

Sneller en veiliger door de bocht met behulp van wiskunde

Tijdens Careerdays trekt Theo Cornelissen veel aandacht met zijn oranje Formule 3-wagen. Het is een van de raceauto's die hij bezit. Daarmee is hij regelmatig op de Europese racecircuits te zien. Naast amateurcoureur is hij adviseur *vehicle dynamics* en begeleidt hij jonge starters in de techniek. Zijn werk is een combinatie van meerdere disciplines, waaronder wiskunde.

Theo Cornelissen brengt zijn enthousiasme voor techniek graag over aan jonge mensen. Dit varieert van het begeleiden van jonge startende ondernemers tot het ontwikkelen van activiteiten voor basisschoolkinderen. Als jurylid bij Techno Challenge beoordeelt hij de veiligheid van de gebouwde karts: "Het raakt me hoe enthousiast jonge mensen met techniek bezig kunnen zijn."

Overhellen in de bocht

Op de Careerday laat Cornelissen iets zien over het afstellen van het chassis (=onderstel) van racewagens. Hoe beter de balans, hoe sneller en veiliger de raceauto. "Het vakgebied dat zich hiermee bezig houdt, heet *vehicle dynamics*", licht hij toe. "hierin speelt de geometrie van de auto een belangrijke rol."



Theo Cornelissen legt tijdens een Careerday het principe van de balans van een racewagen uit. Bovenin de neus zie je een veerschokdemper-unit.

Het effect van de balans merk je goed bij een gewone auto. Hoe sneller je een bocht neemt, hoe verder je overhelt. Als je de bocht te snel neemt, kunnen de wielen loskomen en in het ergste geval sla je over de kop. "In de bocht draait de auto in de lengte om zijn rol-as", legt Cornelissen uit. "Dit is een virtuele lijn die van voor naar achter door de auto loopt." Hoe verder het zwaartepunt van de auto van de rol-as verwijderd is, hoe groter het moment dat optreedt als er zijdelingse krachten ontstaan (zoals bij het rijden door een bocht). Bij een raceauto kunnen de zijdelingse krachten oplopen tot zo'n 5G. Het is dan de kunst om de optredende momenten zo klein mogelijk te houden.

"De beste afstelling is een compromis. Het is een combinatie van de auto, het circuit én de rijder."

Cornelissen adviseert racewagenbezitters in heel Europa bij het afstellen van hun auto. Dit begint met een uitgebreide vragenlijst: afmetingen, gewichten, veersterktes, de hoeveelheid downforce (= virtueel gewicht) enzovoort. Op basis hiervan berekent hij een eerste, grove afstelling. De fijne afstelling gebeurt op het circuit. "Uiteindelijk is de beste afstelling een compromis. Het is een combinatie van de auto, het circuit én de rijder", vertelt Cornelissen.

Proeven aan een interessant vakgebied

Veiligheid is een belangrijk onderwerp in de racewereld. Bij de hoge snelheden waarmee gereden wordt, luistert de afstelling van de wagen heel nauw. Je moet dus goed weten wat je doet. Dit begint met inzicht in het rijgedrag van een auto. Het onderwerp spreekt scholieren aan. Tijdens de Technochallenge keurt Cornelissen de veiligheid van de superkarts die vmbo-leerlingen hebben gemaakt. "Behalve techniek komen leerlingen daarbij ook in aanraking met andere aspecten zoals de rol van teamleider. Wie dat ook alweer was, is tijdens de keuring nog wel eens onduidelijk. Al doende steken ze veel op over hoe je samen een project aanpakt."

Voor de Careerday ontwikkelde Cornelissen een mini-workshop waarin hij leerlingen laat proeven aan zijn vakgebied. "Zowel jongens als meisjes pakken het snel op", valt hem op. "De meisjes zelfs iets sneller, want de jongens hebben meer oog voor de cockpit en het stuur." Geen wonder, want hoe vaak krijg je de kans om een racewagen van zo dichtbij te bekijken. Dat coureurs daar veilig mee kunnen rijden, is mede te danken aan wiskunde.

Een goede afstelling: hoe werkt het?

De rol-as en rolcenters

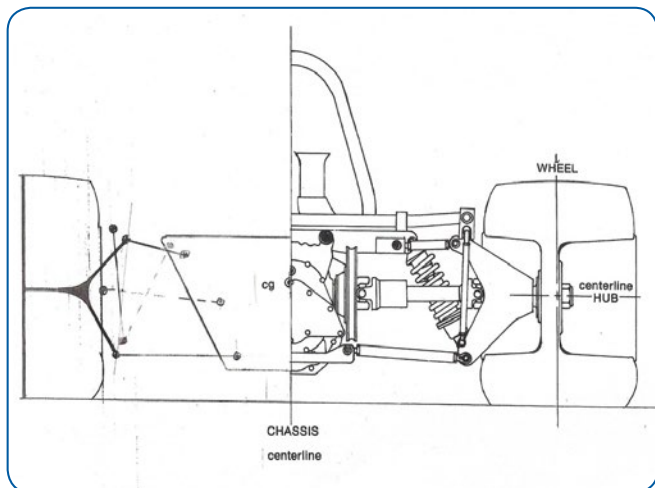
Als een auto in een bocht overheelt, draait hij in de lengte om zijn rol-as. Deze as is een virtuele lijn tussen twee zogenaamde rolcenters. Dit zijn virtuele punten op de voor- en achteras waar het chassis om rolt.

Hoe snel een coureur een bocht kan nemen, hangt mede af van de positie van het zwaartepunt en de rolcenters. Hoe groter de afstand tussen de rol-as en het zwaartepunt, hoe groter het rolmoment. "Het zwaartepunt wordt grotendeels door de positie van de motor bepaald. Daar kun je weinig aan veranderen", aldus Cornelissen. "Je gebruikt daarom de rolcenters van de voor- en achteras om de auto af te stellen."

De ophanging van de wielen

De ophanging van de wielen is via een veer-schokdemper-unit met het chassis van de racewagen verbonden. De veer zorgt ervoor dat het wiel contact houdt met de weg, ook bij hobbels en kuilen en andere oneffenheden. "Bij elke hobbel wordt de veer ingedrukt", legt Cornelissen uit. "De veer neemt hierbij energie op. Als hij terugveert, geeft hij deze energie weer af. De schokdemper zorgt ervoor dat dit geleidelijk gebeurt. Zo voorkom je dat de auto na elke hobbel omhoog springt."

Bij een normale veer bestaat er een lineair verband tussen de indrukking van de veer en de veerkracht. Door de veer-schokdemper-unit onder een bepaalde hoek te monteren ten opzicht van zijn draaipunten, ontstaat er een progressief verband: de veer zal zich steeds meer verzetten naarmate de stand van de wielen verder verandert. Dit principe wordt veel in de wielophanging van racewagens toegepast.

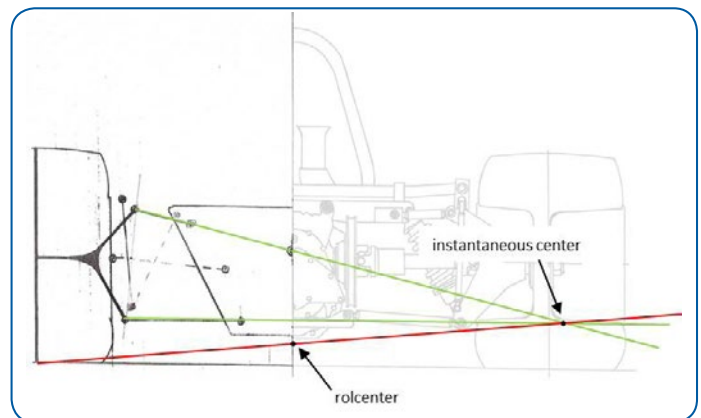


Voorbeeld van een wielophanging bij een racewagen. De wielen zijn via dwarsarmen aan de vering en het chassis verbonden. Links zijn de ophangpunten en verbindingsarmen schematisch weergegeven. Hier is slechts de helft van het wiel getekend.

Het rolcenter vinden

De positie van het rolcenter hangt nauw samen met de ophanging van de wielen. Het rolcenter vind je als volgt:

1. Verleng de dwarsarmen van de ophanging van de wielen tot het punt waarop ze elkaar kruisen (groene lijnen in figuur hieronder). Dit snijpunt heet in vaktaal het *instantaneous center*.
2. Verbind dan het gevonden snijpunt met het middelpunt van het raakvlak van de wielen met de weg (rode lijn in figuur hieronder).
3. Het rolcenter bevindt zich op het snijpunt van deze lijn met de hartlijn van de racewagen.



Constructie van het rolcenter

"Door de hoogte van de bevestigingen te veranderen, pas je de positie van het rolcenter aan", legt Cornelissen uit. "Als je het rolcenter en het zwaartepunt op dezelfde hoogte zou kunnen leggen, dan heb je geen rolmoment. Om diverse redenen is dit niet mogelijk. Aan de achteras heb je bovendien minder mogelijkheden om het rolcenter te verleggen dan aan de vooras. Je streeft ernaar om een zo neutraal mogelijke balans tussen het rolmoment van de voor- en achteras te creëren. De auto die het neutraalst door de bocht gaat, is het snelst."

De afstelling van het chassis bepaalt mede hoe snel je een bocht kunt nemen. Hoe je de bocht aansnijdt speelt ook een rol. Modelvorming helpt om de optimale lijn te vinden zoals deze videoclip uit schooltv van NTR laat zien:
<http://www.math4all.nl/MathAdore/vd-c01-ex3.html>