

**Auto & Motor  
TECHNIEK**

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

## MOTORFIETSEN

BMW S 1000 RR technisch bekeken

Het BMW S 1000 RR supersportkanon in vol ornaat. Er is een gepatenteerde koelluchtgeleiding door de radiator toegepast. Vandaar het grote gat in de linkerkant van de stroomlijn. Rechts zijn 'kieuwen' aangebracht. Voor zitten twee 320 mm remschijven met radiaal geplaatste remklauwen met elk vier zuigers.



**BMW doet aanval op gevestigde orde**

# Gebouwd om te winnen

**BMW durft wat aan: met een 'gewone' dwarse viercilinder de gevestigde orde in het WK Superbike uitdagen. En vervolgens van deze machine een wegvuitvoering op de markt brengen die moet concurreren met de vier Japanse fabrikanten die zo'n sportmotor al jaren produceren. Gekkenwerk? Als we de BMW S 1000 RR nauwkeurig bekijken, blijkt over alles heel goed te zijn nagedacht. Kijk maar mee.**

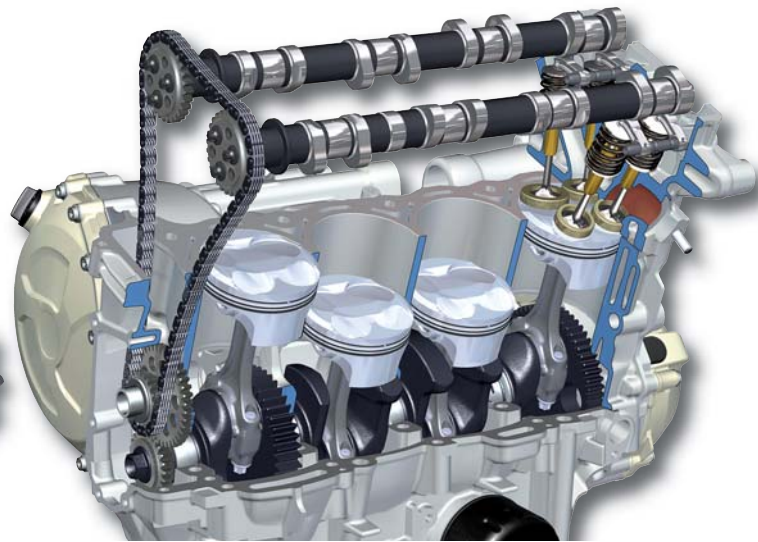
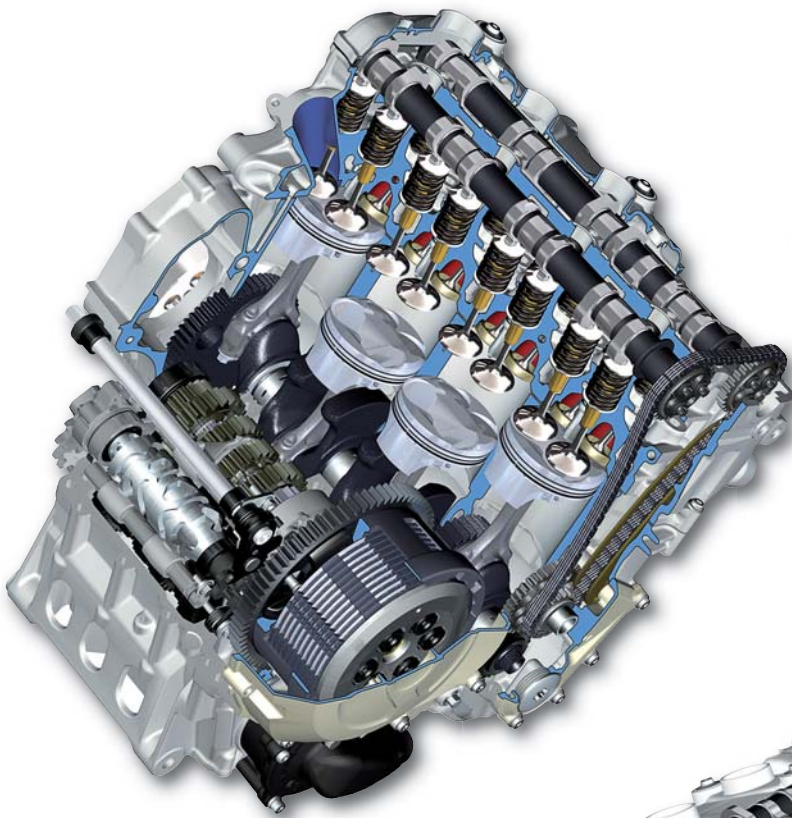
Na vier jaar ontwikkelingstijd toonde BMW begin dit jaar de nieuwe viercilinder die vanaf maart meedraait in het WK Superbike. Twee stuks ervan nog wel. Vanaf december zal de wegvuitvoering leverbaar zijn: de S 1000 RR. Tot die tijd konden we de verrichtingen van Ruben Xaus en Troy Corser gadeslaan. Om met een

splinternieuwe machine mee te doen in de gevestigde orde is al heel wat. Om af en toe dicht bij de koplopers te komen, is een hele prestatie. Vergelijk het maar met een nieuw team in de Formule 1.

Honda, Kawasaki, Suzuki en Yamaha zijn de bekende fabrikanten van viercilinder Super-

sportmotorfietsen. Aprilia en Ducati doen ook nog mee. Zij spelen weliswaar in aantallen niet zo'n grote rol, maar wel als het om het WK Superbike gaat. Al met al gaat het wereldwijd om zo'n 85.000 motorfietsen.

En BMW? Die wil graag 10% van die markt hebben, mede daarom is er voor een soortge-



De krukas draait in dezelfde richting als de wielen, dus 'voorover'. Door de 1 op 2 tandwieloverbrenging en de tandketting draaien beide nokkenassen 'achterover'. Om het blok smal te houden, hebben de cilinders de wanden ertussen gemeenschappelijk.

Het motorblok is zo compact mogelijk gebouwd. De zesversnellingsbak heeft de in- en uitgaande assen boven elkaar. Daardoor wordt de motor kort. Over de krukas gemeten, is het blok slechts 463 mm breed en dat met vier zuigers met een boring van 80 mm.

lijke fiets als die van de 'grote vier' gekozen. Maar ook puur technisch gezien is zo'n 'bekend' concept het beste compromis tussen de vele eisen die er aan een 'Supersportkanon' worden gesteld. Zo'n motor moet allereerst buitengewoon presteren, dat wil zeggen: veel vermogen hebben en weinig wegen. Dan moet hij gemakkelijk en betrouwbaar te rijden zijn, dat wil zeggen: alle benodigde informatie over wat er zich tussen de banden en het wegdek afspeelt direct en duidelijk doorgeven.

Voor veel rijders is ook van belang dat er met zo'n motor kan worden deelgenomen aan races op een circuit. Dat houdt in dat er ook op 'slicks' en in de regen mee gereden kan worden. De vering moet snel en doeltreffend kunnen worden afgesteld en de remwerking moet maximaal zijn. Daarbij is het van groot belang dat het ABS en de ASR of Dynamic Traction Control (DTC) ook onder race-omstandigheden hun diensten bewijzen. Omdat dit soort motoren zo krachtig afremt op de motor, kan het achterwiel (vooral tijdens het terugschakelen) gaan stuiteren. Vandaar het gebruik van een gecontroleerde mate van koppelingsslip onder deze condities.

Al deze voorzieningen vragen om de meest moderne elektronica met bijbehorende, zeer snelle regelsystemen. Dit is juist voor de BMW-technici geen probleem, in de Formule 1 is er ruim voldoende ervaring opgedaan. De beide



Bij de boring van 80 mm bedraagt de slag slechts 49,7 mm om aan 999 cm<sup>3</sup> te komen. Op de linker kruktrap zit een smalle dynamo die 16.000 t/min mag draaien. De 'straatversie' heeft gewoon drie zuigerveren en (afgaande op de afbeeldingen!) slechts één klepveer per titanium klep. De koppeling drijft niet alleen de waterpomp, maar ook de oliepomp aan.

Superbike-coureurs leveren waardevolle input voor het perfectioneren van de machine. Dat betekent dat de straatversie van meet af aan een volwaardige concurrent zal zijn van de grote vier, precies zoals BMW dat wil. Bij de introductie in mei was de S 1000 RR lichter en sterker dan de andere Supersportmotoren.

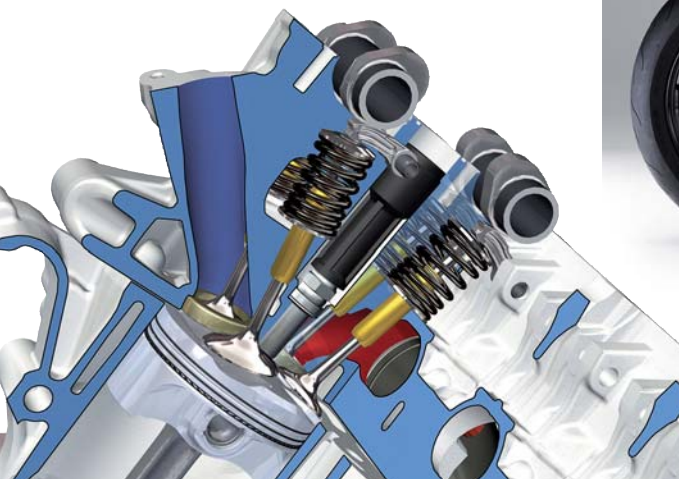
### Hoge toerentallen en grote kleppen

Omdat de cilinderinhoud vastligt op 999 cm<sup>3</sup> blijven er twee manieren over om zoveel mogelijk vermogen uit het blok te halen: verhogen van de gemiddelde effectieve druk en het toerental. Er is geen drukvulling, dus moet de lucht vrijaanzuigend of zelfaanzuigend in de cilinders. Gelukkig zijn er gasdynamische ef-

fecten die meehelpen om tijdens de klep-overlap en vlak voor het sluiten van de inlaatkleppen lucht in de motor te krijgen. De kunst is nu om het uitlaatsysteem daarbij een positieve rol te laten spelen. Dat moet goed gebeuren anders ontstaan er negatieve effecten bij bepaalde toerentallen en trekt de motor in bepaalde toerengebieden niet goed meer. Via het toerental het vermogen op krikken, werkt alleen als de kleppen groot genoeg zijn. Ze moeten lang en ver openstaan om alle lucht door te laten. Voor de straatfiets ligt het hoogste vermogen bij 13.000 t/min en het hoogste koppel bij 9.750 t/min, het bruikbare volgas toerengebied ligt tussen de 8.000 en 14.200 t/min. Er zit overigens heel wat meer in het blok. Wat de grote kleppen betreft, BMW heeft twee

## MOTORFIETSEN

BMW S 1000 RR technisch bekeken



BMW gebruikt lichte slepers tussen de nokken en de kleppen. Een meer of minder sterke kromming van het loopvlak beïnvloedt de kleplichtkromme en daarmee het koppelverloop.

33,5 mm inlaatkleppen en twee 27,2 mm uitlaatkleppen per cilinder toegepast. Om die kwijt te kunnen, heeft de S 1000 RR de grootste boring van alle Supersports: 80 mm. Dat houdt in dat de slag met 49,7 mm de kleinste is en dat verklaart tevens waarom die hoge toerentallen mogelijk zijn. Om met zo'n boring-slagverhouding en een compressieverhouding van 13,0:1 nog een goed gevormde verbrandingskamer te krijgen, is niet eenvoudig. BMW heeft voor een klephoek van 24,5 graden gekozen. Door het toepassen van lichte slepers is het mogelijk de kleppen snel te openen en zijn veranderingen in het koppelverloop door het gebruik van iets anders gevormde slepers mogelijk. De kleppen zelf zijn van een titaniumlegering gemaakt en hebben een 5 mm dikke steel.

Kleine klepstelplaatjes van vezelversterkt aluminium in de bovenste veerschotel maken het afstellen van de speling mogelijk. De nokken draaien pal boven de kleppen zodat de slepers niet op (door)buiging worden belast. Volgens BMW is met deze Formule 1-klepbediening de te bewegen massa van de sleper met 50% gereduceerd ten opzichte van een stoterbus.

Alle slepers wijzen naar achteren omdat beide nokkenassen tegengesteld aan de krukas draaien. Dat komt door de 1:2 tandwieloverbrenging die er bovendien voor zorgt dat de nokkenas-

Er is niet alleen veel ruimte nodig voor het inlaatsysteem, ook de cilinderkop bouwt hoog.

Achter de cilinder is de startmotor geplaatst. De meervoudige natte platenkoppeling wordt rechtstreeks door de krukas aangedreven.



De 'kieuwen' in de stroomlijn horen bij de gepatenteerde koelluchtgeleiding. Achter wordt één 220 mm remschijf gebruikt met een remklauw met één zuiger. De 'upside-down'-voorvork heeft forse 46 mm diameter poten. Voor zit een 120/70 ZR 17, achter een 190/55 ZR 17 band.

tandwielen een kleine diameter hebben en de tandketting kort is. Op deze manier is er een nauwkeurige klepbediening ontstaan en is er ruimtewinst verkregen zowel bij de nokkenassen als bij de krukas.

### Enorme traagheidskrachten

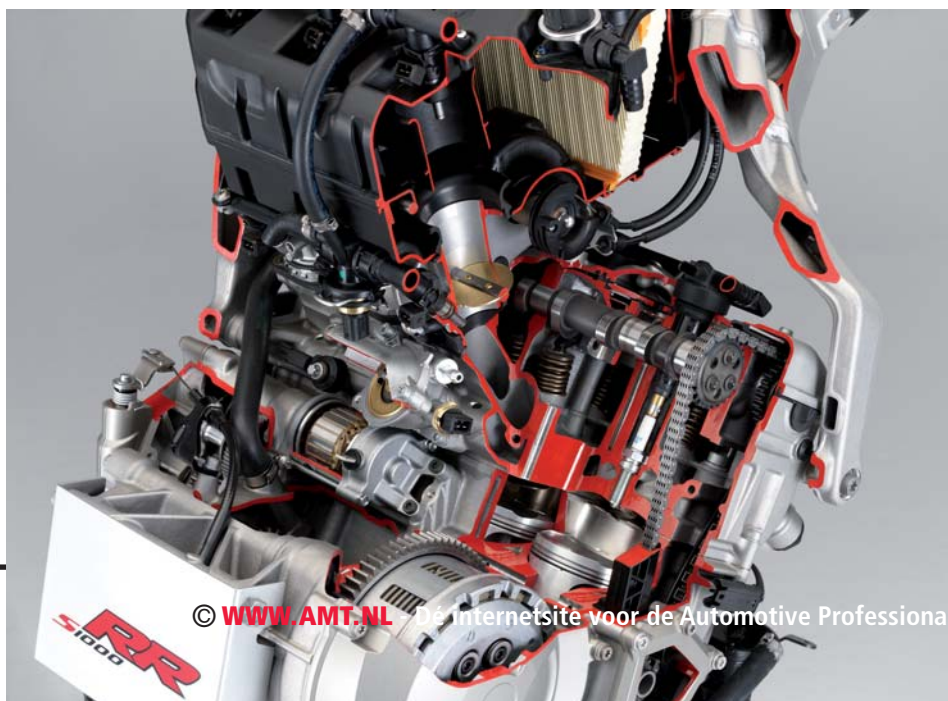
De cilinders hellen 32 graden voorover om genoeg gewicht op het voorwiel te krijgen. Bovendien ontstaat er ruimte om de inlaatkanalen zo gunstig mogelijk te laten verlopen. Het motorblok weegt inclusief de koppeling en de zeskak slechts 59,8 kg. Over de krukas gemeten bedraagt de breedte 463 mm, het blok is 558 mm hoog en zo kort dat er een extra lange achtervork wordt toegepast. Opvallend is dat de gesmede krukas 'normaal' is, dus geen 90 graden verzette krukstappen heeft zoals bij de Yamaha YZF-R1.

De zuigers hebben twee compressieveren en

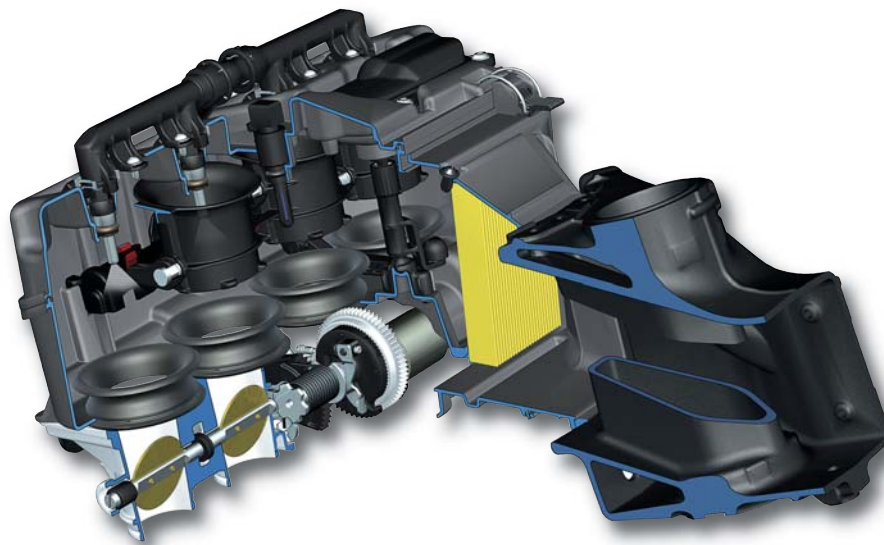
een driedelige olieschraapveer. De zuigerbodem wordt door oliesproeiers gekoeld, vooral onder de beide uitlaatkleppen wordt het materiaal heet. De zuigers bewegen in aluminium cilinders die voorzien zijn van een Nikasil-looplaag. De cilinders vormen één gietstuk met het bovencarter, dat zorgt voor een hoge stijfheid en het bespaart gewicht door het wegvallen van flenzen en bevestigingsbouten. Het ondercarter is een soort deksel omdat niet alleen het drijfwerk, maar ook de transmissie in het bovencarter zijn ondergebracht. Daar treden de grootste krachten op. In het toerengebied waar dit soort motoren draaien, overheersen de traagheidskrachten. Dat zijn de krachten die optreden als de zuigers moeten worden afgeremd of worden versneld bij het naderen of vertrekken vanuit het BDP tijdens de klepoverlap. Bij het toptoerental van 14.200 t/min bedraagt de vertraging 68686 m/s<sup>2</sup>. Dat betekent dat er een vertraging is van 7000 gram, ofwel elke gram weegt 7 kg!

### Goed gesmeerd en gekoeld

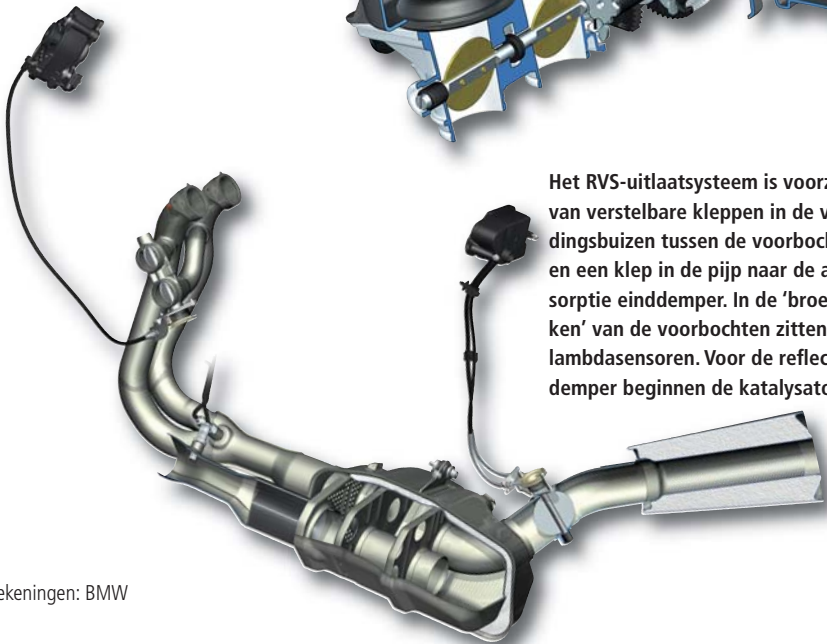
De koppeling zorgt met een enkelvoudige ketting voor de aandrijving van de oliepomp en waterpomp. De smeerolie zit 'gewoon' in het carter, het gaat dus om een 'wet-sump'-smeer-



Het inlaatsysteem heeft een verstelbare lengte om er voor te zorgen dat de cilinders zowel bij lage als bij hoge toerentallen vol met lucht komen te zitten. De lucht wordt om het balhoofd geleid en zonder omwegen via een verticaal geplaatst filterelement naar het huis geleid. Let op de 'douche' en de 'gasklep' verstuivers.



Het RVS-uitlaatsysteem is voorzien van verstelbare kleppen in de verbinding buizen tussen de voorbochten en een klep in de pijp naar de absorptie einddemper. In de 'broekstukken' van de voorbochten zitten de lambdasensoren. Voor de reflectiedemper beginnen de katalysatoren.



Foto's/Tekeningen: BMW

systeem. De Eaton-oliepomp zuigt de olie uit het carter op en perst het naar de te smeren en te koelen onderdelen. Er is een aparte oliekoeler onder de radiator geplaatst, een warmtewisselaar zou voor een te hoge koelvloeistoftemperatuur zorgen. Er is 3,9 liter olie aan boord, inclusief filter. Een oliepeilglas links naast het dynamodeksel maakt het controleren van het oliepeil gemakkelijk. De 2,9 liter koelvloeistof gaat aan de hete uitlaatkant de cilinderkop in door nauwkeurig geplaatste openingen in het gesloten bovendeck van de cilinder. Via een thermostaat aan de inlaatkant van de cilinderkop verlaat de koelvloeistof de motor. De gebogen, trapeziumvormige radiator is zo laag mogelijk voor de motor geplaatst om (net als de oliekoeler) optimaal in de luchtstroom te zitten. Een 'spoiler' zorgt voor de koeling van het uitlaatspruitstuk en het motorcarter.

### Anti-hop-koppeling

Op de linkerkruktap zit de dynamo die bij 6.000 t/min 434 W levert en toch slechts 22 mm breed is. Achter de cilinders ligt een 800 W startmotor.

Een tandwieloverbrenging zorgt voor de aandrijving van de koppeling en wel zodanig dat deze 1,652 keer zo langzaam draait als de krukas. De meervoudige natte platenkoppeling heeft een diameter van 132,4 mm en is voorzien van

een soort vrijlooppkoppeling. Deze werkt alleen bij het afremmen op de motor en wordt ook wel een 'anti-hop'- of 'anti-hopping'-koppeling genoemd. Vooral tijdens het terugschakelen en soms bij abrupt gasdichtdraaien heeft het achterwiel de neiging los te komen van het wegdek. Dat ontardt in een stuiterbeweging, vandaar de bijnaam anti-hop-koppeling.

De zeskak is, zoals we gewend zijn, voorzien van klauwenschakeling. Opvallend zijn de holle stalen schakelwals die in kogellagers draait en de stalen schakelvorken die op drie punten contact maken. Druksmering van alle onderdelen zorgt ook hier voor de nodige warmte-afvoer en smering. Vanaf de uitgaande as, die onder de ingaande as is geplaatst, zorgt een 525 O-ringketting voor de aandrijving van het achterwiel. Net als bij de HP2 Sport is ook de S 1000 RR voorzien van een Gearshift Assistant (zie AMT 2008/11). Tijdens het schakelen worden de ontsteking en de brandstoftoevoer heel even onderbroken opdat de druk op de tandflanken wegvalt en de volgende versnelling razendsnel kan worden ingeschakeld en dat zonder de koppeling te gebruiken.

### Krachtig motormanagement

Het BMW Engine Management is voorzien van een Anti Knock Control, aangeduid met BMS-KP. Het is speciaal ontwikkeld voor deze motorfiets. Het werkt volledig sequentieel, dus op volgorde

van ontsteken en zorgt voor de ontsteking, de inspuiting, de antiklopregeling en het verwerken van de sensorgsignalen. Het systeem is licht en voorzien van zelfdiagnose. De S 1000 RR heeft een bijzonder krachtige computer zodat alle gegevens zeer snel worden verwerkt. Om overschakelen van het ene naar het andere werkpunt schokvrij te laten verlopen, zorgt het systeem voor een gelijk motorkoppel in beide situaties. De hoofdparameter is de aangezogen luchthoeveelheid die door de stand van de gasklep en het motortoerental wordt bepaald. Ook de temperatuur van de motor, de lucht en de omgevingsdruk spelen een grote rol. Op grond van deze informatie wordt het ontstekingstijdstip en de ingespoten hoeveelheid benzine bepaald.

Ook de in twee standen verstelbare inlaatlengte en de verstuivers boven de aanzuigkeel en bij de gasklep hebben invloed op het geleverde vermogen. Afhankelijk van het toerental en het daarbij gevraagde vermogen werken er één of twee verstuivers per cilinder. De brandstofdruk is variabel tussen 3 en 5 bar om de gevraagde hoeveelheid brandstof heel nauwkeurig te kunnen leveren. Er is geen retourleiding van de verstuivers naar de tank.

Alsof dit nog niet genoeg is, is er ook nog een complete emissieregeling met twee lambdasensoren en twee geregelde driewegkatalysatoren toegepast. De vier 48 mm gaskleppen worden door een stelmotor bediend. Het gaat om een 'ride-by-wire'-systeem, ook wel E-gas genoemd. Op deze manier is de koude start geen probleem, evenmin als het opwarmen. Bovendien is er een 'traction control'-regeling die uiteraard gebruik maakt van de elektrisch verstelbare gaskleppen. Uit veiligheidsoverwegingen is er een kabelverbinding die ervoor zorgt dat de gaskleppen altijd met de hand gesloten kunnen worden.

### Geraffineerd inlaat- en uitlaatsysteem

Omdat er bij plotseling gasgeven veel lucht nodig is, heeft het luchtfilterhuis een volume van 7,9 liter dus bijna acht keer de cilinderinhoud. Daardoor wordt voorkomen dat de druk in het filterhuis te ver daalt en de motor zich

## MOTORFIETSEN

BMW S 1000 RR technisch bekeken

'verslikt'. De stuwdruk ('ram-air') zorgt er bij 250 km/uur voor dat 4 kW extra vermogen ontstaat door een overdruk van 30 mbar. Voor het motormanagement is er veel te regelen, want de stuwdruk varieert met het kwadraat van de rijsnelheid en varieert met tegenwind of 'slipstreaming'.

BMW gebruikte RVS als materiaal voor de voor-demper. De vier voorbochten worden twee aan twee (1 en 2 en 3 en 4) samengevoegd in twee 'broekstukken' die elk aansluiten op een metaal-katalysator. De geluiddemping komt tot stand met behulp van reflectie in drie kamers. De hoge tonen worden vervolgens gedempt door absorptie in de korte dikke einddemper. De unieke verbindingsbuizen met klep tussen de cilinders 1 en 4 en 2 en 3 zijn al ter sprake gekomen. Om aan de geluidseisen te kunnen voldoen, is voor de einddemper een elektrisch bediende klep geplaatst net zoals Yamaha dat doet.

### Vermogensregeling per knop

Op de rechter stuurhelft zit een knop die in vier standen gezet kan worden: Rain, Sport, Race en Slick. De Rain-stand beperkt het vermogen tot 110 kW en zorgt voor een soepele reactie op gasgeven. Bij de overige drie standen is het volle vermogen van 142 kW beschikbaar, maar is de respons op gasgeven steeds een stapje feller. De Slick-stand mag alleen worden gebruikt als er profielloze racebanden met veel grip gemonteerd zijn. Er wordt daarbij van uit gegaan dat

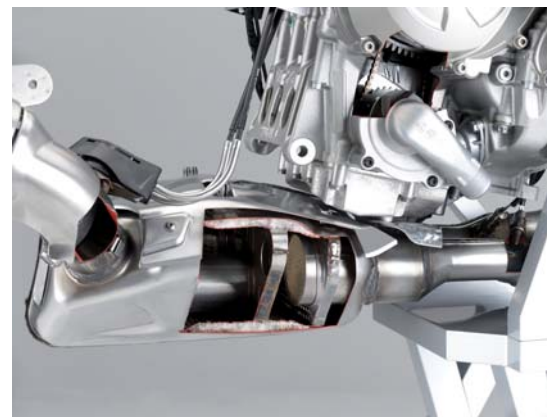
Het aluminium brugframe bestaat uit vier gietstukken met het motorblok als een meedragend verbindingdeel. De ketting loopt met de bovenloop door de achternok heen. Zowel de scharnierpunten aan het frame als de bevestiging van het wiel zijn verstelbaar.



Tussen de uitlaatbochten van cilinders 1 en 4 en 2 en 3 zijn verbindingspijpen geplaatst. In beide verbindingspijpen zit een vlinderklep die met een stelmotor wordt bediend. Het gaat om een 'gewone' vier in lijn, dus vonken de genoemde cilinderparen om de 360 krukgraden. De daarbij optredende gasdrukwisselingen worden gebruikt om het koppelpelverloop gunstig te beïnvloeden.

het achterwiel ook in zijwaartse richting drift als er fors wordt gasgegeven. Vandaar dat de Dynamic Traction Control pas werkt als de zijwaartse hoek groter dan 200 graden is, dat wil zeggen dat het achterwiel meer dan 20 graden uitbreekt. Wheelies zijn gedurende 5 seconden mogelijk zolang de drifthoek kleiner is dan 20 graden. Bij het uitkomen van de bocht accelereert zo'n motor zo sterk dat het voorwiel loskomt terwijl het achterwiel nog glijdt.

Hellingshoeken tot 60 graden ten opzichte van de verticaal zijn mogelijk, zonder met iets de grond te raken. In de Slick-stand worden het ABS en de DTC anders ingesteld omdat er geen lage wrijvingscoëfficiënt te verwachten is. Als er toch slip optreedt, wordt de ontsteking later gezet en gaan de gaskleppen iets dicht. Een



De middendemper heeft twee metaal-katalysatoren aan de ingang. Daarboven zit de waterpomp die vanaf de koppeling met een ketting wordt aangedreven.



Door de bijzondere plaatsing van de midden- en einddemper zijn grote hellingshoeken (tot 60 graden!) mogelijk zonder harde delen aan de grond te rijden. De imposante band zal best moeite hebben de 142 kW op het wegdek over te brengen, vandaar het Dynamic Traction Control en Race-ABS.

'Side-Angle'-sensor stelt de hellingshoek vast, want het regelsysteem moet ook in een bocht werken. De (zeer) ervaren rijder kan desgewenst zowel het ABS als de DTC uitschakelen. De Slick-stand moet op een speciale manier worden geactiveerd, de overige drie standen kunnen tijdens het rijden worden ingesteld.

### Vliegende start

Om een 'launch-control' ofwel race-start goed te kunnen uitvoeren is een signaallampje aangebracht. Onder de 9.000 t/min knippert het niet, rond 9.000 knippert het en boven de 9.000 brandt het continu. Het is de bedoeling de koppeling los te laten met een knipperend lampje en meteen volgas te geven. De elektronica regelt de rest. Na 2,9 seconden wordt de 100 km/uur bereikt, na 17,9 seconden is er één kilometer afgelegd en rijdt de motorfiets meer dan 280 km/uur. Er is terecht sprake van een 'launch control', een 'geregelde lancering'. Het vermogen en koppel van de BMW S 1000 RR is uitzonderlijk hoog voor een motorfiets met kenteken. Het gaat om 142 kW, oftewel 193 pk! Het maximale koppel van 112 Nm komt overeen met een gemiddelde effectieve druk van 14,1 bar! Geen wonder dat er elektronisch op een nat wegdek een fikse beperking kan worden ingesteld. Zo kom je vol adrenaline toch veilig thuis.

Paul Klaver

