

Technische artikelen over de fiets

De problemen van vering

Het ideale veersysteem absorbeert de schokken van oneffenheden op het wegdek en handhaaft het contact tussen band en wegdek te allen tijden. De werking van de vering zou niet beïnvloed mogen worden door aandrijving, remmen of gewichtsbelasting. Technisch is dit helaas niet mogelijk: elk veersysteem is een compromis! Damping kost altijd energie en wordt daarom niet toegepast bij racefietsen. Er zijn wel experimenten geweest in bij voorbeeld Parijs-Roubaix, maar we zien het niet meer; conclusie: het ging niet sneller! In de ATB-wereld is vering nu helemaal ingeburgerd en uitontwikkeld. Hier is de extra controle over de fiets, zeker in de afdaling, een snelheid verhogende factor.

Uitgangspunt voor de constructie van vering is dat het afgeveerde gewicht zo gering mogelijk moet zijn. Alles wat er meer mee veert dan het wiel, is ballast. In het algemeen probeert men bij het ontwerpen van vering ingewikkelde constructies te vermijden; elk draaipunt kan speling gaan vertonen en daarmee slecht stuurgedrag. **De veerverwerking en demping moeten optimaal zijn afgesteld op rijder en terrein.** Bij een goed veerelement moet de veerdruk en de demping instelbaar zijn. Een uitgekende constructie kan door verkeerde veer en/ of demper slechter werken dan een matige constructie met een goed veerelement!

We kunnen kiezen uit veersystemen met gas (lucht) als verend medium, en we kunnen stalen veren gebruiken of elastomeren (rubbers of kunststof schuimmaterialen). Luchtveren hebben als voordelen licht gewicht en goede terugkeer. Ze hebben een progressieve compressie d.w.z. dat op het einde van de slag steeds meer kracht nodig is voor een beetje veerweg; verder is de constructie door de benodigde afdichtingen duur. Stalen veren hebben een lineaire compressie, ze zijn tamelijk zwaar en zullen bij een grote klap "doorslaan". Elastomeren zijn licht en goedkoop, maar de werking is temperatuurafhankelijk; ze verharden door veroudering snel en de terugkeer is slecht.

Ook de eerste hoge fietsen uit de vorige eeuw, de "boneshakers", hadden al problemen met het comfort, zoals de naam al doet vermoeden. Het ontwerpen van veersystemen voor fietsen is dan ook niet nieuw. De Amerikaanse Bluell velocipede (1869) was al uitgerust met een soort elliptische bladveren. Zeker in die tijd, toen de wielen gemaakt werden met ijzeren velgen waar een streepje leer of rubber op geplakt zat, was dit geen luxe. In alle ontwerpen uit die tijd zien we een zwevend opgehangen zadel; ook het frame werd soms verend uitgevoerd. Het ontbreken van demping op de meeste veersystemen maakte ze niet erg populair; de productiekosten van deze frames waren hoger en door speling op de lagering nam de frameslapse toe. De uitvinding van de luchtband betekende het einde van de geveerde ontwerpen uit die tijd. Toch zijn er vaker geveerde fietsen op de markt geweest. Een succesvol ontwerp was de Moulton minifiets uit de jaren zestig. Omdat kleine wieltjes elk putje oppikken, had deze fiets vering. In combinatie met hogedruk bandjes leverde dit een licht lopend en comfortabel fietsje op; helaas wel prijzig. Het succes leidde tot imitatie; hier zag men af van vering en ging men dikke lage druk banden gebruiken. De rolweerstand werd gigantisch en de "minifiets-rage" was zo voorbij.

Voor traditionele fietsontwerpen heeft vering nadelen. Het bracket moet hoog zitten om veerweg mogelijk te maken; de pedalen komen anders te vlug aan de grond. Dit maakt het moeilijk om bij stilstand een voetje aan de grond te zetten. Soms dwingt men de rijder tot een te lage zadelstand en dat gaat ten koste van het rendement en fietsplezier.

Binnen de ligfietswereld wordt vering als noodzakelijk gezien om het potentieel aanwezige zitgenot ook werkelijk te benutten. Met name KWB (korte wielbasis) ontwerpen zijn op klinkerwegen en slechte fietspaden oncomfortabel. Tot begin jaren negentig moest men zich vaak behelpen met rubber blokvering. Helaas was de demping hiervan slecht, waardoor hinderlijk deinen vaak onvermijdelijk was. Met de opkomst van vering bij ATB-fietsen is er pas belangstelling gekomen van de onderdelenfabrikanten. Op dit moment is er een groot aanbod van hydraulisch gedempte veersystemen en vorken. Hiermee doen ook de ligfietsers hun voordeel. Het is een misvatting dat de problemen van veersystemen alleen voor ATB's gelden en dat ligfietsen door de naar voren gerichte trapbeweging geen last ervan zouden hebben.

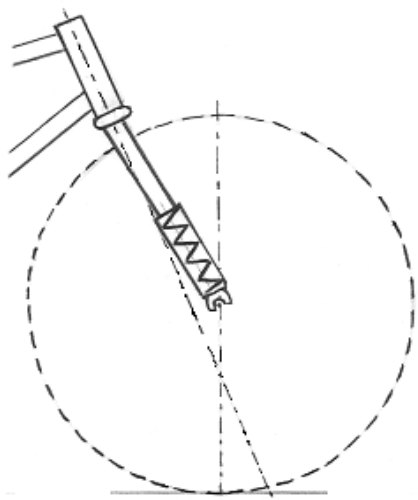


FIG.1a

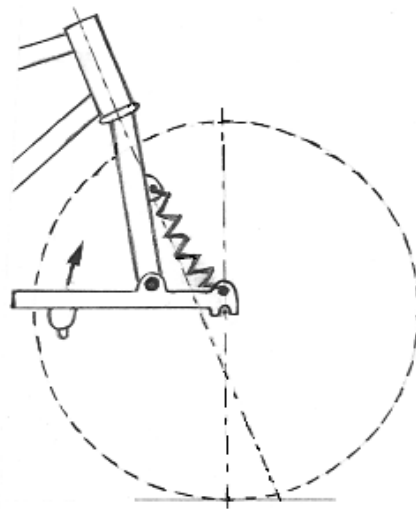


FIG.1b

Bij de voorvorken is de telescoopvork (zie FIG.1a) populair. Af en toe zijn er ontwerpers die wat anders maken: een schommelarmvoorvork (FIG. 1b) of een vervormbaar parallellogram met hulpvork; maar het is moeilijk te concurreren tegen een gevestigd en goed product. Een vervelend verschijnsel bij het remmen is, dat er meer druk op het voorwiel komt. Hierdoor duikt de fiets in de vering; de vering is dus al ingedrukt en de veerwerking nihil. Een ontwerp waarbij de remkracht dit tegenwerkt, is te zien in het ontwerp van de schommelarmvoorvork.

Bij achtervorken zijn de zaken veel ingewikkelder; hier is nog geen enkel concept als winnaar aan te wijzen. De belangrijkste oorzaak hiervan is dat de aandrijving gewoonlijk via het achterwiel verloopt. Een probleem is dat de trapfrequentie bijna gelijk is aan de eigenfrequentie van het frame, wat een deining in het veersysteem kan veroorzaken (bobbing); dit verschijnsel kan ook in de voorvork optreden. De keuze van de juiste vering is belangrijk voor een goede wegligging. Bij acceleratie zal de achterkant wat in de veren zakken, en tijdens remmen zal de vork in de veren 'duiken'. Veren hebben dus invloed op de balans, omdat ze deels de gewichtsverdeling voor en achter beïnvloeden.

De kracht die de rijder op het pedaal uitoefent, vooral bij accelereren, kan geabsorbeerd worden door de vering. De rijder pompt dan zijn kostbare energie in het veersysteem! Deze doemgedachte heeft jarenlang de experimenten met achtervering beheerst. Mountainbikers eisten de mogelijkheid hun veersysteem tijdens de klim fixeren. Bij moderne veersystemen zijn er vaak mogelijkheden om demping en vering, tijdens het rijden, aan te passen aan het terrein.

Als het draaipunt van de achtervork lager zit dan de trekkende ketting, kan een deel van de trapenergie dus door de vering worden opgenomen (zie FIG. 2a). De eerste ATB's met achtervering hadden een hoog draaipunt. Helaas kwam dit de stijfheid van het achterframe niet ten goede. Verder trok de ketting het achterwiel naar voren/ beneden de grond in (zie FIG. 2b). De vering werkt dan nauwelijks meer, omdat de klap van de kuil naar boven, groter moet zijn dan de kracht die de rijder naar beneden uitoefent. Dit geeft flinke schokken op de pedalen. Tegenwoordig zit het draaipunt lager, ter hoogte van het middelste kettingblad: ideaal is als de kettinglijn door het draaipunt loopt (zie FIG.2c). Ook de remkracht op onze achtervork kan de vering beïnvloeden; de remnokken hebben vaak een behoorlijke afstand tot het draaipunt en de remkracht van het achterwiel kan de vork naar beneden drukken. De vering is dan gedeeltelijk geblokkeerd.

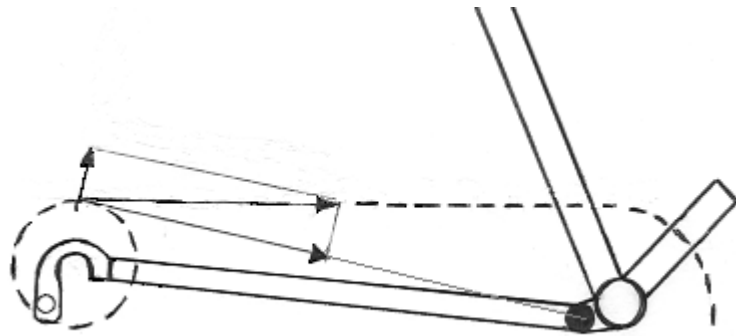


FIG. 2a

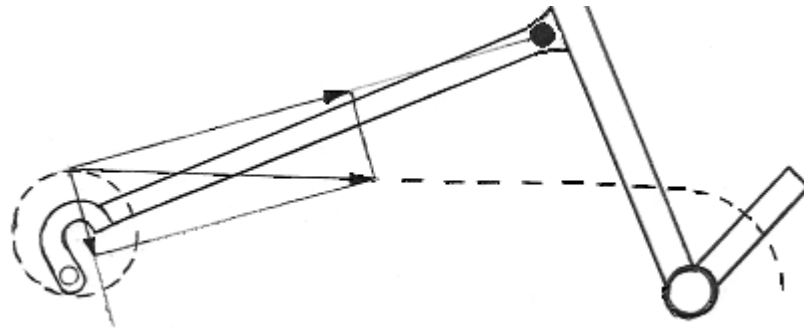


FIG. 2b

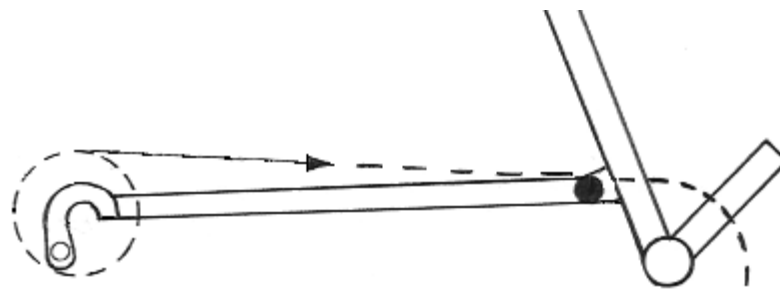


FIG. 2c

Er zijn vier hoofdconstructies, maar daarop zijn vele varianten. In het steenkolenengels dat de ATB-wereld kenmerkt, zijn dat: 1. de "MacPherson strut", 2. de "Unified reartriangel", 3. de "Cantileverbeam" en 4. de "Rising rate linkage".

Bij de eerste constructie zit het draaipunt op de achternok. Het veerelement met demper zit aan het eindpunt van de staande achternok. Door toepassing van een HorstLink (draaipunt) voor de achterpat zal het veersysteem redelijk actief zijn. Bij een juiste keuze van het draaipunt van de achternok is de invloed van de aandrijving gering. De remwerking van V-brakes zal zijdelingse belasting (en extra wrijving) in de demper tot resultaat hebben, doordat de staande nok naar beneden gedrukt wordt. Tijdens het remmen is er een slechte werking van de vering; onhandig in de afdaling als je beide functies nodig hebt. Een schijfrem of naafrem wordt van harte aanbevolen. Er is in de bovenste driehoek weinig ruimte. We zien bij dit systeem vaak een onderbroken zitbuis. De overgang naar de cantileverbeam is niet altijd duidelijk aan te geven.

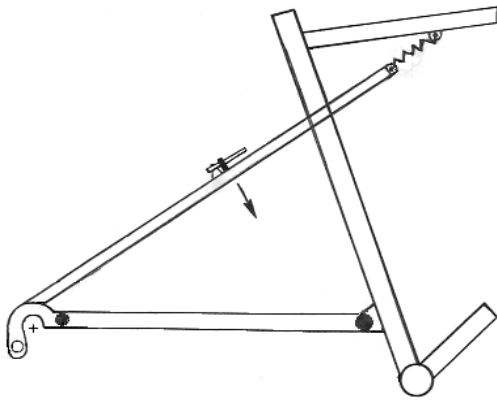


FIG.3a McPherson strut (met HorstLink)

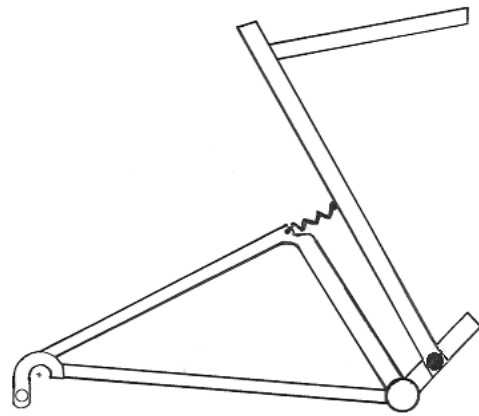


FIG.3b Unified reartriangle

Bij de unified reartriangle (FIG.3b) vormen de achtervork en het bracket een geheel. De pedalen zijn niet afgeveerd en het gewicht van de rijder is dus ook deels onafgeveerd. De plaats van het draaipunt bepaalt in welke mate rem- en aandrijfkrachten de werking van de vering beïnvloeden. Tenzij er belangrijke constructieve beperkingen zijn, zal ik het niemand aanbevelen.

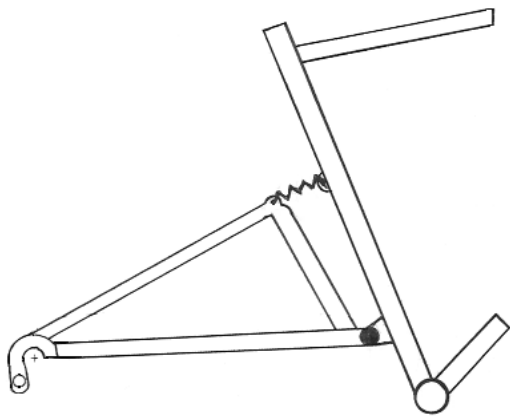


FIG.3c Cantileverbeam

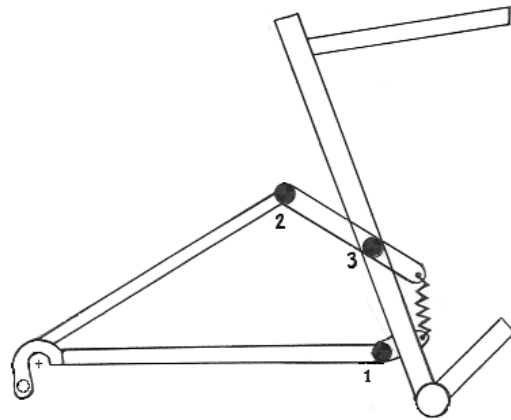


FIG. 3d Rising rate linkage

Bij ligfietsen is de cantileverbeam (FIG.3c) favoriet. Een simpel systeem, dat mits het draaipunt ter hoogte van het middelste kettingblad gekozen wordt, redelijk onafhankelijk is van de kracht van de rijder. Bij een groot blad zal de kracht omhoog iets positief zijn waardoor het aanspreken van de vering verbeterd wordt; fijn in de afdaling. Bij het kleine blad zal de vering iets verstarren; fijn in de beklimming. De remwerking heeft nauwelijks invloed. Zelfs een high-tech firma als Cannondale bracht in 2006 met het Rush-veersysteem nog een cantileverbeam uit.

Het enige bezwaar tegen de "rising rate linkage" (FIG.3d) is dat deze constructie een minimum van heeft van drie draaipunten. Dit is ingewikkelder, maar de technische mogelijkheden van dit systeem zijn veruit superieur aan andere concepten. Bij conventionele veersystemen zal het veerelement rechtevenredig met de verplaatsing van de achteras worden ingedrukt; als we aan het einde van de veer komen wordt die verplaatsing zeer snel beperkt. Door de keuze van de draaipunten 2 en 3 kunnen we dit bij de "Rising rate linkage" kiezen. De afmetingen tussen draaipunt 2 en 3, en van punt 3 naar de bovenste bevestiging van het veerelement zijn bepalend voor de beweging van de achteras. Heel leuk hierbij is dat de draaicirkel van het bovenste bevestigingspunt in het eerste deel van de slag en versterkingsfactor heeft van bijvoorbeeld 2:1 d.w.z. 2cm beweging van de achteras geeft 1cm indrukken van de vering. In het onderste deel van de slag zal door de draaibeweging van de korte arm de veer nog maar heel weinig indrukt worden. Een halve centimeter indrukken kan dan 2cm beweging voor de achteras betekenen: 4:1 dus. De eigenschappen van dit ontwerp passen goed bij luchtvering.

Experimenten met diverse constructies volgens dit principe, laten zien dat het mogelijk is de voornaamste problemen als remwerking en trapkracht, technisch nagenoeg te elimineren. Wel kiest

men vaak nog een of twee extra draaipunten. Een oplossing voor de kracht van V-brakes, is ervoor te zorgen dat deze kracht evenwijdig is aan de lijn door de draaipunten 2 en 3. Daardoor zal de reactiekracht direct doorgegeven worden naar het draaipunt 3 op het frame; de vering wordt dan niet beïnvloed. Er zijn vierpuntsconstructies (parallelogram of trapezium) waarbij het wiel evenwijdig aan de trapas inverteert: zo wordt de aandrijfkraft geëlimineerd o.a. NRS van Giant.

Het Maestro-systeem van Giant zorgt ervoor dat het draaipunt van de achteras zich tijdens het inveren verplaatst; dit gebeurt ook bij de i-Drive van GT.

De uitvoering van de diverse draaipunten hoeft niet altijd technische problemen op te leveren. Tenslotte bouwen we al tientallen jaren motorfietsen met vergelijkbare constructies en veel grotere belastingen. Er zijn natuurlijk keuzes te maken voor de uitvoering van de lagering. Een lage wrijving in het lager is niet onze grootste zorg; de beweging van het lager is gewoonlijk beperkt tot een verdraaiing van enkele tientallen graden. Er zijn veel ATB-merken die voor wentellagers kiezen, vaak naaldlagers om de radiale krachten op te vangen in combinatie met kogelnaaldlagers om de axiale krachten op te vangen; mij lijkt de keuze voor wentellagers overdreven. Het enige voordeel is het sneller reageren op kleine oneffenheden, maar dan moeten de veer en demper deze eigenschap ook hebben.

De gebruikelijke oplossing in de techniek voor lagering in dit soort constructies zijn de lagerbus voor radiale krachten, en kraaglagers voor de axiale krachten. Lagerbussen en kraaglagers van nylon of teflon zijn voor ons doel eigenlijk niet sterk en slijtagebestendig genoeg. De meest simpele lagerbussen zijn van brons en dienen via een smeernippel gesmeerd te worden. Er bestaan ook zelfsmurende lagerbussen; hierbij zijn koolstofdeeltjes aan het brons toegevoegd, die verzadigd zijn met olie.

Er zijn zelfs goede kwaliteiten ongesmeerde lagerbussen. Deze bestaan uit een dunne stalen mantel met een spleet in de lengterichting. De stalen mantel is voorzien van een laagje brons met een teflon coating. Voor een as van 10- 20mm doorsnede is de wanddikte van de lagerbus 1 tot 1,5mm (b.v. INA Permaglide). Het geheel moet goed passen; speling in het lager is funest voor de rijeigenschappen. Een te strakke passing zal snelle slijtage opleveren. Een goede en simpele lagerconstructie bestaat uit twee Permaglide kraaglagers met een hoogwaardige rvs bout (minimaal M10 klasse 8.8, bij zware belasting M12 klasse 12.8).

Veren

We kunnen kiezen uit: **1.** veersystemen met gas (lucht) als verend medium **2.** stalen veren **3.** elastomeren (rubbers of kunststof schuimmaterialen).

1. Luchtveren hebben als voordelen licht gewicht en goede terugkeer. Ze hebben een progressieve compressie d.w.z. dat op het einde van de slag steeds meer kracht nodig is voor een beetje veerweg; verder is de constructie duur, door de benodigde hoge kwaliteit van de afdichtingen.

2. Stalen veren hebben een lineaire compressie, ze zijn tamelijk zwaar en zullen bij een grote klap "doorslaan". Om een spiraalveer in te kunnen drukken is een bepaalde kracht nodig. De kracht die nodig is om een veer in te drukken, is recht evenredig met de lengteverandering. Een grotere kracht op de veer geeft dus een grotere lengte verandering. Als formule: $kracht = lengteverandering \times veerconstante$. Een grote veerconstante staat dus voor een stugge veer, en een kleine veerconstante staat dus voor een slappe veer. Als de veerconstante te klein gekozen is, slaat de veer door (metaal op metaal).

3. Elastomeren zijn licht en goedkoop, maar de werking is temperatuurafhankelijk, ze verharderen door veroudering snel en de terugkeer is slecht. Ze bezitten van zichzelf dempende eigenschappen, die door de materiaalkeuze (b.v. afwisselend schuim en rubber) geoptimaliseerd kunnen worden. De levensduur is erg beperkt; veerweg en demping gaan snel achteruit.

De voorvork van mijn oude Moulton (1964) heeft een veer met daarin een losse rubber staaf. Bij compressie zal die staaf uitzetten; de stalen veer en het rubber vangen de klap op. De wrijving van het rubber langs de stalen veer zorgt voor demping. Deze constructie werkt na 45 jaar nog prima.

Demping

Demping is nodig om de energie van de schokken te absorberen; zonder demping zal de fiets stuiten. Veren zullen energie 'opslaan' bij het inveren, en afgeven bij het uitveren. De demping zorgt ervoor dat die overtollige energie geabsorbeerd wordt. Mechanische dempers op basis van wrijving, zien we niet veel meer; tegenwoordig zijn het de met olie gevulde hydraulische dempers, die de markt domineren. Bij een goede demper, kun je de snelheid (van de demperstang ten opzichte van het huis) waarmee de dempers terugveren, afstellen. De viscositeit (vloeibaarheid) van de demperolie en de grootte of aantal van de openingen in de zuiger, bepalen de eigenschappen van de demping. Voor een vloeistof geldt (net als voor gassen), dat die op twee manieren kan stromen; laminair en turbulent. Bij een turbulente stroming is meer energie nodig, omdat er meer wrijving is in de vloeistof; zie ook de pagina stromingsleer op deze site: [aerodynamica](#).

Als de demperstang langzaam ingedrukt wordt, zal de demperolie laminair door de gaten van de zuiger stromen. Als de snelheid van de zuigerstang hoog is, zal de demperolie turbulent door de gaten van de zuiger stromen. Zolang de stroming laminair is, is de weerstand die de zuiger veroorzaakt recht evenredig met de snelheid van de zuigerstang. Op het moment dat de stroming overgaat naar turbulent, neemt de weerstand flink toe. Het lijkt alsof de zuiger vast slaat in de olie. Dit effect kan er voor zorgen dat de veren van je fiets niet doorslaan, als je landt na een sprong van een bult, maar het kan ook er voor zorgen dat je fiets stuitert, als je met hoge snelheid over kasseien rijdt. De juiste keuze voor de demperolie en zuiger is dus belangrijk; een zuiger met kleine gaten en een lichte demperolie (lage viscositeit), of een zuiger met grote of meerdere gaten met zware demperolie (hoge viscositeit) zal dezelfde werking hebben voor de demping bij lage snelheid. Bij hoge snelheid zal eerst genoemde combinatie vlug vast slaan vanwege de hoge stromingssnelheid van de dunne demperolie door een klein gat. Bij de tweede combinatie zal de zuiger pas vast slaan bij veel hogere dempersnelheden, of zelfs helemaal niet, omdat de stroomsnelheid van de demperolie een stuk lager is (grotere gaten), en de hogere inwendige wrijving van de demperolie meer energie opneemt. Toename van de temperatuur, zal de viscositeit doen afnemen en de eigenschappen van de demper veranderen.