

**Auto & Motor  
TECHNIEK**

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

# BMW boxermotor compleet nieuw ontworpen

# Boxer herboren

**BMW bouwt sinds 1980 een speciale uitvoering van het tachtig jaar oude boxerconcept: een motor die zowel in het terrein als op de weg te gebruiken is. Deze GS-uitvoering is dermate succesvol dat er een geheel vernieuwde versie werd ontwikkeld. Hightech tot in het fijnste detail, met dankbaar gebruik van moderne autotechniek.**



Door de slag van 70,5 mm naar 73 mm te vergroten, bij dezelfde boringmaat van 101 mm, nam de cilinderinhoud van 1130 cm<sup>3</sup> toe tot 1170 cm<sup>3</sup>. Het vermogen is van 62,5 naar maar liefst 74 kW gegaan en het koppel van 98 naar 115 Nm. De bijbehorende toerentallen zijn 7000 t/min en 5500 t/min. Kijken we naar de gemiddelde effectieve druk, als maat voor de ademhaling en wrijvingsverliezen, dan is deze toegenomen van 10,9 naar 12,4 bar. Dat is een stijging van 11,4%, die aantoont dat alle getroffen maatregelen hun effect hebben gehad. Om te beginnen is de compressieverhouding van 10,3 naar 11,0 gestegen en dat terwijl er nog steeds Eurosuper met 95 RON getankt mag worden. Er zitten twee inlaatkleppen van ruim 36 mm in, voorheen was dat 34 mm, die hebben een 1,12 maal zo groot doorlaatoppervlak. Ziedaar, we hebben al aardig de verklaring voor de forse ademhalingsverbetering gevonden. De grotere inlaatkleppen wegen overigens niet meer omdat de klepstelen tot 6 mm gereduceerd zijn.

Als we bedenken dat de enorme zuigers 7000 maal per minuut heen en weer gaan, dringt het door dat het drijfwerk best hoog belast is. De gemiddelde zuigersnelheid ligt met 17,0 m/s al op een aardig hoge waarde, de gecorrigeerde waarde die een maat is voor de mechanische belasting (dus ook voor de levensduur) komt op 20,0 m/s.



De nieuwe BMW R1200GS met gietwiel. Opvallend is de stand van de cilinderkop, die zorgt voor een goed verloop van het inlaatkanaal.

De grondspeling is groot, ook onder het cardan. In het mulle zand graaft zo'n motor zich diep in. Let op het bijzondere achterspatbord. Dit is de uitvoering met spaakwielen.

## Thermisch gezond

Om verbrandingsproblemen zoals detoneren te vermijden, heeft BMW een klopsensor per cilinder toegepast. Het hele motormanagement is trouwens dubbel uitgevoerd, daarover straks meer. Bovendien zijn de 31 mm uitlaatkleppen (waren 29 mm) nu met natrium gevuld. Dat metaal smelt zodra het warm wordt en klotst in de holle steel en de klepschotel op en neer. Daarbij wordt de warmte gelijkmatig verdeeld en beter via de klepsteel en de geleider afgevoerd dan bij een massieve klep. De klepzittingen worden door middel van olie gekoeld om te

hoge materiaalspanningen te voorkomen. Olie voert warmte beter af dan lucht, maar niet zo goed als water. De olietemperatuur wordt door middel van een thermostatisch geregelde oliekoeler in de hand gehouden. Dankzij deze maatregelen is de 'dikke' motor thermisch gezond, zelfs als hij bij lage snelheden in het mulle Sahara-zand dienstdoet. Wat verder nog meehelpt om het vermogensverlies te beperken, is een speciale carterontluchting. Dankzij een forse membraanklep wordt voorkomen dat de twee zuigers de carterdamp flink samenpersen, ze bewegen immers tegelij-

kertijd naar binnen. Bovendien treedt er minder schuimvorming op en neemt het olieverbruik af. Er gebeurt nogal wat als zo'n boxer 7000 t/min draait en een klein en vol carter heeft.

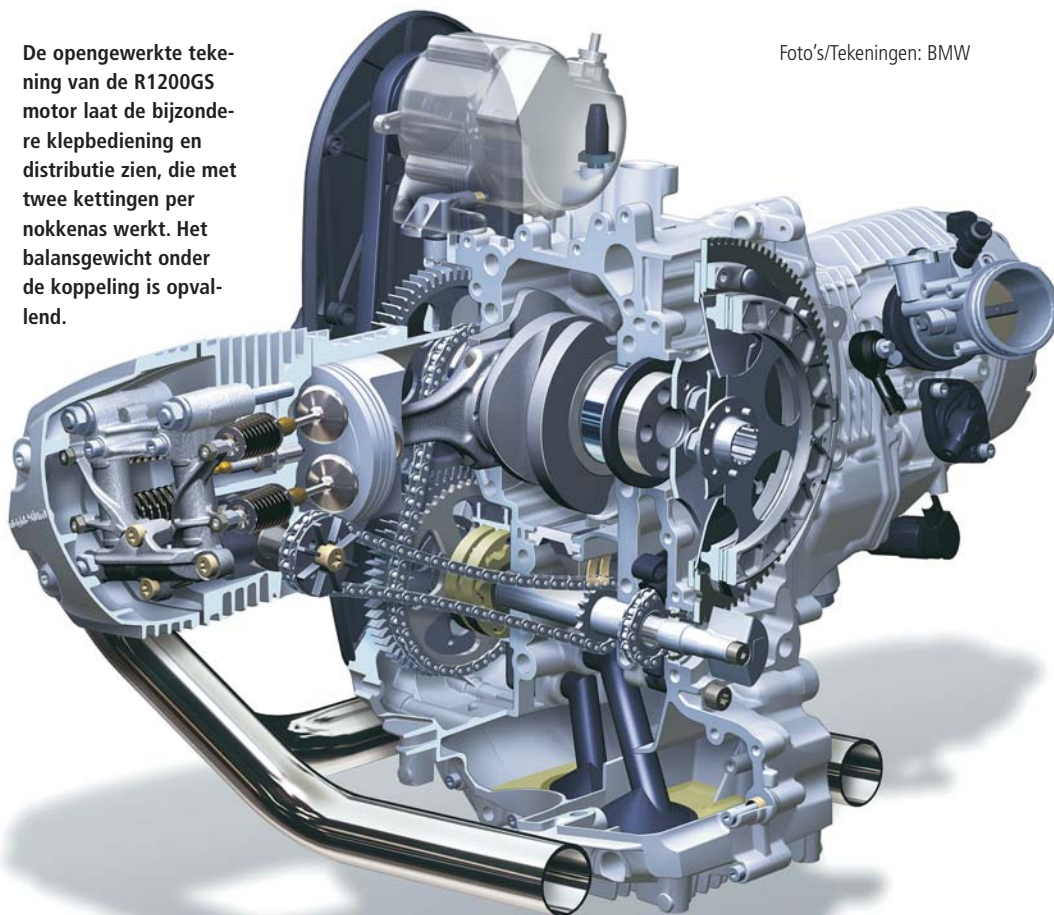
De cilinderkoppen met de karakteristieke klepbediening zijn dezelfde gebleven, want zelfs als racemotor voldoet de boxer goed. Net als de overige onderdelen zijn de koppen door middel van computerberekeningen en dankzij verbeterde giettechnieken 15% lichter geworden. Het voordeel van deze ongebruikelijke klepbediening is dat de motor niet breder bouwt dan een stoterstangmachine terwijl de te bewegen massa's in de kleppentrein aanzienlijk zijn afgenomen. Het kleppenstellen is net zo simpel als bij de stoterstangmotoren en er is uitstekend bij te komen.

### Ongewone balancering

De krukas is 1 kg lichter dan voorheen omdat de contragewichten smaller zijn. Dat is mogelijk omdat er nu kleine hulpcontragewichten zijn geplaatst in het tandwiel en in het vlieg-wiel. De zuigers wegen nu 410 gram per stuk, dat is 10 gram minder dan die van de R1150GS. Hoewel de balancering van een boxermotor wat de primaire en secundaire traagheidskrachten betreft, perfect is, blijven er kantelmomenten over. De niet in één vlak liggende drijfstanden proberen de krukas en daarmee het motorblok en dus de hele motorfiets een diabolobeweging te laten maken. De trillingen die daardoor ontstaan, zijn onaangenaam voor handen, voeten

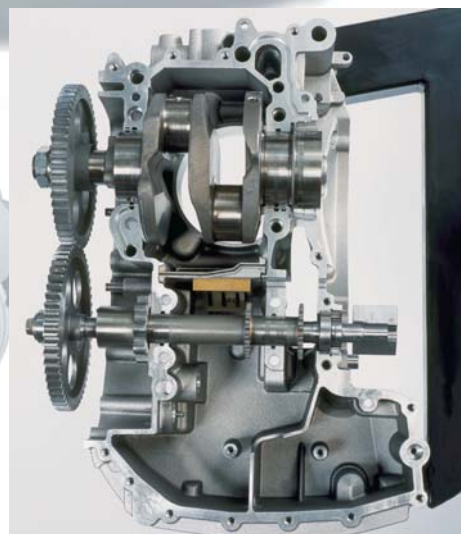
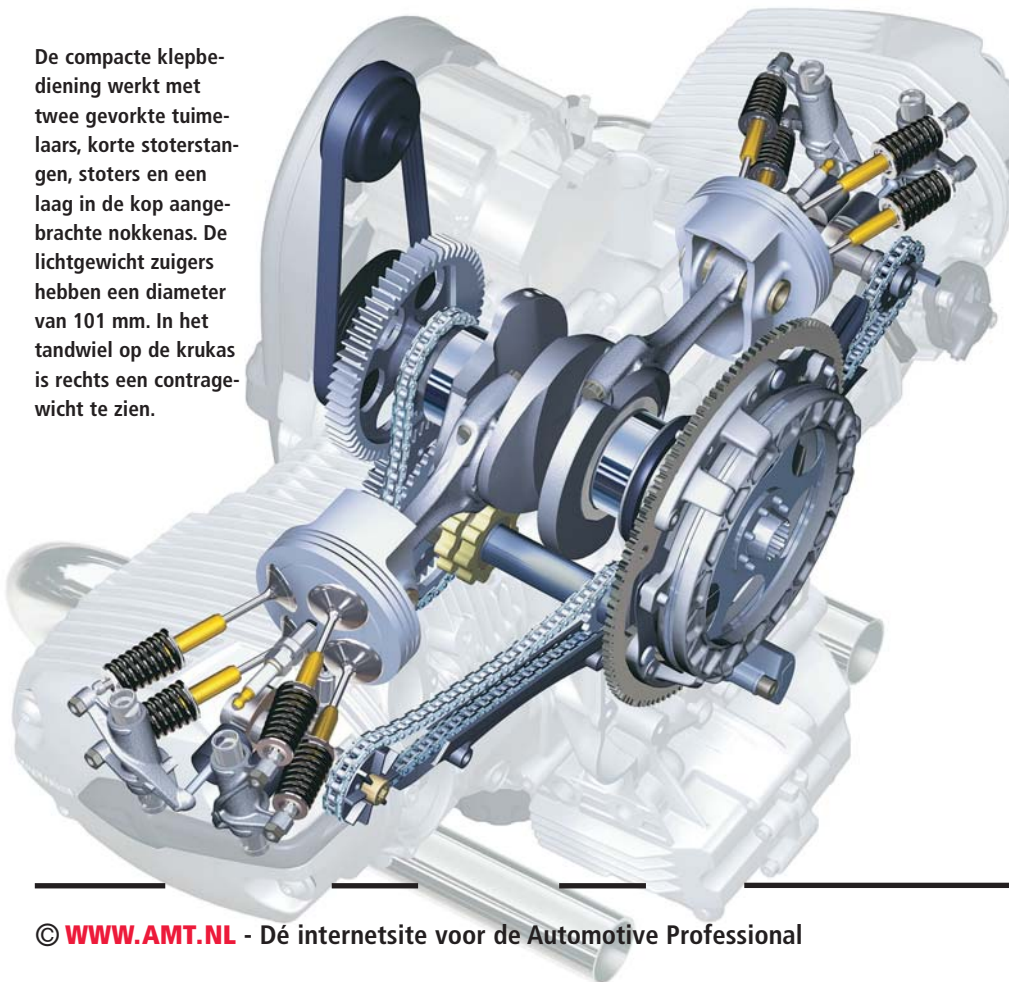
De opengewerkte tekening van de R1200GS motor laat de bijzondere klepbediening en distributie zien, die met twee kettingen per nokkenas werkt. Het balansgewicht onder de koppeling is opvallend.

Foto's/Tekeningen: BMW



en het zitvlak. Wat heeft BMW nu gedaan? Ze hebben een balansas toegepast die net zo snel als, maar tegengesteld aan de krukas draait. Daardoor worden vrijwel alle trillingen opgehe-

De compacte klepbediening werkt met twee gevorkte tuimelaars, korte stoterstangen, stoters en een laag in de kop aangebrachte nokkenas. De lichtgewicht zuigers hebben een diameter van 101 mm. In het tandwiel op de krukas is rechts een contragewicht te zien.



In de hulpas die de oliepomp en de twee nokkettingen aandrijft, zit de balansas. De tandwielen drijven de balansas aan, de hulpas wordt door een niet afgebeelde rollenketting 1:2 aangedreven. Let op het balansgewicht in het koppelingshuis.

ven. De vraag is: waar plaats je de balansas? Heel origineel: binnin de hulpas! De hulpas draait met het halve krukastoerental om de kettingen naar de nokkenassen zo licht mogelijk te houden. De balansas draait in naaldlagers en er zitten twee balansgewichten op. Eén ervan zit in het tandwiel dat vanaf de krukas wordt

## MOTORFIETSEN

Techniek BMW R1200GS

aangedreven, het andere balansgewicht draait in het koppelingshuis! Al met al een vernuftige en effectieve constructie.

Op de krukas zit ook de koppeling die niet in de olie, maar in de buitenlucht draait. De enkelvoudige droge platenkoppeling heeft een diameter van 180 mm, dat is 15 mm meer dan voorheen. Alle onderdelen ervan zijn apart gebalanceerd. Aan het andere, vrije eind van de krukas zitten het kettingwiel voor de hulpas, het tandwiel voor de balansas en de poelie voor de V-snaar naar de dynamo.

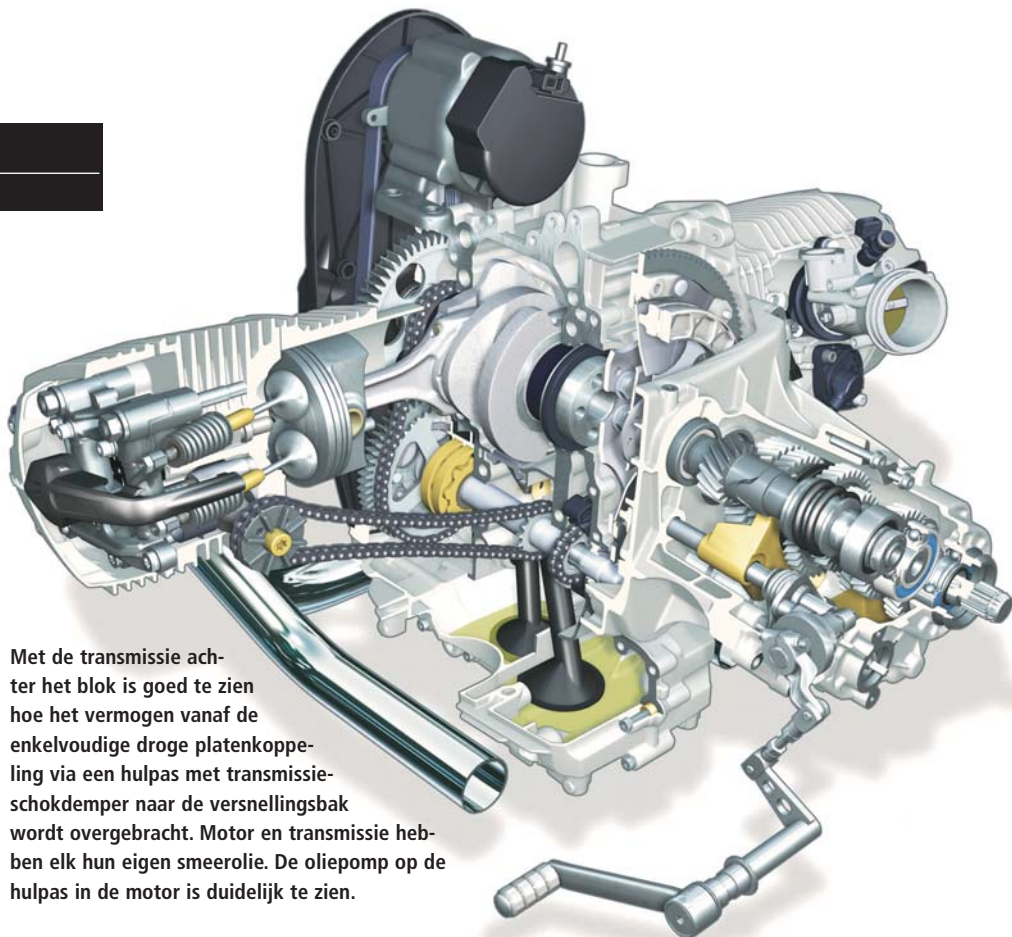
Al met al een forse gewichtstoename, zou je zeggen. Maar door op elke gram te letten, is de grotere motor toch 3 kg lichter dan de kleinere uitvoering. Het feit dat het motorblok zelf 1,4 kg gewicht kwijt is, helpt uiteraard flink mee. Deze vermindering is het gevolg van geringere wanddiktes en een optimale giettechniek.

### Verbeterde transmissie

BMW houdt vast aan een 'losse' versnellingsbak. In een motor hoort motorolie, in een transmissie versnellingsbakolie. Bovendien heeft de motor voornamelijk glijlagers, de bak wentellagers. Slijtage van de tandwielen in de bak zorgen voor hard slijpsel dat ver weg moet blijven van de motor. De nieuwe 'zesbak' heeft vaste dus niet axiaal verschuifbare tandwielen met schuine tanden. Daardoor kunnen de tandwielen smaller en dus lichter worden uitgevoerd want er zijn altijd minstens twee tanden in aan-grijping.

De klauwenbak wordt geschakeld door middel van een aluminium schakelwals, schakelvorken en schakelmoffen. Die verbinden de op naaldlagers draaiende tandwielen met de assen. De drie assen en de schakelwals draaien in afgedichte kogellagers om alle slijpsel weg te hou-

Het motorblok vormt het dragende middenstuk waar de twee hulpframes aan zijn bevestigd. De Telelever-voorwielophanging en de Paralever-achterwielophanging zijn opmerkelijke constructiedetails die uniek zijn in de motorfietswereld.



Met de transmissie achter het blok is goed te zien hoe het vermogen vanaf de enkelvoudige droge platenkoppeling via een hulpas met transmissieschokdemper naar de versnellingsbak wordt overgebracht. Motor en transmissie hebben elk hun eigen smeerolie. De oliepomp op de hulpas in de motor is duidelijk te zien.

den van het inwendige. De koppeling drijft de ingaande as met een transmissieschokdemper aan. De ingaande as zorgt voor een primaire overbrengingsverhouding van 1,823:1 opdat de versnellingsbakassen lang niet zo snel draaien als de krukas.

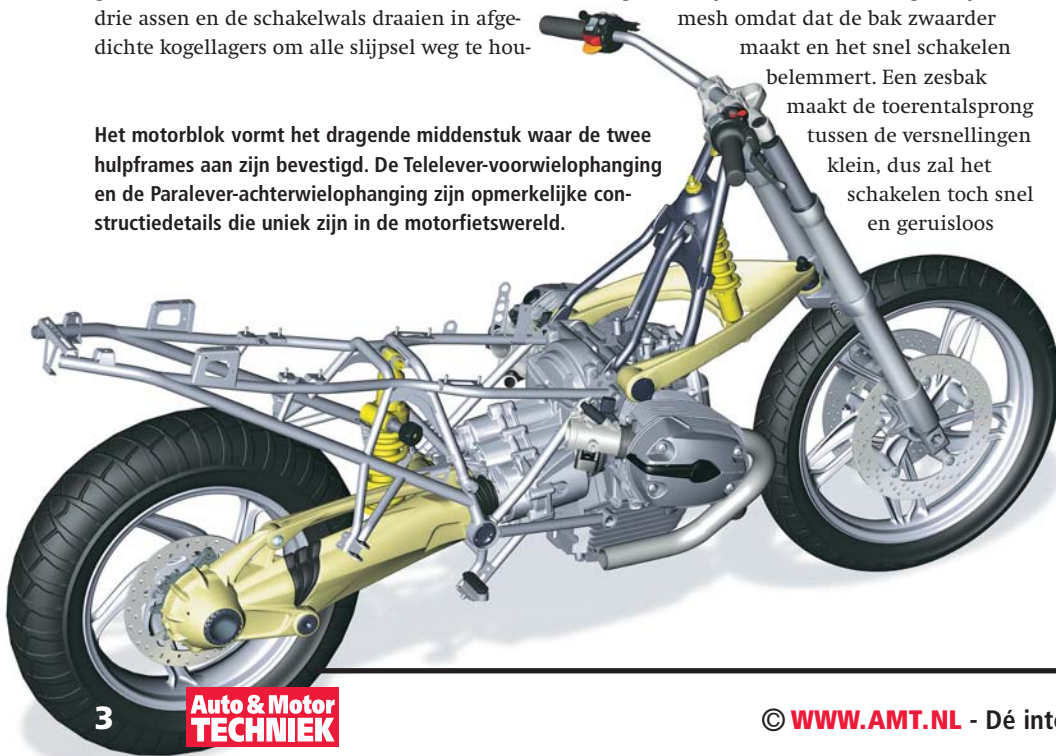
De koppelingsplaat vormt tijdens het schakelen altijd een probleem omdat hij werkt als vlieg-wiel. Elk vliegwiel laat zich moeilijk van toeren-tal veranderen. Als er synchromesh is, zoals bij autobakken, zorgt die ervoor dat de plaat plus bijbehorende tandwielen snel van toeren wij-

ziget. Er is bij een motorfietsbak geen synchro-mesh omdat dat de bak zwaarder maakt en het snel schakelen belemmert. Een zesbak maakt de toerentalsprong tussen de versnellingen klein, dus zal het schakelen toch snel en geruisloos



De nieuwe zesversnellingsbak heeft schuine ver-tanding om het geluid te verminderen en de belasting over minstens twee in aangrijping zijnde tanden te verdelen. Linksboven de ingaande as met de veerbelaste transmissieschokdemper. Let op de schakelmoffen en de afgedichte lagers.

kunnen plaatsvinden. Alle overbrengingen zijn indirect, de vierde is met 1,033 bijna 1:1, vijf en zes zijn 'overdrives'. Dat wil zeggen dat de uit-gaande as van de bak sneller draait dan de tus-senas die door de ingaande as wordt aangedre-ven. Ten opzichte van de krukas is er ook in zes nog altijd sprake van een vertraging van  $1,823 \times 0,805 = 1,47:1$ . De complete bak is maar liefst 13 kg lichter dan voorheen en heeft een speciale olie die om de 40.000 km moet worden ververst.



## Cardanas zonder schuifstuk

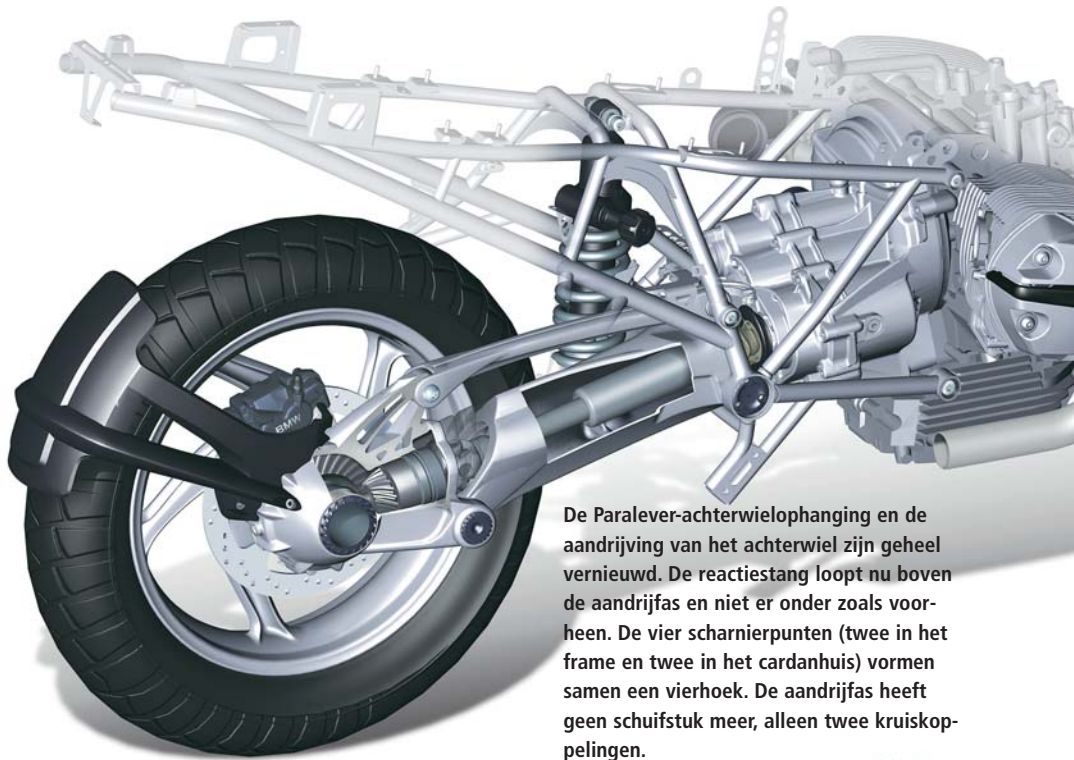
Vanaf de uitgaande as loopt er een aandrijfas naar de eindoverbrenging in het achterwiel. Omdat er in deze as twee kruiskoppelingen zitten, wordt de as ook wel cardanas genoemd. De eerste kruiskoppeling achter de bak valt samen met de hartlijn van de as waarom de achtervork scharniert, de tweede koppeling valt samen met de scharnierlijn van het huis waar de eindoverbrenging (het cardanhuis) in zit. Het is daarom niet nodig dat er een schuifstuk in de aandrijfas zit, zodat er weer gewicht en een probleem minder is.

Al tachtig jaar heeft de boxer-BMW een cardanas omdat dat de logische verbinding is tussen een in lengterichting geplaatste krukas en het achterwiel. Bovendien is de aandrijving op olieversen na onderhoudsvrij. De eindoverbrenging met pignon en kroonwiel is echter zwaarder dan een ketting en kettingwiel. Bovendien behoort het gewicht ervan tot de onafgeveerde massa en dat betekent dat het wiel moeite heeft de oneffenheden van het wegdek te volgen. BMW heeft kans gezien de complete constructie 10% lichter te maken door het huis optimaal vorm te geven, het kroonwiel lichter te maken, de wielflens in aluminium uit te voeren en de achteras te voorzien van een gat van 50 mm. Bovendien zit de ABS-sensor nu op het kroonwiel zodat de krans aan de buitenkant is vervallen. Terug naar de eindoverbrenging: mede dankzij de betere warmteafvoer via de holle as en een speciale olie is olieversen niet meer nodig.

## Ongebruikelijke wielophanging

Sinds 1988 gebruikt BMW de zogenoemde Paralever-achterwielophanging. Daarbij is het cardanhuis voorzien van een reactiestang die ervoor zorgt dat het huis een beweging uitvoert alsof het aan een lange achtervork vastzit. Daardoor worden de aandrijfreacties van de haakse overbrenging sterk verminderd. Bij gasgeven wil de achterkant van de motorfiets omhoog en omgekeerd gaat de achterkant omlaag bij gasloslaten of remmen. Nu heeft BMW de reactiestang aan de bovenkant geplaatst en de vier scharnierpunten vrijwel op de hoeken van een parallellogram geplaatst. Er is een grotere stijfheid in de eenzijdige ophanging gebracht door de lagers van de achtervork in het frame en niet meer in de bak onder te brengen.

De Paralever-constructie zorgt voor kleinere trekkrachtverschillen dus meer grip, omdat het veerelement geen reactiekrachten hoeft op te nemen. Vooral bij volgas rijden over ruw terrein is dat een groot voordeel van het systeem. Het veerelement is aan de bovenkant bevestigd in het achterframe dat op vijf plaatsen aan het motorblok is vastgezet. Het gaat om een vakwerkframe van dunne buizen van hoogwaardig staal waarvan de diameter en de wanddikte nauwkeurig zijn uitgekend.



De Paralever-achterwielophanging en de aandrijving van het achterwiel zijn geheel vernieuwd. De reactiestang loopt nu boven de aandrijfas en niet er onder zoals vroeger. De vier scharnierpunten (twee in het frame en twee in het cardanhuis) vormen samen een vierhoek. De aandrijfas heeft geen schuifstuk meer, alleen twee kruiskoppelingen.

De Telelever-voorwielophanging is op vier plaatsen aan het motorblok vastgezet. De in aluminium uitgevoerde draagarm vormt ook de onderste bevestiging van het veerelement. Het hulpframe loopt naar boven uit in een stuurkogel. De telescoopvork zorgt alleen voor de geleiding van het wiel.

Het voorwiel is sinds 1993 opgenomen in een Telelever-constructie. Daarbij zorgt de telescoop voor de rechtgeleiding en een driehoekige draagarm met veerelement voor de vering en demping. De draagarm heeft een onderste stuurkogel, de bovenste stuurkogel zit aan het uiteinde van het voorframe. Het voorframe is op vier plaatsen vastgezet aan het motorblok, twee van deze punten zitten vlakbij de scharnierpunten van de draagarm.

Het nieuwe frame is van hoogwaardig staal en is stijver en lichter dan het vorige frame van aluminium. Omdat de lagers van de telescoop-



Het cardanhuis is zo klein en licht mogelijk geconstrueerd. De 50 mm holle achteras is opvallend evenals de stevige scharnierpunten van het huis. Aan de bovenkant is de reactiestang bevestigd.

vork ver uiteen liggen, is er vrijwel geen 'stick-slip' dus beweegt het wiel gemakkelijk over oneffenheden. Tijdens het remmen duikt de motorfiets maar weinig omdat de draagarm de remreactiekracht opneemt. De voorvork is voor de levensduur met olie gevuld en ook de stuurkogels zijn onderhoudsvrij.

De draagarm is een lichtgewichtconstructie en uitgevoerd in een aluminiumlegering. Hoever BMW is gegaan bij het besparen van gewicht blijkt uit de wijze waarop de remvloeistof naar de beide remklauwen wordt verdeeld: er is in de vorkbrug een boring aangebracht. Dat spaart een uitwendig verdeelstuk. Om de stijfheid van de vorkpoten te verhogen, is de diameter van de binnenpoten van 35 naar 41 mm gebracht. De nalooop bedraagt 110 mm, dat is 5

# MOTORFIETSEN

Techniek BMW R1200GS

mm minder dan voorheen, om het sturen directer te maken.

## Vering en remmen

Sinds 2002 gebruikt BMW een achterschokdemper met een demping die afhankelijk is van de veerweg, Travel Dependent Damping (TDD) genoemd. Er is dus een lichte demping over kleine oneffenheden en een zwaardere over grote hobbels en kuilen. De uitgaande demping is met de hand ook nog instelbaar.

Remmen doet de 225 kg zware motorfiets met behulp van twee 305 mm remschijven voor en één 265 mm remschijf achter. Een ABS is leverbaar, het is in het terrein uitschakelbaar om de voetrem achter apart te kunnen gebruiken. Het BMW Integral ABS werkt met de hand op alle remmen.

## Koppelgebaseerd management

Het BMW Engine Management System (BMS-K) vervangt het Bosch Motronic systeem. Beide cilinders zijn voorzien van een eigen regelsysteem, slechts de nokkenstandsensoren zit alleen op de rechter cilinder. Er is per cilinder een klopsensor toegepast om de heet draaiende, hoog gecomprimeerde motor te vrijwaren van detoneren. Dat verschijnsel heet ook wel pingelen of kloppen en kan bij hoge toerentallen in onderdelen van een seconde een zuiger verwoesten.

Het uit de Formule1-techniek overgenomen systeem heeft een snelle dataprocessor die allerlei gegevens van sensoren verwerkt tot signalen naar de inspuiting- en ontstekingsregeleenheid. De inspuiting en ontsteking zijn sequentieel, dat

Het instrumentenpaneel is volledig elektronisch en weegt weinig. Het conisch verloop van het stuur valt op, dat bespaart gewicht en zorgt toch voor de nodige stijfheid en sterkte.

wil zeggen opeenvolgend. Via de gasklephoek en het toerental wordt bij elke cilinder apart nagegaan hoeveel lucht er binnenkomt, uiteraard worden ook de temperatuur en de druk van de lucht gemeten. BMW noemt het een koppelgebaseerd management dat wil zeggen dat de oneenparigheid of ongelijkmatigheid van het motorkoppel als maatstaf dient. Elke cilinder heeft een eigen lambdasensor die als sprongsensor bij  $\lambda=1$  aangeeft of het mengsel rijk of arm staat. Het resultaat is dat de cilinders vrijwel hetzelfde vermogen leveren, de motor loopt dus mooi rond, neemt beter op en produceert minder schadelijke uitlaatgasen. De koude start en het opwarmen worden via een omloopkanaal over de gaskleppen geregeld.

Er is, naast de centrale bougie met bobine, een tweede bougie aangebracht onderin de cilinderkop om het 'Schieberuckeln' te voorkomen. Deze uitdrukking uit het stoomtijdperk doelt op het onregelmatige lopen op het moment dat de motor net op de overgang van aandrijven naar afremmen staat. Dit inhouden is zo irritant dat een Duits bedrijf zelf een tweede bougie monteerte, BMW heeft dat later overgenomen. Nu heeft de tweede (hulp)bougie een eigen ontstekingstijdstip dat afhankelijk van de belasting en het toerental uit fase loopt met het tijdstip waarop de hoofdbougie vonkt. Bij volle belasting vonkt de hulpbougie  $60^\circ$  na het Bovenste Dode Punt (BDP) dus zorgt dan alleen de hoofdbougie voor het ontsteken van het mengsel.

## Primeur: CAN-bus!

Voor de eerste keer wordt er bij een motorfiets

Dankzij een CAN-bus systeem is de kabelboom aanzienlijk eenvoudiger en lichter dan gebruikelijk bij motorfietsen.



een Single-Wire-System, dat is een ééndraad-systeem, voor de kabelboom toegepast. Het gaat om een netwerk dat alle elektrische en elektronische onderdelen aan elkaar koppelt via een Controller Area Network (CAN-bus) verbinding. Omdat er nu maar één leiding is, in plaats van twee, die bovendien rondloopt, is de kabelboom lichter en zijn diagnoses eenvoudiger. Het systeem is makkelijk uit te breiden en er zijn geen zekeringen nodig. Is er iets mis dan wordt de betreffende functie opgeheven en meteen als defect onderdeel gemeld. Het systeem werkt als een bus die zijn dagelijkse vaste route rijdt. Bij de haltes stappen mensen in of uit. De haltes zijn in dit geval aangesloten elektrische of elektronische apparaten, de mensen zijn signalen. Deze signalen worden ter plaatse, dus bij de knooppunten of 'haltes' omgevormd en dan gebruikt om er iets mee te doen. Er zijn nu drie Electronic Control Units: het instrumentenpaneel, de Digital Motor Electronics en de Central Electronics die alle overige elektronica zoals het ABS bestuurt. Een diefstalbeveiliging met 'transponder' in de contactsleutel is nu standaard.

## Schoon en stil

Een groter luchtfilterhuis met een speciaal inlaatsysteem zorgt voor een makkelijke ademhaling, vooral bij plotseling volgas geven. Het uitlaatsysteem is 33% lichter, vooral dankzij een lichtere einddemper. Een dwarspijp tussen de voorbochten verhoogt de trekkracht in het lage en midden toerengebied. De twee voorbochten monden uit in een broekstuk dat de hete gasen naar een metaalkatalysator leidt. Om de tegendruk niet te hoog te laten oplopen, zijn er 31 kanalen of cellen per  $\text{cm}^2$ . De einddemper heeft een geperforeerde pijp met glaswol er om heen om als absorptiedemper de hoge frequenties te dempen. De lage frequenties worden in een reflectiedemper gedempt. Er zit een drukregelklep in de demper die meehelpt het geluid bij lage toerentallen binnen de normen te houden.

De vraag dringt zich op: is er nog wat te verbeteren aan het boxerconcept? Variabele klepentijden, directe benzine-inspuiting, geautomatiseerde schakeling met knoppen op het stuur? BMW heeft al deze technieken in huis, dus wie weet wat de toekomst brengt!

Paul Klaver

