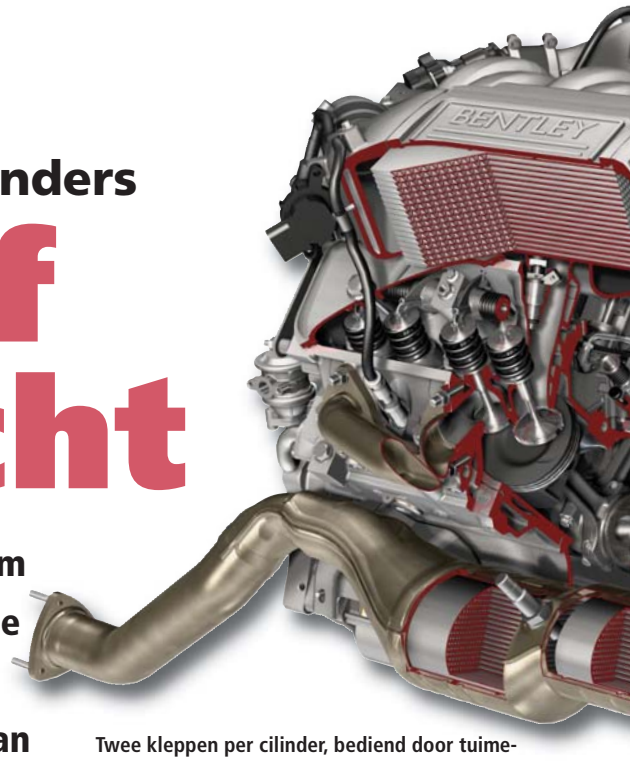
© WWW.AMT.NL - Dé internetsite voor de Automotive Professional

## Achtcilinder met uitschakelbare cilinders

# Op volle of halve kracht

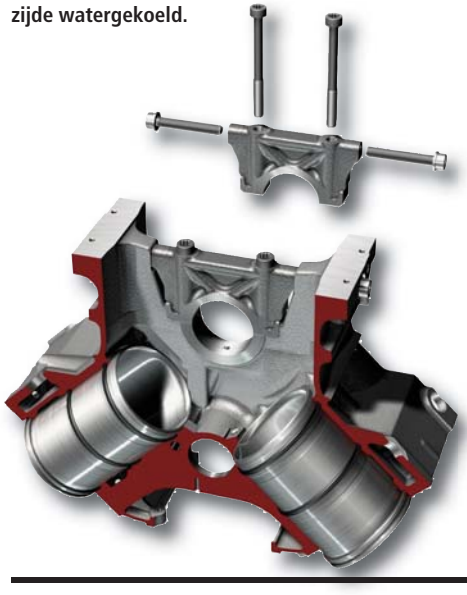
**De emissie-eisen worden almaar strenger. Lukt het om de karakteristieke stoterstangen-V8 motor voldoende schoon te krijgen? Bentley is er zowaar in geslaagd. Daarvoor werd technisch alles uit de kast gehaald, van nokkenasverstelling tot cilinderuitschakeling. In bepaalde situaties tovert de gespierde V8 om in een zuinige V4. Alle reden voor een nadere bestudering.**




**Twee kleppen per cilinder, bediend door tuimelaars, stoterstangen en stoters, en één centrale nokkenas. Acht van de zestien stoters zijn uitschakelbaar om de motor bij lage belastingen zuiniger te laten draaien. De nokkenas is verdraaibaar. Er is een kleine metaalvoorkatalysator pal na de turbine geplaatst.**

De verjongde V8 is bedoeld voor de Bentley Mulsanne. Het is de opvolger van de in AMT 9/2007 beschreven motor, die in de Arnage zit. Niet alleen moest voldaan worden aan strengere emissie-eisen, ook het verbruik moest omlaag. Dat leidde tot ingrijpende aanpassingen, zoals een verstelbare nokkenas en uitschakelbare cilinders. Het eisenpakket omvatte ook nog een lager motorgewicht, meer koppel 'onderin' en een hoger vermogen. Kortom: ook de Bentley Mulsanne moest 'Best in Class' blijven. Laten we deze bijzondere V8 eens in detail gaan bekijken.

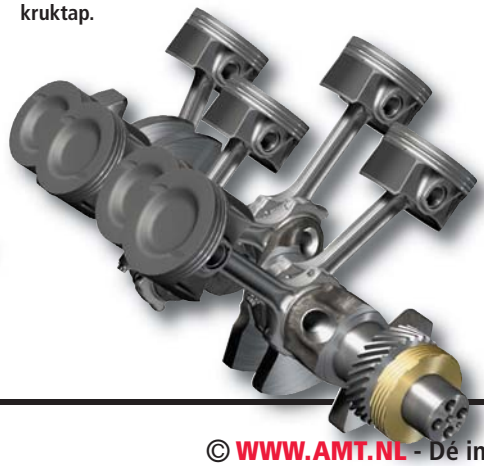
**De gietijzeren hoofdlagerkappen zijn ook met dwarsbouten in het aluminium motorblok bevestigd. De losse voeringen zijn alleen aan de bovenzijde watergekoeld.**



### Steviger krukaslagering

Elke motor in V-vorm zorgt voor een hoge belasting van de krukashoofdlagers. De verbrandings- en traagheidskrachten duwen en trekken de krukas zowel verticaal als horizontaal uit positie. Hoe groter de V-hoek, hoe groter de horizontale belasting. Bij de Bentley V8 is het niet anders en nu de verbrandingsdruk tot 85 bar verhoogd is, moeten de lagerkappen in dwarsrichting steviger worden bevestigd. Bij de middelste drie kappen was er ruimte genoeg voor dwarsbouten, maar dat lukte niet bij de buitenste twee kappen. De voorste is gelukkig laag belast, maar de lagerkap bij het vliegwiel is juist extra hoog belast. Niet alleen het volledige draaimoment moet worden doorgeleid, maar ook de koppelomvormer zorgt voor een extra hoge belasting. De oplossing is een brede lagerkap die ruimte heeft voor vier verticaal geplaatste bouten.

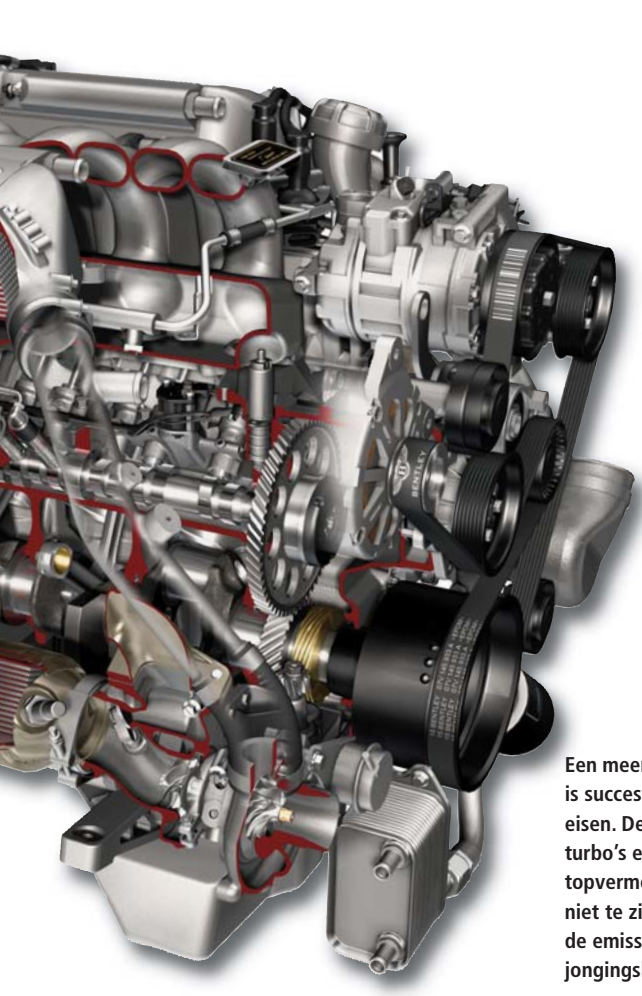
**Het nieuwe drijfwerk heeft de traditionele V8-opstelling, dus met de kruktappen om de 90° en met twee naast elkaar geplaatste drijfstangen per kruktap.**

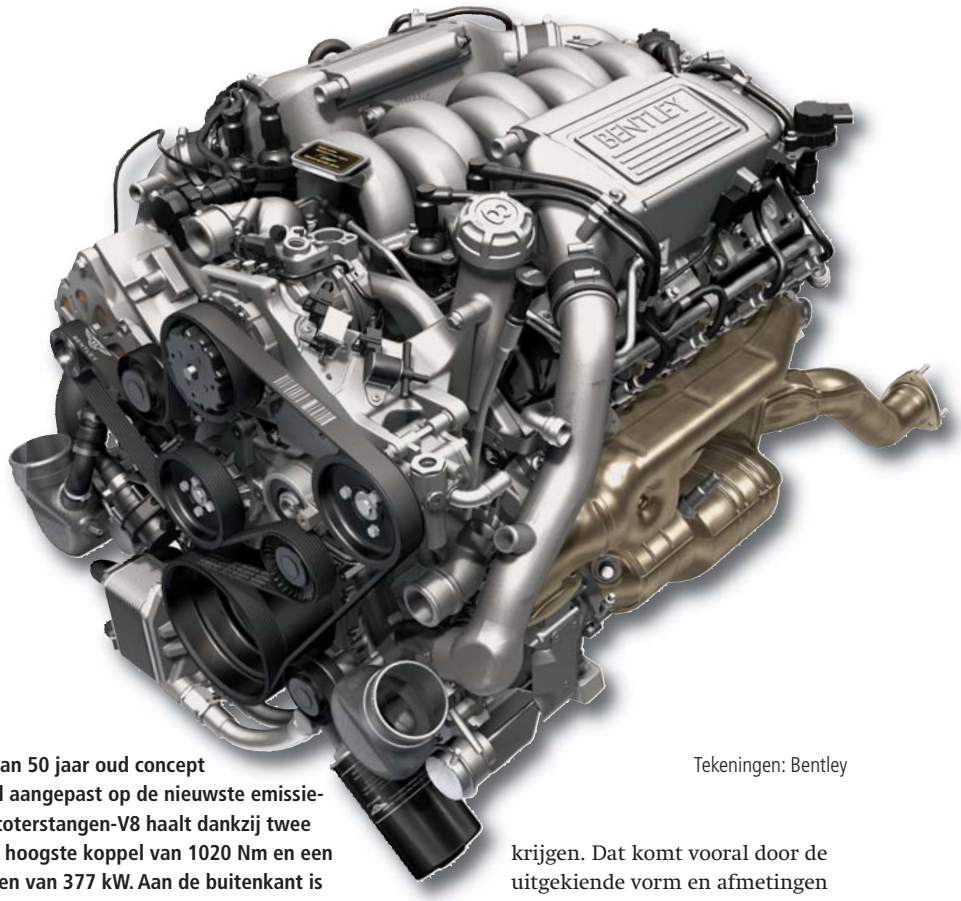


### Geheel nieuw drijfwerk

Met oog op de toekomst (nog hogere prestaties!) is het drijfwerk, waaronder de zuigers, drijfstangen en krukas, geheel vernieuwd. Alleen op deze manier is de kwaliteit gegarandeerd die er van een Bentley wordt verwacht. Bovendien leverde het optimaliseren een fikse gewichtsbesparing op.
De zuigers zijn ontworpen voor een topdruk van 85 bar. Ze zijn veel steviger dan de oude zuigers omdat er door het trapeziumvormige kleine oog een kortere zuigerpen toegepast kan worden. Deze pen is voorzien van een Diamond


© WWW.AMT.NL - De internetsite voor de Automotive Professional

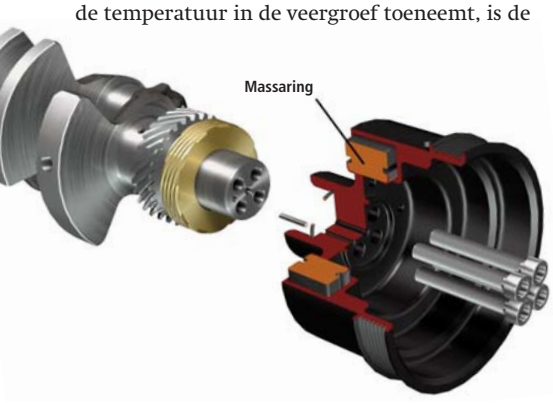





**Een meer dan 50 jaar oud concept is succesvol aangepast op de nieuwste emissie-eisen. De stoterstangen-V8 haalt dankzij twee turbo's een hoogste koppel van 1020 Nm en een topvermogen van 377 kW. Aan de buitenkant is niet te zien welke aanpassingen nodig waren om de emissies en het verbruik te laten dalen. De verjongingskuur zit in het inwendige.**

Tekeningen: Bentley

Like Coating (DLC) die een dunne en toch zeer slijtvaste looplaag vormt.
Het zuigerhemd is korter en er is een grafiet looplaag aangebracht. De drukzijde heeft een speciale vorm die voor een optimale geleiding onder alle omstandigheden zorgt. Door alle zuigerveren iets hoger te plaatsen, werd het mogelijk de compressiehoogte van de zuiger te verkleinen. Daardoor is de dam boven de bovenste zuigerveer ('vuurdam') lager. Omdat daardoor de temperatuur in de veergroef toeneemt, is de complete zuigerbodem, inclusief de bovenste veergroef, hardgeanodiseerd. Bovendien houden oliesproeiers de zuigerbodemtemperatuur binnen de perken. Er zijn klepuitsparingen nodig omdat er nu een nokkenasverstelling is. Al de- ze maatregelen besparen 130 gram gewicht per zuiger.
De drijfstangen zijn 9,9 mm langer omdat de zuigerpen hoger geplaatst is, zonder de hoogte van het motorblok te wijzigen. De lagerkappen zijn niet meer met pasbouten met moer vastgezet, maar met schroefbouten. De centrering gebeurt nu met paspennen. Er zijn twee smeerolietoevoergaatjes aangebracht.
Ondanks de grotere lengte zijn de drijfstangen per stuk 100 gram lichter met een onderlinge variatie van slechts 17 gram. Ze worden toch nog op gewicht gesorteerd, het waarom komt later aan de orde.
De vorige motor had een 'ouderwetse' gesmede krukas met een holle ruimte in de kruktappen om de sludge op te vangen. Die werd door de centrifugaalkracht uit de olie geslingerd. De moderne oliën voorkomen dit soort vuilafzetting, dus is er na een halve eeuw een geheel nieuwe gesmede krukas ontworpen. Opnieuw is het een traditionele V8-krukas om de 'sound' en de balancering gelijk te houden. Dankzij uitgebreide computersimulatie en -berekeningen, lukte het om het gewicht met 6 kg omlaag te krijgen. Dat komt vooral door de uitgekiende vorm en afmetingen van de contragewichten.
Elke drijfstang wordt vanuit de hoofdlagers door een geboord kanaal van olie voorzien. De olietoevoer begint 37 graden voor het Bovenste Dode Punt (BDP), dus ruim voor de hoogste belasting. Om gewicht te besparen, is de krukas vanaf het vliegwiel tot de tweede kruktap holgeboord, evenals alle kruktappen.
De tandwielen op het vrije eind, die de oliepomp en de nokkenasaandrijving verzorgen, worden bij de krukasfabrikant op de krukas gekrompen. Bij de vorige motor werden ze door een spie op hun plaats gehouden. De dure en kwetsbare spiegroef en gleufverbinding is dus vervallen.




**Op de krukas zit een torsietrillingsdemper met een losse ring in oliebad (éénmassa viscodemper) die met vier bouten is vastgezet op het vrije eind van de krukas. Het voorste schroefwiel zorgt voor de aandrijving van de oliepomp, het tandwiel er achter is voor de nokkenasaandrijving.**

## Ongewenste trillingen dempen

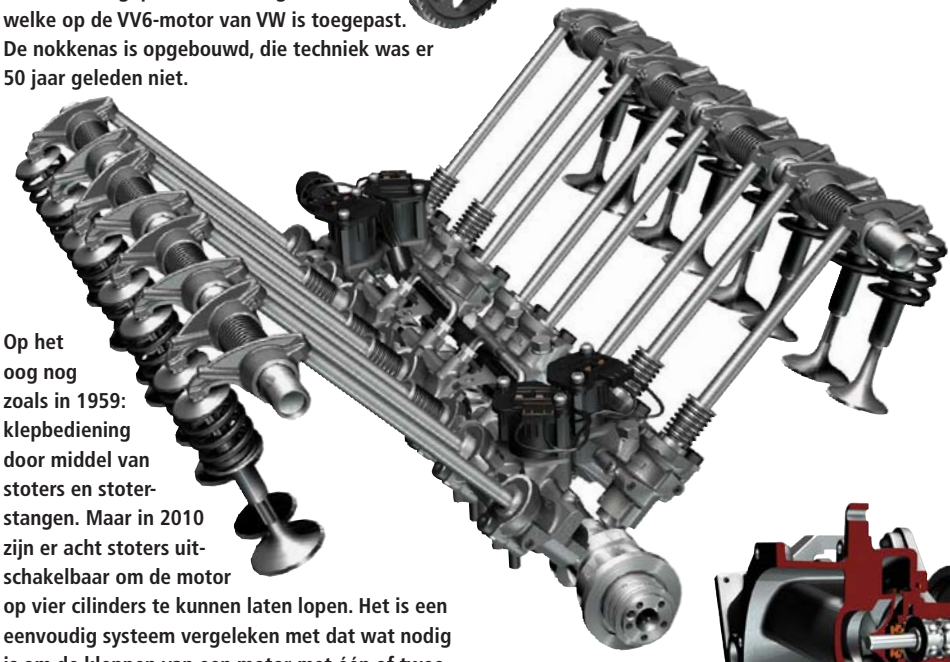
Er werden tal van torsietrillingsdempers ontwikkeld en getest. Een viscodemper met één massa die zo dicht mogelijk bij het eerste hoofdlager kon worden geplaatst bleek ook nog eens 3 kg lichter te zijn dan de trillingsdemper van de Arnage. De oude demper kan de veel grotere hoekverdraaiingen niet verwerken (hij wordt veel te heet) die optreden als de motor als V4 draait. Dat er veel energie in de demper gaat zitten, blijkt uit het bevestigen. Er zijn nu vier bouten in plaats van één centrale bout.
Van een Bentley V8 wordt verwacht dat deze vooral stationair trillingsvrij draait. Elke motor wordt daartoe op de fabriek in Crewe gebalanceerd en wel op een bijzondere manier. Het complete motorblok wordt op een balanceermachine gezet. Sensoren meten de bewegingen in het horizontale vlak, zowel aan de voorzijde

als aan de achterzijde. Bij 730 t/min mag het blok niet meer dan 5 µm bewegen!

## Verstelbare nokkenas

Om het brandstofverbruik en dus de $CO_2$-uitstoot te verlagen, zijn er ingrijpende maatregelen genomen. Voordat de nokkenasverstelling en de cilinderuitschakeling hun werk konden doen, moest eerst de verbranding grondig worden bestudeerd. Het verloop ervan bij de vorige motor was onregelmatig, het drukverloop varieerde van cyclus tot cyclus met af en toe een 'stoot' als er in één van de cilinders iets helemaal mis ging. Restgas, dus achtergebleven verbrandingsgas, verstoorde de verbranding. Het bleek dat vroeger sluiten van de inlaat- en uitlaatkleppen het restgasprobleem oploste.
Toen dat eenmaal gelukt was, was de nokkenasverdraaiing het volgende onderzoek waard. Belangrijk daarbij was het motorkoppel onderin, want van de V8 wordt vooral een enorme trekkracht bij lage toerentallen gevraagd.
De nokkenas zelf is opgebouwd op een geslepen stalen as en er worden rollenstoters gebruikt. De nokkenas is holgeboord, niet alleen om alle nokken te smeren, maar ook om de nokkenasversteller van olie te voorzien. De versteller zelf is een aangepaste uitvoering van die welke VW bij de VV6 gebruikt. Door het nokkenastandwiel in staal uit te voeren, kon het zoveel smaller worden dat er ruimte voor de versteller ontstond. De VW VV6-motor gebruikt een distributieketting die vanaf de vliegwielkant voor de aandrijving zorgt. De Bentley V8 heeft tandwielen die aan het vrije eind van de krukas zitten. Resultaat: de draairichting van de versteller is gelijk.
De verstelhoek is maximaal 42 krukgraden, het verstellen gebeurt traploos. Bij de start staat de nokkenas in de vroegste stand, een blokkeerinrichting houdt deze positie vast tot de oliedruk hoog genoeg is. Er zit een magneetklep boven de versteller in het motorblok in het oliekanaal naar de cilinderkoppen. De magneetklep regelt de olietoevoer naar de kamers voor een vroege of late stand. Een veer vangt het aandrijfkoppel van de nokkenas op, zodat de oliedruk alleen voor het verstellen zelf nodig is.
Groot voordeel van de stoterstangconstructie is de eenvoud, want in verhouding tot motoren met twee bovenliggende nokkenassen (zeker die in V-vorm) is dit een eenvoudige manier van verstellen. Het is wel zo dat alleen de hele nokkenas wordt versteld en niet de inlaat- of uitlaatnokkenas apart.
Bij deellast wordt de nokkenas naar 'laat' verdraaid. Daardoor nemen de pompverliezen in de overlap af en daalt het brandstofverbruik. Omdat er meer restgas in de cilinders achterblijft, neemt de $NO_x$-uitstoot af en is er meer tijd tot het openen van de uitlaatkleppen om de HC te oxideren.
Bij lage toerentallen en hogere belastingen gaat de nokkenas naar 'vroeg'. Dat wil zeggen dat de inlaatkleppen eerder sluiten met als resultaat meer koppel. Stationair staat de nokkenas ook vroeg. Daardoor draait de motor stabieler, want er is minder restgas in de cilinders.

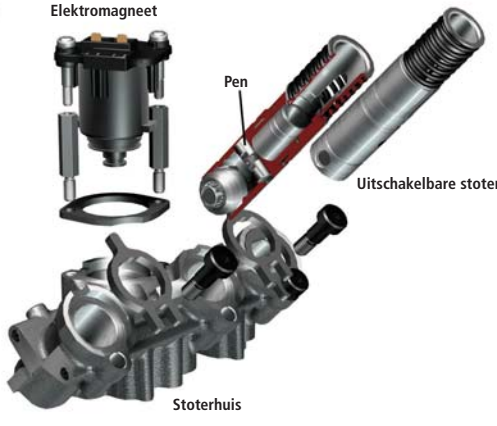
**Het verstelmechanisme van de nokkenas is een aangepaste uitvoering van die welke op de VV6-motor van VW is toegepast. De nokkenas is opgebouwd, die techniek was er 50 jaar geleden niet.**



**Op het oog nog zoals in 1959: klepbediening door middel van stoters en stoterstangen. Maar in 2010 zijn er acht stoters uitschakelbaar om de motor op vier cilinders te kunnen laten lopen. Het is een eenvoudig systeem vergeleken met dat wat nodig is om de kleppen van een motor met één of twee bovenliggende nokkenassen uit te schakelen.**

**De nieuwe waterpomp is in een nieuw huis geplaatst dat deel uitmaakt van het distributiedeksel. De pomp zelf is een sneller draaiende uitvoering van die welke op de Bentley VV12 motor zit.**

**Wat zo eenvoudig lijkt, is toch behoorlijk ingewikkeld. Op elk stoterhuis met uitschakelbare stoter is een elektromagneet geplaatst. Als die bekrachtigd wordt, verschuift een pen door de druk van de motorolie. Dan beweegt de onderkant van de stoter nog wel op en neer, maar de bovenkant, inclusief de stoterstang, staat stil.**





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

**De secundaire luchtinjectie is geïntegreerd in de cilinderkoppen. Vanuit een ingegoten 16 mm pijp gaat de lucht naar dwarsgeplaatste pijpjes die de lucht dicht achter de uitlaatkleppen inbrengt. De cilinderkoppen zijn qua ontwerp ruim vijftig jaar oud, maar helemaal van deze tijd als het om de uitvoering gaat.**

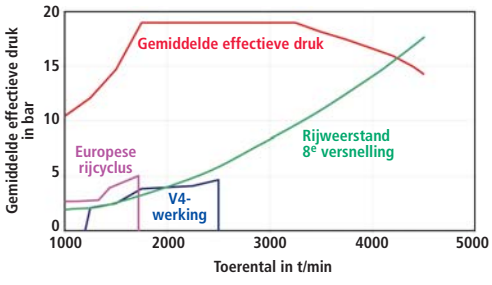
## Van V8 naar V4

Het uitschakelen van de cilinders gebeurt door het stilleggen van de kleppen van de cilinders 2, 3, 5 en 8. Omdat de kleppen niet worden bediend en de brandstoftoevoer uitgeschakeld is, werken de cilinders als luchtveren, blijven de katalysatoren heel en is er geen gaswisselingsarbeid. Blijft over een V4 met verbranding om de 180° in plaats van een V8 met een 90° verbrandingsafstand. De turbo's blijven op toeren en reageren snel op gasgeven.

De stoters zelf hebben een telescopische constructie. Zodra de vier magneetkleppen de olietoevoer naar de stoters stoppen, blijft de binnenkant (waar de stoterstang in zit) stilstaan terwijl de buitenkant met rol de nok blijft volgen. Binnen twee krukasomwentelingen worden de stoters in- en uitgeschakeld. Vanwege de beschikbare tijd (40 milliseconden) wordt het in- en uitschakelen tot 2500 t/min beperkt.

Het uitschakelen van vier cilinders zorgt voor een grote verandering in koppel. Daarom moet de gasklep snel reageren en dat kan alleen met het nieuwe motormanagement. De nieuwe 'software' is een ontwikkeling van Bentley en Bosch. Hoofddoel was dat het in- en uitschakelen van de vier cilinders onmerkbaar voor de inzittenden moet verlopen. De Cilinder Deactivation (CDA) werkt alleen in de hoogste vier trappen van de automaat en alleen bij vrijwel constante rijsnelheden. Tijdens het in- en uitschakelen van de cilinders slipt de overbruggingskoppeling van de koppelomvormer. Verder zorgt de tweemaal zo hoge effectieve druk van de viercilinder voor een 19% lager brandstofverbruik in de praktijk van alle dag. De cilinderuitschakeling verlaagt de $CO_2$-uitstoot met 8%.

## Europese rijcyclus vergt geen inspanning




**Deze grafiek laat duidelijk zien hoe laag de motor tijdens het rijden van de Europese rijcyclus wordt belast. Ook is aangegeven in welk belastinggebied de motor op vier cilinders draait. De topsnelheid van ruim 285 km/uur wordt bij ongeveer 4200 t/min bereikt, daar is 377 kW voor nodig. Opvallend is dat de 8e versnelling geen overdrive is.**

## Verbeterde luchtinjectie en snelle computer

Secundaire luchtinjectie is nodig om bij de voorgeschreven koude start bij min 7°C tijdens de Europese rijcyclus, de omzetting van CO en HC te bewerkstelligen. Omdat de Euro 5-eisen lagere emissiewaarden stellen, is er een 16 mm luchtkanaal in de cilinderkoppen gegoten. Dwarspijpjes zorgen ervoor dat de lucht vlak achter de hete uitlaatkleppen wordt ingeblazen.

Het Bosch ME17-motormanagement heeft het ME7-systeem vervangen, omdat er meer elektronica aan te sturen is. Er zijn actuatoren en sensoren van het nieuwste type toegepast en tal van elektronische voertuigsystemen toegevoegd. Dat alles eist een grotere rekencapaciteit. Regelingen zoals ESP en de adaptieve cruise control communiceren met de achttrapsautomaat, de overbruggingskoppeling van de hydraulische koppelomvormer en de motor, om een volledig schokvrije aandrijving of afremming tot stand te brengen. Ook het starten gebeurt sneller en nauwkeuriger door de betere regeling van de brandstoftoevoer. Het nieuwe motormanagement zorgt ook voor een ongemerkte in- en uitschakeling van de cilinders.

## Strengere emissie-eisen

Tot januari 2011 vallen de Bentley's in voertuigklasse N1, groep 3. Daarna in klasse M1, hetgeen betekent dat de grenswaarden voor de emissie-eisen maar liefst 50% lager liggen. Alleen als de katalysatoren zo snel mogelijk op temperatuur zouden komen en de lambdaregeling aanzienlijk nauwkeuriger zou regelen, was er een mogelijkheid om aan de emissie-eisen te voldoen. Het nieuwe motormanagement is dus ook om deze redenen noodzakelijk.

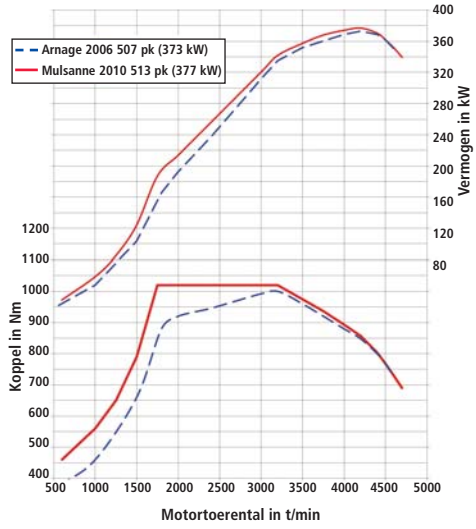
De startkatalysatoren hebben de modernste 'washcoat' (grenslaag) techniek. Dat betekent dat de hoeveelheid edelmetaal van voor tot achter verloopt van veel naar weinig. Dat kan omdat de voorzijde het eerst opwarmt. Het zijn metaalkatalysatoren die de tegendruk laag houden. Van daaruit stroomt het uitlaatgas door de monoliet hoofdkatalysator. De secundaire luchtinjectie vindt per bank plaats en gebruikt zelfschakelende regelkleppen.

De nieuwste Bosch LSU 4.9 lambdasensoren zijn zeer snel op werktemperatuur. Dat maakt een snelle regeling van de lucht-brandstofverhouding na de koude start mogelijk. Om de 'kats' zo snel mogelijk op te warmen, zijn het toerental en de mate van na-ontsteking optimaal gekozen. In samenwerking met de secundaire luchtinjectie, die immers de onverbrande brandstof alsnog verbrandt, stijgt de uitlaatgastemperatuur zo snel mogelijk.

De ruim vijftig jaar oude 6¾ liter V8 stoterstangenmotor is dus helemaal verjongd. De dubbelturbo is niet alleen goed voor geweldige prestaties (1020 Nm koppel en een vermogen van 377 kW), maar ook voor een aanzienlijke verlaging van het brandstofverbruik en de schadelijke emissies. Een compliment waard. ●

**Paul Klaver**

## Aan koppel geen gebrek




**Kennelijk beperkt de nieuwe achttrapsautomaat het koppel tot 1020 Nm, gezien het vlakke verloop tussen 1750 en 3250 t/min. Het koppel is bij lage toerentallen flink toegenomen, het scheelt bij 1750 t/min ongeveer 40 kW in vermogen!**