

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

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

## Goede verlagingsset verbetert bochtengedrag

# Niet zweven, maar kleven

Het onderstel van de auto heeft vanzelfsprekend grote invloed op het rijgedrag. De sportief ingestelde bestuurder kan met een goede verlagingsset niet alleen zijn auto optisch verfraaien, maar ook winst boeken ten aanzien van het stuurkarakter en rolgedrag. Een bezoek aan de Duitse specialist in ondersteltechniek, Eibach, was aanleiding ons eens flink te verdiepen in verlagingsstechniek.

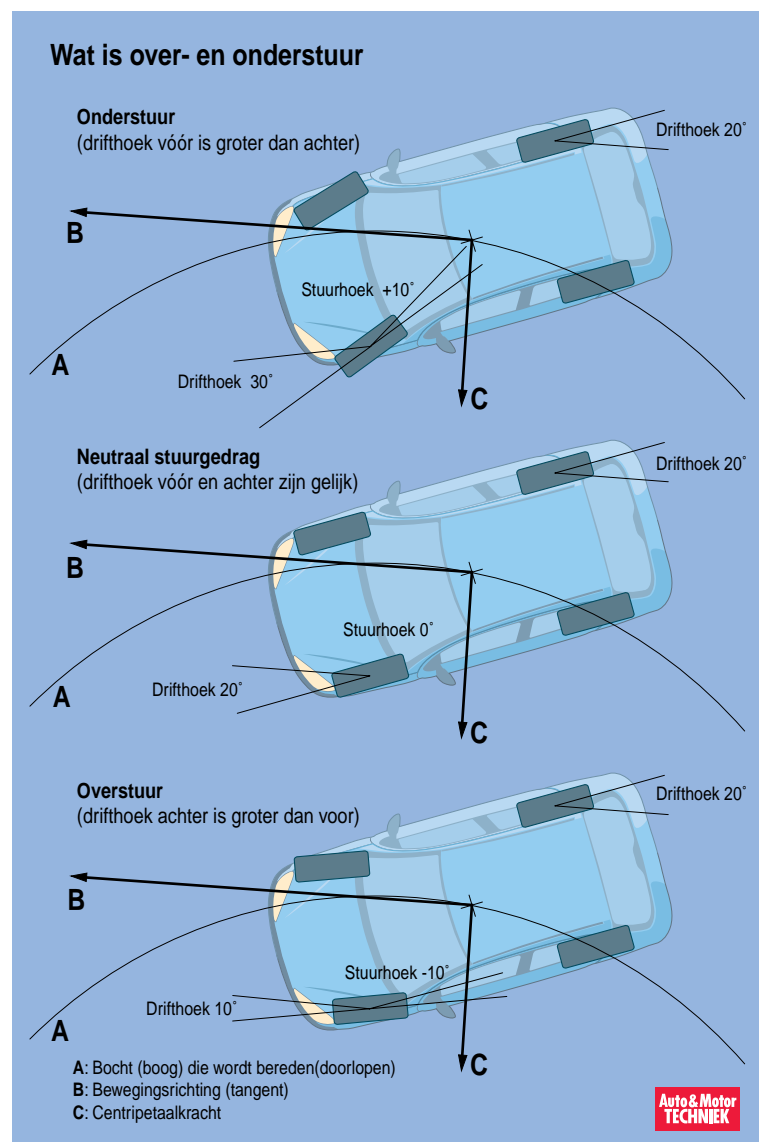
Over de voor- en nadelen van verlagen hebben we u in het septembernummer van 1996 al uitvoerig bijgepraat. We willen het nu vooral hebben over de gedragingen van de auto op de weg. Naast het zorgen voor een 'snelle dynamische uitstraling', kan het verlagen van de auto ook de rij-eigenschappen verbeteren. Dit komt dan tot uitdrukking in een hogere bochtensnelheid, een grotere stuurstabiliteit en verbeterde koersstabiliteit. De laatste twee elementen zijn merkbaar aan de grotere stuurprecisie en het gevoel dat de auto 'aan de weg kleeft'.

Behalve het verlagen van het zwaartepunt van de auto moet ook de rolas worden verlaagd, om het overhellen bij stuurbewegingen tegen te gaan. Dit wordt gedaan door het verlagen van de denkbeeldige rolcentra (voor en achter). Door het verlagen van het zwaartepunt zal het bochtengedrag worden verbeterd doordat de wieldrukken minder zullen variëren. Hierdoor kunnen de banden optimaal hun werk verrichten, door het genereren van een optimale spoorkracht.

Beter bochtengedrag  
Zoals reeds genoemd is het bochtengedrag van de auto sterk onderhevig aan het overhellen (het rollen) van de opbouw. Dit rollen heeft een grote invloed op de verticale stand van de wielen onder de auto. De verticale stand van de wielen, vertaald in de wielvlucht, zal ten opzichte van de opbouw wijzigen, maar zeker nog belangrijker ten opzichte van het wegdek.

Dit heeft dan weer een grote invloed en dan vooral in negatieve zin, op het raakvlak van de band met het wegdek. Om een optimale spoorkracht te verkrijgen, is het nodig dat de band een zekere drifthoek vertoont. Tevens is het belangrijk dat er zoveel mogelijk rubber met het wegdek in aanraking komt (contactvlak).

Het grensgebied  
Natuurkundige wetten en de wagenbeheersing van de bestuurder stellen de grenzen aan de maximale bochtensnelheid van een auto. Voordat een auto zo snel rijdt dat hij het asfalt zal verlaten, vertoont deze een bepaald gedrag. Het snel berijden van een bocht zal de auto naar de buitenzijde van die bocht dwingen. De auto rolt, het zwaartepunt doet zijn werk en de middelpuntvliegende kracht zorgt ervoor dat de auto het door de bestuurder bedoelde spoor verlaat en in het gunstige geval niets raakt en in de berm terecht komt. Deze middelpuntvliegende kracht, de centrifugaalkracht, is ook voor de bestuurder merkbaar en geeft hem of haar een indicatie hoe snel het gaat en wanneer de auto het spoor dreigt te verlaten. Puur theoretisch, gelet op de Wetten van Newton, heeft de auto zonder meer geen zin van een eenmaal gekozen spoor af te wijken. Dat de auto binnen bepaalde grenzen het spoor volgt, is te danken aan een aan de centrifugaalkracht tegengestelde kracht. Dit wordt aangeduid met centripetaalkracht. Er zijn echter nog veel meer theoretische complicaties,



Neutraal bochtengedrag, onderstuur en overstuur in beeld gebracht. De gekozen waarden zijn extreem, teneinde de verschillende hoeken duidelijk te kunnen weergeven. Meer actuele waarden bewegen zich tussen de 4° en 7°.



Over verlagings gesproken: in de Formule 1 ( en zeker bij een top wagen als deze West McL aren Mercedes) is de rijkhoogte van cruciaal belang. Veerstijfheid, schokdemper- en stabilisatorafstelling bepalen niet alleen het rolgedrag, de spoorkracht en de drifthoeken van de banden, maar in belangrijke mate ook wat de ruimte tussen bodem en baan kan zijn als bij 300 km de aërodynamica een neerwaartse druk van ruim een ton genereert.

FOTO: S:EI BACH/ I NTERSTATE

maar het gaat te ver om hierop in te gaan. Voordat de auto het spoor verlaat, vertoont deze een bepaald karakter: neutraal, onderstuur of overstuur.

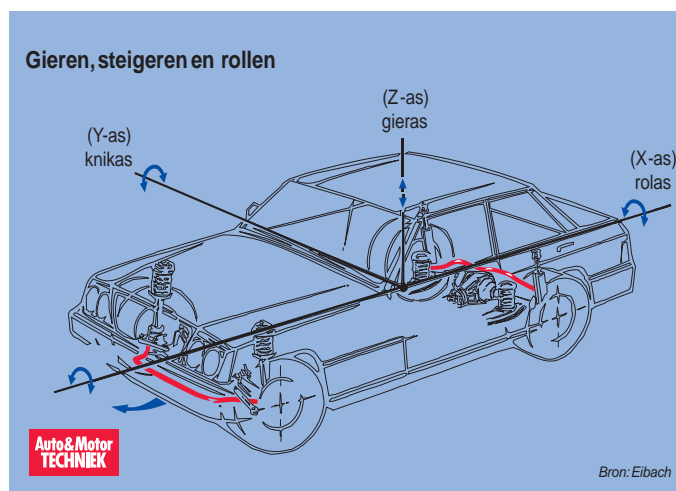
#### Zijdelings wegschuiven

Een auto die een neutraal bochtengedrag vertoont, zal als de grenzen worden overschreden, gelijkmatig zijdelings wegschuiven. Een auto die onderstuur vertoont, heeft de neiging rechtdoor te willen en zal dan ook bij het overschrijden van de maximale bochtensnelheid over de voorwielen wegglijden. Een auto waarvan het bochtengedrag door overstuur wordt gekenmerkt, zal achter uitbreken. Ook wordt wel gezegd dat bij onderstuur de bestuurder als eerste schrikt en bij overstuur de passagier.

Vanzelfsprekend zijn er verschillende theorieën met betrekking tot het bochtengedrag ontwikkeld en dan met name met betrekking tot neutraal, onderstuur en overstuur. Deze heeft men nader gedefinieerd in allerlei testprocedures, zoals die door onderzoeksinstituten worden gehanteerd (SAE-, ISO- en DIN-normering). We zullen nu eens nader bezien hoe de auto zich gedraagt als deze een neutraal, onderstuurd of overstuurd karakter vertoont.

#### Neutraal sturen

Bij het waarnemen hoe een auto door de bocht komt, letten we vooral op de stuurhoek die wordt bepaald door hoekverdraaiing van het stuur en de drifthoek van de banden. Door het Ackermann-



**Het coördinatenstelsel volgens DIN 70000. De Z-as is de hoogte-as; deze geeft de gierendebeweging aan. De Y-as is de knikas; bij accelereren en decelereren maakt de opbouw een steigerende en duikende beweging om deze as. De X-as is de rolas; deze loopt door de rolcentra voor en achter. Afhankelijk van het type wielophanging zal de rolas zich tijdens het overhellen (rollen) van de auto verplaatsen. Dit heeft een grote invloed op de wielvlucht en de drifthoek.**

principe is de stuurhoek van het linker en rechter voorwiel verschillend. De bestuurder geeft door middel van de stuurhoek aan hoe een wiel de bocht door moet komen. Hoe de band (door vervorming van het contactvlak) hierop reageert, wordt vertaald in de drifthoek.

In de praktijk wordt in het kader van het bochtengedrag in principe alleen gelet op de relatie tussen de boog die door de auto wordt doorlopen, de stuurhoek en de drifthoek(en). Bij een neutraal stuurgedrag zullen de drifthoeken van de voorbanden en van de achterbanden gelijk zijn. Althans, in wat wordt genoemd een stationaire si-

tuatie bij lage snelheid. De stationaire situatie is die omstandigheid waarin de auto verkeert, waarbij de snelheid, de stuurhoek en de drifthoeken over een bepaalde periode constant blijven.

#### Onder- en overstuur

Bij een auto die onderstuur vertoont, zijn bij het doorlopen van een bocht de drifthoeken van de voorbanden groter dan die van de achterbanden. Overstuur is het verschijnsel, waarbij de drifthoeken achter groter zijn dan die aan de voorzijde. Bijgaande tekeningen geven dat aan, waarbij ik aantekenen dat de gekozen waarden overdreven zijn, teneinde het geheel illus-

tratief te maken voor de verschillende gedragingen van de auto.

#### Hoekverdraaiing stuur

De hiervoor beschreven karaktertrekken van hoe een auto door een bocht rijdt, zijn bij benadering meetbaar. In de praktijk is men de afgelopen jaren tot de overtuiging gekomen, dat het stuurkarakter van de auto ook vanuit het gevoel van de bestuurder moet worden beschreven. Hiervoor is de hoekverdraaiing en het moment van het stuurwiel het uitgangspunt. De bestuurder heeft namelijk via het stuur het directe contact met de auto. Op de informatie betreffende de hoekverdraaiing en het daarmee gepaard gaande moment kan de bestuurder onmiddellijk reageren.

#### Niet-stationair gedrag

Het stationaire bochtengedrag van een auto speelt zich af bij lage snelheden en niet-veranderende omstandigheden. Bij hogere snelheden gaat bijvoorbeeld ook de aërodynamica een rol spelen. Voor de praktijk is het niet stationaire bochtengedrag van veel meer belang. Hierbij gaat de auto over van de ene naar 'een andere' omstandigheid. Dit wordt het transiënt gedrag genoemd. Transiënt gedrag wordt ingegeven door de bestuurder of door omstandigheden van buitenaf. Vanuit de combinatie bestuurder-auto is de meest voorkomende beweging het insturen van een bocht en het accelereren en decelereren (ook in de bocht). Omstandigheden van buitenaf zijn bijvoorbeeld weersomstandigheden



# ONDERDELEN

## Invloed van verlagen op stuurkarakter en rolgedrag

(zijwind, regen, gladheid) en veranderingen in het wegdek (bijvoorbeeld kuilen en spoorvorming).

Bij transitie gedrag komen naast het neutraal bochtengedrag, overstuur of onderstuur, door de hogere snelheden nog andere factoren om de hoek kijken. Dat zijn bijvoorbeeld de mate waarin de auto giergedrag vertoont (het willen draaien om de hoogte-as), de krachten die dit tegenwerken (constructief bepaald) en de algehele voertuigstabiliteit. In ieder geval zullen de wieldrukken (dus verandering drifthoek en spoorkracht) sterk variëren. Een verschijnsel dat we willen tegengaan door het ver-

**Om veiligheidsredenen streven autoconstructeurs naar een licht onderstuurd bochtengedrag. Deze Audi A3 is voorzien van een Eibach-verlagingsset en dikkere stabilisatorstangen (importeur: Interstate Delft). In rijdenamisch opzicht vormt het een harmonisch geheel; licht onderstuurd en weinig rol ( $\pm 4^\circ$ ). Met name bij een gladde ondergrond is het gevoel in het stuur van groot belang (hoekverdraaiing van het stuur en het moment). Bij lagere veren en nog strakkere stabilisatorstangen is het gevoel eruit en zal, zeker bij regen, de auto een extreem onderstuurd bochtengedrag vertonen.**

lagen van het zwaartepunt en de rolcentra, dus het verlagen van de auto en het (eventueel) monteren van een dikkere stabilisatorstang om de rolstijfheid te verhogen.

Hoe ver verlagen?

Het doel is het verlagen van het zwaartepunt. Dus de auto moet zo laag mogelijk worden gelegd. Het zou fraai kunnen staan, maar er doen zich een paar praktische en technische problemen voor. Een praktisch probleem is de bodemvrijheid. In het dagelijkse verkeer heeft een te lage bodem het raken van verkeersdrempels met de uitlaat, of erger nog, met de diverse leidingen tot gevolg.

Om het zwaartepunt te verlagen, zal door het monteren van kortere veren de rijhoogte worden gereduceerd. De rijhoogte wordt gemeten tussen bijvoorbeeld de bevestiging van de draagarmen aan de kant van 'het chassis' en het vloeroppervlak. Autofabrikanten zijn niet altijd even nauwkeurig met de montage, dus er kan best een verschil tussen links en rechts zijn. Daarna moet eerst worden bepaald, wat er zoal wordt geladen; gaan er vaak passagiers mee, is er een LPG-tank gemonteerd, wordt de trekhaak regelmatig gebruikt, etc.?

Als men verlaagde veren gaat toepassen, zal blijken dat voor een



**Bij een kwalitatief goede set stabilisatorstangen worden ook nieuwe bevestigingsrubbers meegeleverd. Een goed ontworpen set zal een zo neutraal mogelijk bochtengedrag op leveren.**



**De stabilisatorstang heeft een belangrijke taak in de afstelling van het stuurkarakter. Voor straatgebruik adviseren we deze onderdelen te betrekken van een gerenommeerde producent.**

straatauto een vermindering van de rijhoogte met 40 tot 45 mm wel het maximum is. Dit mede gelet op de praktische overwegingen. Echter ook gelet op de beheersbaarheid van de auto in het grensgebied.

Extreme verlaging

Extreme verlaging, en dan hebben we het over het reduceren van de

rijhoogte met meer dan 50 mm, vereist zonder meer aangepaste schokdempers. Ook zullen, waar van toepassing, de McPhersonveerpoten moeten worden aangepast. Voorts loopt men de kans dat de banden in de wielkasten en/of spatschermen gaan aanlopen. Bij een hoge veerstijfheid is het niet denkbeeldig (het is namelijk al meerdere malen voorgekomen) dat door de schokken die aan de carrosserie worden doorgegeven, de airbag in werking treedt! Korte, harde veren zijn dus voor normaal gebruik af te raden. Op een onregelmatig wegdek zullen de wielen het oppervlak niet meer kunnen volgen, waardoor het wegcontact verloren gaat. In bochten kan een 'onverklaarbaar' onderstuur ontstaan en 'om onbekende redenen' kan de rit tegen een boom eindigen. Daarom hebben rally-auto's over het algemeen een lange veerweg en wordt de demping nauwkeurig hierop afgesteld. Net als bij circuitauto's, die wel heel laag kunnen liggen, wordt de 'finishing touch' aangebracht met behulp van stabilisatorstangen. Bij wedstrijdauto's zijn deze veelal vanaf de bestuurdersplaats onder het rijden instel-



baar. Hiermee kan men de mate van onder- en overstuur regelen.

#### Nut stabilisatorstang

De stabilisatorstang gaat het rollen van de auto tegen. Met andere woorden; dit onderdeel bevordert de rolstijfheid. Door het rolgedrag van de auto zal de wielvlucht (camber) toenemen. Hoe groter de wielvlucht, de hoe minder rubber (van de band) met het wegdek in aanraking is (een klein contactvlak). Bij stationair bochtgedrag hebben we meer dan 2° statische wielvlucht nodig als de auto een rolhoek heeft van meer dan 2°. Meer dan 2° wielvlucht is niet nodig (zelfs ongewenst, gelet op de te verwachten bandenslijtage). Te meer omdat dit voertuigdynamische problemen oplevert in een transiënt situatie; bijvoorbeeld het plotseling van rijbaan (moeten) verwisselen, c.q. uitwijken.

Het probleem ontstaat doordat het wiel met grote wielvlucht te schuin op het wegdek staat om een voldoende contactvlak te genereren. Ook zal de auto minder stabiel zijn bij het in- en uitsturen van een bocht; de bestuurder zal 'minder

gevoel' via het stuur krijgen (zie hoekverdraaiing van het stuur).

Door het kleinere contactvlak zal ook het remvermogen negatief worden beïnvloed. En zo is er nog een aantal redenen om de rolstijfheid te verhogen. Voor een auto voor dagelijks gebruik is bij maximale bochtensnelheid een rolhoek van 4° zeer acceptabel; een lagere waarde zal, voor wat het grensgebied betreft, de signaalfunctie verzwakken.

#### Mate van rolstijfheid

Ook de rolstijfheid kunnen we namelijk niet tot in het oneindige opvoeren. Bij auto's met voorwiel-aandrijving kunnen we ervan uitgaan dat ze een onderstuurd bochtgedrag vertonen. Meer dan 60 procent van het gewicht leunt op de voorwielen. De meeste voorwiel-aandrijvers hebben McPherson-veerpoten. Hiervan varieert, al naar gelang het rolgedrag, het rolcentrum zeer sterk. Dit alles resulteert in sterke wielvluchtveranderingen en een grote drifthoek.

Wordt aan de voorzijde een dikker stabilisatorstang gemonteerd, dan zal men de wielvluchtverande-



Voor zeer veel autoty pen zijn tegenwoordig verlagingssets leverbaar. Serieuze leveranciers zullen voor straatgebruik een verlagings van maximaal 40-45 mm adviseren. Lager levert problemen op.

## Tips voor montage verlagingsset

Bij verschillende auto's is de blok-lengte van de voorveren op het eerste gezicht gelijk aan die van de achterveren. Let er bij montage van de nieuwe verlaagde veren op, welke veren vóór en welke achter moeten worden gemonteerd. Verkeerd monteren heeft invloed op het stuurkarakter. Bij progressief gewonden veren ook opletten; de zijde waar de windingen het dichtst op elkaar liggen naar beneden monteren. Controleer of de bumpstops (veertrekbeugers) in goede staat verkeren. Voorts verdient het aanbeveling aangepaste schokdempers te monteren. Met name wanneer de auto is uitgerust met wielgeleidende veerpoten (McPherson-veerpoten) zullen bij het monteren van verlagingsveren, schokdemperspatronen met een kortere zuigerstang moeten worden

toegepast. Overigens is het binnenwerk van dergelijke schokdemperspatronen ook op de kortere veerweg berekend. Serieuze leveranciers van verlagingsveren bieden over het algemeen hun veren aan in een combinatie met aangepaste schokdempers en dito bumpstops. De bumpstops niet weglaten, anders slaat het binnenwerk (bodemklep) van de schokdempers uiteen. Gaat men bij het verlagen verder dan de reeds eerder aangehaalde 40-45 mm dan komt men, althans voor een auto die aan het dagelijks verkeer deelneemt, in een kritische zone. Niet alleen technisch, maar ook wat de rijeigenschappen betreft. Overigens dienen na montage van verlagingsveren het camber en de sporing te worden opgemeten en aangepast (in die volgorde).



Deze Peugeot 406, gereden door de Fransman Laurent Aiello, is tweede geworden in het Duits Toerwagenkampioenschap. Bij deze auto is het mogelijk om onder het rijden de afstelling van de stabilisatorstangen bij te regelen. Als een race halverwege is, heeft de auto ongeveer 50 liter benzine verbruikt. Dit betekent een lager rolmoment aan de achterzijde. De stabilisator achter kan dan minder strak worden gesteld, waardoor de auto minder rolt, het contactvlak zo groot mogelijk blijft en de drifthoek kleiner wordt. Onderstuur, vijand nummer 1 van de coureur, wordt hierdoor gereduceerd. Ook als het tijdens een race gaat regenen, kunnen de stabilisatorstangen worden bijgesteld, waardoor de rijder het gevoel door het stuur blijft houden (een 'zachte afstelling').

ringen beter in bedwang kunnen houden. Dat heeft overigens wel een meer onderstuurd bochtgedrag tot gevolg.

Een remedie tegen een te sterk onderstuurd bochtgedrag bij voorwiel-aandrijvers is het monteren van een (dikkere) stabilisatorstang aan de achterzijde. Want, over het algemeen kan worden gesteld dat een stabilisatorstang aan de vooras overstuur vermindert en onderstuur bevordert. Een stabilisatorstang aan de achteras daarentegen, zal onderstuur verminderen en overstuur bevorderen.

In de autobranche hebben we wei-

nig tijd om hiermee te experimenteren en het brengt nogal wat risico's met zich mee. Leveranciers van verlagingsveren hebben veelal ook de juiste stabilisatorstangen in het assortiment. De bedoeling van deze combinaties is het streven naar een zo neutraal mogelijk bochtgedrag. Overigens kunnen onderstuur en overstuur ook worden beïnvloed door bandenspanning en sporing. Deze factoren hebben namelijk ook grote invloed op het contactvlak en de drifthoek.

Atte Roskam