

Auto & Motor
TECHNIEK

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional

Moderne diesels technisch sterk verwant

Een hechte familie

Bij de nieuwe generatie dieselmotoren had Mercedes veel aandacht voor detail. Het basisconcept past men niet alleen toe in de V6, maar ook bij de viercilinder voor de A-klasse en de driecilinder van de Mitsubishi Colt en de Smart Forfour. De boring- en slagmaten zijn gelijk, evenals de cilinderkoppen en verbrandingskamers. AMT ging op technische verkenning.

In het februari-nummer kon u al kennis maken met de V6, nu zijn de vier- en driecilinders aan de beurt. Omdat eerst de viercilinder ontwikkeld is en pas daarna de driecilinder bespreken we de motoren ook in die volgorde. Bij de A-klasse is het woekeren met ruimte, zowel tussen de langs balken als tussen het schutbord en de radiator. Dankzij een enkelvoudige hulzenketting in plaats van een duplex rollenketting, een kleinere eindlagerbreedte en een dambreedte van slechts 7 mm tussen de cilinders is het gelukt de breedte van de viercilinder te beperken tot 460 mm. Door acht in plaats van vier contragewichten toe te passen, kon de totale diameter van de krukas kleiner worden. De inbouw lengte is verder beperkt door het gietijzeren motorblok een dekhoogte van 239 mm te geven, de motor maar 56° in plaats van 59° te kantelen, de verstuurders 10 mm korter te maken en de nokkenaslagers in het kleppendeksel aan te brengen.

Om het vermogen boven de 100 kW te krijgen en ook een hoog weggrijppel te bereiken, bleek een turbo met verstelbare leid-schoepen de enige oplossing te zijn. Alle andere motoruitvoeringen, dus ook de driecilinders, hebben een goedkopere turbo met omloopklep (wastegate).

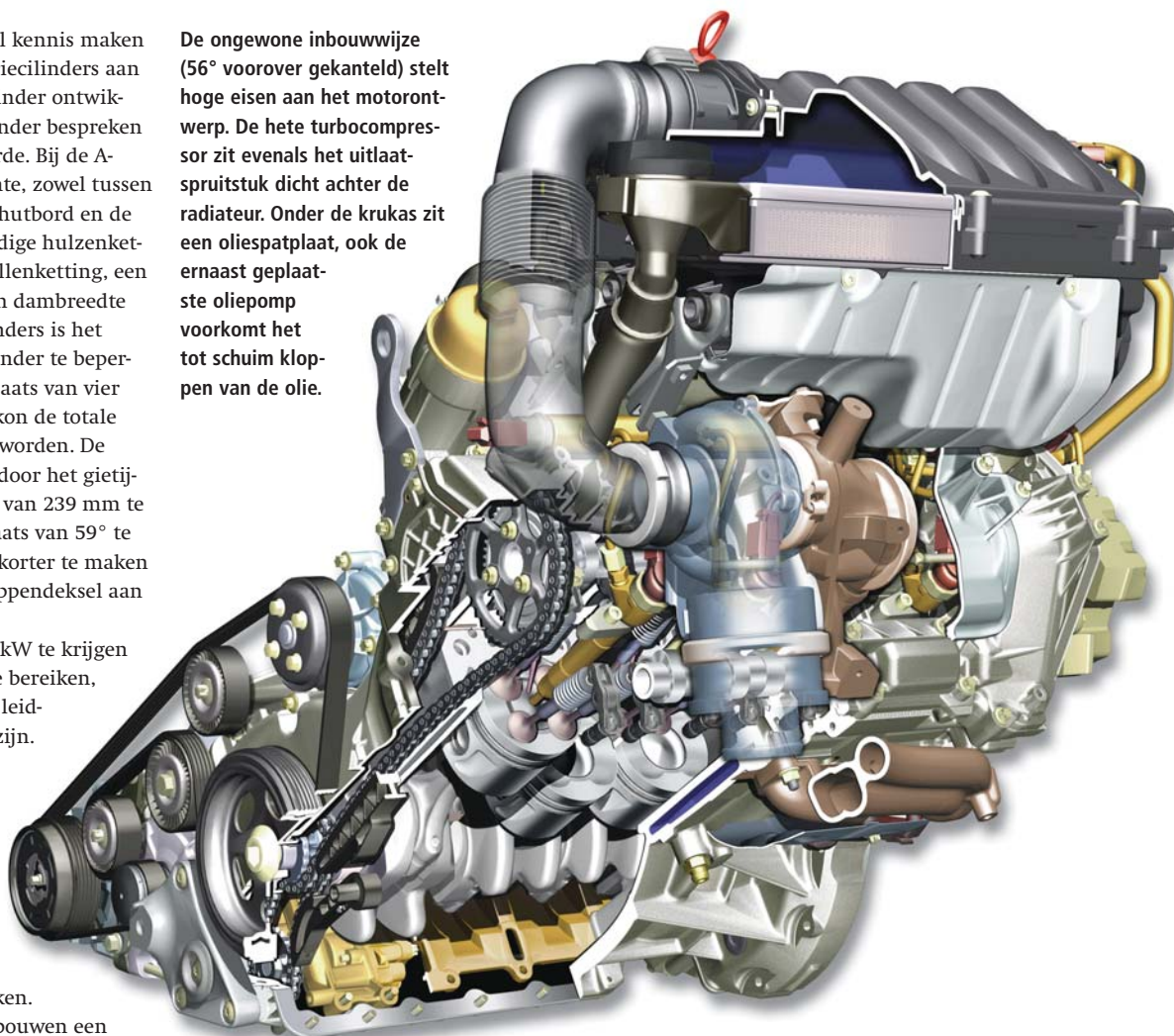
Ingewikkelde route

De aangezogen lucht passeert een hittefilm luchtmassameter alvorens de compressor te bereiken.

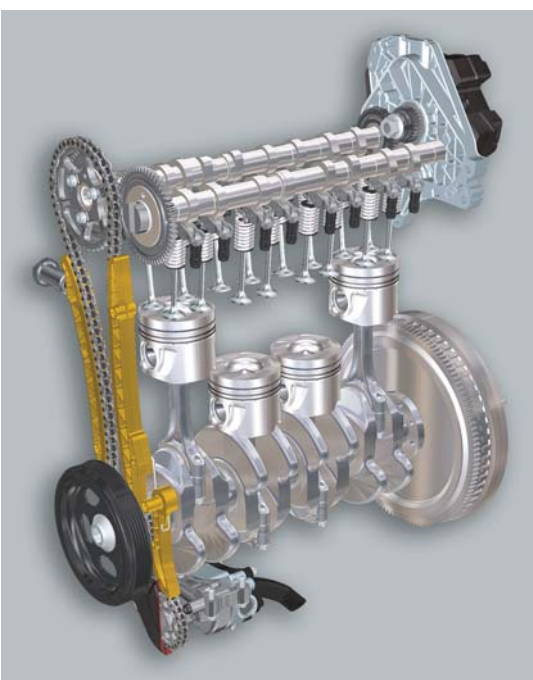
De gewone turbocompressoren bouwen een

De ongewone inbouwwijze (56° voorover gekanteld) stelt hoge eisen aan het motorontwerp. De hete turbocompressor zit evenals het uitlaatspruitstuk dicht achter de radiator. Onder de krukas zit een oliespaltplaat, ook de ernaast geplaatste oliepomp voorkomt het tot schuim kloppen van de olie.

overdruk van 1,05 bar op, de turbocompressor met verstelbare leid-schoepen komt tot 1,3 bar. Er is dan een forse inlaatluchtcoeler nodig, die bij de viercilinder de lucht maximaal 100°C afkoelt. Daardoor stijgt de luchtdichtheid met 21%, er komt dus fors wat extra zuurstof in de cilinders. Bij deellast wordt er tot 40% uitlaatgas aan toegevoegd om de verbrandingstemperatuur en daarmee de NO_x-vorming omlaag te brengen. De uitlaatgassen worden via een koeler dwars door het motorblok geleid. Er is een tangentiaal inlaatkanaal dat altijd open staat en een wervelinlaatkanaal dat voor-



band



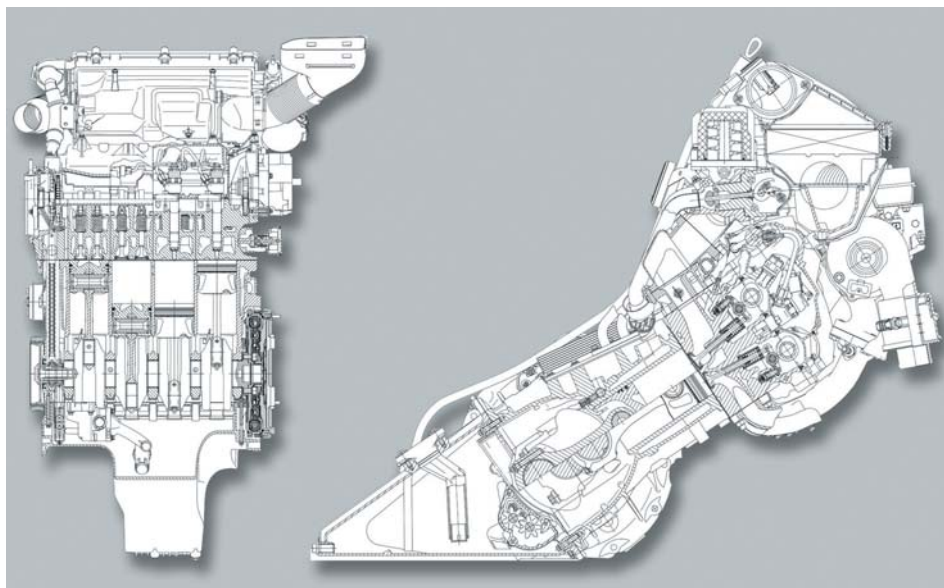
Zo ziet het drijfwerk er uit van een motor met linkse besturing. De inlaatsnokkenas drijft met een 5:3 overbrenging de common rail hogedrukpomp aan. Op de uitlaatsnokkenas zit de vacuümpomp. Beide kettingen zijn enkelvoudige hulzenkettingen. De nokkenasketting wordt hydraulisch gespannen, de oliepompketting mechanisch.

Als de besturing rechts zit, is het de uitlaatsnokkenas die (met een extra overbrenging) voor de aandrijving zorgt. De nokken worden op de holle assen vastgezet door deze van binnenuit onder hoge druk te vervormen. Slepers met een naaldgeïsoleerde rol bedienen de kleppen. Hydraulische stelpluniers houden de klepspeling constant.

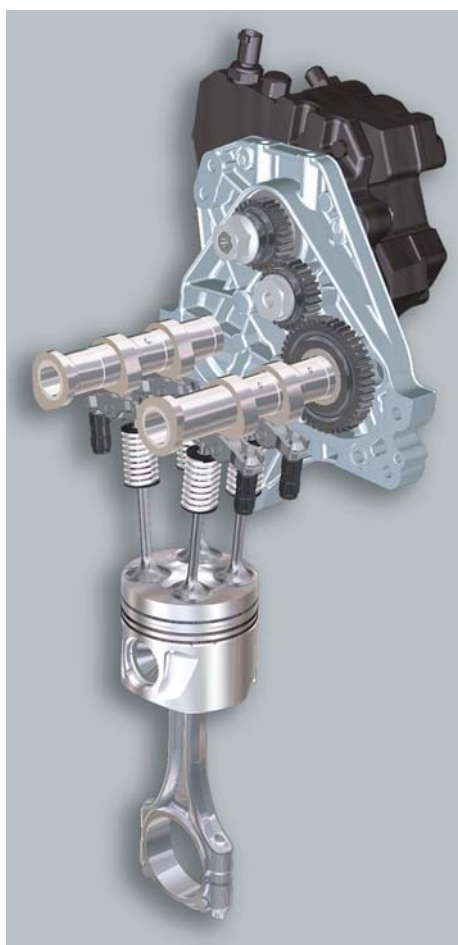
zien is van een traploos verstelbare klep. De ECU bepaalt aan de hand van kenvelen zowel de hoeveelheid EGR (Exhaust Gas Recirculation) als de stand van de gasklep in het inlaatkanaal.

Stevig motorblok

Het lamellair gietijzeren motorblok heeft een gesloten dek. In de 7 mm brede dammen tussen de cilinders zijn koelboringen aangebracht. Het



Op de langs- en dwarsdoorsnede tekeningen zijn vele details zichtbaar. Wat vooral opvalt, is de korte krukas en de bijzondere vorm van het motorblok. Die is ontworpen om bij een frontale botsing onder het schutbord te schuiven. Onder de olie-afseparator van de carterontluchting zit de EGR-regelklep. Let op de kleine klephoek.



hoogwaardig staalplaat gebruikt, ook de kopboutvoorspanning is verhoogd ten opzichte van de vorige motor.

Uniforme vierklepskop

De ontwikkeling van een cilinderkop is een tijdrovende en dus kostbare zaak. Mercedes-Benz heeft daarom voor eenheid in de boring- en slagmaten en compressieverhouding gekozen. De cilinderkoppen van alle nieuwe CDI motoren vertonen op essentiële punten grote overeenkomst. Er zijn vier kleppen met een kleine klephoek en een centraal geplaatste verstuiver. De kanalen zijn qua vorm en grootte gelijk evenals de klepmaten en de kleplichthoogtes.

De nokkenaslagerhelften zijn in het kleppendecksel aangebracht, de nokkenassen zelf bestaan uit holle buizen die onder hoge druk in de nokken worden geperst. Bij de lijnmotoren worden de inlaatsnokkenassen door een enkelvoudige hulzenketting aangedreven. De V6 gebruikt een duplex rollenketting om bij de ene bank de inlaat- en bij de andere bank de uitlaatsnokkenas aan te drijven. De andere nokkenas(sen) worden door voorgespannen tandwielen aan het draaien gebracht. Hoe de aandrijving van de common rail hogedrukpomp (1600 bar) en de vacuümpomp in zijn werk gaat, ziet u in de afbeeldingen.

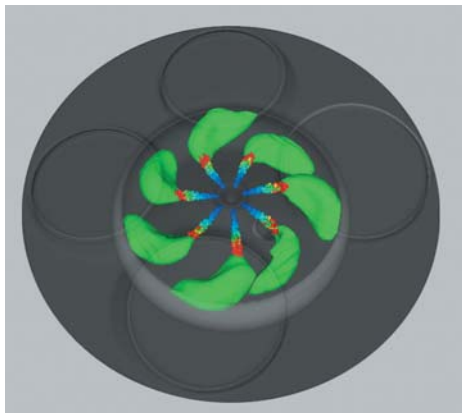
Ook aan de carterontluchting is veel aandacht besteed. In het kleppendecksel is een olieafseparator aangebracht die bestaat uit een drukvereffeningsruimte met spiraalvormige schotjes die de olie via de oliepeilstokhouder laat terugstromen onder het oliepeil. Er is ook een vliesafseparator

was veel werk om de cilinders onder alle condities zo rond en cilindrisch mogelijk te houden. De topdruk bedraagt maar liefst 180 bar bij een compressievolumeverhouding van 18:1. Er zijn ruime olieterugloopkanalen en dwarsopeningen in de wanden bij de hoofdslagers aangebracht om de ventilatieverliezen te beperken en de olie snel in het carter terug te krijgen. Er is een cilinderkoppakking met vier lagen

MOTOREN

Nieuwe drie- en viercilinder diesels van Mercedes

De DI turbodiesel van de Smart Forfour en de Mitsubishi Colt is afgeleid van de viercilinder A-klasse motor. De driecilinder staat rechtop, heeft een balansas en is op tal van details aangepast. Let op de axiale geleiding van het trapeziumvormige kleine oog van de drijfstang.



De zevengatsverstuiver zorgt ervoor dat de fijn vernevelde brandstof zo goed mogelijk verdampt en mengt met de lucht in de kom. Deze computersimulatie toont (in groen) de gebieden waar $\lambda=1$ is. De motor draait met maximum vermogen en de zuiger staat 1° na het BDP.

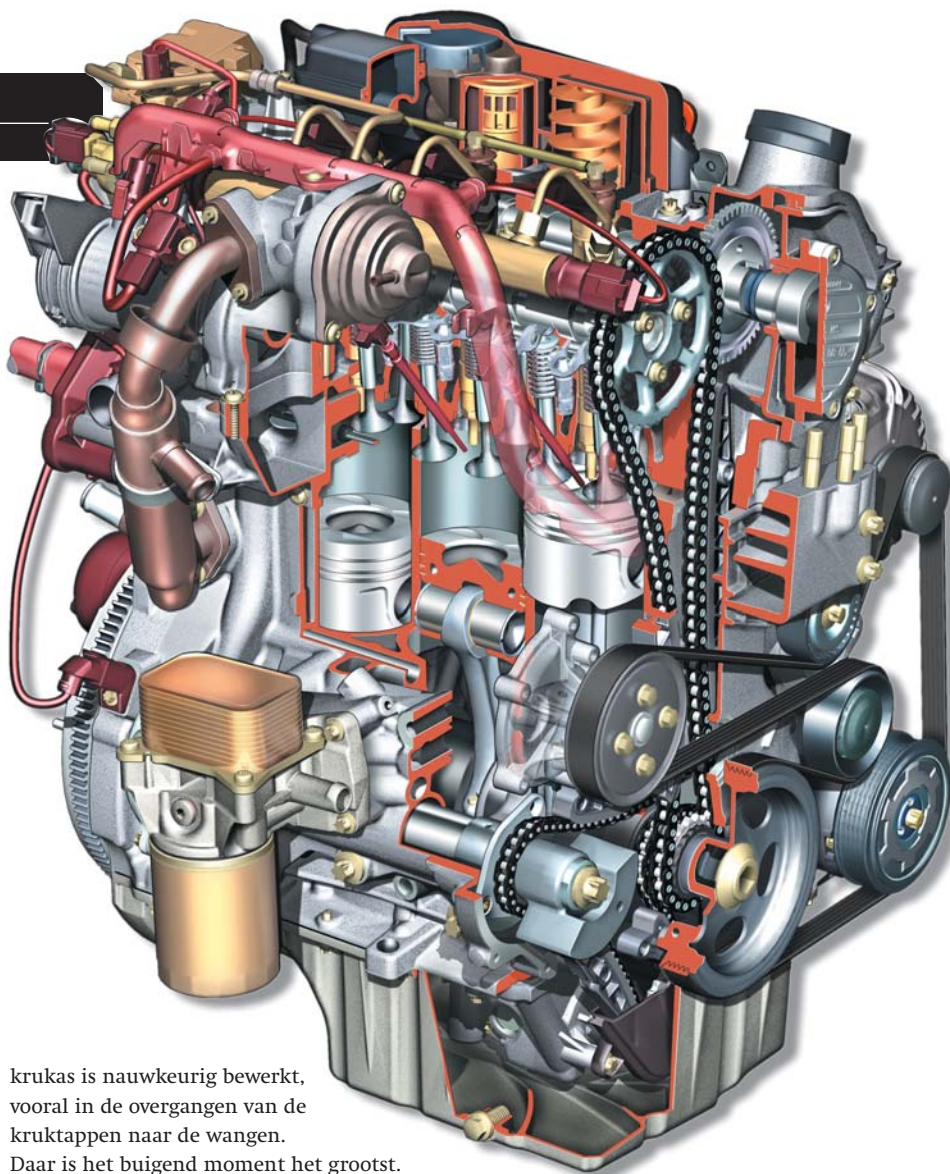
om de hittemassameter te beschermen tegen oliedruppeltjes. De van olie ontdane gassen gaan naar de inlaatleiding voor de compressor. Een drukregelklep houdt de onderdruk in het carter constant. Vanwege de inbouwhoek worden de carterdampen zowel vanuit de cilinderkop als het carter afgezogen. Dat laatste is nodig bij remmen en helling af rijden.

Fraai drijfwerk

De zuigers zijn voorzien van een speciaal oliekoelkanaal. In combinatie met oliesproeiers kon de temperatuur van de rand van de kom in de zuiger beneden de 360°C blijven. Het ontwikkelen van het zuigerveerpakket was niet eenvoudig. Uiteindelijk zijn alle veren 2 mm hoog geworden.

Er is een stevige drijfstang en dito krukas nodig om de verbrandingskracht en het aandrijfkoppelpel wat daarvan het gevolg is, over te brengen op de koppeling. Alle zwaarbelaste lagerhelften zijn zogenaamde 'Sputterlagers', dat zijn lagers met een stalen schaal met daarop een loodbronzen laag met een daarop gesproeide tin-aluminium laag.

De andere lagerhelften bestaan uit twee materialen staal en loodbrons om ze niet onnodig duur te maken. Uiteraard is het kleine oog trapeziumvormig om de druk op te vangen, de zuiger geleid de drijfstang axiaal. De smeedstalen



krukas is nauwkeurig bewerkt, vooral in de overgangen van de krukappen naar de wangen. Daar is het buigend moment het grootst.

Op het vrije eind van de krukas zit een torsie-trillingsdemper met een vijfvoudige poly-V-snaargroef aan de omtrek.

Onderin het carter bevindt zich de tandwieloliepomp die met een 1:0,875 verhouding wordt aangedreven door een enkelvoudige hulzenketting. Om slijtage van de spanners te beperken, hebben de beide kettingen gestante schakels die zeer glad zijn. De oliepomp zorgt voor een druk van 4,5 bar en is zo gevormd dat het huis als anti-schuimplaat dienstdoet. Een forse olie-water warmtewisselaar houdt de olietemperatuur beneden de 135°C . Dat heeft tot gevolg dat de olie lang meegaat, met de topkwaliteit 229.5 is een verversingstermijn van 20.000 tot 40.000 km mogelijk afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden.

Verbranding en roetfilter

De zevengatsverstuiver heeft ook een lange ontwikkeling achter de rug. Mercedes-Benz wilde niet alleen een korter exemplaar, ook de minimale inspuihoeveelheid moest omlaag. Dat is nodig om de twee voorinspuitingen zo nauwkeurig mogelijk te laten plaatsvinden. Alleen dan is het verbrandingsgeluid gering. De snel-

startgloeibougies maken een start in 3 seconden mogelijk bij -25°C , de motor is dan vrijwel net zo snel op het warmdraaitoerental als bij het starten boven 0°C . De sterkste motor haalt een hoogste gemiddelde effectieve druk van 18,9 bar van 1600 tot 3000 t/min, bij 4300 t/min komt de toerenbegrenzer in. De V6 haalt een effectieve druk van 21,4 bar, de driecilinder komt op maximaal 17,7 bar. Kennelijk zijn er behoorlijke verschillen in wrijvingsverliezen, bijvoorbeeld door de balansassen van de drie- en zescilinder en het aantal lagers.

Mercedes-Benz biedt voor de viercilinder een Diesel Particle Filter (DPF) aan. Dit 'roetfilter' werkt met edelmetalen als katalysator, dus zonder brandstofadditief. Door het meten van het drukverschil over het filter en de uitlaatgastemperatuur voor het filter wordt vastgesteld of regeneratie nodig is. Er wordt ook berekend hoeveel roet er in het filter zit, dat is een gesimuleerde massa. Vervolgens wordt er nagegaan of de motorcondities het regenereren toelaten. Dan wordt de uitlaatgastemperatuur verhoogd door de luchthoeveelheid naar de motor en de inspuiting te beïnvloeden. De oxidatiekatalysa-

tor zorgt voor een bepaalde uitlaatgastemperatuur als de na-inspuiting plaatsvindt. De regeneratie wordt bewaakt door een voortdurende berekening van de hoeveelheid roet die op elk moment nog in het filter zit. Ondertussen worden de temperaturen in het uitlaatsysteem bewaakt om enerzijds te voorkomen dat de grenslaag met het edelmetaal er in te heet wordt, anderzijds om te verhinderen dat door een te lage temperatuur de oxidatie van het roet ophoudt.

Na afloop van de regeneratie wordt er berekend hoeveel as uit de brandstof en de smeerolie er in het filter is achtergebleven. Dat gebeurt zowel via het rekenmodel als door het meten van het drukverschil over het filter en de verhoging van de uitlaatgastemperatuur door de toegenomen stromingsweerstand. Zo wordt over tijd en afstand de conditie van het DPF bewaakt. Storingen worden gemeld aan het On Board Diagnose systeem dat tevens werking van het complete systeem continu in de gaten houdt.

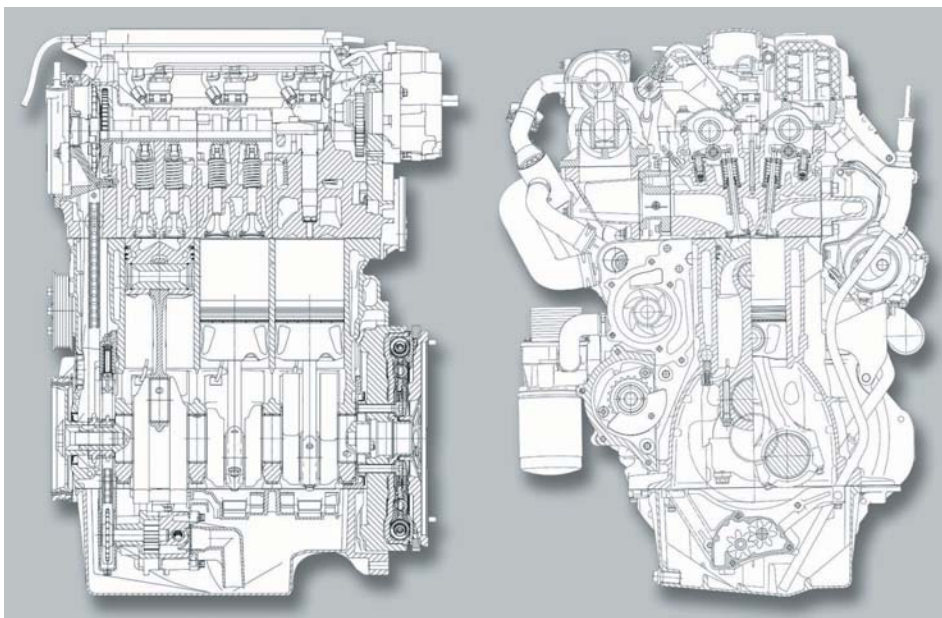
Driecilinder voor Smart en Colt

Het meest opvallend is misschien wel dat de van de viercilinder afgeleide driepitter rechtop staat. Dat heeft zo zijn gevolgen, vooral voor het oliecircuut. Ook de balansas voegt er een smeertechnisch probleem aan toe. De meeste onderdelen van de drie- en viercilinder worden op dezelfde bewerkingsmachines gemaakt, dus mogen de verschillen niet al te groot zijn. Er zijn twee vermogensversies die beide een gewone turbocompressor met turbine-omloopklep hebben. De sterkste versie met 70 kW heeft een maximum vuldruk van 1,3 bar over een klein toereengebied. De inlaatluchtcooler is zo gedimensioneerd dat hij net zo effectief is als die van de viercilinder, dus de luchtdichtheid wordt met 21% verhoogt.

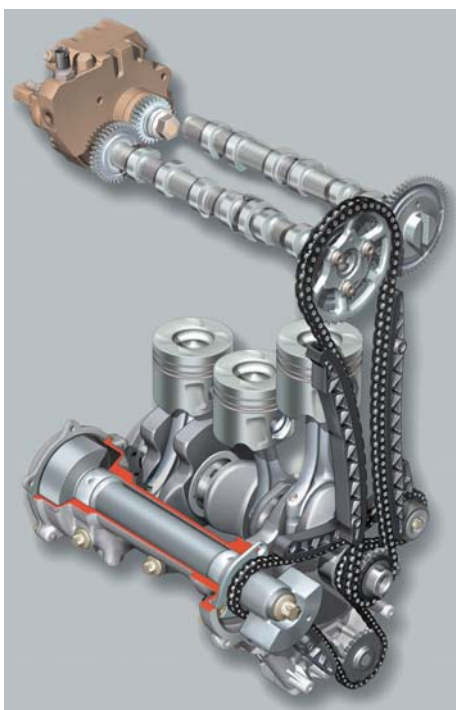
De common rail pomp levert 1600 bar en wordt door de inlaatkokkenas aangedreven. De uitlaatkokkenas zorgt voor het aandrijven van de vacuümpomp. De carterontluchting is voorzien van dezelfde onderdelen als die van de viercilinder plus een door het koelwater voorverwarmde leiding naar de inlaatbuis voor de compressor. De olieafvoerleiding naar de oliepeilstokhouder is zodanig geïsoleerd dat er geen ijsvorming kan optreden.

Balanceren en oneenparigheid

Een driepitter loopt minder fraai rond dan een viercilinder, vooral bij lage toerentallen zorgen de verbrandingen voor een oneenparig rond-draaien van de krukas. Bij hoge toerentallen is er een balansas nodig om het omlopend moment te compenseren. In een eigen huis, dat ook nog het oliefilter en de olie-waterwarmtewisselaar omvat, draait de balansas met hetzelfde toerental als de krukas. De lagers van de balansas worden rechtstreeks vanuit het hoofd-oliekanaal gesmeerd. Een van de afbeeldingen maakt duidelijk hoe de kettingloop is die het



Op de dwarsdoorsnedetekening zijn de balansas en de waterpomp te zien. Boven de waterpomp is de EGR-doorvoeropening aangebracht die het uitlaatgas door het motorblok voert. Rechtsboven is de olie-afscheider met de olieterugvoerleiding naar de peilstokbuis zichtbaar.



De inlaatkokkenas drijft de common rail hogedrukpomp aan met een 5:3 overbrenging. De balansas en de oliepompe worden ook door een enkelvoudige hulzenketting aangedreven. Let op de loop van de ketting en het hulpkettingwiel rechts, daardoor wordt de draairichting tegengesteld aan die van de krukas.

tegengesteld draaien aan de krukas mogelijk maakt.

Om ratelgeluiden bij stationair draaien en transmissieschokken onder de 2000 t/min te voorkomen, is er een twee-massavliegwiel gemonteerd. Op het vrije eind van de krukas zit de torsietrillingsdemper met de poelie voor de poly-V-snaar. Om ongewenste geluiden te voorkomen, is het krukaskettingwiel dat de olie-

pomp en de balansas aandrijft, voorzien van een geïsoleerde bevestiging op de naaf. Als olieversingstermijn geeft Mercedes-Benz 25.000 tot 31.000 km op als er een 229.5 olie wordt gebruikt.

Inspuiting en EGR

De minimale inspuithoeveelheid is bij de driecilinder nog belangrijker dan bij de viercilinder. Er is daarom naast de aangepaste verstuiers ook een leerfunctie voor de calibrering van de nulhoeveelheid in de ECU opgenomen. Er is ook een drukgolfcorrectie omdat de voorinspuiting gevoelig is voor wat er in de voorafgaande cilinder met het inspuiten gebeurt.

De uitlaatgaskoeler verlaagt de temperatuur van het uitlaatgas met 180°C en heeft een zodanige werveling van het gas dat het inwendige goed schoon blijft. In tegenstelling tot de viercilinder is er geen gasklep nodig om de verhouding uitlaatgas tot inlaatlucht te regelen, zelfs niet als er 40% uitlaatgas wordt teruggevoerd. De traploos verstelbare klep in het wervelkanaal is er uiteraard nog wel. Die blijft nodig om de wervelintensiteit in de cilinders te regelen afhankelijk van het krukastoerental en de motorbelasting. Mercedes-Benz heeft ook een nokkenasstandsensoren bespaard door aan de hand van het compressieverloop vast te stellen wie cilinder 1 is. Er is zoveel ruimte in de ECU dat ook het aansturen van de geautomatiseerde handgeschakelde bak door de motorcomputer gebeurt. Al met al knappe dieseltechniek!

Paul Klaver