

**Auto & Motor**  
**TECHNIEK**

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

## De eerste en de sterkste V8 DI-diesel

# Kampioen zelfontbranding

De eerste V8 dieselmotor met directe inspuiting voor personenauto's is een feit. BMW is concurrent Audi nèt een stap voor. Het is meteen de sterkste dieselmotor op de markt: uit 3.9 liter worden 180 kW en een koppel van maar liefst 560 Nm gehaald! Uitzonderlijke motortechniek, waarbij tal van nieuwe vindingen hun opwachting maken.

Op basis van de vier- en zescilinder DI-dieselmotoren (zie AMT 9/1998) heeft BMW de V8 ontwikkeld. De V8 is in eerste instantie voor de 7-serie gedacht, maar zal ook wel in andere modellen komen. Zeker als straks de tweede versie komt met 1600 bar inspuitdruk en piezo-elektrisch in plaats van elektromagnetisch bediende verstuivers. Daarmee worden de voor-, hoofd- en na-inspuiting veel nauwkeuriger en sneller geregeld. De hogere inspuitdruk zorgt voor een nóg betere verneveling van de brandstof.

### Bijzondere techniek

De V8 motor is een geheel nieuw ontwerp met tal van bijzonderheden. De boring en slag zijn weliswaar gelijk aan die van de vier- en de zescilinder (zodat ook dezelfde Nüral-zuigers gebruikt worden) en ook de kleppen en klepbediening zijn identiek, maar er zijn verder duidelijke verschillen.

De cilinderhartafstand bedraagt 98 mm bij een boringmaat van 84 mm. Dankzij de smalle drijfstanen zijn de twee banken slechts 18 mm ten opzichte van elkaar verzet. Precies genoeg om de twee distributiekettingen achter elkaar te plaatsen.

Voor het motorblok gebruikt BMW gietijzer met Vermikulargrafiet, afgekort GGV. Het grafiet

heeft een kleine, wormvormige vorm, waardoor het materiaal veel sterker is. De treksterkte is tweemaal zo hoog als bij gewoon gietijzer en de stijfheid is anderhalf maal zo hoog. Dat heeft tot gevolg dat het motorblok ongeveer 20 procent lichter is en het geluid beter dempt. De loopeigenschappen zijn vergelijkbaar met die van gewoon gietijzer. Dat is het verschil met nodulair gietijzer. Daarbij is het grafiet in kleine bolletjes aanwezig. Dat maakt het materiaal wel sterk, maar smeertechnisch gezien minder gunstig.

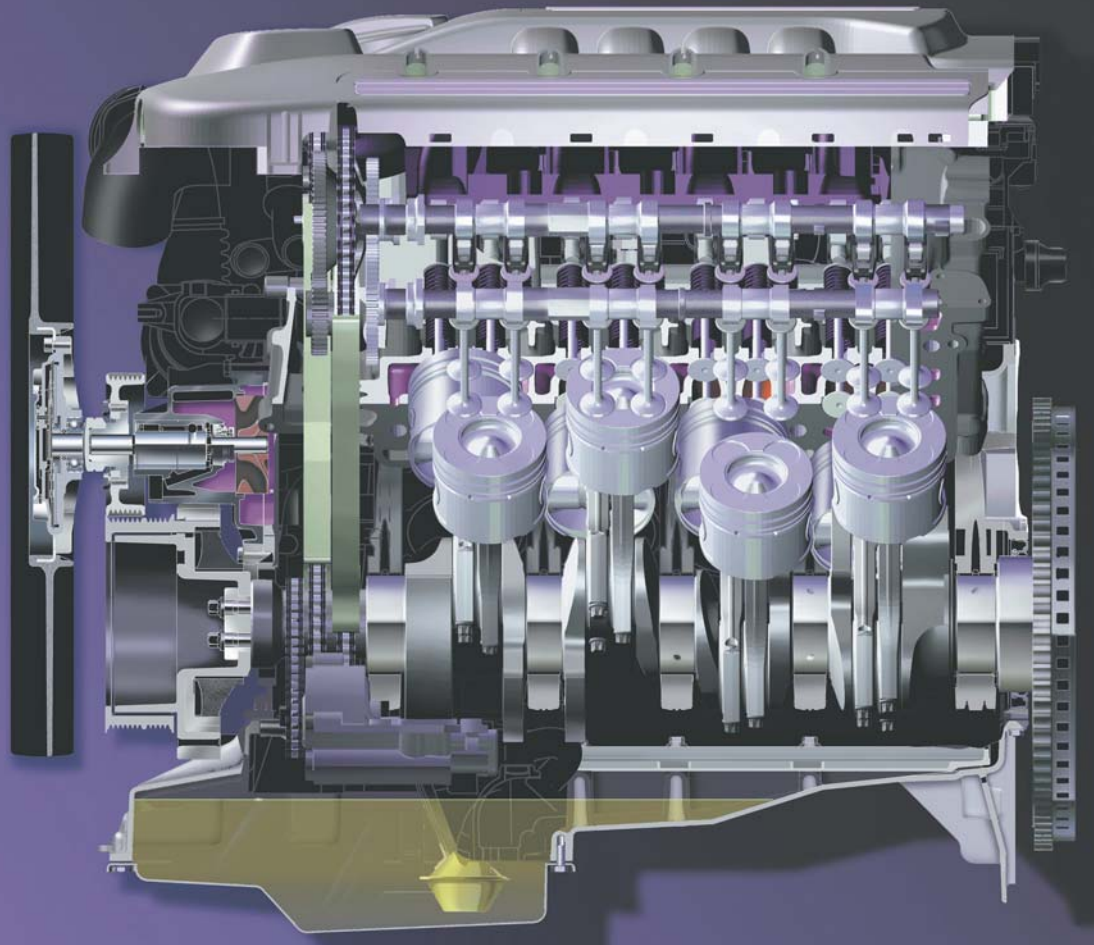
Hoewel er grote dwarskrachten op de hoofdlagerkappen werken, kan er toch met slechts twee bouten worden volstaan, want voor het eerst zijn ook de hoofdlagerkappen na het gieten gebroken. Het deelvlak zorgt voor een zeer stevige en nauwkeurige bevestiging van de kappen. Zowel het gebruik van GGV als het breken zijn nieuw, baanbrekend werk van BMW gezegd.

### Stevig drijfwerk

De krukas is vervaardigd van chroom-molybdeenstaal. Alle tappenen zijn gehard. Dankzij de tegenover elkaar liggende zware contragewichten aan de beide uiteinden van de krukas en de 90° V-hoek zijn de massakrachten en de momenten als gevolg daarvan, volle-



De BMW V8 motor heeft vier kleppen per cilinder en een centraal geplaatste verstuiver. De V-hoek bedraagt 90° en dat geeft ruimte voor het inlaatsysteem. De hogedrukpomp wordt aangedreven door de linker inlaatsnokkenas.



'Sputter' lagers. Deze lagers worden al vanaf 1982 bij grote dieselmotoren toegepast en hebben een zeer goede reputatie opgebouwd. Op een stalen schaal wordt een laag loodbrons (koper, lood en tin) aangebracht. Daarop komt een dunne laag nikkelchroom. Vervolgens wordt er elektrolytisch een 16 micron 'dikke' laag tin aluminium op gesputterd. Deze laag brengt de hardheid van het oppervlak op 90 Vickers. Interessant is dat er twee typen sputterlagers worden gebruikt. De hardste zit in de drijf-stang, want daar is de druk het hoogst, een zachtere uitvoering zit in de kap om slijtage- en vuildeeltjes te kunnen inbedden. Ook de hoofd-lagers van de kruk-as zijn van deze zachtere lagersoort.

#### Ketting en tandwielen

Er worden twee gelijke kettingsystemen gebruikt om de inlaatnokkenassen aan te drijven. De uitlaatnokkenassen worden aangedreven door tandwielen met rechte tanden. Dat is afwijkend van de V8 benzinemotor-distributie. Zoals in AMT 2/1999 is te zien, wordt er bij de benzine V8 één lange ketting gebruikt en twee korte exemplaren voor de aandrijving van de uitlaatkokkenassen. De inlaatkokken van de linker bank van de diesel V8 drijft ook nog de hogedruk-pomp aan via een tandwielstel dat zodanig gekozen is dat de pomp 5/6 van het krukastoerental draait. BMW heeft inmiddels veel ervaring met smalle Iwis-rolkettingen in dieselmotoren en gaat er vanuit dat de distributie onderhoudsvrij de hele motorlevensduur meegaat.

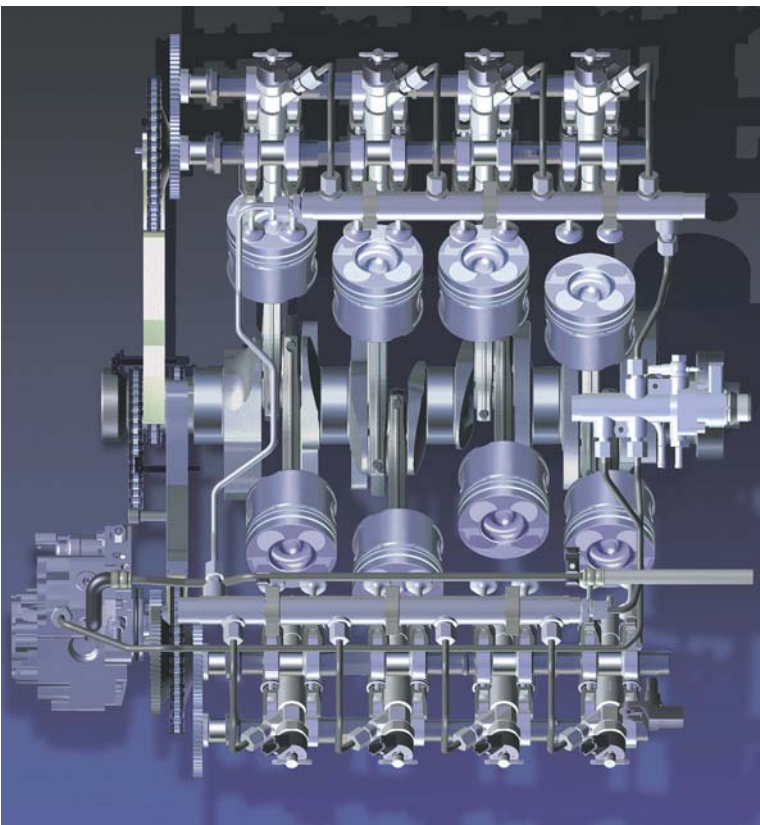
De cilinderkoppen zijn gegoten in een aluminiumlegering. Aan de voorkant is het distributiehuis meegegoten, aan de achterkant het kanaal voor de uitlaatgasrecirculatie. Er zijn twee inlaatkanalen, één met een slakkenhuis en één kanaal dat de lucht tangentiaal laat binnenstromen. Het slakkenhuis zorgt voor een kurkentrekkervormige luchtbeving met een kleine diameter en een snelle rotatie, het tangentiale kanaal brengt de totale cilinderinhoud in een relatief langzame rotatie. Uiteraard speelt

**De contragewichten aan de uiteinden van de kruk-as zijn, in verband met de balancering, extra breed en dus zwaar uitgevoerd. De drijf-stangen zijn heel smal om de kruk-as zo kort mogelijk te houden.**

dig gebalanceerd.

De drijf-stangen zijn ook bijzonder, want voor het eerst worden ze gebroken bij een scheef- of schuin-gedeeld groot oog. Het kleine oog is trapeziumvormig uitgevoerd, de smalle kant zit boven de brede kant onder. Bij de zuigerpenogen is dat precies omgekeerd zodat de hoge gaskrachten op een zo groot mogelijk oppervlak worden opgenomen. Die hoge gaskrachten ontstaan door de hoge topdruk die 170 bar bedraagt. Dan staat er op een zuiger met 84 mm boring toch een kracht van 90.000 N!

Heel bijzonder zijn de drijf-stang-lagers. Bij deze motor treden namelijk voor het eerst specifieke vlaktedrukken op van meer dan 100 N/mm<sup>2</sup>. De gebruikelijke lagerschalen die uit twee of drie verschillende materialen bestaan, halen niet meer de vereiste levensduur. Glyco, behorend tot het Federal-Mogul concern, levert



**De distributie gebruikt speciale smalle rollenkettingen die bij de vier- en de zescilinder DI-motoren ook worden toegepast. De kleppen worden door slepers met naaldgelagerde rol bediend. Hydraulische stelpluniers zorgen voor de juiste klepspel.**

# MOTOREN

## Techniek van de BMW achtcilinder Common-Rail diesel

het toerental een grote rol bij de rotatiesnelheid, hoe hoger het toerental, des te meer lucht en des te hoger de rotatiesnelheid. Omdat het slakkenhuis een hogere stromingsweerstand heeft, gaat er bij toenemend luchtverbruik in verhouding meer lucht door het tangentiaalkanaal. Dat voorkomt een te intensief wervelpatroon.

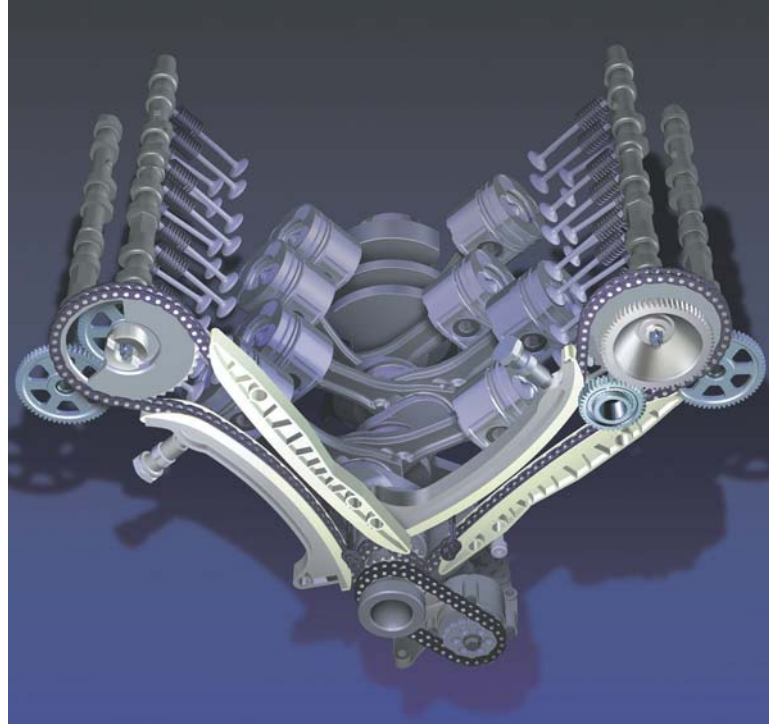
**Ingenieuze koeling**  
BMW gebruikt een compacte olie-pomp die door een enkelvoudige rollenketting door de krukas wordt aangedreven met een 21/19 tanden verhouding. Het betreft hier een Hoborn-Eatonpomp die de Duitse fabrikant SHW een Duocentric

pomp noemt. Dit is een tandwiel-pomp met inwendige vertanding die 20,3 cm<sup>3</sup> olie verpompt per omwenteling. De drukregeling is afgesteld op 4,2 bar. Het bijzondere daarbij is dat het hierbij gaat om de druk in de hoofdoliegalerij. Op deze manier worden de verlies-drukken over het oliefilter en de oliekoeler gecompenseerd en krijgen niet alleen de hoofd-lagers, maar ook alle andere lagers de olie met een vrijwel constante druk toegevoerd. De drukregelplunjer is van kunststof om het 'stick-slip' effect te elimineren. De complete pomp heeft een massa van 1,08 kg en dat is 35 procent minder dan een pomp met uitwendige vertanding die dezelfde prestaties levert.

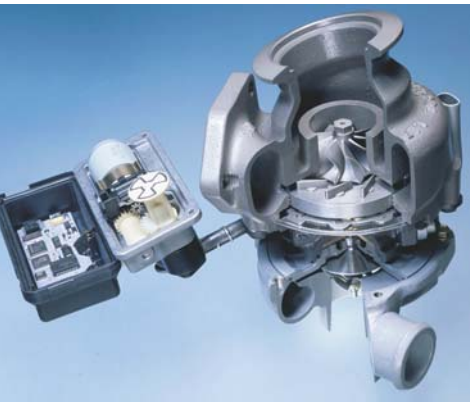
De oliefiltrering en koeling vindt plaats in één aluminium huis dat door Mann + Hummel is ontwikkeld. Net als bij de zuigers (Nüral), distributie (van Iwis), de oliepompe (van SHW) is ook hier de toeleveringsindustrie heel belangrijk. Complete componenten worden niet alleen door hen vervaardigd, maar ook ontwikkeld. Het oliefilterhuis bevat niet minder dan vier regelkleppen: voor de zuigerkoeling, voor de omloop om het filterelement, voor de oliekoeler en om het leeglopen van het oliefilter te voorkomen. Het huis van het oliefiltermodule, zoals het onderdeel wordt genoemd, is van aluminium. Vele andere delen zijn van kunststof zoals de uiteinden van het oliefilter.

De hydraulische stelplunjers hebben een olietoevoer met een syphon of zwanenhals erin. Dat betekent, net als bij een wastafelafvoer, dat de olie niet volledig wegloopt, maar in de zwanenhals blijft staan. Dat voorkomt het leeglopen van de plunjers en het daaropvolgende getik bij het opnieuw starten.

De waterkoeling is als dwarsstroming uitgevoerd. Via de warmtewisselaar met de olie stroomt het water in de V. Bij elke cilinder omstroomt het daarna de heetste plekken om aan de uitlaatkant de cilinderkoppen binnen te gaan. In de koppen zitten schotten die er voor zorgen dat de koelvloeistof er aan de inlaatkant van elke cilinder er



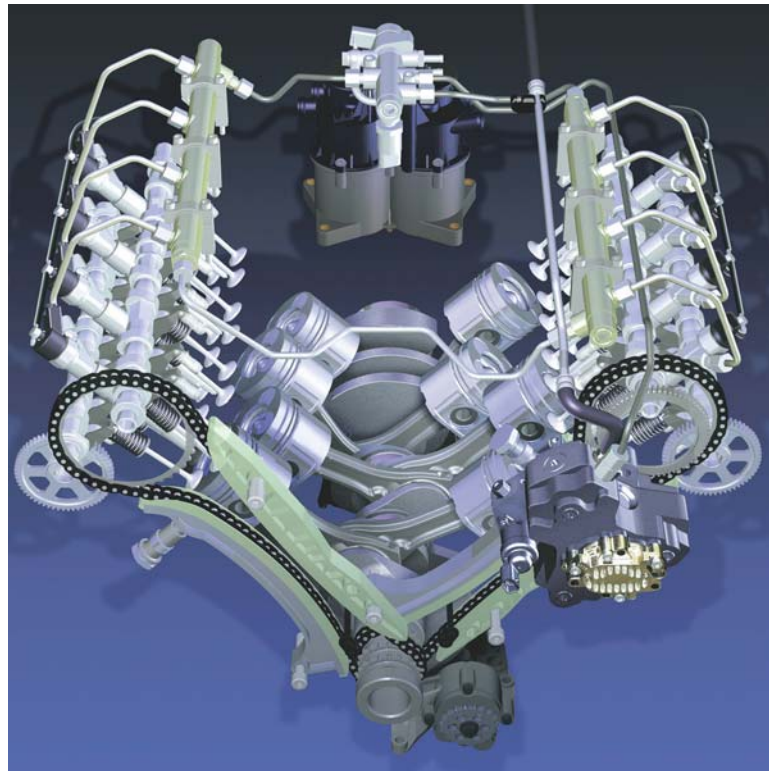
De distributie is heel compact. Twee smalle rollenkettingen drijven elk een inlaatnokkenas aan. De uitlaatnokkenassen worden door tandwielen met rechte tanden aangedreven. Let op de lange glij- en spanschoenen met hydraulische spanners.



BMW past als eerste turbocompressoren toe met verstelbare leidschoepen voor de turbine die door een elektromotor worden bediend.



Voor de eerste keer worden ook de hoofdlagerkappen gebroken. Deze techniek zorgt voor een perfecte centering die zo goed dwarskrachten kan opnemen dat met twee bouten kan worden volstaan.

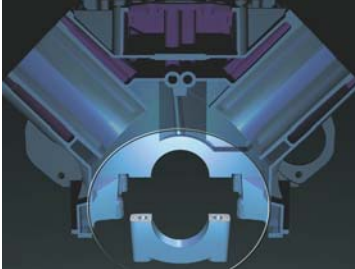


De oliepompe wordt door een ketting vanaf de krukas aangedreven. De hogedrukpompe heeft een tandwieloverbrenging evenals de uitlaatnokkenassen.

weer uit komt. Daar wordt het hete water in een gemeenschappelijke leiding afgevoerd.

Common-Rail inspuiting  
BMW zou het liefst de extra hoge druk van 1600 bar hebben toegepast en de piëzo-elektrische ver-

stuivers. Deze overtreffende trap is echter nog niet klaar en dus werden het 1350 bar en 'gewone' elektromagnetische verstuivers. De hogedrukpompe is wel klaar voor de hogere druk en kan zelfs de geleverde brandstof naar de zuigzijde terugvoeren om het aandrijfvermo-



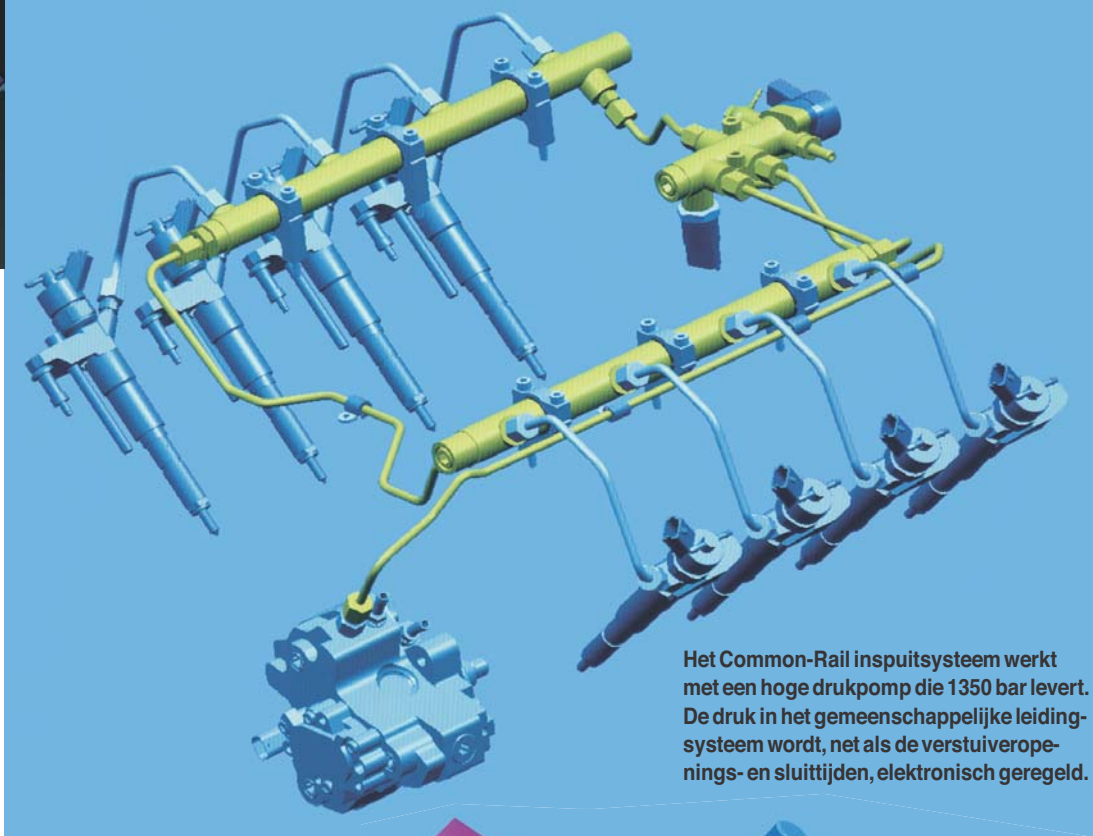
Het motorblok bestaat uit een nieuw soort gietijzer met Vermikular grafiert. Het grafiert zit als kleine 'wormpjes' in het materiaal en verleent het zeer goede eigenschappen. Zo is de sterkte tweemaal zo hoog als bij gewoon gietijzer.

gen te beperken. Bijzondere aandacht kregen de drukverdeling voor alle acht de cilinders en het beperken van de optredende drukpulsaties door het snelle openen en sluiten van de verstuivers.

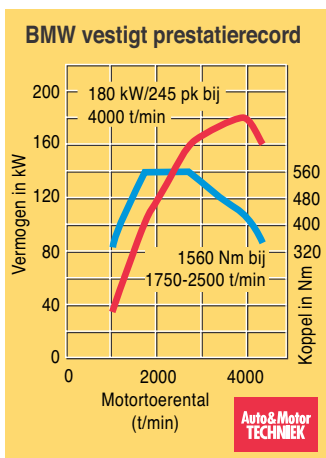
Elektrische turboverstelling  
Het is BMW als eerste gelukt om twee turbo's toe te passen waarbij de leidschoepen naar de turbine elektrisch worden bediend. Het grote voordeel, ten opzichte van de gebruikelijke pneumatische verstelmethode, is dat het regelen tienmaal sneller en veel nauwkeuriger gebeurt. BMW regelt de turbodruk van maximaal 2,25 bar in drie stappen. Eerst geeft de ECU een stand op voor de leidschoepen, via een terugkoppeling wordt de stand zonodig gecorrigeerd en dan zorgen twee aparte luchthoeveelheidsmeters ervoor dat de linker- en rechterbank evenveel lucht krijgen toegevoerd.

Een Master computer regelt alle regelfuncties die op tijdbasis plaatsvinden, zoals de inlaatdruk en cruise-control. Een Slave-computer regelt alle zaken die met de krukstand te maken hebben, zoals de inspuithoeveelheid of de druk in het Common-Rail systeem. De 'heer en meester' computers 'communiceren' uiteraard met elkaar en zorgen zo voor een optimale taakverdeling.

Zorgvuldige uitlaatgasregeling  
De Exhaust Gas Recirculation, EGR, is zeer effectief bij de bestrijding van de NOx-emissie. Het uitlaatgas verlaagt de verbrandingstemperatuur. Het gas moet dan wel goed worden gemengd met de lucht en daarna gelijkmatig over alle cilinders worden verdeeld. BMW heeft daarom het inlaatspruitstuk in twee etages uitgevoerd. In de bovenste etage wordt



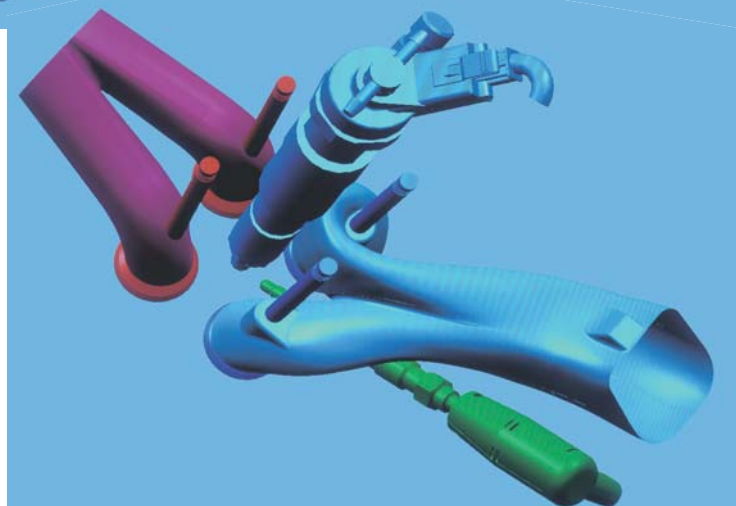
Het Common-Rail inspuitsysteem werkt met een hoge drukpomp die 1350 bar levert. De druk in het gemeenschappelijke leidingstelsel wordt, net als de verstuiveropenings- en sluittijden, elektronisch geregeld.



Het maximum koppel van 560 Nm komt overeen met een gemiddelde effectieve druk van maar liefst 18,1 bar. Het hoogste vermogen van 180 kW zorgt voor een specifiek gewicht van 1,52 kg/kW. Het motorblok heeft een massa van 273 kg, dat is 39 kg meer dan de 4.4 liter benzinemotor.

de lucht met het gekoelde uitlaatgas gemengd, vanuit de onderste laag volgt de verdeling over de cilinders. Het gaat om een EGR die maximaal 50 procent van het aangezogen volume uitmaakt en daarbij temperaturen tussen 120 °C en 150 °C heeft om condensatie en zuurvorming te vermijden.

Aandrijving hulpapparatuur  
Er worden twee poly-V-snaren gebruikt om de hulpapparatuur aan te



Het inlaatkanaal splitst zich in een slakkenhuis en een tangentiaalkanaal. De uitlaatkanalen hebben de standaardvorm. Opvallend is dat de kleppen paarsgewijs aan één kant van de cilinderkop zitten, zoals bij benzinemotoren het geval is.

drijven. Beide snaren hebben een automatische spanner met hydraulische demping. De aandrijfpoelies op de krukas zijn voorzien van een torsietrillingsdemper. De wisselstroomdynamo is vloeistofgekoeld. De ontwikkelde warmte wordt gebruikt om de motor sneller op te warmen.

Diesel moet zwavelarm  
BMW heeft de eer de sterkste dieselmotor voor personenauto's en de eerste V8 in productie te hebben genomen. Niet alleen de prestaties zijn hoog, de constructie van de motor is bijzonder. Daaraan hebben de toeleveringsfirma's actief meegewerkt. Het specifieke brandstofverbruik is laag, bij een gemiddelde effectieve druk van 15,5 bar en 2300 t/min verbruikt de V8 DI

diesel 207 g/kWh.

Wat nog niet geweldig goed is, is de uitstoot van schadelijke emissies. Eerst moet de zwavel uit de dieselolie, dan kan de uitlaatgasnabehandeling worden ingezet. Nu voldoet de V8 bijna aan de Euro3 emissie-eisen voor dieselmotoren en dat betekent een veel hogere NOx-uitstoot dan bij benzinemotoren. Over het schadelijk effect van de deeltjes is in AMT al genoeg gezegd.

Paul Klaver