

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

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

### Raceklaar maken van het onderstel

# Sleutelen aan snelheid

In de autosport wordt gevochten om seconden. Zelfs de beste rijder verliest z'n koppositie als de techniek hem in de steek laat. Wedstrijdpreparatie is dan ook een uiterst serieus vak en bepalend voor het uiteindelijke succes van een raceteam. Wat maakt een standaard auto zoal door, voor hij als wedstrijdauto het circuit op gaat?

In voorgaande edities van AMT is veelvuldig ingegaan op het optimaliseren van het weggedrag. Een sector waarbij de theorie in praktijk moet worden vertaald is de autosport. De essentie van dat spelletje is de auto zo snel mogelijk van A naar B te laten rijden, waarbij naast de nodige aandacht aan algehele preparatie, waaronder het aanbrengen van veiligheidsvoorzieningen en het prepareren van de motor en versnellingsbak, zeer veel aandacht wordt besteed aan het onderstel. Immers, de kunst is niet zozeer veel vermogen te genereren, alswel dit vermogen op de weg te brengen. De nadruk ligt in dit artikel dan ook op de preparatie van het onderstel. Voor de beeldreportage was AMT te gast bij Hoksbergen Techniek in Soest.

**Strikte reglementen**  
Voordat een wedstrijdauto wordt opgebouwd, zal een goede preparateur de van toepassing zijnde reglementen uiterst nauwgezet doornemen. Met name de technische reglementen zijn in dat opzicht belangrijk, omdat hieruit moet worden afgeleid 'hoever men kan gaan'. De reglementen die

door de FIA (Fédération Internationale de l'Automobile) worden uitgevaardigd, zijn wereldwijd van toepassing. Met name de veiligheidsaspecten (rolkooi, brandblusser, hoofdstroomschakelaar en gordels) zijn daarin opgenomen. Tevens wordt, voor wedstrijdklassen die wereldwijd worden verreden, de techniek beschreven. Formule 1, Toerwagens, GT's, historische racewagens, maar ook dragsters, trucks en crosswagens komen aan bod. Daarnaast kent ieder land eigen nationale raceklassen of merkenraces; Renault Mégane, Citroën Saxo en dit jaar ook de Alfa Romeo 156.

Voor de foto's bij dit artikel lieten we het oog vallen op een 'vette jongen', namelijk een Porsche GT2, die wordt gebruikt voor de Ferrari Porsche Challenge, maar is opgebouwd volgens het internationaal GT-reglement. Deze auto kan dus in de wereldtop meedraaien.

Hoe een wedstrijdpreparatie begint, is afhankelijk van de staat van de aangeleverde auto en het beoogde gebruik. Gaan we uit van een GT die in vol ornaat, dat wil zeggen met airco en stereo, de werkplaats wordt binnengebracht om te



**Het uitwegen gebeurt met elektronische weegschalen. Van een display kunnen de vier afzonderlijke waarden worden afgelezen. De uiteindelijke afstelling van de wieldrukken geschiedt aan de hand van het verstellen van de vering. Om te voorkomen dat een onder spanning staande stabilisatorstang de weging beïnvloedt, wordt deze ontkoppeld.**

worden voorbereid op wedstrijden op het hoogste niveau, dan is de behandeling iets anders dan van een auto van hetzelfde merk en type waarmee men een 'clubrace' gaat rijden.

**Eerst kaalplukken**  
Een wedstrijdpreparatie kan worden opgedeeld in drie fasen. Dat zijn het klaarmaken van de auto om te worden geprepareerd, de motorpreparatie (eventueel inclusief de transmissie) en vervolgens het onderstel.

De auto die compleet ('van de straat') wordt aangeleverd, wordt eerst kaalgeplukt. Alle componenten worden gedemonteerd, een aantal kan later weer worden gebruikt en weer andere zijn in een wedstrijdauto niet gewenst. Het in-



**De volledig kaalgeplukte auto wordt zorgvuldig opgebouwd. Een rolkooi zorgt, naast de veiligheid, voor stijfheid van de carrosserie. Belangrijke items zijn de stoel en het stuur. Een optimale zitpositie moet borg staan voor topprestaties van de rijder. Naast de bestuurder zijn de brandblussers gemonteerd en tevens de ballast. Dit ter compensatie van het gewicht van de rijder. Het potje rechtsachterin is een van de vier pneumatische kriks. De platte doos op de vloer daarachter is de Motronic.**

terieur gaat er uit. Alles wat met luxe heeft te maken wordt verwijderd. Immers, het gewicht van de auto moet zo laag mogelijk worden. Dat wil zeggen dat bij het uiteindelijk afbouwen van het race-





Voor het bepalen van de schokdemperkarakteristiek is een dergelijke Koni schokdempertestbank onontbeerlijk. Uit de door de tester opgemaakte weg/krachtdiagram kan het besluit worden genomen de demper aan te passen. Die aanpassing kan zowel de inwaartse (bump) of uitwaartse (rebound) slag betreffen.

De rijkhoogte wordt afgesteld door het onderste veerplatform in hoogte te verstellen. De schokdemperbehuizing heeft een schroefdraad waarop het platform kan draaien. Voorts wordt deze afstelling ook gebruikt om de gewichtsverdeling ten behoeve van de wioldrukken te optimaliseren.



Nadat de auto op een vlakke ondergrond is geplaatst, wordt het camber (wielvlucht) gemeten en eventueel bijgesteld. Dit gebeurt bij de Porsche met de verstelbare demperschotels die in de bagageruimte, die overigens nu plaats biedt aan een 110 liter brandstoftank, bereikbaar zijn.



Het uitlijnen gebeurt uitermate nauwkeurig. In de volgorde: vlakke vloer uitzoeken, auto uitrollen, camber (wielvlucht) meten en eventueel bijstellen, hartlijn bepalen, parallel hieraan op naafhoogte touw (dun en liefst donker) spannen, meten of de wielen parallel aan de hartlijn lopen. Achter beginnen, omdat de achterwielen de stuwlijn vormen.



Nadat de auto vierkant is gemaakt, komt meestal het optische meetapparaat tevoorschijn. De sporing wordt hiermee op de uiteindelijke waarde ingesteld. Hoksbergen heeft dit apparaat, de Dunlop AGO/40, speciaal verlengd, omdat de spoiler en toebehoren van de Porsche ver uitsteken.

FOTO'S: JAN LIEFTINK

voertuig moet worden gestreefd naar het reglementair toegestane minimum gewicht. Hierbij wordt al bij de preparatie gedacht aan het beheersen van de gewichtsverdeling. Dit houdt meestal in dat de auto lichter wordt gemaakt dan het reglement toestaat en door middel van ballast op de juiste plaatsen weer op gewicht wordt gebracht.

Vervolgens wordt de gehele carrosserie doorgelast. Ieder koetsje heeft de nodige flexibiliteit in zich. Om later de wegligging (stabiliteit) zo optimaal mogelijk te kunnen beïnvloeden, moeten elementen die niet beheersbaar zijn

waaronder het torderen van de carrosserie, worden geëlimineerd. Vanzelfsprekend wordt als de wagen geheel kaal is, een rolkooi ingebouwd.

De koets wordt verder afgebouwd met de eerder vermelde voorgeschreven veiligheidsvoorzieningen, een stoel die optimale steun verleent en een racestuur. Veel veiligheidsvoorzieningen moeten zijn voorzien van een (FIA-)keurmerk.

Motorpreparatie

Met name bij de motorpreparatie draait alles weer om de van toepas-

sing zijnde reglementen. Wordt de auto na een race afgekeurd door de Technische Commissie, omdat de preparateur de reglementen fout heeft geïnterpreteerd, of erger nog ten gevolge van moedwillige malversaties, dan komt dat de naam van de rijder en 'verzorgers' (het team) nooit ten goede.

De kunst van het bouwen van een motor heeft alles te maken met het optimaliseren van de onderdelen en hun onderling functioneren. Kennis van de van toepassing zijnde reglementen staat hier voorop. Hierin zijn ook de toegestane toleranties vermeld. Zo zal de cilinder-

inhoud kunnen worden vergroot naar een fractie onder de toegestane limiet. Dat betekent in de praktijk veel en nauwkeurig meten met gekalibreerde meetapparatuur. Hoksbergen doet dat in een voor dit doel speciaal op temperatuur gehouden (schone) ruimte. Het op gewicht brengen van draaiende en oscillerende onderdelen is ook van groot belang. Ten slotte zullen diverse onderdelen moeten worden uitgebalanceerd.

Set-up van de auto

Het onderstel, en met name de afstelling oftewel de set-up van de



auto, is in principe het belangrijkste onderdeel van de racewagen. Het gaat hierbij dan niet alleen om de keuze van veren en schokdempers, maar ook om het instellen van de juiste veerstijfheid en het afregelen van de optimale schokdemperkarakteristiek. Hierbij wordt ook het inwendige van de schokdempers aangepast. Wat op het ene circuit werkt, kan rampzalig zijn op een andere baan. Als laatste wordt de stijfheid van de stabilisatorstangen bepaald.

Tijdens het componeren van het onderstel wordt de auto veelvuldig op weegschalen geplaatst, teneinde de wieldrukken te controleren. Daarnaast speelt de uitlijning een zeer belangrijke rol in het geheel. Hierdoor kunnen overstuur en onderstuur worden beïnvloed.

We zullen al deze fasen in de juiste volgorde de revue laten passeren. Uitgangspunt van deze beschrijving is de auto (Porsche GT2) in volledig opgebouwde toestand. Omdat de auto inmiddels op de wielen staat, gaan we ervan uit dat het caster (askanteling) is ingesteld en dat ook de mate van bumpsteer is bepaald. Dit laatste verdient enige toelichting. Als de auto aan het einde van een recht stuk baan vanuit hoge snelheid in de remmen gaat, zal de auto een duikneiging hebben. Door deze inverende beweging zal de sporing veranderen. De positie van het stuurhuis en de spoorstangen staat namelijk vast. Door het inveren zou de lengte van de spoorstangen moeten veranderen, omdat de positie van de wielen ten opzichte van het (vast gemonteerde) stuurhuis verandert. Dit kan natuurlijk niet en afhankelijk van het feit of de spoorstangen voor of achter het stuurhuis zijn gemonteerd en de montagepositie aan de fusee, zal er tijdens het inveren (en ook uitvoeren; 'squat') een verandering in de sporing ontstaan. Met name als er dan uitspoor optreedt, zal de auto tijdens het remmen instabiel kunnen worden.

Om het verschijnsel bumpsteer zoveel mogelijk te vermijden, wordt het stuurhuis op een zodanige hoogte gebracht, dat bij inveren de trekkende of duwende be-

weging van spoorstangen wordt verminderd. Hierdoor zal ook in bochten de invloed van een soortgelijk fenomeen (rollsteer) afnemen. In het navolgende geven we dan ook een beschrijving van de werkzaamheden zoals die in het rennerskwartier van een circuit tijdens trainingen en race worden uitgevoerd.

### Minimale rijhoogte

Als eerste wordt de rijhoogte ingesteld. De rijhoogte wordt bepaald aan de hand van het gestelde in het reglement ten aanzien van een minimale rijhoogte. Meestal wordt hierin de maat voor de bodemvrijheid aangegeven. De rijhoogte wordt hieraan gerelateerd met dien verstande dat deze wordt ingesteld met als parameter het laagste deel van de wielophanging (bijvoorbeeld draaipunt van de draagarm). Tevens wordt rekening gehouden met de aard van het circuit; is het hobbelig dan moet er voldoende veerweg zijn. Ook de aërodynamica is een belangrijke factor. Geneert de auto veel neerwaartse druk door de werking van spoilers en splitters dan zal de rijhoogte bij hoge snelheid sterk afnemen.

Bij het afstellen kan alleen de statische hoogte worden bepaald. In ieder geval zal de hoogte zo gering mogelijk worden ingesteld. Dat heeft tot doel het zwaartepunt te verlagen, waardoor ook het rollen in bochten wordt tegengegaan. En dit heeft weer een gunstige invloed op de wieldrukvariëaties, waardoor de bochtensnelheid kan worden verhoogd. Onder die omstandigheden kunnen de banden optimaal werken.

De rijhoogte wordt ingesteld met behulp van het veerplatform dat op de schroefdraad rondom het demperhuis kan verdraaien. De uiteindelijke afstelling van de wieldrukken gebeurt hier ook mee.

### Zorgvuldig uitwegen

Het zwaartepunt van de auto moet zo laag mogelijk liggen. Bij de bouw wordt hier al rekening mee gehouden. De basisconstructie is moeilijk te wijzigen. Onze Porsche heeft nu eenmaal de motor achterin. Er zal zoveel mogelijk massa



naar voren en ook laag moeten worden aangebracht. We houden dan al rekening met de aanwezigheid van de rijder. Voorin zit een 110 liter brandstoftank. Rijhoogte en wieldrukken kunnen hiermee worden beïnvloed. De accu is volledig afgesloten in de voetruimte van de passagier geplaatst. Tevens bevindt zich naast de bestuurder de brandblusinstallatie en ter compensatie van het gewicht van de bestuurder, en om de auto op de minimum toegestane massa te krijgen, een pak lood van 50 kg.

De auto wordt in deze raceconditie gewogen. Bij heel lichte (formule) auto's (en karts) gebeurt dit met personenweegschalen onder de wielen. Dan is er ook het type wieldrukmeter dat is uitgevoerd als een soort hefboom, waarmee men het wiel iets van de grond tilt. De druk wordt door een hydraulische cilinder opgenomen en weergegeven op een drukkometer.

Door het optillen van het wiel komt er echter tijdens het meten meer druk op het tegenoverliggende wiel, waardoor de nauwkeurigheid wordt beïnvloed.

Optimaal is de set met elektronische weegschalen. De auto wordt hierop gereden en de waarden worden van een display afgelezen. Tijdens het wegen zit de rijder of een qua gewicht vergelijkbare persoon in de auto.

De essentie van het afstellen is dat diametraal de rijhoogte wordt aangepast. In dit geval met de in hoogte verstelbare veren. Het is het principe van de stoel die niet op alle vier poten rust; in het café leggen we onder de kortste poot een bierviltje. In principe doen we dat ook met deze afstelling. Is de auto links voor te licht, dan wordt rechtsachter het veerplatform een fractie hoger gesteld. Op deze wijze trachten we de wieldrukken zo gelijk mogelijk te krijgen.



Een overzicht van de werkplaats van Hoksbergen Techniek te Soest. Naast aan het racewerk wordt er volop aandacht besteed aan het mooiere straatwerk. Verschillende merken bij elkaar: Ferrari, Lamborghini, Alfa-Romeo, Porsche, etc. De 924 op de voorgrond zou een beetje uit de toon vallen, ware het niet dat het wel een heel bijzondere is!

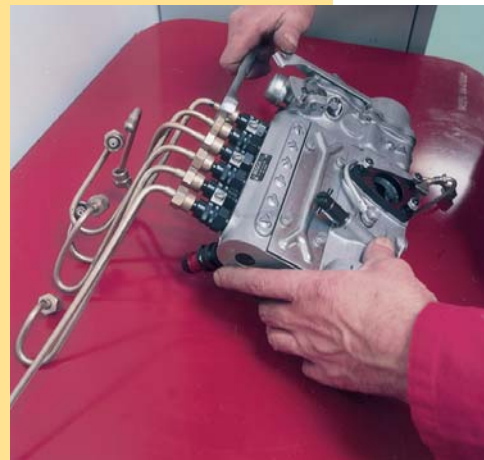
## Hoksbergen Techniek: thuis in exoten

Voor de beeldreportage was AMT te gast bij Hoksbergen Techniek in Soest. Henk Hoksbergen is in de racewereld geen onbekende. Hij startte zijn loopbaan als monteur binnen de dealerwereld (VW en Alfa Romeo). Vervolgens was hij jarenlang de privé-monteur in vaste dienst van wijlen Dries van der Lof, directeur van de Twentse Kabel Fabriek te Haaksbergen. Henk hield daar de collectie historische race- en sportwagens in optimale conditie. We hebben het dan over Ferrari's en Maserati's en nog meer van die exoten. Vervolgens rolde Hoksbergen in het zelfstandig ondernemerschap en kwam uiteindelijk in Soest terecht. Uit pure hobby verscheen hij ook regelmatig met een auto aan de start. Binnen de historische racerij werd hij bekend met een knalgele Alfa-Romeo Giulietta Spider. Later brak Hoksbergen door als zeer succesvol tuner/preparateur van Alfa-Romeo Supertjes (Giulia Super) die met een 2-liter motor binnen de klasse 'Squadra Bianca' reden. Wat de werkzaamheden betreft, wordt in principe alles in eigen beheer gedaan. Naast de race-activiteiten is dat ook het onderhoud en de reparatie aan de diverse rijdende kunstwerken. De klantenkring is zeer divers. Het betreft liefhebbers die een innige relatie met hun exotisch voer-

**Henk Hoksbergen bij een wel redelijk exclusief klusje. Nou ja, de klus op zich niet, maar wel het onderdeel. Dit is het meten van de hoofdlagerboringen van het motorblok van een Mercedes 300SL.**

tuig hebben, maar ook grote verzamelaars die met de regelmaat van de klok iets uit de collectie bij Hoksbergen voor onderhoud brengen. Ook voor een restauratieproject deinst men niet terug. Nu is 'men' een groot woord, omdat Henk door één vakkundig personeelslid wordt bijgestaan en zo nu en dan een los-vaste kracht te hulp schiet. Het reviseren en prepareren van een niet alledaagse historische machine, zoals een direct ingespoten benzinemotor van de Mercedes 300SL, is dan ook bij Hoksbergen in goede handen.

**Moderne techniek in een oude verpakking; of is het tegenwoordig andersom? Dit is in ieder geval de inspuitpomp van de direct ingespoten Mercedes 300SL uit de jaren vijftig. De pomp wordt klaargemaakt voor montage op de motor. Henk Hoksbergen besteedt wel een derde van de tijd aan het bestuderen en opvragen van gegevens.**



### Simplistisch uitlijnen

In het autovak wordt er veel uitgelijnd. Imposante apparatuur geeft zelf aan hoe dit moet gebeuren en ook welke toleranties er van toepassing zijn. In de racewereld ligt dan anders. Heel eenvoudige apparatuur en geen toleranties. In principe keren we terug naar de beginjaren van het uitlijnen.

Voordat we de sporing gaan meten en afstellen, wordt eerst het camber (wielvlucht) aan voor- en achteras afgesteld. Dit kan met in de handel verkrijgbare meters of met behulp van een schietloodje. Het idee erachter is dat de auto een hoge bochtensnelheid moet hebben, er dus voldoende rubber (contactvlak) met de baan in aanraking komt en de band in die situatie praktisch verticaal staat. Afhankelijk van het soort bochten van de baan kan het camber links en rechts verschillen. We zoeken naar een waarde tussen de 2° en 4°. De

meting wordt gedaan met de rijder in de auto. De afstelling geschiedt door de bovenste bevestiging van de veer/demperpoot los te draaien en te kantelen tot de juiste waarde is bereikt.

### Meetlint en steigerpijp

Voor het uitlijnen van een wedstrijdauto (ook in de megamiljoen dollars verslindende Formule 1) vormt het basisgereedschap een klos touw, vier assteunen (bokjes), een meetlint en eventueel wat steigerpijp of aluminium profiel. De auto wordt vervolgens, na enig heen en weer rollen (uitrollen), op een vlakke ondergrond geplaatst.

Vervolgens wordt de hartlijn van de auto bepaald. We concentreren ons hierbij op 'vaste waarden', zoals draaipunten van draagarmen. De hartlijn duiden we aan op de auto; voor en achter en vervolgens met een schietlood naar de vlakke ondergrond. Tussen de twee pun-

ten trekken we een lijn. Als we een auto onder handen hebben die bekend is en waarvan we weten dat het een vierkant (en dus niet krom) exemplaar betreft, kunnen we eenvoudiger en beter bereikbare referentiepunten hanteren.

Parallel aan de hartlijn, of de voor deze meting geschikte punten, spannen we zo dicht mogelijk langs de velgen touw tussen de bokjes. Dan volgt een meting. Hierbij wordt achter begonnen. Belangrijk is dat de achterwielen precies evenwijdig aan de hartlijn staan. Dan pas is de auto perfect uitgelijnd.

De in ons voorbeeld gebruikte Porsche heeft achter onafhankelijke wielophanging. Dit impliceert dat de achterwielen niet vanzelfsprekend evenwijdig aan de hartlijn staan. Zeker als onze racewagen het een en ander heeft geraakt. Pas als vast staat dat de achterwielen juist sporen, kunnen we stellen

dat we de geometrische rijlijn (of stuwlijn) te pakken hebben. Is dit niet het geval en de achterwielen maken niet dezelfde hoek met de hartlijn, dan zal de rijlijn afwijken van de hartlijn. Omdat de voorwielen zich richten naar deze rijlijn, zal onze racer zich als een kreupele hazewindhond over de baan bewegen.

Vervolgens meten we de sporing aan de voorwielen. Deze zetten we eerst op nul. Afhankelijk van de constructie van de auto, de ervaring en wensen van preparateur en rijder, wordt de uiteindelijke waarde ingesteld. Ter controle kan men nog een optisch meetapparaat aan de wielen zetten. Vooral tijdens raceweekenden is dat een onmisbaar stuk gereedschap. Maar als de auto 'iets' heeft geraakt of is kromgereden, wordt toch het touw weer tevoorschijn gehaald.

Atte Roskam