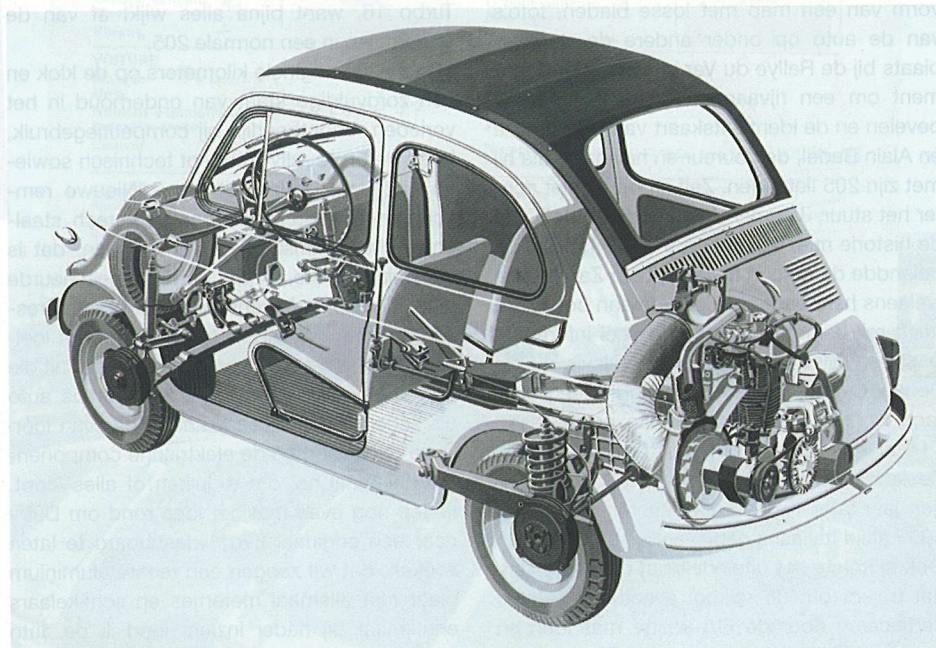


Deel 3: vering en schokdemping

Als we de gedragingen van de wielophanging onderweg op camerabeelden konden volgen, zouden we waarschijnlijk met een ei onder ons gaspedaal rijden. Het komt erop aan om die vier stukjes rubber maximaal in contact met het aardoppervlak te laten blijven. Hoe pakken fabrikanten dat aan en wat zijn de effecten ervan? In een serie artikelen geeft wegliggingsexpert Ton Serné de geheimen van het onderstel prijs.

Sinds de vorige twee afleveringen van deze serie weten we aardig te doorgronden hoe fabrikanten de voor- en achterwielophanging van hun automodellen configureren om op een kostentechnisch verantwoorde wijze een deugdelijke wegligging onder de meest uiteenlopende rijomstandigheden te genereren, waarbij een vleugje of een flinke dosis dynamiek te bespeuren valt. Al die wijsheid hebben we vergaard via expert Ton Serné, die zijn kennis ook deelt als docent bij Minor Motorsport Engineering aan de Fontys Hogeschoolen (Eindhoven, Helmond) en als auteur van het boek 'Race Car Handling Optimization'. Daarnaast geeft hij voor iedereen die zich nader in de materie wil verdiepen de cursus 'Magic numbers' bij TAC Academy. In de lijn met het voorgaande ligt het voor de hand dat hij ons ook kan inwijden in de geheimen van vering en schokdemping, die er in een fraai samenspel voor zorgen dat het voertuig de inzittenden op een menswaardige manier van A naar B brengt en die daarbij de verticale carrosserie- en wielbewegingen onder controle houden. Het verhaal van absorptievermogen en opperste zelfbeheersing, met als uitgangspunt dat de banden altijd in contact



met het wegdek blijven staan, zonder kan-goeroe-achtige taferelen.

In relatie tot dit onderwerp komen onherroepelijk de begrippen afgeveerde en onafgeveerde massa om de hoek kijken. Die zullen bij menigeen vast en zeker een belletje doen rinkelen, maar Serné weet het verschil op nog net iets exactere wijze te duiden dan sommige andere bronnen het beschrijven. "De afgeveerde massa behelst alles wat op de hoofdveren rust. De onafgeveerde massa is alles wat beweegt tussen veer en wegdek, namelijk het wiel, het fuseestuk, het bewegende deel van de schokdemper en indien aanwezig een complete starre as, maar in zekere mate ook de veer zelf, de draagarmen en de eventuele aandrijf-as. Die laatste drie elementen mag je

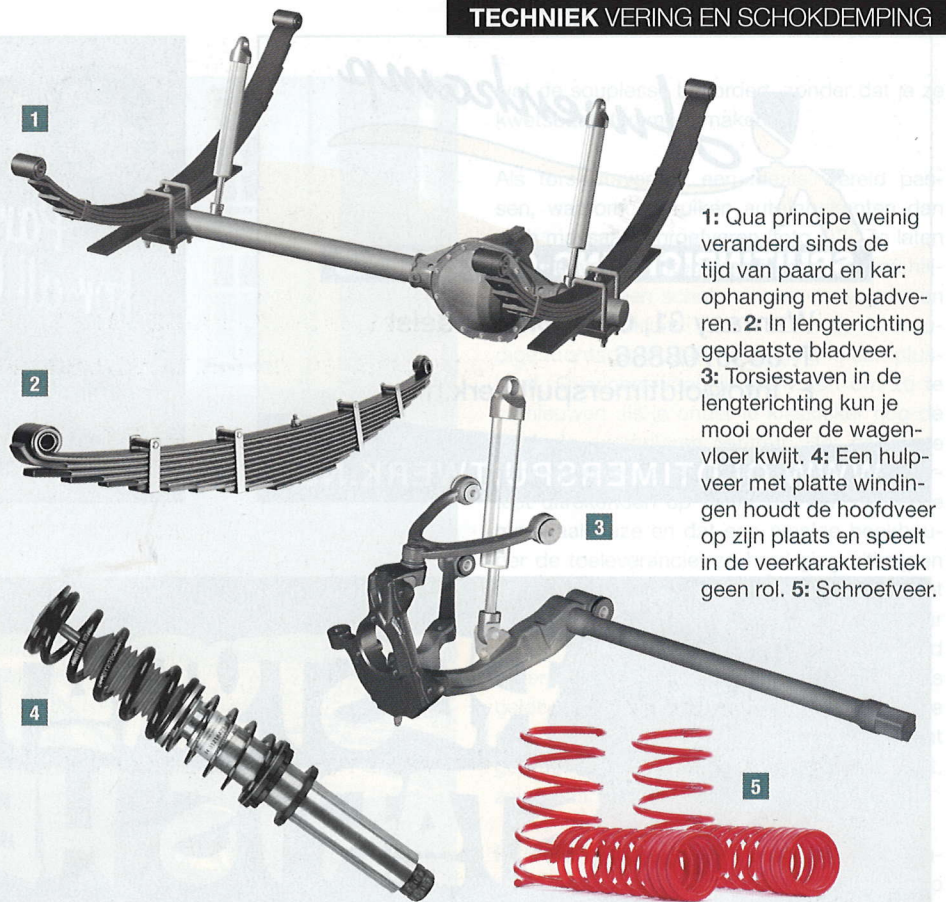
voor de helft meerekenen, aangezien ze de verbindende schakels tussen beide typen massa vormen. Een fabrikant zal ernaar streven de onafgeveerde massa zo laag mogelijk te houden, omdat een licht wiel makkelijker de weg met zijn oneffenheden volgt." Vandaar dat sommige producenten - onder meer Alfa Romeo, Lancia, Citroën, Rover en Jaguar - er in het verleden weleens voor kozen om de remschijven tegen het differentieelhuis te monteren. Serné heeft in dit kader geen goed woord over voor de zware naafmotoren waarmee sommige firma's die elektrische auto's op de weg zetten nu experimenteren.

Gelukkig veert de wegliggingsexpert weer mee zodra we terugkeren bij het onderwerp verticale carrosserie- en wielbewegingen.



Allereerst kijken we naar de elastische stalen componenten die de carrosserie op de gewenste hoogte in de lucht houden. De meest ouderwetse oplossing, die teruggaat naar de tijd van paard en kar, kennen we als bladveren. "Die maken eigenlijk altijd deel uit van de wielophanging, correcter gezegd van de wielgeleiding. Ze staan in een bepaalde mate hol, omdat dat het meeste verend vermogen garandeert, waarbij een schommel de rek opvangt. Deze zit zozegd aan de 'zuidzijde' van het wiel, omdat de krachten zich daarheen bewegen tijdens vooruitrijden. Vaak telt de veer meerdere bladen, die voor een progressief karakter zorgen: een soepel begin ten bate van het comfort en daarna een stugere opbouw om onder meer het overhellen te beperken. De samenstelling van zo'n pakket, de dikte van het materiaal en de bolling hangen nauw samen met de veerconstante die de ingenieur wil bereiken. Die bereken je door de verticale kracht te delen door de afstand van inverting, meestal uitgedrukt in newton per millimeter."

Bladveren maken in combinatie met een starre as (foto 1) een lekker eenvoudige constructie mogelijk qua wielophanging, waarbij ze weinig inbouwruimte vergen. "De afstand van je wielkast heb je toch al," zegt Serné. "Verder zorgen ze door hun elasticiteit voor een licht meesturend effect in bochten, al moet je dan wel oppassen dat je niet te brede banden monteert, anders kunnen ze op zulke momenten gaan aanlopen tegen de binnenschermen. Het flexen door de dwarsvervorming en de rubbers in de draaipunten beïnvloedt de stabiliteit negatief. Verder vertonen bladveren bij accelereren de neiging om zich door het wringen van de as 'op te rollen'. Dat gebeurt pulsmatig en je ziet de wielen dan klapperen. Het valt te ondervangen door reactiestangen te monteren. Andere nadelen zijn een relatief stugge veer karakteristiek en in geval van meerdere bladen een zekere onderhoudsgevoeligheid, met name na lange stilstand. Zitten ze aan elkaar vastgeroest, dan betekent



1: Qua principe weinig veranderd sinds de tijd van paard en kar: ophanging met bladveren. 2: In lengterichting geplaatste bladveer. 3: Torsiestaven in de lengterichting kun je mooi onder de wagenvloer kwijt. 4: Een hulpveer met platte windingen houdt de hoofdveer op zijn plaats en speelt in de veer karakteristiek geen rol. 5: Schroefveer.

dat de zaak demonteren, de corrosie verwijderen en er speciale nylon vellen tussen leggen. Smeren met kopervet kan ook, alleen blijft daar wel zand en vuil aan plakken."

In de lengterichting geplaatste bladveren (foto 2) bevinden zich meestal alleen aan de achterzijde van het voertuig en genereren daarmee een relatief hoog rollcentrum, precies op het niveau van het (denkbeeldige) differentieel. "Op zichzelf niet erg, alleen ligt dit bij een auto met dubbele draagarmen een stuk lager aan de voorzijde, waardoor je een schuine rollas krijgt en de koets in bochten over de voorwielen duikt. Monteer in zo'n geval - en schrijf dat maar met hoofdletters - NOOIT EEN STABILISATORSTANG ACHTER, want

dan versterk je dit effect. Gevolg: de auto tilt het binnenste achterwiel op en breekt onverhoeds uit." In het kader van 'de boekhouders tevredenstellen' lieten fabrikanten van gezapige autootjes zich vroeger nog weleens verleiden tot het toepassen van een constructie zoals we die kennen van de Fiat 500: een dwarse bladveer aan de voorzijde, die meteen de rol van draagarmen overneemt. "Dan ontstaat er veel flex, vandaar dat mensen die met Abarths racen vaak extra triangels en een veerdemperunit monteren." Ook bepaalde generaties Chevrolet Corvette staan bekend om het gebruik van een dwarse bladveer, alleen vervult deze geen functie in de ophanging.

Sommige objecten sterven terecht uit, bij andere is dat zwaar onterecht. Neem torsiestaven (foto 3). "Daar kan ik nou helemaal lyrisch over raken," roept Serné uit. "Net als bladveren bieden ze het voordeel van compacte inbouw, maar een groot onderscheid zit in het feit dat ze een heel mooi geleidelijk veerdiagram laten zien, net als schroefveren dat doen. Wezenlijke nadelen hebben ze niet, hooguit het gegeven dat je er moeilijk een progressief karakter aan kunt geven. Dat valt alleen te realiseren als je met een complex stangenstelsel gaat werken, zoals bij bepaalde formulewagens." Torsiestaven vinden we onder meer aan de voorzijde bij de Fiat 130 en een aantal Chryslers (plus derivaten) uit de jaren zestig, waar ze in lengte liggen. Ook de Volkswagen Kever heeft ze, zij het overdwars, terwijl we ze bij allerlei Peugeots en Citroëns achter aantreffen. Renault ging zelfs helemaal los met dubbele exemplaren over de volle wagenbreedte, die achter elkaar liggen. "Dat staat meer lengte en dus meer flexibiliteit toe,





wat de souplesse bevordert, zonder dat je ze kwetsbaar dun moet maken.”

Als torsiestaven in een ideale wereld passen, waarom gebruiken autofabrikanten dan toch massaal schroefveren (foto 4)? “Ze laten zich eenvoudig integreren in een gezamenlijke unit met een schokdemper, de zogeheten coil-over,” verklaart Serné. “Ook de eenvoudige montage en dus vervanging is een pluspunt. Overigens raad ik sterk aan om ze te vernieuwen als je onder je klassieker nog de originele exemplaren aantreft. Het gebeurde namelijk vaak dat de ingenieurs de veren perfect uitrekenden op basis van een bepaalde materiaalkeuze en dat een pinnige boekhouder de toeleverancier zo hard ging uitknijpen dat die firma’s besloten om - excusez le mot - piskakstaal te leveren. Ga er dan maar vanuit dat ze in de loop der jaren versneld slijten en beginnen te verslappen. Overigens geldt dit risico ook bij bladveren. Dan kun je dus bedenken dat de auto zich anders gaat gedragen dan de fabrikant bedoeld heeft, zeker naarmate de leeftijd vordert.”

Feitelijk mag je de schroefveer beschouwen als een opgewonden torsiestaaf (foto 5). “In uitgerolde toestand heeft hij ruwweg dezelfde karakteristiek als een torsiestaaf van gelijke lengte en dikte. Wil je hem nou stugger maken om je auto een sportievere inborst



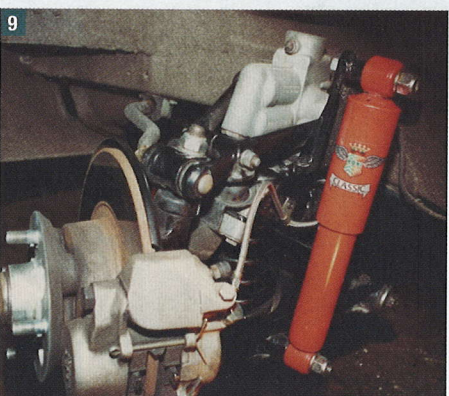
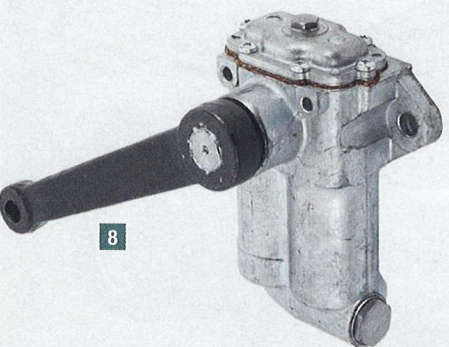
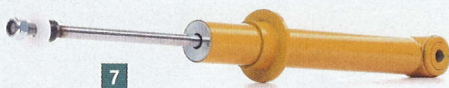
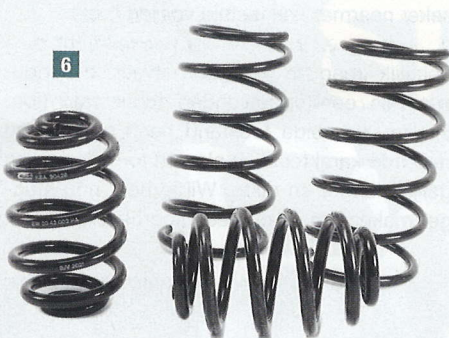
te geven, bega dan niet de fout om een veer met een extra winding te kiezen. Dat is een wijdverbreid misverstand. Het werkt juist averechts, want de lengte neemt immers toe en daarmee vergroot je ook de souplesse. Een dikkere draad geeft wel het gewenste resultaat, alleen moet je wel binnen bepaalde kaders blijven, anders wordt de wringing te hoog en zal langdurige spanning leiden tot breuk. Pas er sowieso mee op, want er speelt nog iets anders mee: de draaddikte vermenigvuldigt zich tot de macht vier in de veerconstante. Kortom, één millimeter meer geeft al een gigantisch verschil. Wil je een stugger rijgedrag, dan zou je er ook voor kunnen kiezen om de diameter van de windingen te verkleinen, alleen loop je dan het risico dat de veren gaan kantelen en raak je in geval van coilovers wellicht in de knel met de schokdempers. Is het alleen je doel de auto lager bij de grond te leggen, pak dan simpelweg een veer met een kleinere spoed oftewel afstand tussen de windingen."

Zoals eerder aangegeven zorgt een progressief karakter - mits juist gekozen - voor een mooi evenwicht tussen souplesse en voertuigdynamiek, inclusief het indammen van het duikeffect bij hard remmen. In een schroefveer laat het zich mooi integreren door te spelen met de spoed (foto 6). Serné: "Wanneer je als constructeur de onderste windingen heel dicht bij elkaar legt, gaan ze bij belasting 'aanliggen'. Dat verkort dus de totale lengte. Houdt de belasting aan, dan doet de winding direct erboven hetzelfde enzovoorts. Daarmee bouw je dus op heel simpele wijze een progressief karakter op." Eenvoud geldt sowieso als een belangrijk kenmerk van de schroefveer. Een heel verschil met exotische oplossingen als luchtvering, hydropneumatische vering (Citroën), Hydrolastic en Hydragas (BMC, British Leyland). "Die oplossingen verschaffen veel comfort, maar staan ook bekend om hun onderhoudsgevoeligheid. Je ziet nog weleens een MG F plat op zijn buik liggen in de werkplaats van een garagebedrijf."

van situaties waarin de schokdempers (foto 7) hun werk niet doen. Henry Ford deed ooit een treffende uitspraak: 'In the end, everything is a spring.' Anders gezegd: elke massa heeft een veerconstante en de combinatie van die twee levert een bepaalde frequentie op. Daarop moet je de schokdemper afstemmen. Zijn functie? Voorkomen dat het systeem binnen zijn eigen frequentie gaat trillen, zoals we daarnet in de twee filmpjes zagen. Bij te zachte of versleten dempers verliest de afgeveerde massa zichzelf. Dan beginnen de wielen een losbandig leven te leiden en raken ze het contact met de weg kwijt. Is de werking te hard, dan butst de auto op oneffenheden en veert hij alleen nog op zijn banden."

Een schokdemper zet bewegingsenergie om in thermische energie. "Wordt hij ingedrukt, dan komt hij onmiddellijk in actie en perst olie door kleine gaatjes en eventueel klepjes in een zuiger heen. De warmte die hij daarbij ontwikkelt voert hij netjes via de metalen behuizing naar buiten af. Er ligt een flinke uitdaging voor de demper, want hij moet twee dingen tegelijk beheersen. Aan de bovenzijde beweegt de koets met een lage frequentie en een grote uitslag. Aan de onderzijde klapperen de wielen over oneffenheden met een hoge frequentie en een kleine uitslag. Fabrikanten hebben hiervoor verschillende oplossingen bedacht, zoals de toepassing van een terugslagklep, een specifieke vormgeving van de gaatjes - dan lopen ze bijvoorbeeld taps toe - of een ingebouwde olielekkage langs de zuiger bij lage bewegingssnelheden. Hoe meer kinetische energie, hoe meer je moet dempen." Jammer dat de firma Armstrong dat niet helemaal snapte bij het bedenken van de compacte unit (foto 8 en 9) die zijn weg vond naar talloze Britse sportwagens, zoals MG's, Healey's en Triumphs. "Daar zet een armpje een plunjer in beweging. Het oppervlak van het klepje dat zich opent is echter zo klein, dat het maar weinig energie kan opvangen. De oplossing? Zet het permanent open en monteer een afzonderlijke telescoop-schokdemper. Daarmee verbeter je de wegligging gigantisch."

Nu we toch in de hoek van de upgrades zitten: in advertenties van sportieve auto's las



Ton Serné laat twee korte filmpjes de revue passeren. In de eerste rolt een pick-up van Chevrolet knikbolland over een Amerikaanse weg en raakt hij in een ongewenste cadans. Hetzelfde effect neemt in de tweede video dramatische vormen aan, waarbij een race-Porsche op de Nürburgring buiten zichzelf raakt en letterlijk de baan af stuitert, de vangrail in. "Twee overduidelijke voorbeelden

6: Bij deze schroefveren zie je aan het verloop van de spoed het progressieve karakter. 7: De term schokbrekers is onjuist; ze dempen de schokken. 8: Compact, maar qua werking zeer beperkt: Armstrong-schokdempers. 9: Voorbeeld van een telescopische schokdemper bij de voorwielophanging van een MGB, geplaatst tussen twee brackets: één aan de onderste wieldraagarm, de andere tussen het crossmember en de originele Armstrong-demper. Deze laatste moet je uitschakelen door het klepje te verwijderen. Vergeet niet alsnog olie toe te voegen, want het verdere mechanisme dient wel te kunnen blijven bewegen. 10: Schuimvorming in de schokdemper aan de zijde waar onderdruk ontstaat. 11: Stikstof in een gasgevulde schokdemper gaat schuimvorming tegen.



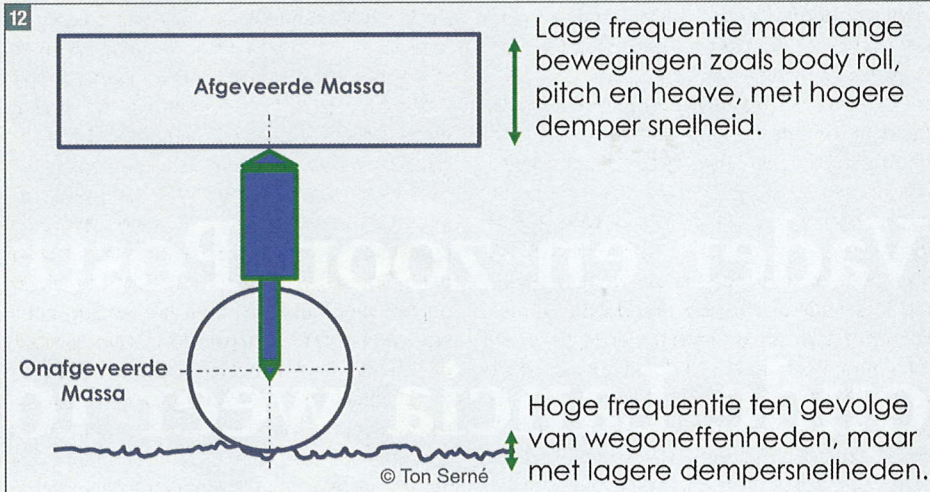


je vroeger dat ze werden afgeleverd met gasgevulde schokdempers. Wat houdt dat in? "Zodra er olie door de gaatjes stroomt, ontstaat er aan de zijde waar deze wegvloeit onderdruk en daarmee schuimvorming, doordat het kookpunt daalt," legt Serné uit (foto 10 en 11). "Dat valt te voorkomen door druk op de ruimte te zetten. Fabrikanten gebruiken daarvoor stikstof, omdat dat geen vocht bevat, zoals lucht." Een interessante modificatie betreft de nastelbare schokdemper, vaak uitgerust met een draaischijfje dat een deel van de gaatjes kan afdichten, op een manier zoals vroeger bij een bus poedersuiker. "Meestal één setting om de in- en uitgaande slag tegelijk aan te passen. Je kunt die wel apart verstelbaar maken en voor beide ook nog onderscheid in hoge en lage frequentie creëren, maar dan moet de gebruiker wel verschrikkelijk veel verstand van de materie hebben om de juiste keuzes te maken."

Over het algemeen - maar dat vormt geen wet van Meden en Perzen - is de uitgaande slag harder geprogrammeerd dan de ingaande. "Dit hangt mede af van de verhouding tussen afgeveerde en onafgeveerde massa. In ieder geval geldt dat de schokdemper tijdens de uitgaande beweging alle energie van de ingaande slag moet vernietigen, waarbij bovendien het wiel door de veerdruk en de zwaartekracht naar beneden gedruwd wordt. Lukt dat niet, dan zal het voertuig gaan nadeinen. Idealiter is de ingaande slag zacht genoeg om het wiel de weg te laten volgen en hard genoeg om ervoor te zorgen dat de carrosserie tijdens het inveren niet doorslaat." Zoals bekend hebben schokdempers niet het eeuwige leven. "Zitten de af-fabriek gemonteerde exemplaren nog onder je klassieker, vervang ze dan maar meteen. Klepjes worden moe en wanneer afdichtingen verouderen kun je wachten op oliekkage. Let bij de keuze voor nieuwe dempers op de minimale en maximale afstand. Ingedrukt moet er wat marge overblijven om tijdens het inveren ook de elasticiteit van de bumpstops op te vangen, uitgetrokken mag de veerweg nooit te kort zijn, anders breekt de auto uit." Kortom, het luistert verschrikkelijk nauw om het voertuig onder alle omstandigheden een grote gehoorzaamheid op te leggen. |

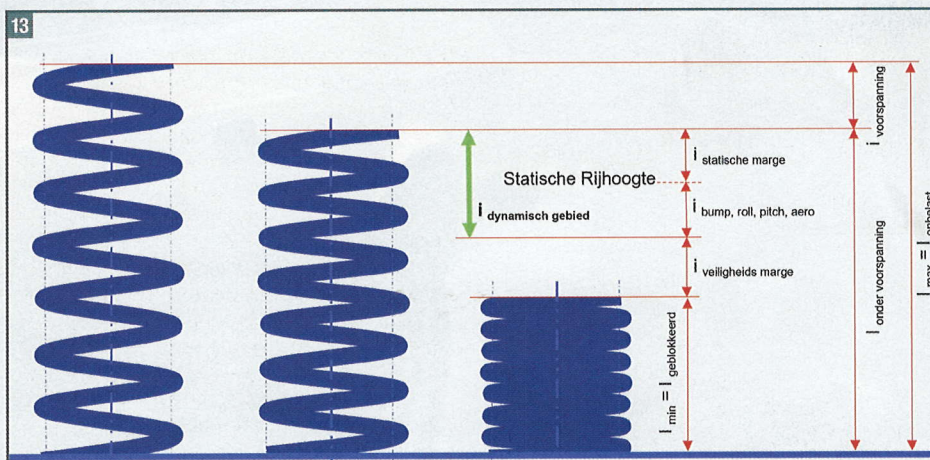
Meer info: www.handlingracingcars.com

Ton Serné geeft cursussen over de wegligging van klassiekers;
www.cursuswegligging.nl



Bron: cursus 'Race Car Handling Optimization'
www.handlingracingcars.com

12: Activering van de schokdemper vanuit twee kanten. Het wiel volgt het wegdek met kleine bewegingen en een hoge frequentie, waarbij de demper nauwelijks de kans krijgt om hoge snelheden op te bouwen. De krachten die ontstaan zijn daardoor vrij gering. Aan de bovenkant wordt de demper geactiveerd door het chassis oftewel de afgeveerde massa. We praten dan over roll (in bochten), pitch (tijdens remmen en accelereren), heave (recht in en uitveren, deinen) en combinaties van al deze bewegingen. Dit gaat gepaard met lange veerwegen, waardoor de demper gemiddelde tot hoge snelheden en dito krachten ontwikkelt. Met name in de overgang van het remmen voor de bocht naar het insturen, van pitch naar roll, vervult hij een belangrijke taak in de overdracht van de druk op de wielen en dus bij het elimineren van onder- en overstuur.



© Ton Serné

KEN UW VEREN!!

Bron: cursus 'Race Car Handling Optimization'
www.handlingracingcars.com

13: Het is zinvol om de veerwegen te kennen, zeker als er veranderingen aan de vering worden doorgevoerd. Meet de onbelaste lengte I_{max} als de wielophanging toch voor restauratie of reparatie gedemonteerd op de werkbank ligt. De statische rijhoogte van de veer meet je wanneer de auto op zijn wielen staat. De geblokkeerde lengte valt te berekenen door de draaddikte met het aantal windingen te vermenigvuldigen. De veiligheidsmarge dient onder meer om de elasticiteit van een rubberen bumpstop te compenseren. Uit al deze metingen kun je het dynamische gebied waarin de demper zich beweegt berekenen. Een veelgemaakte fout is een onjuiste afstemming tussen de gewenste of noodzakelijke veerbeweging en de demperslag, met als mogelijk gevolg dat de schokdemper gaat 'bot-tomen' en het binnenwerk ruïneert of dat in een bocht het binnenste wiel wordt opgetild, wat leidt tot 'snap oversteer' (plotseling optredend overstuur zonder waarschuwing vooraf). Besef hierbij ook dat de veerweg van het wiel aanzienlijk kan afwijken van de indrukking van de veer zelf.