

Auto & Motor
TECHNIEK

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

MOTOREN

Nieuwe Mercedes 1.8 liter DI-turbobenzinemotor

Over op luchtgeleide inspuiting, lambda=1 en turbocompressor

Evolutie in CGI

Directe inspuiting is ook bij benzinemotoren sterk in opkomst. De motorfabrikanten zijn het er echter nog niet over eens wat de meest optimale inspuittechniek voor deze motoren is. Bij de nieuwe viercilinder CGI-motor stapt Mercedes af van wandgeleide inspuiting, arm mengsel en de mechanische compressor. Achter de M271 evo schuilt een nieuwe technische visie met trotse resultaten.

Als trouwe abonnee kunt u AMT 6/2002 er nog eens op na slaan. Daarin omschreven we de eerste grootserie productiemotor met directe inspuiting en drukvulling. Het betrof een 1.8 liter viercilinder, voorzien van een mechanisch aangedreven compressor, met de aanduiding 'CGI'. Dit staat voor stratified Charged Gasoline Injection. Stratified betekent 'gelaagd', dat wil zeggen dat de lucht-brandstofverhouding in laagjes varieert van rijk naar (heel) arm. Charged staat voor 'geladen', dus drukvulling. Gasoline is het Engelse woord voor benzine. Waarom deze introductie? Omdat Mercedes-Benz meende dat dit type motor de toekomst had. Dat bleek, zoals met vele DI-benzinemotoren van toen, niet juist te zijn. Alle DI-motoren met een wandgeleide inspuiting hebben de strijd om het bestaan op moeten geven. Als de zuigerbodem de benzinestraal richting bougie moet sturen, ontstaan er verbrandingstechnische problemen. Die uiten zich onder andere door roetvorming, die inmiddels aan grenzen is gebonden. Wél levensvatbaar blijken de lambda=1 DI-motoren die de brandstofstraal door de luchtbeweging laten geleiden. Zo is VW/Audi overstag gegaan en nu ook Mercedes-Benz.

De derde mogelijkheid om directe inspuiting goed te laten werken is straalgeleiding toe te passen. Dat hebben BMW en Mercedes-Benz voor elkaar gekregen, allebei met gelaagde verbranding.

De eerste CGI-motor is drie jaar lang gebouwd, nu komt Mercedes-Benz weer met een CGI-motor met drie opvallende wijzigingen: de wandgeleiding is vervangen door luchtgeleiding, het is geen armmengselmotor, maar een lambda=1 exemplaar en de mechanisch aangedreven compressor heeft plaatsgemaakt voor

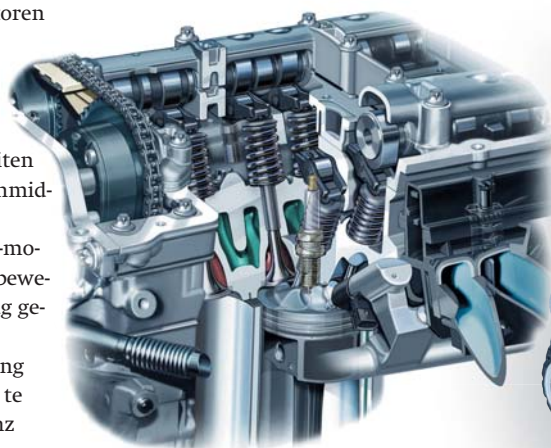
een door uitlaatgas aangedreven eenheid. Al met al genoeg redenen voor Mercedes-Benz om de vernieuwde 1.8 liter viercilinder aan te duiden met M271 evo.

Eerste CGI

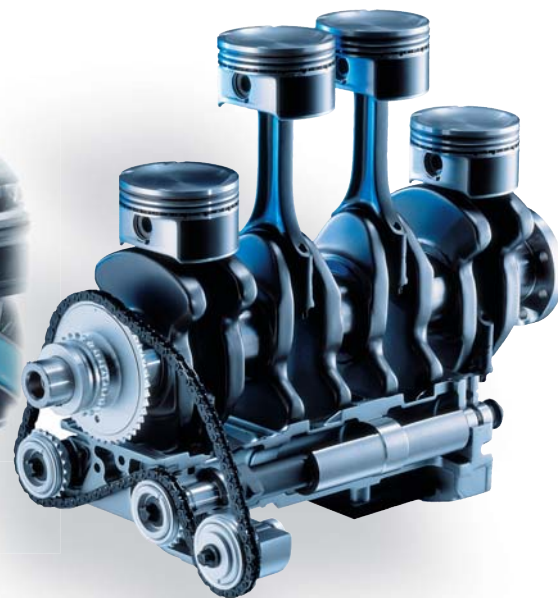
De CGI van 2002 heeft twee balansassen en twee bovenliggende nokkenassen die allebei om de lengte-as verstelbaar zijn. Er wordt een opslag- of adsorptiekatalysator toegepast, die ook wel deNO_x of deNO_x-kat wordt genoemd. Tot een gemiddelde druk van 4 à 5 bar draaide de CGI-motor met een arm mengsel, daarboven met lambda=1.

Er is een uitwendige uitlaatgasrecirculatie, omdat er (vrijwel) geen klepoverlap is bij de toerentallen die de motor draait tijdens het rijden van de Europese rijcyclus. Dankzij de mechanisch aangedreven compressor is er bij 1000 t/min al een koppel van 150 Nm beschikbaar, bij 1500 t/min zelfs 190 Nm.

Groot struikelblok voor een grootschalige introductie is de voorgeschreven brandstofkwaliteit van 98 octaan met heel weinig zwavel. Dat laatste heeft te maken met de deNO_x-kat die pro-



Zo ziet de Mercedes-Benz DI-benzinemotor van 2002 er uit. Let vooral op de kom in de zuiger en de stand van de verstuiver: deze motor werkt met wandgeleiding, een arm mengsel en een gelaagde verbranding. De nokkenassen worden met een ketting aangedreven. In het rechter inlaatkanaal zit een klep die de gasbeweging in de cilinder regelt als de motor arm draait.



Dit is het drijfwerk van de IDI-benzinemotor van 2002. Voor de nieuwe DI-motor zijn de krukas en de drijfstangen onveranderd overgenomen. Ook de aandrijving van de balansassen is in principe gelijk gebleven, alleen is er nu een tandketting. De balansassen zijn ook veranderd.



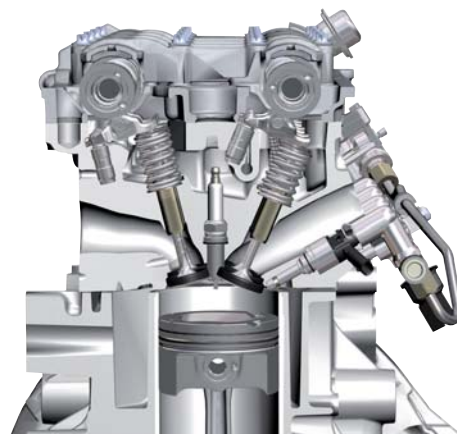
In deze opengewerkte M271 evo-motor zijn diverse interessante details te zien, zoals de nokkenasverstellers, tandketting, zuigerbodem, de klep in het inlaatkanaal, de geluiddempende kap over de motor en de vier bobines op de bougies. Onderin het carter is de oliepeilsensor afgebeeld.

blemen heeft met zwavel. In Nederland was er in 2002 wel Shell Pura die voldeed aan de lage zwavel eis, maar een te laag octaangetal had. Dus kwam de CGI-motor toen hier niet op de markt.

Vermeldenswaard zijn de drie lambda=1 IDI-motoren, die verder mechanisch identiek waren met de CGI-motor. In de loop van hun zevenjarig bestaan zijn er twee van deze IDI-compressormotoren overgebleven met 115 en 135 kW.

Tweede CGI

Mercedes-Benz maakt nu een herstart. De motoren worden vervangen door drie typen CGI-motoren. Dat betekent dat ze uitermate zeker zijn van hun zaak, want de twee IDI-motoren zijn er dus ook niet meer. Waarom ze zo zeker zijn van hun zaak? Goed kijken naar de Audi DI-motoren die daar met T-FSI worden aangeduid. Zijn die niet al geruime tijd voorzien van luchtgeleide inspuiting en een turbocompressor? Kijk eens in AMT 2/2007, voor de technische puzzelaars onder u valt er veel te leren. Terug naar de motor die het onderwerp is van dit artikel. De eerste CGI had een compressieverhouding van 10,5:1 (vandaar de RON 98 benzine) en leverde 125 kW bij 5500 t/min en een koppel van 250 Nm bij 3500 t/min. De sterkste uitvoering van de nieuwe CGI-motoren levert 150 kW bij 5500 t/min en 310 Nm bij 2000 t/min, dat is respectievelijk 20% en 24% meer en dat op 95 octaan benzine. Er is dus sprake van een motor met 'low end torque' ofwel een motor met veel trekkracht onderin. Naast de eerder genoemde principiële wijzigingen is er veel aandacht besteed aan tal van andere zaken die het verbruik en de emissies op een lager niveau brengen. We nemen ze in detail door.



De nokken zijn op holle buizen geperst en worden met spieën in positie gehouden. De hydraulische stelpluniers aan de inlaatkant staan aan de binnenkant bij de bougies om ruimte te maken aan inlaatzijde. Het is nu niet meer de kom in de zuiger die de ingespoten benzine richting bougie leidt, zoals bij de vorige motor, maar de koprolwervel. Wandgeleiding heeft plaatsgemaakt voor luchtgeleiding

Cilinderkop en motorblok

De cilinderkop is nauwelijks gewijzigd ten opzichte van de vorige CGI- en IDI-motoren. De inlaatkanalen zorgen voor een zodanig sterke koprolwervel (tumble) dat de ingespoten benzinedruppeltjes door de lucht worden meegevoerd. De kom in de zuiger met bijbehorende kam (opstaande wand) is veel minder diep en hoog dan bij de eerste CGI-motor. De compressieverhouding bedraagt 9,3:1 bij het voorgeschreven octaangetal van 95, een betrekkelijk hoge waarde die door het verdampen van de benzine in de cilinder mogelijk is. Dat verlaagt de compressie-eindtemperatuur, dus kan de geometrische compressieverhouding omhoog. Het motorblok is eveneens vrijwel ongewijzigd overgenomen, de gietijzeren cilindervoeringen zijn fijngehoond. Daardoor neemt de doorblaas af en wordt het oliegebruik beperkt. De balansassen draaien in hetzelfde huis als voorheen, de aluminiumlegering is zo gekozen dat de assen geen aparte glij- of naaldlagers nodig hebben. Opvallend verschil is dat er nu twee holle stalen buizen in plaats van gesmede assen worden gebruikt. Bovendien worden de contragewichten na montage op de buizen vastgezet, ze zorgen zowel voor de juiste positie als voor de axiale opsluiting. Door de kleinere lagerdiameter neemt de aandrijfweerstand bij 13000 t/min af met 50%, dat is tweemaal het maximum motortoerental van 6500 t/min.

Acht contragewichten

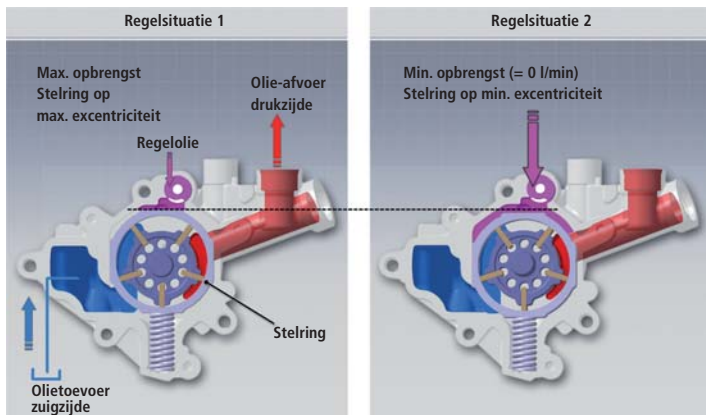
Het drijfwerk, dus de zuigers, drijfstangen en krukas, is nagenoeg ongewijzigd gebleven. Alleen de vorm van de zuigerbodem is aangepast en de distributietandwielen zijn anders. Straks meer hierover. Opvallend is dat Mercedes-Benz



De rechterbalansas drijft aan de achterkant, dus bij het vliegwiel, de oliepomp aan. Voor de nieuwe motor is wel het huis met de lagers voor de balansassen overgenomen, maar de balansassen zelf zijn gewijzigd.

MOTOREN

Nieuwe Mercedes 1.8 liter DI-turbobenzinemotor



Er wordt een regelbare oliepomp toegepast. De excentriciteit van de schot-tenpomp verandert door de stelling tegen de veerdruk in omlaag te drukken.

vasthoudt aan de acht contragewichten, terwijl anderen ervoor kiezen slechts vier krukwingen voor de balancering te benutten. Dat bespaart weliswaar gewicht, maar daar staan nadelen tegenover. De vier contragewichten moeten een grotere diameter hebben en/of breder zijn om dezelfde massa te hebben als acht exemplaren. Dat kost ruimte in het motorblok en zorgt voor een groter traagheidsmoment, ook wel vlieg-wieleffect genoemd. Bovendien ontstaan er in de krukas extra buigende momenten.

Brandstofsparende oliepomp

Mercedes-Benz heeft maatregelen genomen om het verbruik en de (ruwe)emissies terug te dringen. Zo is er een geregelde oliepomp die het aandrijfvermogen beperkt. Het gaat om een vleugelcellen- of schottenpomp met een variabele excentriciteit. De oliedruk in het hoofd-oliekanaal staat ook op een veerbelaste stelling die de excentriciteit van de pomp bepaalt. Als de gewenste oliedruk is bereikt, verschuift de stelling tegen de veerdruk in en neemt de excentriciteit af. Daardoor daalt ook de opbrengst van de pomp. Het aandrijfvermogen van de pomp is het product van de volumestroom en de drukverhoging. Als de druk en het volume niet verder stijgen of zelfs dalen, neemt het aandrijfvermogen niet verder toe of zelfs af. Zo wordt over de Europese rijcyclus 1% brandstof bespaard. Vooral na de koude start (hoge druk en laag volume) en bij een hoog toerental (hoge druk en hoog volume) is de besparing opmerkelijk.

Verstelbare timing

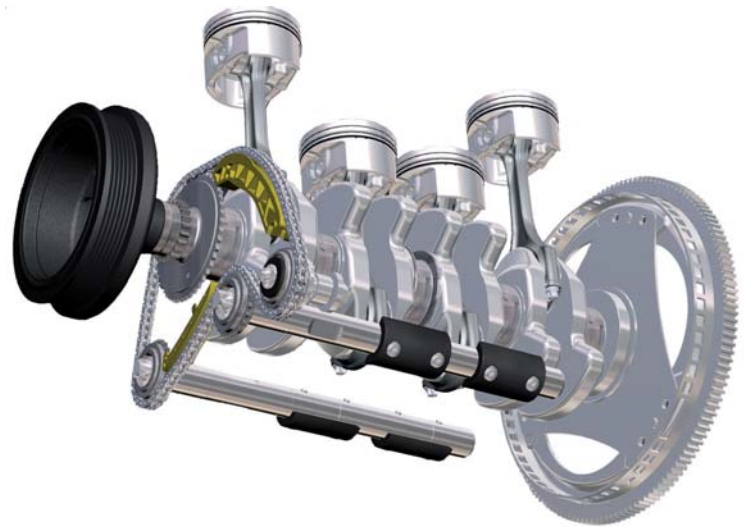
De nokkenassen worden aan de inlaatkant 30 krukgraden en aan de uitlaatkant 40 krukgraden versteld. De verstellers zijn geoptimaliseerd, ze hebben een kleinere diameter en zijn 1/3 lichter geworden. Er is een terugslagklep en

een veer aangebracht die er voor zorgen dat het aandrijfmoment van de nokkenas tevens wordt gebruikt voor het verstellen. De remmende momenten worden hydraulisch opgevangen. Er is nu een 100% snellere verstelling die bovendien hooguit 1,5° pendelt om de gewenste stand van de nokkenas. Daardoor worden ontstekingsmislukingen voorkomen, want Mercedes-Benz spoelt de cilinder tijdens de klepoverlap met lucht en past tot 20% interne uitlaatgasrecirculatie toe. Het doorspoelen ('scavenging') houdt de turbo-compressor op toeren, de EGR zorgt voor lage verbrandingstemperaturen en daardoor voor een lage NO_x-productie. De nokkenasverstelling wordt ook bij hoge belastingen gebruikt om door korte klepventijden de vuldruk laag te houden. Dat zorgt voor een lager verbruik. Van groot belang hierbij is de

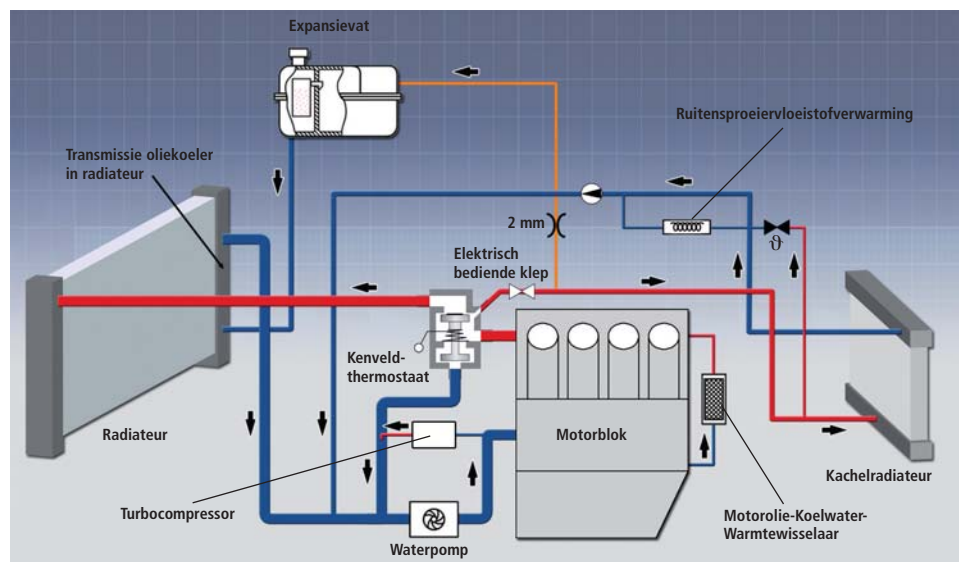
samenwerking met de turbocompressor. Door zo min mogelijk restgas in de cilinder te houden, blijft de turbine op toeren. Daardoor reageert de motor net zo snel op gaspedaalbevelen als de vorige motoren met een mechanisch aangedreven compressor. Tot 2200 t/min is de klepoverlap maximaal, daardoor neemt het motor-koppel sterk toe en vindt de opbouw van de inlaatdruk of vuldruk snel plaats.

Meer details

Om de drie verschillende prestatieniveaus van de CGI-motoren te bereiken, hoeft alleen de compressor-grootte gewijzigd te worden. Uiteraard met een aangepast motormanagement. Volgens Mercedes-Benz bespaart de turbocompressor aandrijfvermogen en gewicht, terwijl de geluidsproductie lager is. Zo goed als zeker

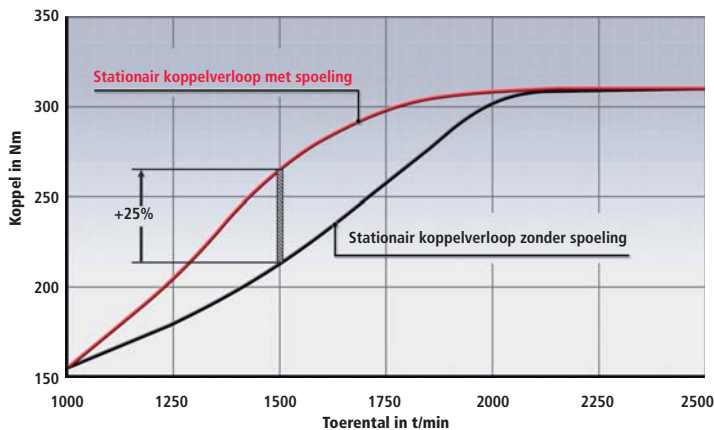


De nieuwe balansassen hebben één diameter, de gewichten dienen ook voor de axiale opsluiting en worden na het plaatsen van de assen vastgezet. De acht contragewichten voorkomen het asymmetrisch doorbuigen van de kruk-as. De tandketting vervangt de bij de vorige motor gebruikte ketting.



Het koelwatermanagement zorgt voor een snelle opwarming van het koelwater en de smeeroil. Bij vol-last worden te hoge temperaturen vermeden.

Turbo op toeren



Door met een grote klepoverlap veel lucht door de motor te laten stromen, blijft de turbo op toeren. In het Engels wordt dit doorspoelen 'scavenging' genoemd.

is ook de prijs lager, want er worden veel meer door uitlaatgas aangedreven compressoren gebouwd dan mechanisch aangedreven exemplaren.

De maximale uitlaatgastemperatuur is gestegen van 950 naar 1050°C, zoiets was ten tijde van de eerste CGI niet mogelijk.

Er is een tweestrooms dubbelwandig uitlaatspruitstuk en het lagerhuis van de turbo is watergekoeld. Het resultaat is dat het wegrijgedrag en de elasticiteit van de nieuwe CGI's gelijk is aan die van de IDI-compressormotoren. Het rijgedrag is dynamisch zelfs beter door het hogere koppel.

Dat de motor nu met $\lambda=1$ werkt, verklaart Mercedes-Benz als volgt: de verbranding is stabiel, de ruwe uitwerp van schadelijke producten is lager, het verbruik neemt af en het vermogen neemt toe.

Door de stabiele verbranding neemt de kans op 'missers' (overslaan) en roetvorming af. De vlakke zuigerbodenvorm zorgt voor een betere gasbeweging. Hoewel de verstuiers onder een hoek van 30° staan, wordt de brandstof toch zodanig in de koprolwervel gespoten dat er geen benzine op de wanden komt, ook niet op de inlaatklepschotels. Door de hoge koprolwervelsnelheid verloopt de verbranding sneller en neemt de kans op brandstofneerslag bij de koude start af. De hoogste inspuiddruk bedraagt 140 bar.

Geregeld warmte-management

Er is een elektrisch regelbare kenveldthermostaat toegepast en een elektrisch bediende klep in de kachelradiatorleiding. Afhankelijk van de motorbelasting en het toerental wordt de motortemperatuur ingesteld.

Bij lage belastingen en toerentallen is de watertemperatuur hoog. De olietemperatuur is dan ook hoog, want er is een warmtewisselaar. Het

resultaat is een lagere wrijving in de motor, dus een lager brandstofverbruik. Door bij hoge belastingen en toerentallen een lagere temperatuur in te stellen wordt de warmteafvoer verbeterd en detonatie en andere problemen voorkomen.

Om de motor snel op te warmen, is er geen watercirculatie. De thermostaat en de verwarmingsklep zijn gesloten. Bij 80°C opent de 'bypass' omloop en vanaf 105°C kan het water naar de radiator. Als het toerental boven de 4000 t/min komt, gaan de thermostaat en de verwarmingsklep open. Dat gebeurt ook als de stroom uitvalt.

Stop-startfunctie

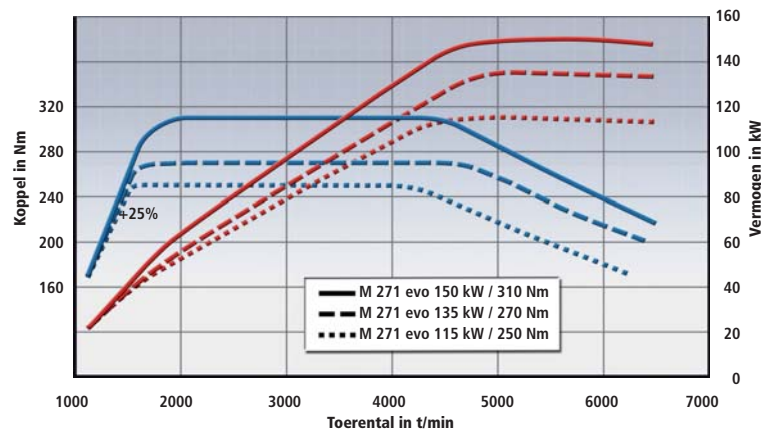
Voor de handgeschakelde versies is er een stop-startfunctie ontwikkeld. Dat valt niet mee, want alle veiligheid- en assistentiesystemen, de airco en het infotainment moeten gewoon blijven werken. Er is een krukassensor met draairichtings- en positieherkenning ingebouwd. Bij het herstarten wordt in de eerste cilinder die aan de beurt is, een aangepaste hoeveelheid brandstof ingespoten om voor een snelle start te zorgen.

Uiteraard is een sterkere startmotor toegepast en een continue bewaking van de accu. Er is geen start mogelijk als de versnelling is ingeschakeld, daarvoor zorgen een neutraalstand en een tweede koppelingsschakelaar. Er is ook een bewaking van de onderdruk van de rembrekrichter, de motor start vanzelf als de onderdruk te ver wegvalt.

Stil, trillingsvrij en soepel

Er zijn flink wat maatregelen getroffen om de motor stil, trillingsvrij en soepel te krijgen. Zaken als het tikken van de verstuiers zijn door de geluidafschermkap over de motor wel te dempen.

Drie vermogensvarianten



De koppel- en vermogenskrommen van de drie CGI-motoren worden verkregen door drie verschillende compressorwielen toe te passen. Het hoogste koppel komt overeen met een gemiddelde effectieve druk van maar liefst 21,7 bar.

'Pulsatiefluiten' en 'compressorhulpen' vragen een andere aanpak. Zo zijn er speciale geluiddempers volgens het Helmholtz-principe gebruikt om geluiden met een bepaalde frequentie onhoorbaar te maken.

Er zijn nu tandkettingen in plaats van gewone kettingen toegepast voor de distributie, vandaar de wijzigingen van de krukasaandrijfwie len. Vroeger werden de tandkettingen niet voor niets 'silent chains' ofwel stille kettingen genoemd. Een stillere carterpan en steviger transmissiebevestiging zorgen voor minder ongewenste trillingen.

De nieuwe CGI-motoren zijn alleen rond 2000 t/min vollast iets beter waarneembaar dan de vorige motoren. Dat is net het punt van maximum acceleratie, dus is het niet ongunstig. Bij gas loslaten zijn de nieuwe motoren veel stiller.

Betere prestaties

Het is niet alleen de turbocompressor die voor betere prestaties zorgt. Ook de efficiënte inlaatluchtcoeler, een hogere compressieverhouding, een hogere topdruk (110 in plaats van 100 bar) en nieuwe in- en uitlaatspruitstukken met minder stromingsverliezen helpen mee. Het is dus een pakket aan maatregelen dat tot dit resultaat leidt.

Omdat de mechanische verliezen zijn afgenomen, is het specifiek brandstofverbruik fors gedaald. Over de Europese rijcyclus is er, mede dankzij het stop-startsysteem, 17% minder brandstof nodig. Op de weg is het resultaat eveneens gunstig en rijdt de auto dynamischer. Mercedes-Benz spreekt van een evo-uitvoering. Dat betekent dat er aan een nieuwe motor wordt gewerkt. Het is niet onaannemelijk dat die gebaseerd is op de V6 CGI, dus DI met straalgeleiding. AMT houdt u op de hoogte. ●

Paul Klaver