

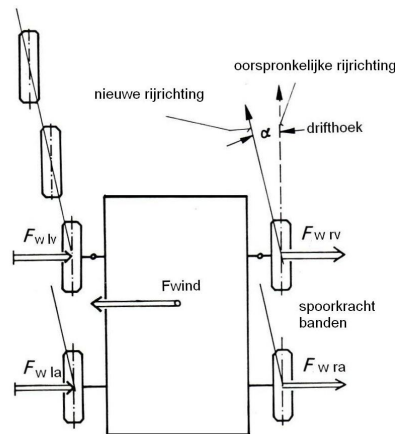
# Rijddynamica van motorvoertuigen (5)

E. Gernaat (ISBN 978-90-808907-8-7)

## 1 Stuurgedrag

### 1.1 Invloed van zijwind

Tijdens het rijden door bochten en met zijwind ontstaan dwarskrachten op het voertuig <sup>1</sup>. De dwarskrachten moeten worden opgevangen door de banden. Rollende banden zijn alleen dan in staat om dwarskrachten over te brengen wanneer ze enigszins scheef t.o.v. de rijrichting rollen. Wanneer er een dwarskracht op het voertuig werkt (bijv. windkracht), dan ontstaan om, de evenwichtssituatie te behouden, op het raakvlak band-wegdek de wrijvingskrachten  $F_{w lv}$ ,  $F_{w la}$ ,  $F_{w rv}$  en  $F_{w ra}$ . (fig. 1). Deze krachten worden de spoorkrachten van de banden genoemd. Onder invloed van zijwind ( $F_{wind}$ ) verandert het



Figuur 1: Banden kunnen alleen maar een dwarskracht opnemen wanneer ze scheef t.o.v. de oorspronkelijke rijrichting rollen. Hoe groter de dwarskracht ( $F_{wind}$ ) des te groter de drifthoek  $\alpha$  (tekening Reimpell).

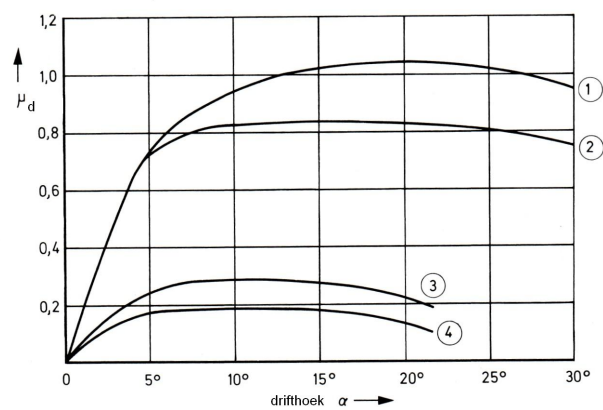
voertuig van rijrichting, d.w.z. er ontstaat een koersafwijking ' $\alpha$ ' t.o.v. de oorspronkelijke rijrichting. Deze hoek wordt de drifthoek genoemd. Hoe groter de dwarskracht op het voertuig, des te groter de drifthoek  $\alpha$ . Een vergroting van

1. Op dit werk is de Creative Commons Licentie van toepassing

de spoorkracht veroorzaakt derhalve een grotere drifthoek. De spoorkracht en de drifthoek staan dus in relatie met elkaar. Aangezien we hier met een wrijvingskracht en een wielbelasting te maken hebben is er dus sprake van een (dwars)wrijvingscoëfficiënt ( $\mu_d$ ). In formule:

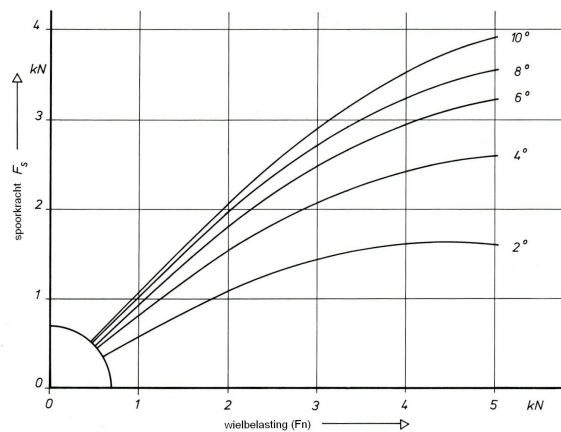
$$\mu_d = \text{spoorkracht (N)} / \text{wielbelasting (N)}$$

Er ontstaat nu een  $\mu$ -grafiek zoals we reeds gezien hebben bij het remmen, maar nu niet t.o.v. de wielslip maar t.o.v. de drifthoek. Ook hier zouden we weer een stabiel en een instabiel kunnen onderscheiden (fig. 2). Bandenfabrikanten kun-



Figuur 2: De relatie tussen de drifthoek van de band en de dwarswrijvingscoëfficiënt. 1) droog ruw beton, 2) droog glad beton, 3) sneeuw 4) ijzel (tekening Reimpell)

nen op verschillende wijze drifthoeken van hun banden weergeven. In fig. 3 zien we de wielbelasting uitgezet t.o.v. de spoorkracht bij verschillende drifthoeken.



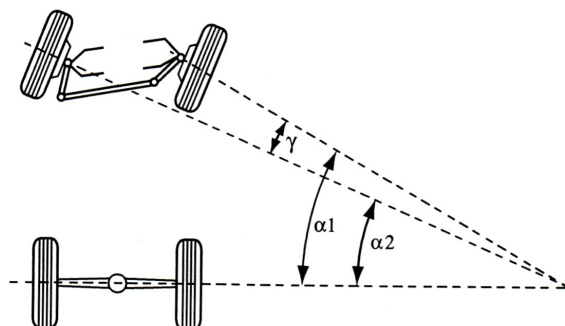
Figuur 3: Wielbelasting uitgezet t.o.v. de spoorkracht bij verschillende drifthoeken

## 2 Over- en onderstuur

Om een auto een bocht te laten nemen, worden de twee voorste wielen in de richting van de bocht gedraaid. Omdat de achterste wielen niet meedraaien, wordt voor de straal van de bocht uitgegaan van de hartlijn van de achteras. De voorwielen dienen dan zodanig te verdraaien dat de bochtstraal loodrecht staat op de wielen. In fig. 4 is duidelijk te zien dat:

- elk wiel draait met een eigen bochtstraal;
- het binnenste voorwiel verder dient te draaien dan het buitenste.

Dit uitspoor in de bocht wordt bij benadering gerealiseerd door het Ackermann-principe (het verlengde van de hartlijnen van de fusee-armen snijden elkaar op de achteras). De getekende situatie zou correct zijn tijdens het stapvoets rijden. Wanneer er gereden wordt met een zekere snelheid genereren de banden een eigen stuurhoek (drifthoek) waardoor het zgn. dynamische bochtgedrag ontstaat. Tijdens het nemen van bochten is de dwars- of spoorkracht gelijk aan de



Figuur 4: Het ongelijk verdraaien van de wielen in de bocht wordt verkregen door het schuin plaatsen van de fusee-armen (Ackermann-principe).

centrifugaalkracht. Voor de centrifugaalkracht geldt:

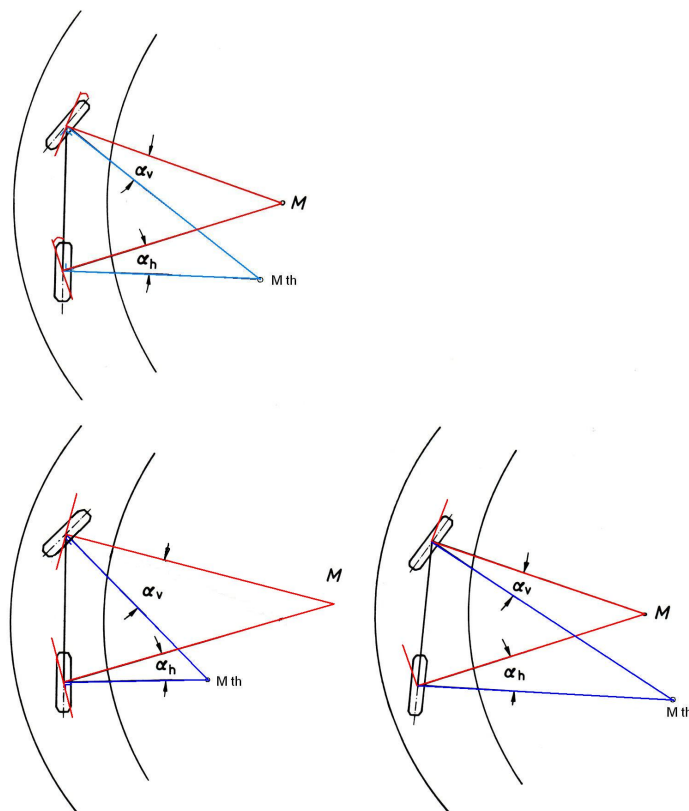
$$F_c = (m \cdot v^2) / r_c$$

hierin is:

- $F_c$  de centrifugaalkracht (N);
- $m$  de massa van het voertuig (kg);
- $v$  de snelheid van het voertuig (m/s);
- $r_c$  de straal van de bocht (m).

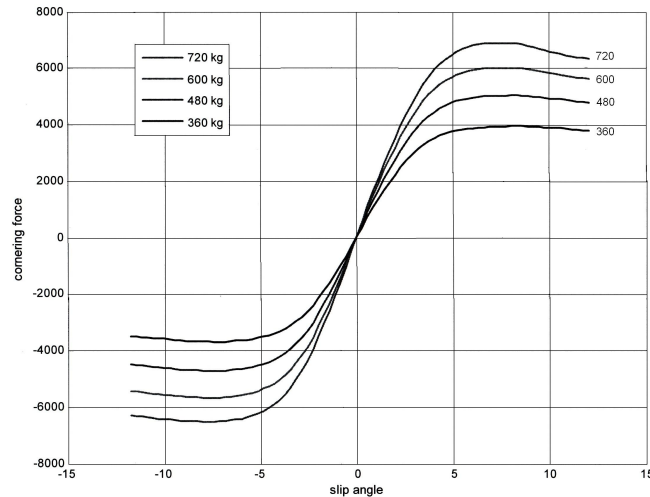
Ook hier veroorzaakt de spoorkracht een drifthoek. Het bijzondere is echter dat de gestuurde wielen nu ook nog een extra stuurhoek (de drifthoek) krijgen. Hoe sneller het voertuig zich door een bocht beweegt, des te groter worden de spoorkrachten en derhalve de drifthoeken. We onderscheiden de hoek  $\alpha_v$  van de banden van de vooras en de hoek  $\alpha_a$  van de banden van de achteras (fig. 5). Het verschil tussen de hoeken  $\alpha_v$  en  $\alpha_a$  is bepalend voor het bochtgedrag

resp. stuurkarakter van het voertuig. Men spreekt van een neutraal stuurkarakter wanneer  $\alpha_v$  gelijk is aan  $\alpha_a$ , van onderstuur wanneer  $\alpha_v$  groter is dan  $\alpha_a$  en van overstuur wanneer  $\alpha_v$  kleiner is dan  $\alpha_a$ . Om het één en ander beter te kunnen voorstellen hebben we in fig. 5 de beide voor- en achterwielen samen laten vallen (voertuig met een spoorbreedte van 0 m). Het theoretische middelpunt van de bocht (Mth) wordt gevonden door het snijpunt van de lijnen die loodrecht op de wielen staan. Omdat het voorwiel door de drifthoek de neiging heeft om rechthoek te rijden en het achterwiel om met de bocht mee te sturen ontstaat een werkelijke bochtstraal met het middelpunt M. Duidelijk is ook te zien dat bij onderstuur het stuurwiel verder verdraaid moet worden om de auto de gewenste bocht te laten nemen dit in tegenstelling tot overstuur waarbij het stuurwiel juist minder ver moet worden verdraaid. Om het bochtgedrag



Figuur 5: boven:  $\alpha_v$  gelijk aan  $\alpha_h$ , het stuurkarakter is neutraal. Links-onder  $\alpha_v$  groter dan  $\alpha_h$ , het voertuig is onderstuurd. Rechts-onder  $\alpha_v$  kleiner dan  $\alpha_h$ , het voertuig is overstuurd (tekening Reimpell).

van een auto te kunnen voorspellen dient de constructeur dus op de hoogte te zijn van de spoorkracht en de bijbehorende drifthoek van een bepaalde band bij de diverse wielbelastingen (fig. 6). In de bocht zullen de buitenste wielen een grotere wieldruk krijgen terwijl de binnenste juist ontlast worden. Er moet



Figuur 6: Spoorkracht (cornering force) als functie van de drifthoek (slip angle) bij de diverse wielbelastingen (N). Duidelijk is te zien dat bij een te grote drifthoek de spoorkracht weer afneemt. Testgegevens: Vredestein

dus van deze wioldrukken worden uitgegaan. Uit diverse onderzoeken is gebleken dat spoorkracht beïnvloed wordt door de toestand van de rijbaan, de bandenspanning, loopprofiel, profieldiepte, hoogte-breedte verhouding en de bouwwijze van de band. De spoorkracht neemt tot zo'n  $5^0$  toe bij steeds groter wordende drifthoeken. Van 5 tot  $8^0$  neemt de spoorkracht nog in geringe mate toe om daarna weer af te nemen. Op asfalt of betonwegen is  $\mu_d$  zelden hoger dan 0,8 en wel bij een drifthoek van  $5^0$ . Een sterke overstuurneiging van een voertuig kan gevaarlijk zijn. Op de rechte weg moet de bestuurder voortdurend corrigeren. Het overstuur effect neemt nog eens toe met het kwadraat van de rijsnelheid. Bij een zekere (kritische) rijsnelheid kan het overstuur effect oneindig groot worden, hetgeen betekent dat een bocht kan worden genomen zonder enige wieluitslag. In deze toestand is de wagen instabiel en onbestuurbaar. Het meest voor de hand liggend is een neutraal stuurkarakter. Er zijn echter (sportieve) rijders die een lichte mate van overstuur prefereren (uiteraard moet de kritische snelheid boven de topsnelheid liggen), omdat deze eigenschap in de bochten een snel sturende wagen geeft. Anderen prefereren een geringe mate van onderstuur vanwege de rustige ligging op de autosnelweg. Er zijn auto-constructeurs die het volgende compromis trachten te bereiken: De wagen heeft bij het rechttuit rijden een lichte mate van onderstuur zodra men echter een bocht instuurt treedt een gering overstuur effect op. Zo verkrijgt men een auto die zich op de snelweg, maar ook op bochtige wegen, goed laat besturen. Een eenvoudig middel tot correctie van onder- en overstuur heeft men

in de bandenspanning. Binnen bepaalde grenzen kan het overstuur effect door verlaging van de bandenspanning voor resp. verhoging van de bandenspanning achter worden verbeterd. Uiteraard is men beperkt tot datgene wat betreft de bandbelasting en comfort toelaatbaar is.

### **3 Vragen en opgaven**

Zie boek