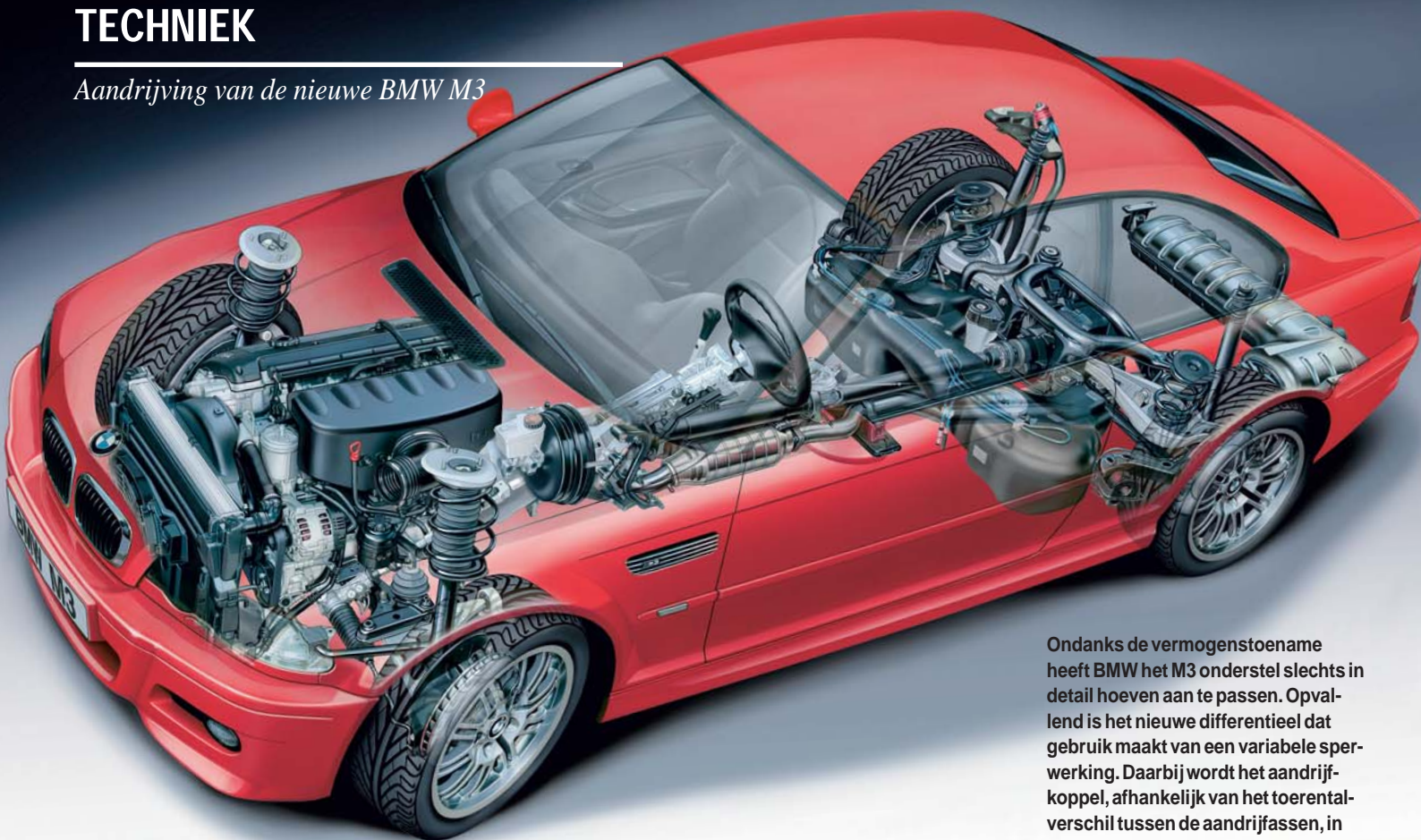


**Auto & Motor**  
**TECHNIEK**

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



Ondanks de vermogenstoename heeft BMW het M3 onderstel slechts in detail hoeven aan te passen. Opvallend is het nieuwe differentieel dat gebruik maakt van een variabele sperwerking. Daarbij wordt het aandrijfkoppel, afhankelijk van het toerentalverschil tussen de aandrijfassen, in alle gevallen naar het wiel met de meeste grip gestuurd.

FOTO'S/TEKENINGEN: BMW

## M3 verlegt opnieuw de grenzen

# Techniek voor topprestaties

In 5,2 seconden snelt hij naar de 100 km/h. De nieuwe M3 is met een vermogen van 343 pk en een koppel van 365 Nm een beul van een sportauto, die indrukwekkende prestaties neerzet. Basis vormde de gloednieuwe 3 liter zescilinder motor, waarvan het vermogen met maar liefst 48 procent werd opgevoerd. Daar ging ingrijpend ontwikkelingswerk aan vooraf.

De motor wordt vaak het hart van de auto genoemd. De Bayerische Motoren Werke heeft wat dat betreft een reputatie hoog te houden als het om zescilinders gaat. Het zes in lijn concept is voor BMW de onbetwiste wijze om sportiviteit en soepelheid in één krachtbron te verenigen. Volgens BMW hoort er in de M3 een hoogtoerige, zelfaan-

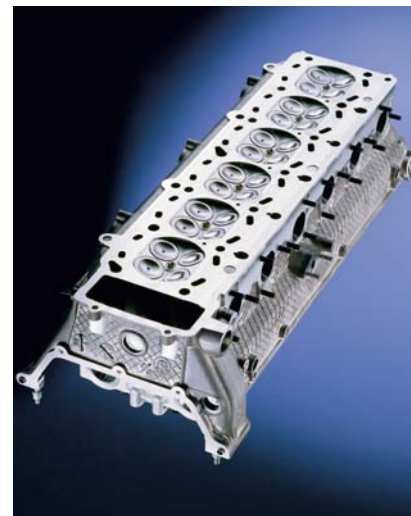
zuigende benzinemotor. Alleen dat type motor heeft het karakter dat bij zo'n auto past.

Voor de nieuwe M3 motor ontwikkelde BMW een totaal nieuwe cilinderkop met een nieuw in- en uitlaatspruitstuk en nieuw motormanagement. Laten we echter eerst de nieuwe motor vergelijken met die van de vorige M3 en de re-

centelijk geïntroduceerde 'standaard' 3-liter motor die in AMT 9/2000 is beschreven.

Met een boring en slag van 87 x 91 mm komt de cilinderinhoud op 3246 cm<sup>3</sup>. De zuigers zijn 0,6 mm groter, de slag is gelijk gebleven. Het maximale toerental bedraagt nu 8.000 t/min, 400 meer dan bij de vorige M3 en maar liefst 1.500 t/min meer dan de 3-liter motor. Dat betekent dat de traagheidskrachten die op het drijfwerk worden uitgeoefend met 50 procent zijn toegenomen, immers  $(8.000/6.500)^2=1,51$ . Het krukvermogen is van 170 kW bij de 3-liter naar 252 kW gestegen, een toename van 48 procent. De nieuwe M3 motor levert 12 kW meer dan de 'oude', ondanks de vrijwel gelijke cilinderinhoud.

Alle wijzigingen ten opzichte van de 'gewone' 3-liter motor zijn er dan ook op gericht om de M3



Eén van de sterke punten van een lijnmotor is dat er slechts één cilinderkop is. Maar dat is dan wel een lange kop als het om een 3.2 liter zespitter gaat. Let op de verbrandingskamer die dankzij de kleine klephoek compact is.

motor thermisch en mechanisch gezond te houden. Dat de M3 buitengewoon krachtig is, blijkt als we naar het vermogen en koppel bij 1.000 t/min kijken: 26 kW en 245 Nm, deze waarde komt overeen met een gemiddelde effectieve druk van bijna 10 bar!

#### Kranig drijfwerk

De zevenmaal gelagerde krukas heeft twaalf conragewichten en is gesmeed van hoogwaardig chroom molybdeen staal. De hoofdslagers hebben een diameter van 60 mm, de drijfslagelagers van 49 mm.

De tandkrans voor de krukstandsensor is tegen de krukvang van de zesde kruktrap geschroefd die het dichtst bij het vliegwiel zit. Er zijn te veel storingen door torsietrillingen met de oude positie op de trillingsdemper. De nieuwe trillingsdemper is speciaal voor de hoge toerentallen ontworpen.

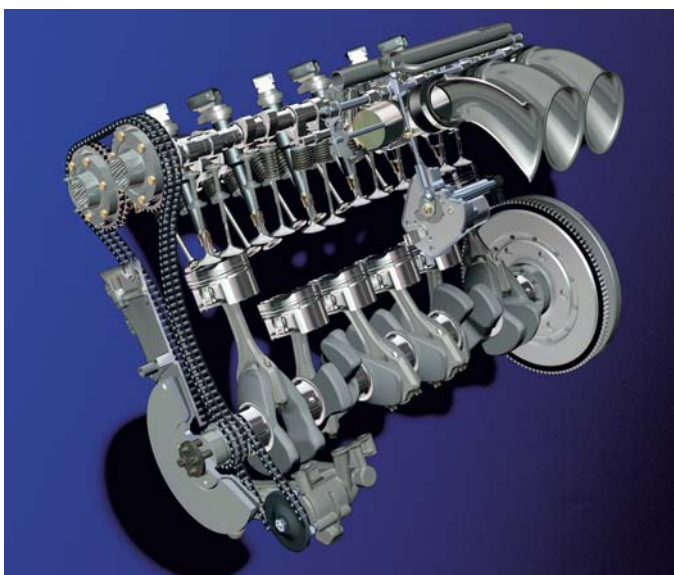
Er wordt een hydraulisch gedempt twee-massa vliegwiel gebruikt dat de torsietrillingen in de aandrijflijn dempt. Bijzonder is een overbelastingsbeveiliging. Er zijn namelijk berijders(sters) die hun linkervoet van de ingetrapte koppeling laten afschieten om een zo snel mogelijke start te maken. Een smoorklep in de hydraulische leiding voorkomt een te bruusk aangrijpen van de koppeling en de daarmee verbonden belastingpieken in de aandrijflijn.

De gesmeed stalen drijfslangen met een hart op hart maat van 139 mm hebben een 'gebroken' deling van het grote oog. De drijfslangen zijn 20 in plaats van 22 mm breed om gewicht te besparen. Hoe zeer de torsie- en buigtrillingen bij een 8.000 t/min motor een rol spelen, blijkt uit een gewichtstolerantie van  $\pm 4$  gram. Ten opzichte van de vorige M3 motor zijn er geen M10x1,25 maar M11x1,25 drijfslangbouten toegepast. Die geven een 20 procent hogere klemkracht.

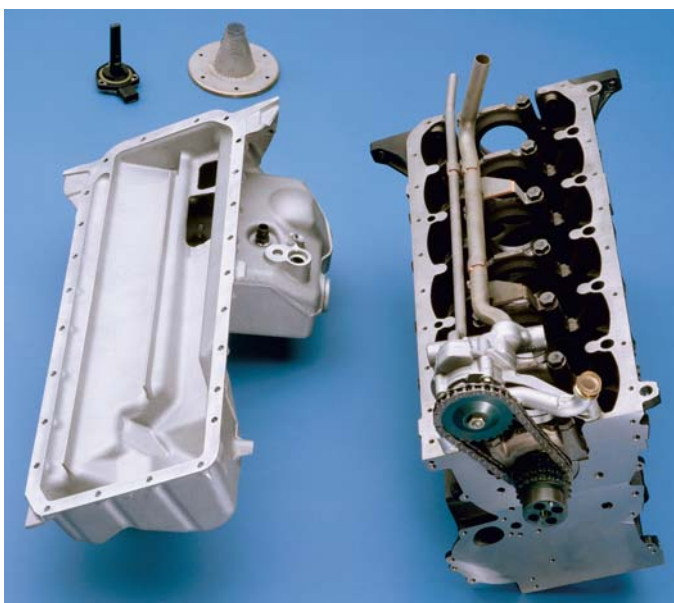
De 470 gram zuigers hebben een zwevende pen met een diameter van 21 mm. De bovenste compressieveer heeft een bolvormig loopvlak en is slechts 1,2 mm hoog, de tweede veer heeft een licht conische vorm (zogenaaemde minutenveer) en is 1,5 mm hoog.



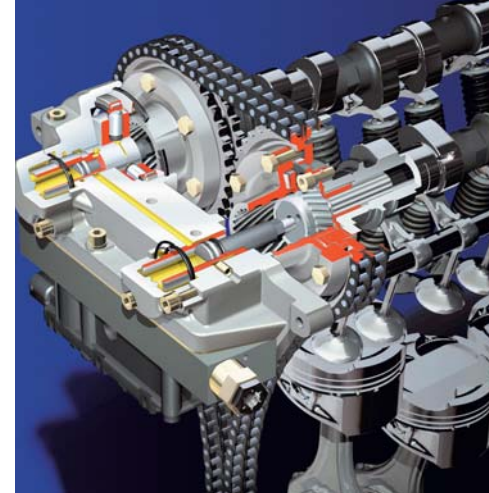
**De nieuwe M3 motor is niet alleen buitengewoon sterk, hij is ook buitengewoon soepel omdat de trekkracht al vanaf 1.000 t/min aanwezig is. Het hoogste toerental is 8.000 t/min.**



**Het complete drijfwerk met het inlaatsysteem met zes gaskleppen. Op de krukas zit vóór een torsietrillingsdemper en achter een hydraulisch gedempt tweemassa vliegwiel.**



**De carterpan met de aanzuigleidingen en de oliepomp. Het lijkt op een 'dry-sump' systeem. Omdat het carter ver naar achteren achter de voorste dwarsdrager is geplaatst, zorgt een apart deel van de oliepomp voor de olietoevoer naar de eigenlijke oliepomp.**



**Dankzij het dubbele VANOS-systeem worden beide nokkassen hydraulisch mechanisch traploos veresteld door ze om hun lengte-as te verdraaien. Het systeem werkt overigens met een eigen hydraulisch systeem met de oliepomp op de uitlaatnokkenas.**

De olieschraapveer bestaat uit één stuk, is 2 mm hoog en heeft een 'expander' dus drukveer aan de binnenkant. De zuigers zorgen voor een compressieverhouding van 11,5:1 en worden door oliesproeiers van onderaf gekoeld.

#### Thermische huishouding

Bij elke motor speelt de thermische huishouding een belangrijke rol. Bij de M3 wordt een oliekoeler toegepast die boven een olietemperatuur van 95°C wordt ingeschakeld. Er is bijzondere aandacht besteed aan het aanzuigen van de olie tijdens het remmen (tot 1,3 g) en nemen van bochten. De oliepomp ligt laag in het blok en wordt door een rollenketting aangedreven. De pomp zelf bestaat uit twee delen, één deel zorgt voor het aanzuigen van de olie en het transport ervan naar de zuigzijde van de drukpomp die de olie naar de motor perst. Het lijkt op een dry-sump systeem. De zuigerkoeling werkt pas boven een oliedruk van 2,5 bar om bij lage toerentallen voldoende oliedruk en oliecirculatie te houden.

Er is een olieniveausensor om het oliepeil te bewaken. Om bij hoge toerentallen schuimvorming van de olie te voorkomen, is er veel aandacht besteed aan de carterventilatie. Omdat de motor 30° gekanteld is naar de uitlaatzijde, kan de olie uit de olie-afscheider op het kleppendecksel via de lage kant van de motor naar het carter terugstromen. Ook via de oliepeilstokbuis wordt er olie teruggevoerd.

De cilinderkop wordt vanuit het motorblok onder de zes uitlaatk-

## Aandrijving van de nieuwe BMW M3

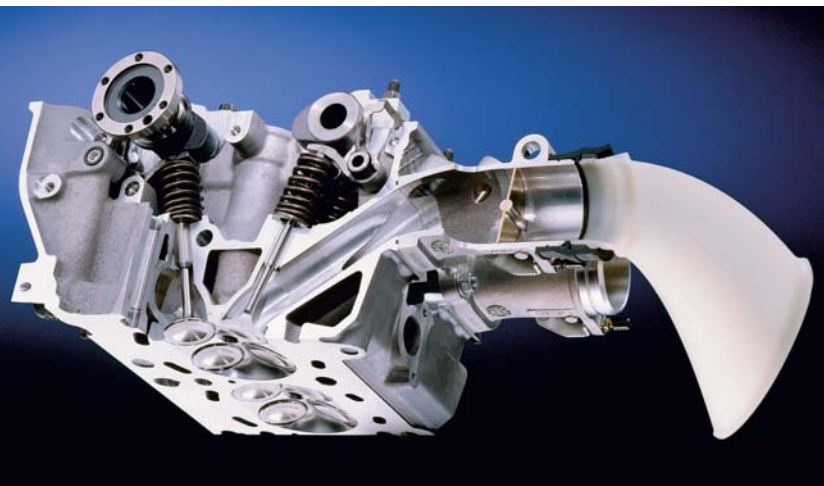
nalen aangestroomd. De koelvloeistof verlaat de cilinderkop via drie kanalen aan de inlaatkant. Er is dus sprake van dwarskoeling die de temperatuurverdeling in de cilinderkop zo gelijkmatig mogelijk houdt. De thermostaat zit op de ingang naar het motorblok vandaar de betrekkelijk lage openingstemperatuur van 80°C. Tel daar maar rustig 10°C bij op als de motor veel vermogen levert en de gebruikelijke waarde wordt bereikt. Het pluspunt van deze regeling is dat er nooit een 'plons' koud water het blok binnenstroomt, de zuigerspeling blijft dus constant.

### High-tech cilinderkop

De geheel nieuw ontworpen cilinderkop is van aluminium silicium



**Het uitlaatgasspruitstuk is een kunstwerk of niet soms? Elke groep van drie cilinders heeft een eigen lambdasensor. Het systeem heeft een 40 procent lagere tegendruk dan het vorige M3 systeem.**



**Een opengezaagde cilinderkop met het inlaatkanaal en de aanzuigkelk. De slepers maken een kleine klephoek mogelijk en dat zorgt weer voor een compacte verbrandingskamer.**

magnesium legering gemaakt en heeft een klepbediening met slepers in plaats van stoterbussen. De twee bovenliggende nokkenassen van speciaal gietijzer zijn ieder zevenmaal gelagerd. De aandrijving vindt plaats met een duplex rollenketting die via een geleider en een spanschoen loopt. In deze spanschoen zijn drie olieboringen aangebracht om de ketting te smeren en te koelen. Een hydraulische kettingspanner aan de bovenkant van de spanschoen houdt de ketting onder alle bedrijfsomstandigheden op de juiste spanning. Ook de bovenloop van de ketting (dus tussen de nokkenassen) is voorzien van een geleider.

De kleplichthoogte bedraagt maximaal 12 mm en de openingshoek is 260°. Beide nokkenassen worden hydraulisch-mechanisch om hun lengte-as verdraaid, de inlaatnokkenas over 60 krukgraden, de uitlaatkokkenas over 45 krukgraden. De Vanosverstelling werkt met 100 bar oliedruk om de verstelling snel te doen plaatsvinden. Dat betekent dat er hoge axiaalcrachten op de nokkenassen en het lagerhuis ontstaan. Het lagerhuis is daarom stevig uitgevoerd als een aluminium smeedstuk. Elke nokkenas is voorzien van een eigen sensor, terwijl de uitlaatkokkenassensensor tevens het Bovenste Dode Punt van de eerste cilinder aangeeft.

De twee inlaatkleppen per cilinder hebben een schoteldiameter van 35 mm, die van de uitlaatkleppen 30,5. Beide hebben een steeldiameter van 6 mm, de uitlaatkleppen zijn met natrium gevuld om de temperatuur van de klepschotel te verlagen. De klephoek van de inlaatkleppen bedraagt 15,5°, die van de uitlaatkleppen 17,5°, dat levert een ingesloten klephoek van 33° op. Er zijn twee progressief gevonden klepveren per klep. De klepstelplaatjes met een diameter van 9 mm liggen in de bovenste veerschotel, dat bespaart heen- en weergaande massa. De per klep gebruikte slepers draaien om een sleeptuimelaaras en worden via opvangboringen met spatolie gesmeerd. De spatolie komt uit de nokkenaslagers die voorzien zijn van een groef die de tijdsduur en de richting van de oliestraal bepaalt. Via de twee holle sleeptuimelaarassen worden de nokkenaslagers van olie voorzien. De klepspeling controleren is om de 40.000 km aan de orde.

### Dubbel VANOS

Met behulp van het VANOS worden beide nokkenassen versteld. Daardoor neemt het koppel in het lage en midden toereengebied toe zonder verlies aan topvermogen. Omdat er vrijwel geen klepoverlap is, draait de motor rustig stationair en met minder onverbrande brandstof (HC) in de uitlaat. Direct na de koude start wordt de 'kleptiming' zodanig afgesteld dat de katalysator sneller opwarmt. Bij deellast beïnvloedt de afstelling het brandstofverbruik en de emissies van schadelijke gassen in gunstige zin. Het systeem werkt met een hogedruk oliepomp met radiaal geplaatste plunjers die door de uitlaatkokkenas wordt aangedreven. Er is een eigen hydraulisch systeem inclusief een drukreservoir dat met stikstof is gevuld. De vier magneetkleppen en de drukregelklep zijn elk voorzien van een fijnfilter.

### Zes gaskleppen

Er is goed naar de Formule 1 gekeken, dat blijkt uit enkele terloopse opmerkingen in de beschikbare documentatie. Zo wordt vermeld dat



**Het uitgekiende verloop van het inlaatkanaal en de posities van de nokkenas, de sleper en de inlaatklep zijn op deze doorsnede uitstekend te zien. Let op de progressief gevonden klepveren.**

de zuigersnelheid bij 8.000 t/min meer dan 24 m/s bedraagt. Een Formule 1 motor draait 18.000 t/min en heeft daarbij een zuigersnelheid van ongeveer 25 m/s. Zo is ook het inlaatsysteem verwant aan dat van de Formule 1 motor. Er zijn zes aparte gaskleppen, één voor iedere cilinder. Dat is bij motorfietsen een gewone zaak, maar bij automotoren is er meestal één soms zijn er twee gasklephuizen.

Het rekenprogramma van de F1 race-afdeling heeft de diameterlengteverhouding van de instroomkelken berekend. De hele opzet is er op gericht om de motor spontaan op bevelen van de rechtervoet te laten reageren. Tussen het gaspedaal en de gaskleppen zit een elektronische bediening die met een servomotor en stangen de gaskleppen bedient. Net als bij meercilinder motorfietsmotoren is het complete gasklep-huis via rubber manchetten aan de cilinderkop bevestigd. Luchtomspoelde ver-

stuivers spuiten de benzine met 5 bar druk in de inlaatkanaalen.

### Afvoer uitlaatgassen

Het in hittebestendig roestvaststaal (RVS) uitgevoerde uitlaatsysteem is van voor tot achter in twee delen

## BMW M3 in cijfers

Gewicht:	.....1.570 kg
Cilinderinhoud:	.....3246 cm <sup>3</sup>
Vermogen:	.....252 kW bij 7.900 t/min
Koppel:	.....365 Nm bij 4.900 t/min
0-100 km/h:	.....5,2 sec
0-1000 meter:	.....24,2 sec
80-120 km/h:	.....5,3 sec
Topsnelheid:	.....250 km/h afgeregeld



De gesmede krukas is ook nog eens genitreed om de weerstand tegen slijtage te verhogen. Let op de ongebruikelijke plaatsing van de contragewichten van de tweede en vijfde cilinder, deze liggen niet in één vlak.

ontsteking en de klopreging. De andere processor zorgt voor de inspuiting, de lambda-regeling, de oneenparigheidsvaststelling, de on-board-diagnose OBD en de tankontluchting.

Het motorkoppel kan via de volgende systemen worden gewijzigd:

- bestuurder(ster), de cruise-control of de stabiliteitsregeling;
- stationaire luchtregeling;
- gasklepstand via de aandrijfregeling;
- nokkenasstanden;
- inspuiting;
- ontsteking.

Via 250 afzonderlijke karakteristieken of kenvelden worden al deze systemen geregeld. Dat is een uiterst complexe zaak die bovendien een grote mate van controle vereist. Vandaar dat de ene processor de andere bewaakt. Neem als voorbeeld de voorontstekingshoek. Die wordt aan de hand van het toerental, de belasting en de motor-temperatuur vastgesteld. Als het motorkoppel snel moet worden veranderd, bijvoorbeeld vanwege een signaal van de aandrijfregeling, dan kan het koppel met maximaal 60 procent

worden verminderd door het ontstekingstijdstip te verlaten.



De nokkenassen hebben lagers tussen elk paar nokken en dat zorgt voor een stijve bediening, dus zonder doorbuiging. Let op de smeroliegroeven in de lagers en in de nokflanken.

Nog een voorbeeld van een complexe regeling: de lucht die naar de motor gaat, komt via het stationairsysteem en via de gaskleppen. Via het eerste systeem wordt hooguit 80 kg lucht per uur aangezogen, via de gaskleppen, schrik niet, 1.000 kg per uur. Afhankelijk van het gevraagde koppel wordt er bij een bepaald toerental gekozen voor een bepaalde verhouding tussen de twee luchttoevoersystemen.

Al deze zaken vragen om een reken capaciteit van 25 miljoen berekeningen per seconde. Wie had jaren geleden gedacht dat de motortechniek zich zo enorm zou verfijnen!

Paul Klaver

Eén van de allerbeste motoren in de wereld. BMW is het aan zijn naam (Bayerische Motoren Werke) verplicht de opgebouwde faam hoog te houden. De nieuwe M3 motor is goed voor 343 pk en een koppel van maar liefst 365 Nm. Een inhaalmeting van 80 naar 120 km/h neemt 5,3 seconden in beslag. De topsnelheid is begrensd op 250 km/h.



De afmetingen van het inlaatkanaal met zes inlaatkelken en zes gaskleppen zijn berekend met hetzelfde rekenprogramma als dat van de Formule 1 motor.

uitgevoerd, voor elke drie cilinders apart. Onderweg zijn er op bepaalde plaatsen 'dwarspijnen' aangebracht om de gaspulsaties en dus het uitlaatgeluid af te stemmen. BMW heeft voor elke zescilinder toepassing een eigen geluidsspectrum ontwikkeld dat

precies is afgestemd op het gebruik. De uitlaatspruitstukken zijn nu met drie in plaats van met vier bouten per cilinder vastgezet. Daarmee wordt een gelijkmatiger aanlegdruk bereikt.

Rekenwonder  
Het BMW MS S54 motormanagement is in principe hetzelfde als dat van de M5 met V8 motor. Er zijn twee indentieke microprocessoren. De ene zorgt voor het vaststellen van de motorbelasting, het e-gas, de stationair toerentalregeling, de

