

## Driewielers: suf en oubollig kinderspeelgoed?



FIG.1a Vector



FIG.1b Masa

De tandemversie van de Vector FIG.1a, was het eerste door menskracht aangedreven voertuig dat de 100km/u grens doorbrak ( in 1980). De stroomlijn van de Vector is het eerst ontworpen; de driewieler is erin gebouwd. Als het echt hard moet gaan, is de constructie totaal ondergeschikt aan de aerodynamica. Onder de stroomlijn zit een eenvoudige driewieler vergelijkbaar met de Masa (1978) van FIG.1b; in dit geval dus met achterwielaandrijving en voorwielbesturing. Er zijn veel manieren om driewielers te bouwen. We moeten bij het ontwerpen keuzes maken: welk wiel of wielen gebruiken we voor de aandrijving en welke voor de besturing. Soms combineren we aandrijving en besturing op voor- en/ of achterwielen. We zullen van alle oplossingen enkele voorbeelden bekijken.

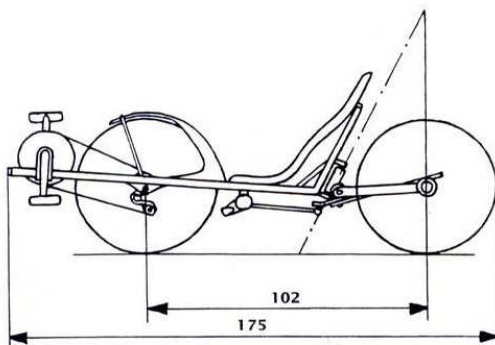
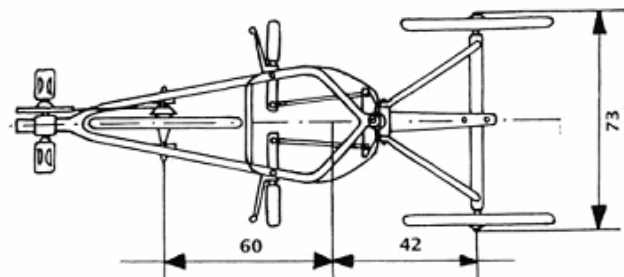


FIG. 2 Jouta



In FIG.2 zien we een summiere bouwtekening van een driewieler uit 1985. De Nederlandse fabrikant Jouta heeft in korte tijd diverse van deze fietsen in productie genomen. Commercieel geen succesnummers, maar uit ontwerpoogpunt heel aardige constructies (zie ook FIG.23). Het weggedrag van de driewieler uit FIG.2, de z.g.n. "kantel-knik" besturing met twee sturende achterwielen, is niet zelfstabiliserend. Bij voorwielbesturing zal het voertuig na het uitkomen van de bocht uit zichzelf weer rechtdoor willen gaan, zoals een auto; bij dit fietsje moet je blijven sturen. Het voorste deel van de fiets gaat hellen in de bocht; net als een tweewieler. Alleen wordt die hellingshoek niet bepaald door de snelheid, maar door de balhoofdhoek van de achterkant. Er ontstaat een compromis: bij te langzaam nemen van de bocht wil de rijder naar binnen vallen. Bij het te snel nemen van de bocht wil de rijder naar buiten. De constructie is eenvoudig en door het lage zwaartepunt is de wegligging redelijk stabiel. De wielen van een driewieler ondervinden zijwaartse krachten in bochten; kies dus voor dikkere spaken en/ of kleinere wielen. Houd er rekening mee, dat de remmen op de parallelle wielen met dezelfde kracht aangrijpen: anders wil hij de bocht om!

Voor **de besturing en aandrijving** van een voertuig met drie wielen kan men kiezen voor:

a. Besturing via een enkel voorwiel en aandrijving via de achterwielen (FIG.3 en 4).



FIG.3 Sinner ( [www.sinner.demon.nl](http://www.sinner.demon.nl) )



FIG.4 Pashley ( [www.pashley.co.uk](http://www.pashley.co.uk) )

b. Besturing via twee voorwielen en aandrijving via een achterwiel (FIG.5 en 6).



FIG.5 Aiolos ( [www.aiolos.de](http://www.aiolos.de) )



FIG.6 Cyclodyne uit 1979 ( [www.velomobiles.net](http://www.velomobiles.net) )

c. Voorwielaandrijving en achterwielbesturing via een (FIG.7) en twee wielen (FIG.8).



FIG.7 Sidewinder ( [www.sidewindercycle.com](http://www.sidewindercycle.com) )



FIG.8 Culty ( [www.hase-spezialraeder.de](http://www.hase-spezialraeder.de) )

d. Voorwielbesturing+ voorwielaandrijving in FIG. 9 en FIG.10.



FIG.9 Flevotrike ( [www.ligfietsshop.nl](http://www.ligfietsshop.nl) )



FIG.10 Varna ( [www.varnahandcycles.com](http://www.varnahandcycles.com) )

Kettingaandrijving via een (fiets)crankstel is de gebruikelijke manier om krachten over te brengen. Maar we zouden ook kunnen kiezen voor hefboomaandrijvingen of een aandrijving met roeibewegingen (zie FIG.11a en 11b). Hefboomaandrijvingen werken vaak met kettingen en freewheels via een veerretour-systeem. Door het verplaatsen van het aanhechtingspunt op de hefboom van A naar B krijgen we een traploos verstelbaar versnellingsstelsel. Dit principe is al heel vaak uitgevonden!

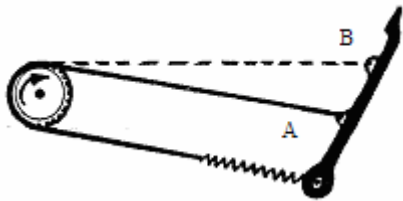


FIG.11a Hefbomen

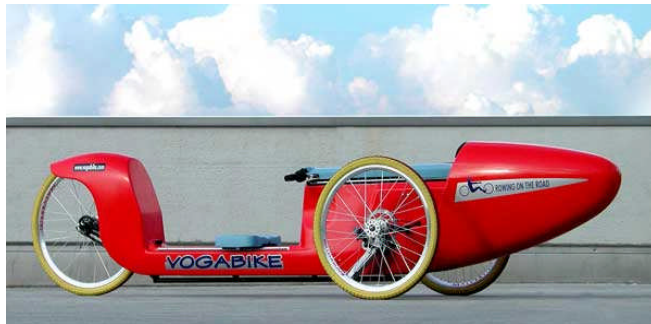


FIG. 11b Roeifiets: Vogabike ( [www.vogabike.com](http://www.vogabike.com) )

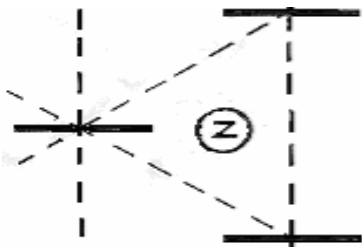


FIG.12

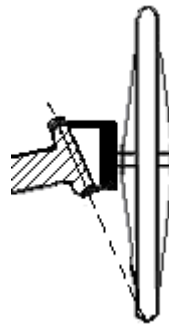


FIG.15

Bij centerpointbesturing snijdt de hartlijn door de fusees het wegdek door het vlak van het wiel. Zeker als je een enkel sturend voorwiel met fusee neemt, moet hiervoor gekozen worden. Op sommige moderne fietsen, scooters en motoren wordt dit toegepast. De fusee zit dan meestal midden in het wiel. Het wiel heeft dan de vorm van een pannendeksel.

Driewielers zijn in de bocht niet zo stabiel, omdat het zwaartepunt Z te dicht bij de kantellijnen ligt. Het binnenwiel heeft in de bocht de neiging omhoog te komen. Zodra het zwaartepunt over de kantellijn is, slaat de driewieler om. Het zwaartepunt dient zo laag mogelijk te liggen en zo ver mogelijk van de lijnen door de achteras en de voorassen (zie FIG.12). Driewielers met twee sturende voorwielen hebben een met de auto vergelijkbare stuurproblematiek. Wanneer we met zo'n driewieler een bocht maken, zal het wiel aan de binnenkant een kleinere draaicirkel moeten beschrijven dan het buitenste wiel. Beide wielen zijn d.m.v. het stuurstangstelsel met elkaar verbonden. De vorm van het trapezium wordt bepaald door de afstand naar 't midden van de achteras: het Ackermanprincipe (FIG.13). In de besturing kunnen energieverliezen ontstaan door slecht sporen (niet evenwijdig lopen van de wielen) Als de wielen naar binnen wijzen is er "toespoor" ; "uitspoor" is het naar buiten wijzen, dit laatste leidt tot instabiel gedrag en moet vermeden worden. Beide leveren extra wrijving en slijtage van de banden.

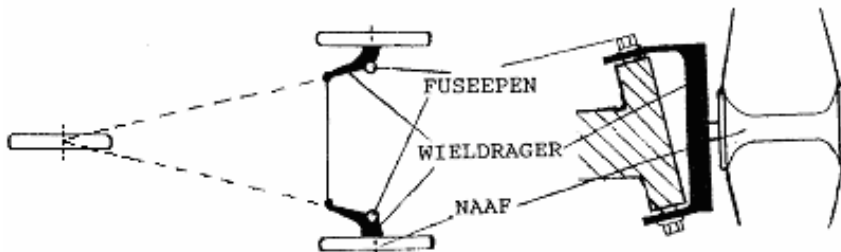


FIG.13

FIG.14

Het draaipunt van de wielen wordt gevormd door de fusees (zie FIG.14). Deze dienen schuin naar binnen (5-10°) en naar achter te hellen. Als de hoek tussen voorwiel en wegdek zo gekozen is, dat de hartlijn door de fusee het wegdek snijdt op het vlak door het wiel, heet dat centerpointbesturing (zie

FIG.15). Een nadeel hiervan is, dat speling in het stuurstangstelsel of de fuseepen zeer snel tot een z.g.n. shimmy leidt! Dit is een trilling om de lengteas van het voertuig. Bij twee sturende voorwielen kiest men daarom een wat steilere hoek (ook wel K.P.I. genoemd); het snijpunt met het wegdek valt nu tussen de wielen. De afstand tussen snijpunt en wielvlak noemt men de schuurstraal. Beide waarden zijn bepalend voor het stuurgedrag van de driewieler, met name voor de stabiliteit en het zelfcorrigerend effect bij het uitkomen van de bocht. Een grotere schuurstraal levert een sterker zelfcorrigerend gedrag op. Maar de besturing wordt zwaarder en het kost energie. Dit komt door extra wrijving (en daarmee extra slijtage van de banden). Centerpointbesturing wordt vaak gebruikt voor Human Powered Vehicles; energieverlies is eigenlijk onacceptabel, maar met name om de stabiliteit op topsnelheid te verbeteren, wordt soms gekozen voor bewuste afwijkingen van het Ackermann-principe en/ of een licht toespoor.

**Driewielers met één sturend voorwiel en een normale fietsvoorvork** moeten in vergelijking met een tweewieler een relatief grote vorkdoorbuiging (= "sprong") hebben, zo'n 10-15 % groter. Als de vorkdoorbuiging (sprong) klein is, is de naloop groot en het stuurkarakter erg stabiel. Bij lage snelheden hebben wij dan een grote stuuruitslag nodig om de bocht te maken; een gevolg van te grote stabiliteit.

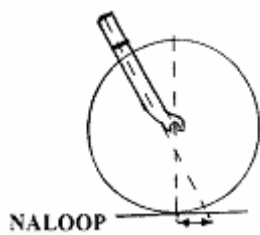


FIG. 16a. Goed

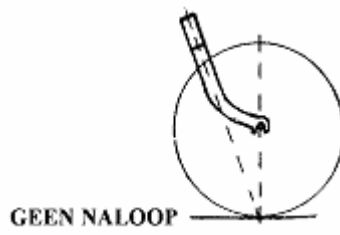


FIG. 16b. Fout

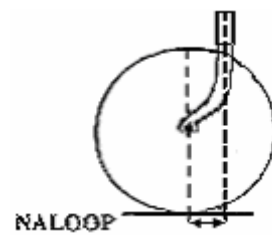


FIG.16c. Omgekeerd

Een bepaalde mate van instabiliteit is gewenst! Als de vorkdoorbuiging groot is, zullen de krachten die via de vork op het stuur uitgeoefend worden, ook groot zijn. Vooral bij hoge snelheden op hobbelige wegen maakt dit het sturen lastiger. Als de naloop nul is, heeft het voertuig geen eigen stabiliteit meer. Bij "voorloop" wil het alle kanten op behalve rechtdoor; dit is vermoeiend en gevaarlijk! Omkering van de voorvork wordt o.a. toegepast op stayerfietsen (achter de derny), maar vindt nu ook bij voorwiel-aandrijving wel toepassing.

Steile balhoofdhoeken en een grote vorkdoorbuiging maken het stuurkarakter directer. Minder steile balhoofdhoeken en weinig gebogen vorken maken het stuurkarakter stabiel. Naarmate de wielbasis (de afstand tussen voor en achteras) korter is, moet de doorbuiging kleiner gekozen worden. Bij motoren en brommers is er geen vorkdoorbuiging, maar staan de poten van de voorvork gewoon een aantal centimeters voor het balhoofd. Als een voorvork voor een gewone fiets recht wordt uitgevoerd, maakt het balhoofd een hoek met de voorvork.

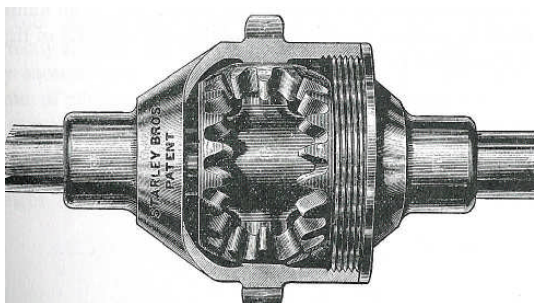


FIG.17 Het Starley differentieel

Het differentieel is een patent uit een driewielige fiets, lang voor de uitvinding van de explosiemotor. De auto heeft veel geprofiteerd van uitvindingen die door de rijwielindustrie gedaan zijn.

Bij **aandrijving op twee wielen dient er een differentieel gebruikt te worden** (zie FIG.17); dit is een constructie om het verschil in wielomwentelingen bij het nemen van een bocht op te vangen. Technisch is het mogelijk slechts een van beide achterwielen aan te drijven; goedkoper, maar weinig elegant (op invalidenfietsen zien we die oplossing nogal eens). Driewielers met voorwielaandrijving en twee sturende voorwielen, zullen naast het stuurmechanisme ook nog een aandrijf-as met differentieel moeten hebben. Bij auto's met voorwielaandrijving treffen we deze constructie ook aan. Het is wel moeilijk te construeren en de verliezen in de transmissie zijn vaak aanzienlijk. Er zijn in begin jaren tachtig enkele Cylodynes (zie FIG.6) gebouwd met differentieel en voorwielaandrijving; we zien het ook bij Sidewinder (FIG.7).



FIG. 18 Brike

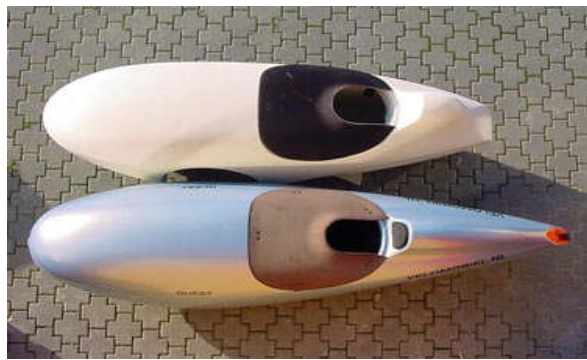


FIG. 19 Mango (boven) en Quest (onder)

Het schuin monteren van de wielen, wielvlucht, (V-vorm) komt voor bij geveerde wielen; bij inwerking staan de wielen dan weer verticaal. Af en toe worden wielen bewust in een “omgekeerde V” gezet ( zie FIG.18); deze afwijking van het verticale vlak wordt wielvlucht of “camber” genoemd. Dit zal in de bochten voordelen bieden, maar het geeft een wat hogere belasting van de wielen. Het is zeker aerodynamisch gunstig voor de stroomlijn, daarom wordt dit onder andere in de Mango en de Quest toegepast. Deze **velomobielen** laten bovendien mooi zien dat de ontwerper keuzes maakt! Bij de Mango kiest men voor open wielkasten en een korte staart; ongunstig voor de stroomlijn, maar beter voor de manoeuvreerbaarheid. Bij de Quest zien we een lange staart en dichte wielkasten; hier kiest men voor snelheid.



FIG.20 Zox ( [www.zoxbikes.com](http://www.zoxbikes.com) )



FIG.21 Vici ( [www.fastfwd.nl](http://www.fastfwd.nl) )

Heeft de driewieler één enkel sturend en aangedreven voorwiel dan kan men de ketting via rollen omleiden naar de naaf van het voorwiel. Neem dan een steile balhoofdhoek b.v. 85° zonder vorkdoorbuiging (een rechte vork, zie FIG.20 en FIG.30). In FIG.21 zien we een simpel voorbeeld met voorwielaandrijving en achterwielbesturing; de Jouta in FIG.23 is een modern voorbeeld met deze constructie (reeds besproken bij FIG.2) .



FIG. 22 Flevobike ( [www.flevobike.nl](http://www.flevobike.nl) )



FIG.23 Jouta

Je kunt hele fraaie ontwerpen maken in kunststof, zoals de Jouta of de Flevo Versatile van FIG.22, maar hout en staal zijn veel goedkoper. Het zitje is makkelijk in hout te maken. Zelfs het frame kan van hout gemaakt worden (zie FIG.24), maar de voorvork maken we toch liever van staal. In het algemeen geldt: hoe simpeler de constructie, hoe sneller de bouw.



**FIG.24 Houten trike van Sakari Holma.**

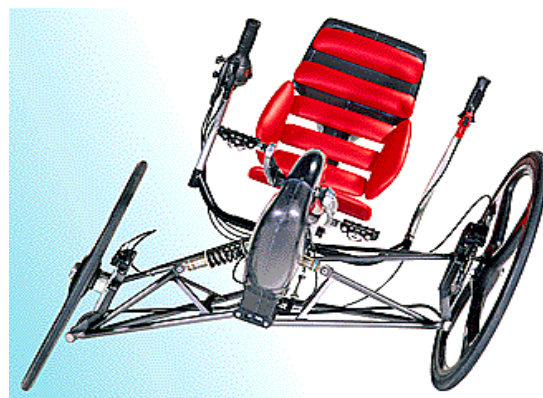


**FIG.25 Flevo Alleweder**

Bij de Alleweder (FIG. 25) wordt gebruik gemaakt van aluminium plaat en popnagels; de bouw is vergelijkbaar met boten en vliegtuigen. Bij de besturing van deze fiets, heeft men gekozen voor McPherson ophanging. De remmen zijn dan geïntegreerd in de verende vorkpoten; we vinden die constructie ook terug bij de Versatile en Velomobiel.



**FIG.26 Aiolos (zie FIG.5)**



**FIG.27 Tripendo ( [www.tripendo.com](http://www.tripendo.com) )**



**FIG.28 Newton ( [www.roman-road.co.uk](http://www.roman-road.co.uk) )**

Sommige constructies, zoals de hellende driewieler uit FIG.27, zetten hele ingenieursbureaus aan het werk. Waarom voetaandrijving? Handaandrijving kan ook (FIG.10) en zelfs de vouwtrike is er al (FIG.26 en FIG.5). Het is met behulp van een voorframe type Newton (FIG.28) zelfs mogelijk uw racer of ATB om te bouwen tot een goed sturende driewieler.



FIG.29 Trixstar



FIG.30 Chameleon ( [www.stitesdesign.com](http://www.stitesdesign.com) )

In FIG.29 zien we een oplossing voor het probleem met vaste hellingshoek bij een voorwiel aangedreven en achterwiel gestuurde driewieler, waarschijnlijk zijn het simpele gewrichten voor-onder en achter-boven het zitje. Door je lichaam samen met het voorframe af te zetten tegen het achterframe, heeft deze fiets zelfs een minimum draaicirkel van 2 meter. Een soortgelijk ontwerp is de Brike van FIG.18.

Heel bizar is de Chameleon (FIG.30); hier is het voorframe via een horizontaal lager (een hoek 0 ofwel 180 graden) met het achterframe verbonden. Het instabiele van de hoge zitpositie, zou volgens de fabrikant gecompenseerd worden door het hellende voorframe; het rijgedrag zou vergelijkbaar zijn met een tweewieler. De voorvork is via trekstangen bestuurbaar; de aandrijving is via een tussenas met kruiskoppeling, verbonden met de aandrijfzijde van de voorvork. Daarmee is de besturing onafhankelijk van de trapbeweging; technisch allemaal vernuftig, maar aerodynamisch een mislukking.

Er zijn nog veel meer driewielers; de werkelijkheid is altijd rijker: **een driewieler is niet alleen kinderspeelgoed en hoeft niet saai te zijn!**