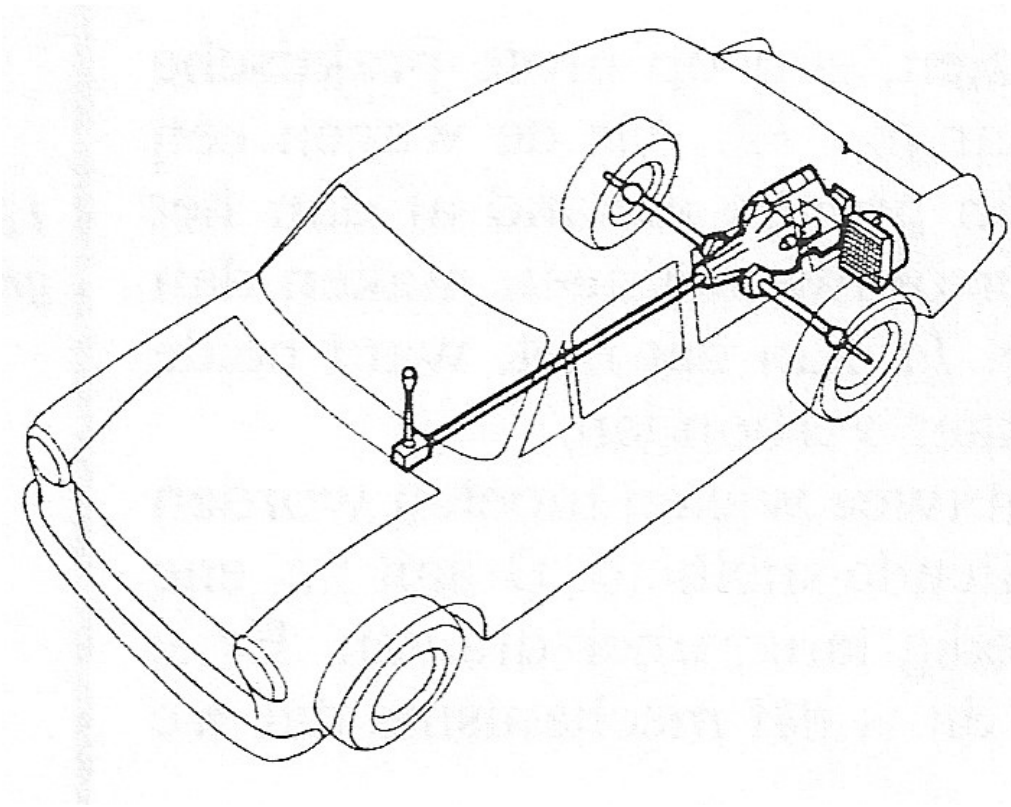

Fig.18. Compacte bouwwijze van motor achterin, die de achterwielen aandrijft. Vaak genoemd naar 'alles achter'. Een dergelijke constructie komt steeds minder voor.

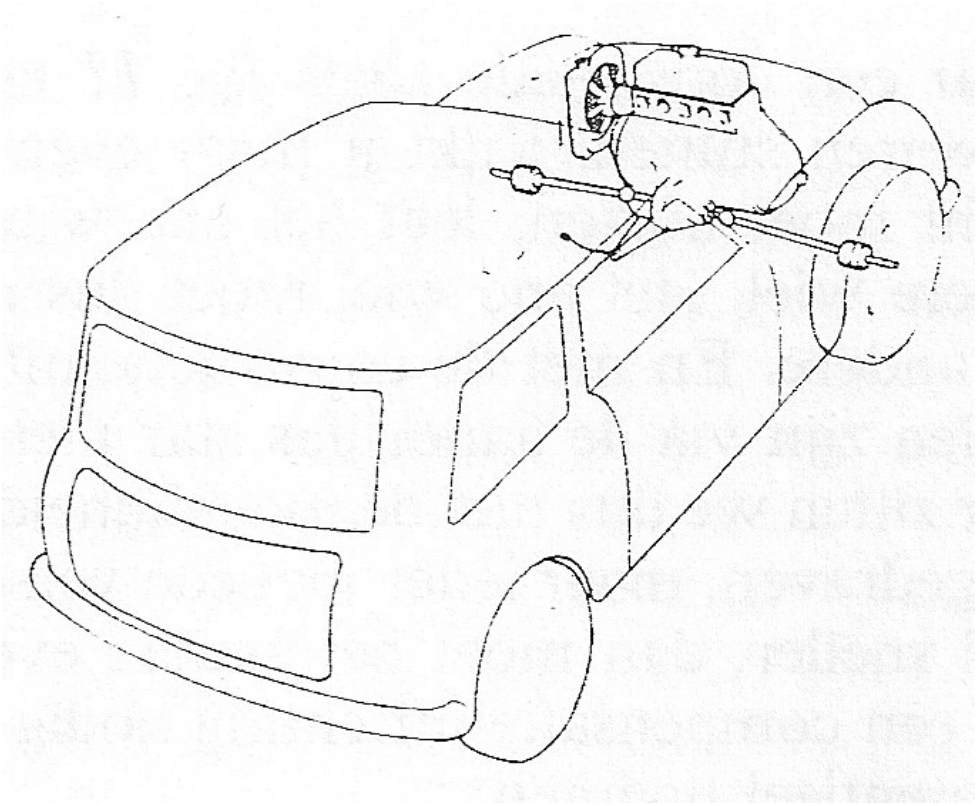

Fig.19. Alles voor (motor voorin die de voorwielen aandrijft) is aan de winnende hand. Wordt de motor bovendien dwars geplaatst, dan neemt het gehele mechanisme weinig plaats in.

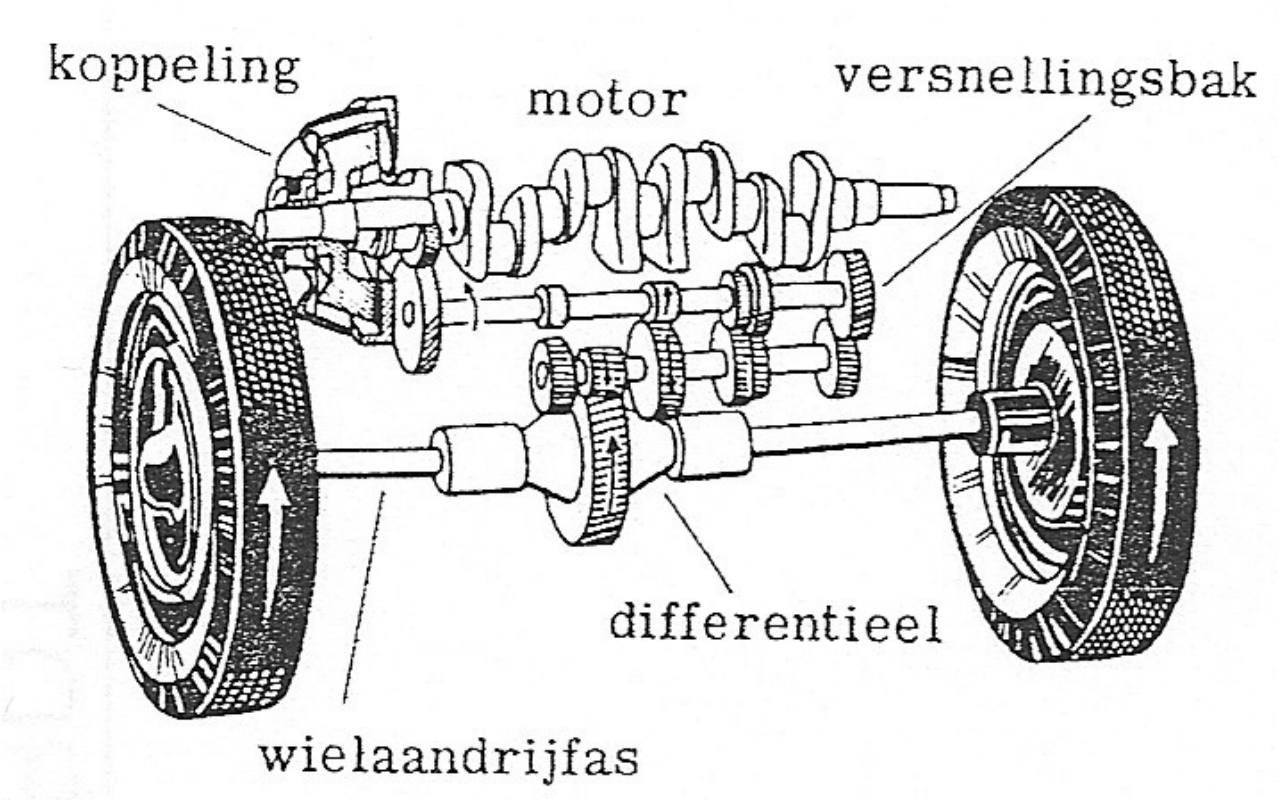

Fig.20. Bij een dwarsgeplaatste motor is geen haakse overbrenging nodig en pignon en kroonwiel zijn dus rechte tandwielen. Het kroonwielhuis omvat het differentieel.

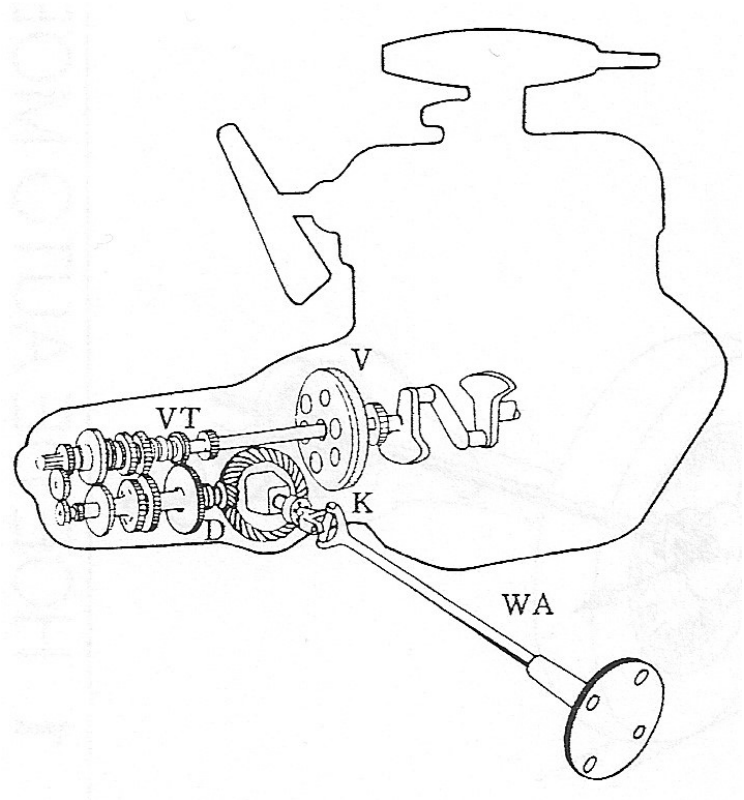

Fig.21. Voorwielaandrijving met in lengterichting geplaatste motor.

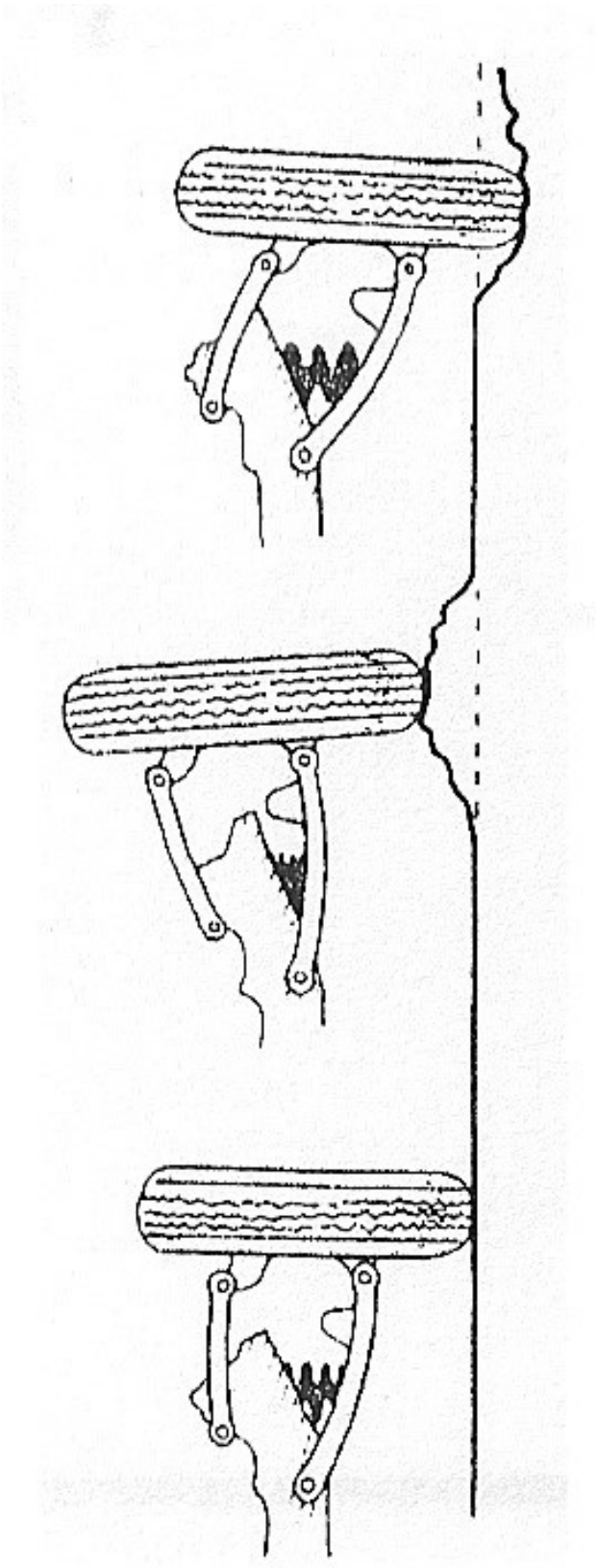

Fig.22. Een veer - in dit geval een schroefveer - moet de oneffenheden van het wegdek absorberen.

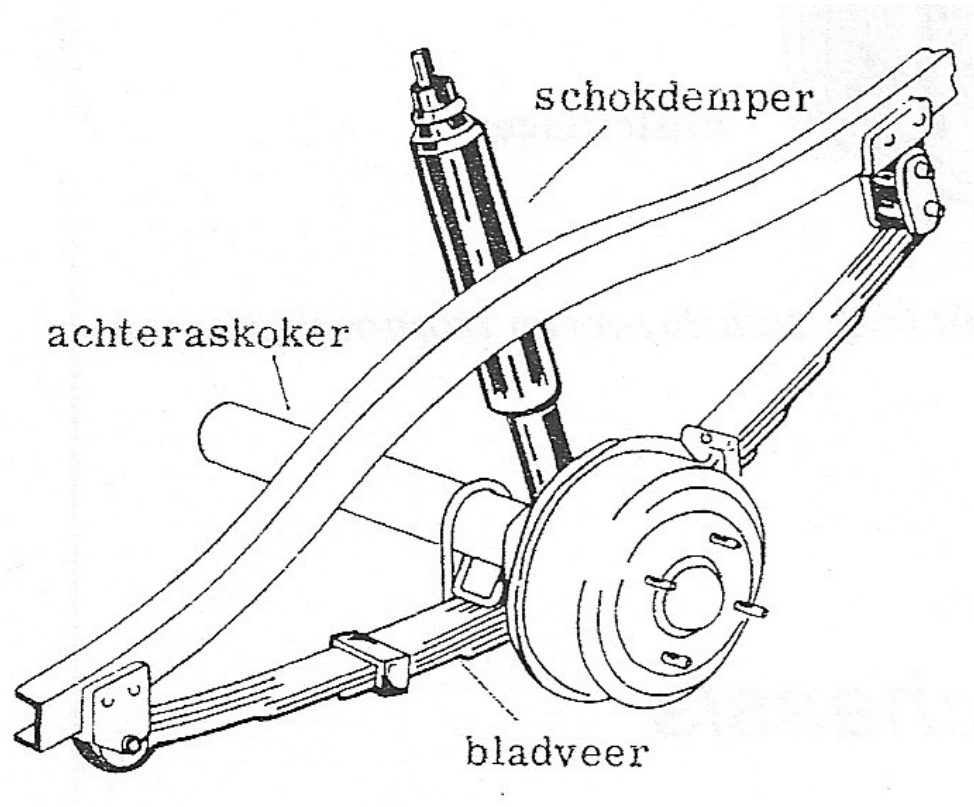

Fig.23. Op sommige auto's komt men nog bladveren tegen.

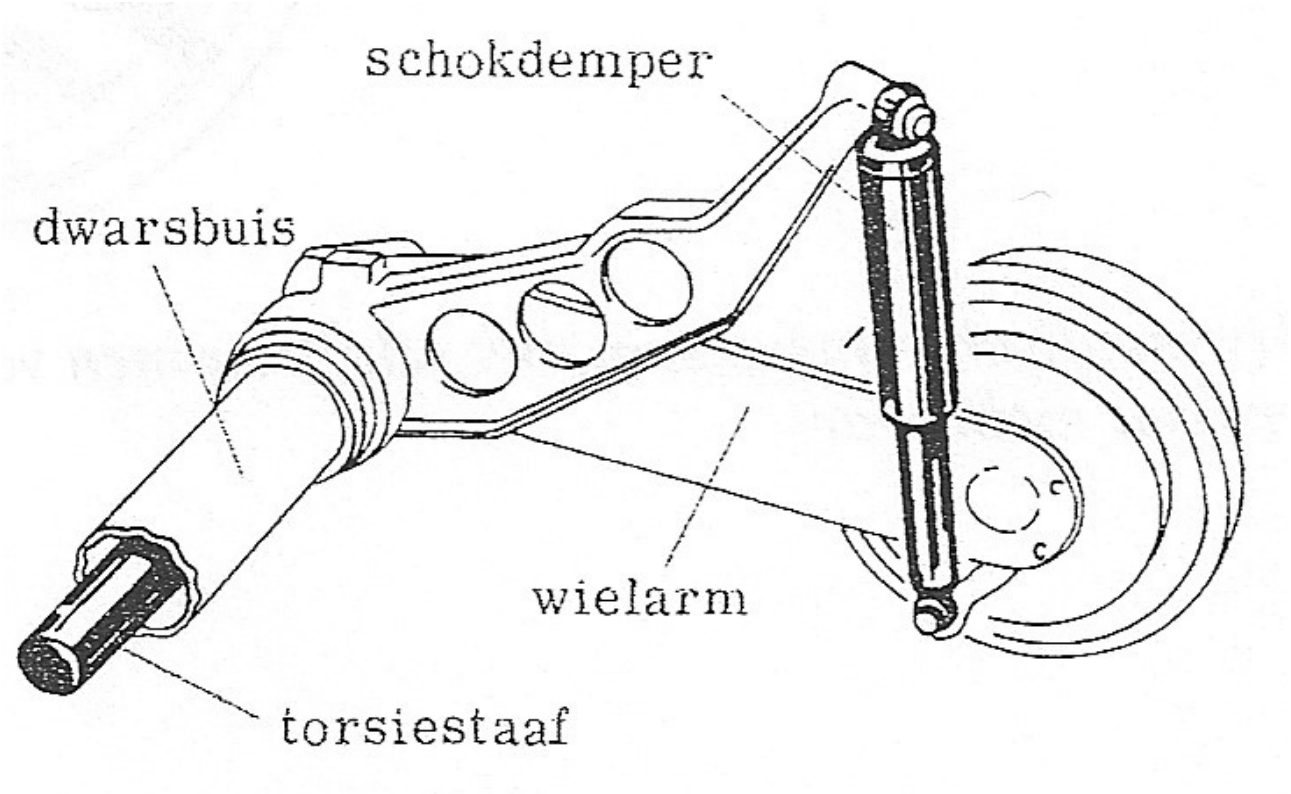

Fig.24. De torsieveer is een staaf die door de wielarm wordt 'opgewonden' en daarna terugveert.

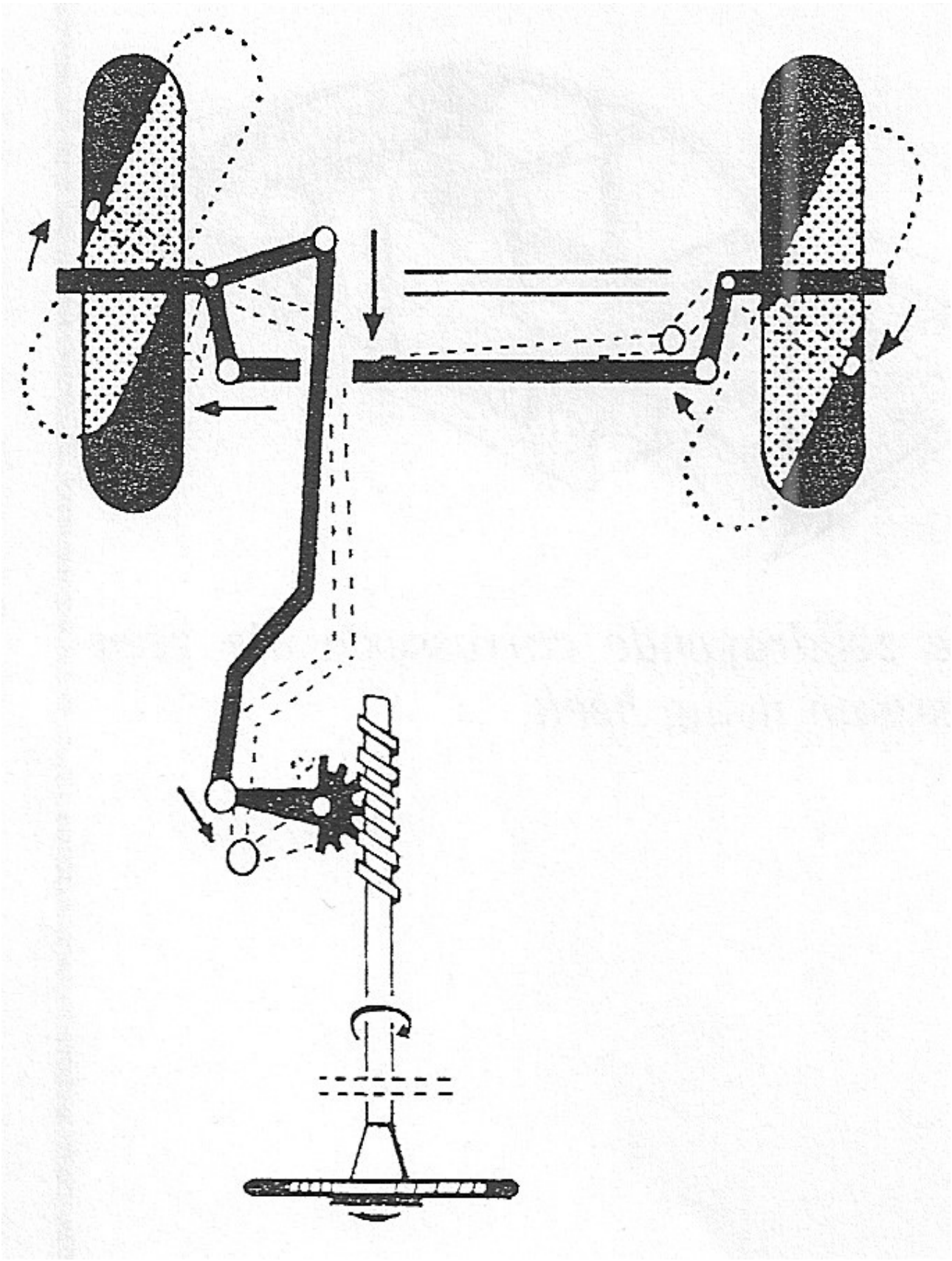

Fig.25. Schema van een stuurinrichting

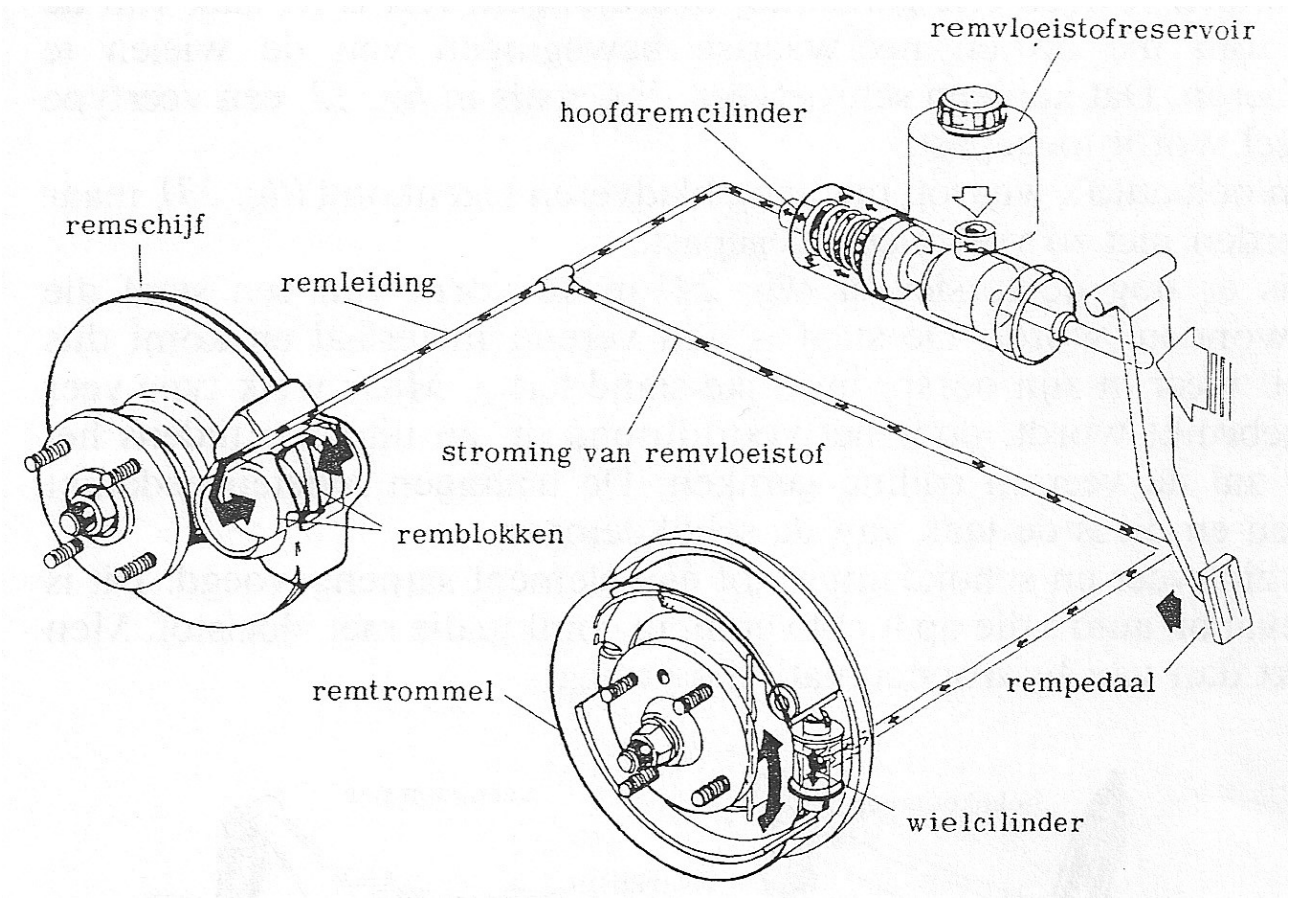

Fig.26. Hydraulisch remsysteem met schijfremmen voor (één zichtbaar) en trommelremmen achter (één zichtbaar).

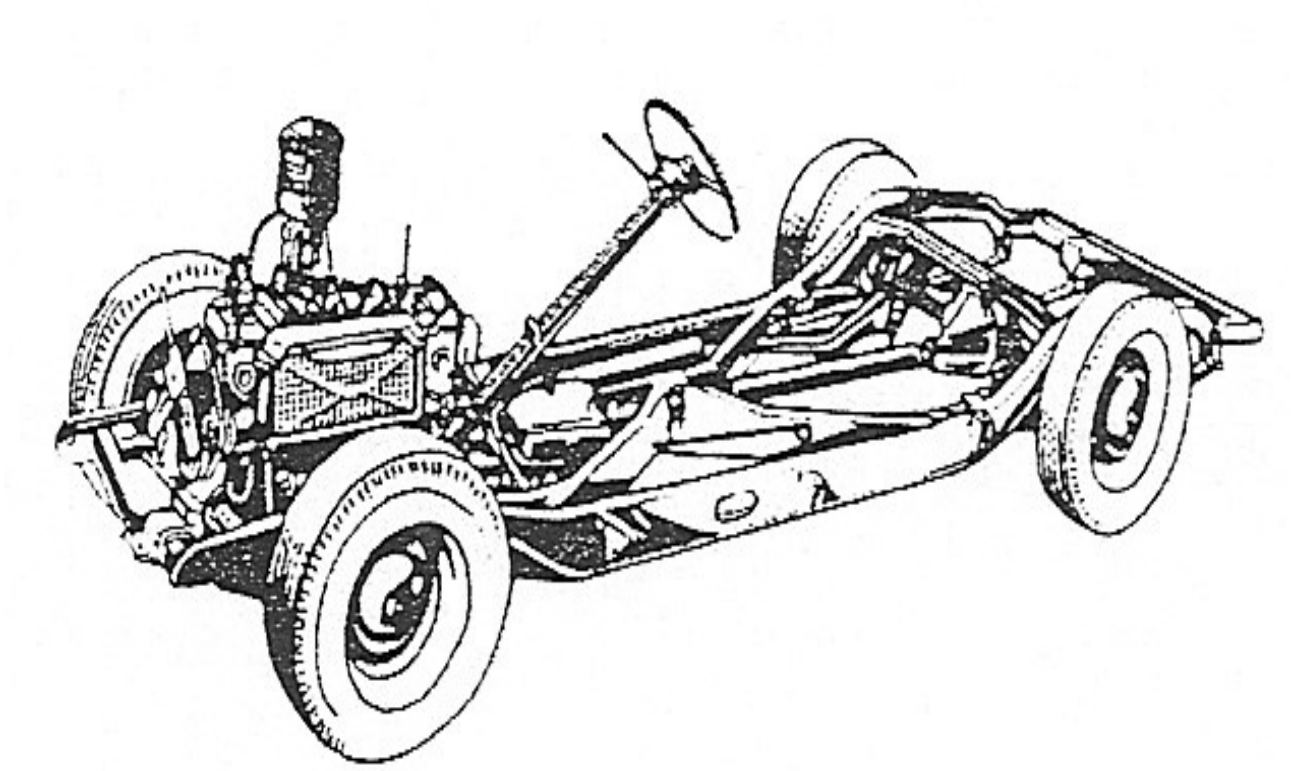

Fig.27. Chassisraam waarop en waaraan vroeger de hoofdonderdelen werden bevestigd.

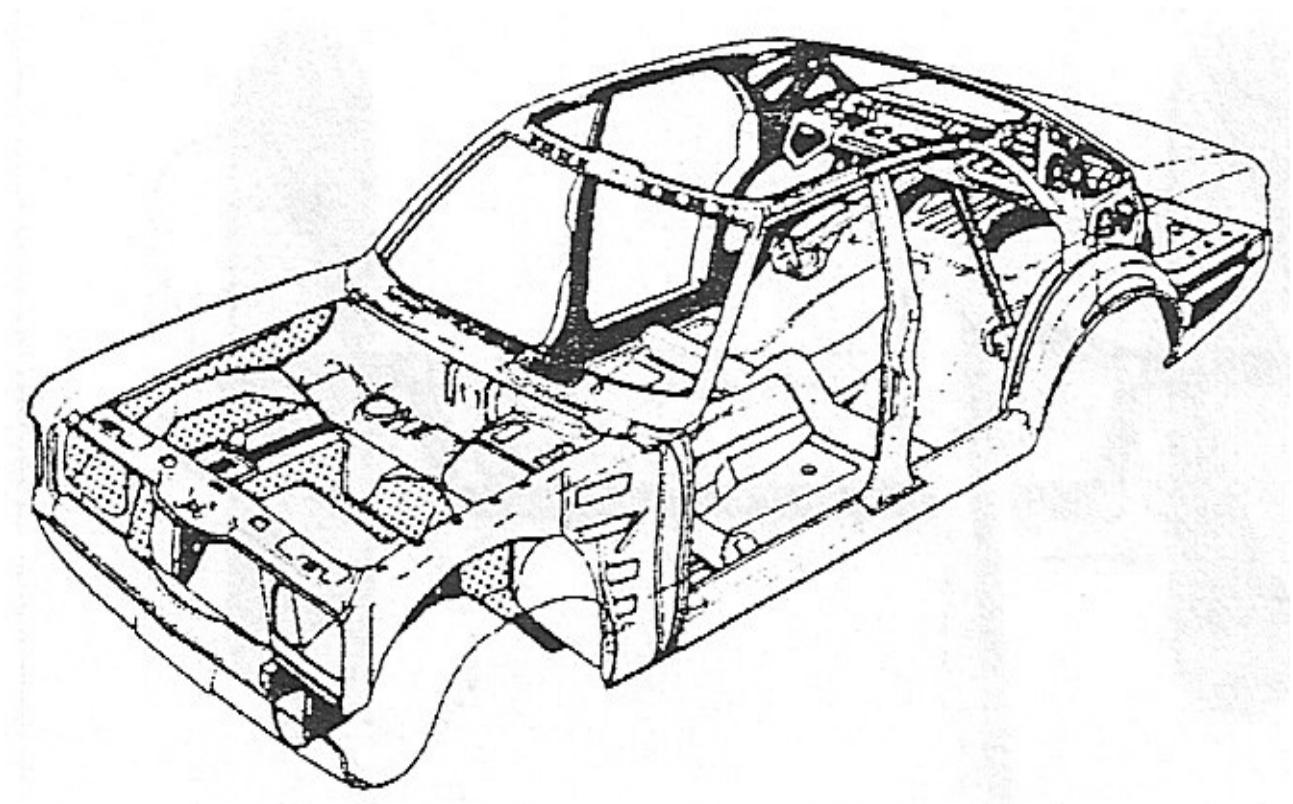

Fig.28. De zelfdragende carrosserie die geen chassisraam nodig heeft.

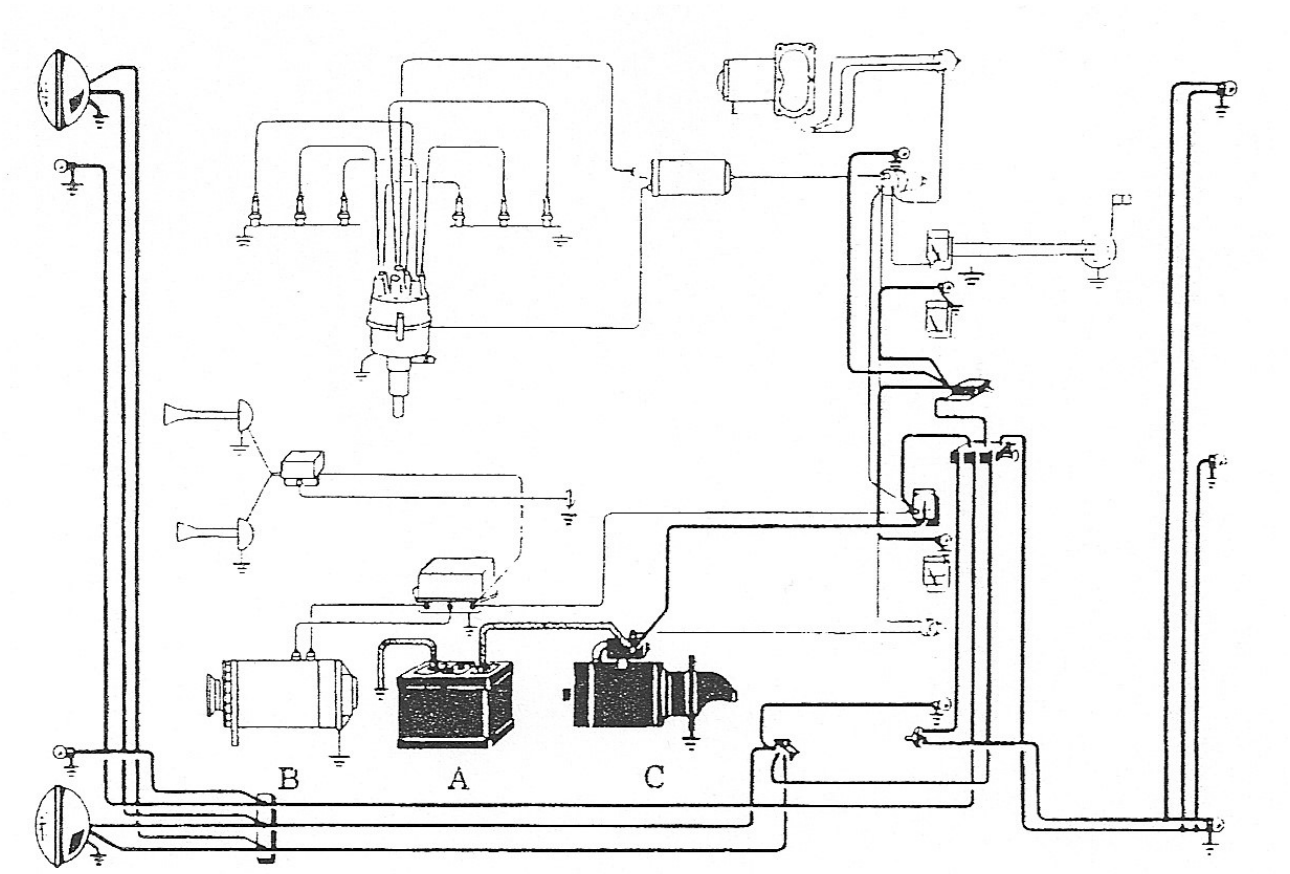

Fig.29. De elektrische installatie met accu (A) en de dynamo of alternator (B) die ieder een stroombron vormen. Verder talrijke stroomverbruikers met o.a. de startmotor (C)

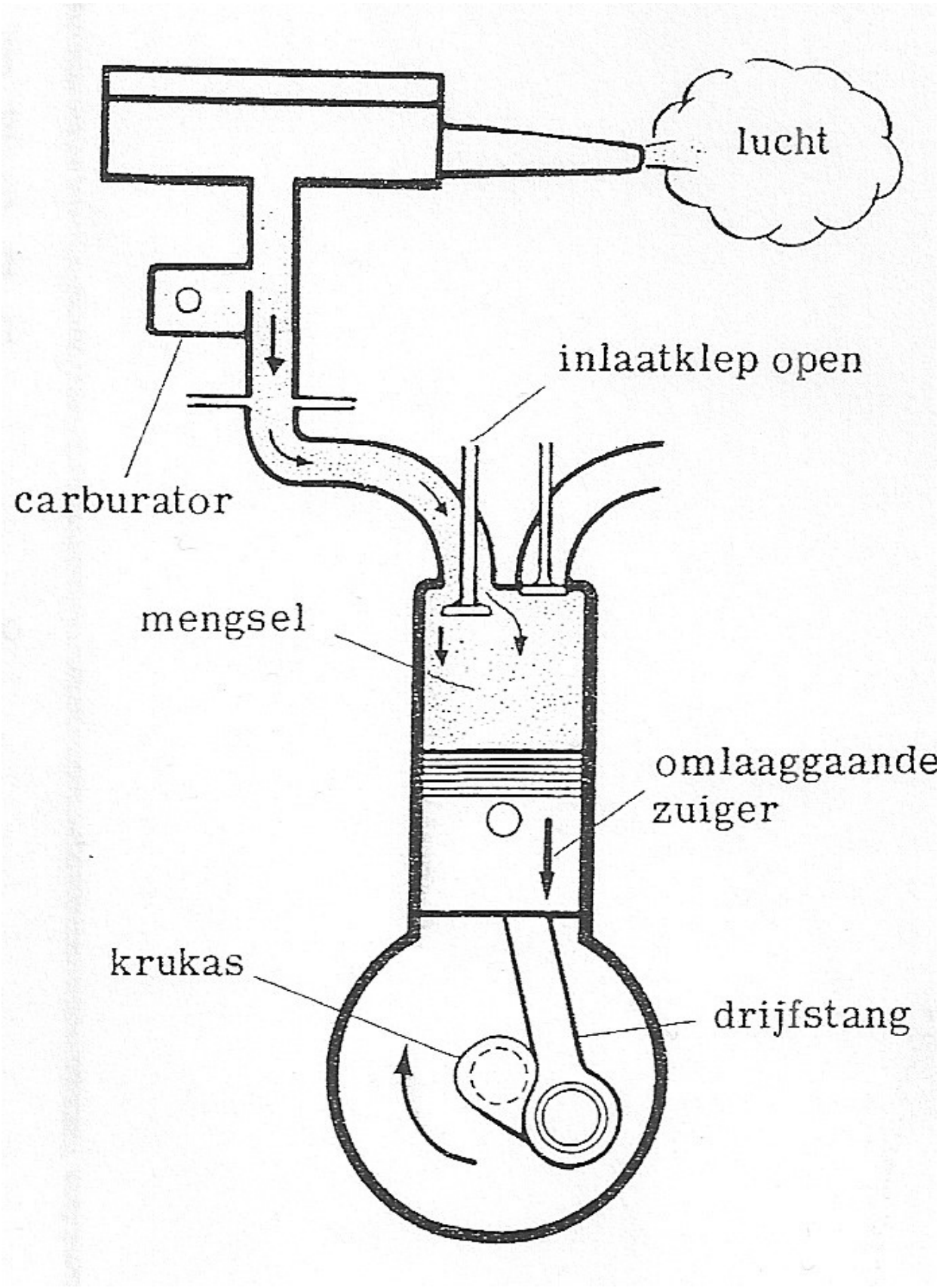

Fig.30. De eerste slag van het vierslag- of viertaktproces. De cilinder wordt gevuld met een brandbaar mengsel.

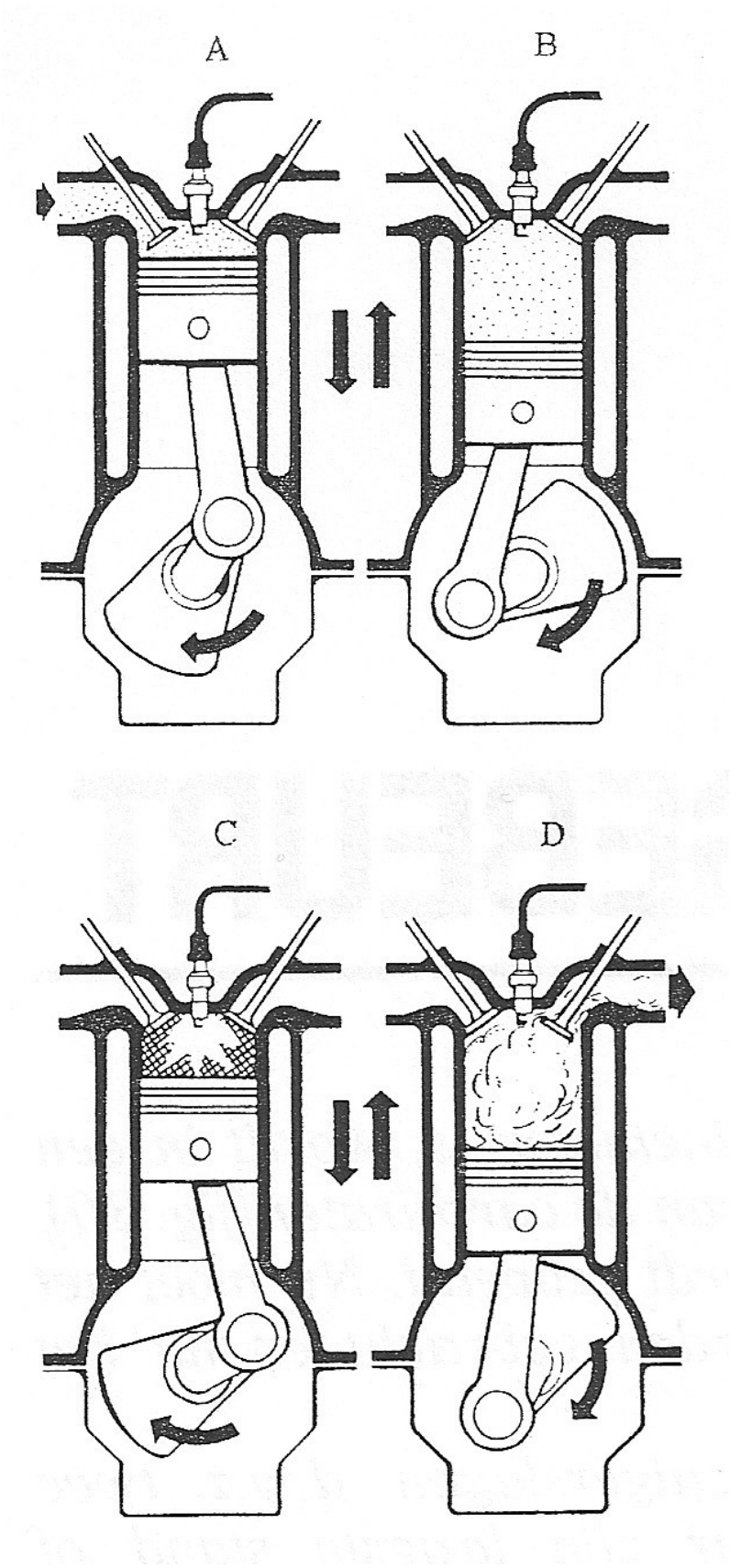

Fig.31. De volgorde van de vier zuiger-slagen:
A - inlaatslag
B - compressieslag
C - werkslag
D - uitlaatslag

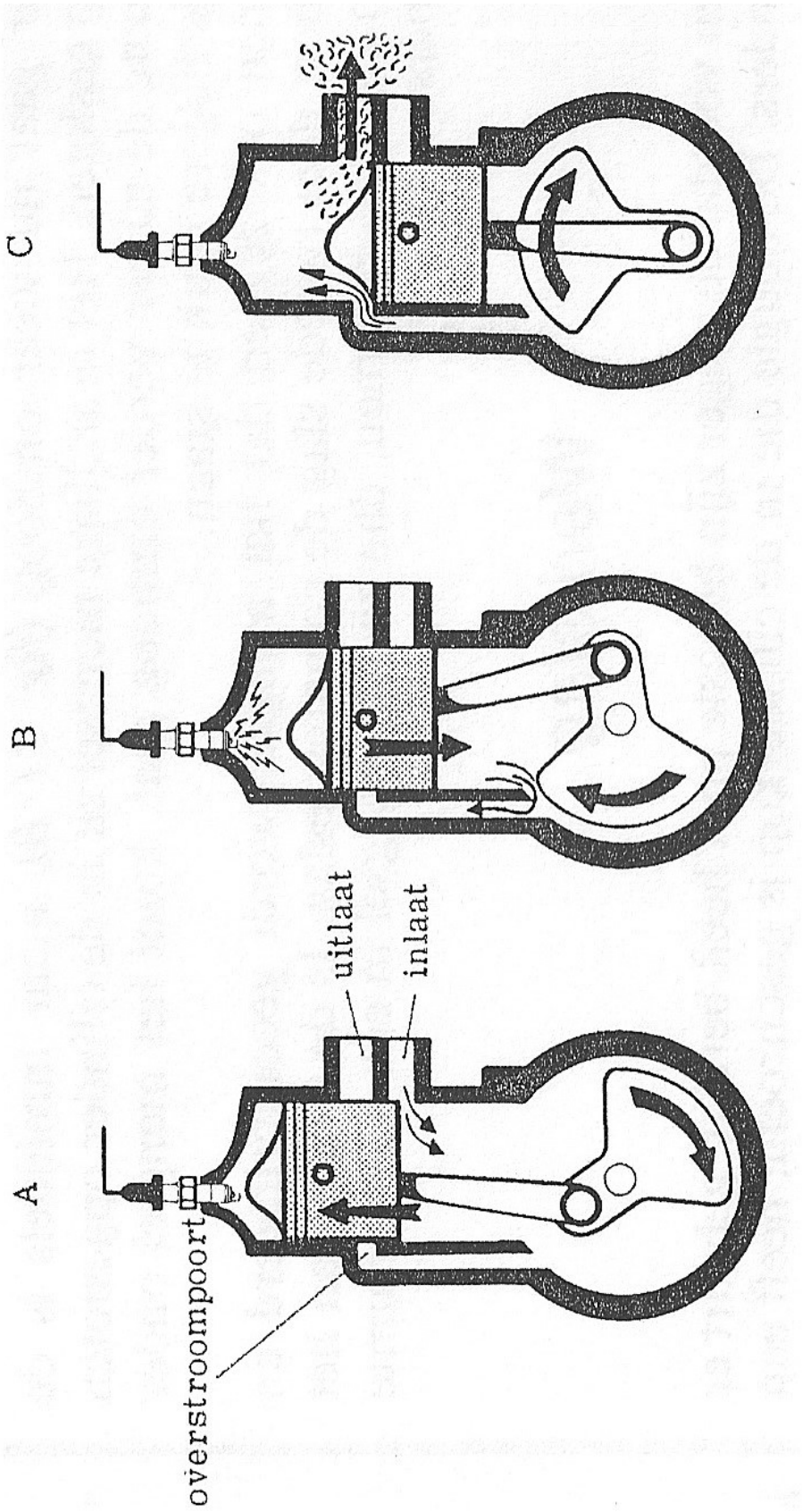

Fig.32. De eenvoudige tweeslagmotor met poorten in plaats van kleppen.

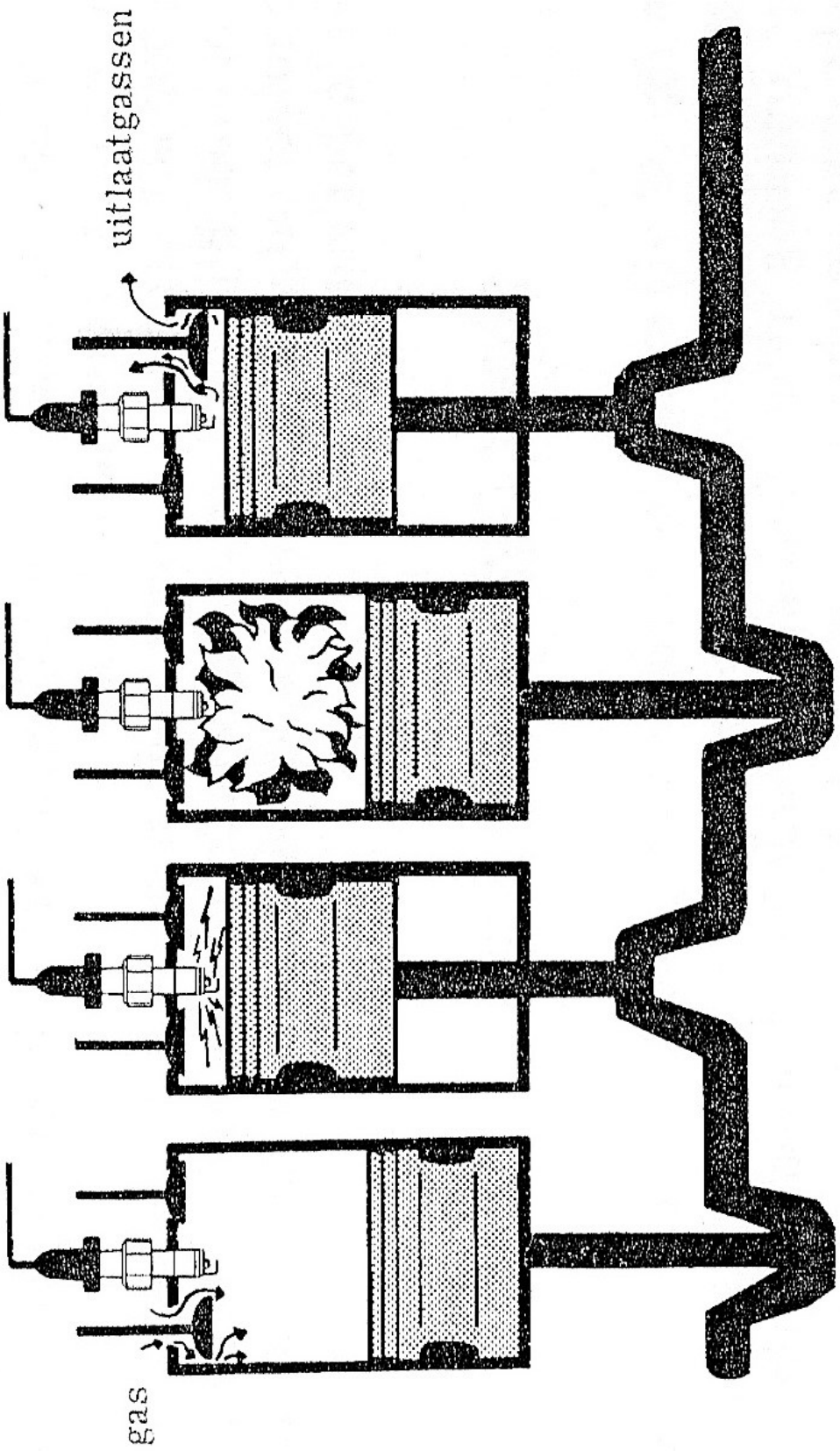

Fig.33. Bij een viercilinder motor is in elke cilinder steeds een ander deel van het vierslagproces aan de gang.

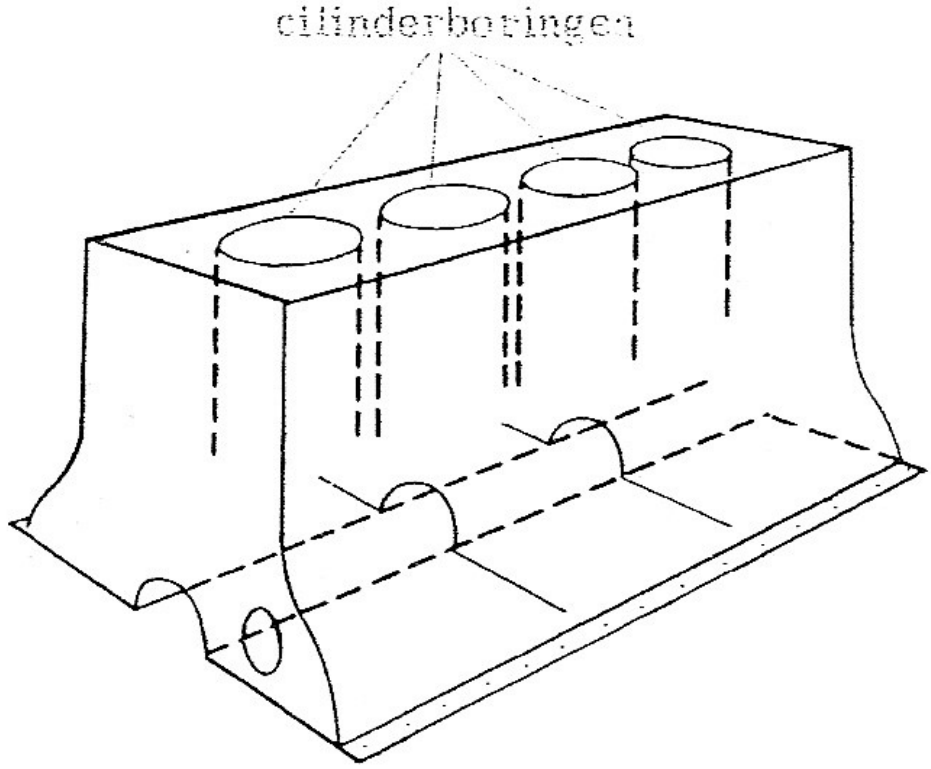

Fig.34. Cilinders zijn gaten geboord in een blok gietijzer of aluminium.

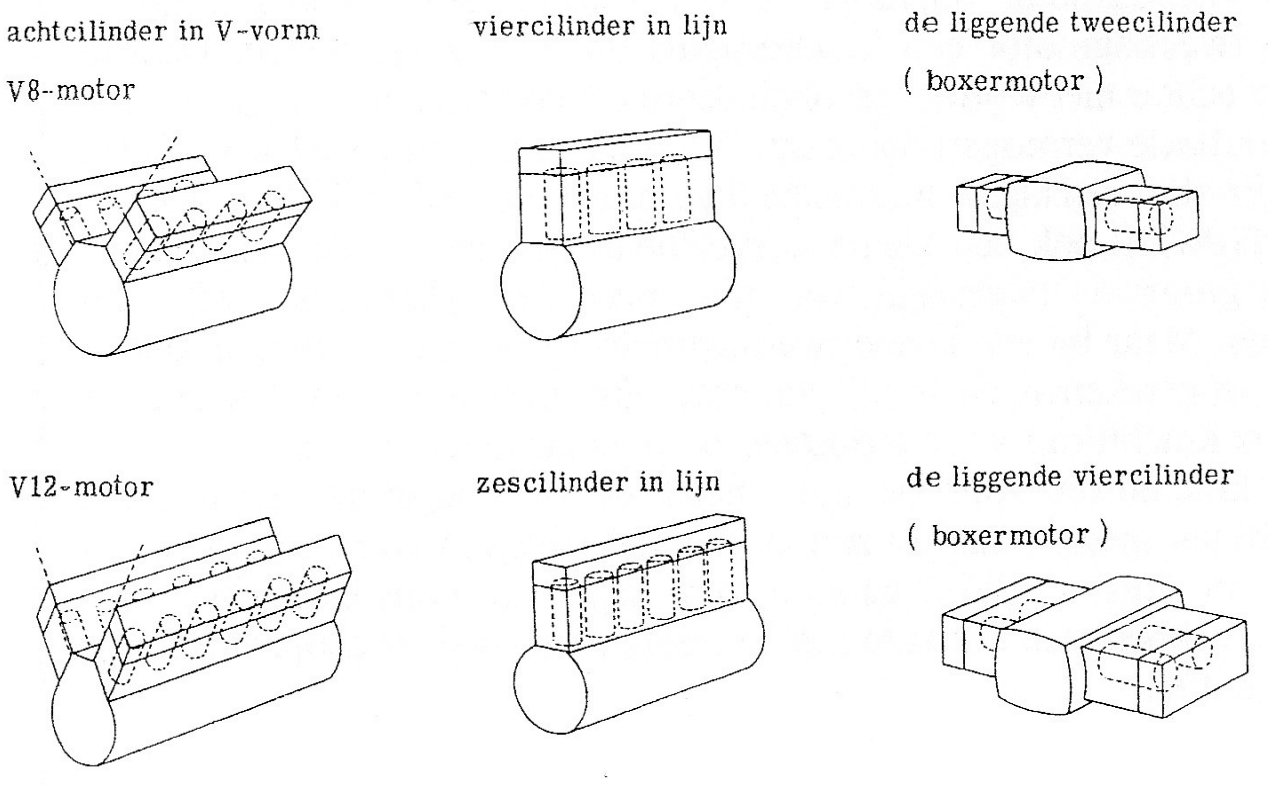

Fig.35. Diverse mogelijkheden om de cilinders op te stellen.

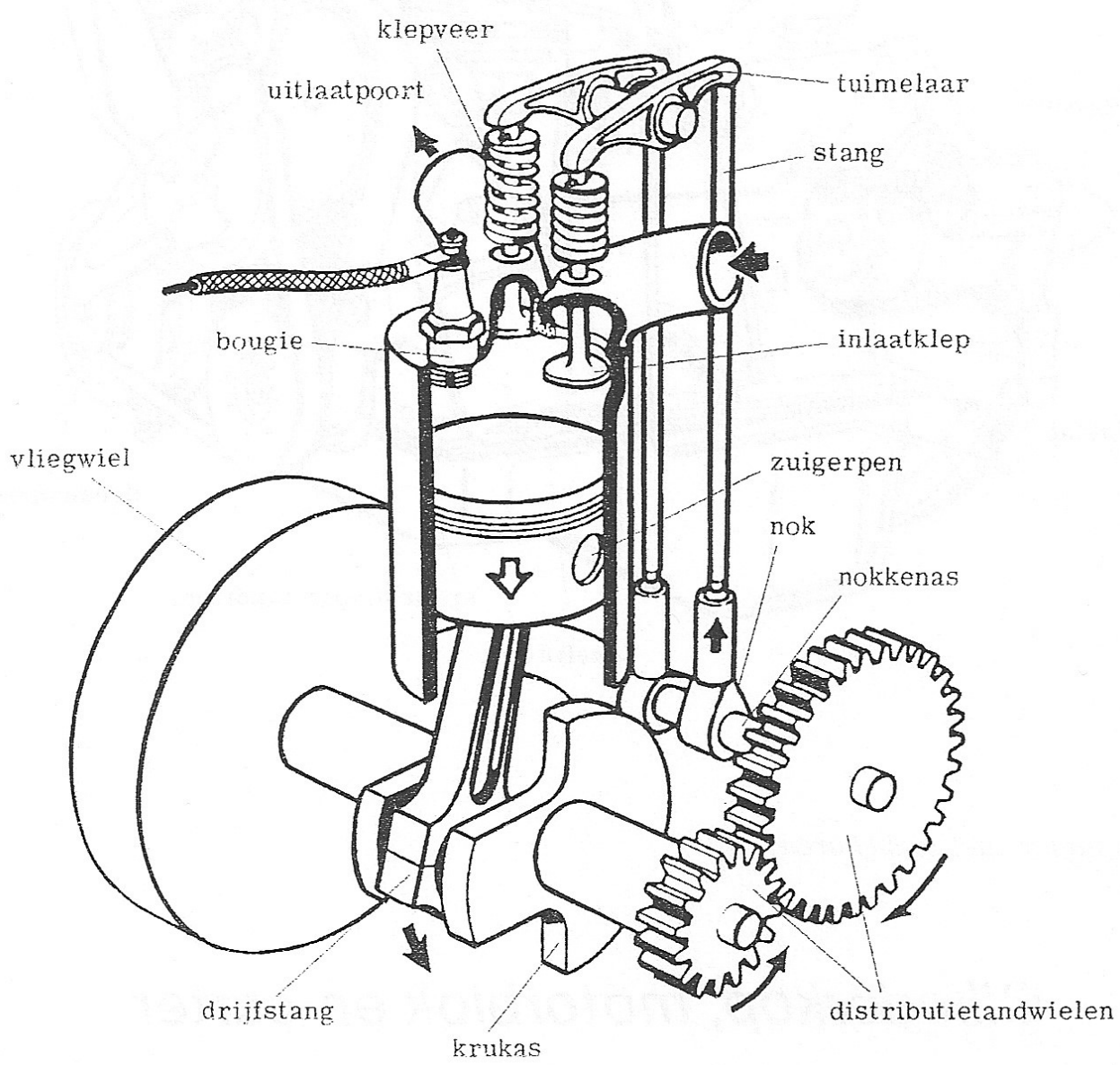

Fig.36. De kleppen worden geopend met nokken op de nokkenas.

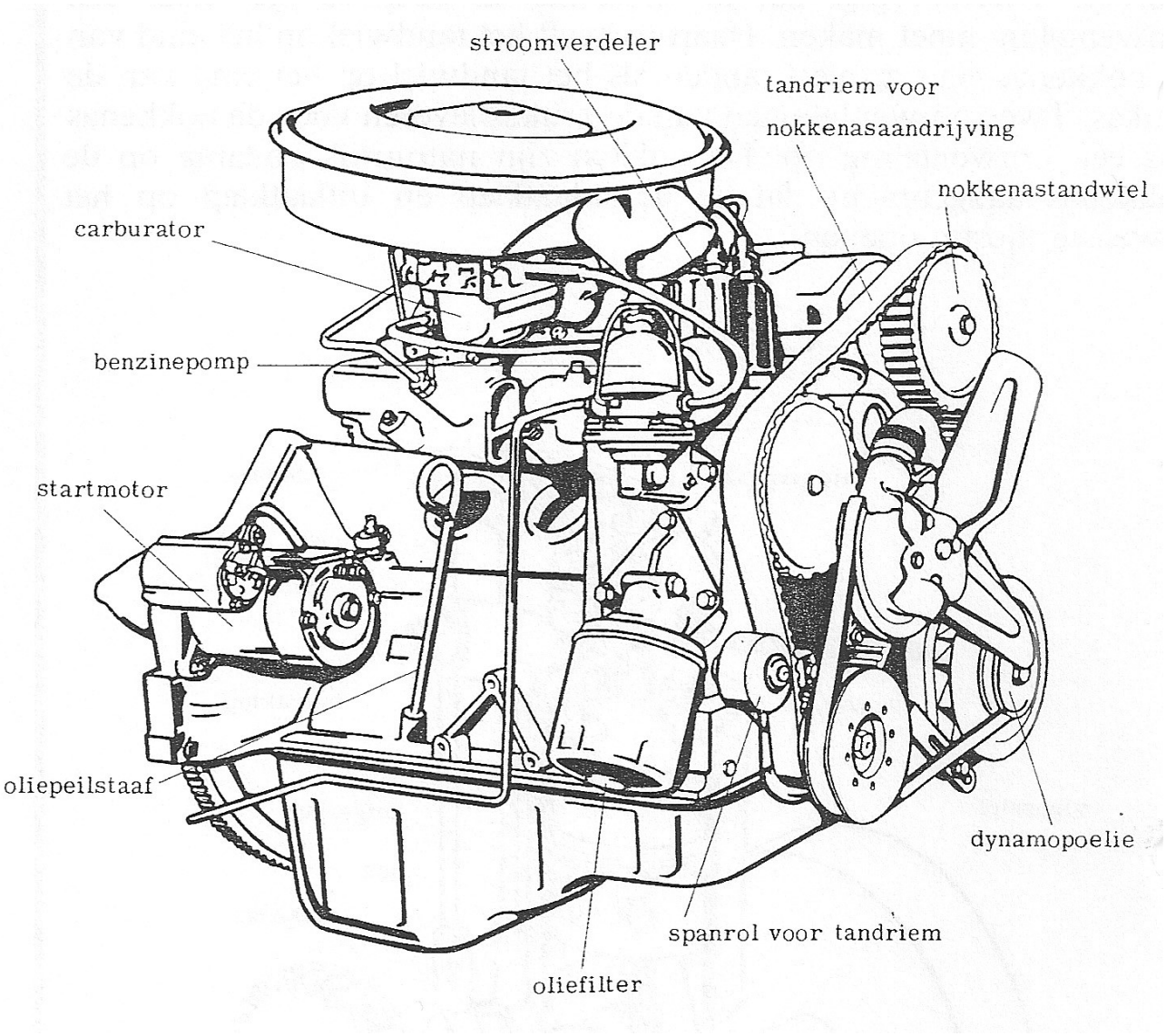

Fig.37. De motor met toebehoren.

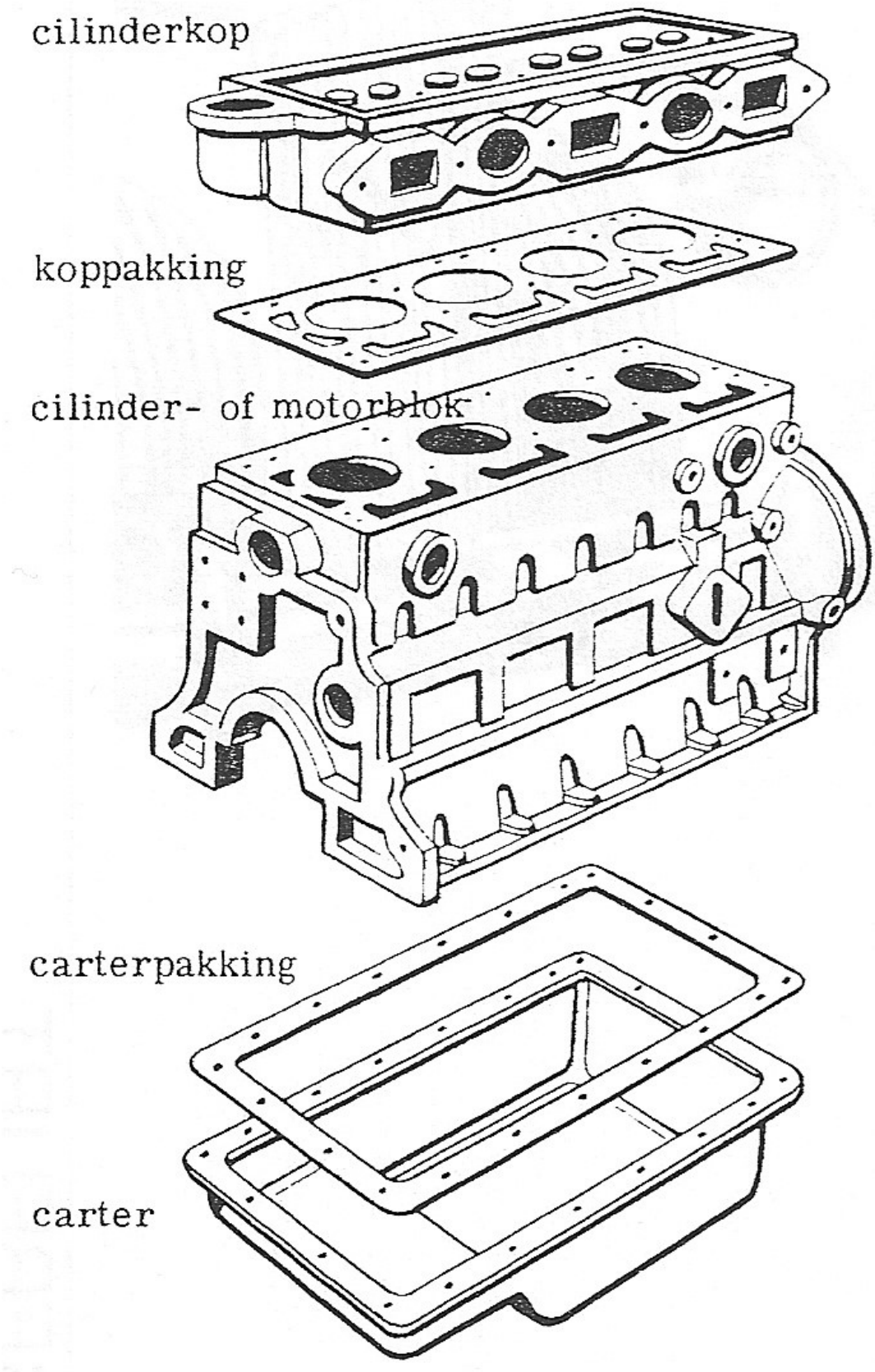

Fig.38. De delen van de motor (viercilinder in lijn), zonder inwendige en uitwendige onderdelen.

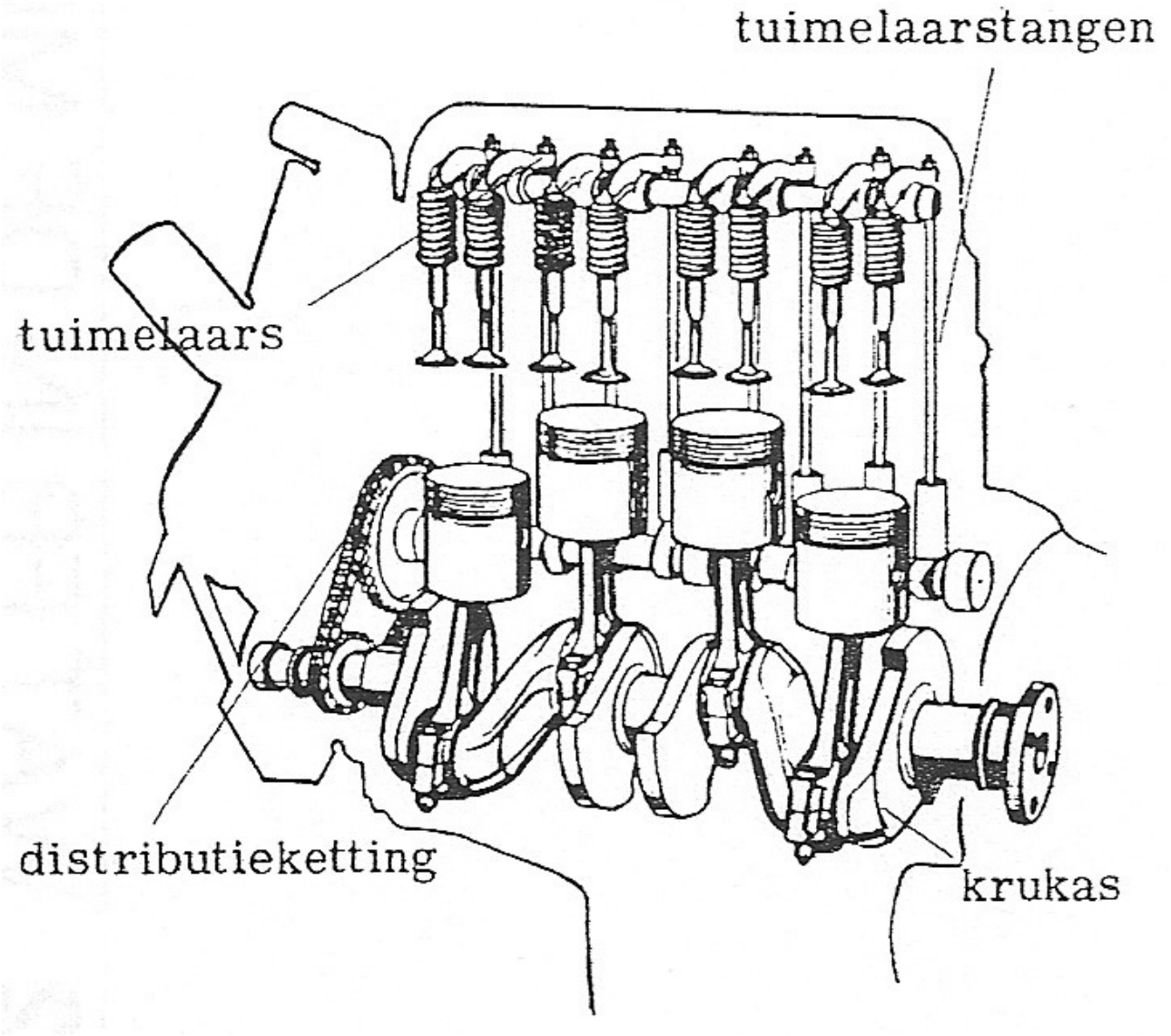

Fig.39. Het krukastandwiel kan het nokkenastandwiel ook d.m.v. een distributieketting aandrijven.

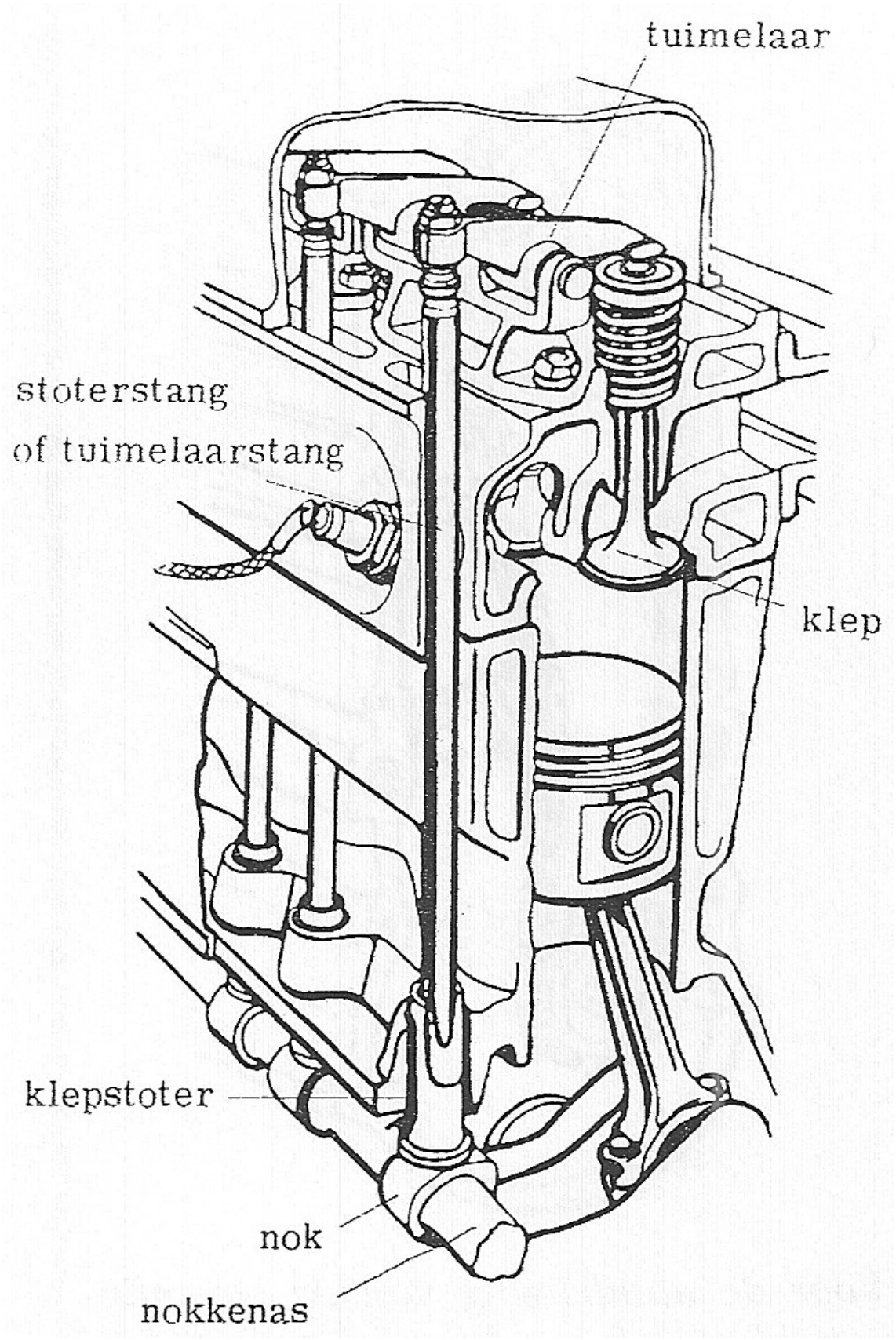

Fig.40. Een klep wordt via een stoterstang en een tuimelaar van zijn zitting gedrukt en door een veer op de zitting teruggebracht.

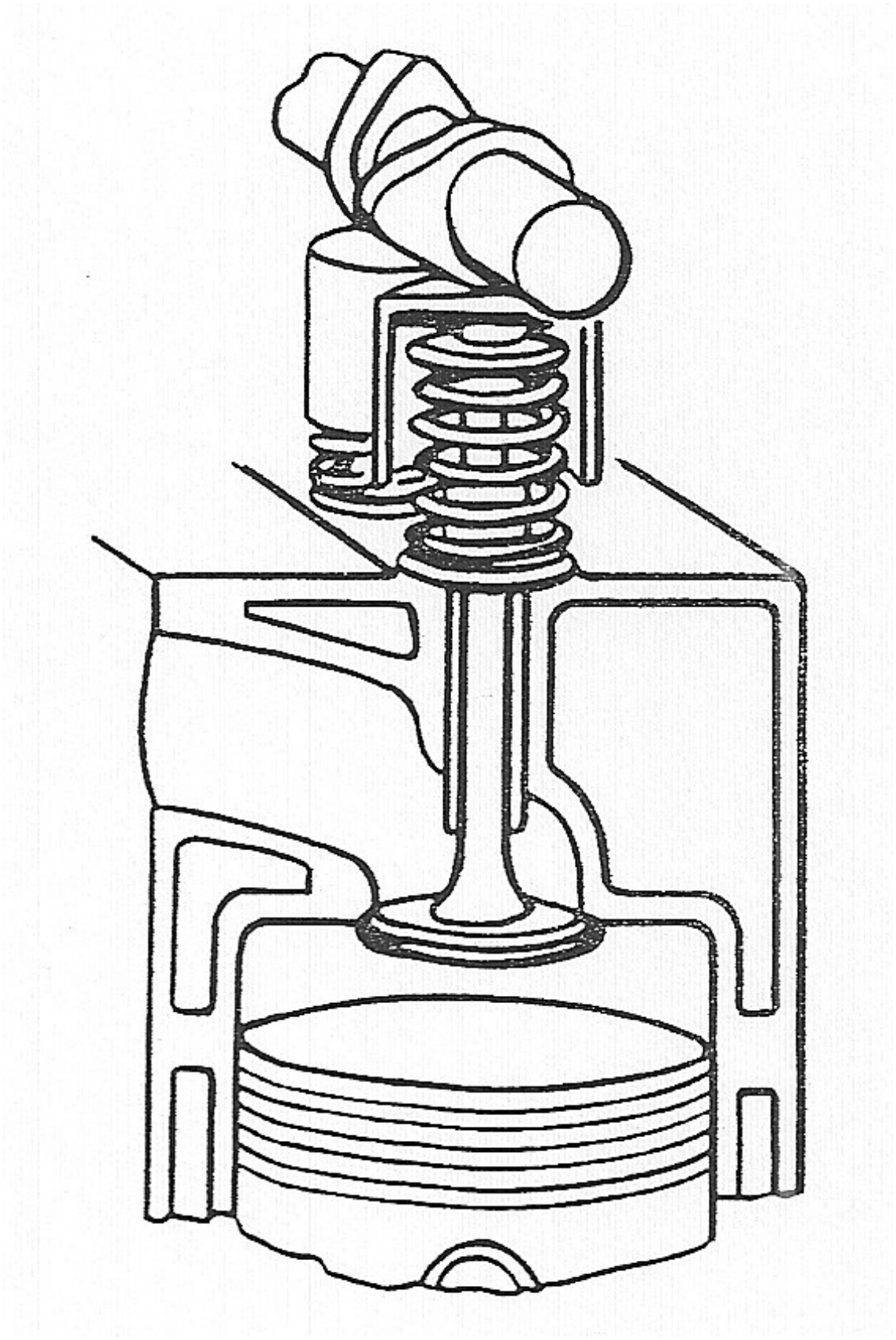

Fig.41. Bovenliggende nokkenas.

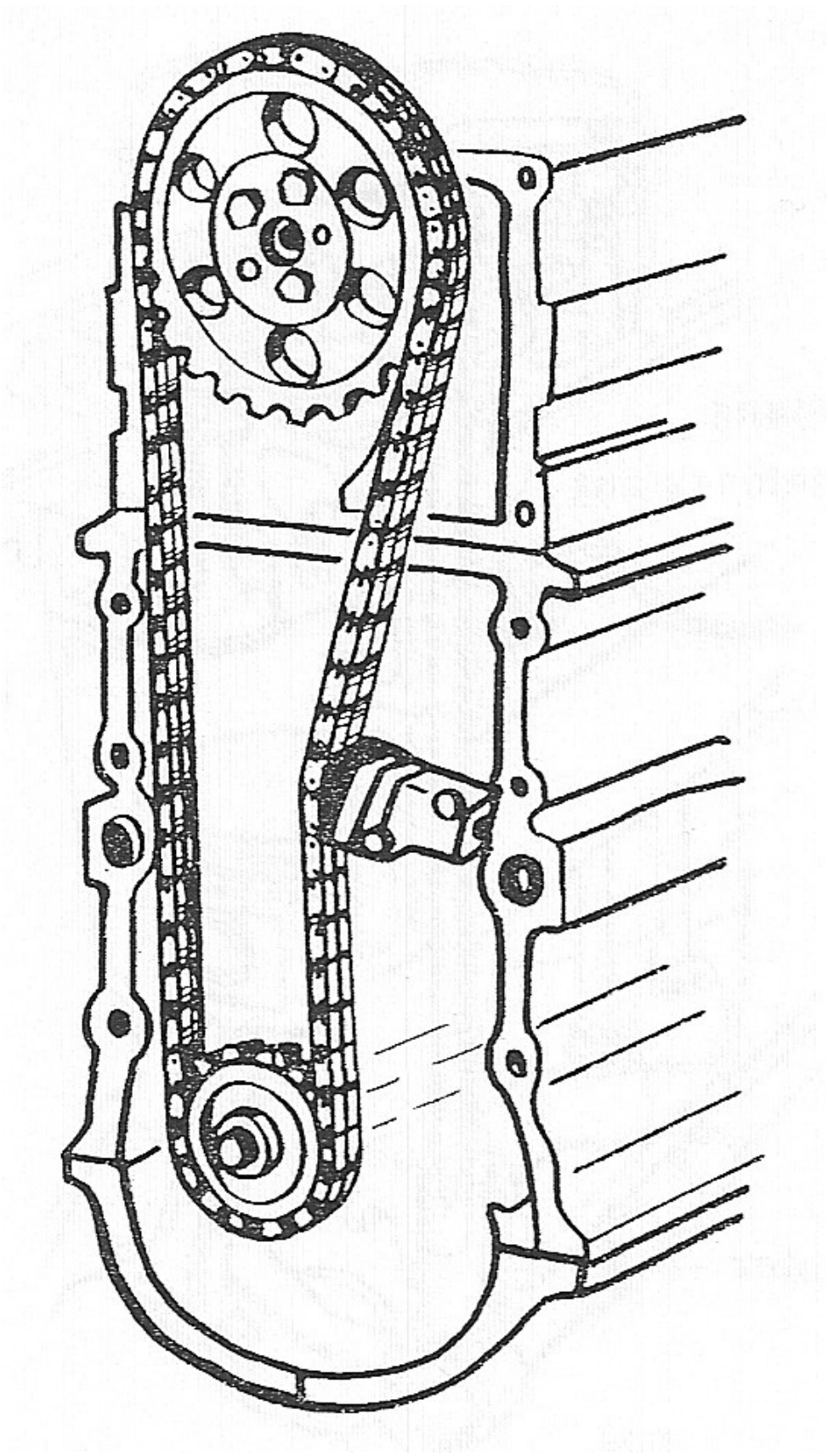

Fig.42. Een klep wordt via een stoterstang en een tuimelaar van zijn zitting gedrukt en door een veer op de zitting teruggebracht.

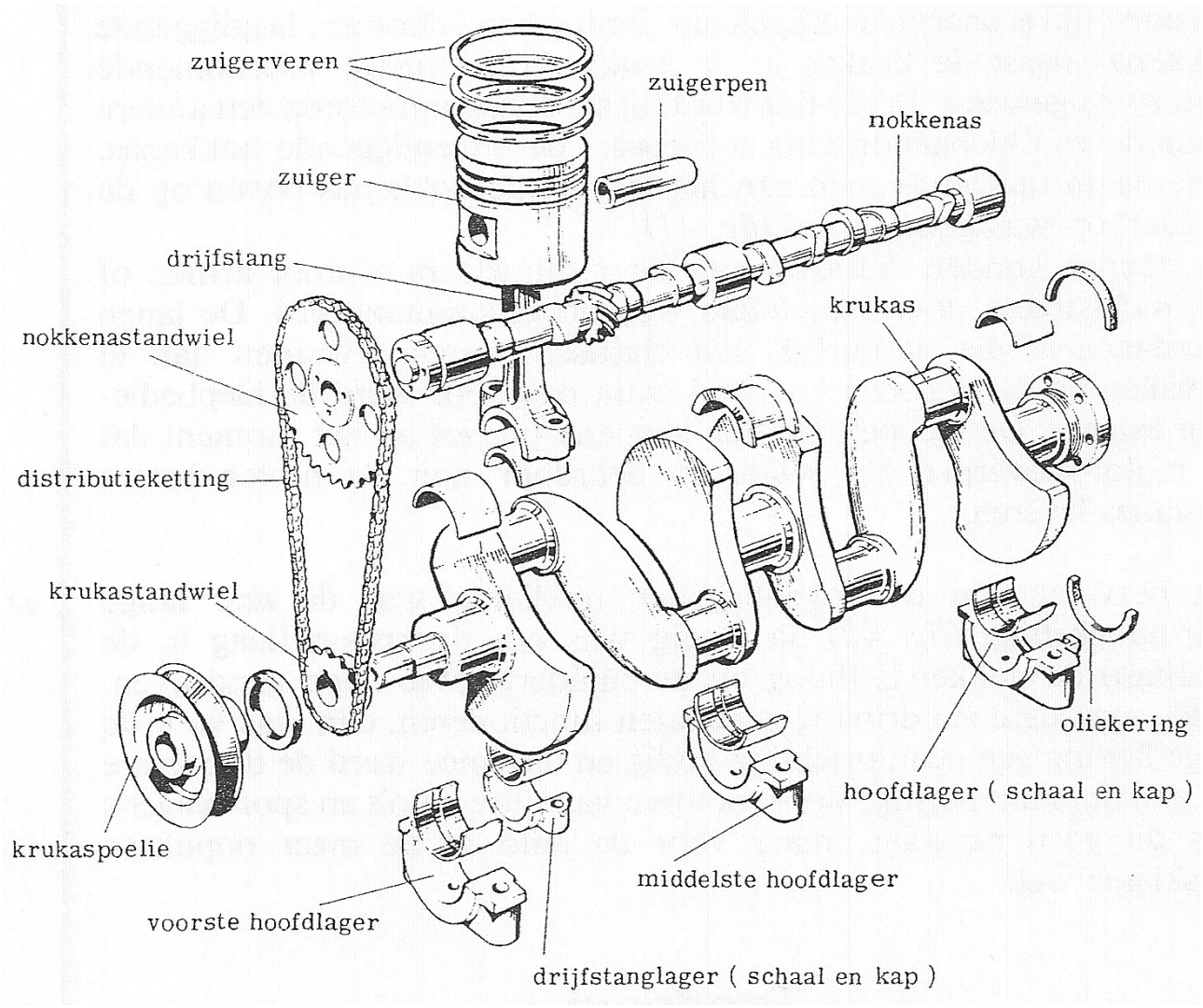

Fig.43. De inwendige motoronderdelen.

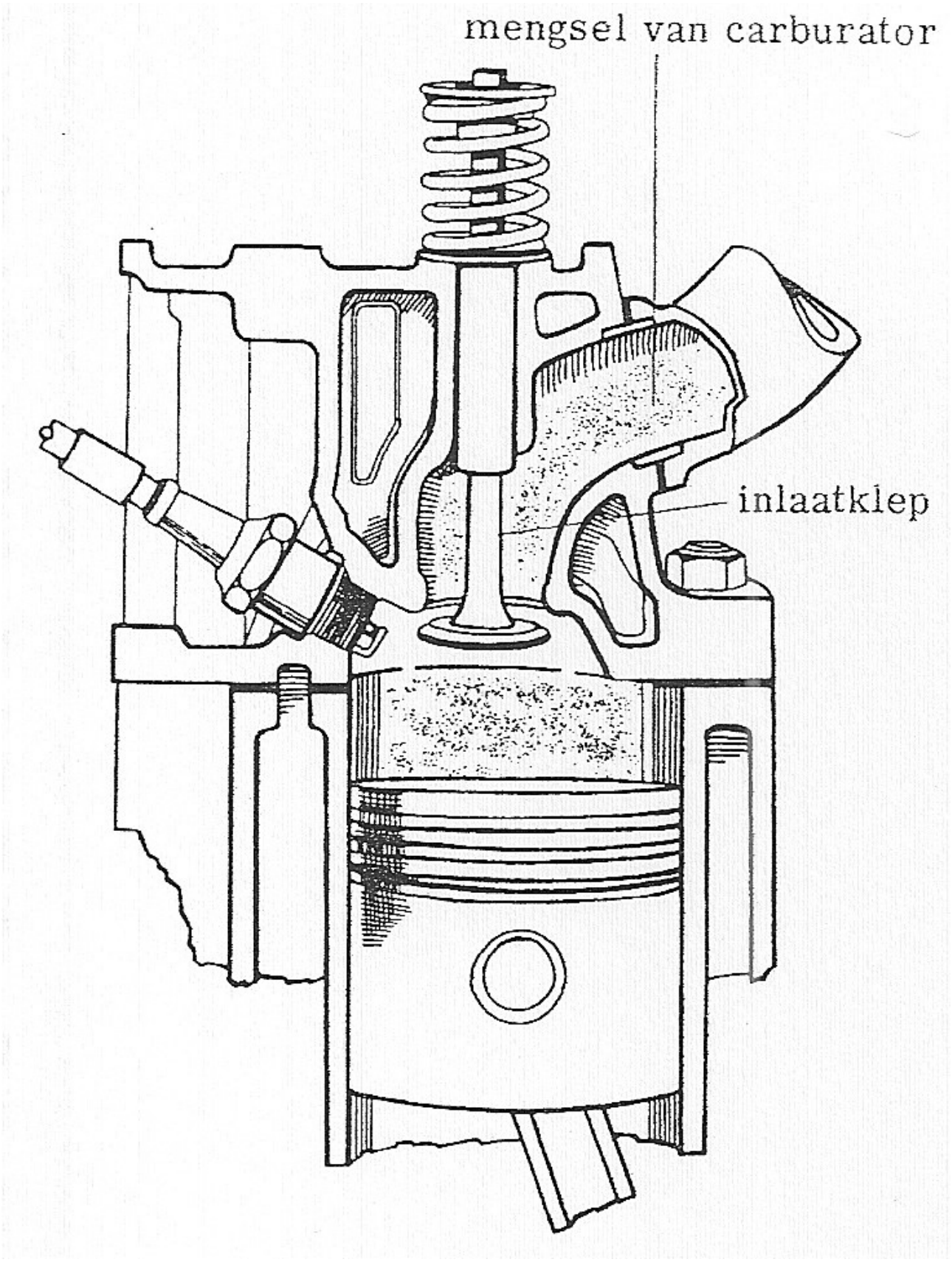

Fig.44. Het mengsel van benzine en lucht dat via de inlaatklep in de cilinders stroomt, is vaak een nevel en geen echt gas (al wordt het meestal zo genoemd).

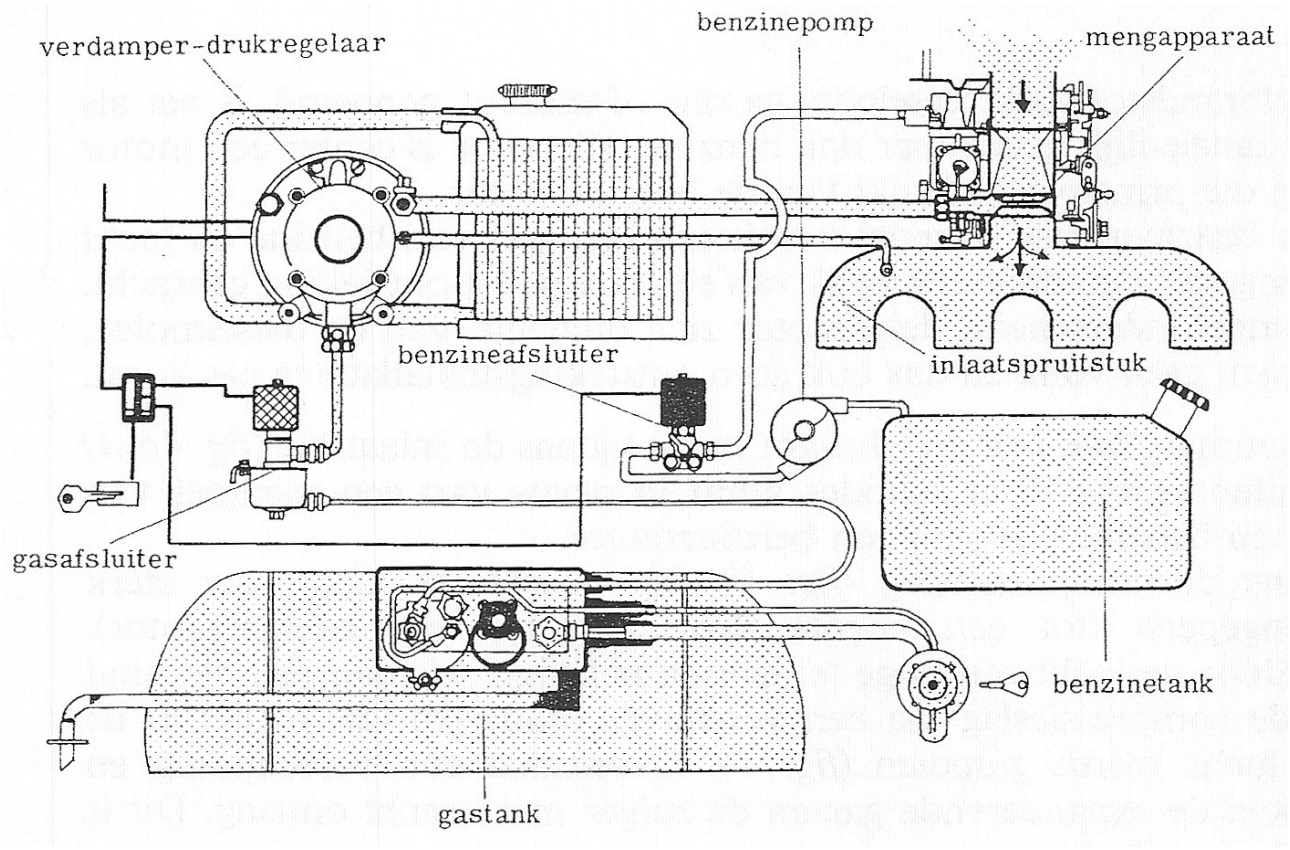

Fig.45. Een LPG-installatie met handhaving van het benzinesysteem.

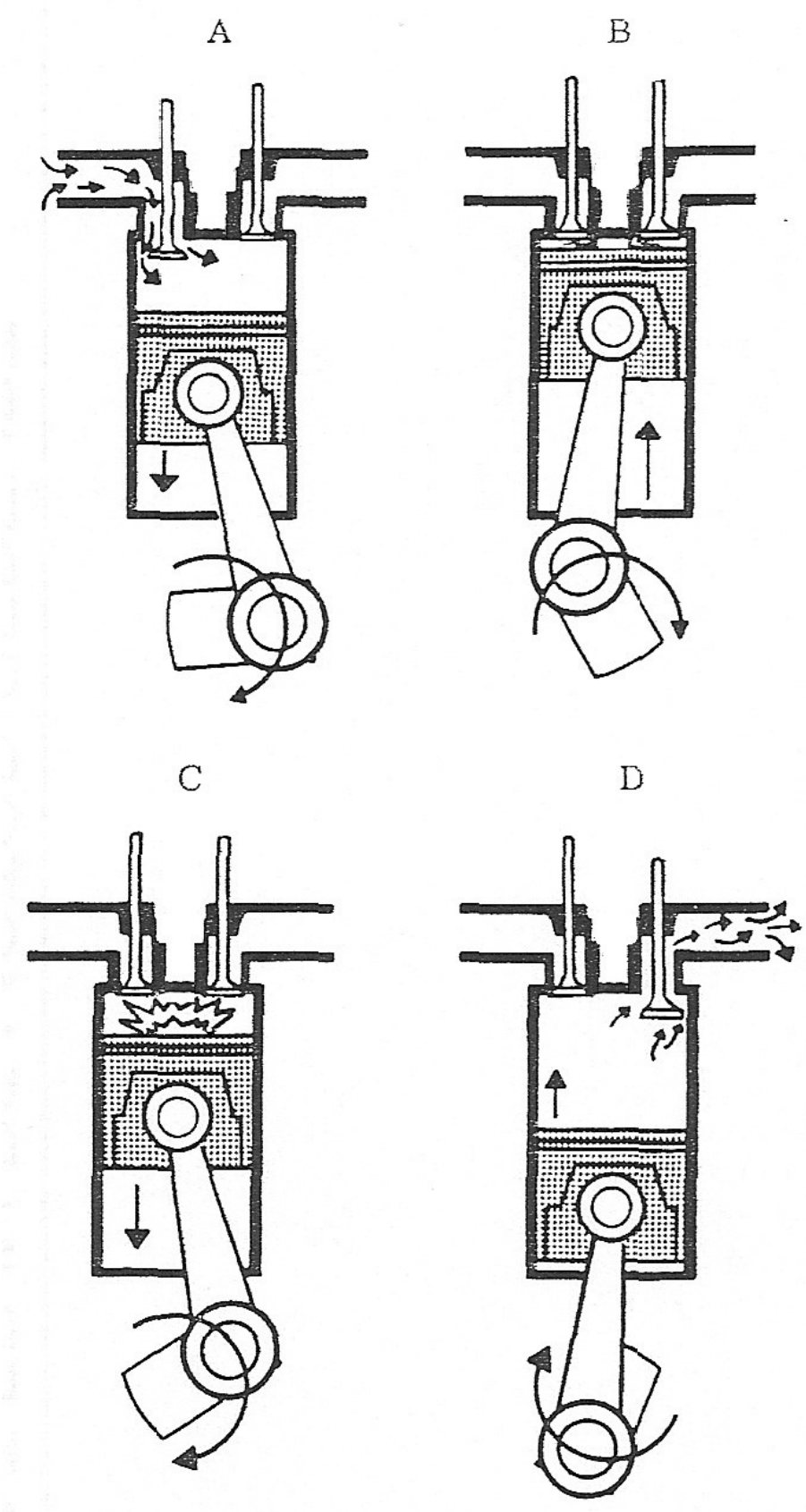

Fig.46. Bij een dieselmotor komt tijdens de inlaatslag (A) alleen lucht in de cilinders. De lucht wordt sterk samengeperst (B), waarna brandstof in de hete lucht wordt gespoten (C). Tijdens de uitlaatslag worden de verbrande gassen uitgedreven (D).

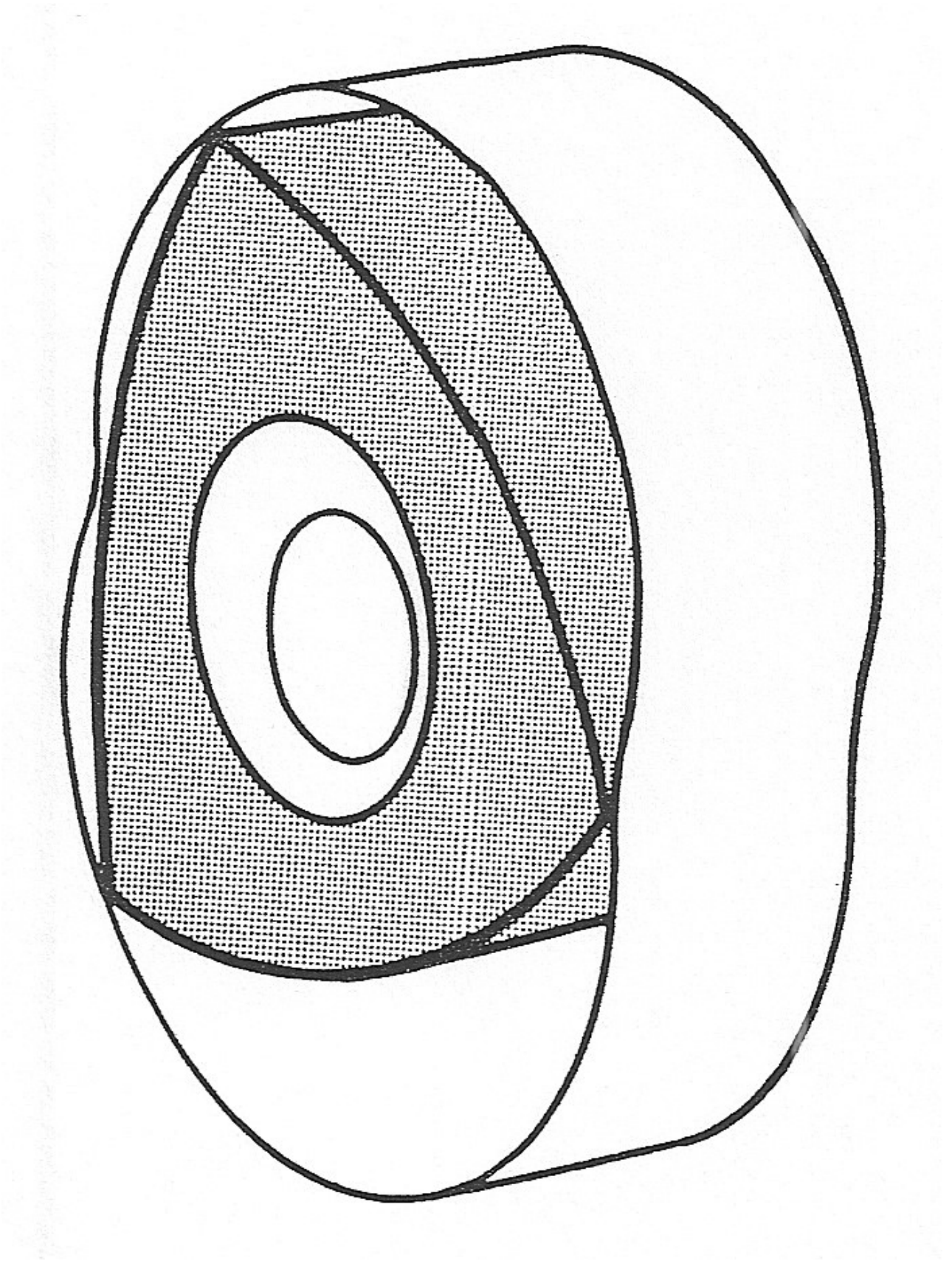

Fig.47. In de wankel- of draaizuigermotor roteert een zuiger of rotor in een 8-vormig huis.

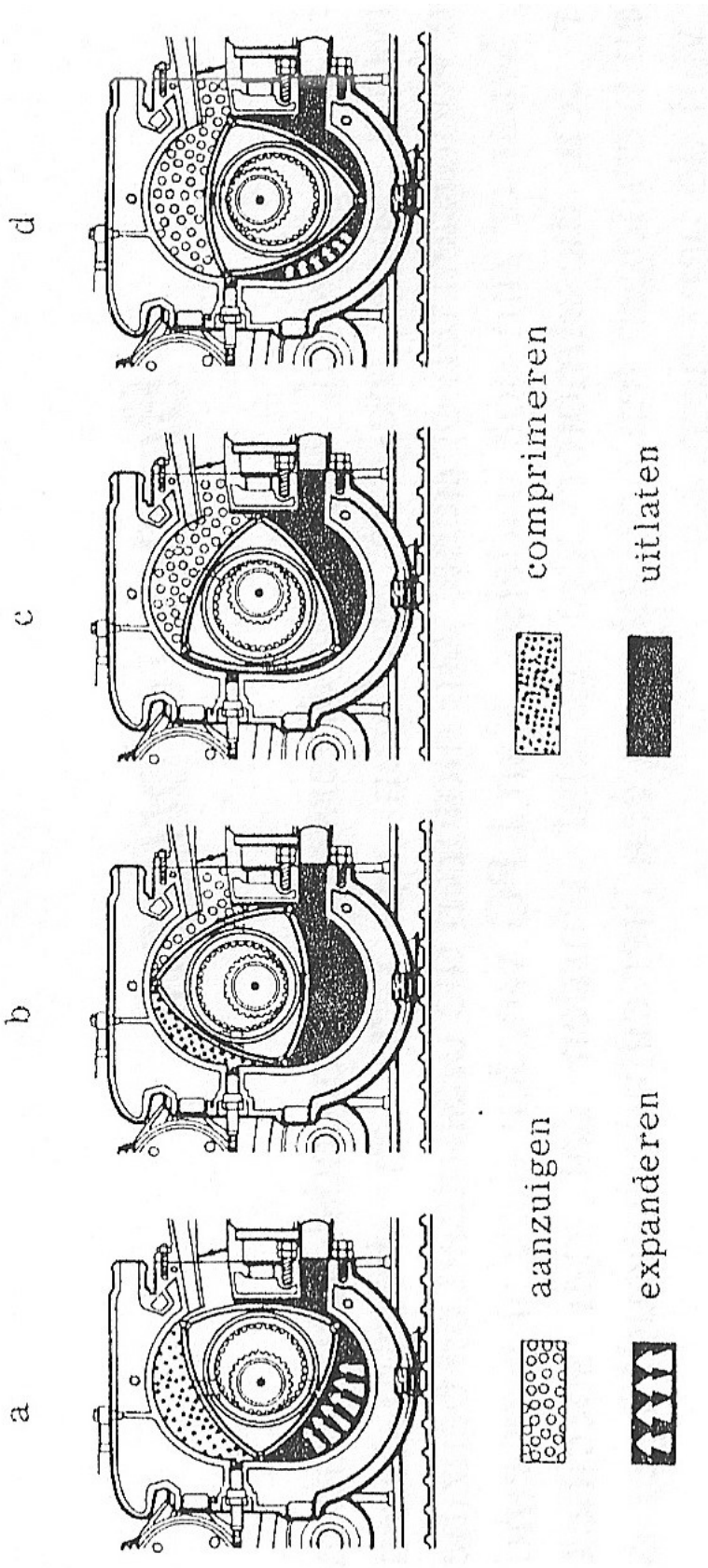

Fig.48. De fasen van het vierslagproces bij een wankelmotor.

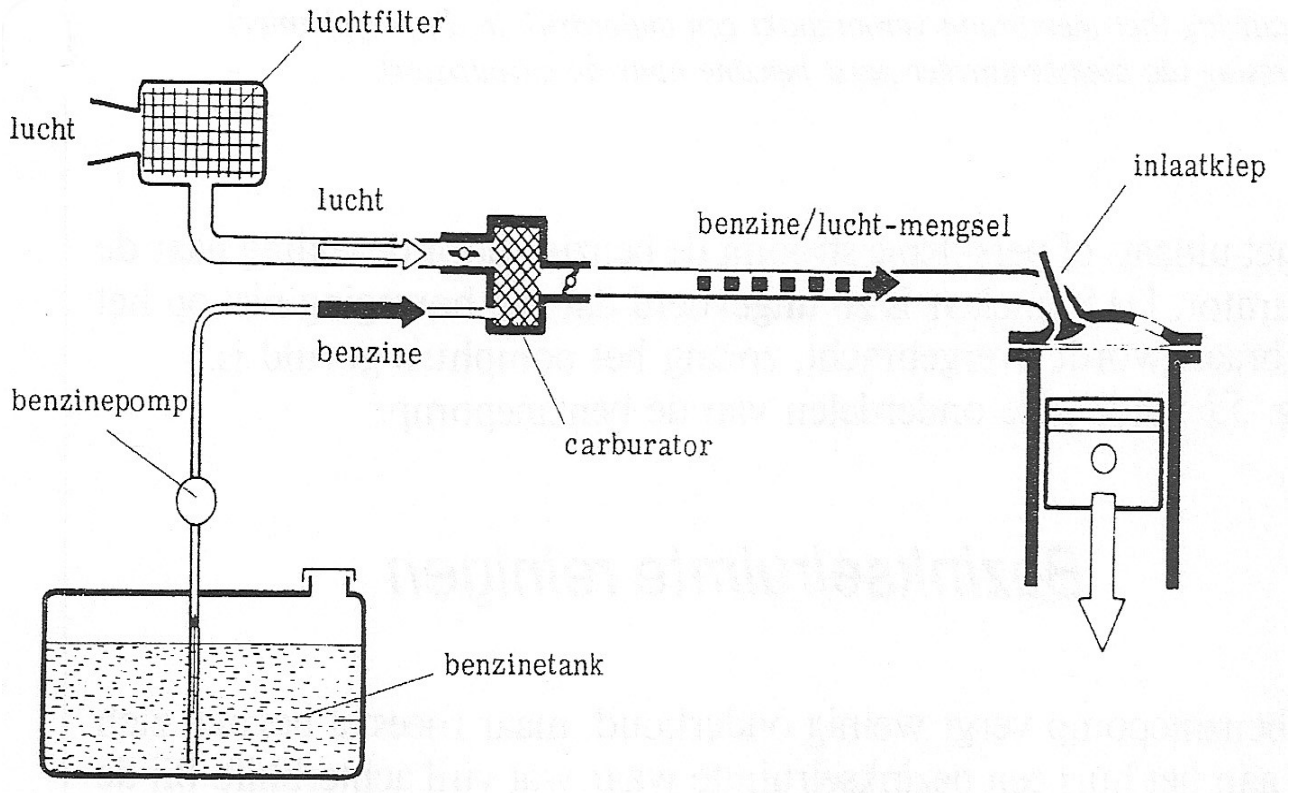

Fig.49. Schema van de toevoer van lucht en brandstof naar de cilinder.

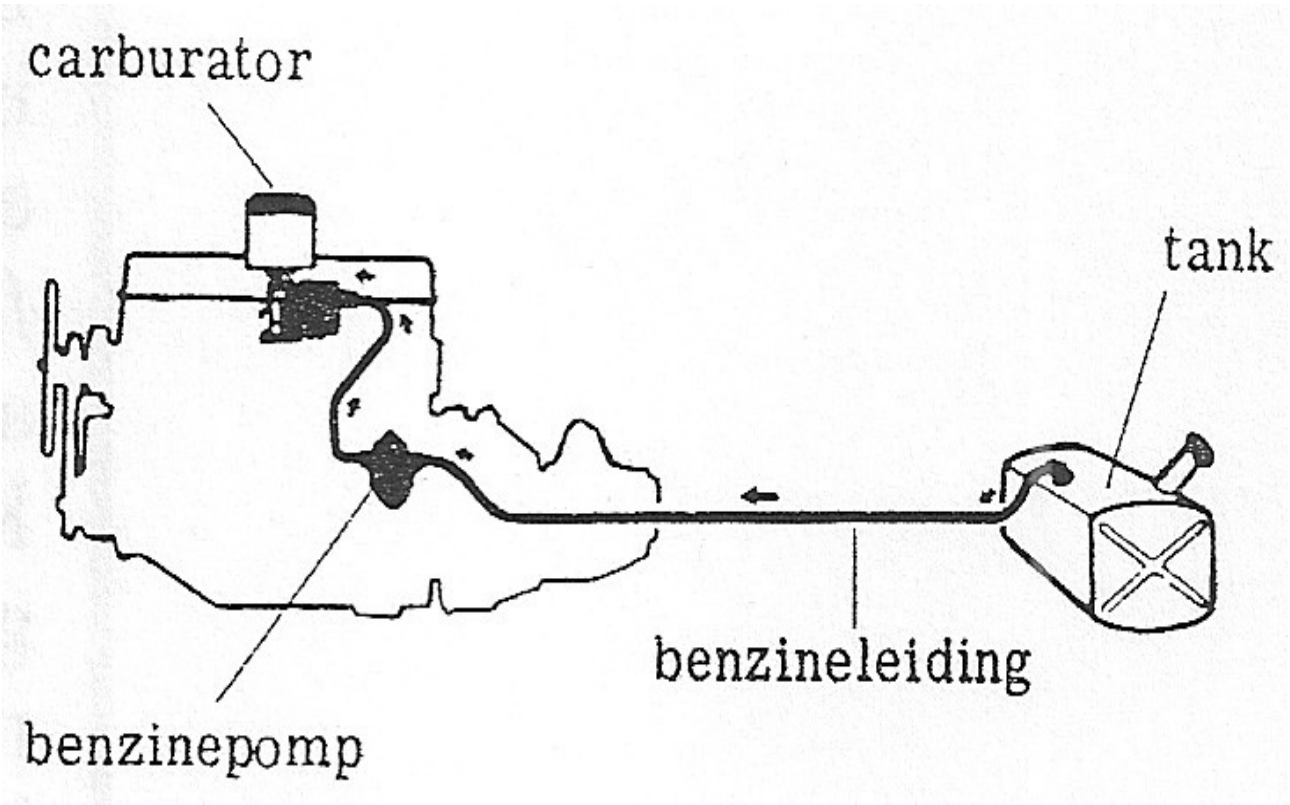

Fig.50. De brandstoftoevoer.

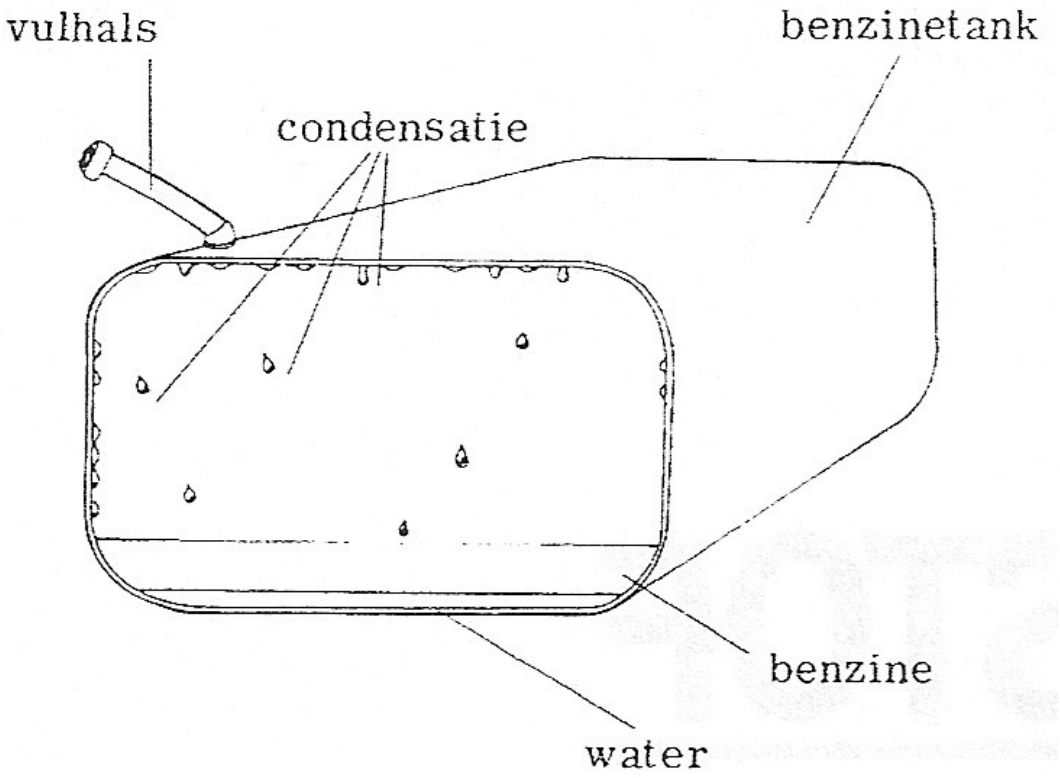

Fig.51. Vocht in de ons omringende lucht condenseert in de bezinetank en verzamelt zich op de bodem als een laag water.

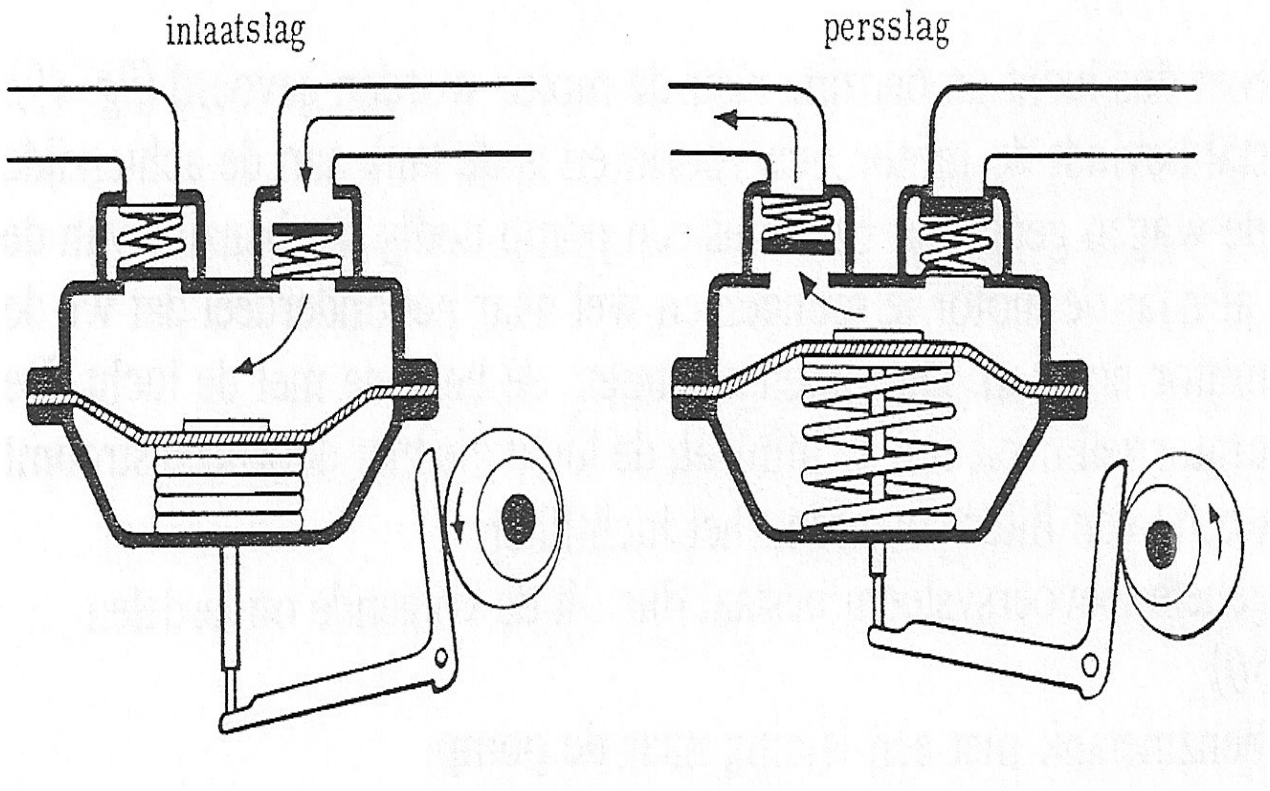

Fig.52. Hoe een benzinepomp werkt (schematisch)
A. Inlaatslag (het membraam veroorzaakt een onderdruk in de pompkamer)
B. Persslag (de membraamveer perst benzine naar de carburator).

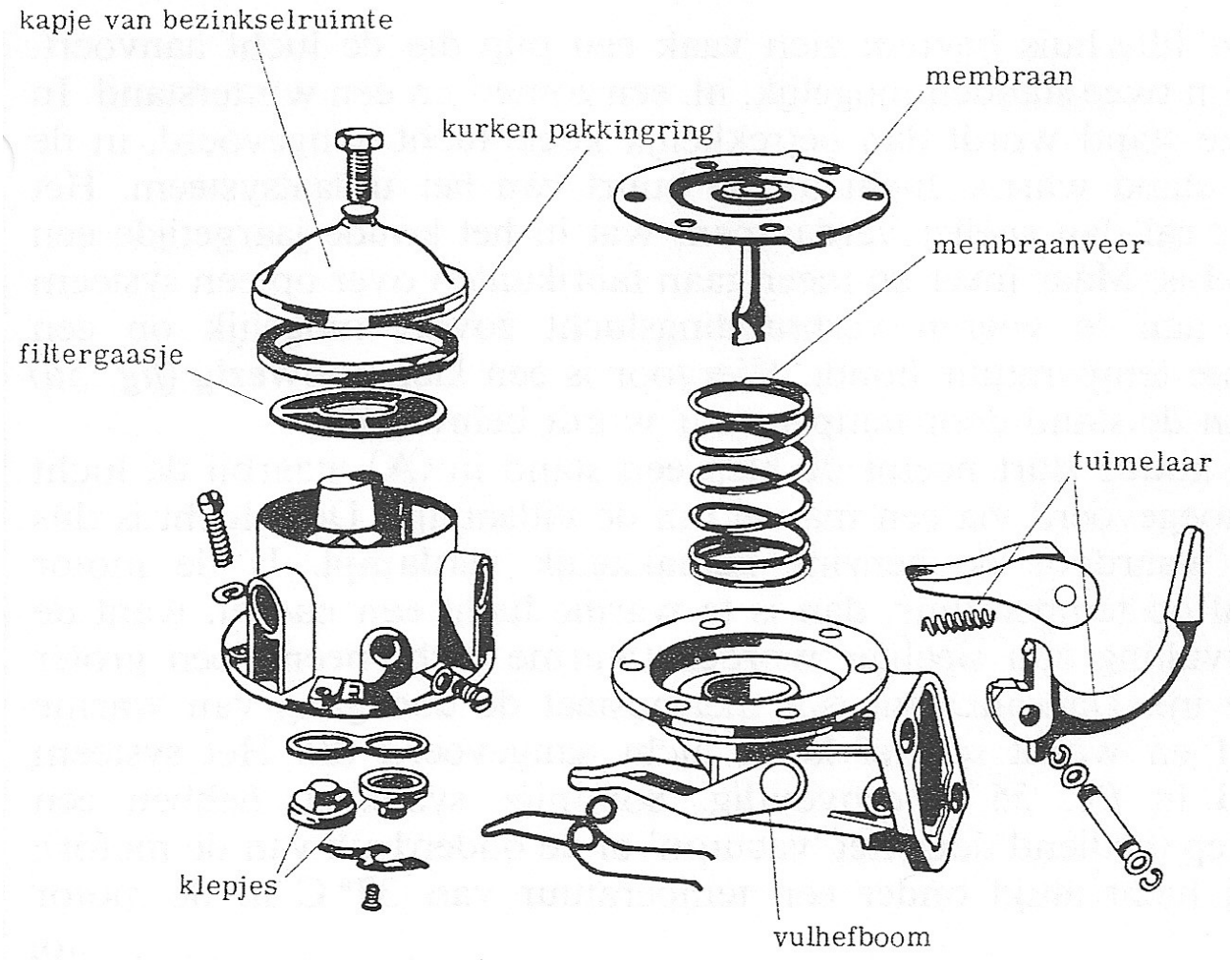

Fig.53. De onderdelen van een benzinepomp.

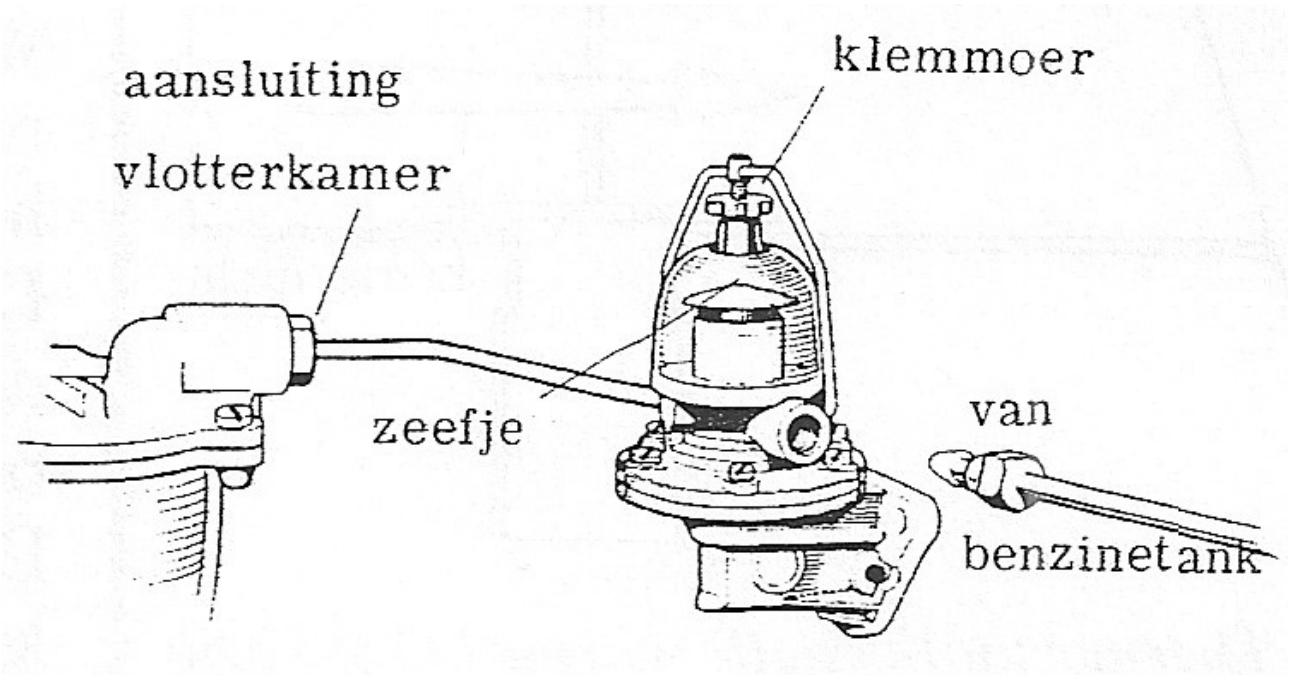

Fig.54. Benzinepompje met glaasje over bezinkselruimte.

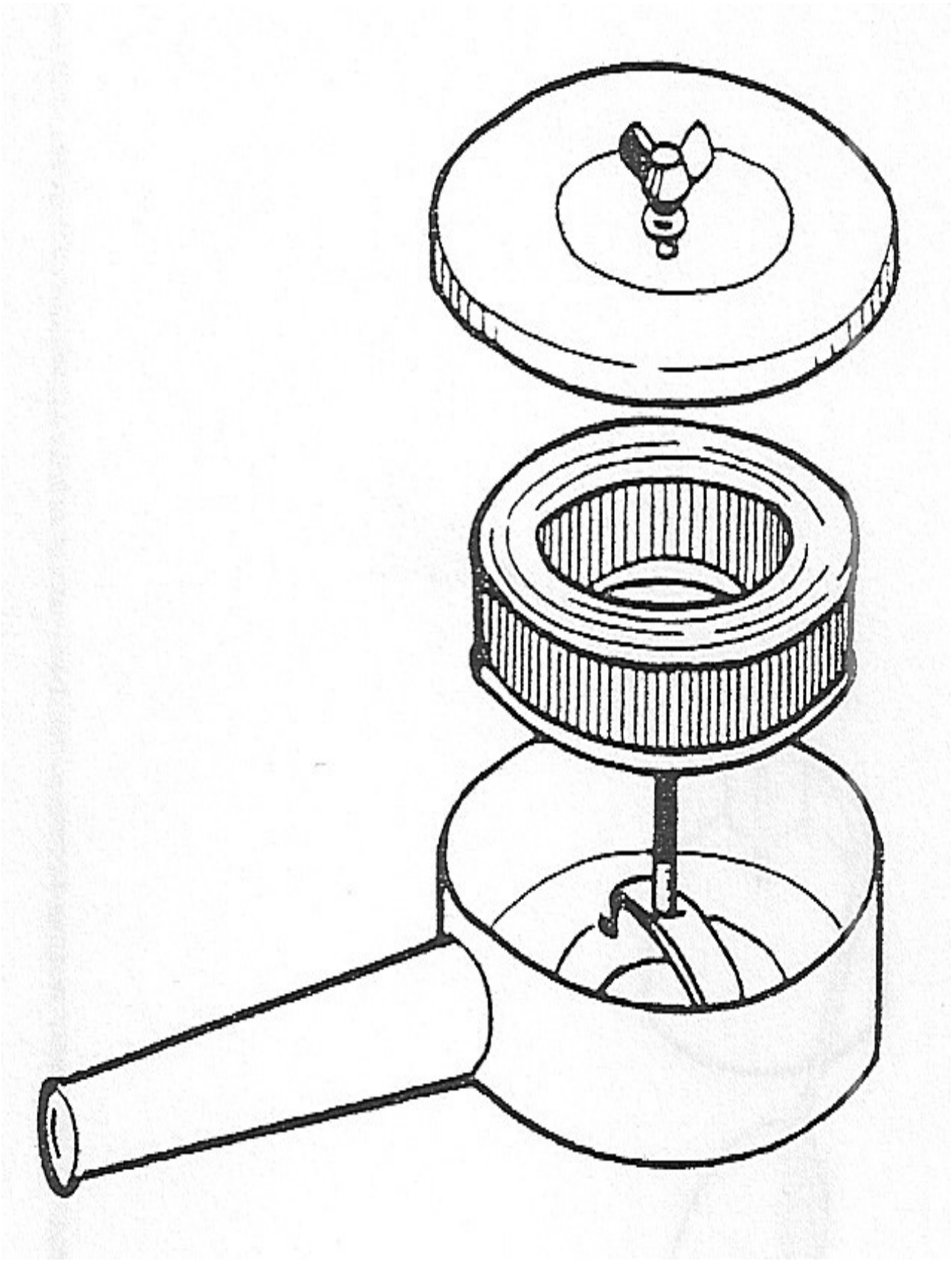

Fig.55. Boven op de carburator is het luchtfilter geplaatst. Na verwijdering van het deksel kan het filterpatroon worden uitgenomen en vervangen door een nieuw.

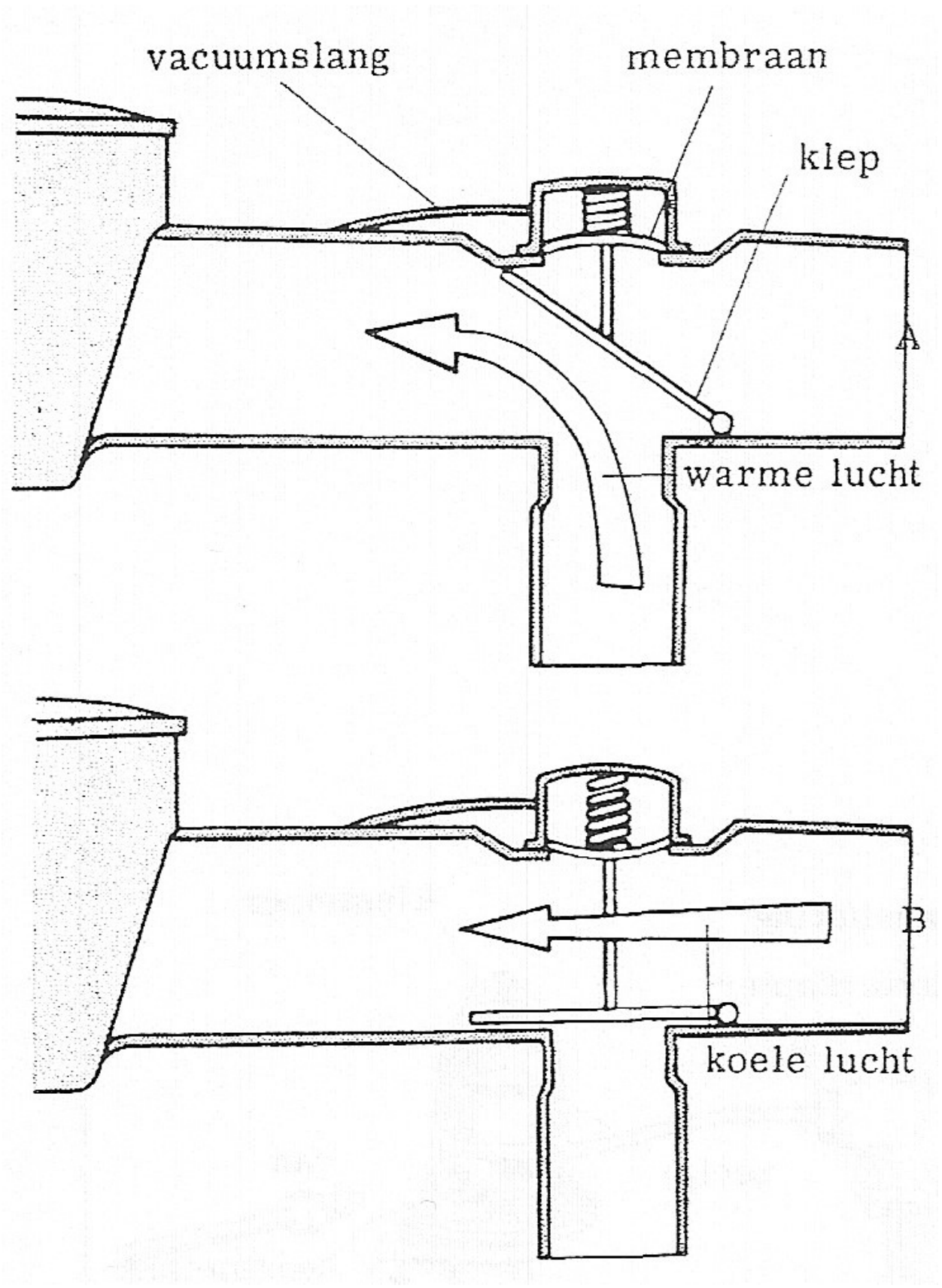

Fig.56. Thermostaatklep die warme (A) of koele lucht (B) naar de carburator voert.

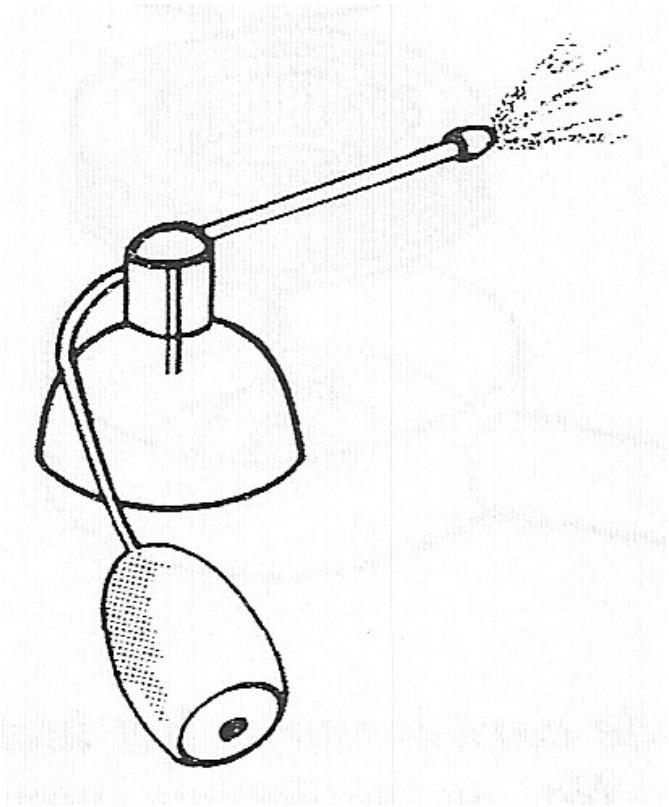

Fig.57. Verstuiving met een eau-de-colognespuit.

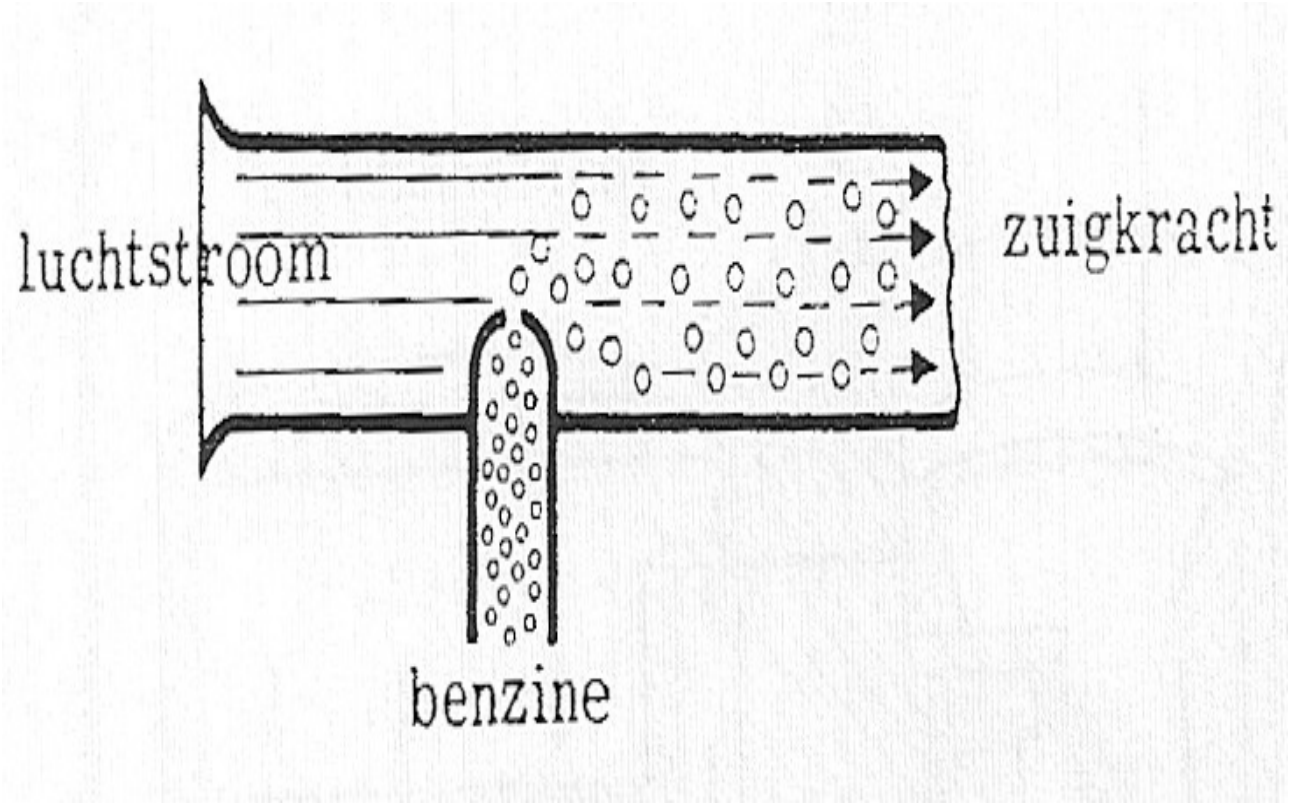

Fig.58. Verstuiving van benzine.

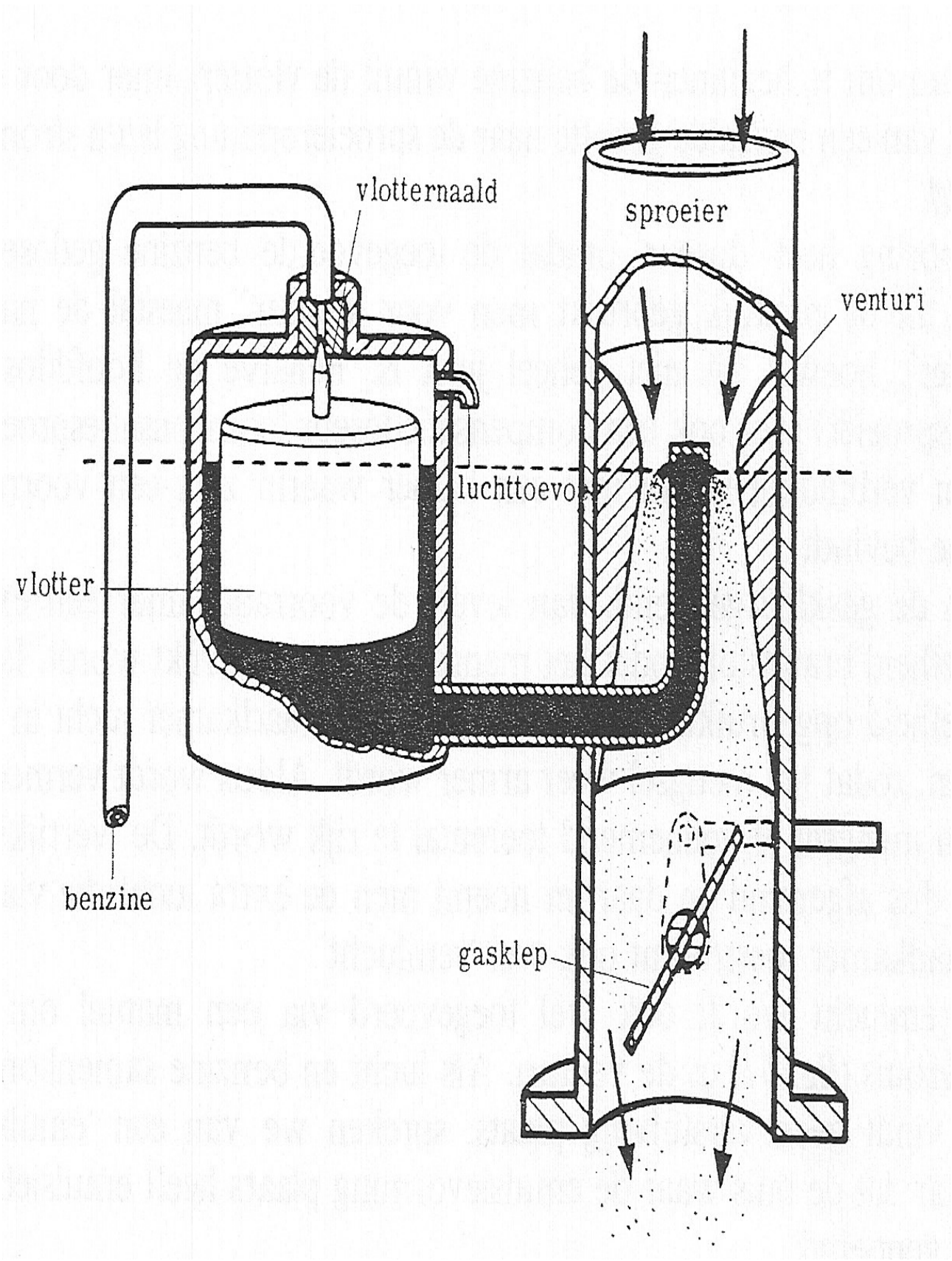

Fig.59. Door de buis voor de luchtstroom te vernauwen, ontstaat een venturi of verstuiver, die de lucht een grotere snelheid geeft.

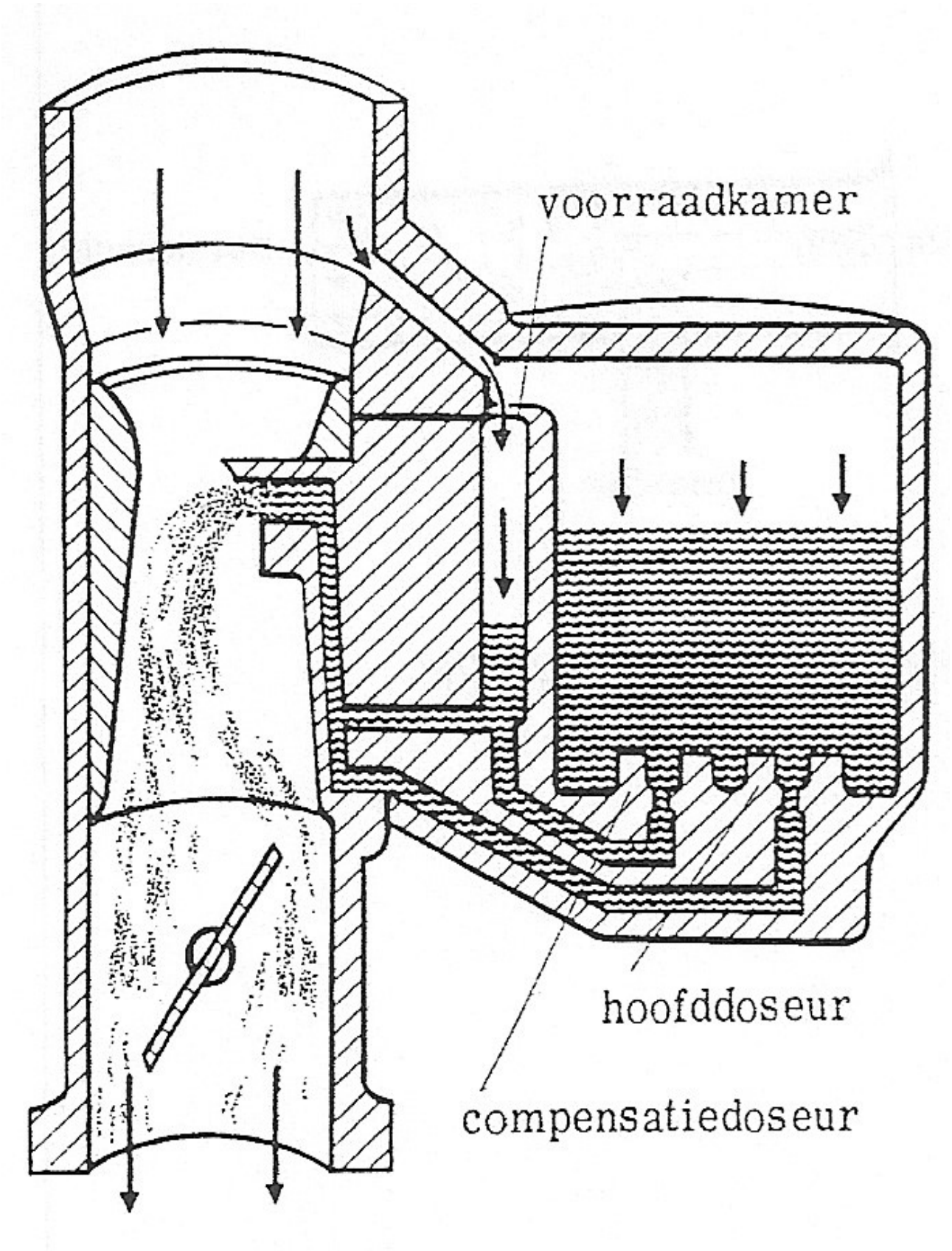

Fig.60. Compensatie-inrichting die het te rijk worden van het mengsel voorkomt.

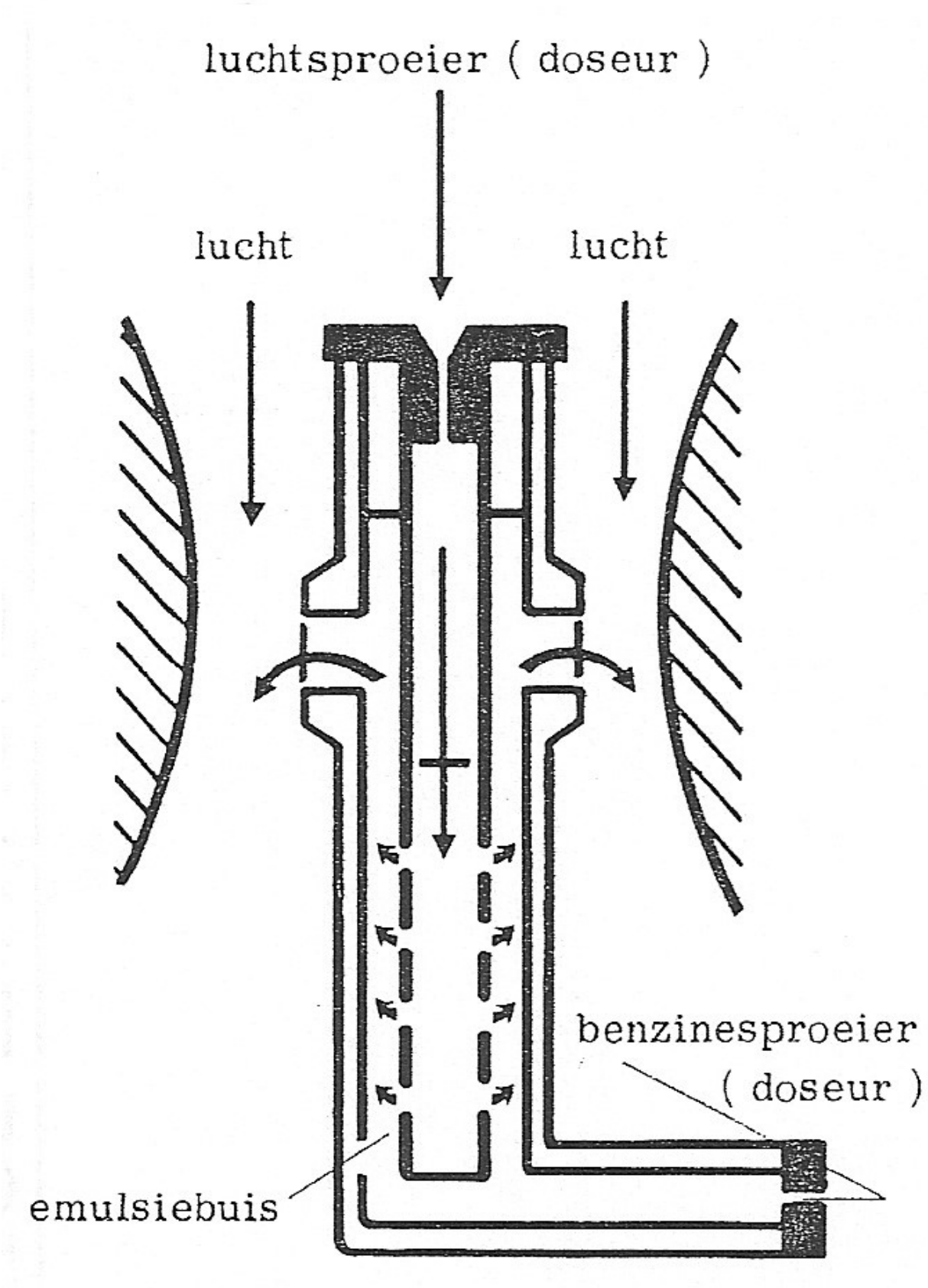

Fig.61. Remlucht die zich met benzine mengt, zodat een 'emulsie' ontstaat.

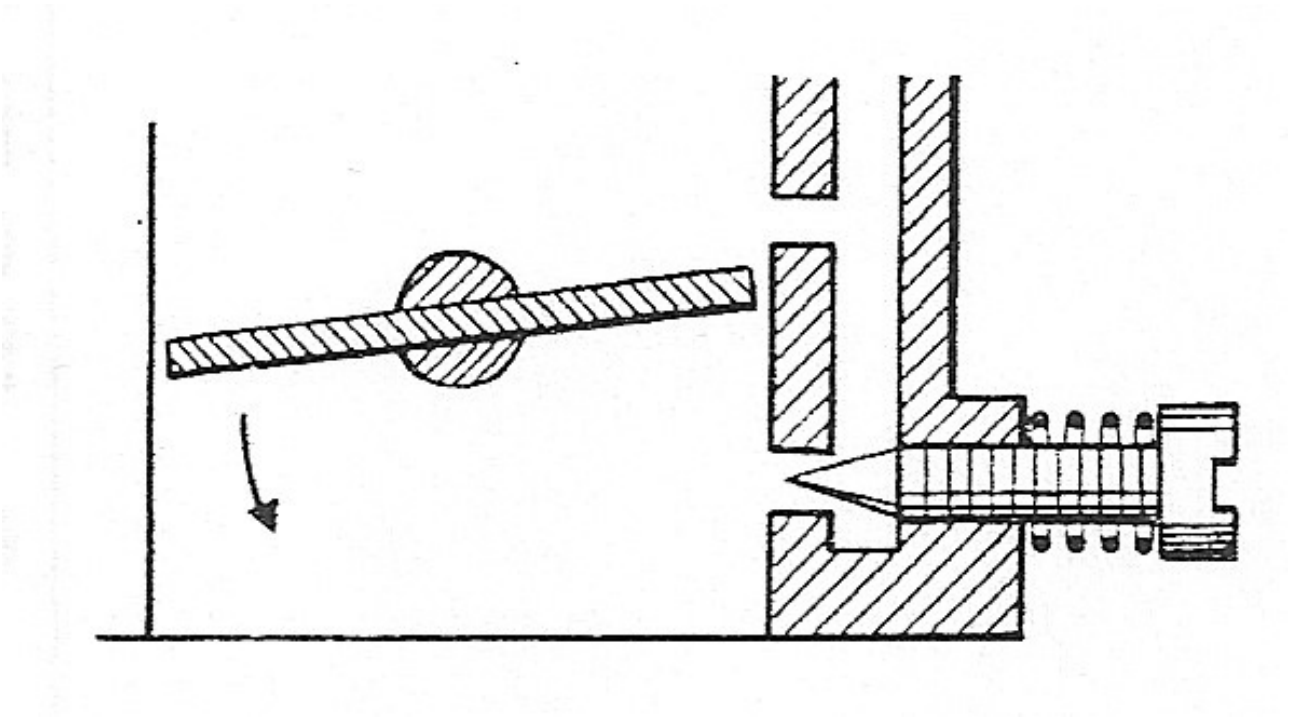

Fig.62. Uitmonding van een kanaal voor stationair draaien onder de smoorklep.

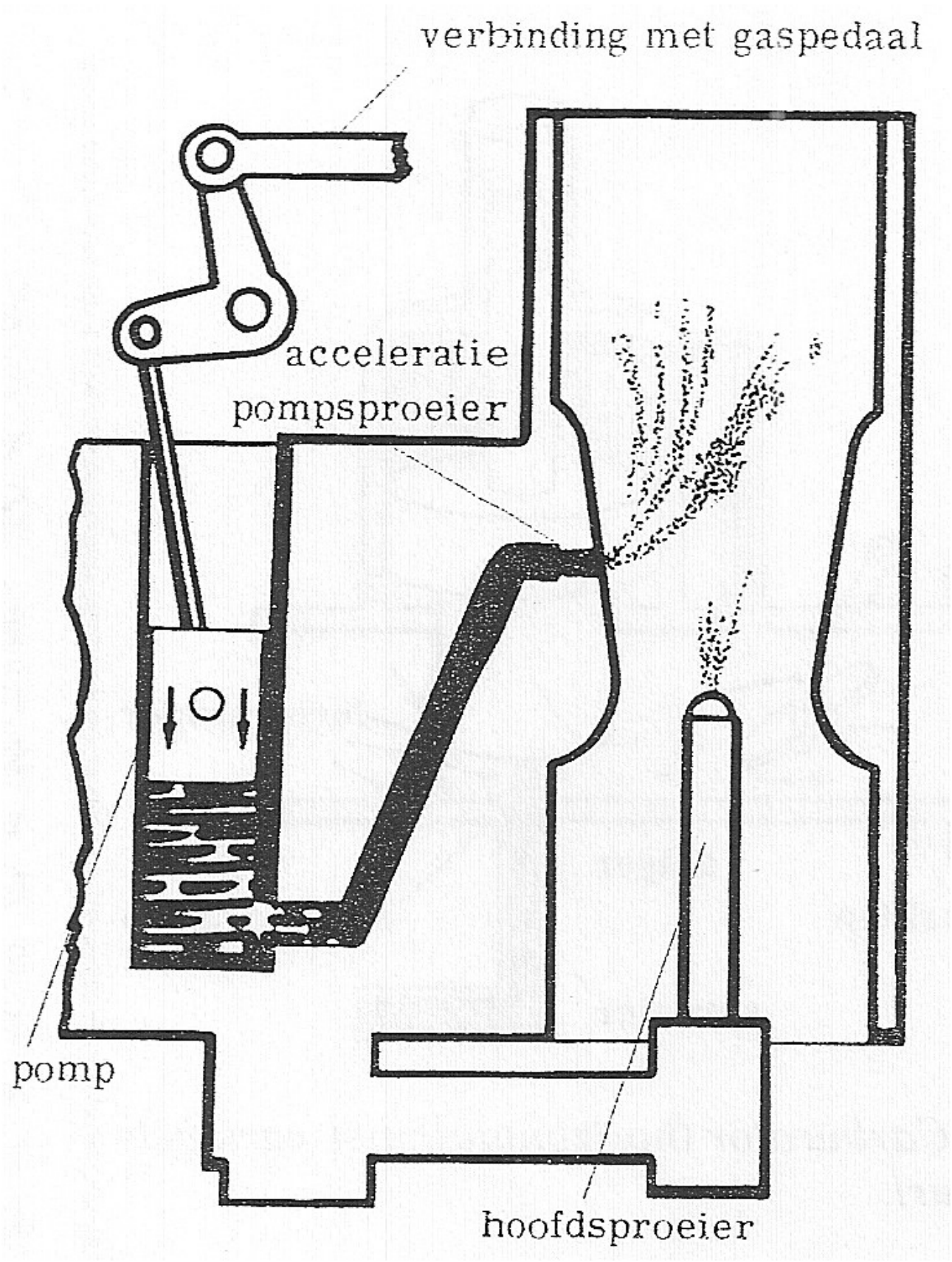

Fig.63. De acceleratiepomp.

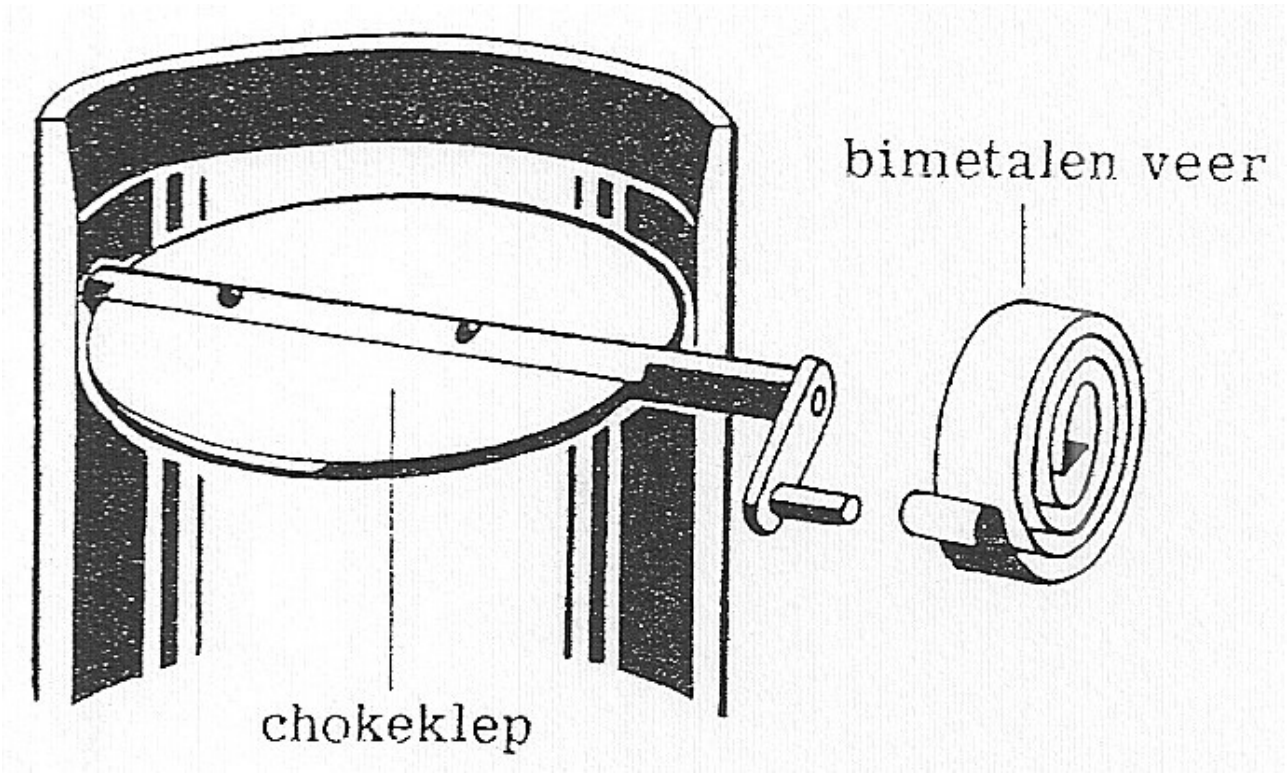

Fig.64. De chokeklep die met de hand wordt bediend of automatisch werkt.

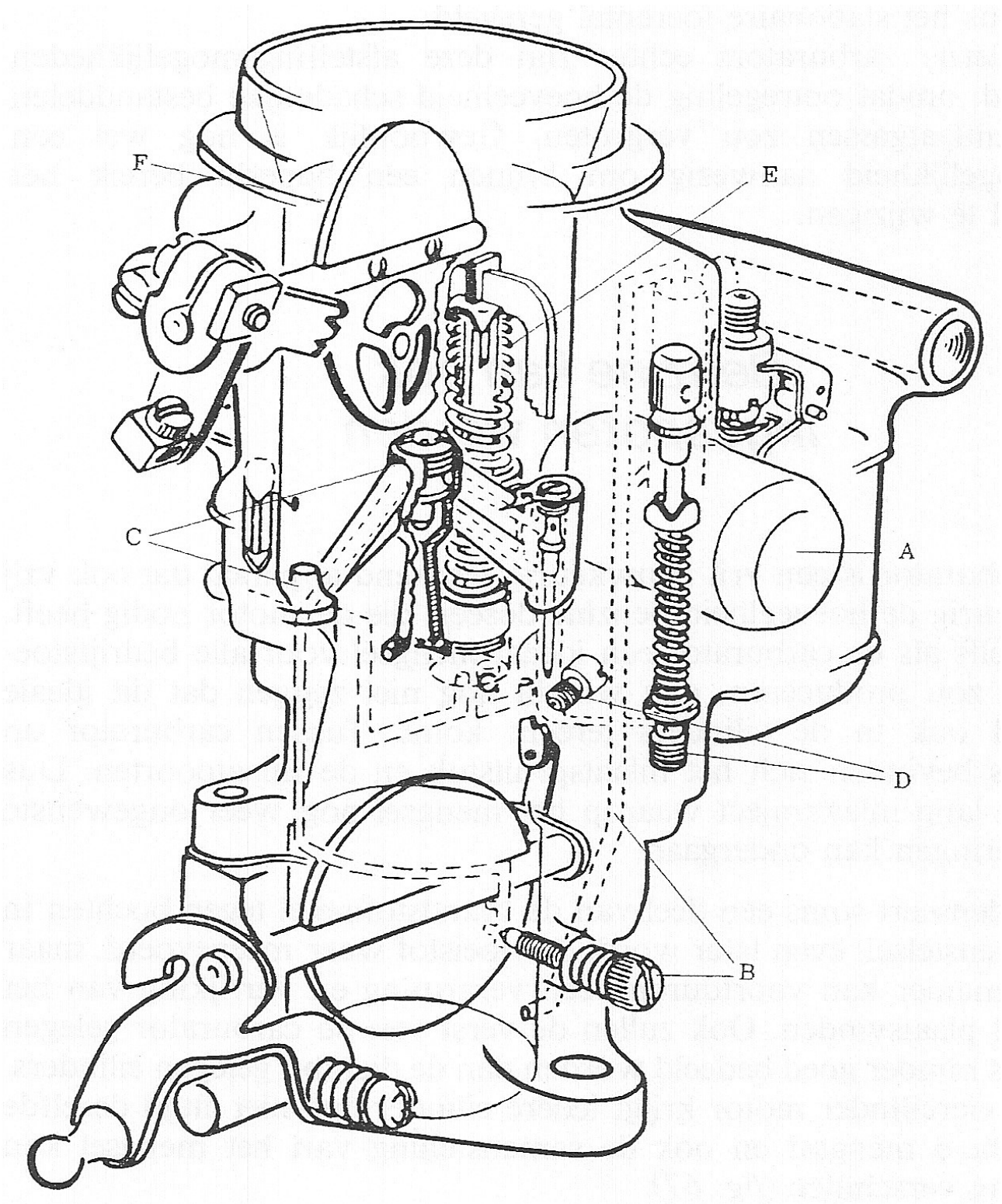

Fig.65. De complete carburator.
A. De vlotterkamer met vlotter.
B. Een omloopkanaal (ook wel 'by-pass' kanaal genoemd), dat uitmondt onder de smoorklep en een stationair mengsel levert.
C. De hoofdsproeier, waarvan de opening in de venturi uitmondt.
D. De compensatie-inrichting en doseur.
E. Acceleratiepomp.
F. Chokeklep.

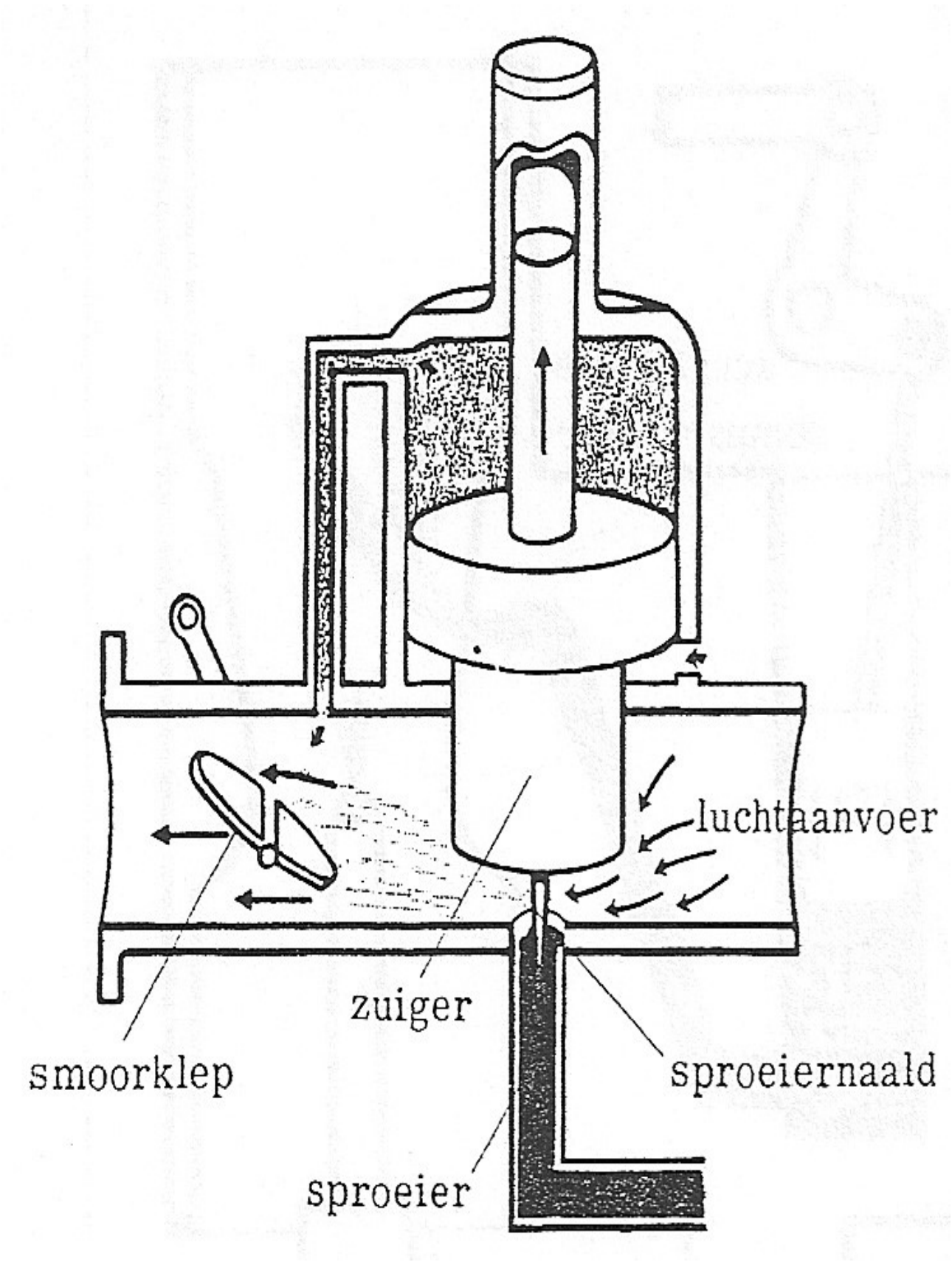

Fig.66. Carburator (horizontaal) met variabele venturi.

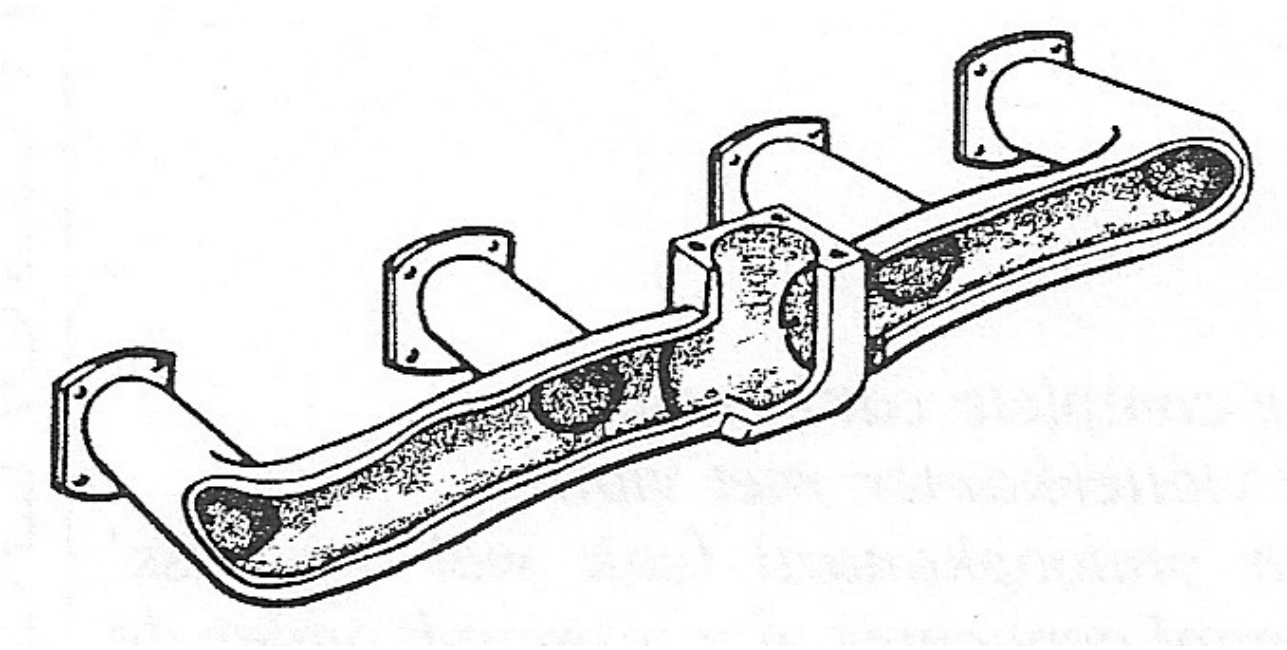

Fig.67. Door condensatie van brandstofdruppeltjes en door de langere weg die het mengsel naar de buitenste cilinders moet afleggen, ondergaat het mengsel veranderingen op het inlaattraject. Daardoor krijgt niet iedere cilinder een mengsel van dezelfde hoeveelheid en samenstelling.

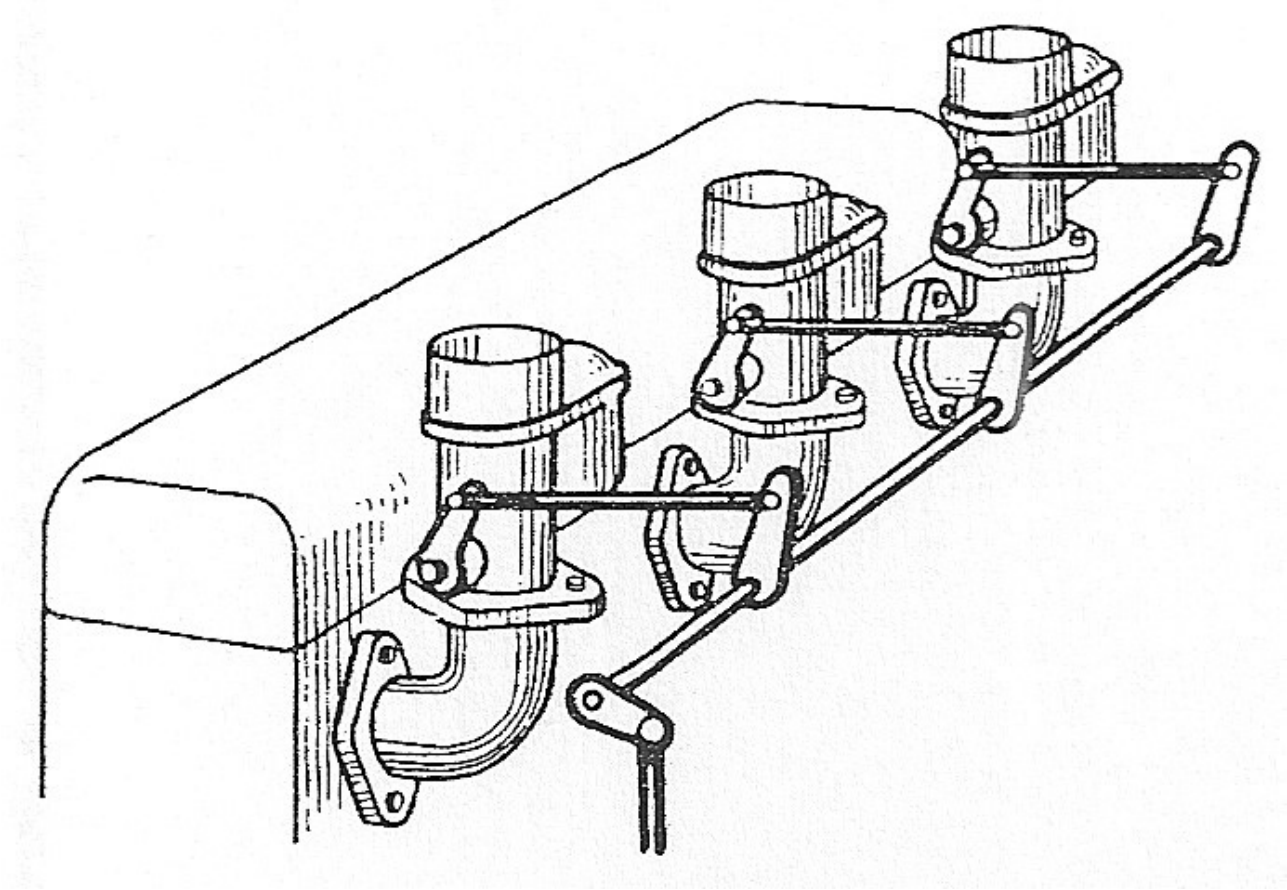

Fig.68. Verbetering in de mengselverdeling is mogelijk door meervoudige carburatie. b.v. drie carburators bij een zescilindermotor.
Een andere mogelijkheid (ook voor een viercilinder motor) is een dubbele carburator.

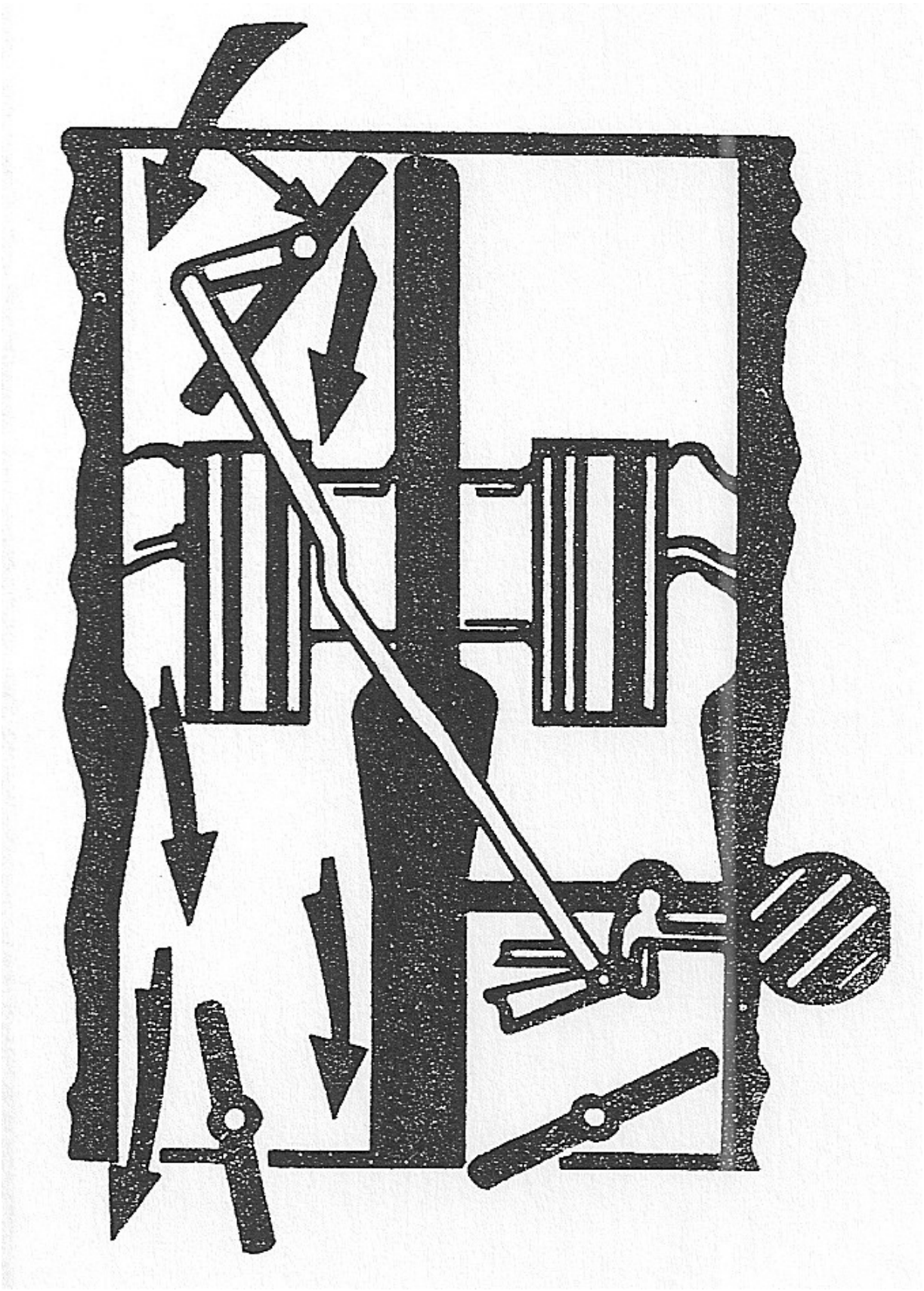

Fig.69. Een dubbele carburato heeft twee luchtbuizen, ieder met een eigen venturi en smoorklep. Er is echter maar 1 vlotterkamer.
Een dubbele carburator kan ook als register (tweetraps)-carburator zijn uitgevoerd. De ene buis (links) treedt in werking bij lage toerentallen. De tweede buis (rechts) doet pas mee bij hogere toerentallen.

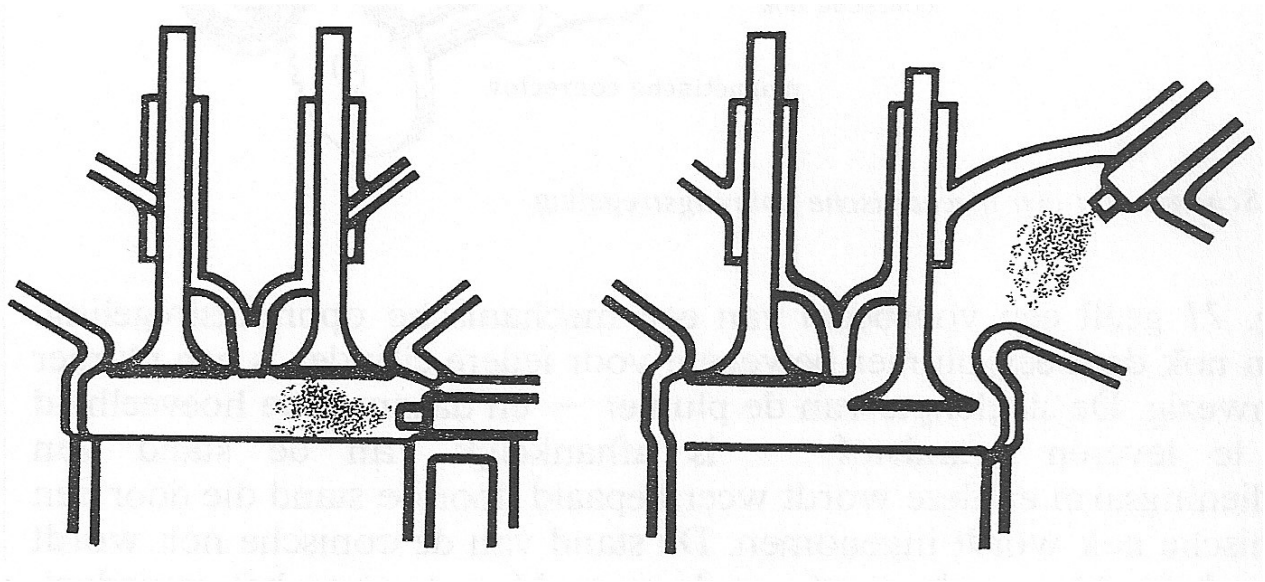

Fig.70. Links A: Directe benzine-inspuiting (in de verbrandingsruimte).
Rechts B: Indirecte benzine-inspuiting (in de inlaatbuis vlak voor de inlaatklep).

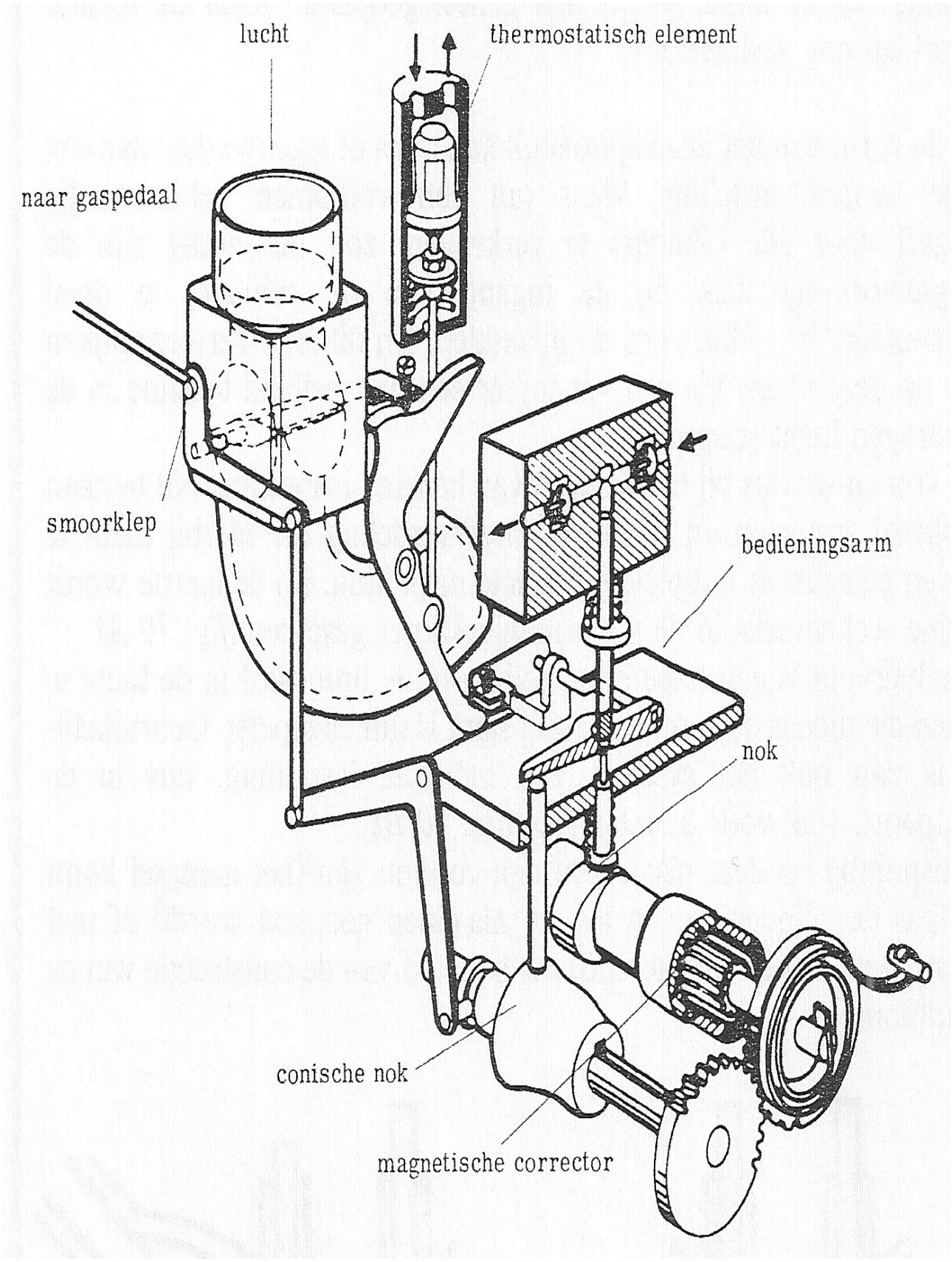

Fig.71. Schema van een mechanische opbrengstregeling.

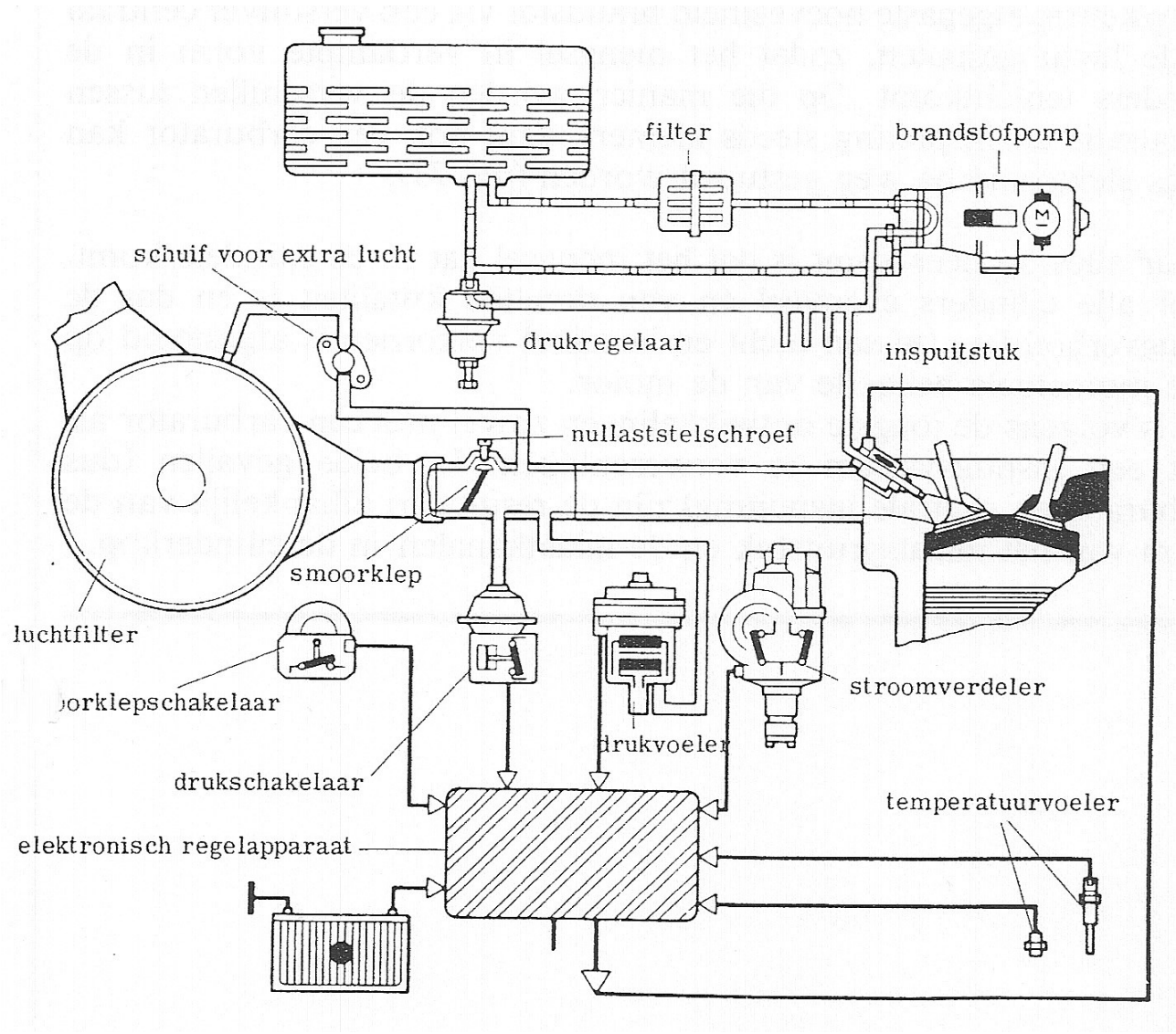

Fig.72. Benzine-inspuitsysteem met een elektronische regeling.
De gegevens (druk in inlaatbuis, toerental, motortemperatuur, enz.) worden opgenomen door diverse signaalgevers. Deze zenden de gegevens door naar een elektronisch rekenapparaat die de inspuitduur van de elektromagnetische verstuivers berekent en daarmee de brandstofopbrengst regelt. De benzine wordt vlak bij de inlaatklep ingespoten.

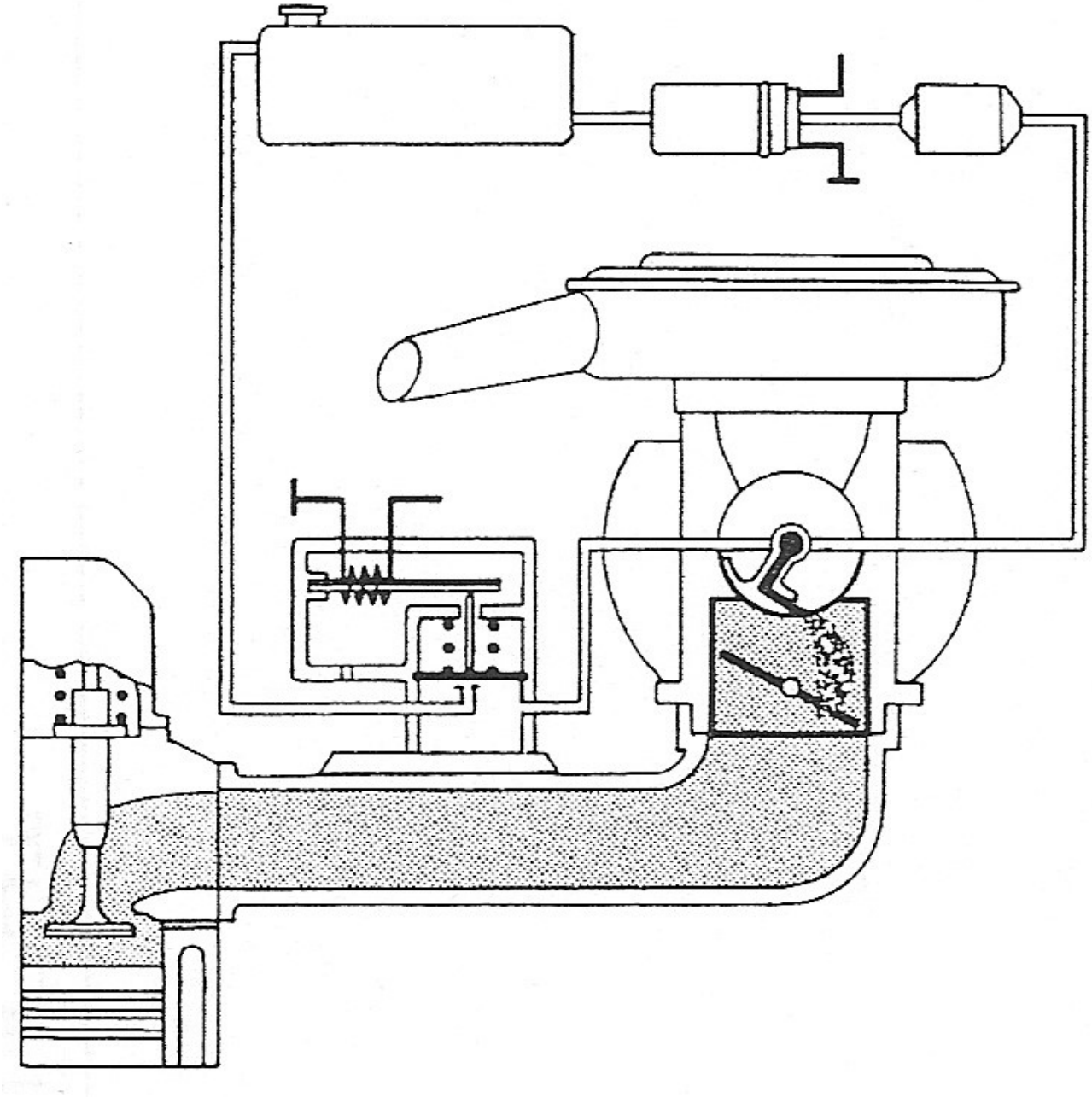

Fig.73. Centrale benzine-inspuiting.

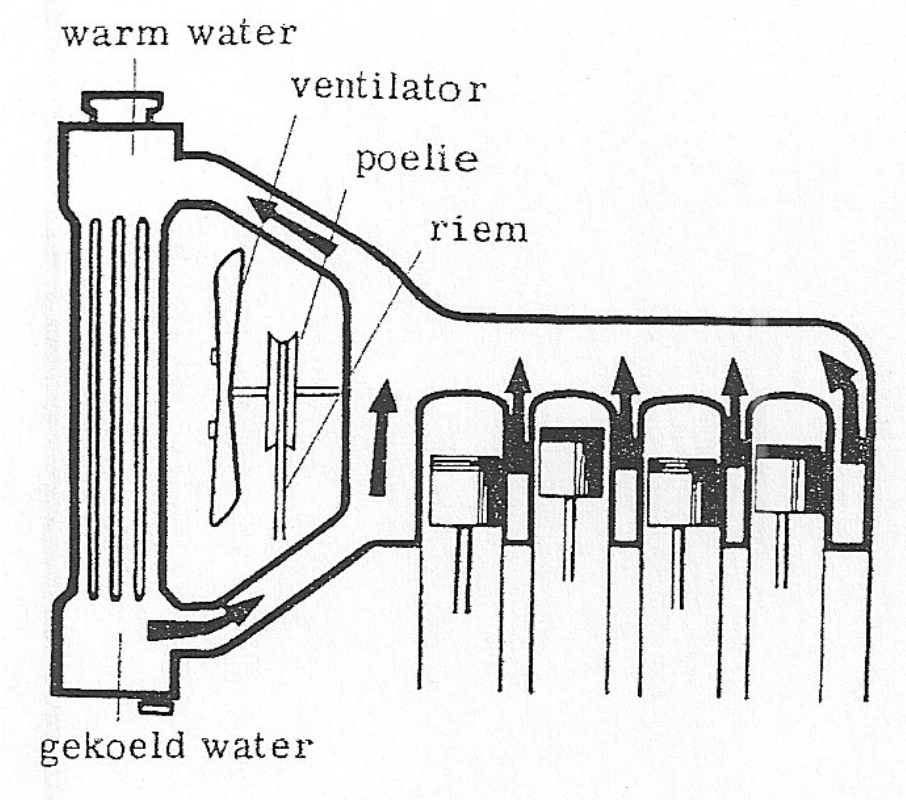

Fig.74. De cilinders zijn omgeven door watermantels. Hierin stroomt het water dat de warmte opneemt en aan de radiateur weer afgeeft.

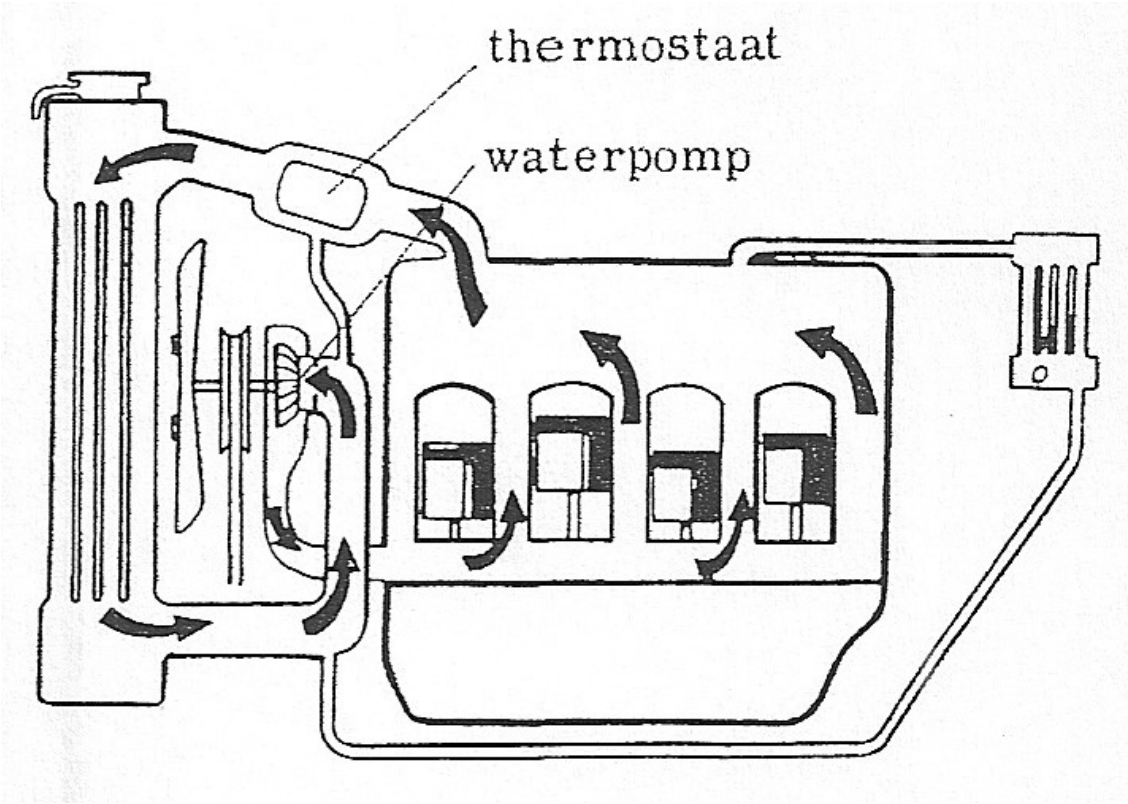

Fig.75. Zonder hulp zou het water niet snel genoeg circuleren en daarom is er een waterpomp aanwezig. Een thermostaat beperkt de circulatie zolang het water nog niet een bepaalde temperatuur heeft bereikt. Het water van het koelsysteem stroomt ook naar de kachel voor interieurverwarming.

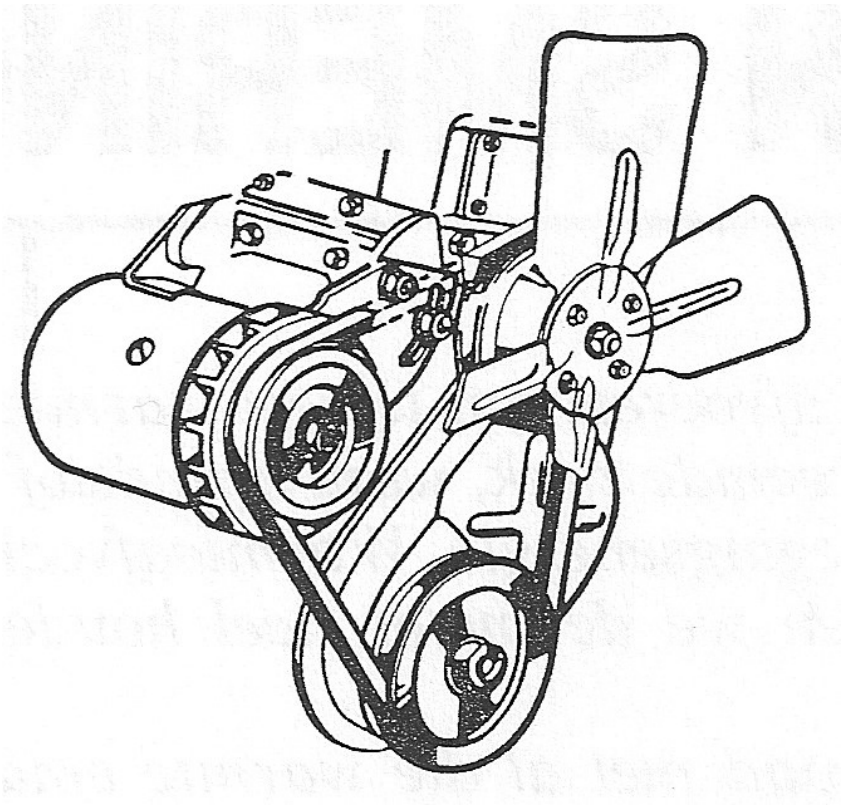

Fig.76. Via een riem worden dynamo en ventilator (en daarmee ook de waterpomp) gemeenschappelijk door de krukaspoelie aangedreven.

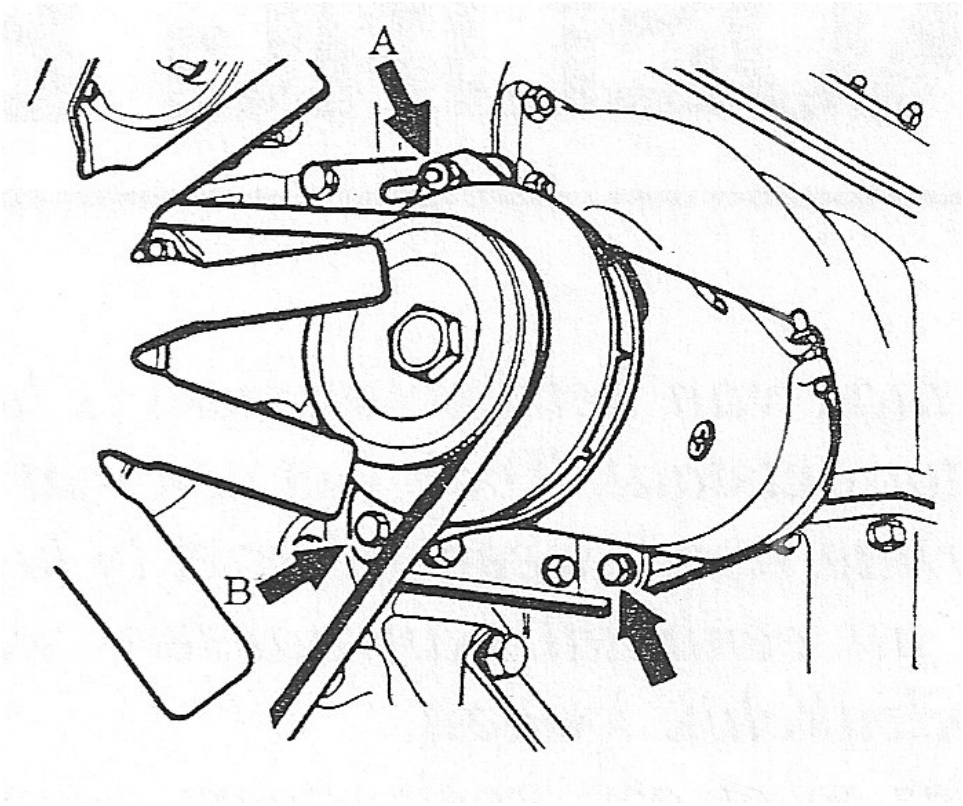

Fig.77. Afstelling van de ventilatorriem door de stelbout A (en soms ook B) terug te draaien: de riem wordt dan gespannen door de alternator naar buiten (dus van de motor af) te trekken.

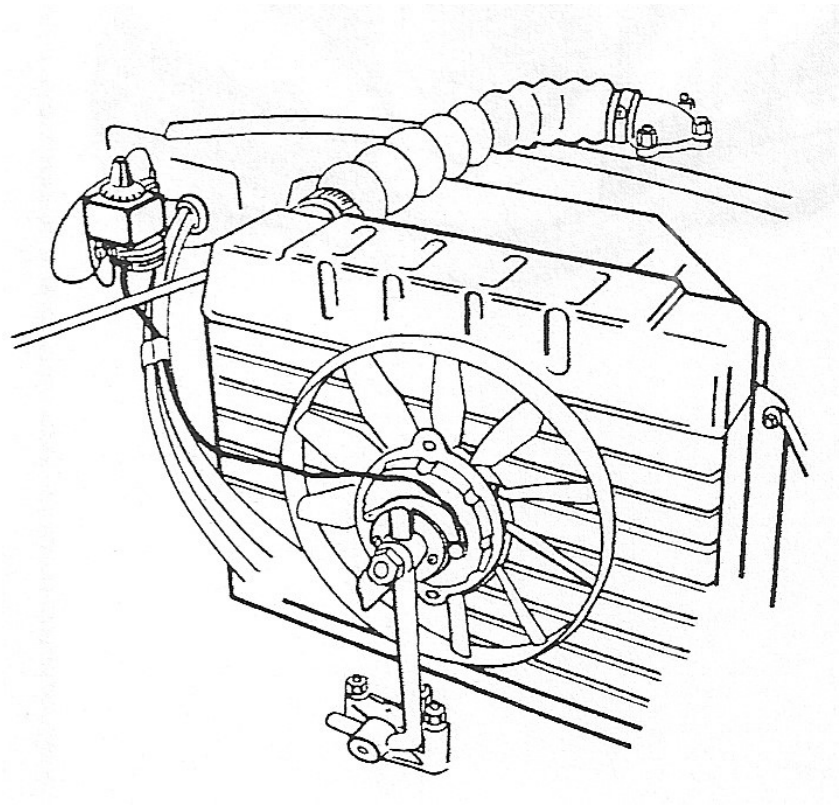

Fig.78. Elektrisch aangedreven ventilator, ingeschakeld door een (soms verstelbare) thermoschakelaar.

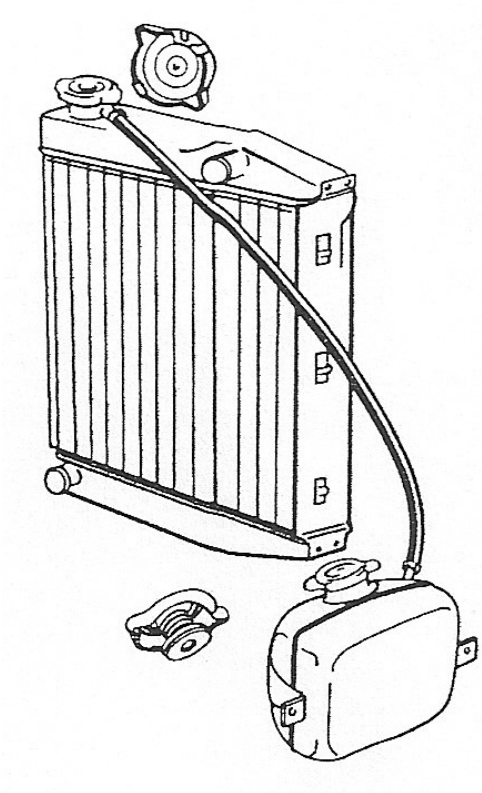

Fig.79. Overdruk-koelsysteem met expansietank. De overdrukknop bevindt zich hierbij niet op de radiateur, maar op de expansietank.

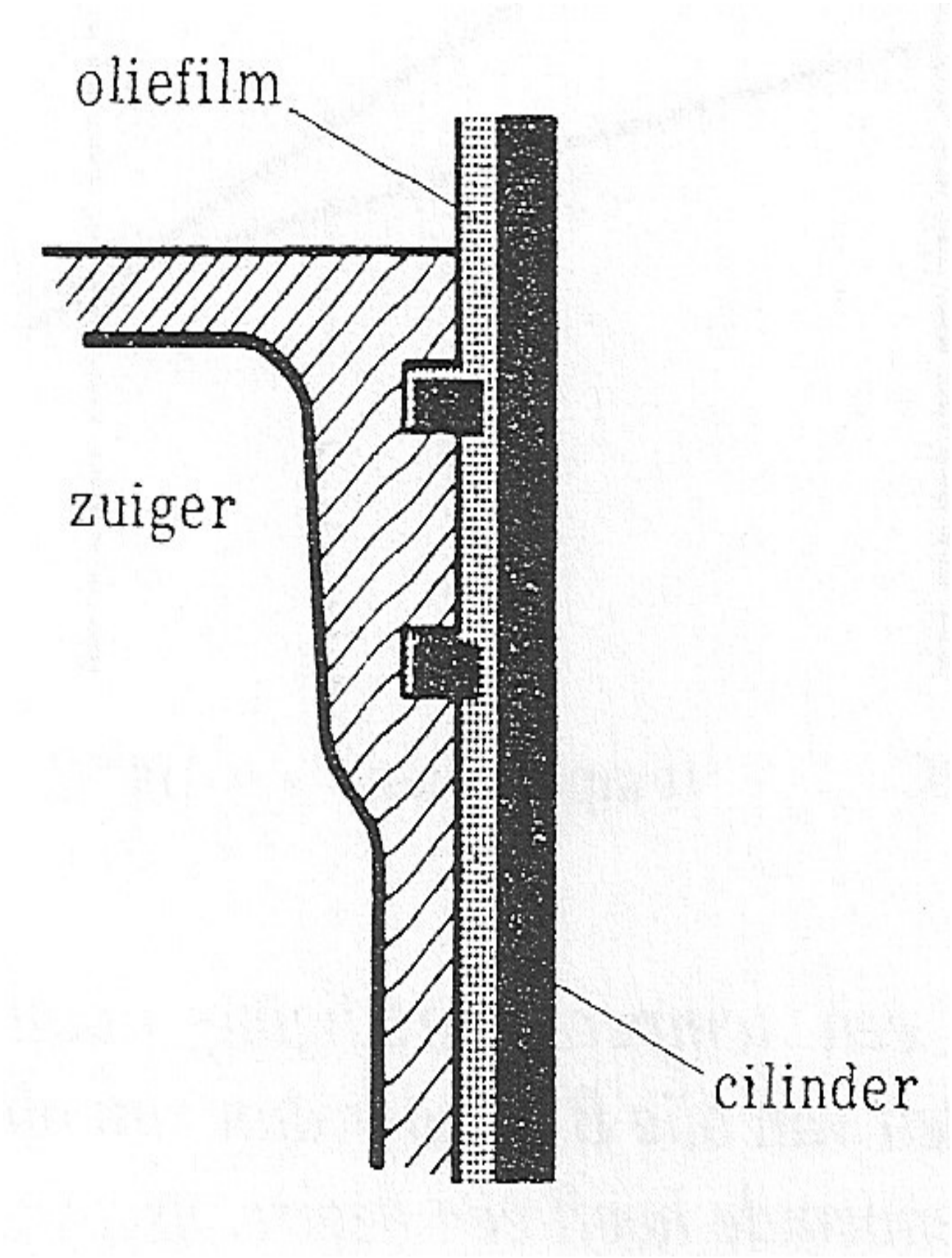

Fig.80. Olie voorkomt wrijving tussen zuigerveren en cilinderwand en voert warmte af naar de cilinder die zelf door water of lucht wordt gekoeld.

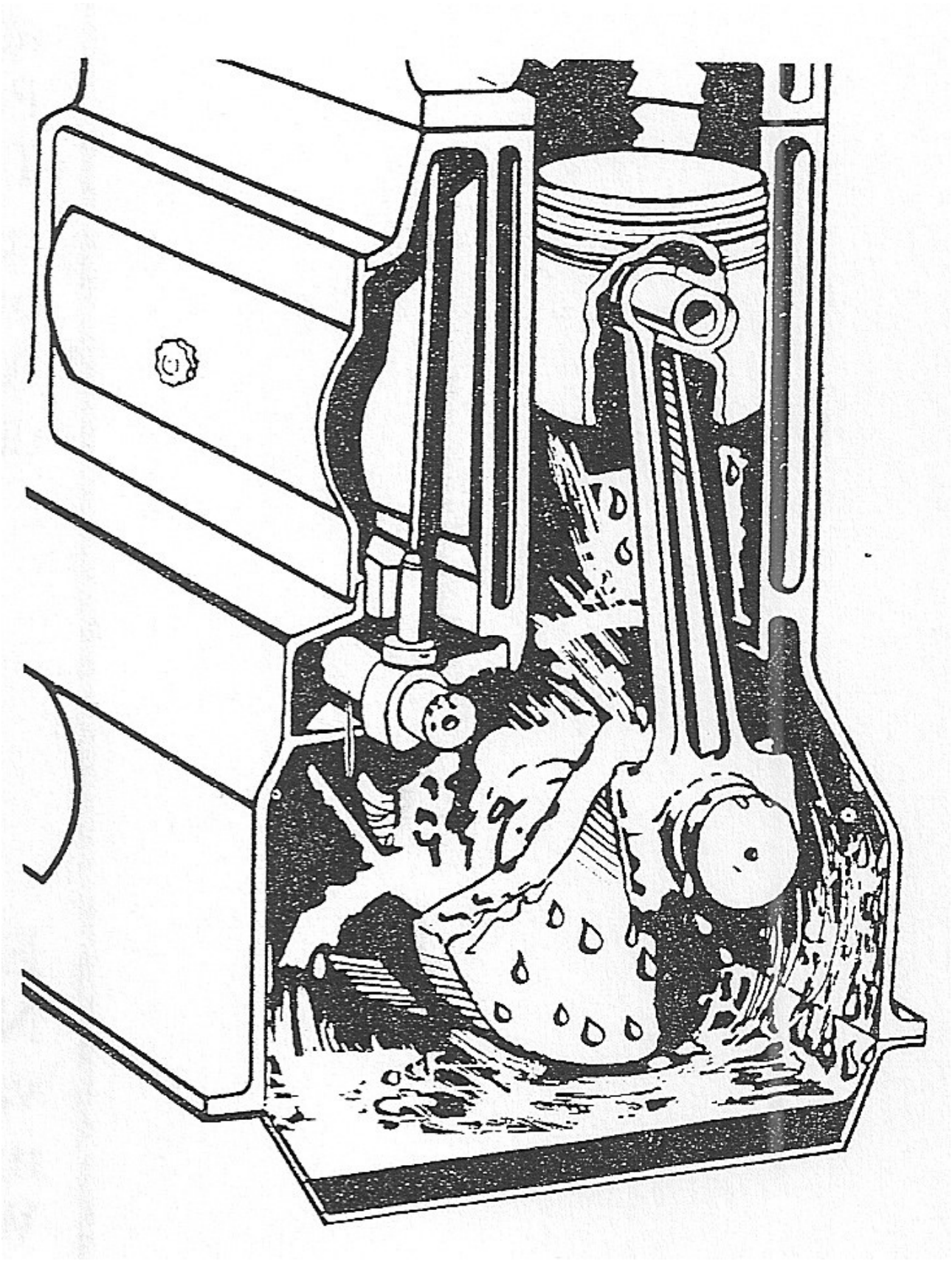

Fig.81. Een olie met een hoge viscositeit is bij lage temperaturen te dik om voor een goede smering te kunnen zorgen.

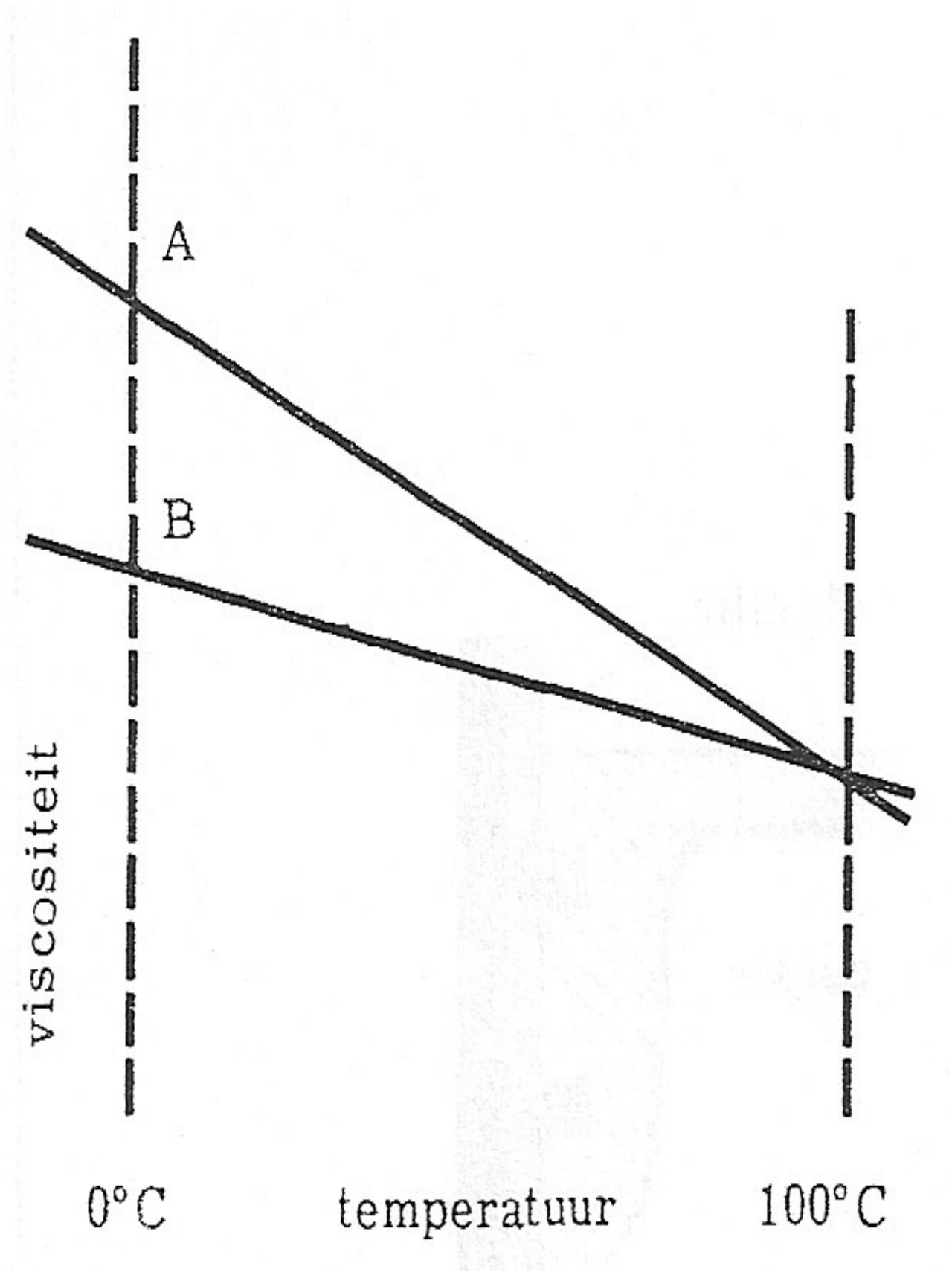

Fig.82. Bij een temperatuurstijging daalt de viscositeit van olie B minder dan van olie A. Eerstgenoemde heeft een betere viscositeitsindex.

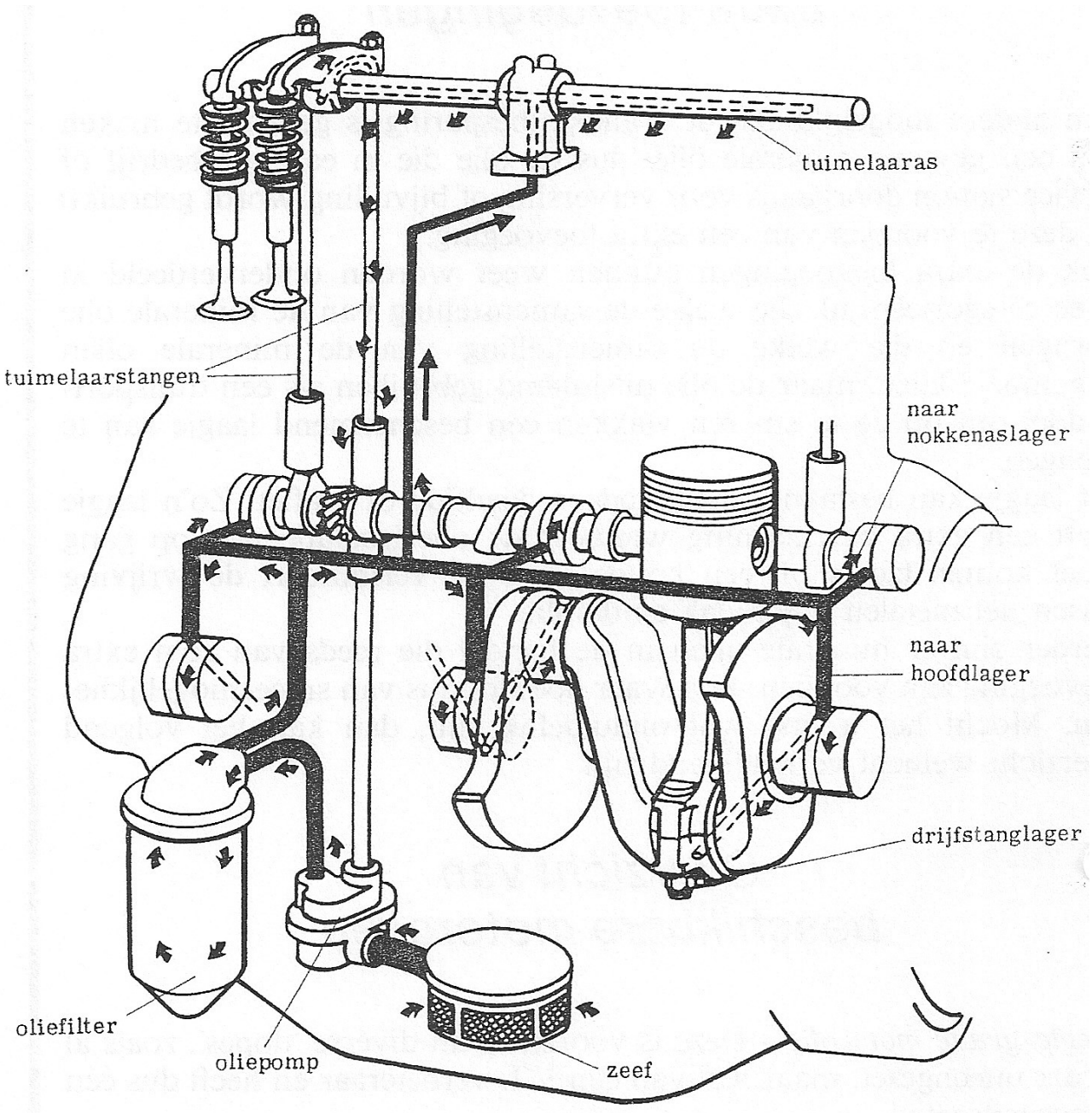

Fig.83. De oliecirculatie in de motor. Een oliepomp zuigt via een zeef olie uit de carter en perst het via een filter naar de oliegalerij. Van hieraf lopen kanalen naar de hooft- en nokkenaslagers en de tuimelaaras.

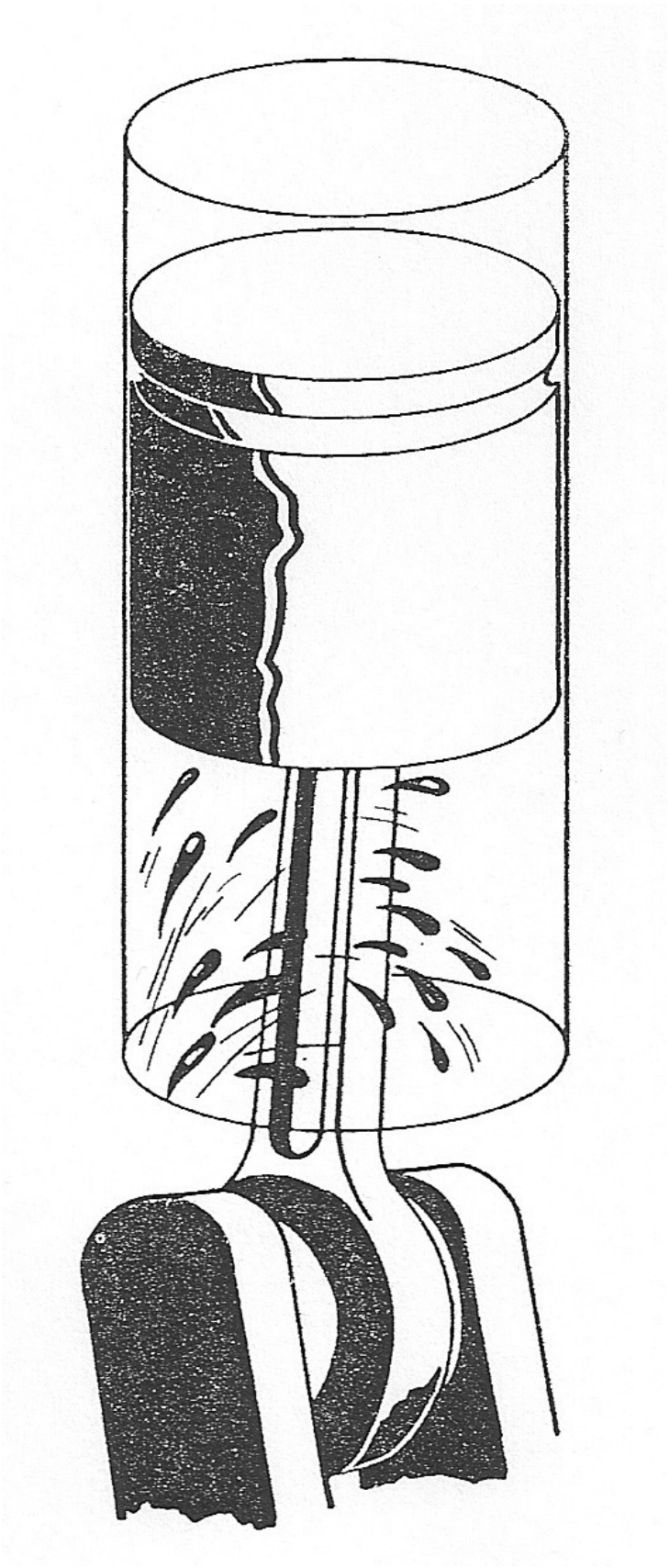

Fig.84. De olie die uit de drijfstanglagers wordt geslingerd, spat tegen de cilinderwand, zuiger en zuigerveren.

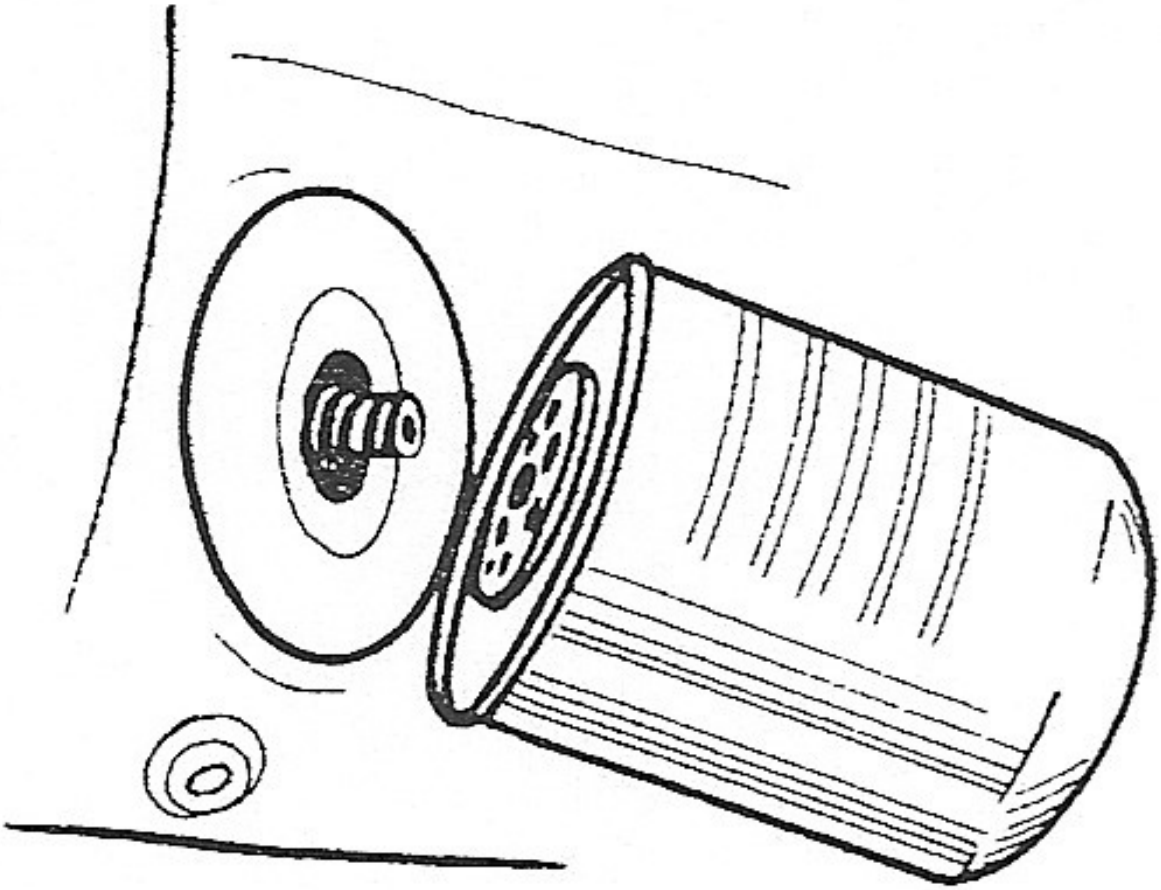

Fig.85. Oliefilter en huis als één geheel (wegwerpfilter) dat op een nippel aan het motorblok past.

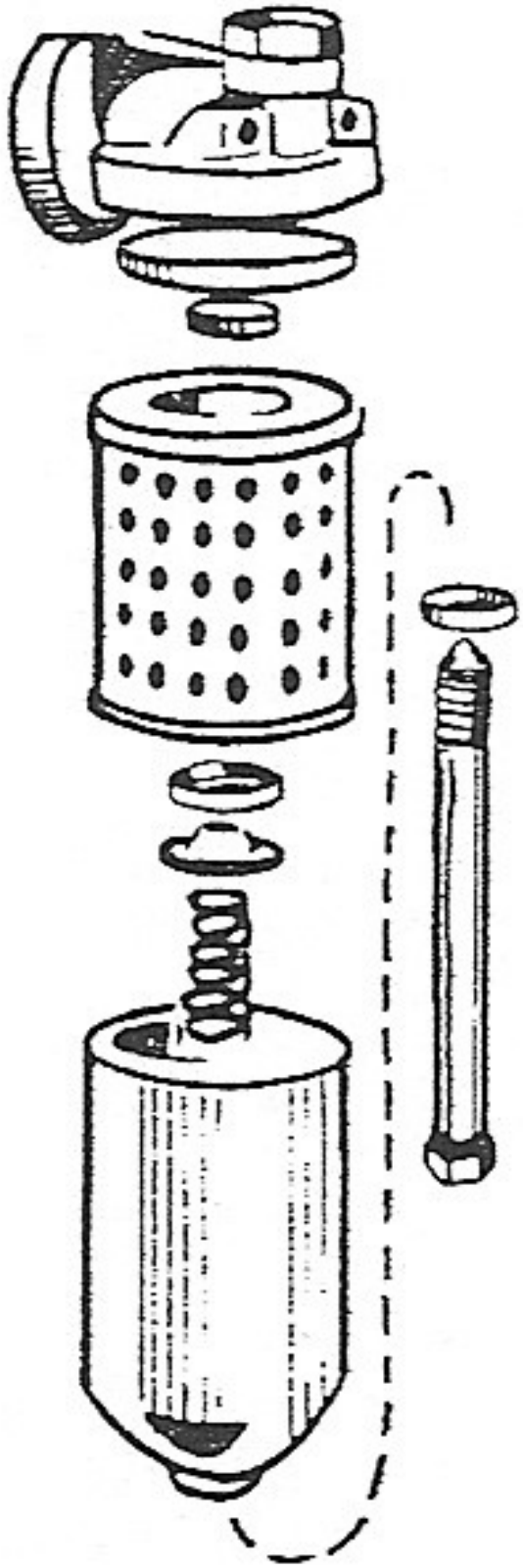

Fig.86. Oliefilter met afzonderlijk huis en filterpatroon. Het huis wordt met een centrale bout tegen de filterkop van het motorblok bevestigd.

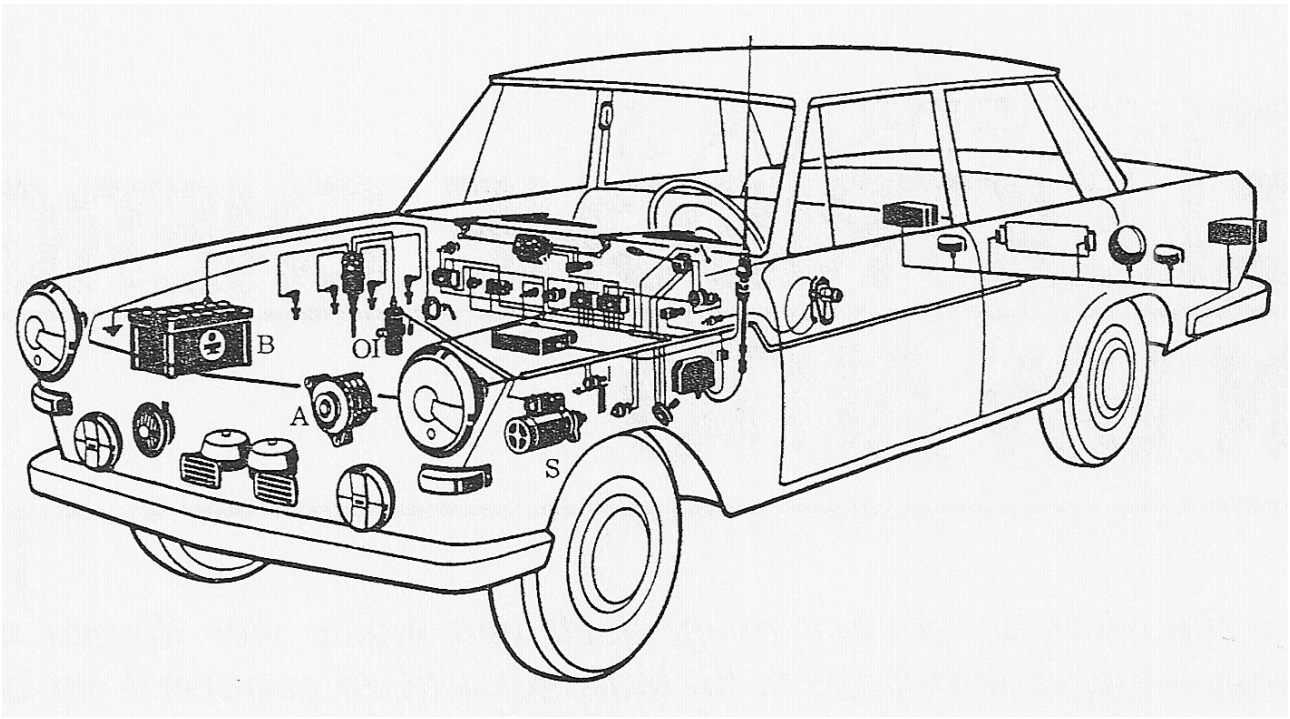

Fig.87. De elektrische installatie van een auto, waarbij een onderscheid kunnen maken tussen leveranciers (A = Alternator, B = Batterij) en gebruikers van elektrisch energie. De startmotor (S) is een grootverbruiker. Een bijzondere verbruiker is de ontstekingsinstallatie (OI)

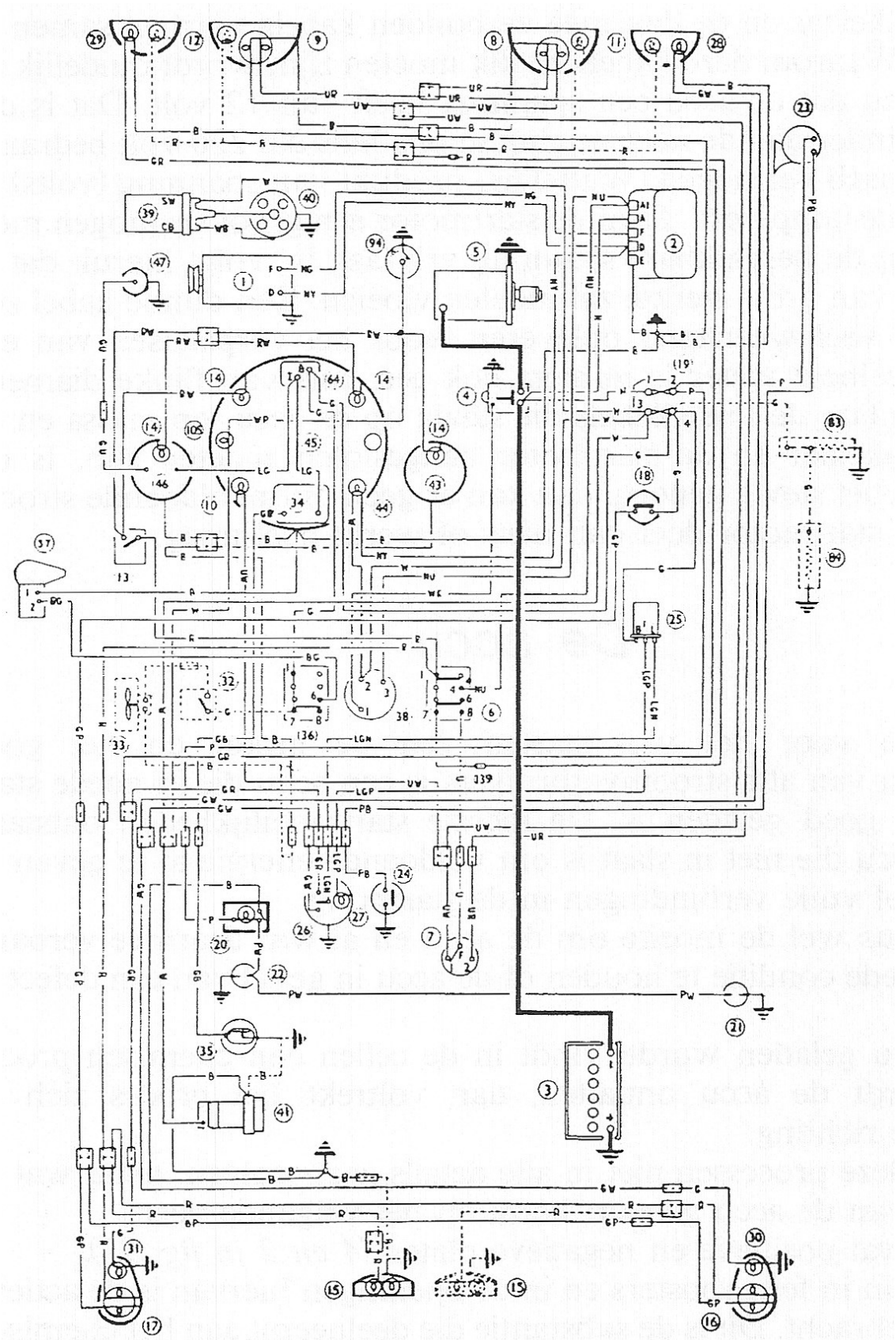

Fig.88. Schakelschema, ook wel bedradingsschema genoemd, van een Mini.

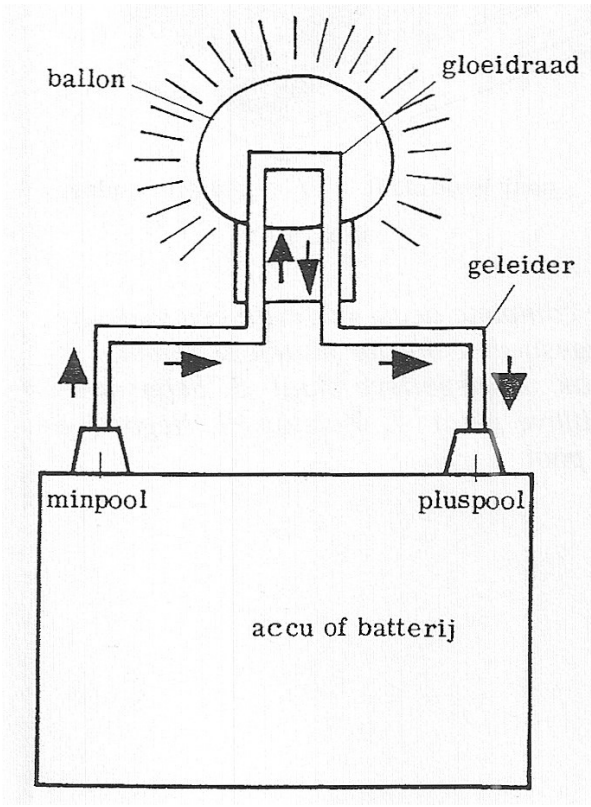

Fig.89. Tussen de polen van een accu heerst een spanningsverschil en daarom kan er in een gesloten kring een stroom vloeien.

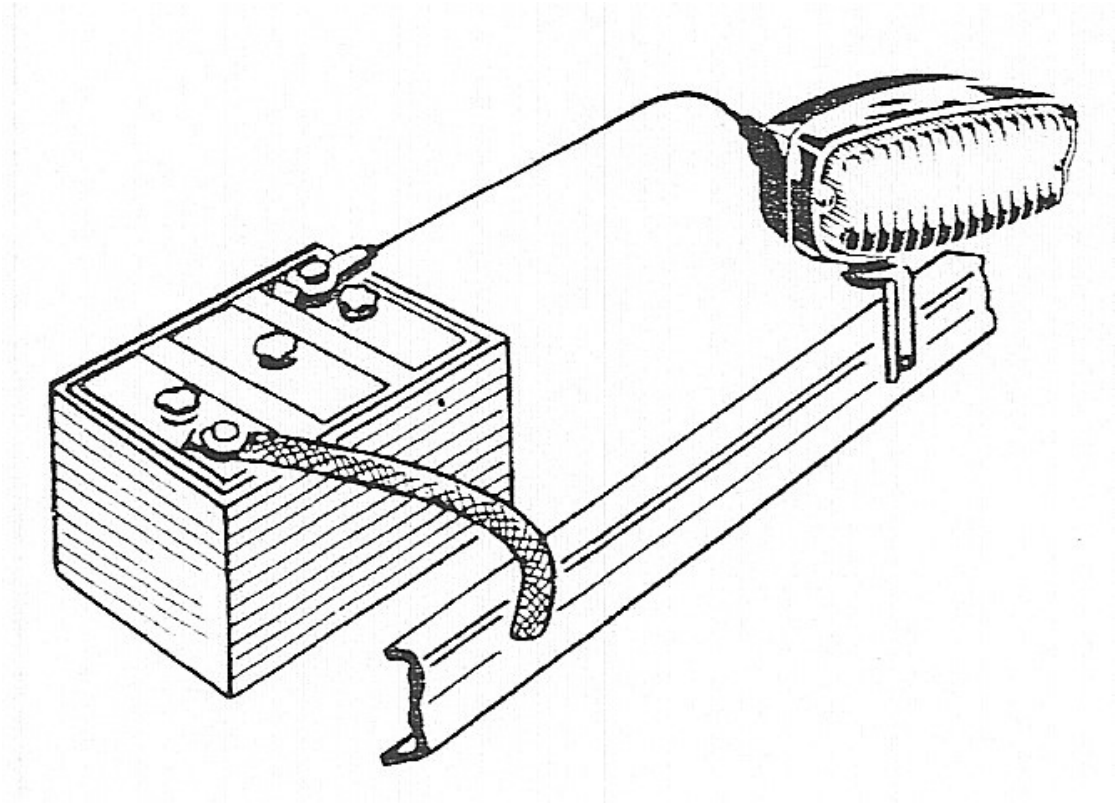

Fig.90. De metalen carrosserie van een auto fungeert als stroomgeleider en daarom is een stroomverbruiker, zoals een lamp, maar met één kabel op de accu aangesloten.

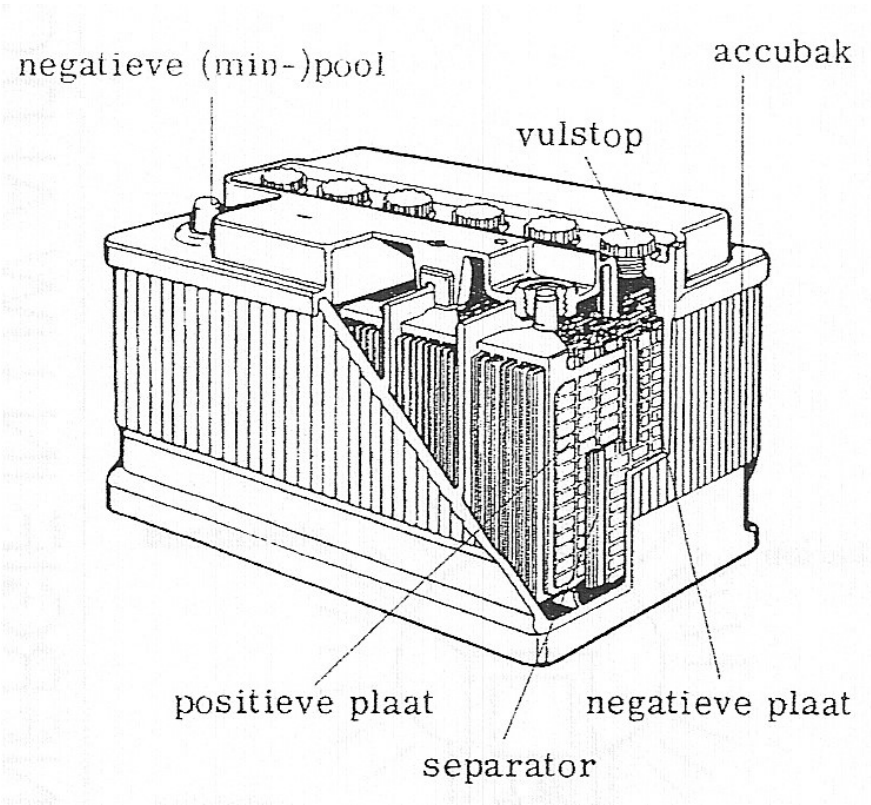

Fig.91. De complete accu waarvan een gedeelte is weggesneden om de platen te tonen.

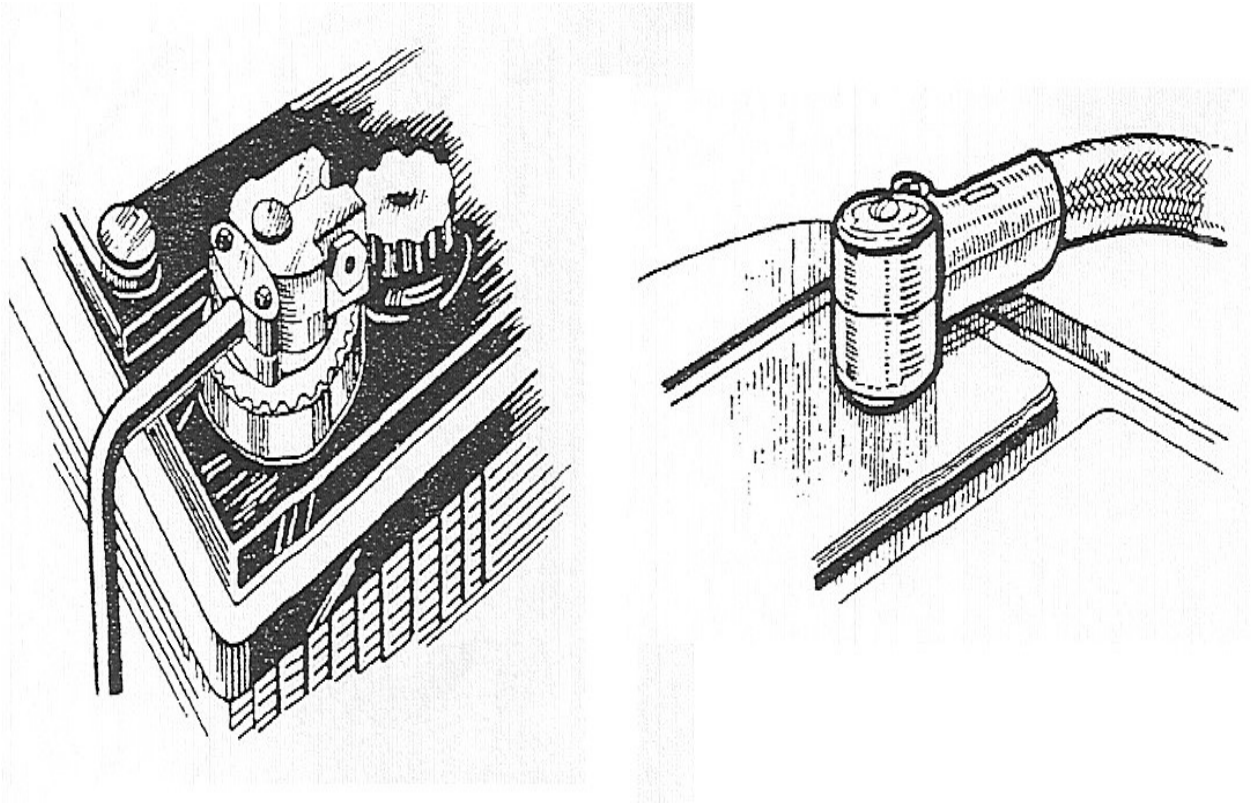

Fig.92 A en B. Twee manieren om een accukabel op een accupool te bevestigen. De verbinding moet schoon en stevig zijn, anders is de stroomdoorgang onvoldoende.

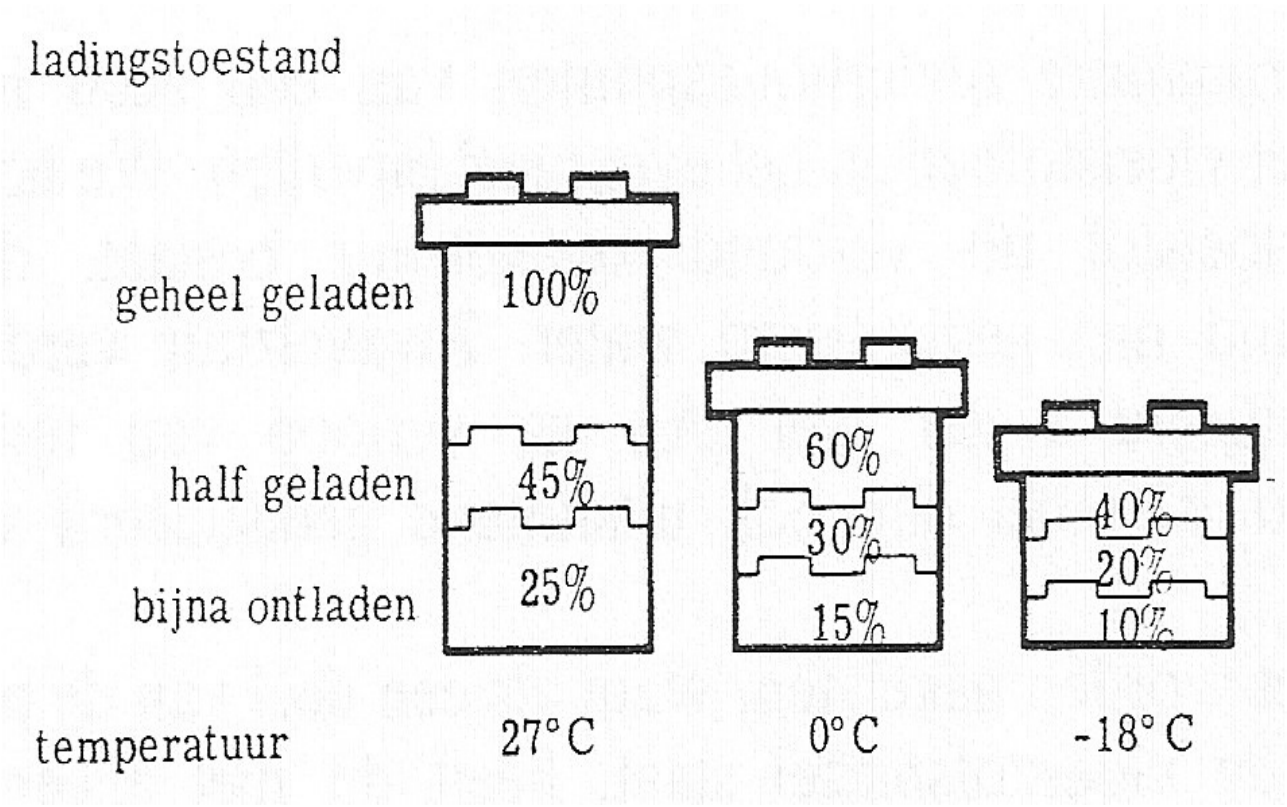

Fig.93. Hoe de startcapaciteit van een accu afneemt naarmate de temperatuur daalt.

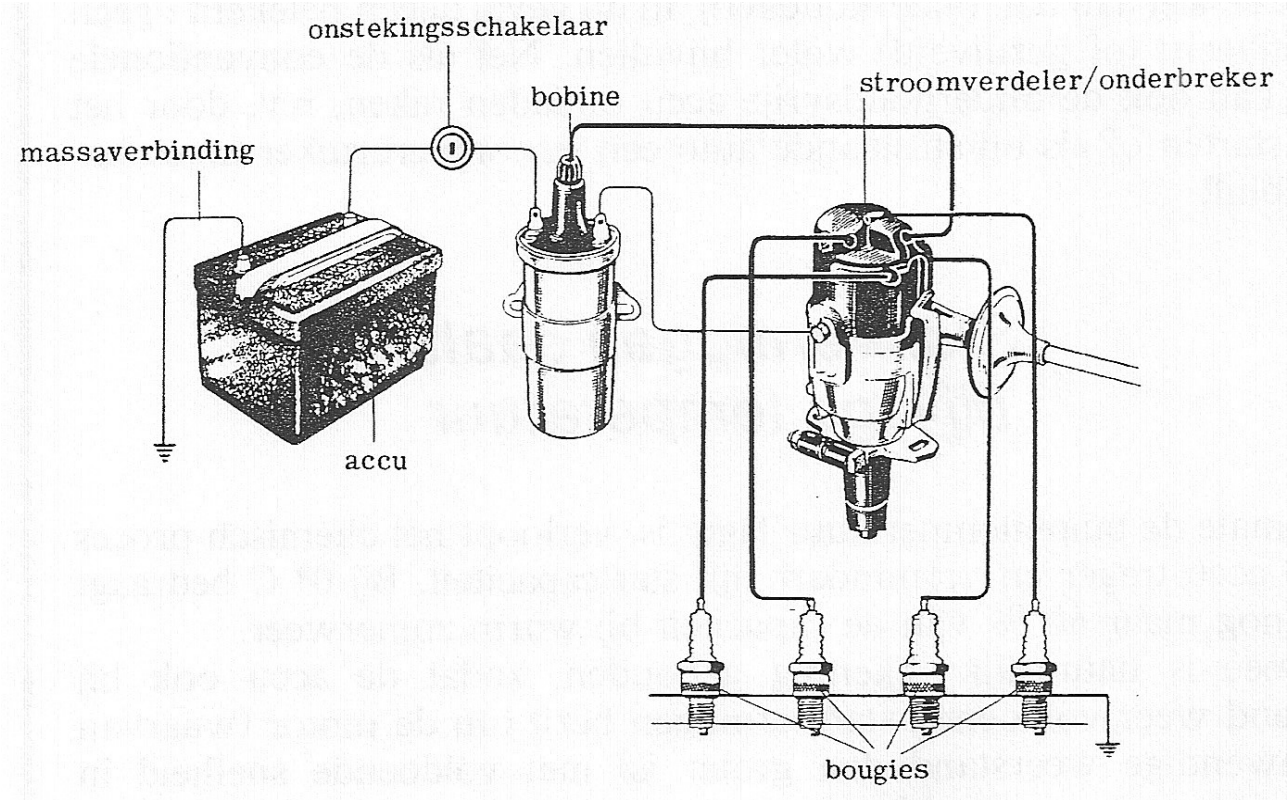

Fig.94. De onderdelen van de ontstekingsinstallatie.

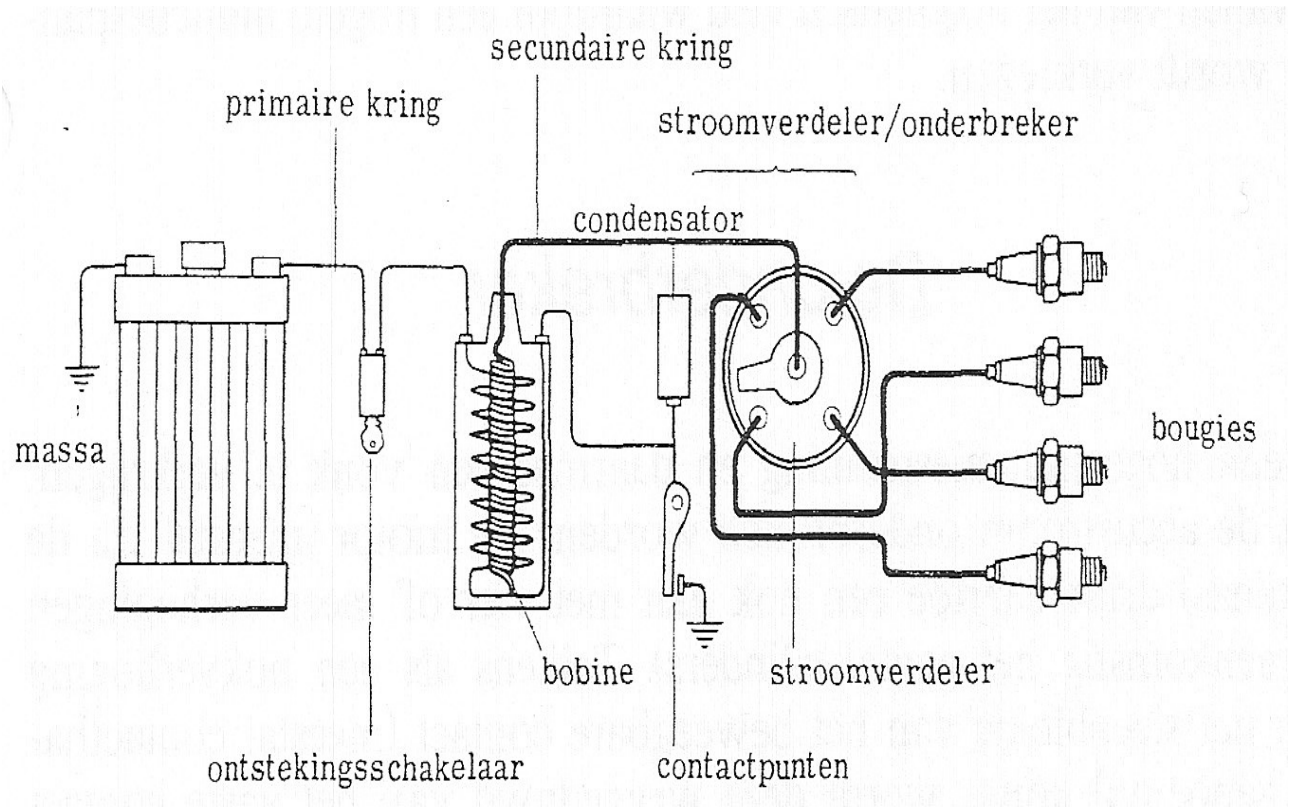

Fig.95. Dezelfde onderdelen, maar nu behorende tot de primaire (laagspannings-) en secundaire (hoogspannings-) kring.

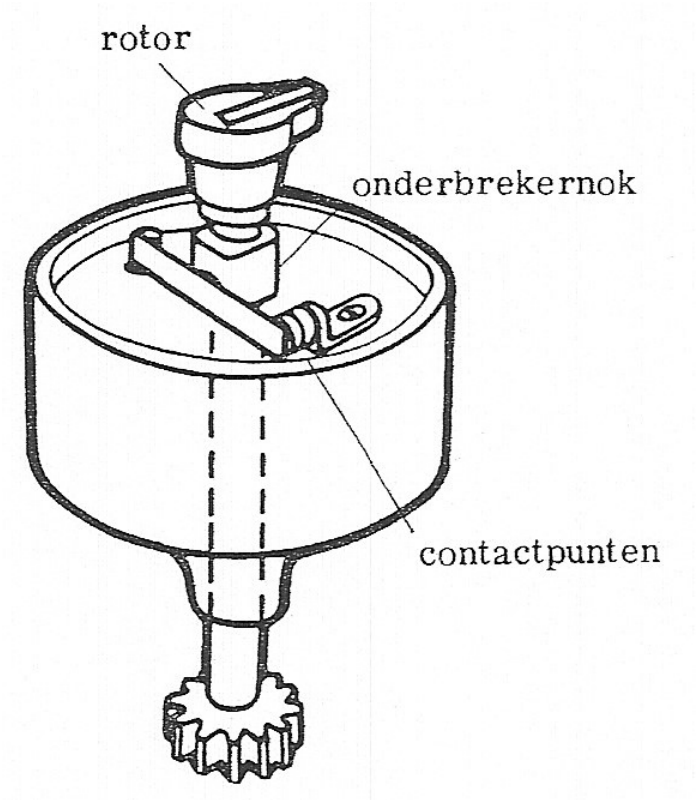

Fig.96. De door de motor aangedreven onderbrekernok in het stroomverdelerhuis. Boven op de nok de rotor.

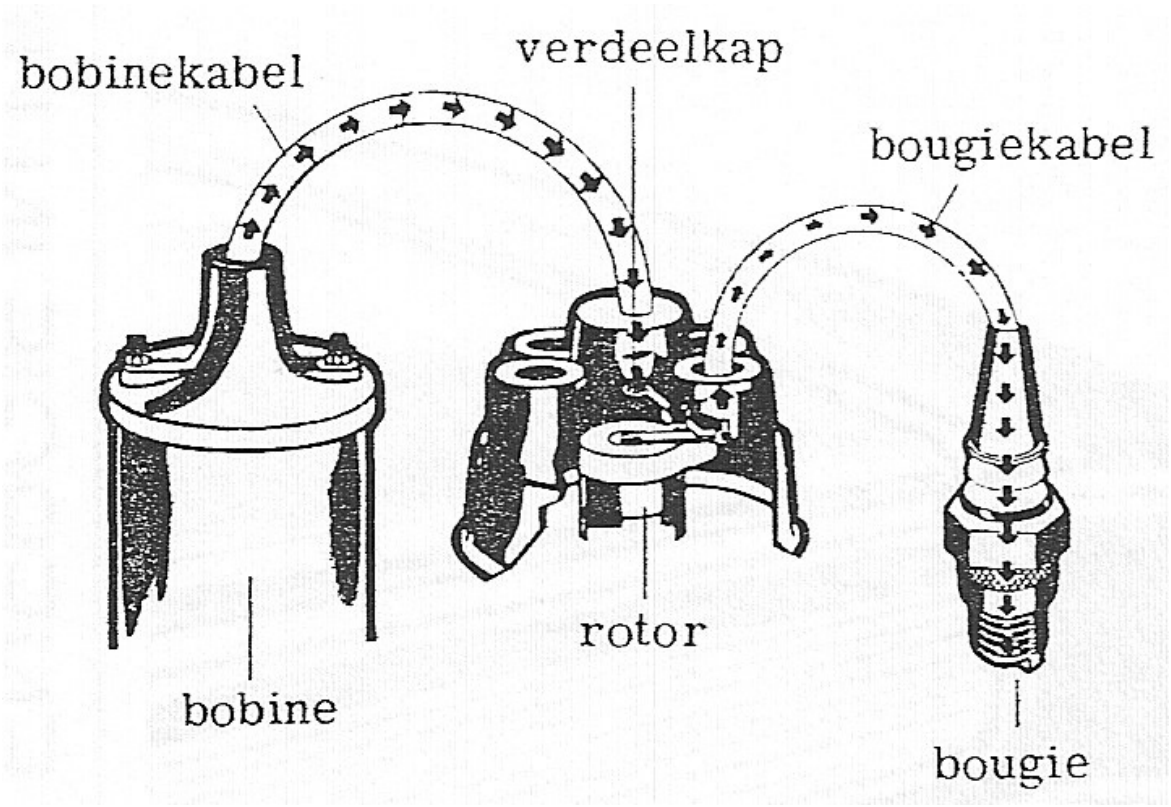

Fig.97. De weg van een hoogspanningsimpuls vanaf de bobine naar de bougie-elektroden.

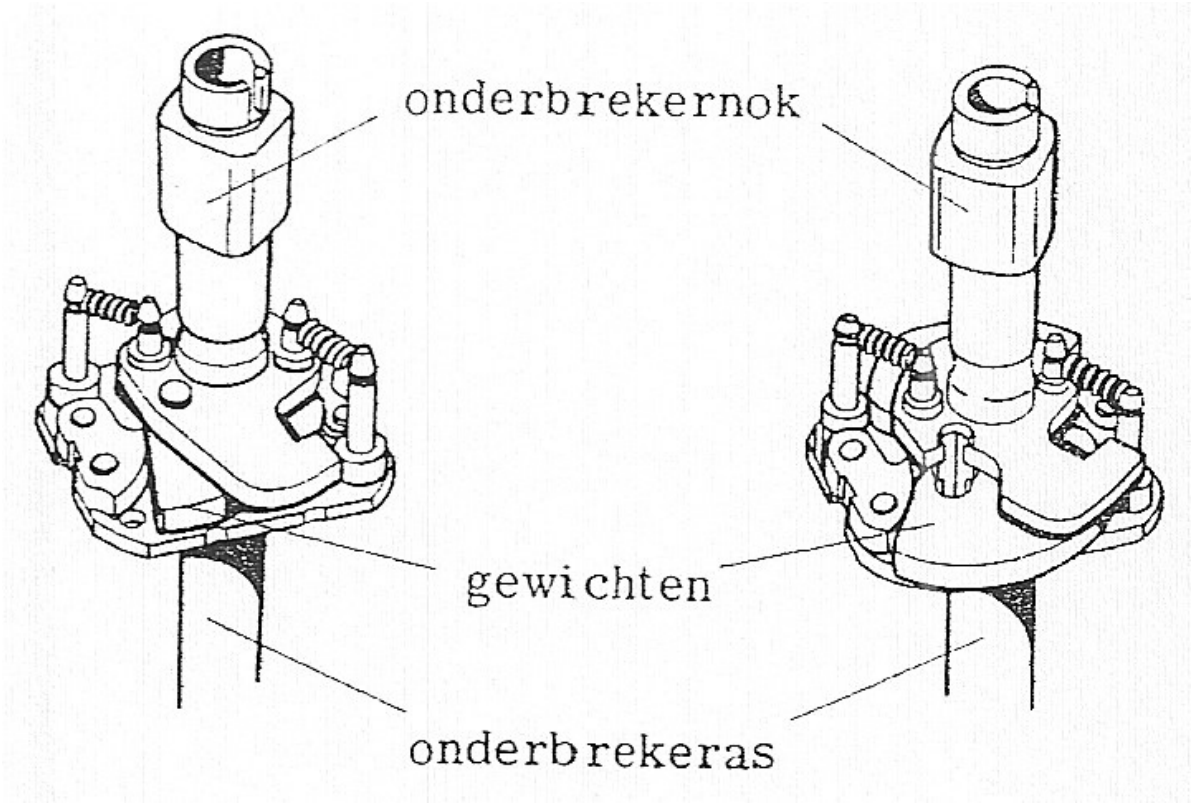

Fig.98. De centrifugaalvervroeging (mechanisch vervroegingsmechanisme).

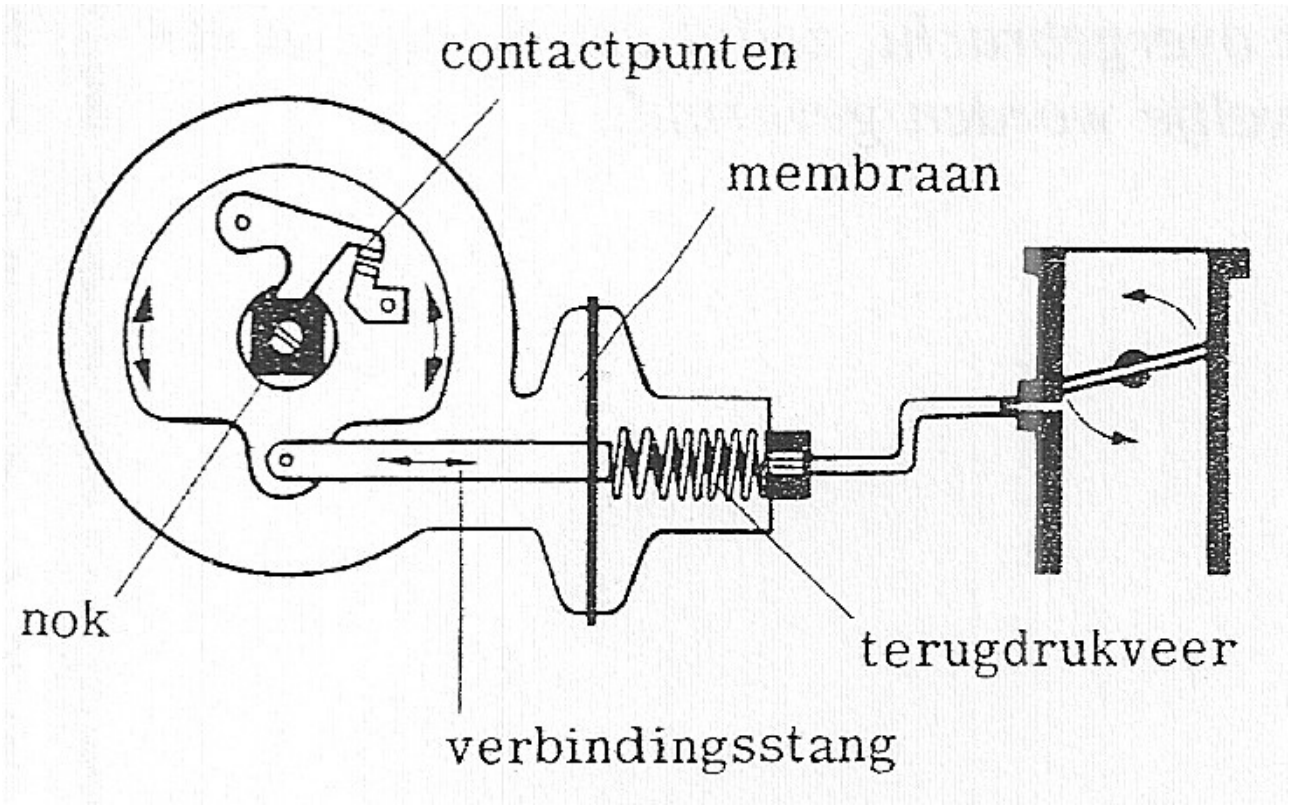

Fig.99. De vacuumvervroeging.

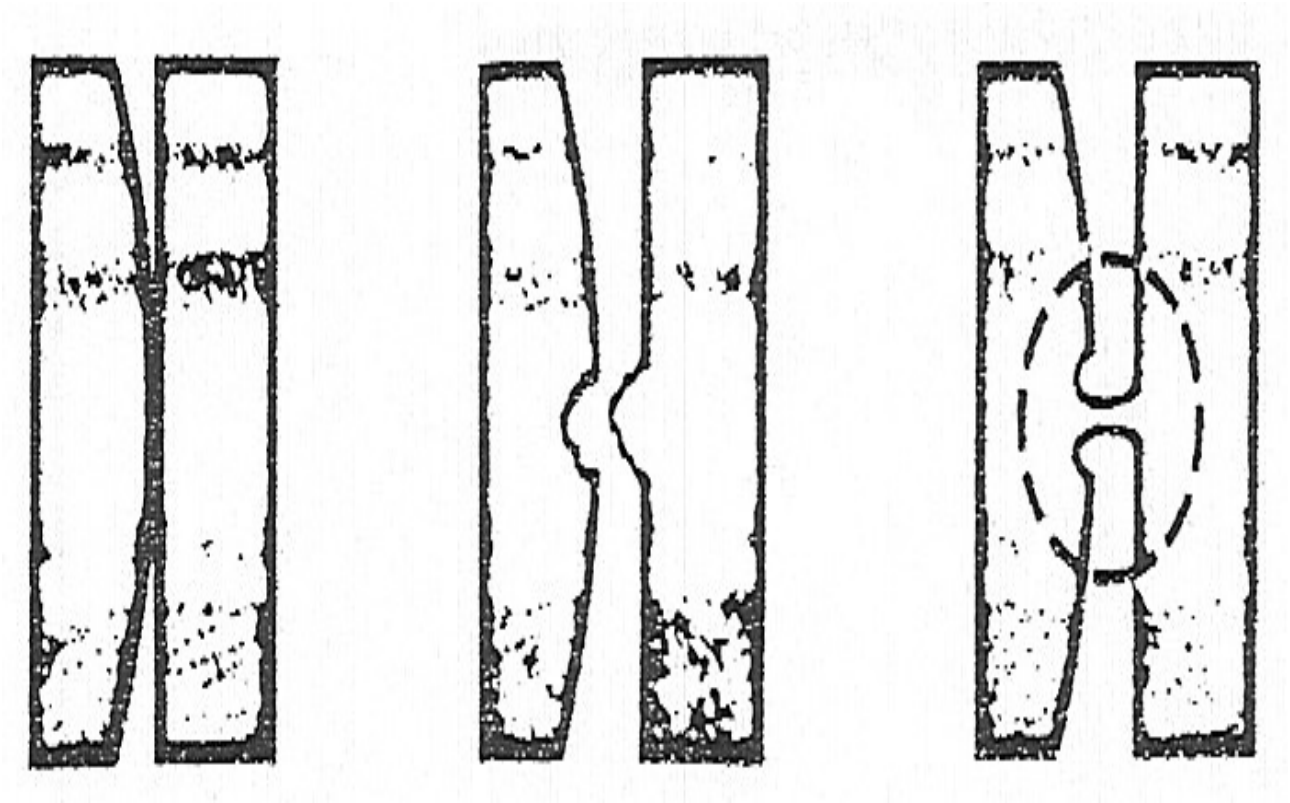

Fig.100. Telkens als de contactpunten van elkaar gaan, wordt er een kleine hoeveelheid materiaal van het ene op het andere vlak overgebracht, zodat een kuiltje en een heuveltje wordt gevormd.

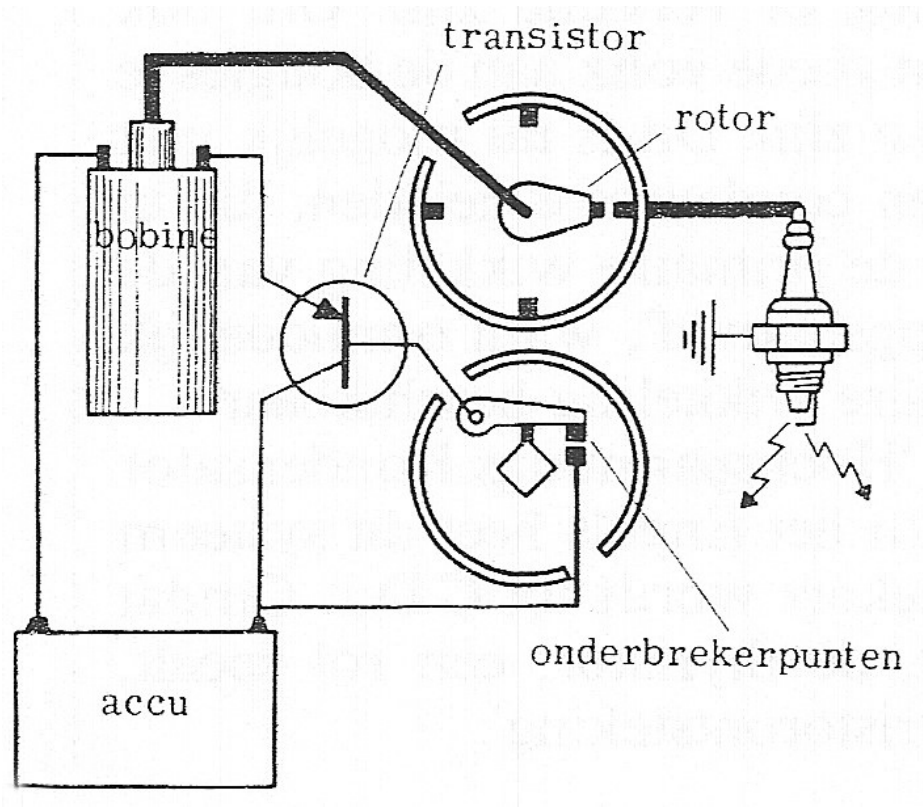

Fig.101. Getransistoriseerde ontsteking, contactgestuurd, want de contactpunten (onderbrekerpunten) blijven behouden. Ze voeren slechts een zwakke stroom om de transistor te sturen en deze onderbreekt de nu grotere stroom van accu naar bobine.

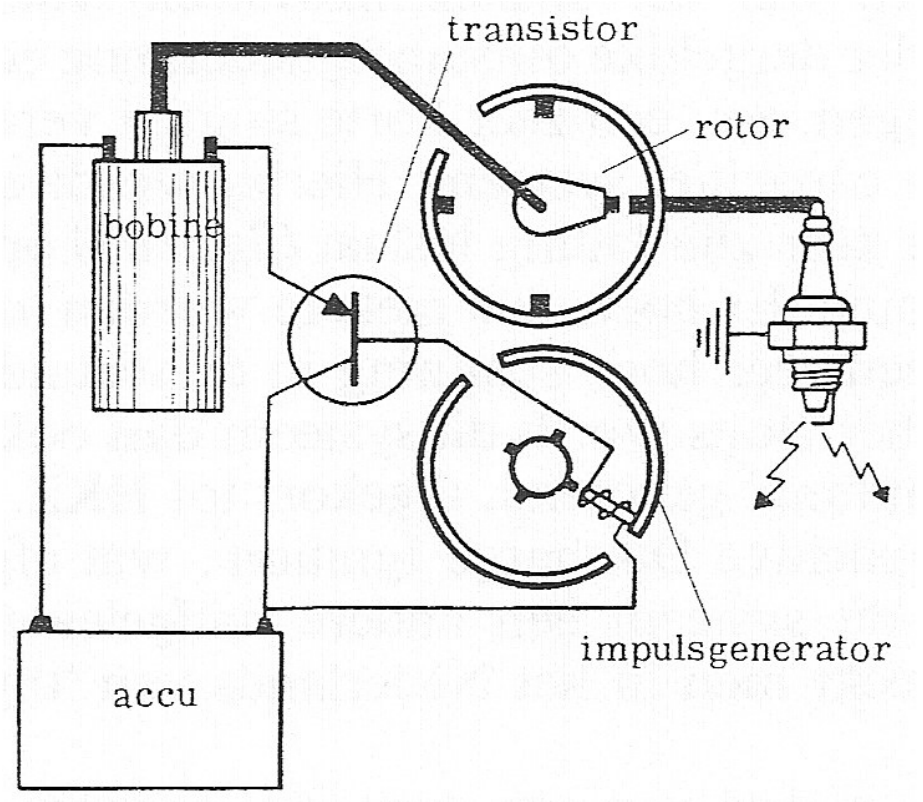

Fig.102. De contactpunten zijn vervangen door een impulsgever en er is nu een contactloze transistorontsteking ontstaan.

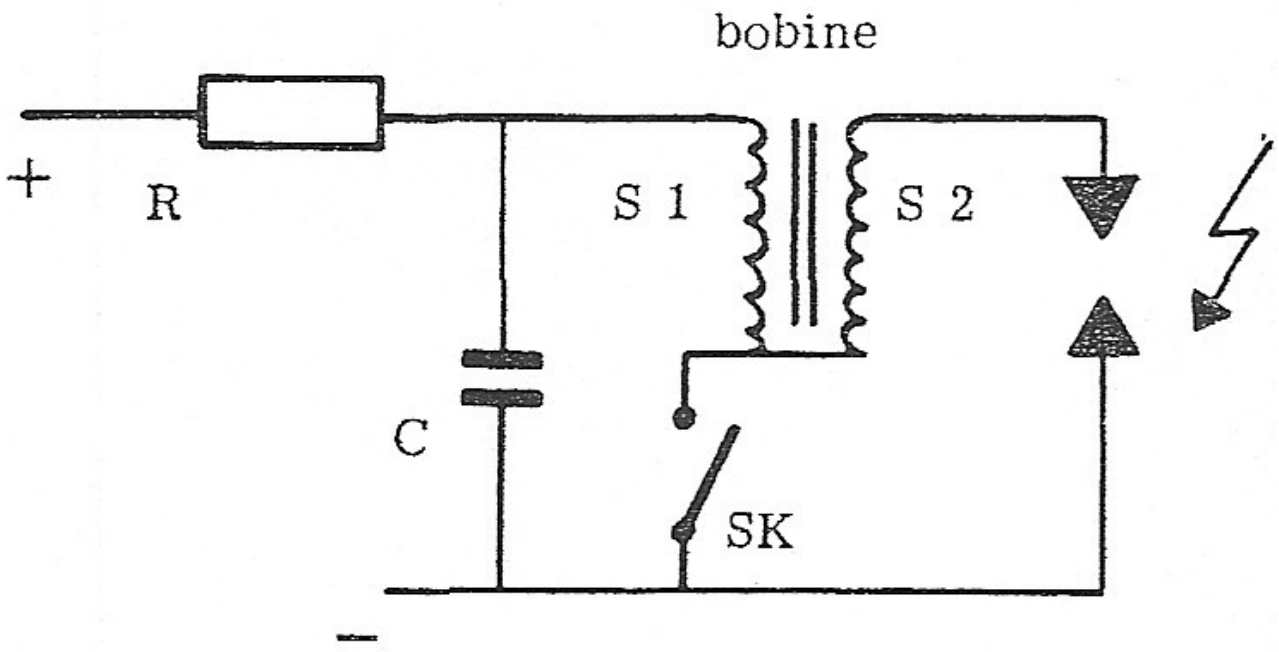

Fig.103. Principes van een capacitieve of thyristorontsteking (contactgestuurd). Een condensator (C) ontlaadt zich over een bobine die als transformator fungeert en in uiterst korte tijd een hoogspanningsimpuls geeft. Ook een thyristorontsteking kan contactgestuurd zijn.

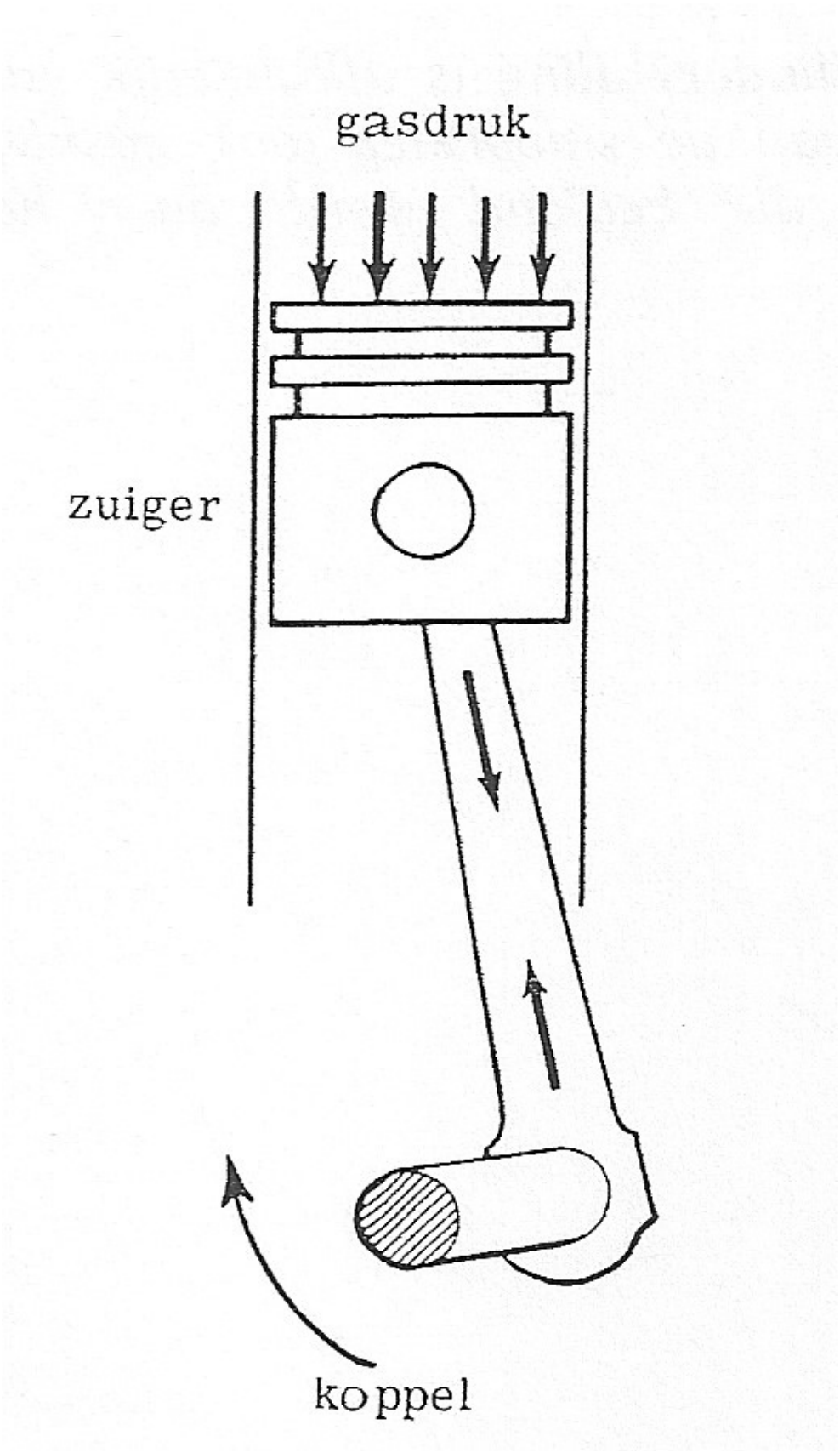

Fig.104. De gasdruk oefent een kracht rechtlijnig op de zuiger uit. Drijfstang en kruk maken er een kracht in draaiende beweging van, die met draaimoment of koppel noemt.

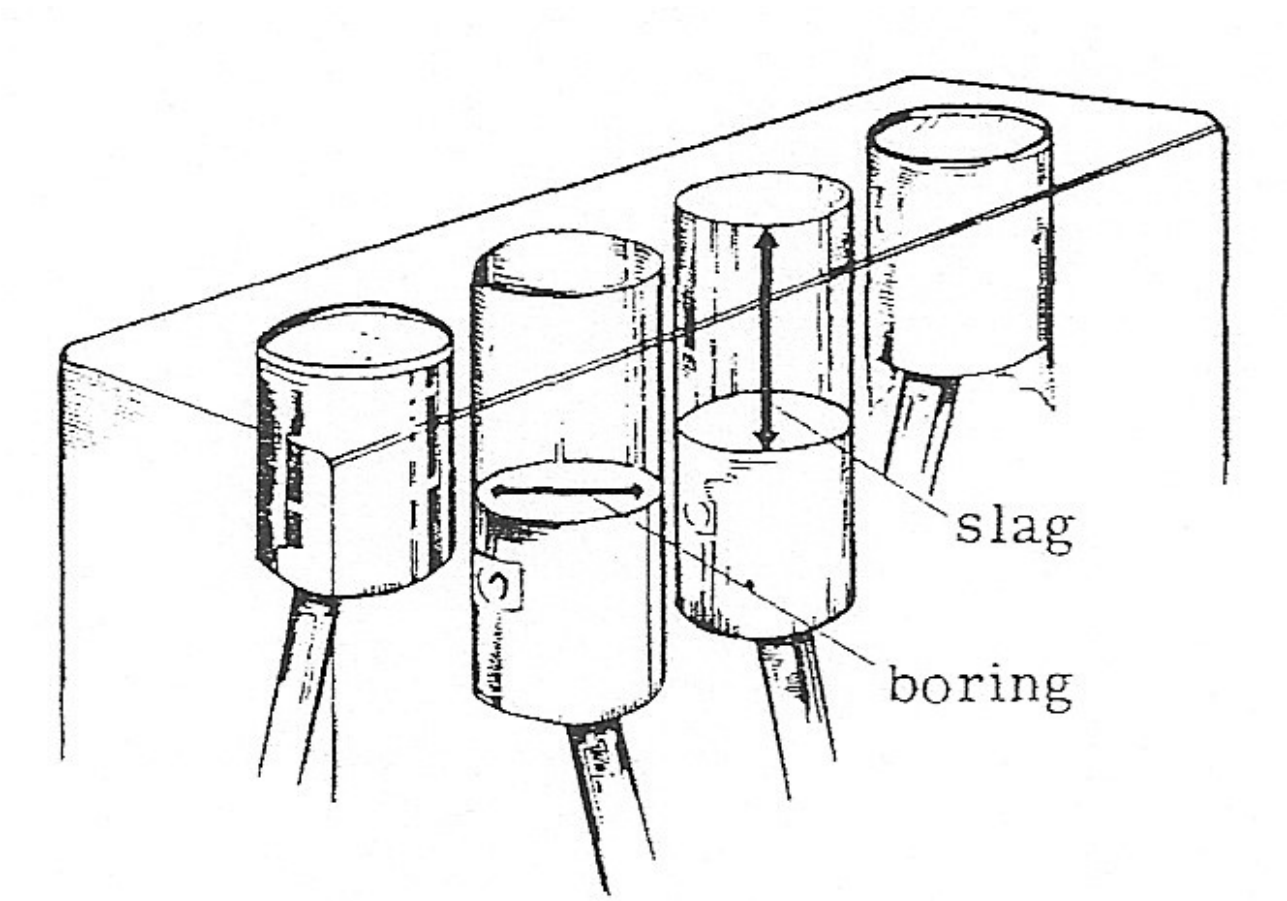

Fig.105. Boring, slag en het aantal cilinders bepalen de cilinderinhoud (ook 'slagvolume' genaamd) van een motor.

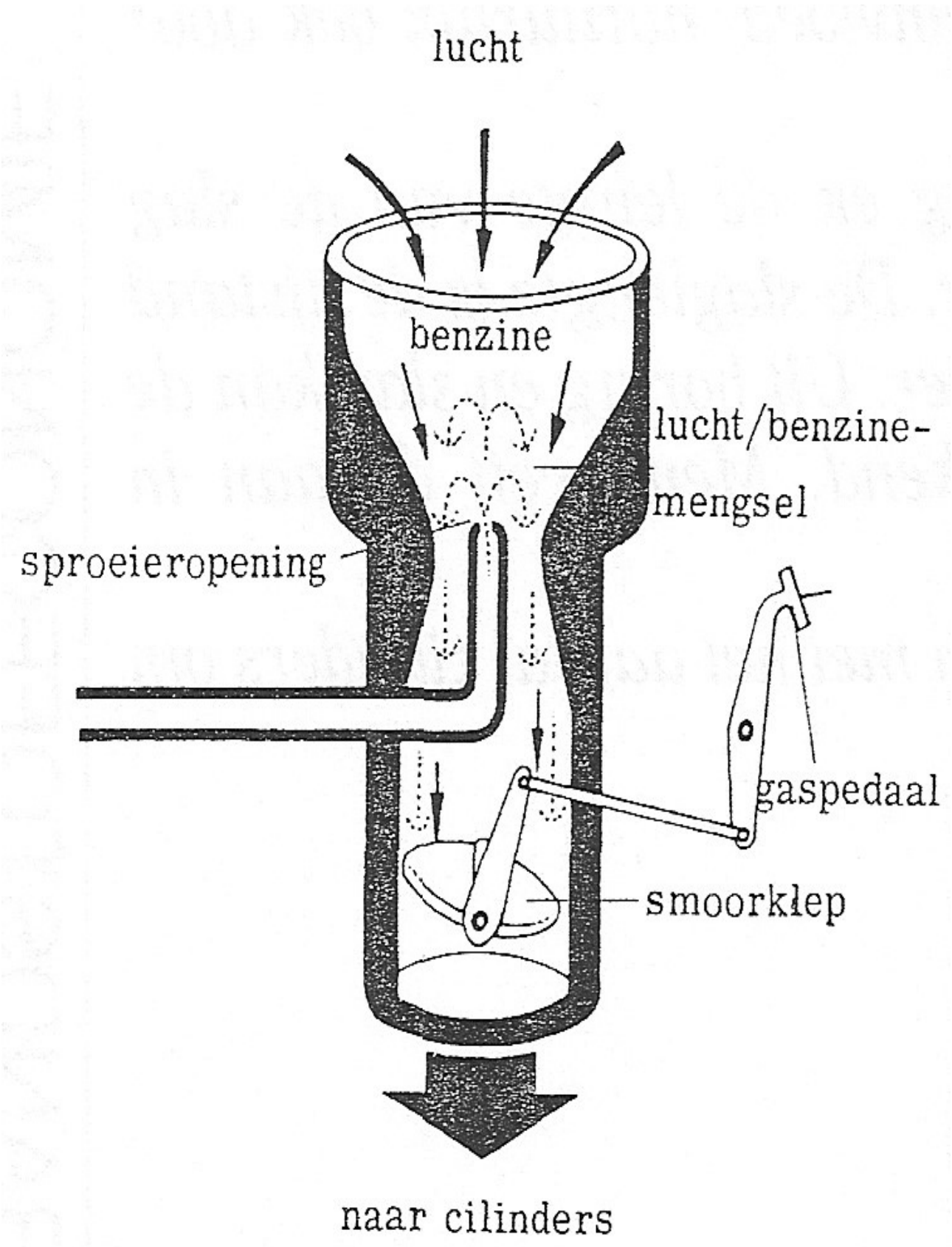

Fig.106. De cilindervulling is afhankelijk van de stand van de smoorklep (ook gasklep genaamd), die bediend wordt door het gaspedaal.

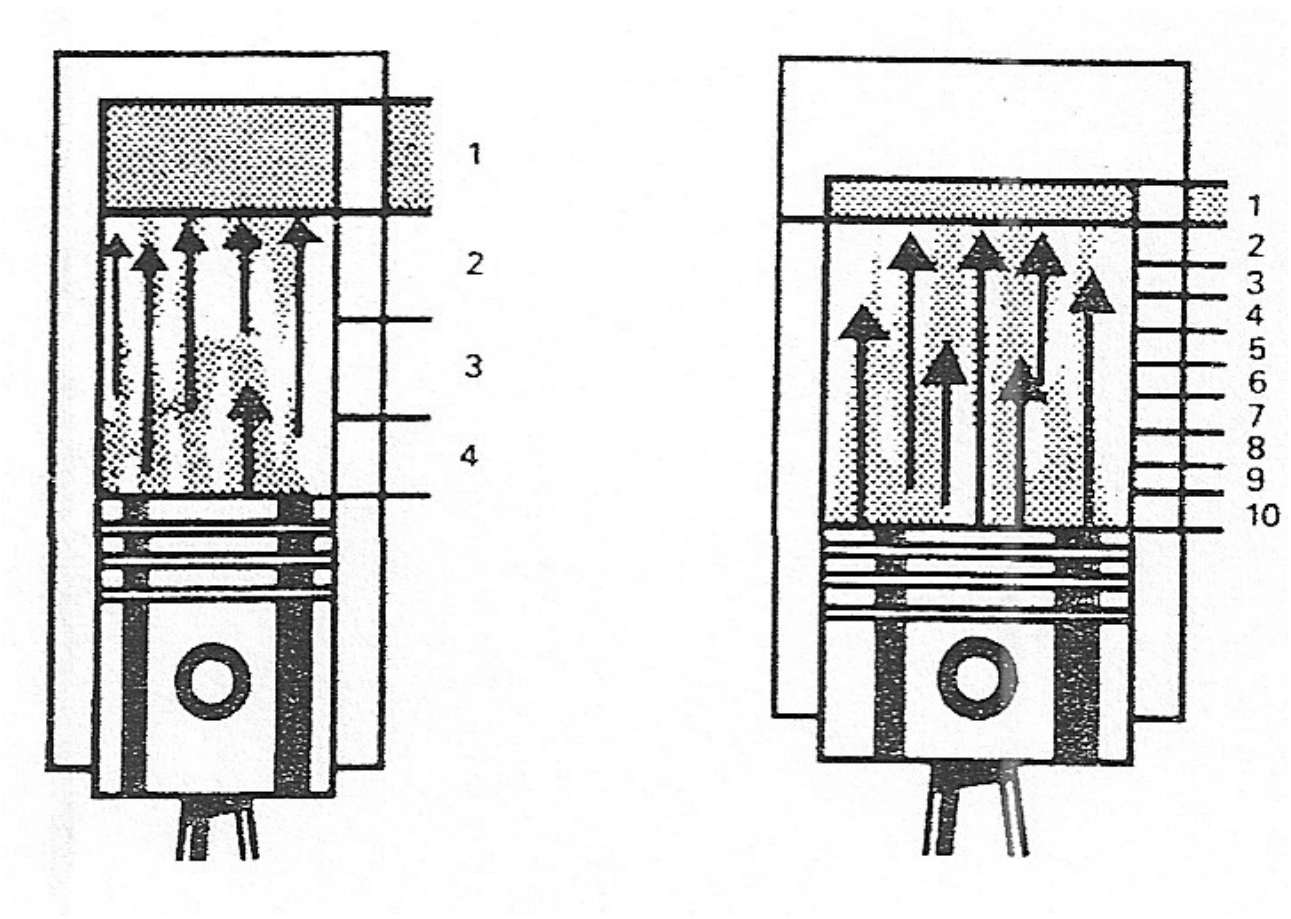

Fig.107A. Een compressieverhouding van 4:1
107B. Compressieverhouding van 10:1

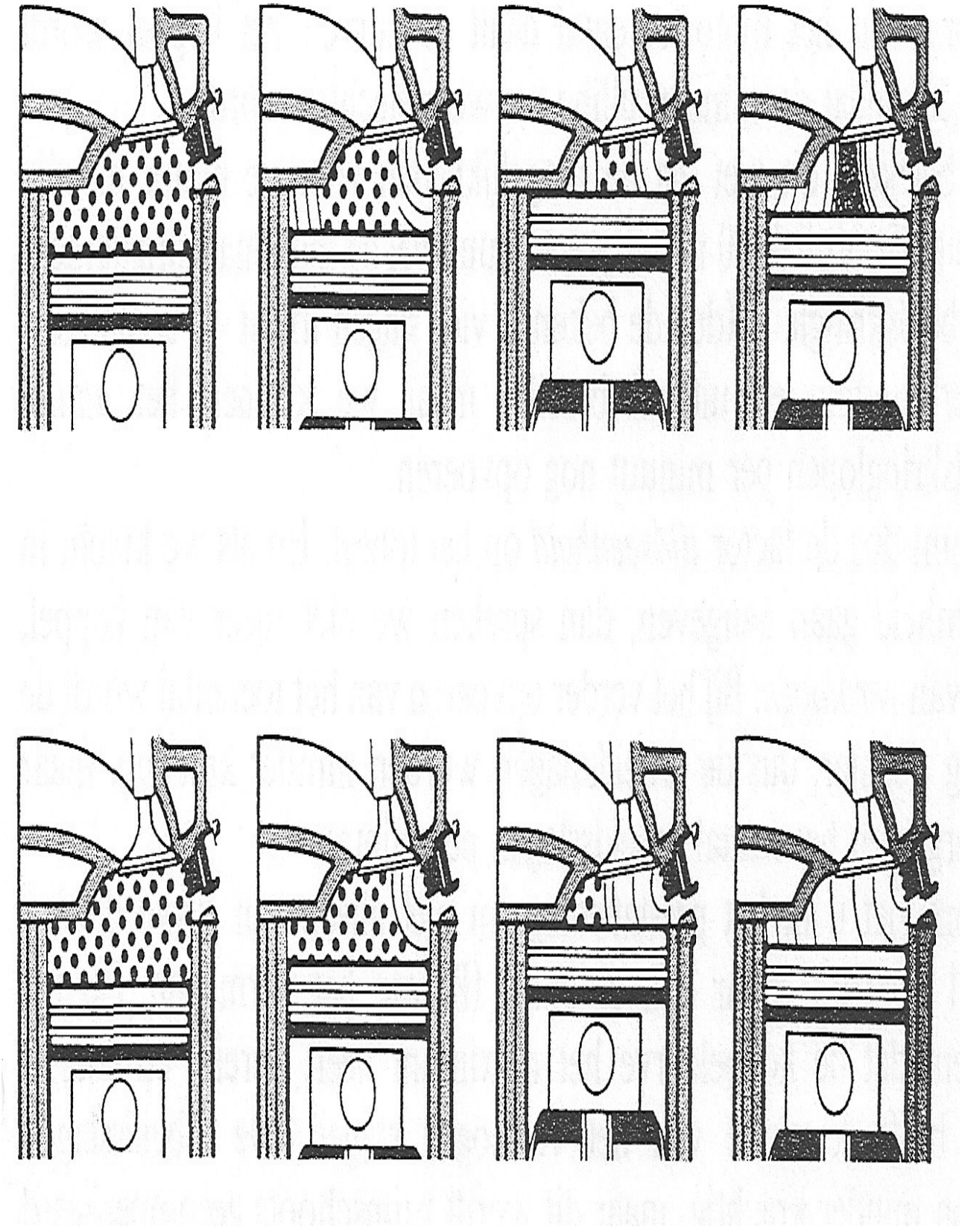

Fig.108. Het verschil tussen een normale (A) en een abnormale verbranding (B), waarbij detonatie (pingelen) optreedt.

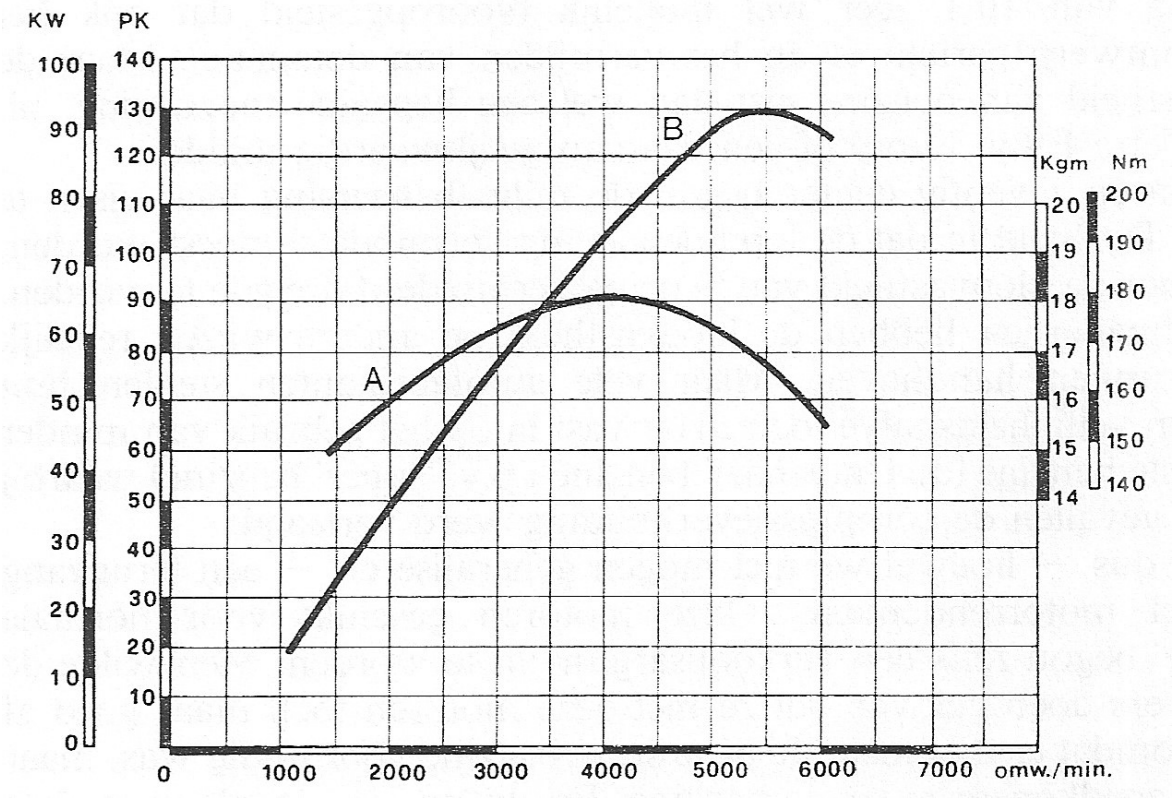

Fig.109. Prestatiediagram die het verloop van het koppel (curve A) en het vermogen (curve B) vertoont.

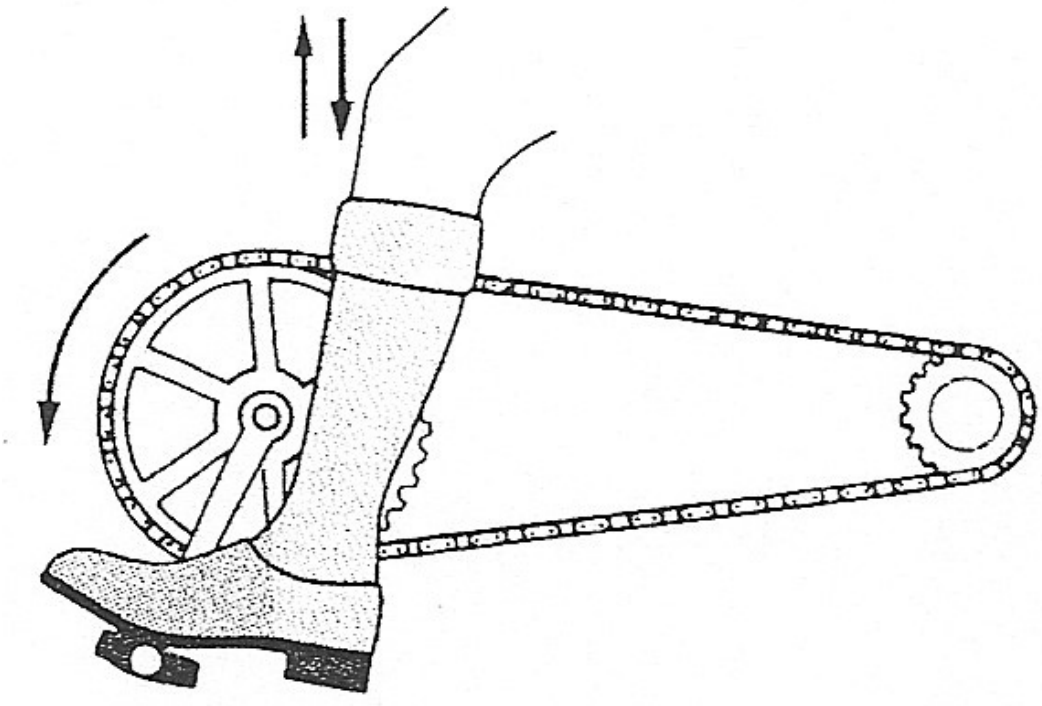

Fig.110. Ook een fietser oefent een draaimoment of koppel uit, dat het produkt is van zijn kracht op het pedaal en de lengte van de crank (de stand waar het pedaal is bevestigd).

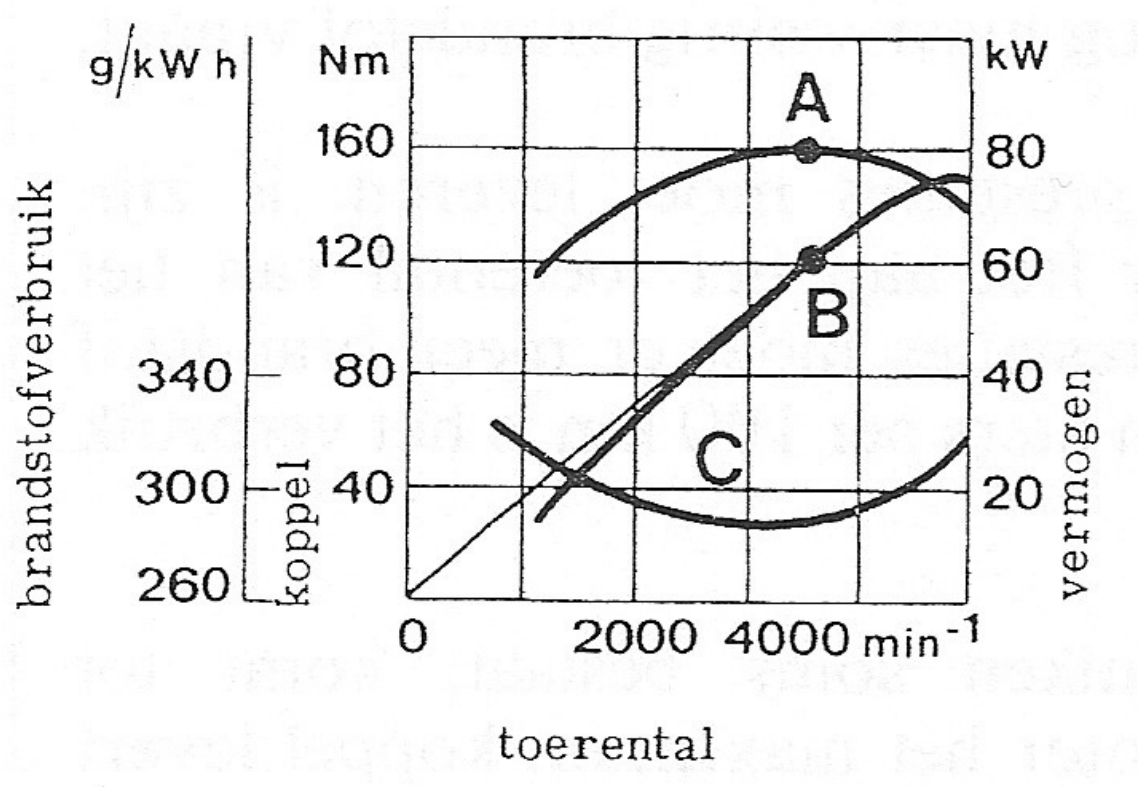

Fig.111. Prestatiediagram met curven voor het koppel (A), het vermogen (B) en het specifiek brandstofverbruik (C).

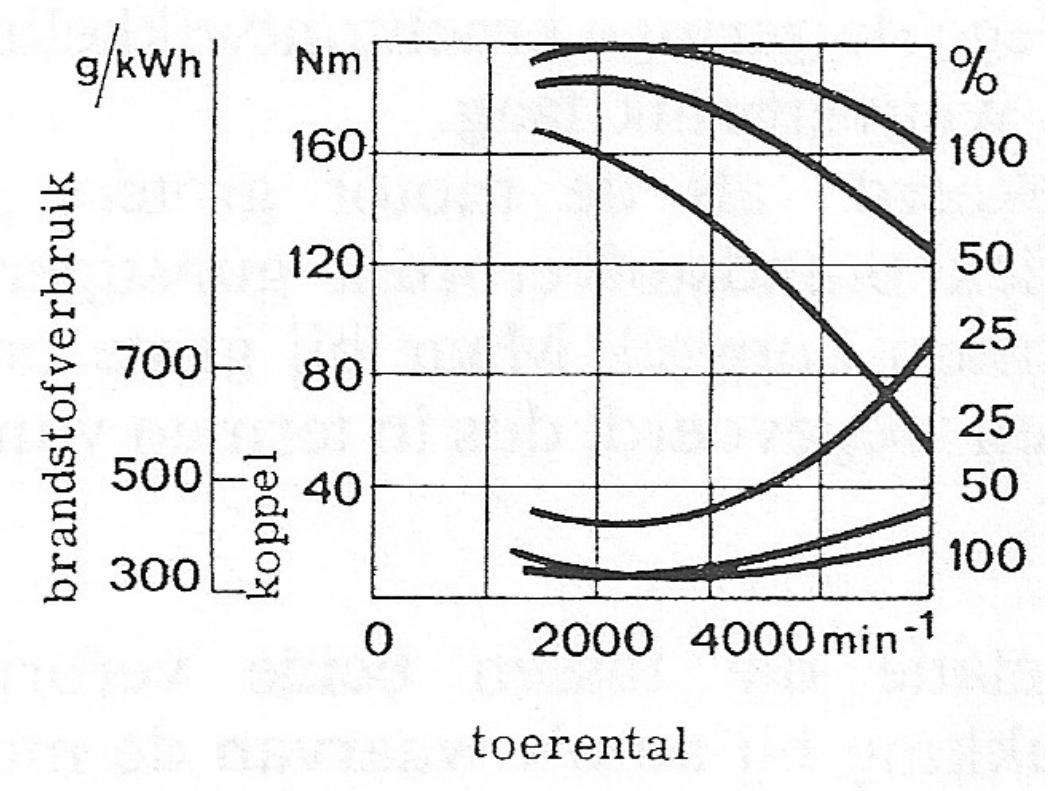

Fig.112. Zowel bij 100 % als bij 50 en 25 % geopende smoorklep is het brandstofverbruik het gunstigst bij het toerental van het maximum koppel.

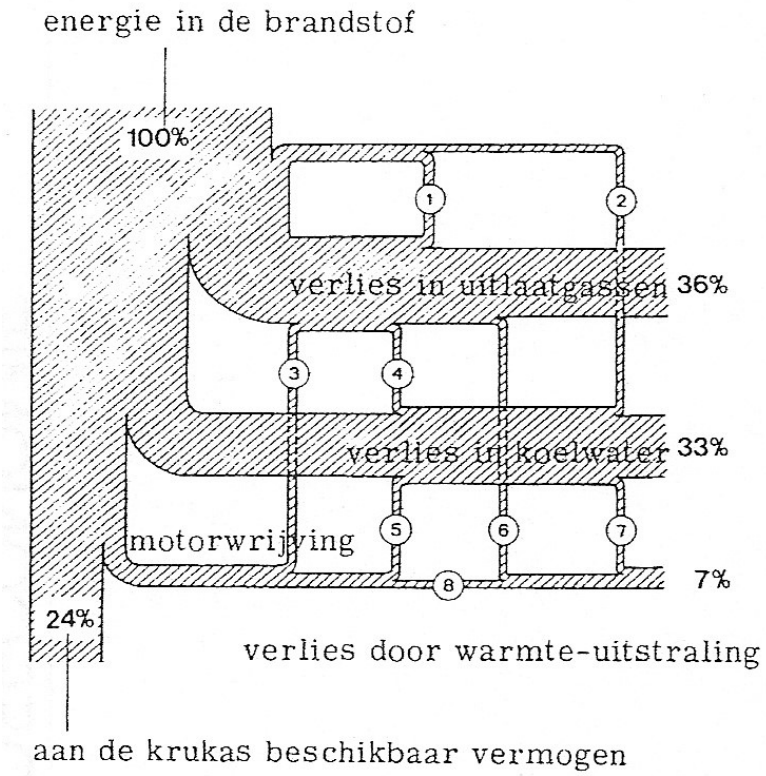

Fig.113. Wat er van de 100 % energie in de brandstof in het gunstigste geval overblijft.

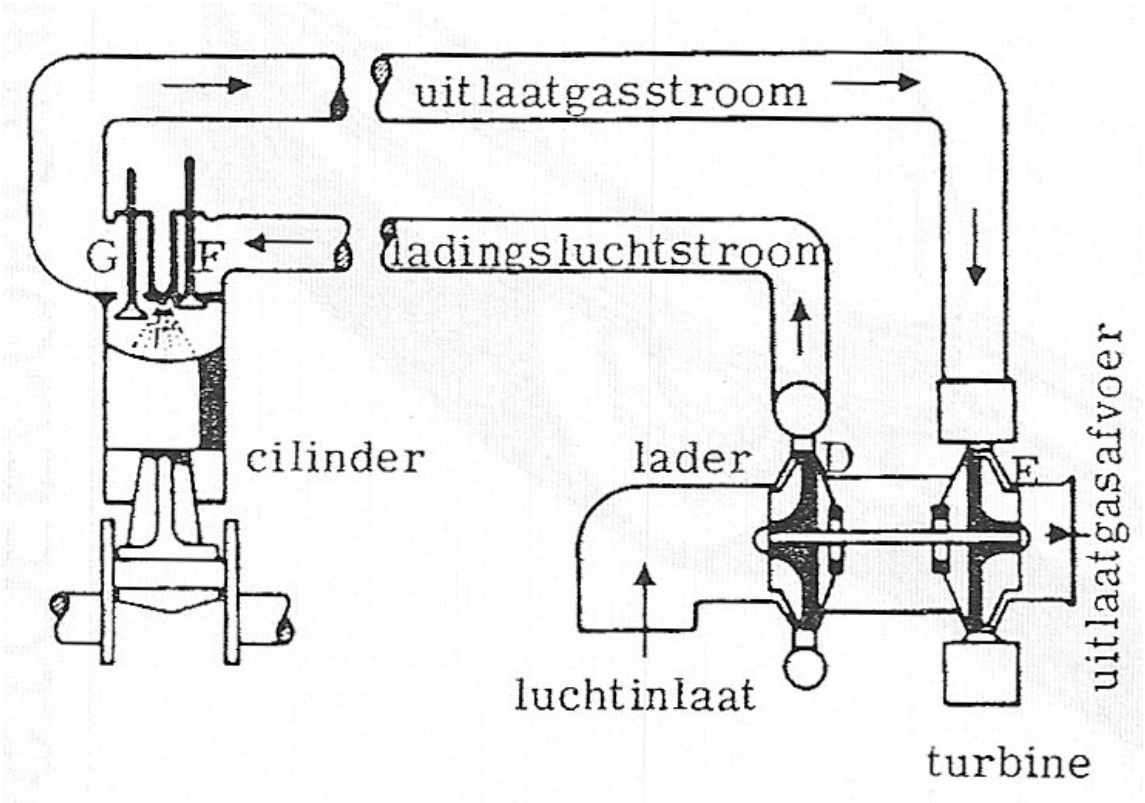

Fig.114. Schema van een turbolader.

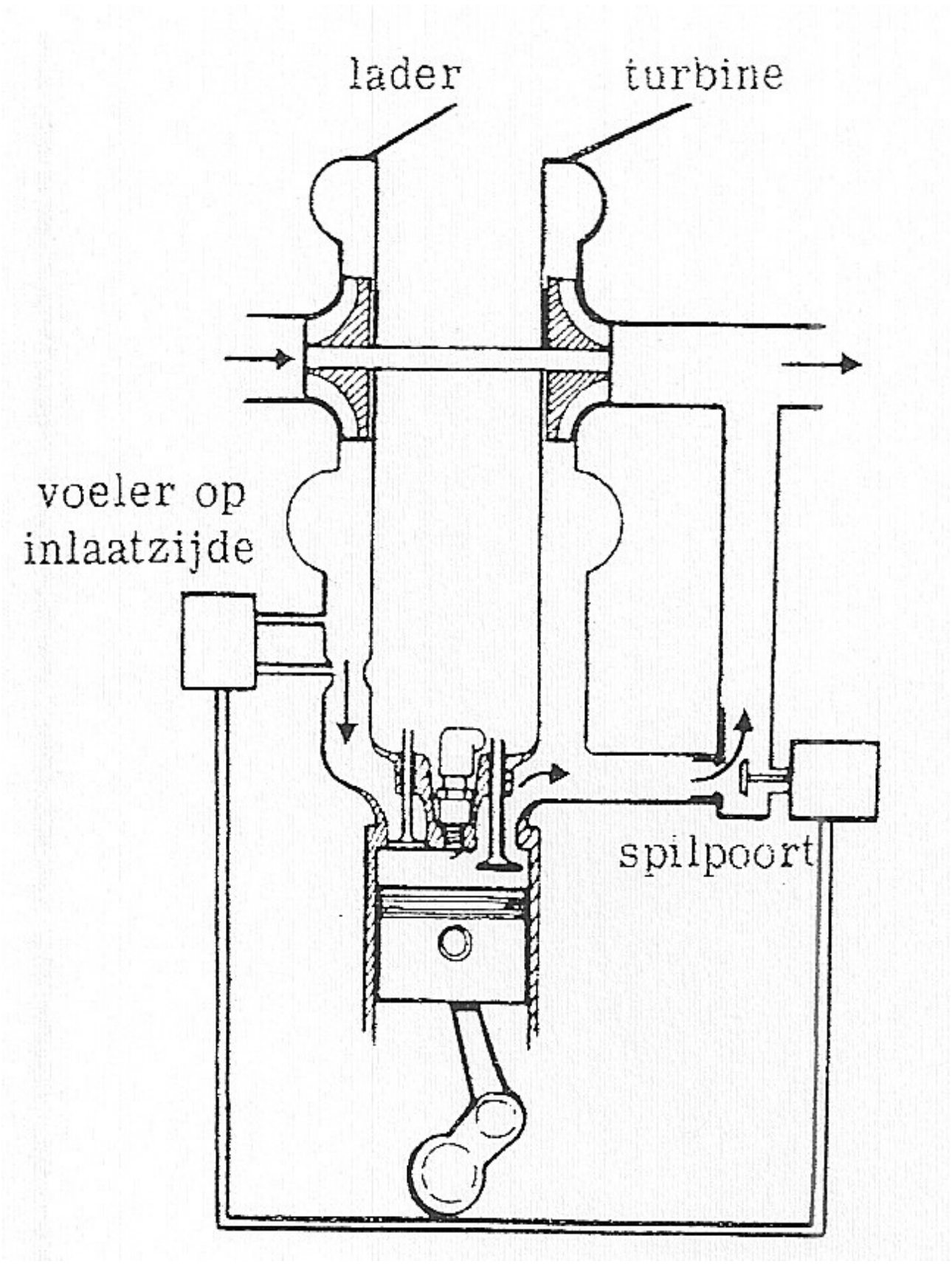

Fig.115. Regeling van de ladingsdruk door een deel van de uitlaatgassen om de turbine heen te voeren.

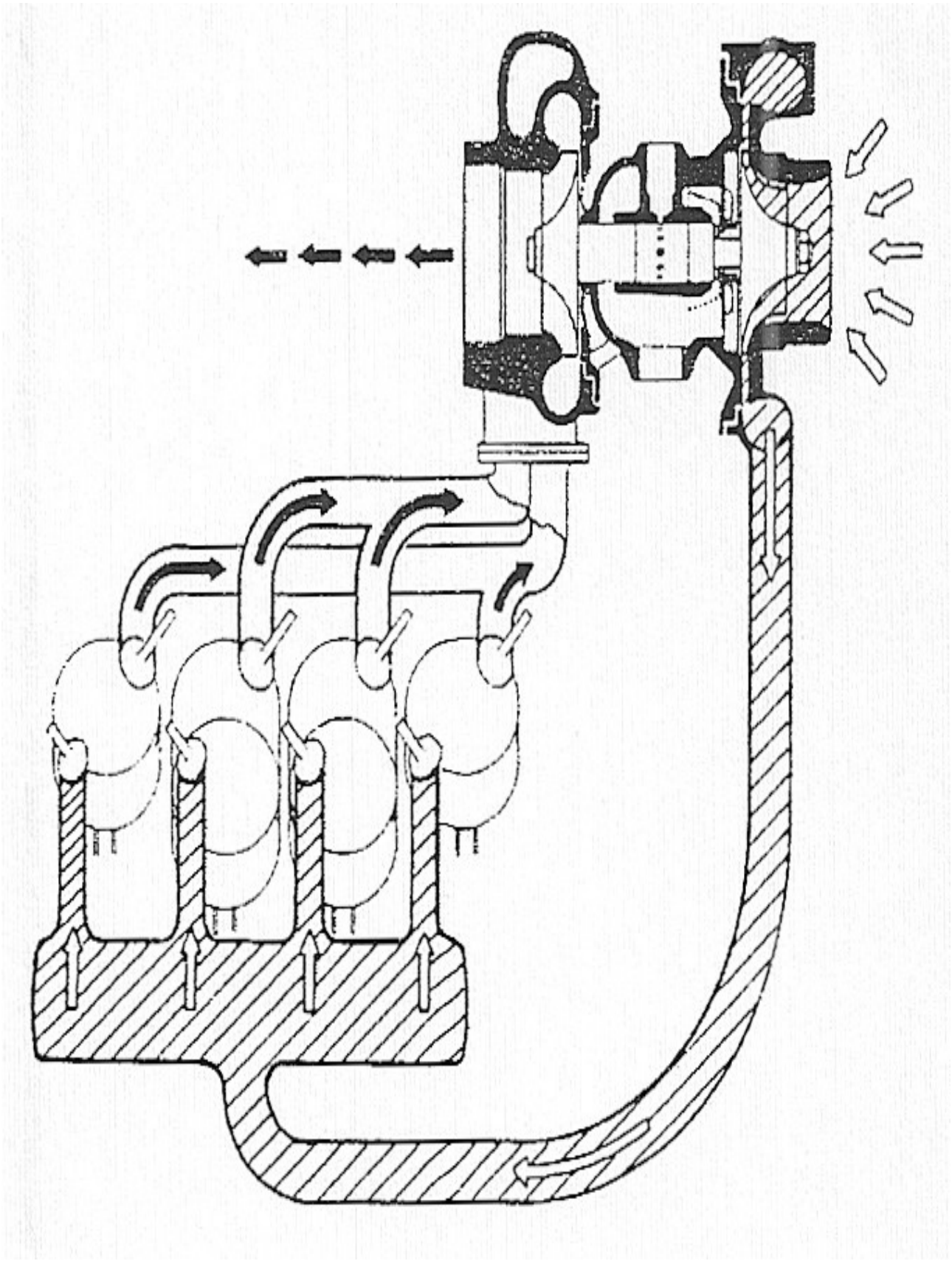

Fig.116. Ook bij een benzinemotor kan turbolading het specifiek motorvermogen vergroten. Uitlaatgassen (zwarte pijltjes) drijven de turbine met lader aan. De lader voert de inlaatlucht (witte pijltjes) naar de cilinders.

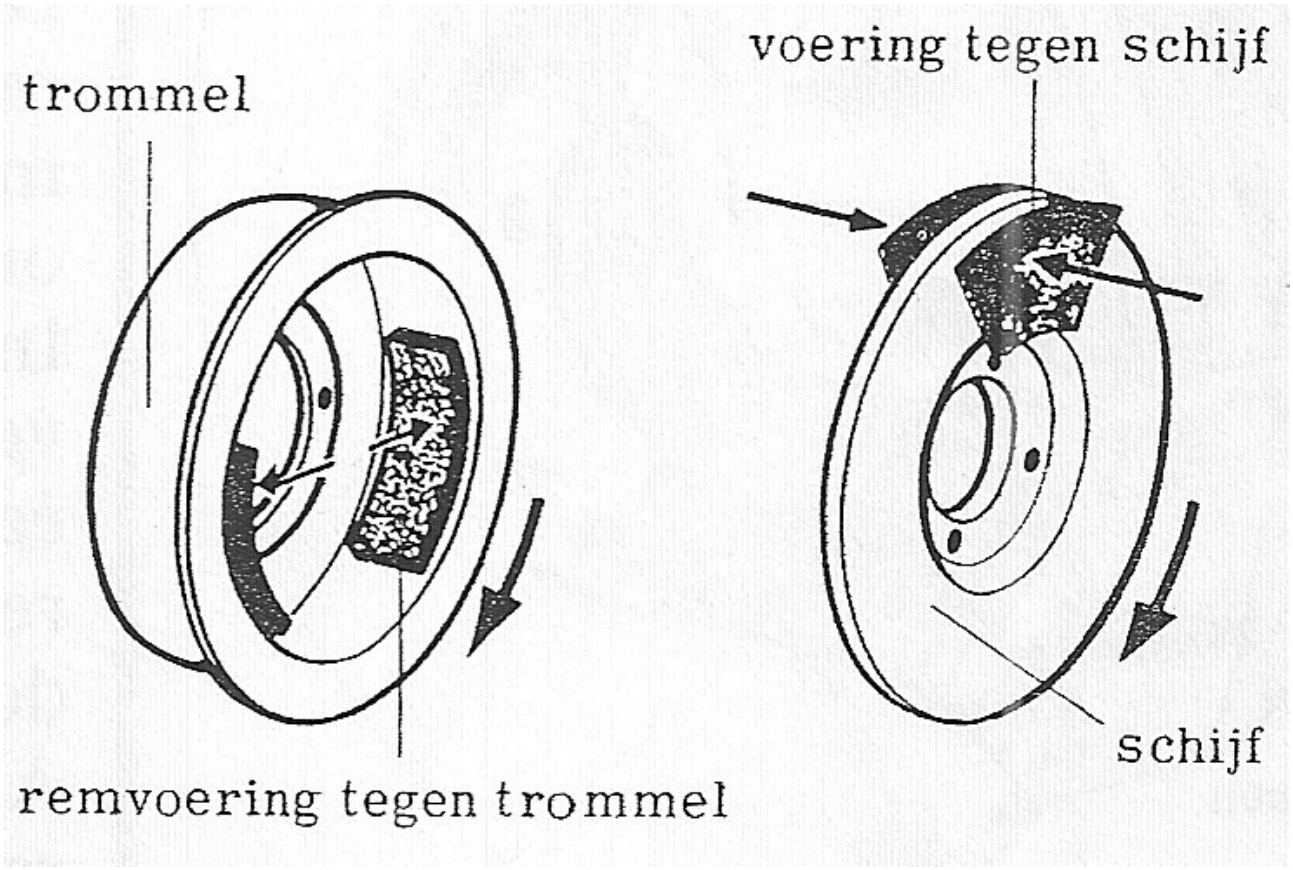

Fig.117. Bij het remmen worden er dunne reepjes remvoering tegen een draaiende trommel of remblokjes tegen een draaiende schijf gedrukt.

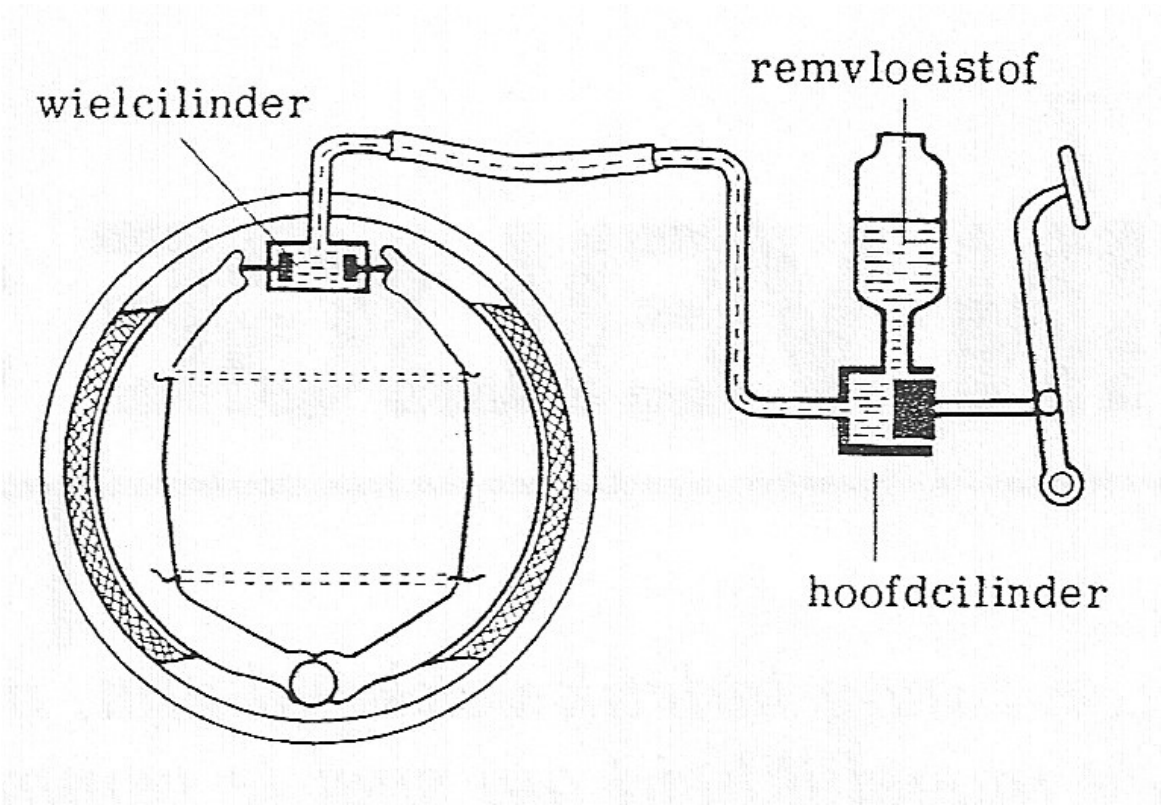

Fig.118. Met het rempedaal wordt de remvloeistof in de hoofdcilinder onder druk gebracht. De druk plant zich voort naar de wielcilinders.

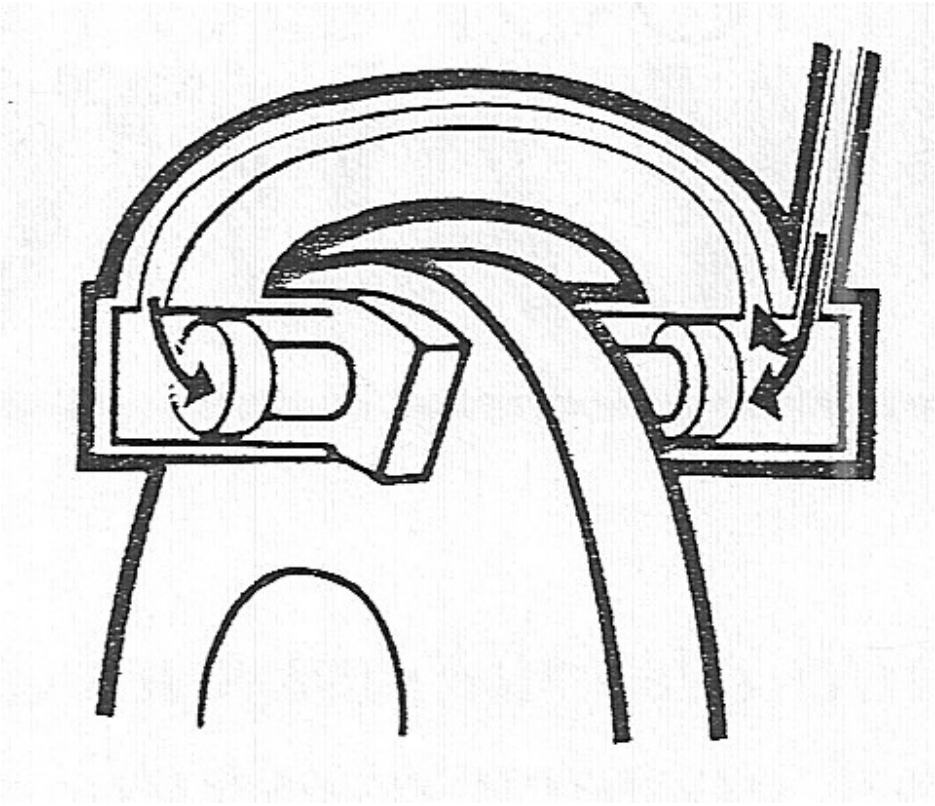

Fig.119. De schijfrem (schematisch) vloeistofdruk op de remzuigers duwen de remblokken tegen de remschijf.

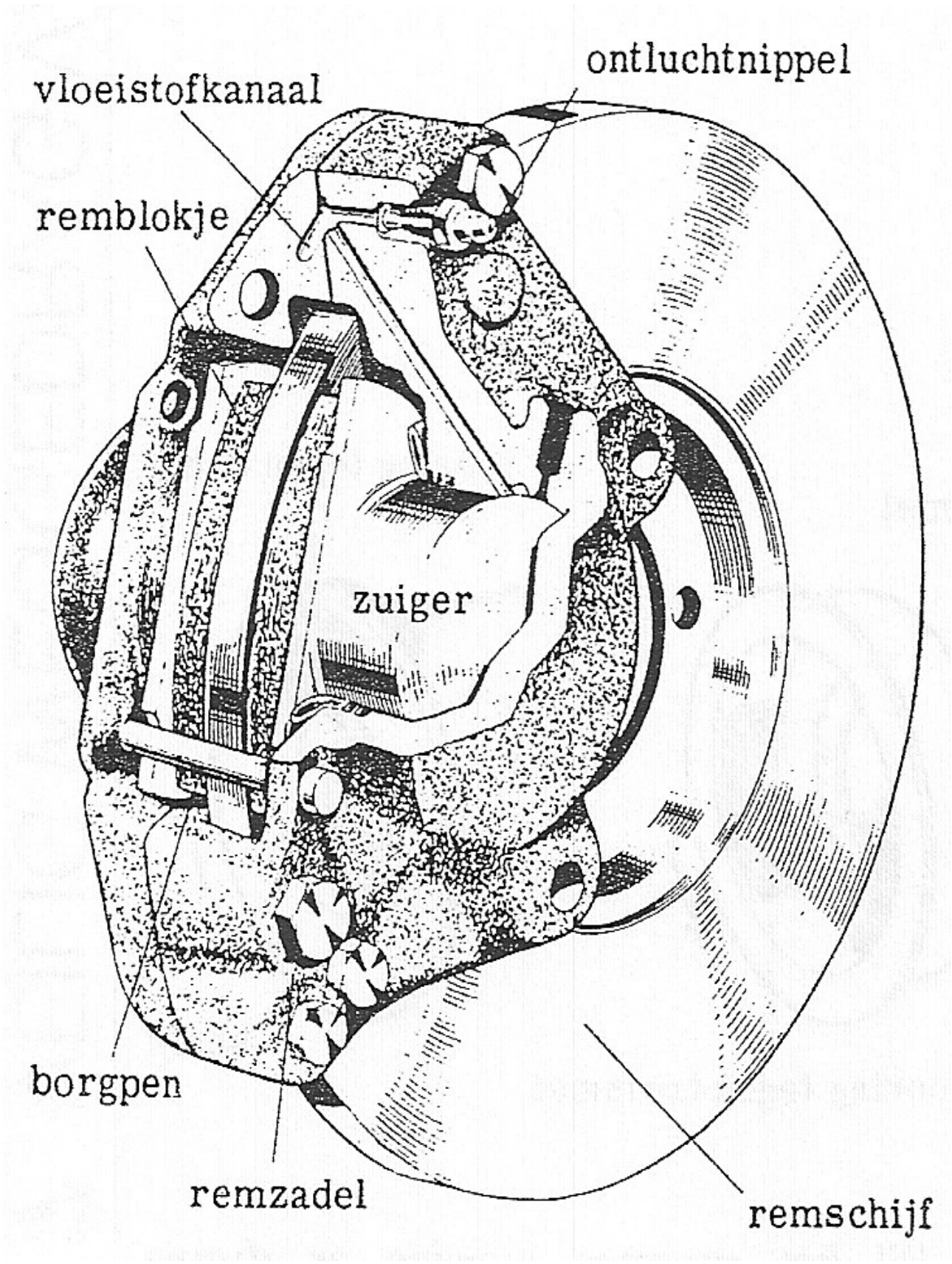

Fig.120. De werkelijke uitvoering van een schijf-rem.

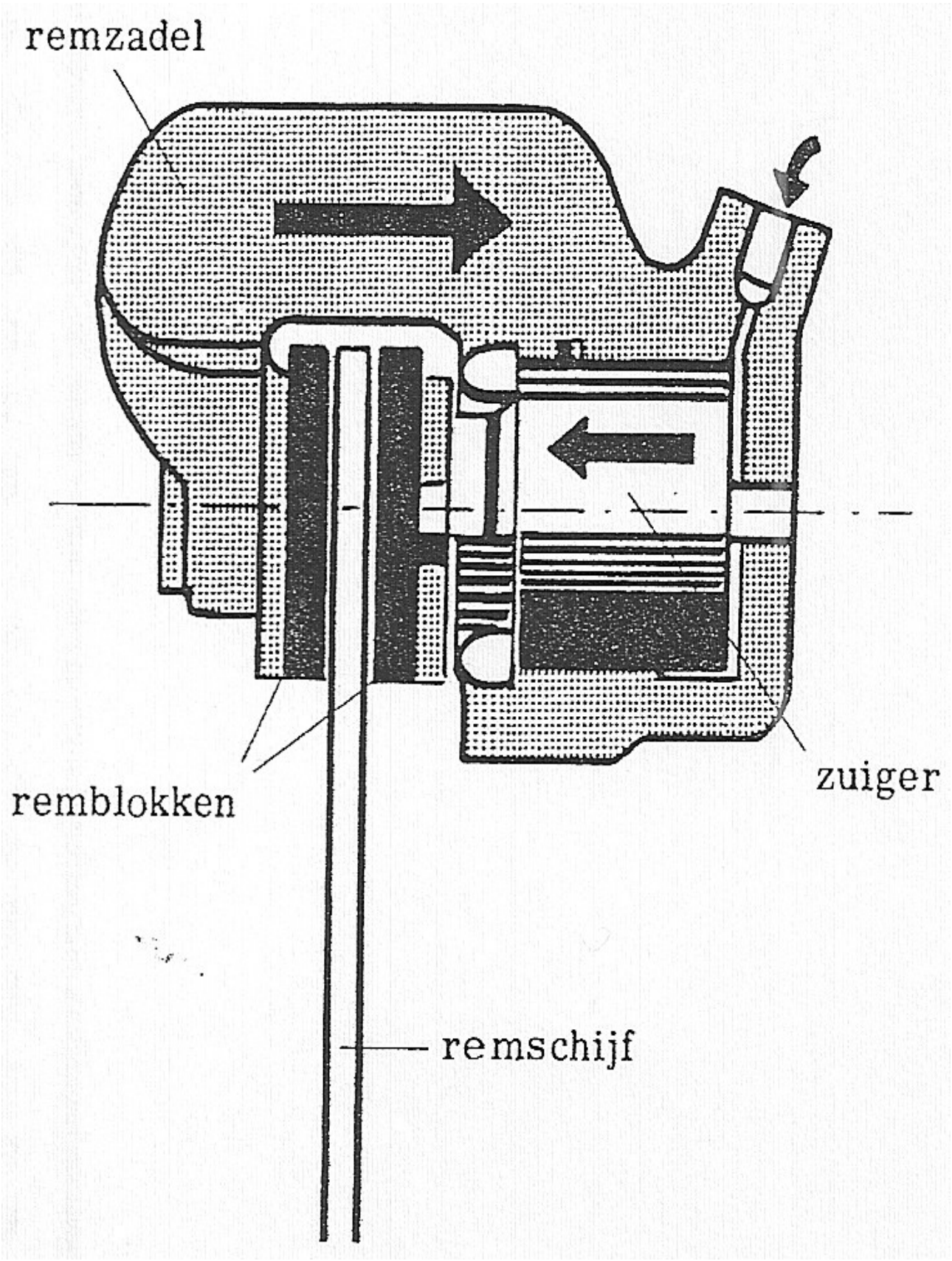

Fig.121. Zwevend remzadel waarbij één remblokje rechtstreeks door een zuiger wordt bediend.

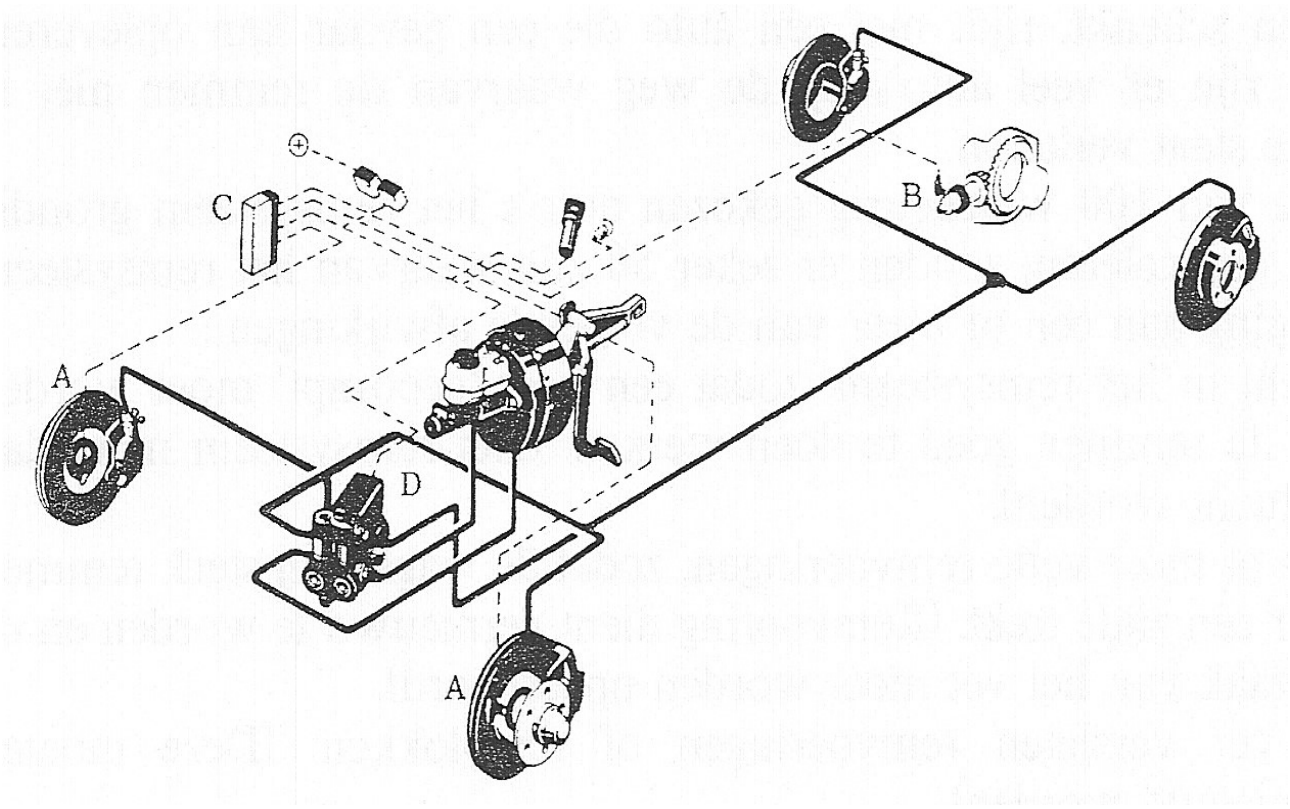

Fig.122. Het Anti Blokkeer Systeem met: A - Voelers op de voorwielen, B - Voelers op de achterasaandrijving, C - Elektronisch brein, D - Hydraulische apparatuur

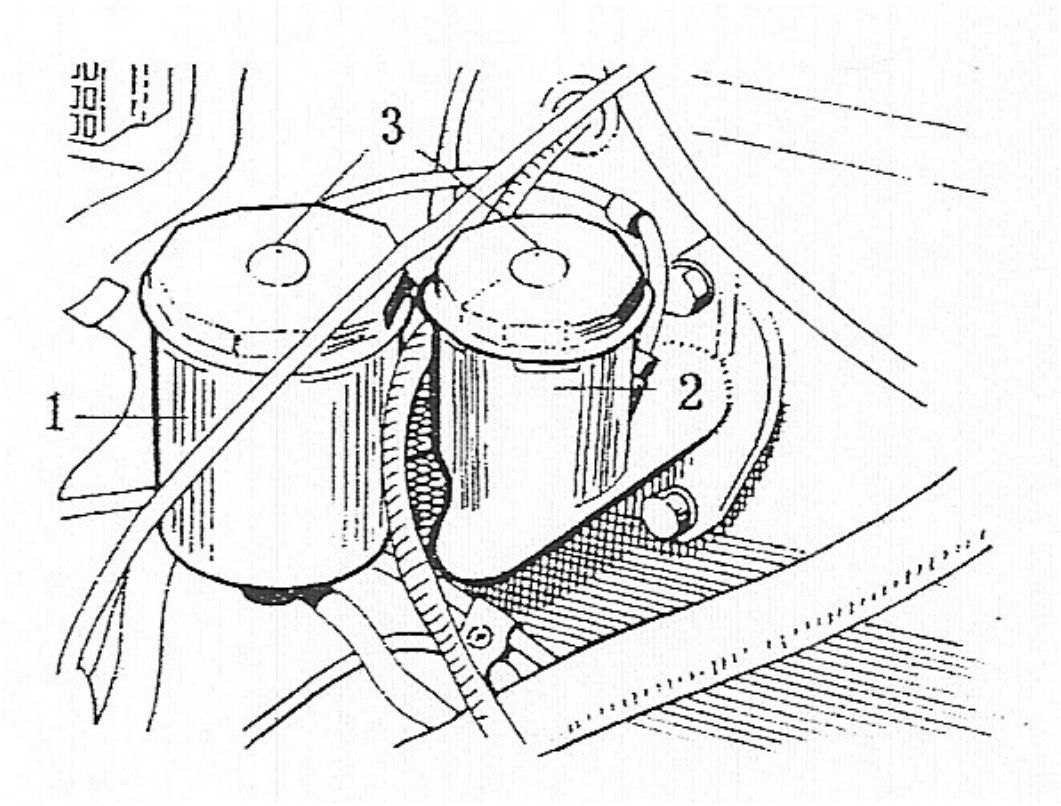

Fig.123. Remvloeistofreservoir(1) voor de remmen en voor de hydraulische bediening van de koppeling (2) De luchtgaatjes (3) in de afsluitdoppen moeten open blijven.

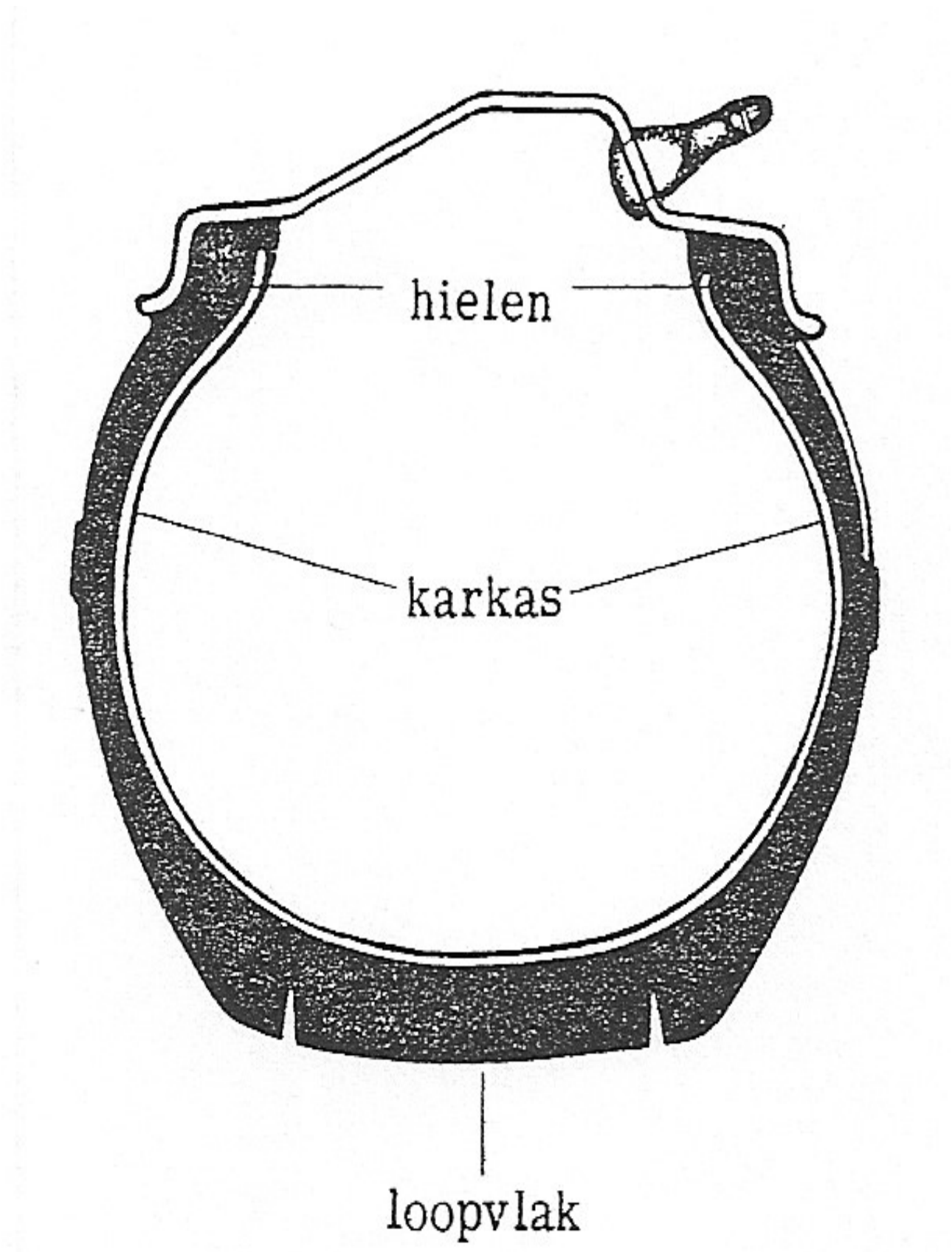

Fig.124. De drie hoofdonderdelen van een band: karkas, hielen en loopvlak.

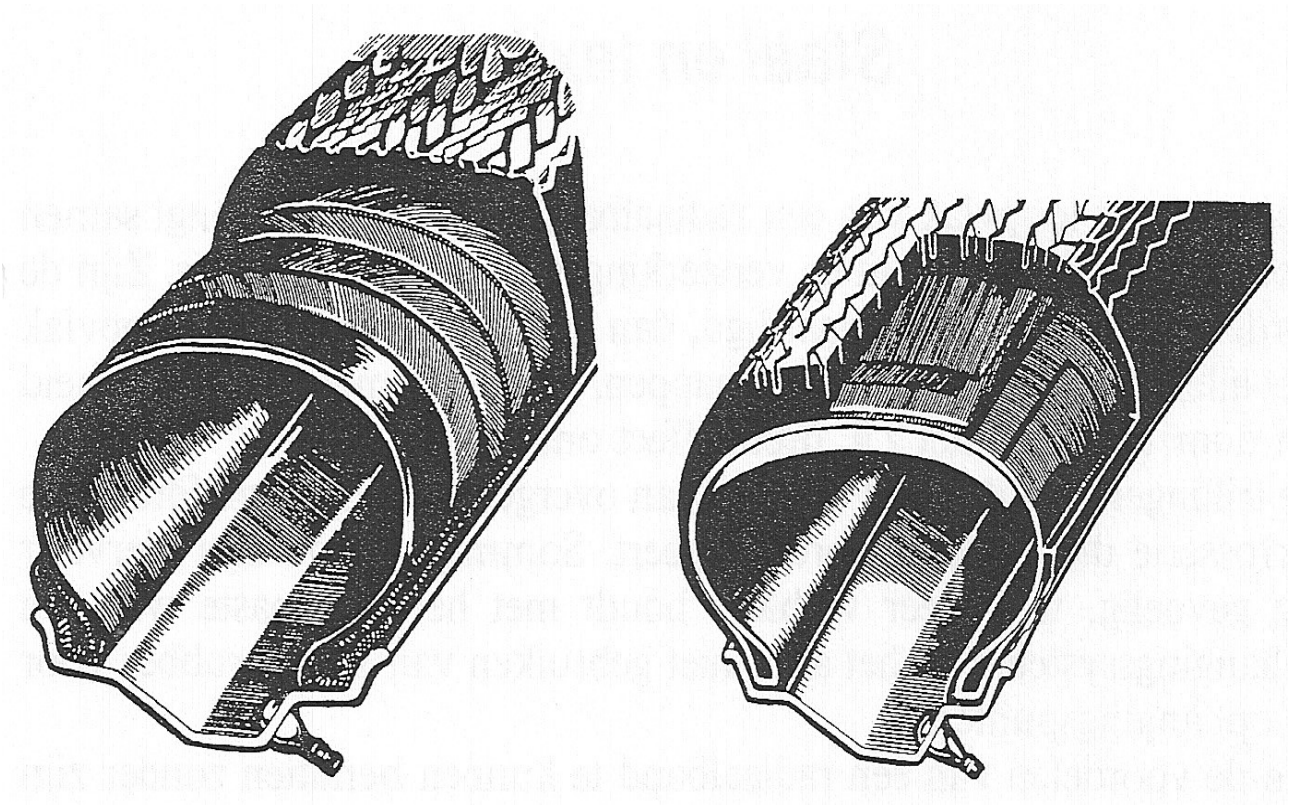

Fig.125. Links A: Diagonaalbanden met koordlagen waarvan de koorden elkaar kruisen.
Rechts B: Radiaalbanden waarvan de koorden radiaal (van hiel tot hiel) lopen. Stabiliseringsgordels tussen karkas en loopvlak.

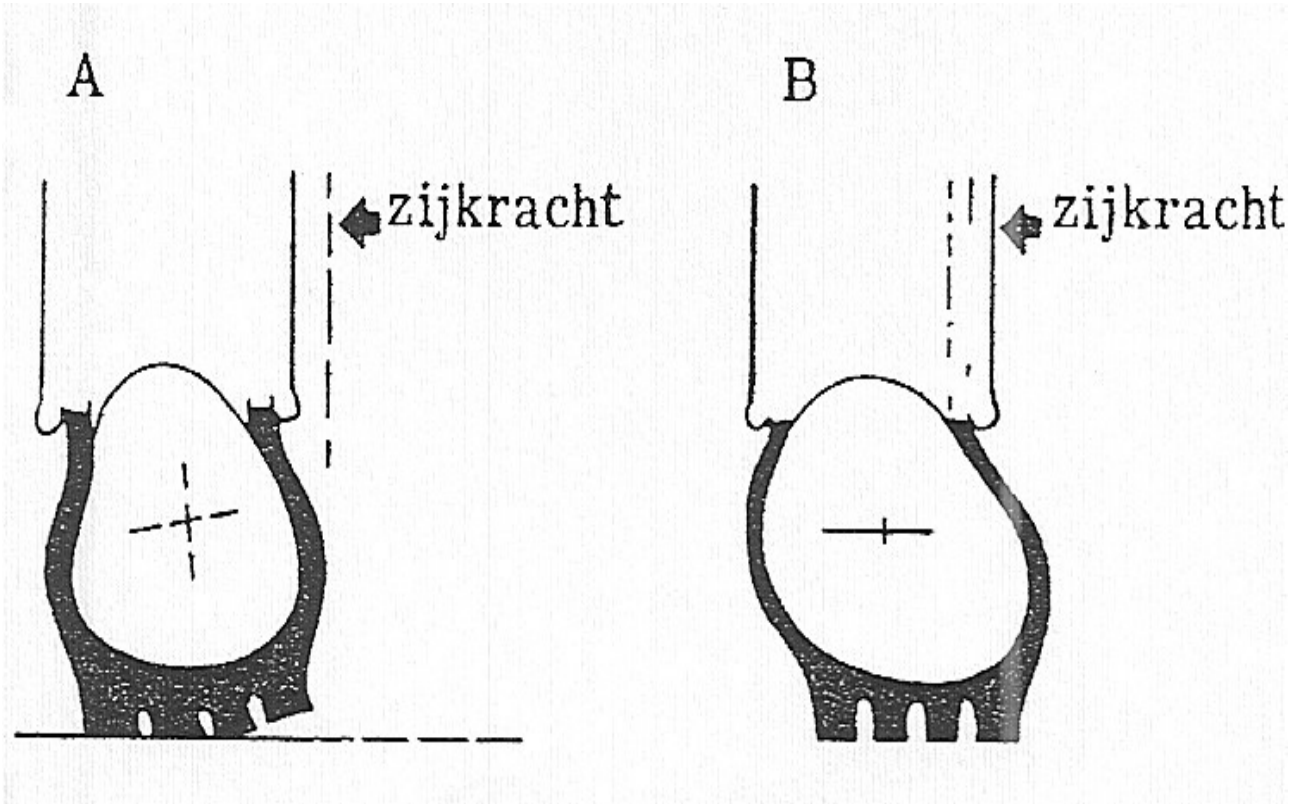

Fig.126. Verschil in loopvlakgedrag onder invloed van zijkracht bij een diagonaalband (A) en een radiaalband (B).

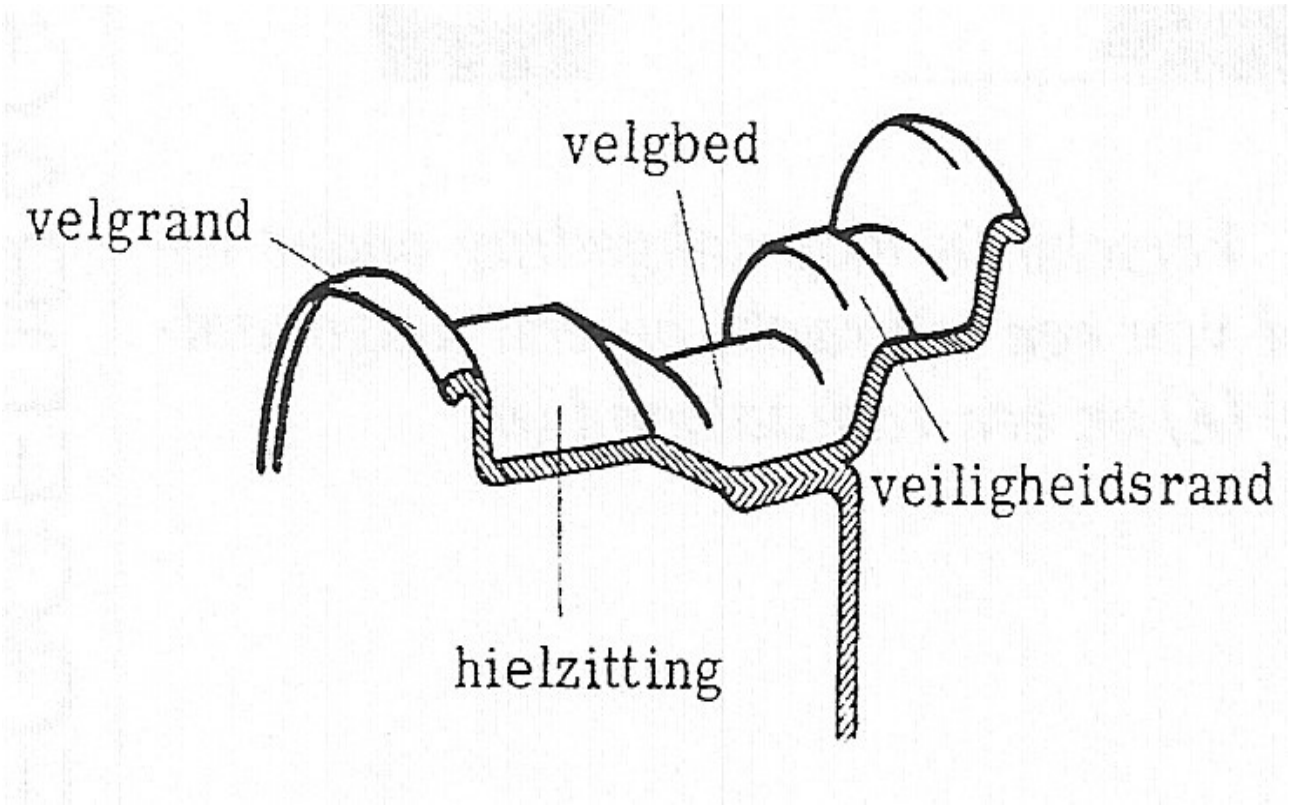

Fig.127. De veiligheidsrand op de velg van een tubeless band.

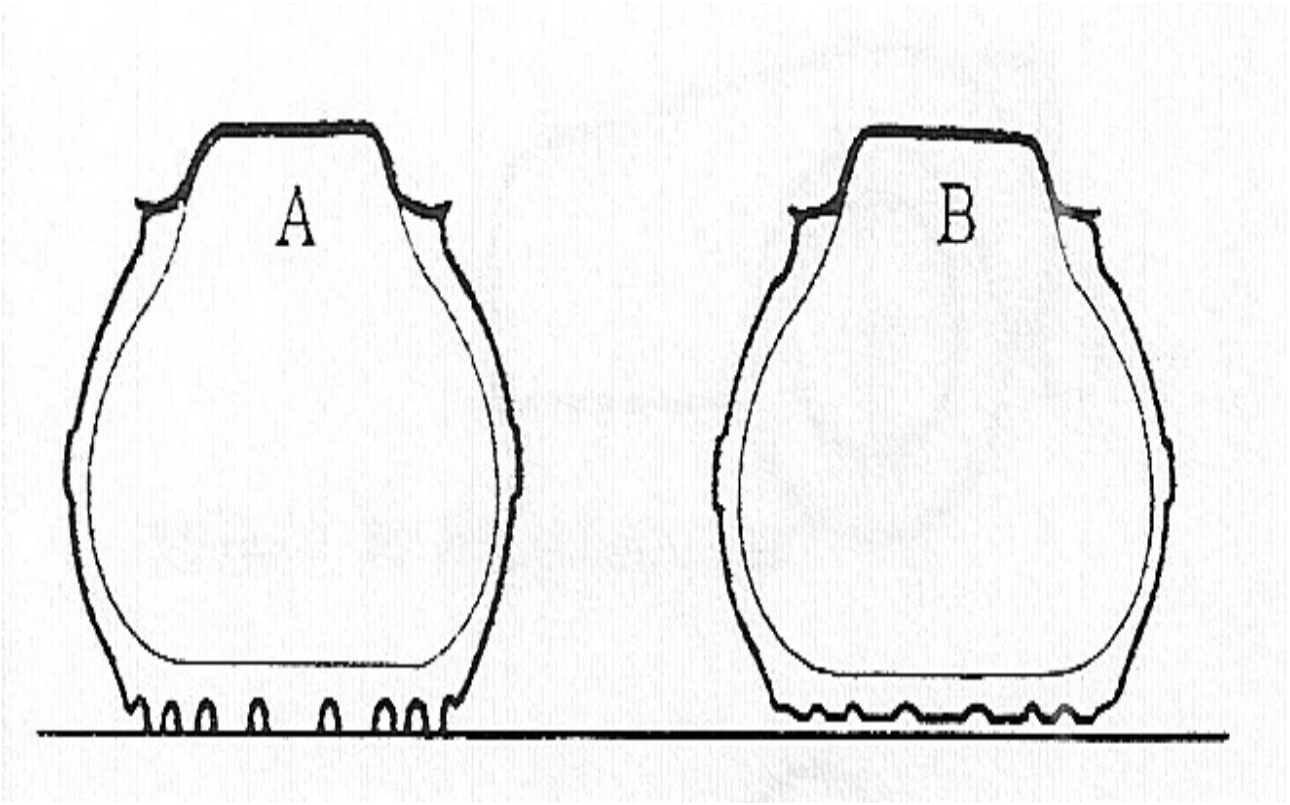

Fig.128. Bij een goede profieldiepte (A) dringt het loopvlak door de waterfilm heen en maakt contact met het wegdek. Bij een te geringe profieldiepte (B) is dit niet mogelijk.

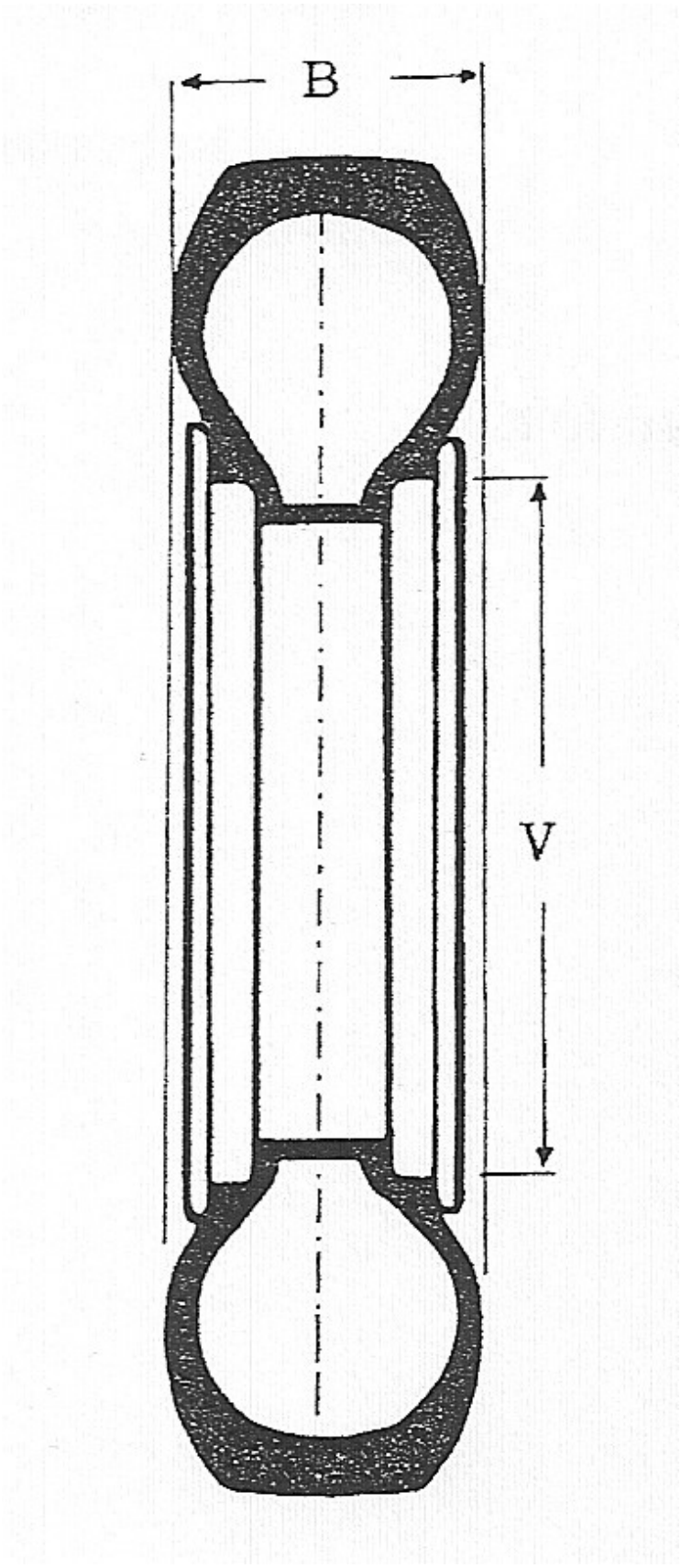

Fig.129. Twee belangrijke afmetingen van een band: de breedte (B), ook wel 'sectie' genoemd en de velgdiameter (V).

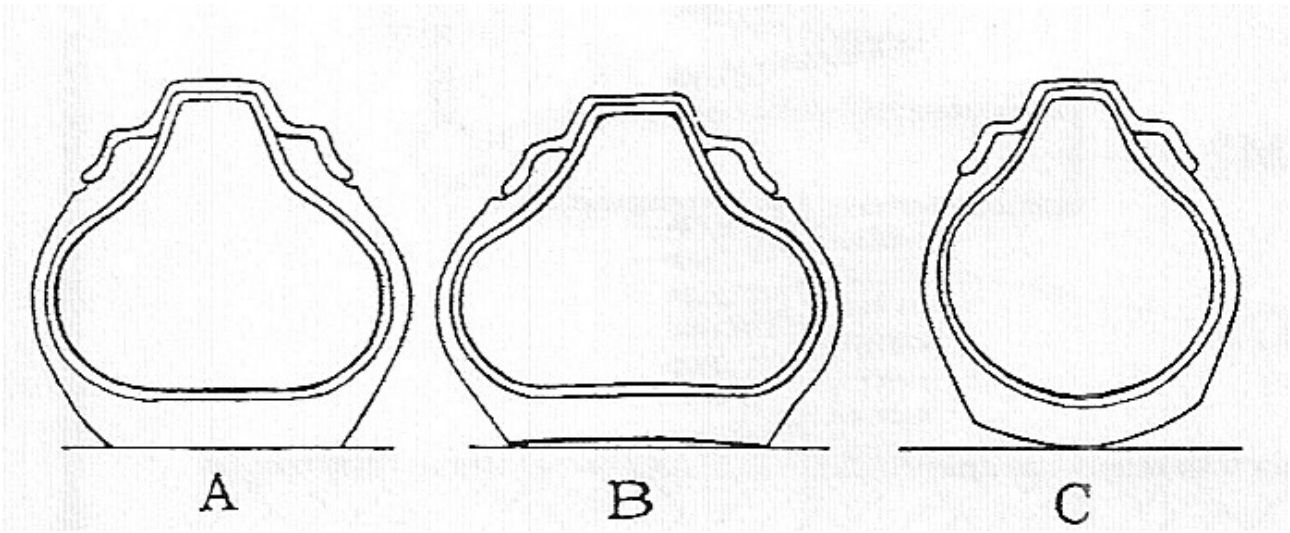

Fig.130. Alleen bij een juiste spanning (A) kan een goed contactvlak worden verkregen.
Bij een te lage spanning zijn alleen de buitenkanten van het loopvlak in aanraking met het wegdek (B).
Bij een te hoge spanning alleen het middengedeelte van het loopvlak (C). Vandaar de extra slijtage.

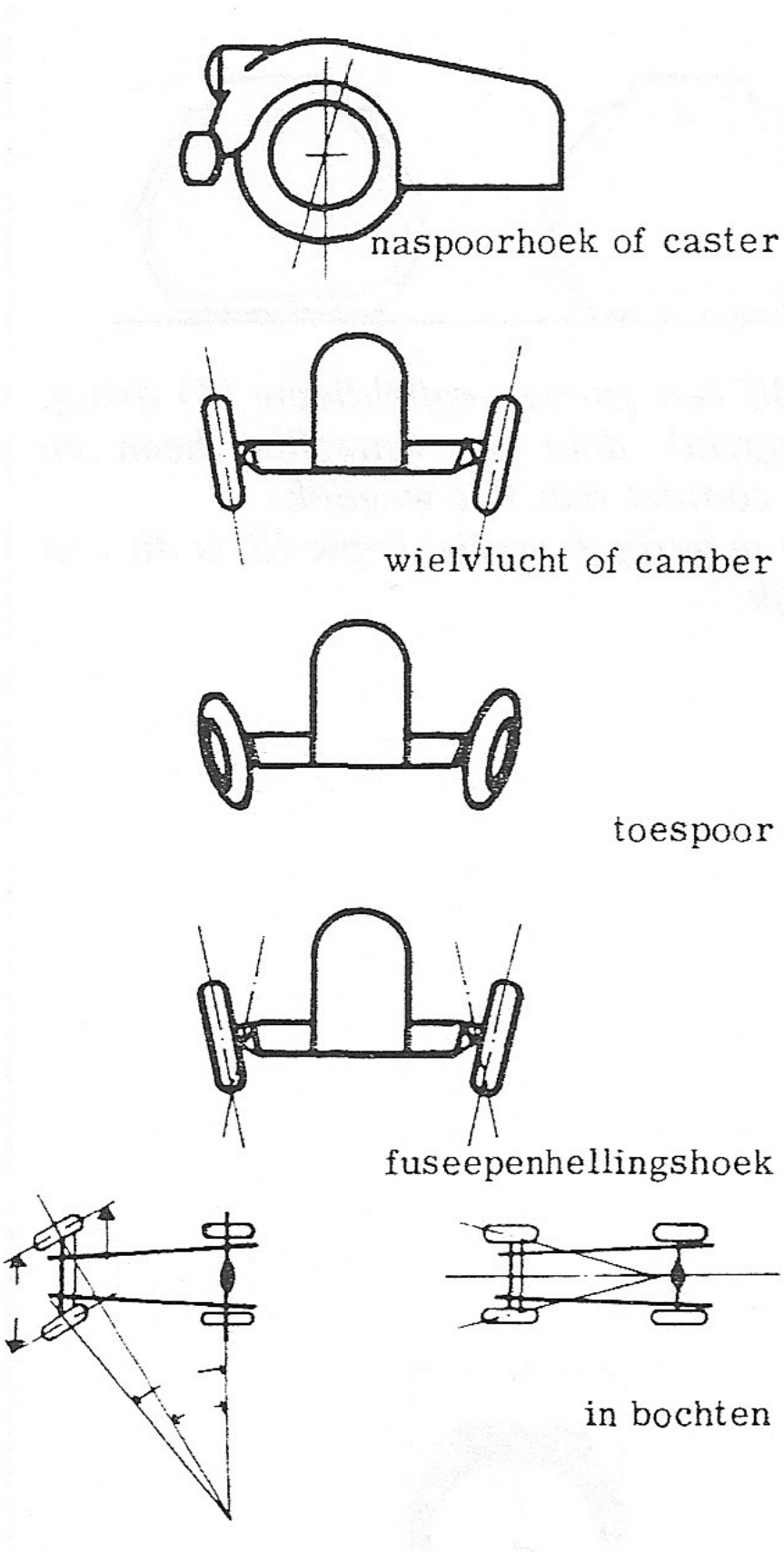

Fig.131. De wielstanden.

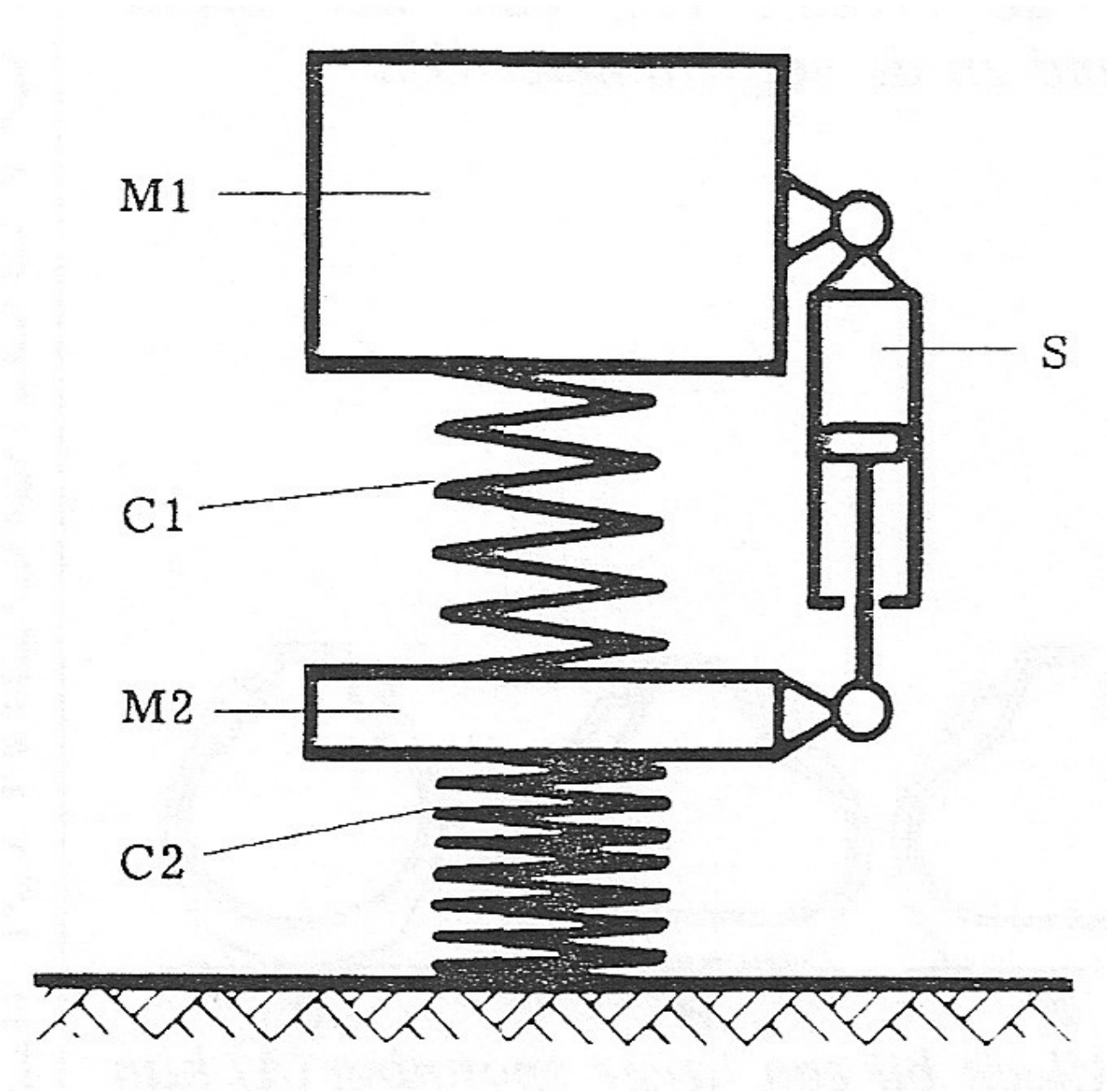

Fig.132. Zo kunt u een auto ook bekijken:
M1 = de bovenbouw
C1 = het veersysteem
M2 = het complex van wielen, remmen, enz.
C2 = de banden als verende elementen
S = schokdempers

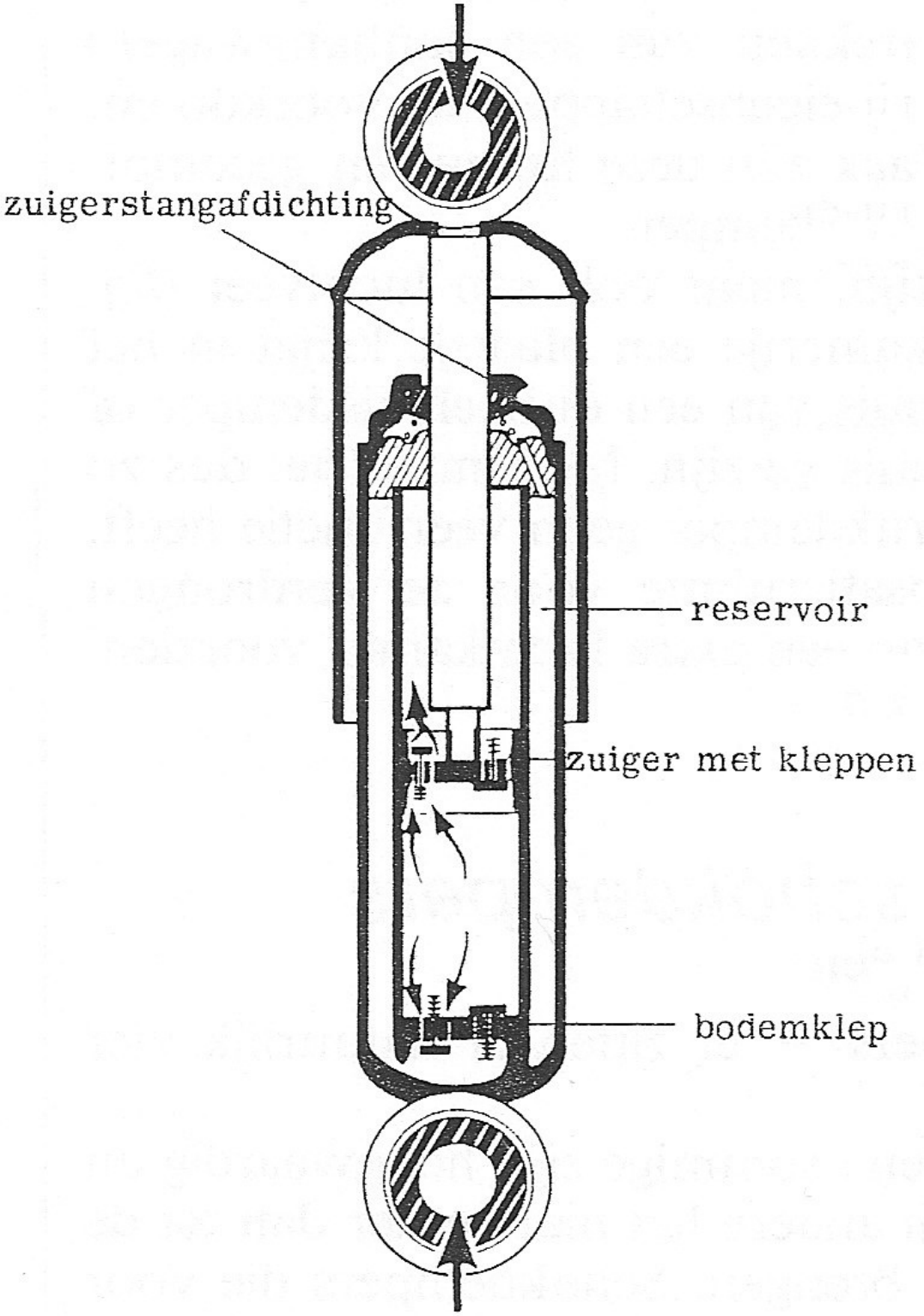

Fig. 133. De dubbelbuis telescoop-schok-demper met kleppenstelsel in de zuiger, een bodemklep en een reservoir tussen binnenste en buitenste buis.

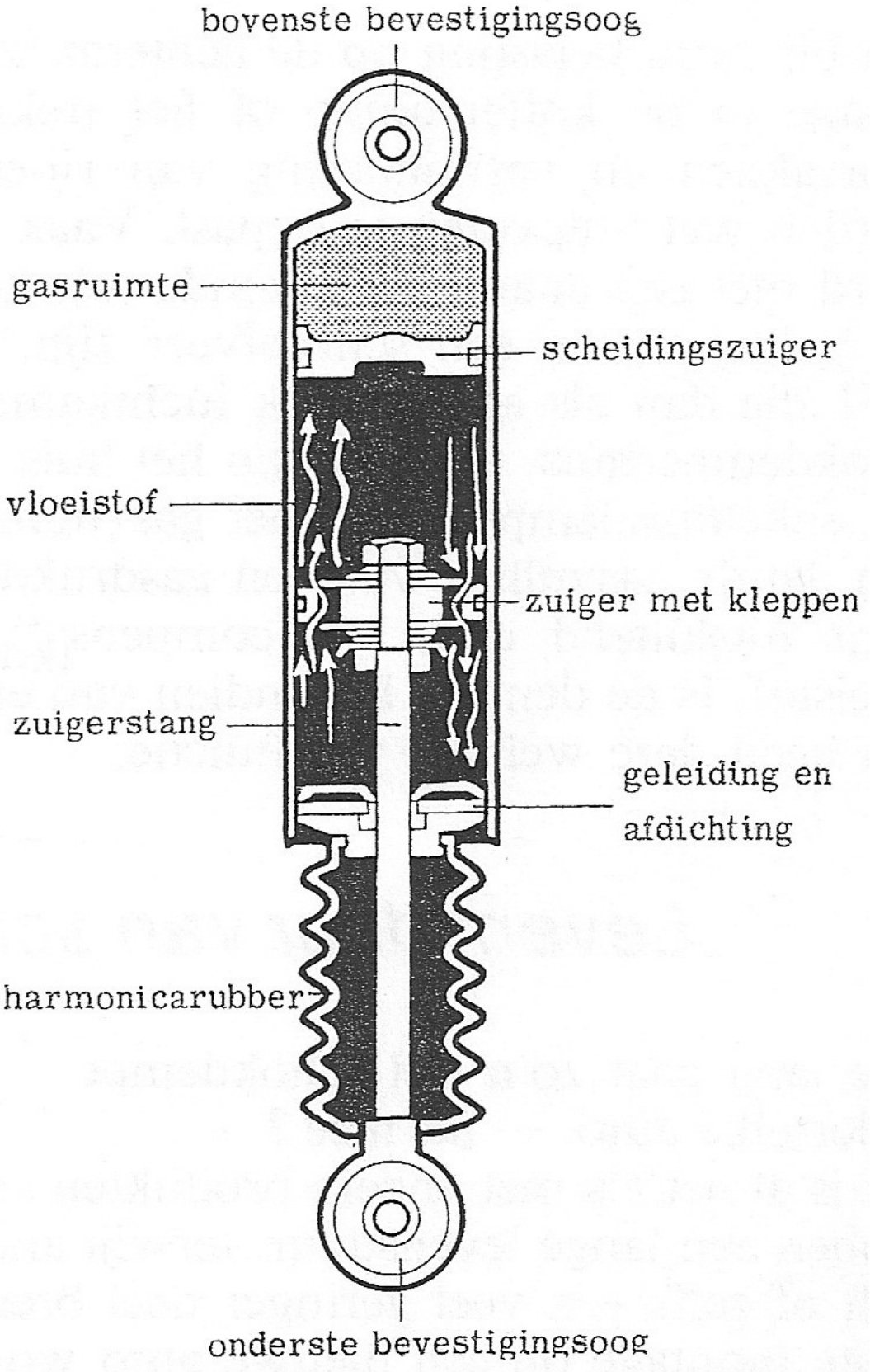

Fig. 134. Een gasdrukdemper is een enkelbuisdemper met gasvulling. De door de zuigerstang verdrongen vloeistof verkleint de gasruimte.

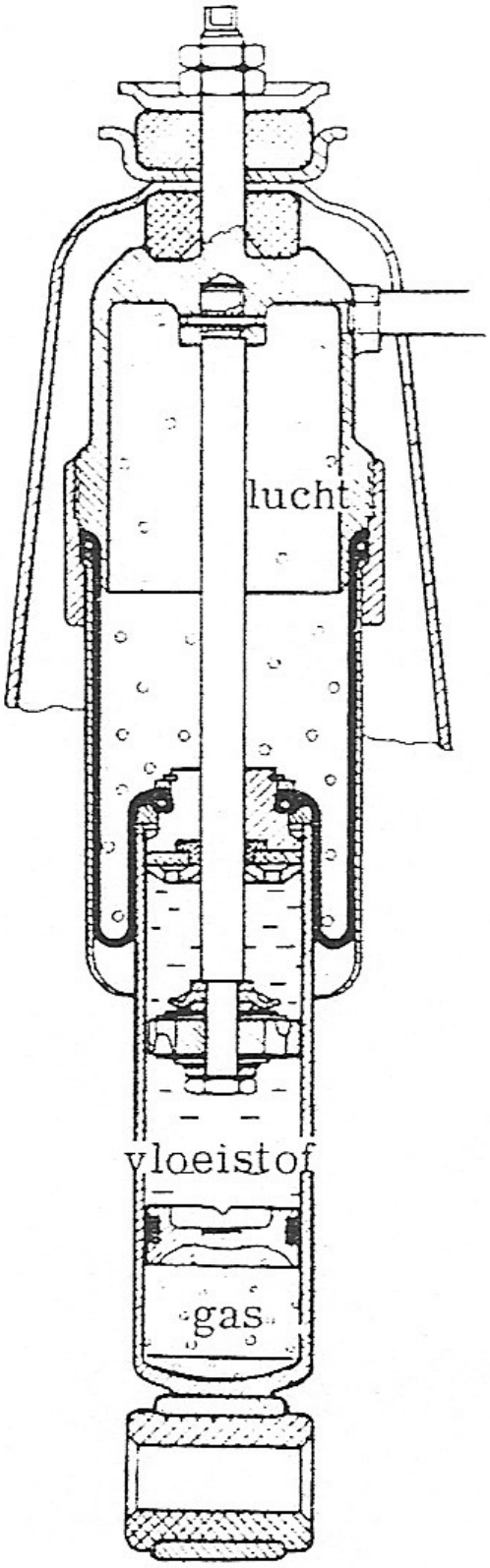

Fig.135. Gasdrukdemper met aangebouwde hulpveer.

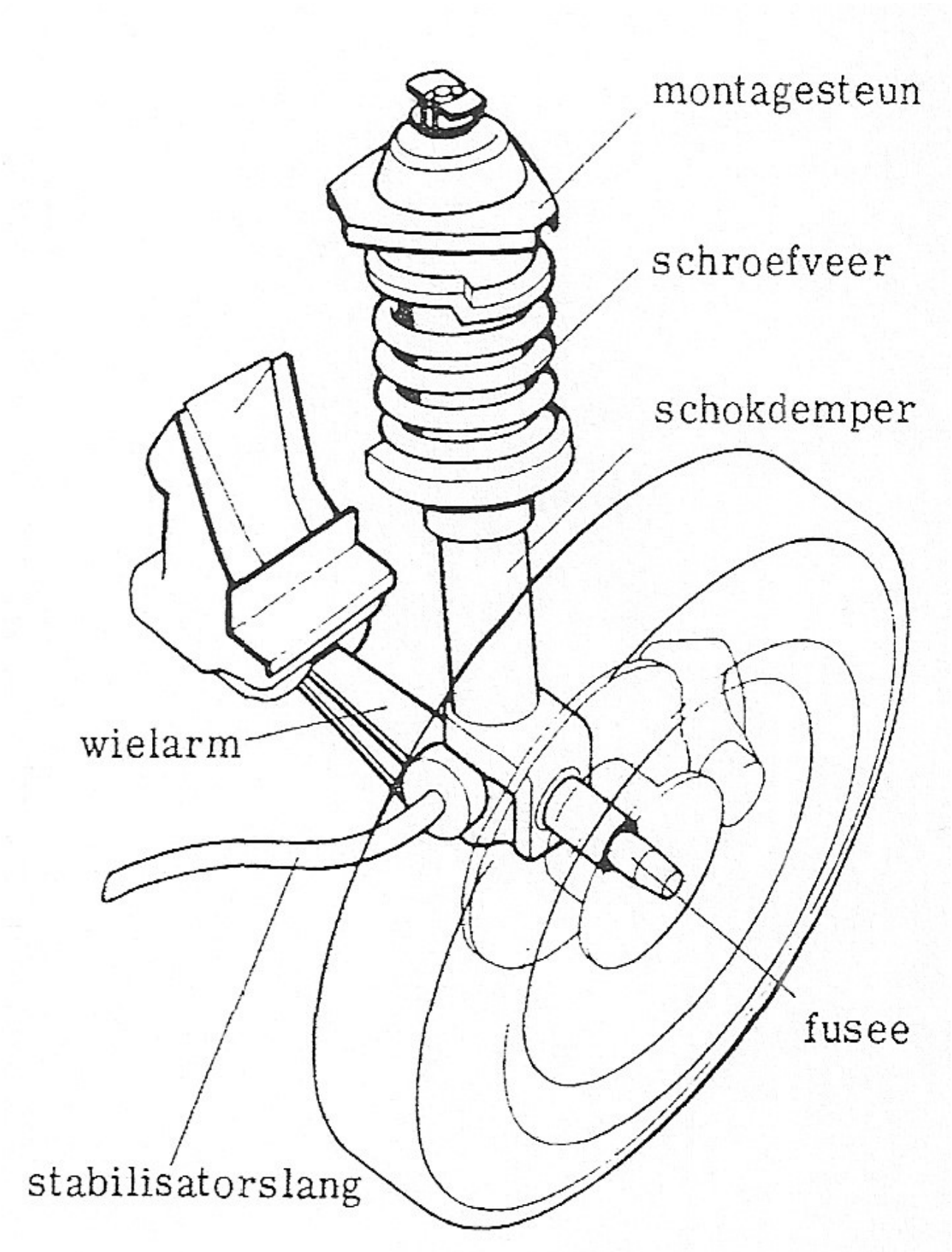

Fig.136. Bij het McPherson wielophangingssysteem vormen de schroefveer, schokdemper en fuseedrager één element. de z.g. veerpoot. De schokdemperonderdelen kunnen als 'inbouwpatroon' uitgewisseld worden.

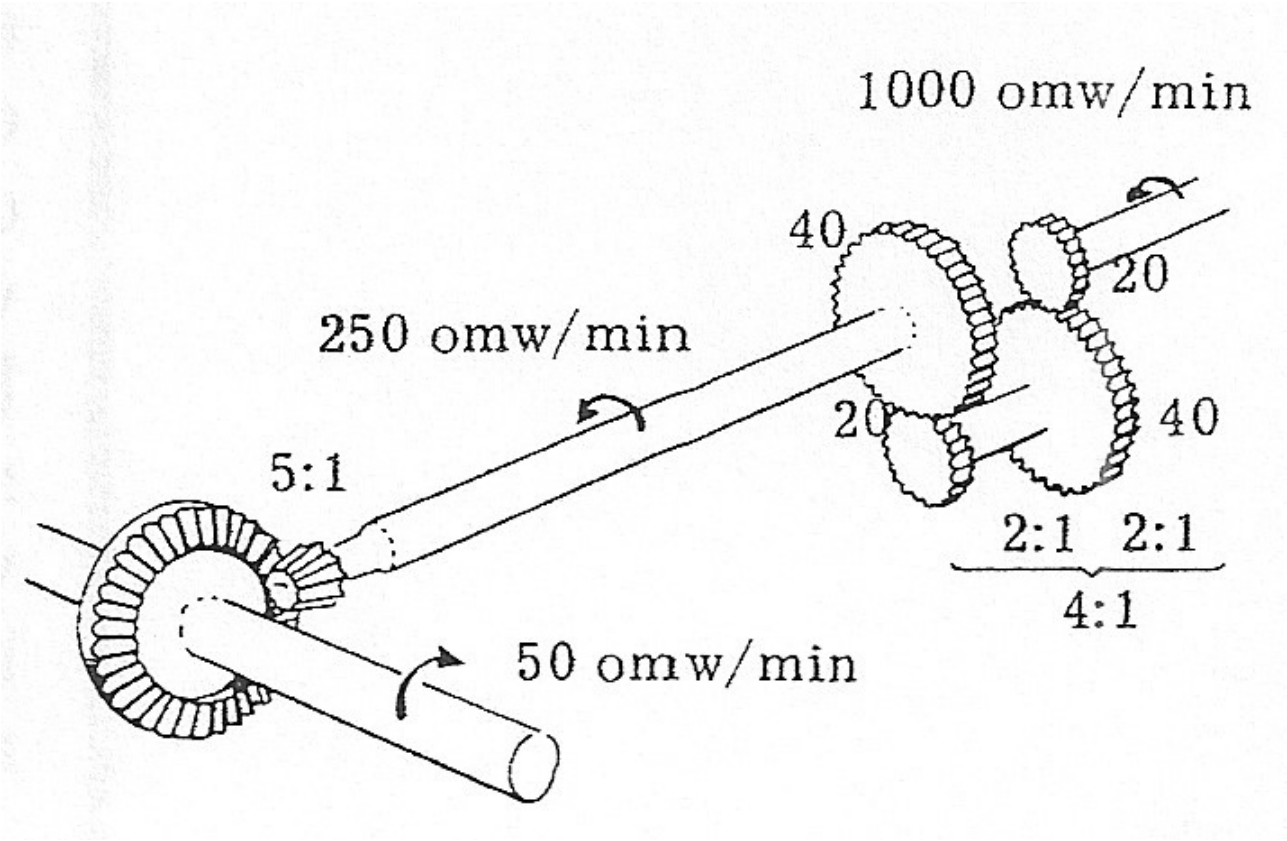

Fig.137. Het motorkoppel wordt vergroot door de vaste eindreductie (hier 5:1) en indien nodig door de overbrengingsverhouddingen in de versnellingsbak (hier: eerste versnelling met een overbrengingsverhouding van 4:1). De totale overbrengingsverhouding is dus 20:1. Een motortoerental van 1000 omw/min wordt bij de aandrijfwielen dan ook gereduceerd tot 50 omw/min. Het koppel wordt 20 x vergroot.

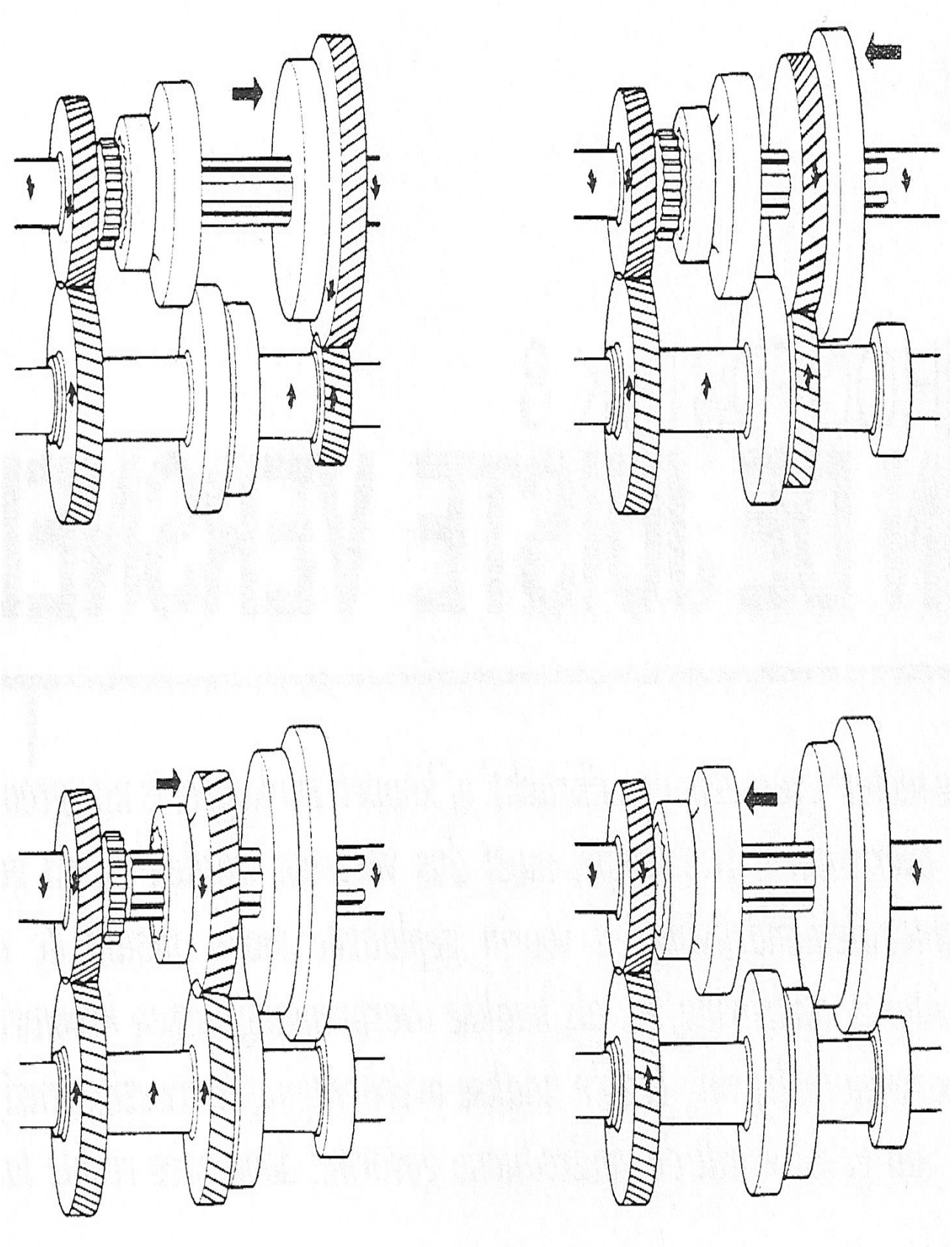

Fig.138. De eerste versnelling levert een grote reductie op (A). De tweede versnelling een iets minder grote reductie (B). De derde versnelling nog iets minder (C) en de vierde versnelling levert een rechtstreekse aandrijving zonder reductie op (D).

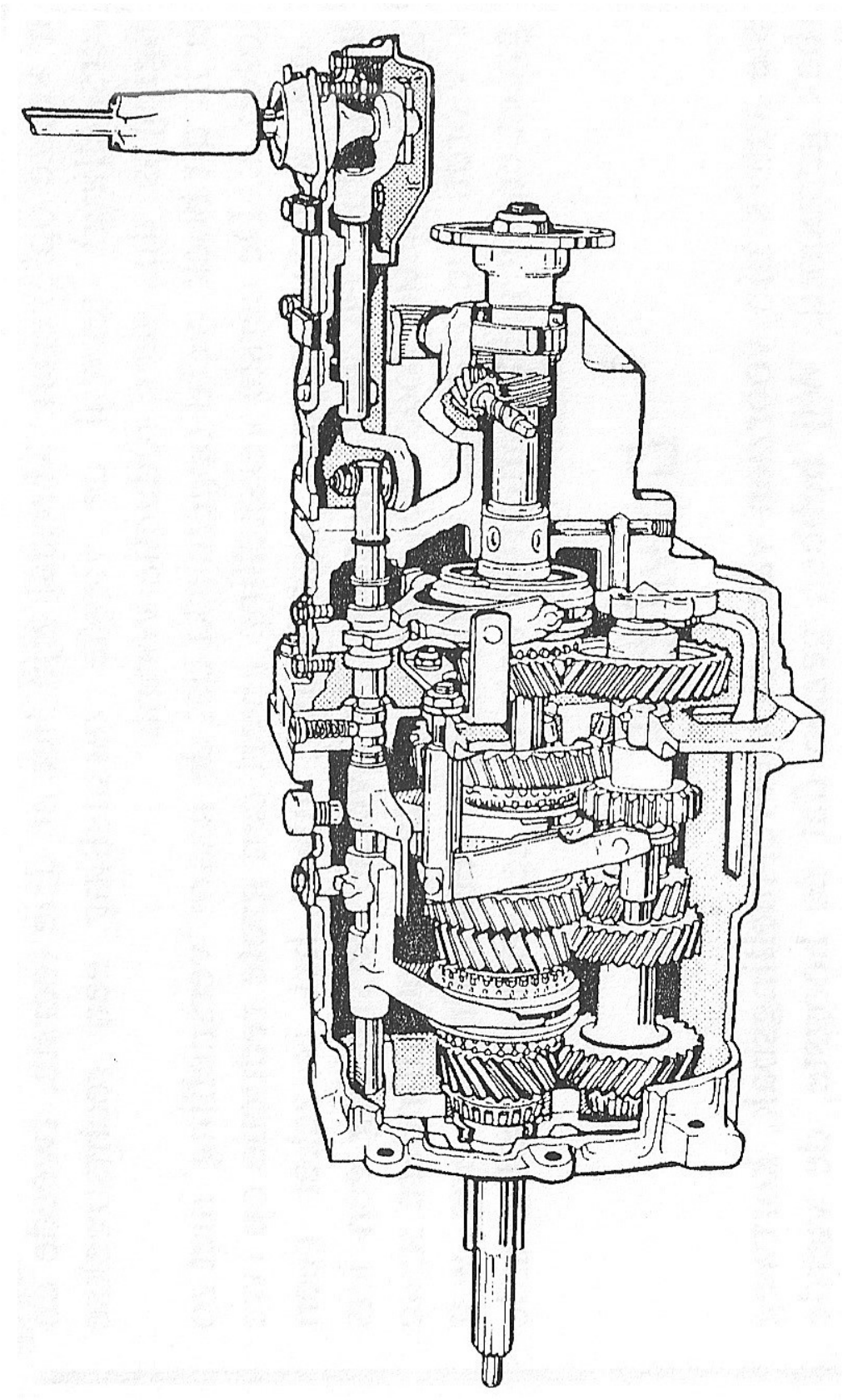

Fig.139. Bij een vijfversnellingsbak is de hoogste versnelling meestal een 'overdrive' (de uitgangsas maakt meer omwentelingen dan de ingangsas).

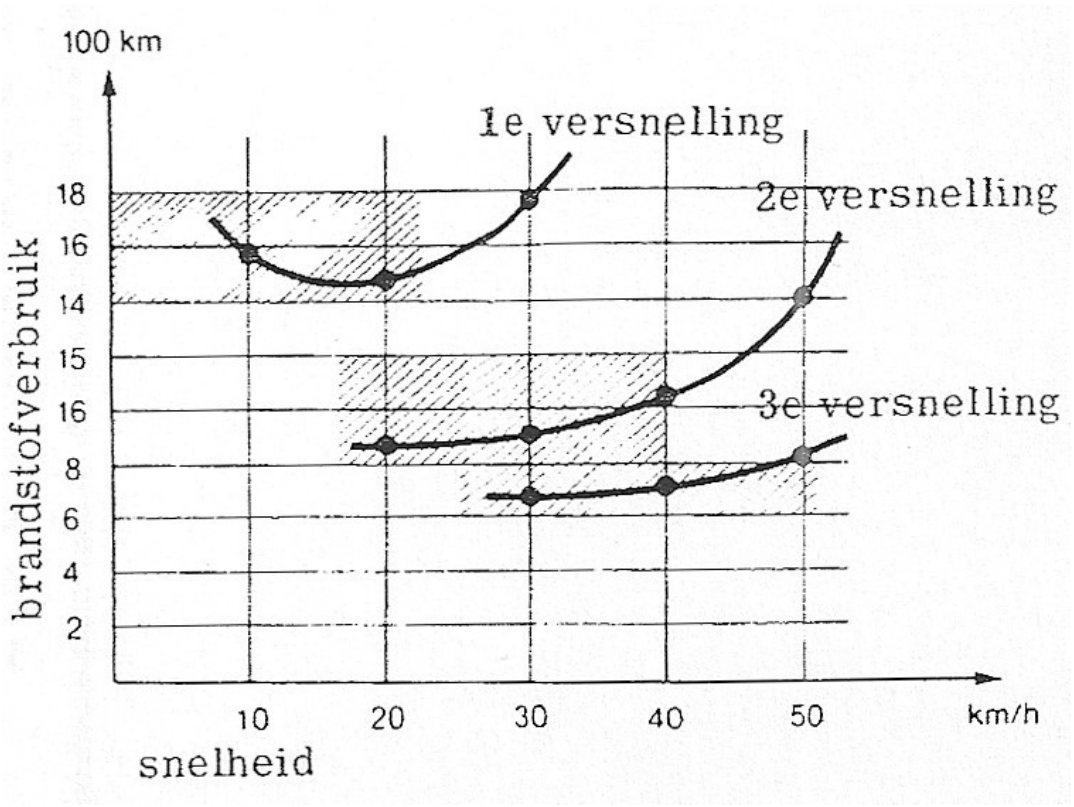

Fig.140. Hoe lager de ingeschakelde versnelling, hoe lager het brandstofverbruik.

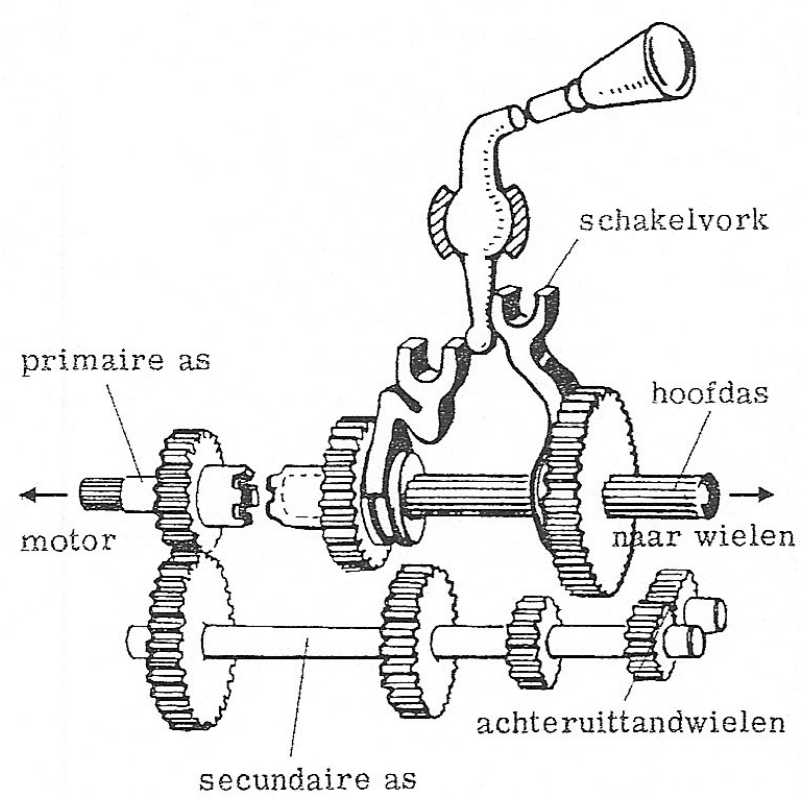

Fig.141. Schakelvorken schuiven in te schakelen tandwielen langs een as voorzien van langsgroeven.

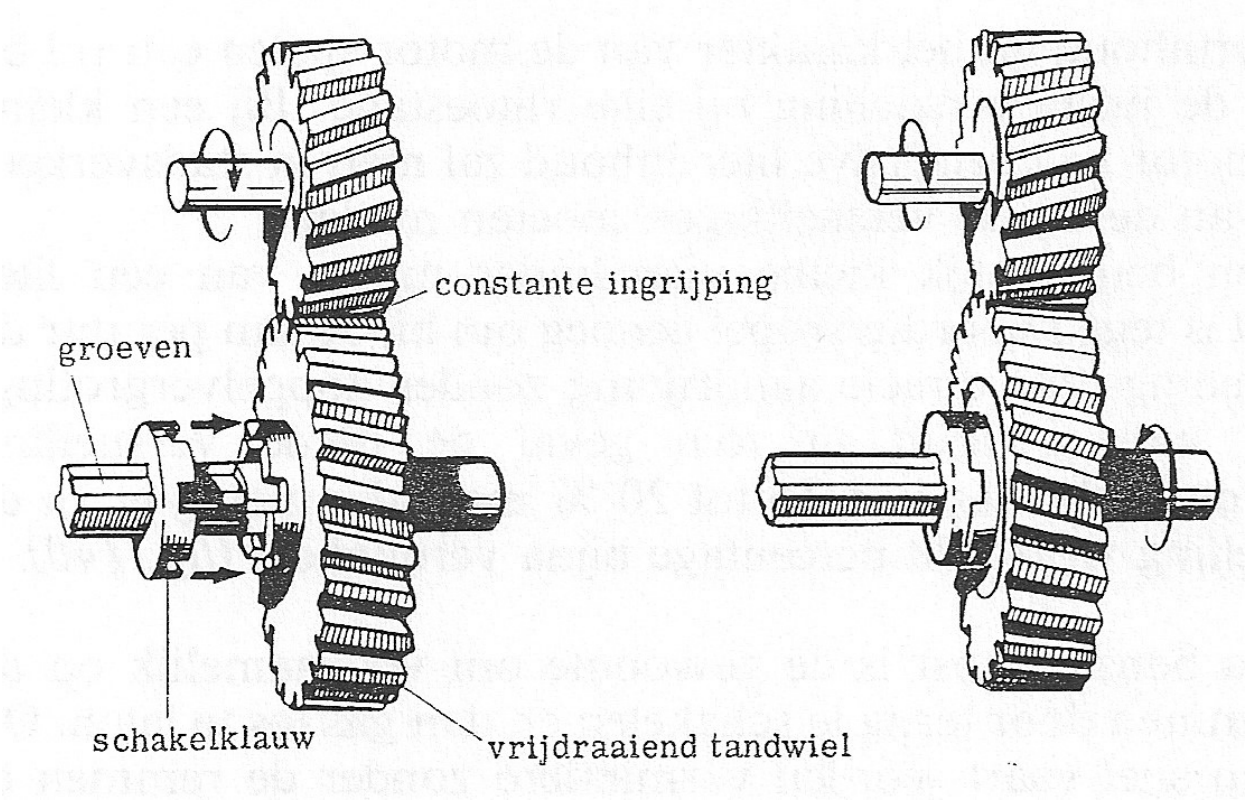

Fig.142. Tandwielen met schuine vertanding. De verbinding tussen tandwiel en as vindt plaats door een klauwkoppeling.

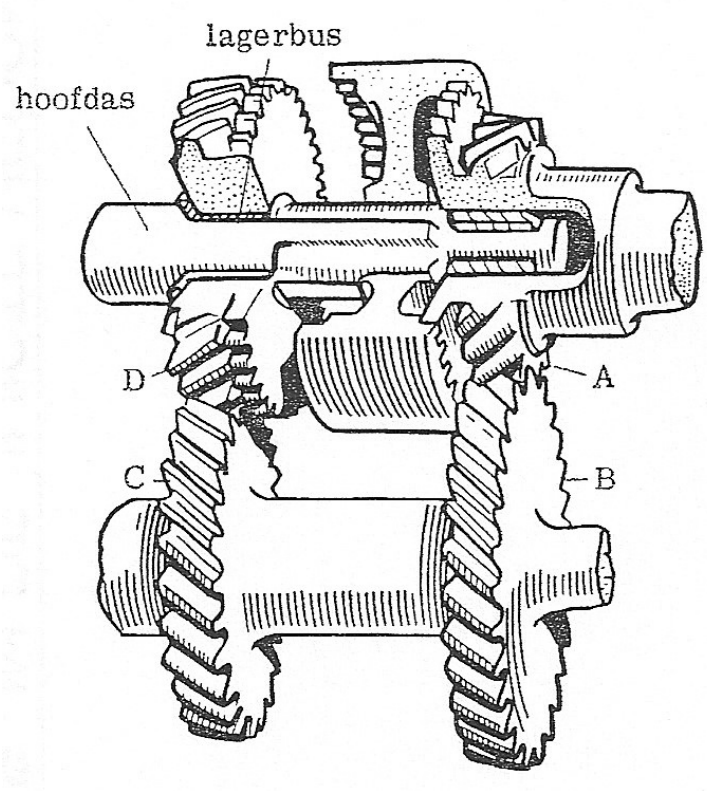

Fig.143. De klauwkoppeling uitgegroeid tot schuifmof met inwendige vertanding, passend om de tandkrans naast het tandwiel.

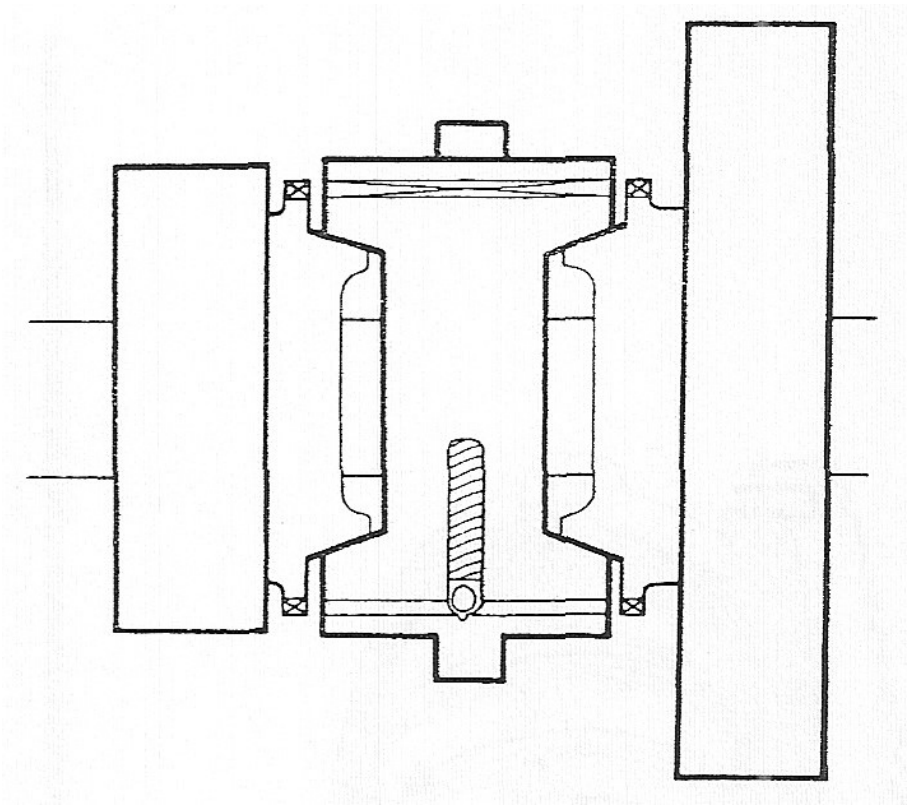

Fig.144. De conische vlakken naast de tandkrans en in de schuifmof.

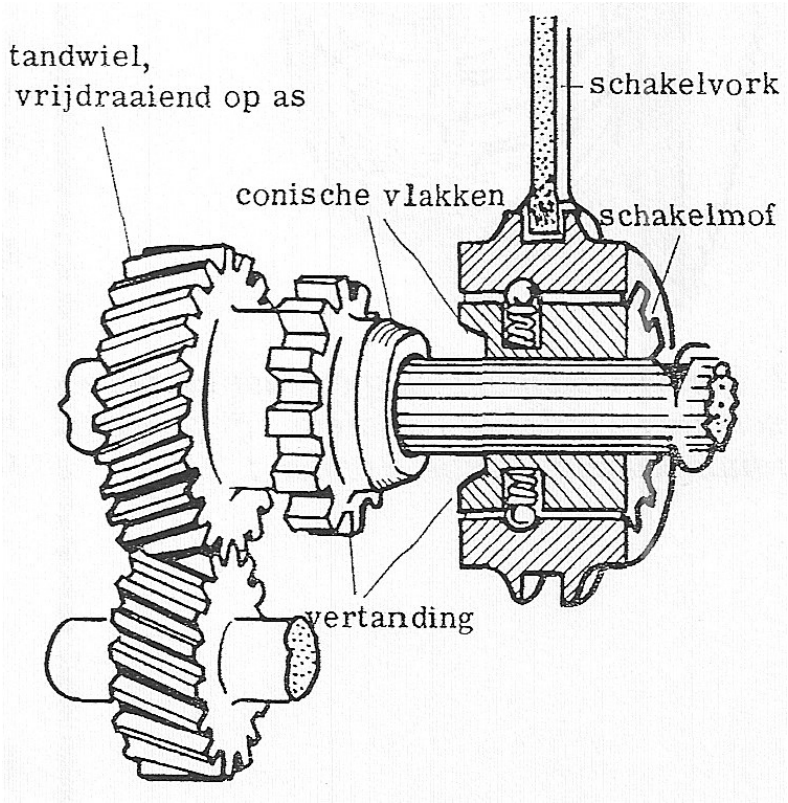

Fig.145. Doorsnede van de synchronisator.

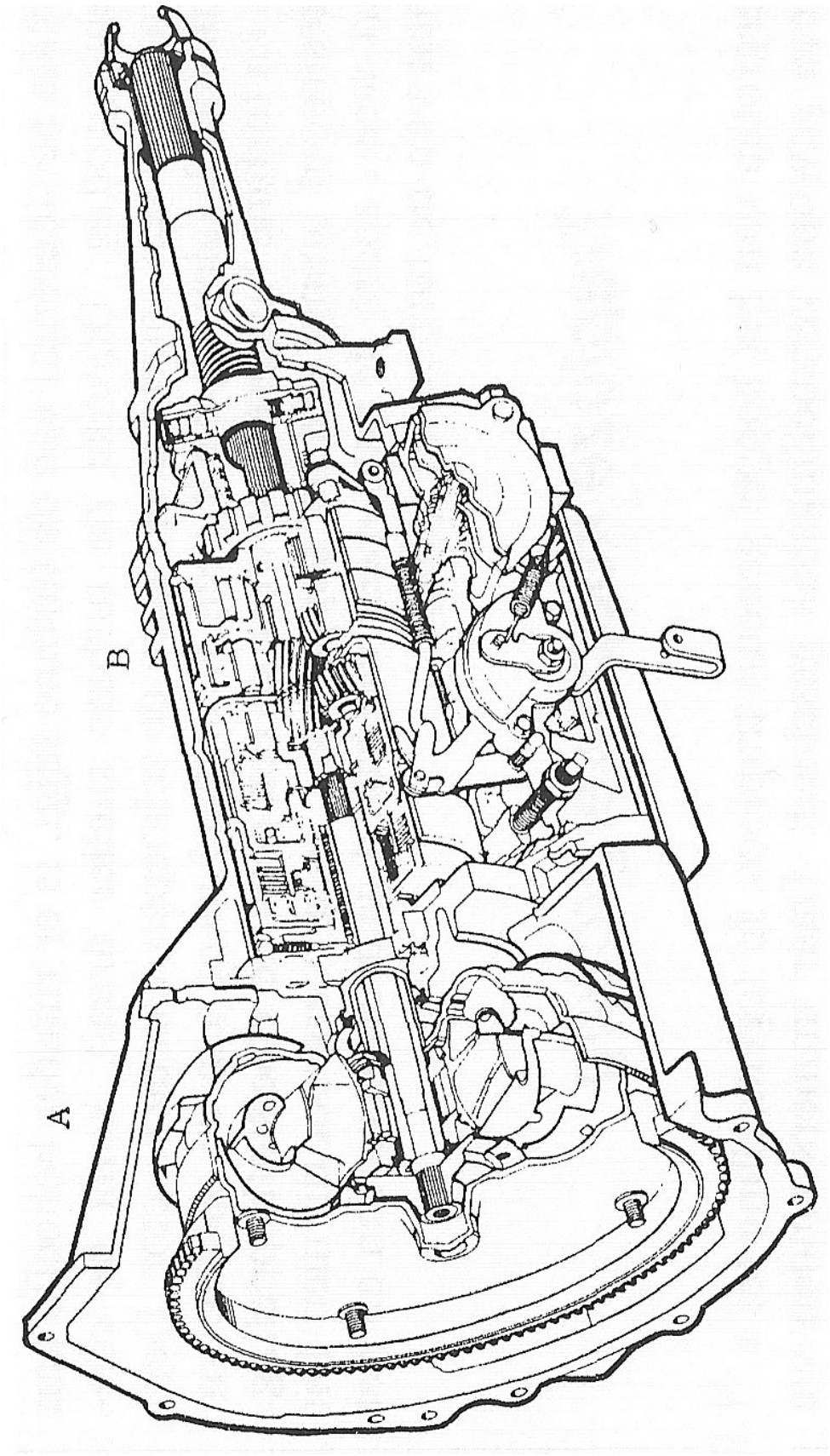

Fig.146. De meeste automatische transmissies omvatten een koppelomvormer (A) en een versnellingsbak (B) van speciale constructie.

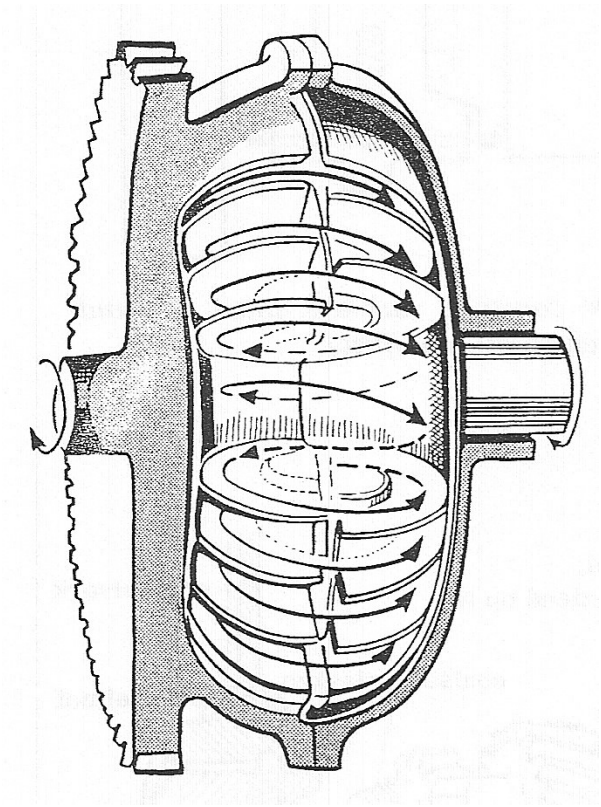

Fig.147. Een vloeistofkoppeling bestaat uit twee in schotten verdeelde schalen; zij vormen een huis waarin de olie circuleert.

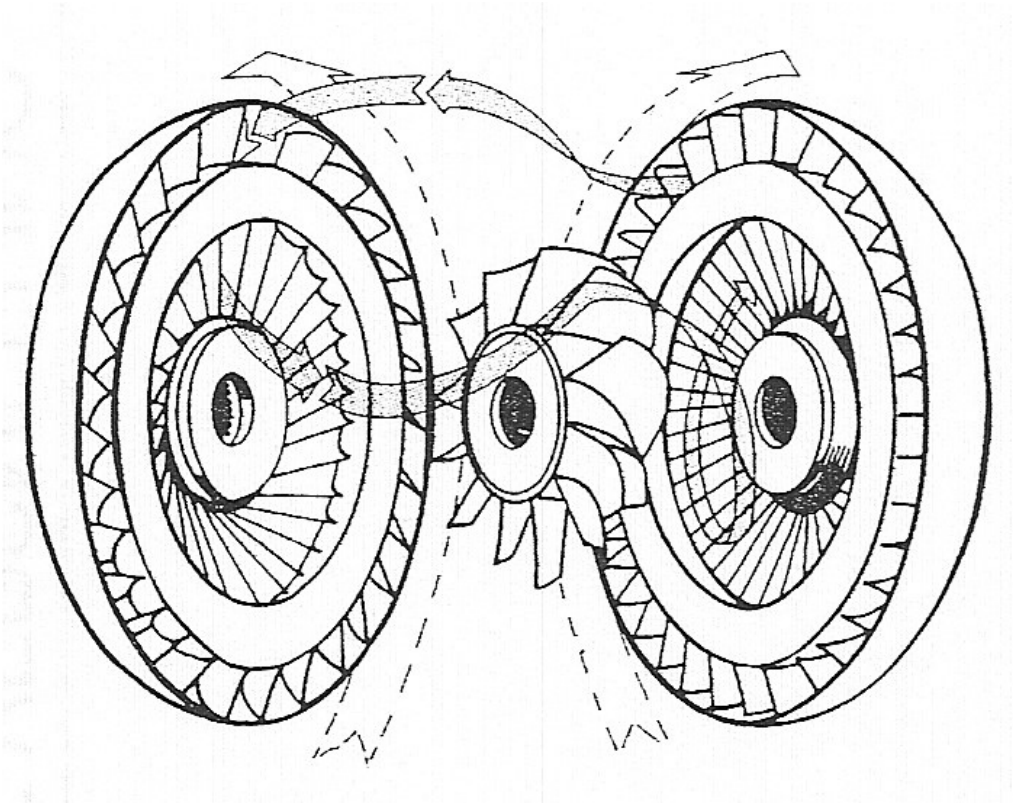

Fig.148. Als tussen pomp en turbine een stator wordt geplaatst, kan het geheel het koppel ook vergroten.
De vloeistofkoppeling is dan tevens koppelomvormer geworden.

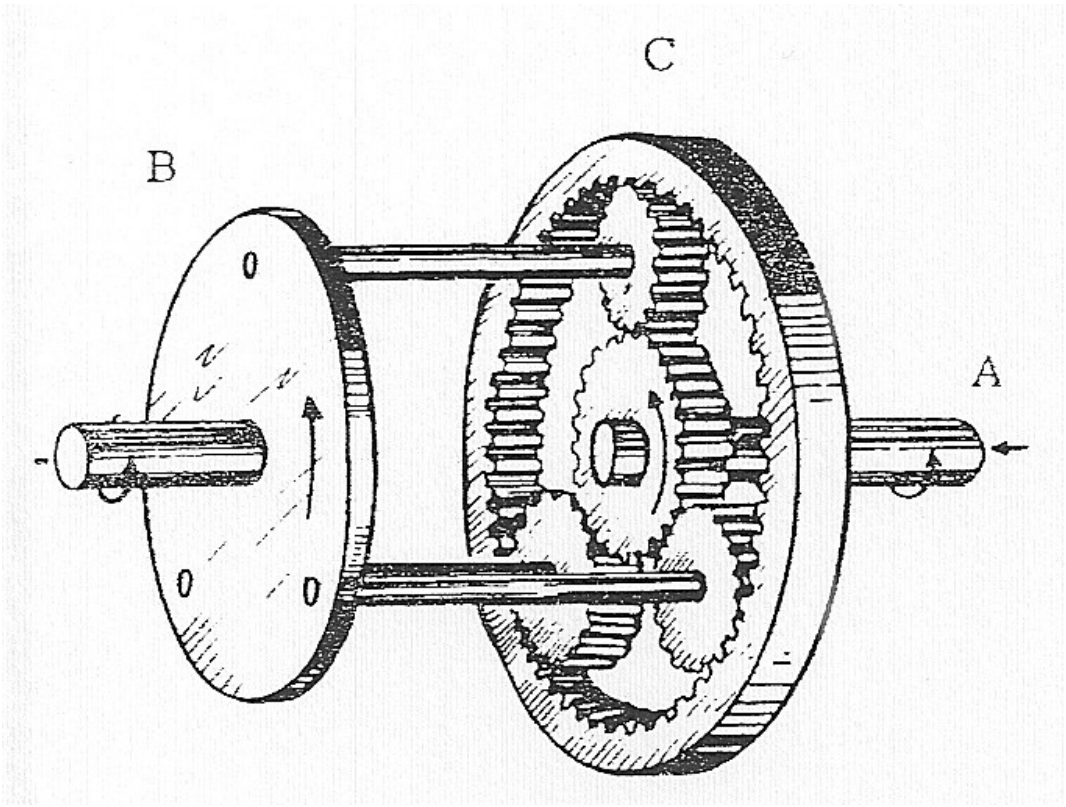

Fig.149. Planetaire tandwielen bestaande uit een zonnewiel, satellieten en een ringtandwiel.

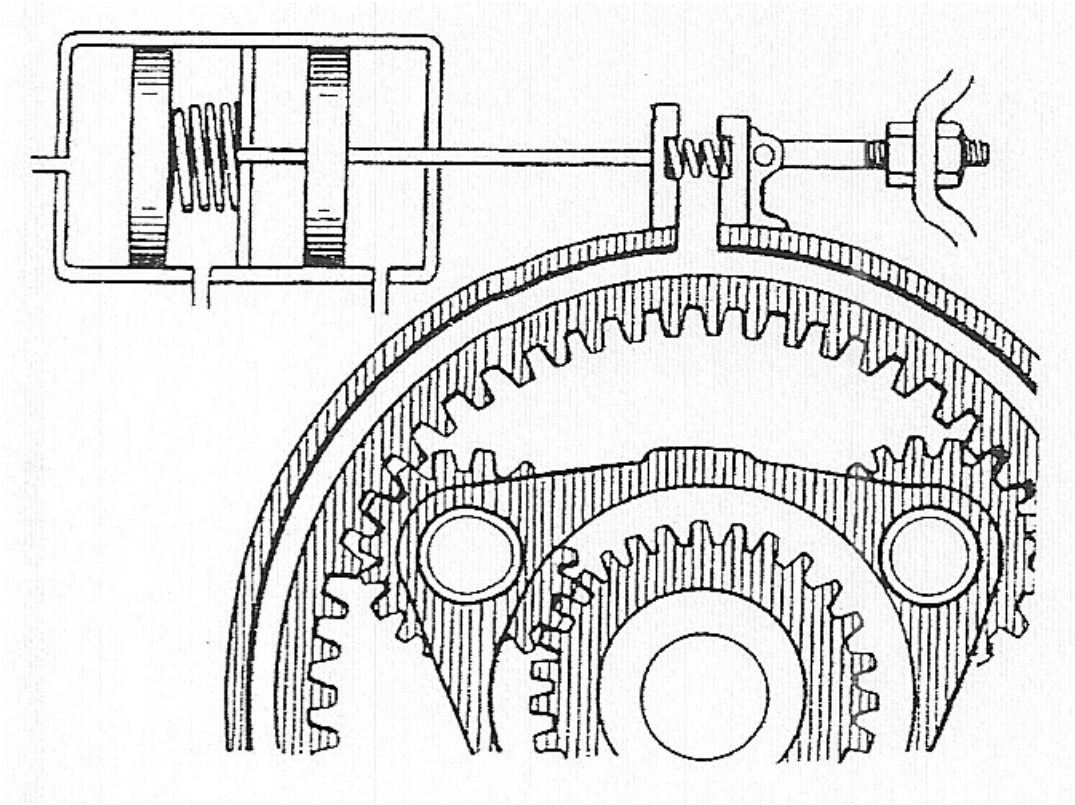

Fig.150. Het ringtandwiel kan tegengehouden worden door een door oliedruk bediende remband.

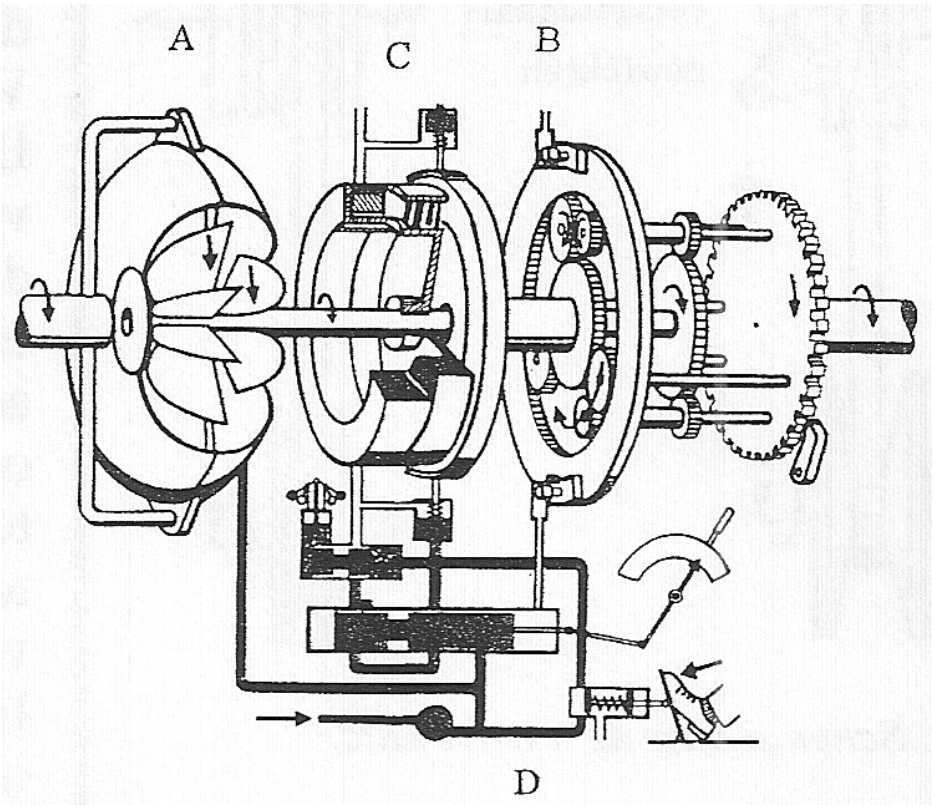

Fig.151. Schema vaneen automatische versnellingsbak met (A) de koppelomvormer, (B) de planetaire tandwielgroepen, (C) een lamellenkoppeling en (D) het kleppenmechanisme.

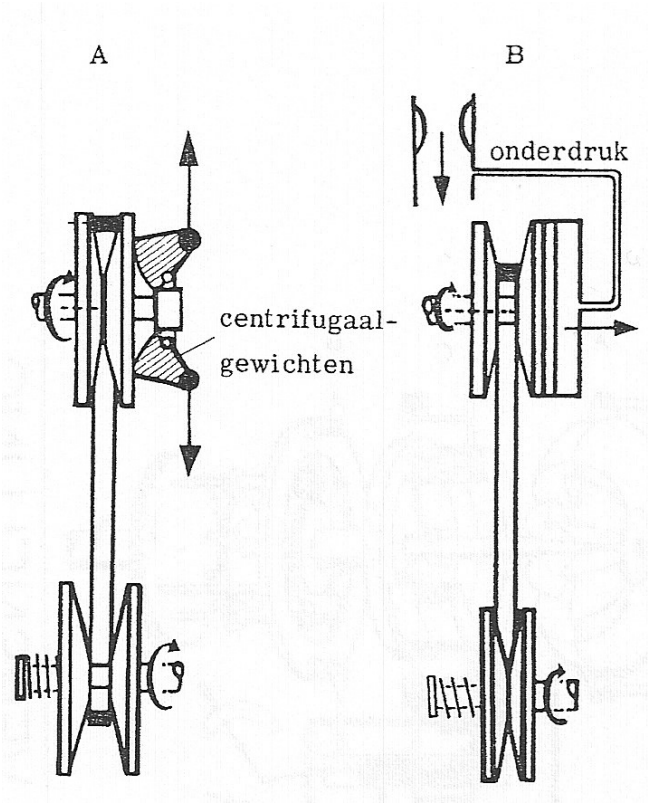

Fig.152. Schema van de Variomatic.

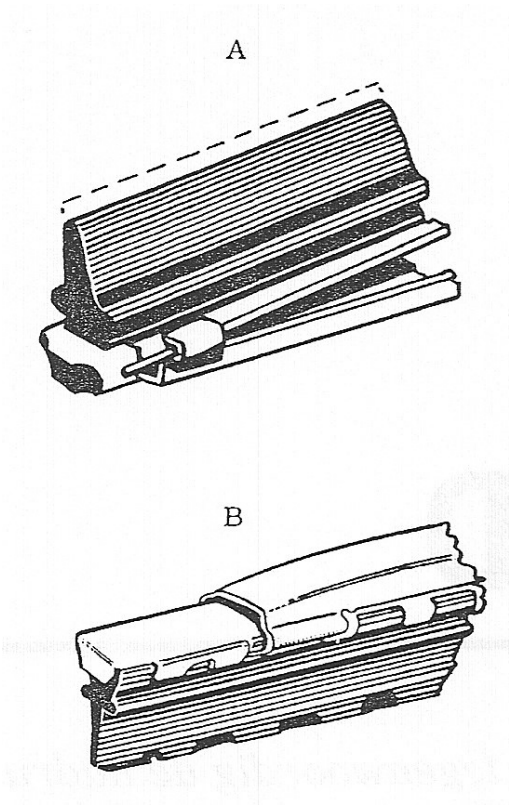

Fig.153. Een auto omvat vele onderdelen die aan slijtage en/of veroudering blootstaan. Ruitenwisserbladen zijn hiervan één voorbeeld. De scherpe veegkant kan afgesleten zijn (A) en het blad kan ook aangetast zijn door atmosferische invloeden (B).

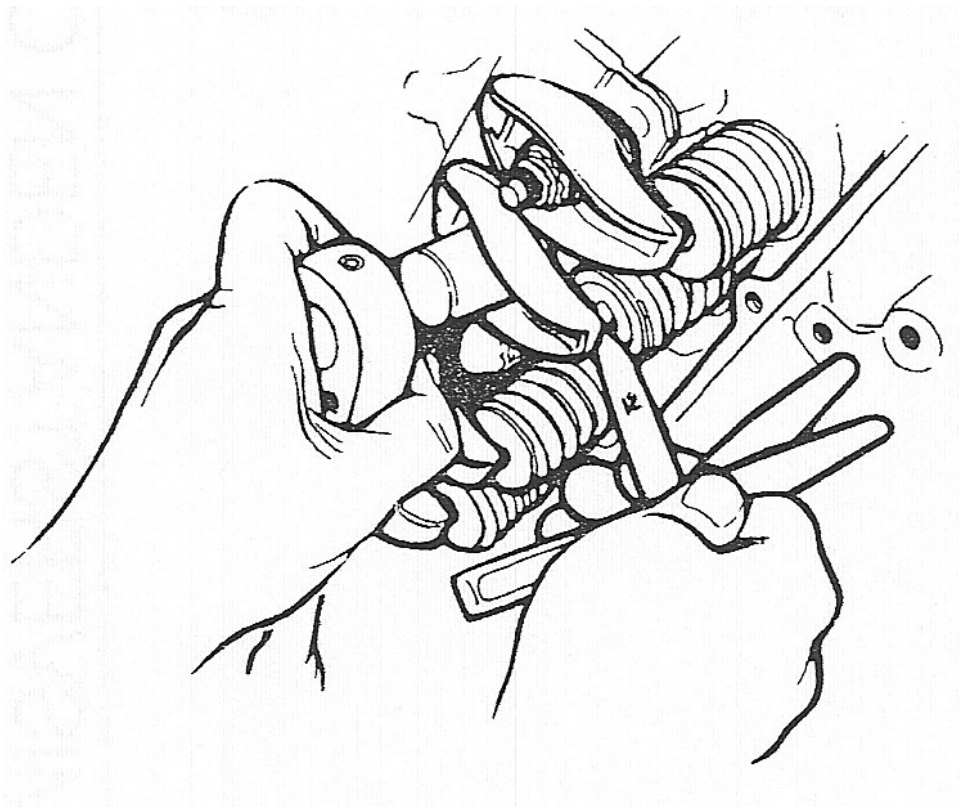

Fig.154. Afstellingen zijn nodig om slijtage te compenseren, zoals het afstellen van de klepspeling. Voor het meten van de speling is een voelermaat nodig.

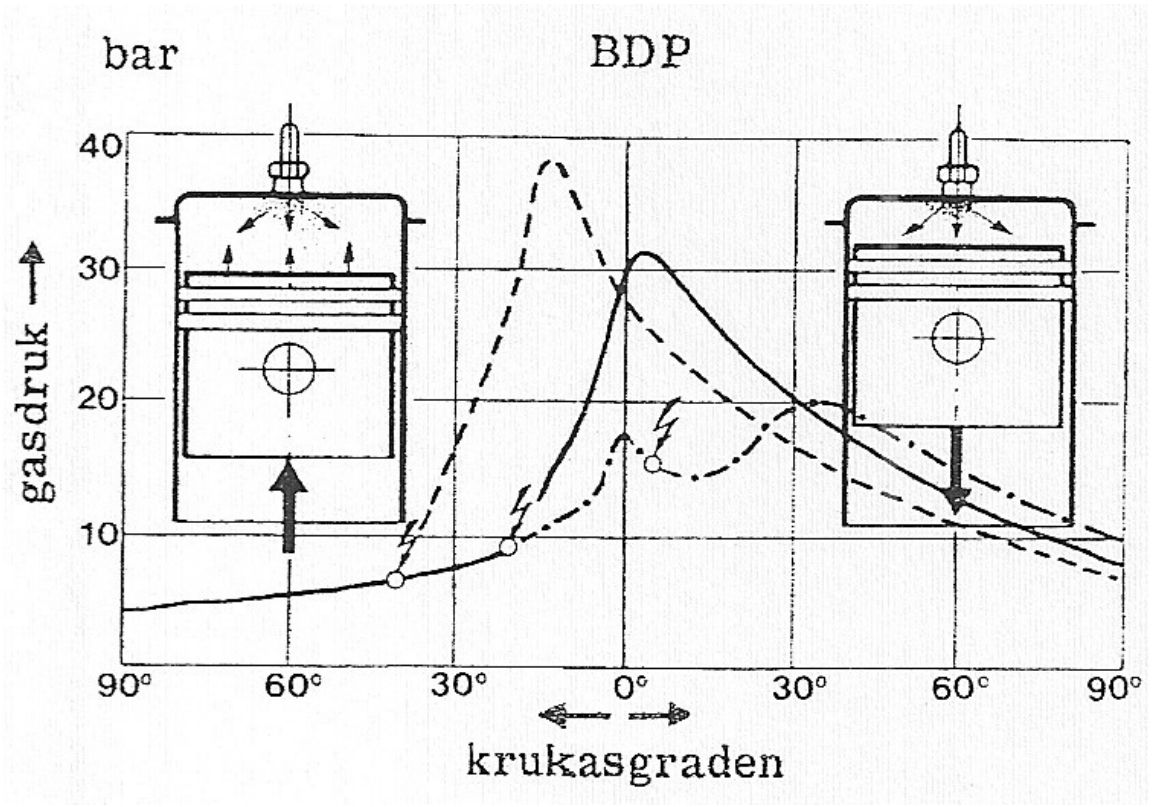

Fig.155. Een zeer belangrijke afstelling is het ontstekingstijdstip.
De ononderbroken lijn geeft de verbrandingsdruk aan wanneer het vonktijdstip correct is. Komt de vonk te vroeg (streeplijn) dan wordt de druk gevaarlijk hoog (met kans op pingelen). Komt de vonk te laat, dan treedt krachtverlies op (streep-stippelijn), dus een te groot brandstofverbruik.

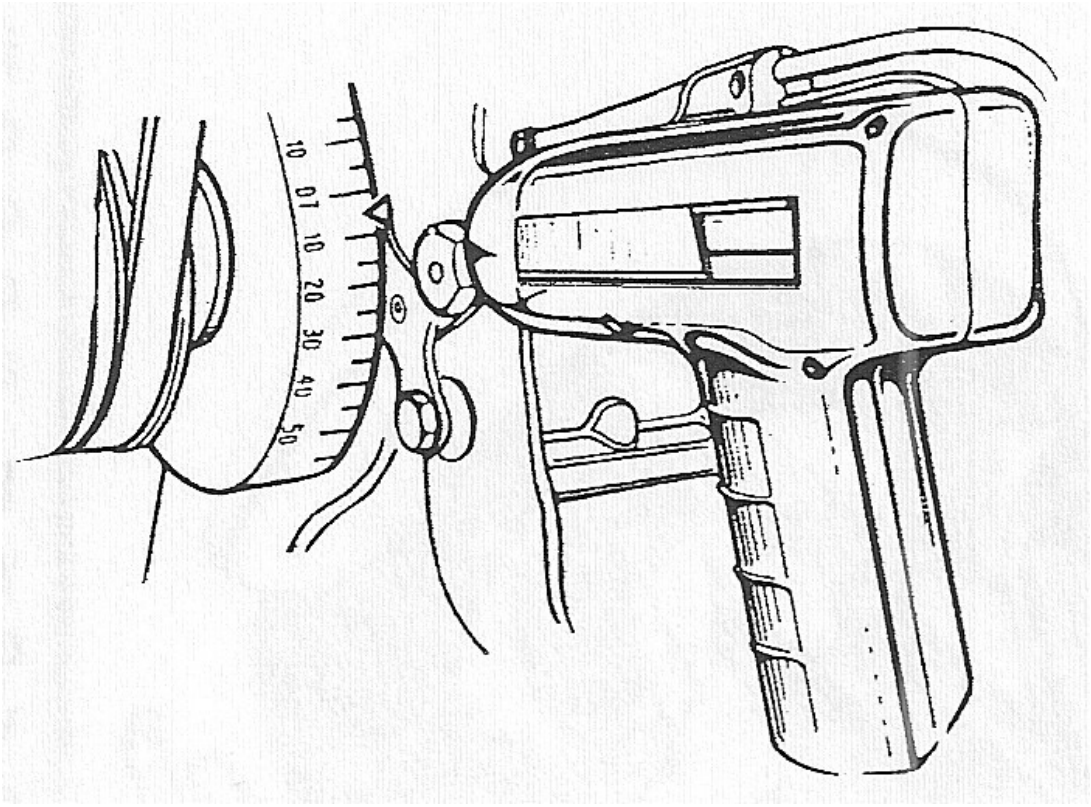

Fig.156. Afstellingen zijn nodig om slijtage te compenseren, zoals het afstellen van de klepspeling. Voor het meten van de speling is een voelermaat nodig.

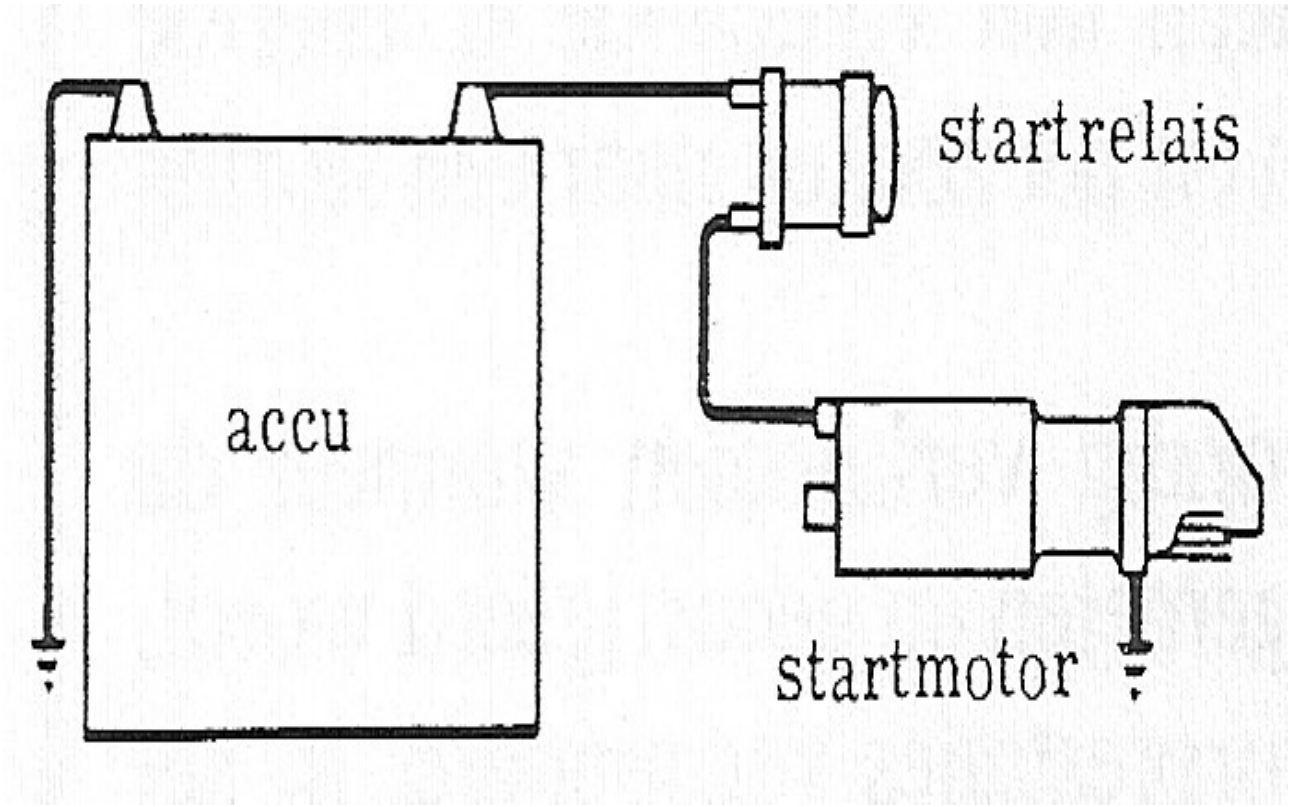

Fig.157. Als de motor niet start (startmotor werkt niet), zijn er drie mogelijkheden: de accu is ontladen, het startrelais is defect, de kabels zitten los of de startmotor is defect.

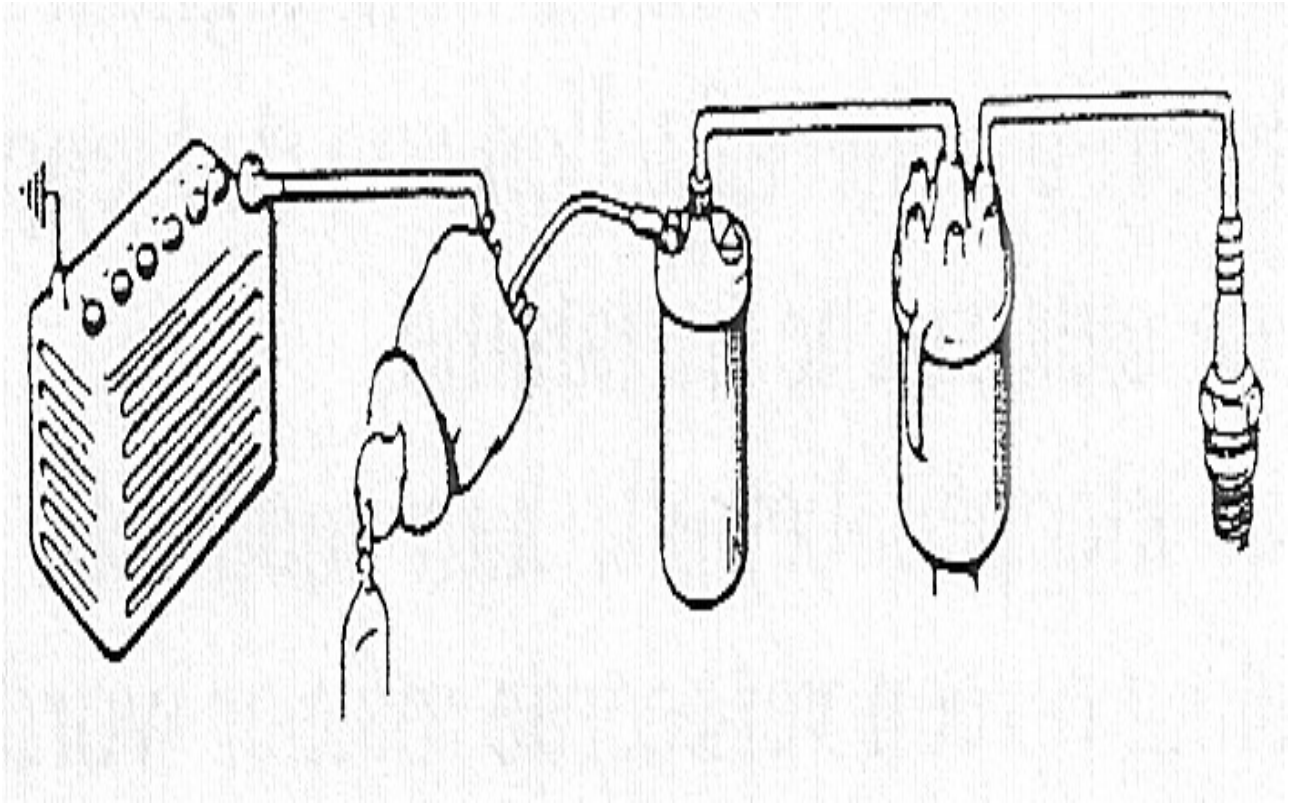

Fig.158. Functioneert de startmotor normaal, maar wil de motor niet, dan moet de fout meestal in de ontsteking worden gezocht.
Kijk vooral naar de verbindingen aan (A) contactslot, (B) bobine, (C) stroomverdeler en (D) bougies.

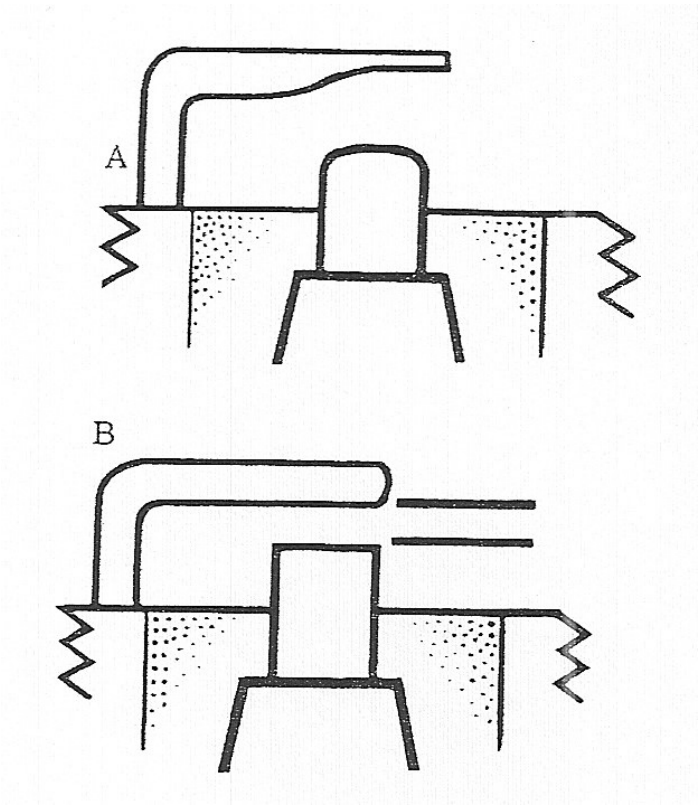

Fig.159. Slecht starten, vooral in het koude jaargetijde, kan ook worden veroorzaakt door bougies met een te grote elektrodeafstand (A). Vaak ook in combinatie met vocht op de kabels en andere delen van het ontstekingssysteem B toont een normale elektrodenafstand.

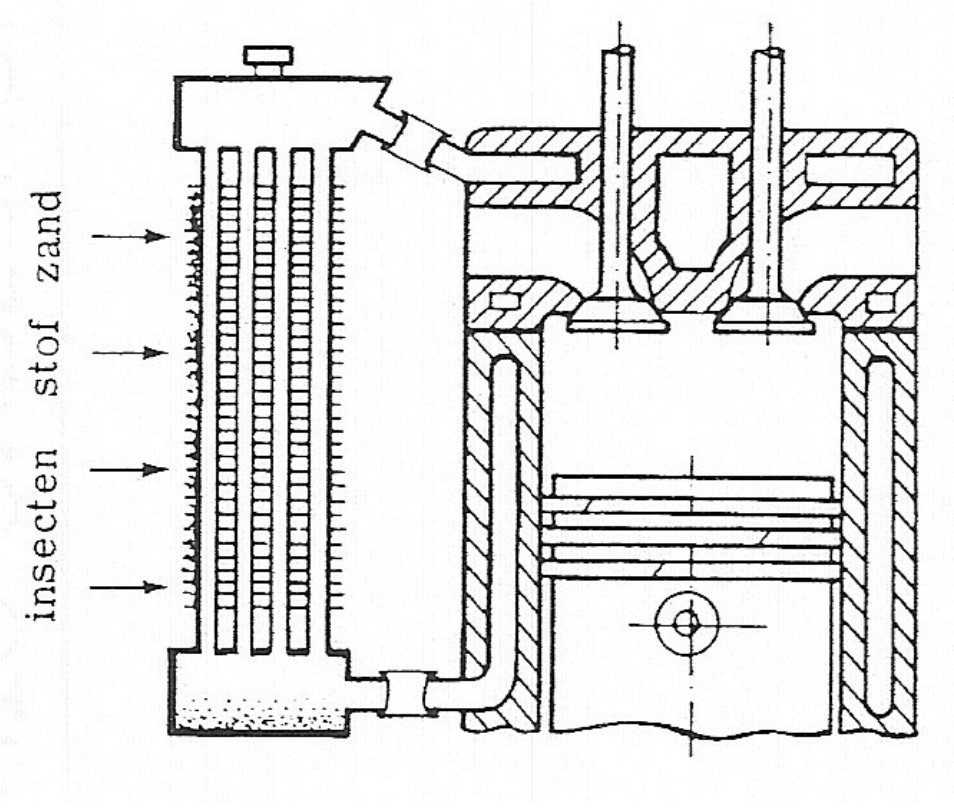

Fig.160. Inwendige vervuiling is vaak verantwoordelijk voor een slecht werkend koelsysteem. Maar ook kunnen insecten, stof en zand de radiator uitwendig bedekken, zodat de lucht onvoldoende warmte kan opnemen.

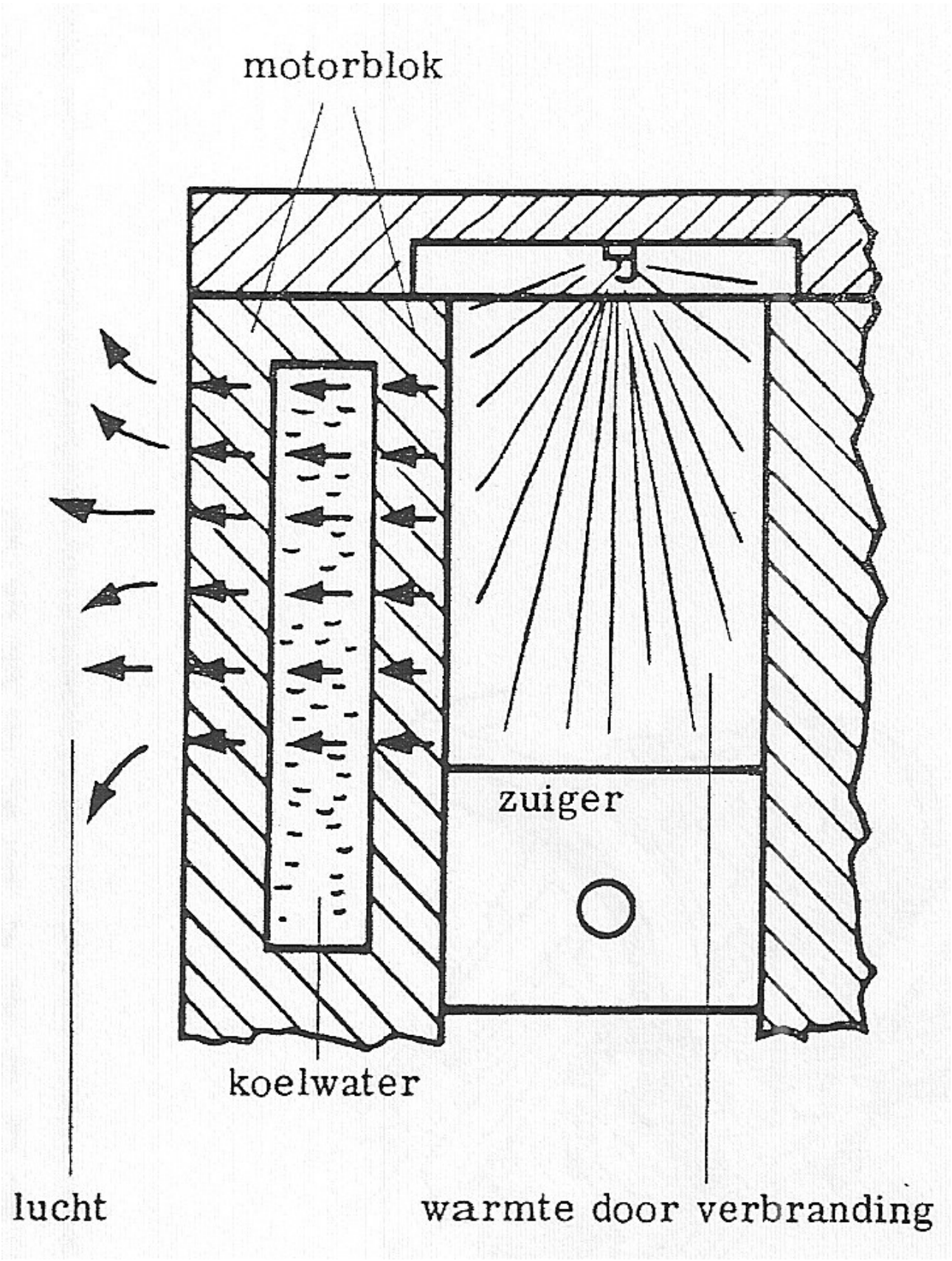

Fig.161. Een zeer arm mengsel verbrandt te langzaam. Tijdens de verbranding legt de zuiger een grote afstand af, zodat meer warmte aan het koelsysteem en door uitstraling wordt afgegeven.

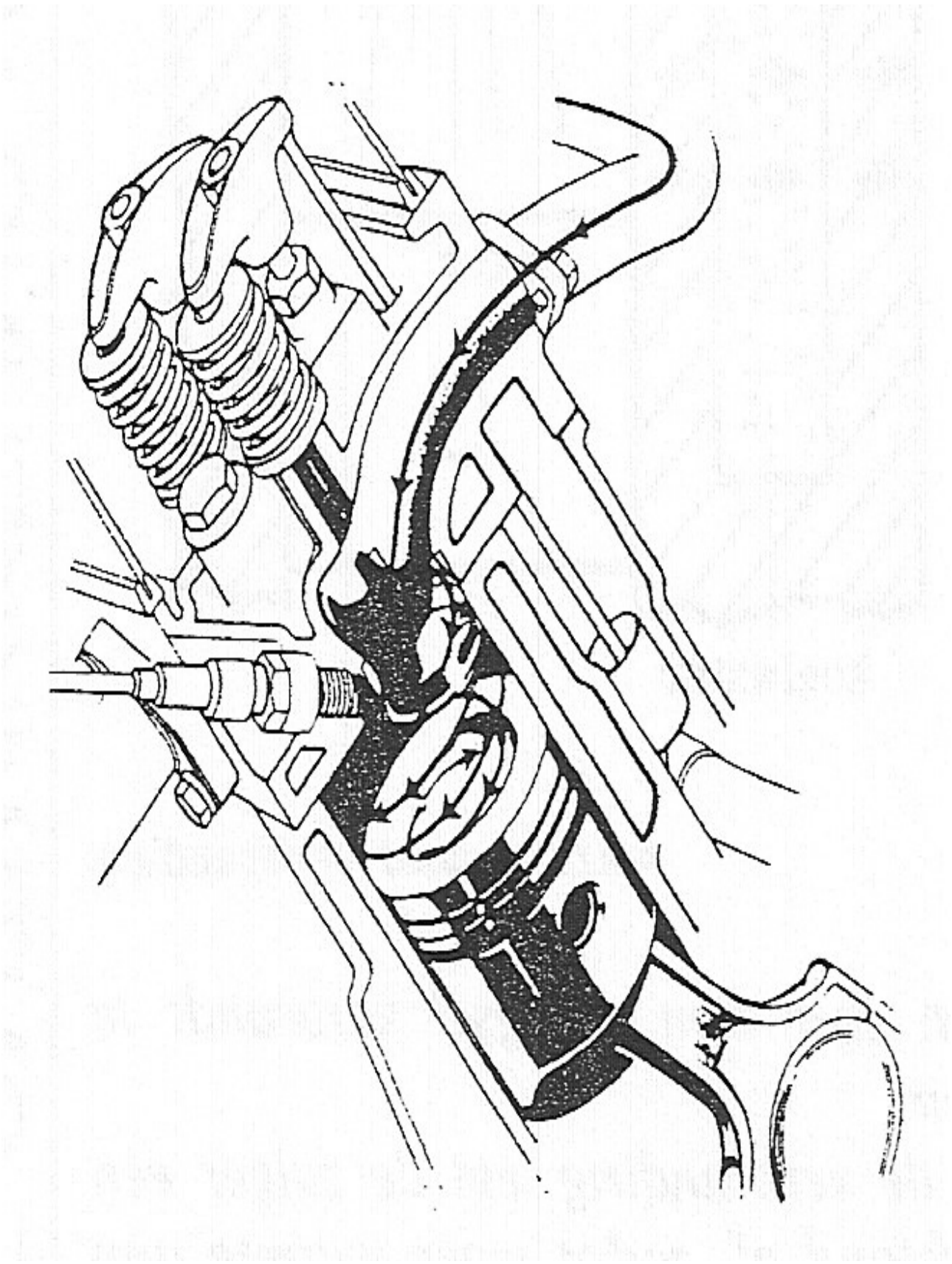

Fig.162. Op diverse manieren heeft men ook in het verleden al gepoogd het mengsel in de verbrandingskamer te laten wervelen. Thans lijkt men er in geslaagd te zijn om hierdoor een armer mengsel en tegelijk een hogere compressieverhouding toe te passen. Dit levert een extra zuinige motor op.

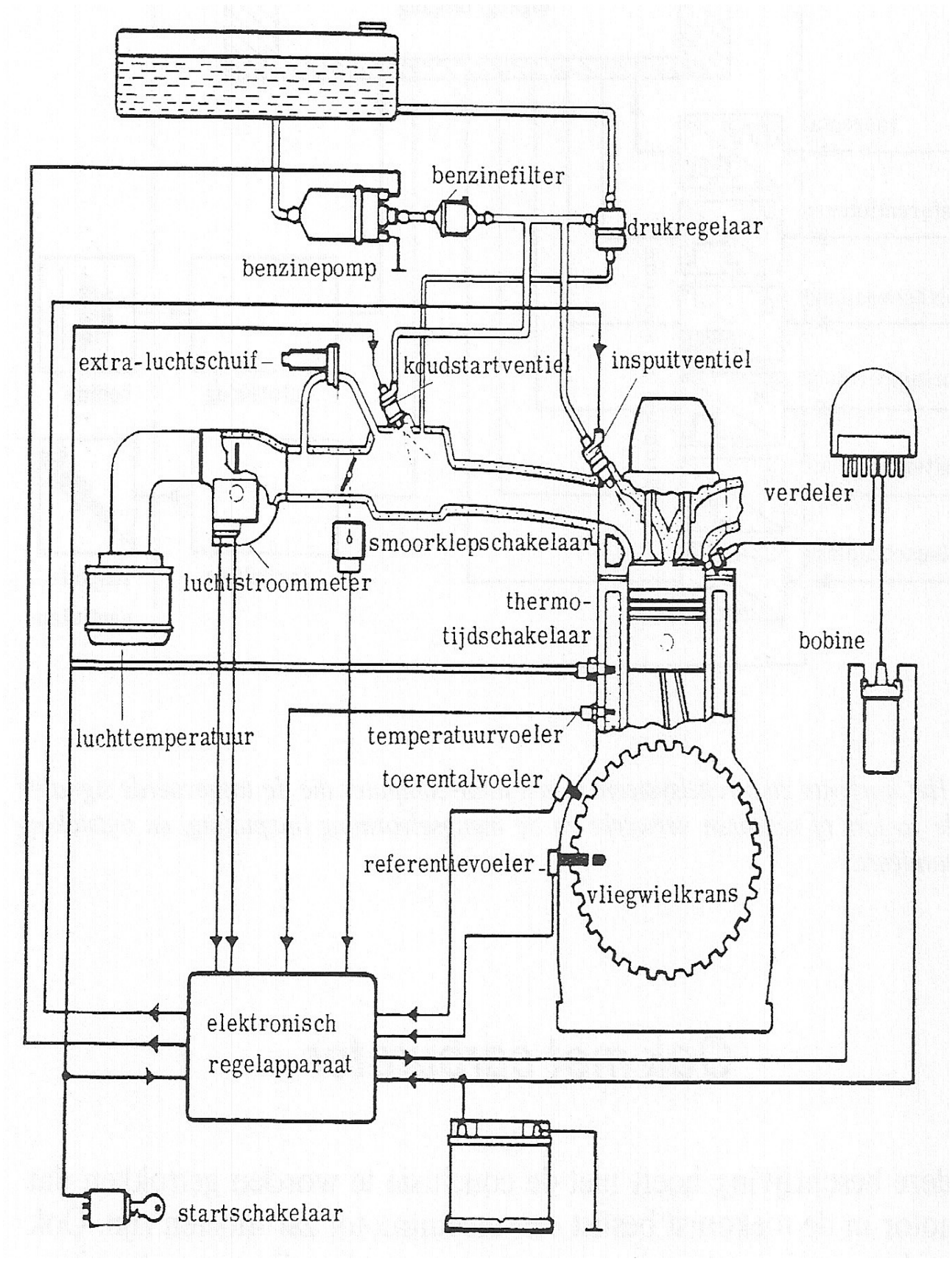

Fig.163. Schema van en systeem met elektronisch regelorgaan om mengselvorming en ontstekingstijdstip uiterst nauwkeurig aan te passen aan een zo goed mogelijke brandstofeconomie en een minimum aan schadelijke bestanddelen in de uitlaatgassen.

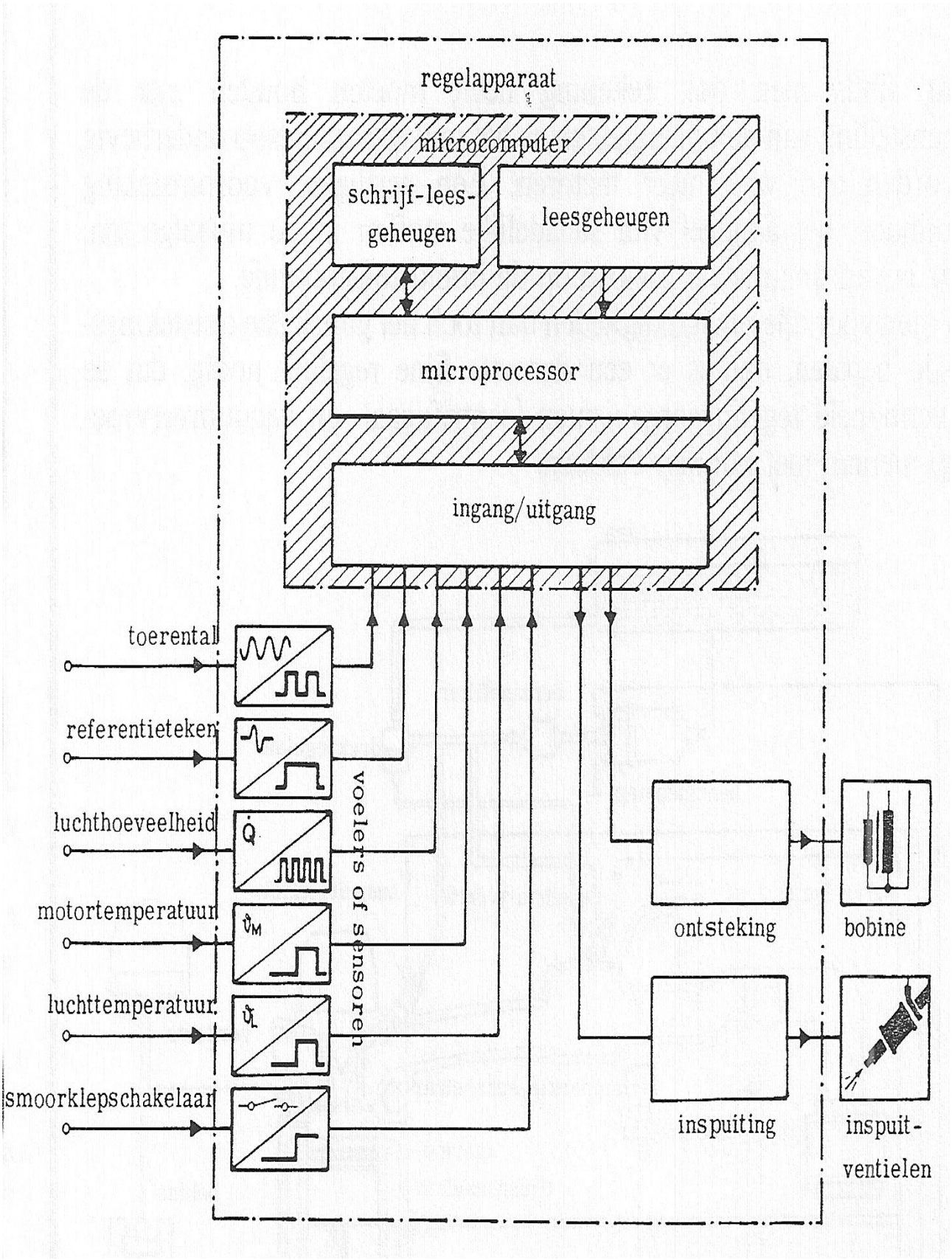

Fig.164. Het hart van zo'n regelsysteem is een mini-computer die de toegevoerde signalen van de voelers of sensoren verwerkt en de mengselvorming (inspuitingp en ontsteking commandeert.

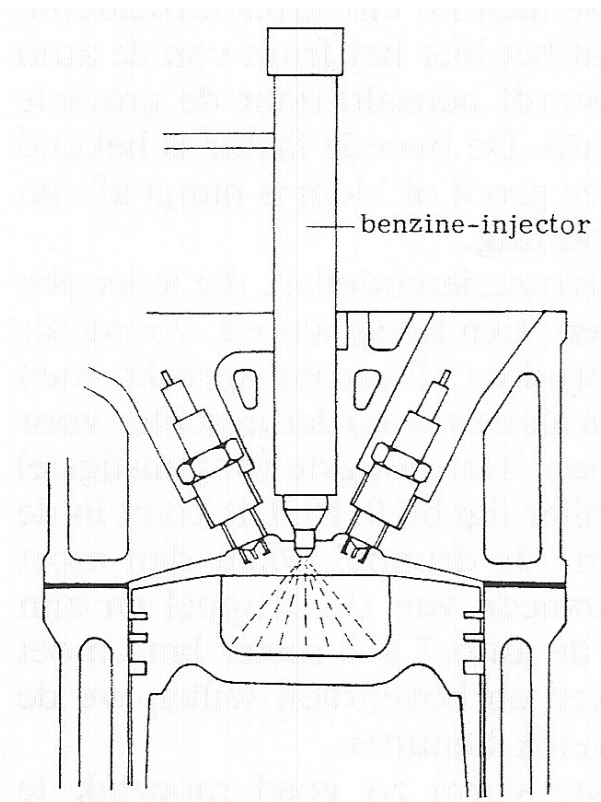

Fig.165. Gelaagde vulling door inspuiting van brandstof in de nabijheid van twee bougies. In de rest van de verbrandingskamer (in de zuiger) bevindt zich een zeer arm mengsel.

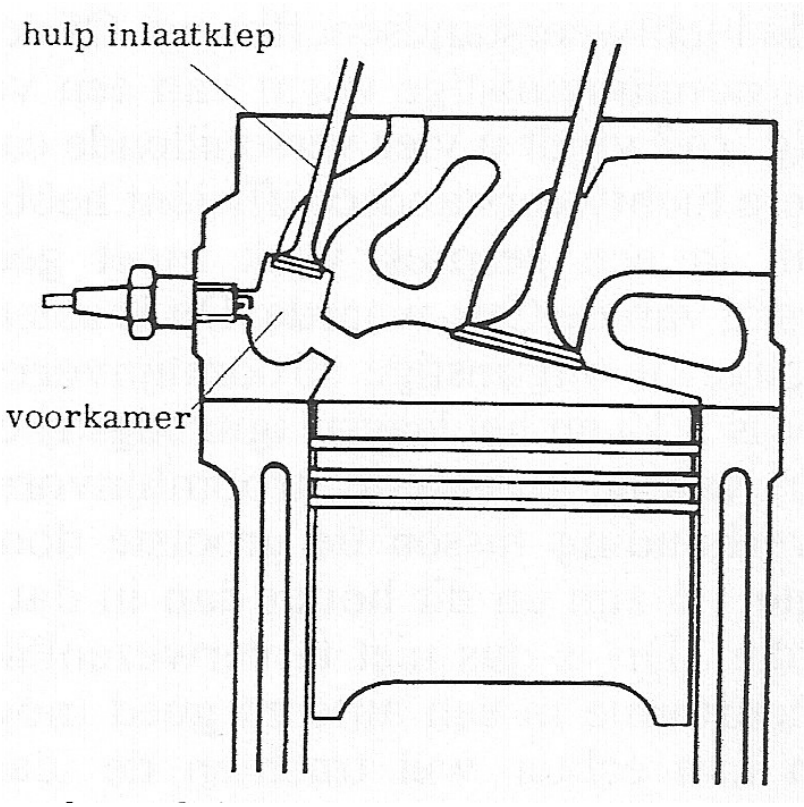

Fig.166. Gelaagde vulling door een rijk mengsel in een afzonderlijke verbrandingsruimte (voorkamer) en een arm mengsel in een hoofdverbrandingsruimte.

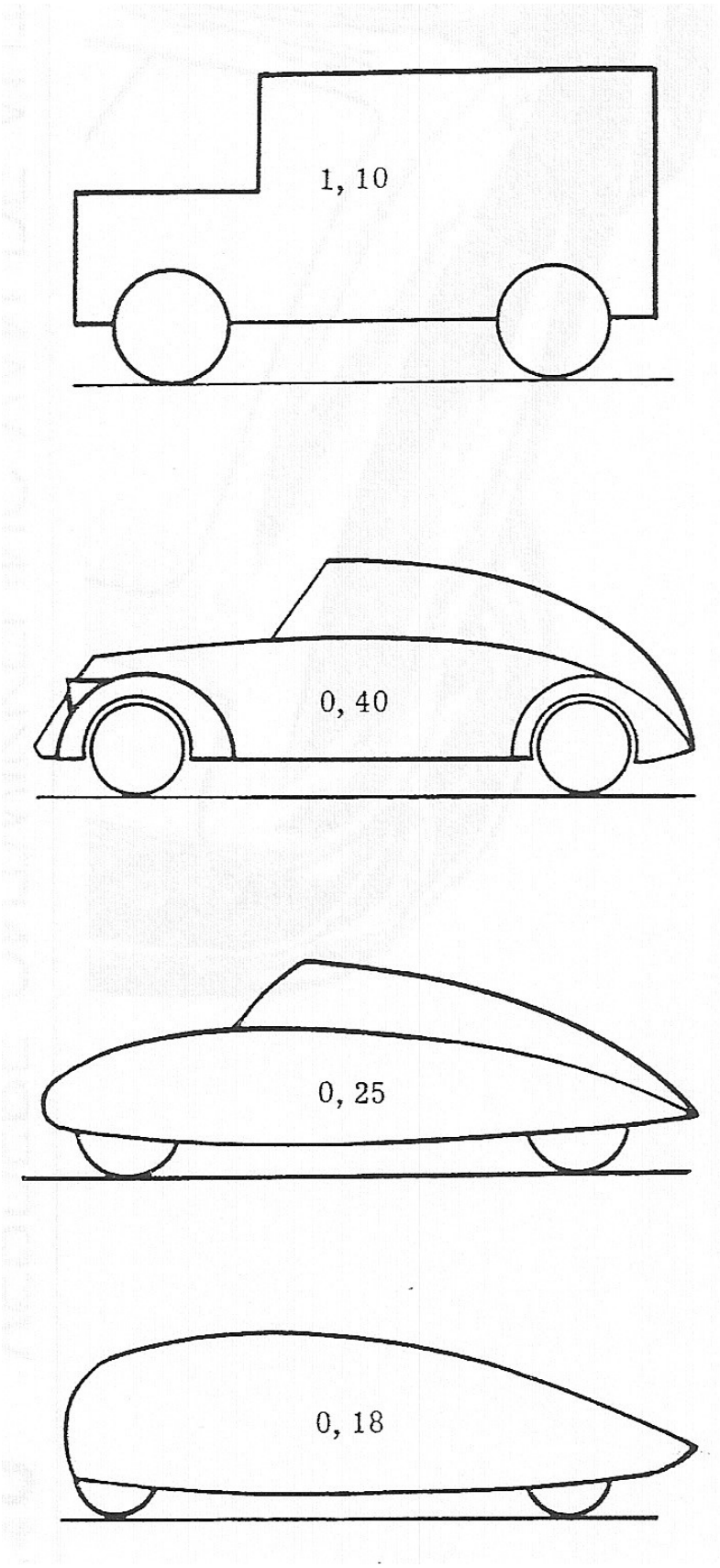

Fig.167. De luchtweerstandscoëfficiënt (CW-waarde) voor diverse carrosseriemodellen.

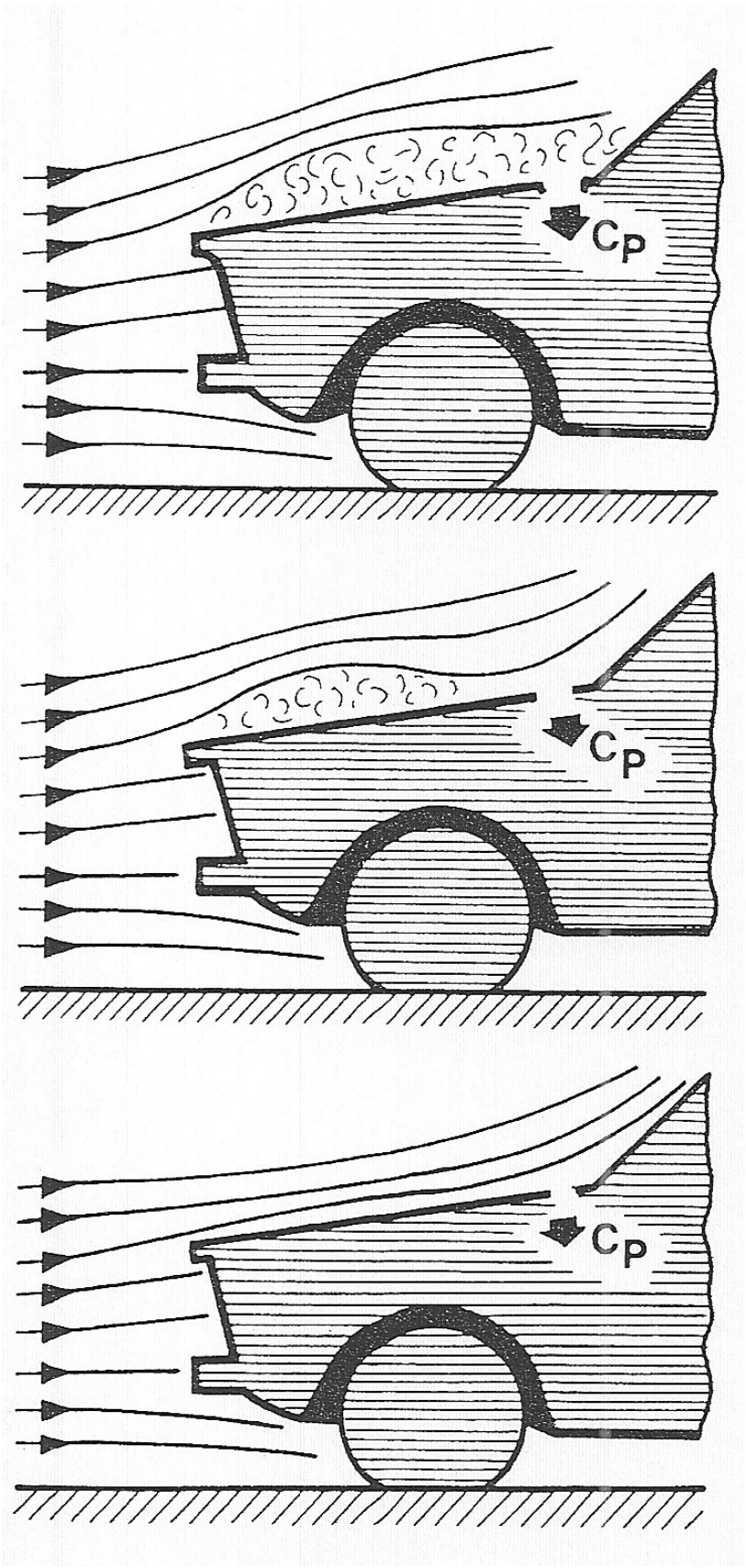

Fig.168. Het vermijden van luchtwervelingen boven de motorkap.