

Een inventarisatie van de ergonomische aspecten van ligfietsen (I)

Brechtje J. Daams

Samenvatting

De ligfiets is in Nederland relatief populair, hoewel het relatieve aandeel in het totaal aantal fietsen nog niet groot is. Ligfietsers zijn meestal overtuigd van de voordelen van hun voertuig. In dit artikel wordt onderzocht of zij gelijk hebben, door een overzicht van ergonomische aspecten van ligfietsen te geven en een vergelijking met conventionele fietsen te maken.

Het blijkt dat ligfietsen in het algemeen comfortabeler, efficiënter en veiliger zijn dan conventionele fietsen. Nadelen zijn de prijs, op- en afstappen gaat iets minder snel, achterom kijken is soms lastig en instellen voor andere beenlengte kost enige moeite.

Introductie

Nederland is een uitstekend fietsland, met haar vlakke landschap en haar vele fietspaden. Nederland is ook het ligfietsland bij uitstek. Nergens ter wereld zijn er zoveel ligfietsers als in Nederland. Er rijden momenteel tussen de 10.000 en 20.000 ligfietsen rond en dit aantal groeit met enkele duizenden per jaar (Bakker, 1998). Er is een tiental ligfietsfabrikanten, dat relatief veel aan ontwikkeling doet. Nederlandse wedstrijd-ligfietsers zijn zeer succesvol bij internationale kampioenschappen.

De mensen die een ligfiets berijden zijn er van overtuigd dat deze comfortabeler, veiliger en efficiënter (kortom: ergonomischer) fietst dan een rechtopfiets. Is dit werkelijk het geval? Dit artikel zet de ergonomische aspecten van de ligfiets op een rij en vergelijkt ze met die van een conventionele fiets aan de hand van de beschikbare literatuur. Ter aanvulling wordt gebruik gemaakt van bronnen die ervaringskennis bevatten.

Wat is een ligfiets?

Een ligfiets is een door menskracht aangedreven voertuig waarbij de berijder een andere houding aanneemt dan bij een conventionele fiets. Bij een ligfiets bevindt de trapas zich vóór het lichaam van de berijder en maakt het bovenlichaam een hoek tussen 15° en 85° met de horizontaal, afhankelijk van

het model (Fehlau, 1994). Er bestaan ook 'buikligfietsen' waarbij de berijder voorover ligt, maar de lichaamsondersteuning is hierbij problematisch en buikligfietsen zijn dan ook zeer zeldzaam (Kyle, 1995). Ligfietsen worden tesamen met menskrachtaangedreven boten en vliegtuigen algemeen aangeduid als *Human Powered Vehicles* (HPV's). Een gewone racefiets wordt in de ligfietswereld aangeduid als 'UCI-fiets'. Een gewone fiets, in de wandel door ligfietsers 'rechtop-fiets', 'zitfiets' of 'bukfiets' genoemd, wordt in dit artikel aangeduid als 'conventionele fiets'.

Geschiedenis

De ligfiets is geen moderne vinding. Aan het eind van de vorige eeuw ontwikkelden de conventionele fiets en de ligfiets zich in gelijk tempo. In 1932 stond de internationale wielervedstrijden UCI (Union Cycliste Internationale) ligfietsen expliciet toe om deel te nemen aan wielervedstrijden. Toen de Fransman Français Faure in 1933 echter het werelduurrecord brak op een ligfiets, werden ligfietsen door de UCI uitgesloten van wedstrijden. Daarna stopte de professionele belangstelling en werden bouw en ontwikkeling van ligfietsen afhankelijk van enthousiaste zelfbouwers (Schmitz, 1994; Kyle, 1995).

Tijdens de oliecrisis in de jaren zeventig kwam de interesse voor de ligfiets weer terug. Nadat in Amerika een aantal records waren gebroken waaide de belangstelling over naar Nederland (o.a. door de publicatie van Gross e.a., 1983).

In Nederland werd in 1982 de eerste seriematig geproduceerde ligfiets op de markt gebracht. Dit was de Roulandt, ontworpen door Aart Roeland. Een paar jaar later maakten de eerste Nederlandse ligfietsfabrikanten (onder andere M5, Jouta en Flevobike) een voorzichtige start. Toen in het begin van de jaren negentig de goedkope elastomeer-veering op de markt kwam werden ligfietsen comfortabeler. Zodoende raakten ontwikkeling en productie van seriematig geproduceerde ligfietsen in een versnelling en werden ze ook betaalbaar(der).

Op dit moment worden er jaarlijks enkele duizenden ligfietsen in Nederland geproduceerd en verkocht. Zij worden nog steeds in kleine series gemaakt en blijven daardoor relatief duur. De Nederlandse Vereniging voor Human Powered Vehicles (NVHPV) richt de aandacht hoofdzakelijk op ligfietsen. Zij heeft meer dan 1500 leden en is daarmee verreweg de grootste ligfietsvereniging ter wereld.

*Brechtje J. Daams is werkzaam als directeur/adviseur bij Daams Ergonomie, onderzoek en advies
Adres: Mauvezand 17, 1251 JC Laren, Telefoon: 035 - 5317481*

De ligfietser

Na bestudering van het klantenbestand van de grootste ligfietsdealer in Nederland werd samen met de eigenaren Bouwman en Ter Braak de volgende analyse van de ligfietser gemaakt.

Ligfietsen wordt gedaan door mensen van alle leeftijden (Beams, 1995; Whitehead, 1996). De gemiddelde ligfiets-koper is een hoger opgeleide man tussen de 30 en 50 jaar, zonder speciale technische interesse, die het leuk vindt om iets nieuws te proberen en het niet erg vindt om nagestaard te worden. Eén op de vijf ligfiets-kopers is een vrouw. Ongeveer de helft van de ligfietsen wordt gekocht voor het woon-werkverkeer. De afstand wordt te lang gevonden voor de racefiets en de racefiets is niet comfortabel genoeg. De ligfietser is op zoek naar meer comfort en vindt de ligfiets leuk. Snel fietsen is niet het eerste argument voor aankoop. Sommige gebruikers kiezen voor een ligfiets vanwege een lichamelijke klacht.

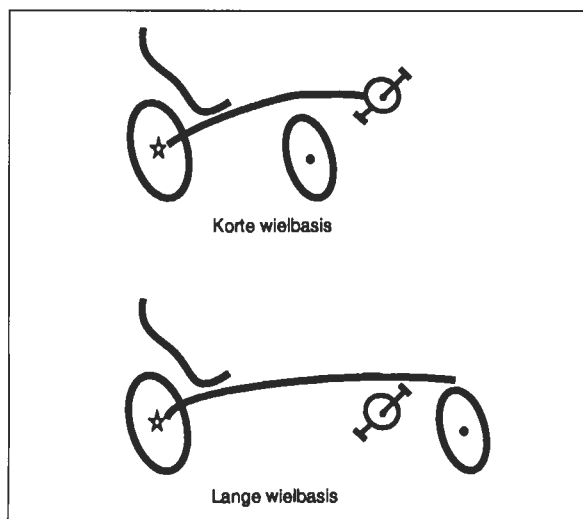
Technische kenmerken

In welk opzicht verschilt de ligfiets van de conventionele fiets? Lengte van de wielbasis, wielen, aandrijving, stuur en stroomlijn kunnen verschillen. Dé ligfiets bestaat echter niet. De grote variatie tussen ligfietsen in technische kenmerken wordt hieronder besproken.

Lengte van de wielbasis

Bij een korte wielbasis bevindt de trapas zich vóór het voorste wiel (zie figuur 1). Voordelen: kortere fiets, kleinere draaicirkel en grotere wendbaarheid. Ligfietsen met korte wielbasis zijn favoriet in Nederland.

Bij een lange wielbasis bevindt de trapas zich achter het voorste wiel. Voordeel: trapas en stoeltje kunnen lager geplaatst worden, waardoor het op- en afstappen makkelijker gaat. De fiets wordt er echter wel langer door. Ligfietsen met lange wielbasis zijn favoriet in Amerika.



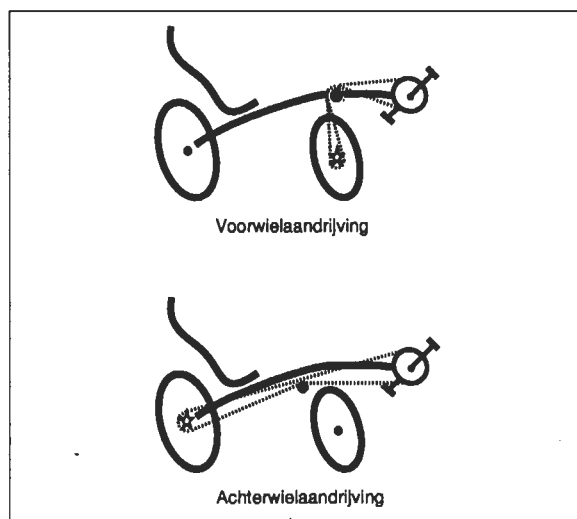
Figuur 1. Het verschil tussen een korte wielbasis en een lange wielbasis, schematisch weergegeven.

Wielen

De afmeting van de wielen varieert tussen de 16 inch en de 28 inch. De meest gangbare maten zijn 20', 26' en 28'. Het achterwiel is altijd groter dan of gelijk aan het voorwiel. De grootte van de wielen bepaalt de minimale zithoogte van de ligfiets. De meeste ligfietsen hebben twee wielen, een aantal ligfietsen heeft drie wielen. Twee wielen geven de minste rolweerstand en de snelheid in de bocht kan groot zijn. Drie wielen worden toegepast als extra stabiliteit gewenst is. Een driewielige fiets is zeer geschikt voor mensen met evenwichtsproblemen, voor het gebruik van een stroomlijn en voor het vervoer van zware lasten.

Aandrijving

De aandrijving van een ligfiets geschiedt door middel van een fietsketting, zoals bij een conventionele fiets. Er zijn ligfietsen met achterwiel- en met voorwiel-aandrijving (zie figuur 2).



Figuur 2. Het verschil tussen voorwiel-aandrijving en achterwiel-aandrijving, schematisch weergegeven.

Achterwiel-aandrijving heeft het voordeel dat het sturen niet belemmerd wordt. Bovendien is er meer grip op de weg en slijt het aandrijf wiel minder snel, vanwege de grotere druk op het achterwiel. De aandrijving is gelijk aan die van een conventionele fiets, dit kan een voordeel zijn in de ogen van mensen die niet zo van afwijkende fietsen houden. De ketting is echter zeer lang en moet voor een groot deel afgeschermd worden met een kunststof kettingbuis omdat hij anders vet afgeeft.

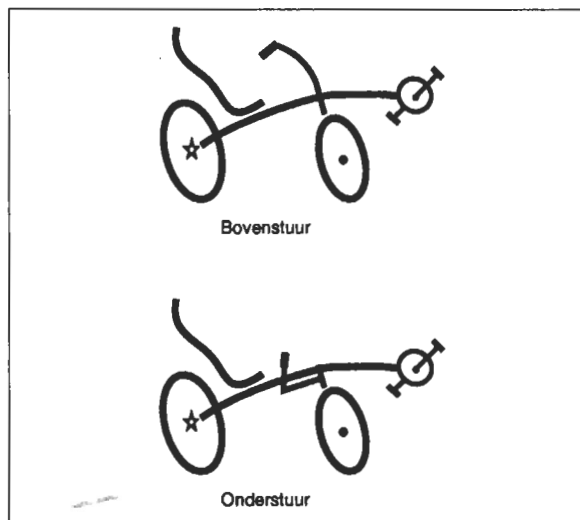
Voorwiel-aandrijving heeft het voordeel dat de ketting kort is. Dat scheelt onderhoud en kan de ligfiets visueel aantrekkelijker maken. Om te kunnen sturen is er óf een complex mechanisme nodig om de ketting te geleiden, óf er is een speciaal stuurmechanisme nodig.

De aandrijving van een roeifiets geschiedt op het achterwiel, via een stalen draad die de fietser aan-

drijft met een roeibeweging, met armen en benen tegelijk. De kracht wordt op het wiel overgebracht door een 'snek', een vinding van Derk Thijs (Zandbergen, 1998).

Stuur

Om te sturen zijn er drie mogelijkheden: een onderstuur, een bovenstuur en een Flevobike besturing (zie figuur 3). De meeste modellen zijn zowel met onderstuur als met bovenstuur verkrijgbaar.



Figuur 3. Het verschil tussen een bovenstuur en een onderstuur, schematisch weergegeven.

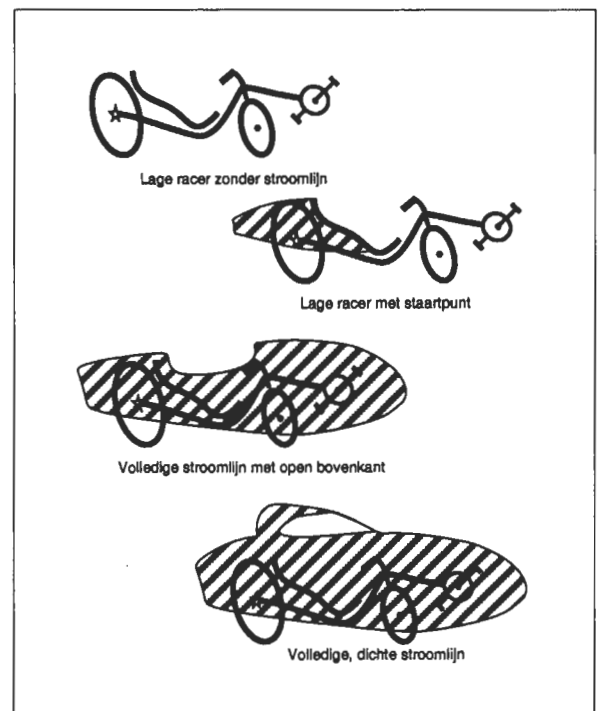
Een onderstuur zit onder het stoeltje. De houding bij het sturen is ontspannen. Het opstappen gaat iets makkelijker met een onderstuur dan met een bovenstuur. Bij een noodstop of botsing kan de fietser niet met kruis of borst tegen een stuurstang slaan. De stuuruitslag wordt echter beperkt doordat het stuur bij krappe bochten tegen het stoeltje aan komt. Een bovenstuur zit boven het stoeltje. Een bovenstuur kan meestal worden ingesteld tot de door de fietser gewenste hoogte, ongeveer halverwege elleboog- en schouderhoogte. De houding die de fietser al sturende aanneemt is bij een bovenstuur aerodynamisch gezien gunstiger dan bij een onderstuur, doordat de armen dicht bij elkaar gehouden worden. Het bovenstuur geeft gelegenheid om fietscomputer en achteruitkijk-spiegel duidelijk in beeld te monteren. Sommige ligfietzers vinden een bovenstuur prettiger omdat het ze een beschermd en vertrouwd gevoel geeft. Het stuur lijkt op een conventioneel fietsstuur.

Een klapstuur is een variant op het gewone bovenstuur. Een klapstuur kan van vóór naar achteren draaien om een scharnierpunt dicht bij het frame. Dit maakt opstappen makkelijker en maakt het mogelijk het stuur tijdens het fietsen dicht bij de gebruiker te positioneren. Een klapstuur stuurt lastiger bij grote krachtsinspanning, bijvoorbeeld tijdens wedstrijden.

De 'Flevobike' knikbesturing is bedacht door W. Wijnen en genoemd naar de eerste en tot nu toe enige productiefiets waarbij het principe werd toegepast. Bij de Flevobike wordt gestuurd door de benen en door verplaatsing van het lichaamswaartepunt (leunen). Een stuur is eigenlijk overbodig, maar kan beginnende rijders houvast geven voor de oriëntatie. Tijdens het fietsen kunnen twee handen gebruikt worden voor andere activiteiten. Door deze besturing is voorwielaandrijving mogelijk en is de fiets makkelijk deelbaar. Doordat het sturen van een Flevobike een evenwichtskunst is, is dit het enige model ligfiets dat werkelijk oefening nodig heeft voor men er zo op weg kan rijden.

Stroomlijn

Een stroomlijn kan gedeeltelijk of geheel zijn (zie figuur 4). De meeste ligfietsen hebben geen stroomlijn.



Figuur 4. Een lage race-fiets zonder stroomlijn en met diverse vormen van stroomlijn, schematisch weergegeven. De stroomlijn is gearceerd en transparant weergegeven.

Een staartpunt is een stroomlijn achter de stoel. Deze wordt in wedstrijden veel gebruikt. Sommige staartpunten kunnen als bagageruimte benut worden.

Een volledige stroomlijn met open bovenkant, zodat het hoofd er uit steekt, is aerodynamischer dan een staartpunt en hiermee gaat men daarom sneller. Voordelen zijn daarnaast dat bagage goed beschermd wordt en dat de berijder weinig last heeft van wind, regen en koude. Nadelen zijn dat meer parkeerruimte nodig is, in- en uitstappen minder makkelijk gaat en het gewicht van de stroomlijn meeverst moet

worden. Dit laatste telt vooral bij frequent optrekken (in de stad) en bij klimmen (in de bergen). Een tweewielige stroomlijn is bij harde wind moeilijk bestuurbaar.

Een volledige, dichte stroomlijn wordt alleen in wedstrijden gebruikt. Hierbij zijn fiets en rijder geheel ingesloten. Naast de voordelen van optimale aerodynamica en optimale bescherming tegen regen en wind zijn er voor dagelijks gebruik doorslaggevende nadelen: het gezichtsveld is beperkt door de stroomlijn en mogelijk door vochtaanslag binnen (zweet) en buiten (regen). Ventilatie is niet goed regelbaar en de temperatuur kan hoog oplopen. Het verkeer is binnen slecht te horen. Parkeerruimte, gewicht en windgevoeligheid zijn ook hier een nadeel.

Ergonomische aspecten

Zijn ligfietsen ergonomischer dan conventionele fietsen? In de volgende paragrafen worden achtereenvolgens de efficiëntie, het comfort, de veiligheid en andere aspecten van dagelijks gebruik besproken en vergeleken.

Efficiëntie tijdens fietsen

Aerodynamica en vermogen

Het grootste deel van de energie die een fietser verbruikt om vooruit te komen, gaat zitten in het overwinnen van de luchtweerstand. Bij een snelheid van 25 km/uur kost dat 80% van de energie (Moquette, 1998). De luchtweerstand bepaalt daarom voor het grootste deel de efficiëntie tijdens het fietsen.

De grootte van de luchtweerstand wordt bepaald door onder andere het frontale oppervlak, de vorm van fiets en berijder, de oppervlakte-textuur en de snelheid van de fiets ten opzichte van de lucht. De luchtweerstand is evenredig met het kwadraat van de snelheid. Hoe hoger de snelheid, des te meer voordeel een aerodynamische fiets heeft (Gross e.a., 1983)

Een ligfiets heeft een kleiner frontaal oppervlak dan een conventionele fiets en is daarom aerodynamischer, zodat er bij wind veel voordeel mee te halen is. Met dezelfde inspanning fietst men sneller. Gestroomlijnde ligfietsen hebben ook een betere vorm en oppervlakte-textuur, waardoor ze het meest aerodynamisch zijn. Verschillende snelheden van diverse fietsen bij een constant vermogen zijn te zien in tabel 1.

Het vermogen dat de ligfietser kan leveren wordt grotendeels bepaald door de hoek die de bovenbenen maken met de romp. Reiser en Peterson (1998) concluderen na een grondig literatuuronderzoek dat de optimale houding voor een succesvolle ligfiets echter niet alleen op grond van maximaal vermogen wordt bepaald. Vele andere factoren, waaronder stroomlijn, efficiëntie van de aandrijving, zicht en

Tabel 1. Snelheid van verschillende typen fietsen bij een geleverd vermogen van 250 Watt. Metingen Bert Hoge. Bron: Bakker, 1998.

Type fiets	Snelheid (km/u)
Standaard fiets rechtop-zit	29
Racefiets toerhouding	32
Racefiets racehouding	35
Triathlonfiets	37
Hoge roelfiets	38
Ligfiets (zithoogte 60 cm)	38,5
Ligfiets (zithoogte 40 cm)	39,5
Ligfiets (zithoogte 20 cm)	41
Aluminium Alleweder	42
C-Alleweder (kunststof)	45
Ligfiets (zithoogte 20 cm) met staartpunt	45
Ligfiets (zithoogte 20 cm) met schuimstroomlijn	51
Ligfiets met aërodynamische kuip	69

stabiliteit, bepalen mede de beste houding. Meer onderzoek op dit gebied is nodig. Niettemin wordt er een houdingsadvies gegeven: de benen min of meer horizontaal en de hoek tussen benen en romp tussen de 105° en de 130°. Dit komt overeen met de bevindingen van Abott en Wilson (1995). De hoeveelheid zuurstof die kan worden opgenomen is gelijk voor de conventionele houding en de ligfiets-houding (Nadel en Bussolari (1988), geciteerd in Drela, 1998).

Een algemene ligfietswijsheid is dat bij ligfietsen andere spieren gebruikt worden dan bij gewoon fietsen. Uit onderzoek van de Groot (1999) is dit echter niet duidelijk geworden.

De aerodynamicus Wichers Schreur (1999) concludeert dat de aerodynamica van wedstrijd- en racefietsen tot nu toe werd verbeterd ten koste van andere aspecten, met redelijk succes. Om optimale prestaties te kunnen leveren zullen alle factoren echter in samenhang moeten worden onderzocht en verbeterd.

Kortom, de aerodynamica van ligfietsen is beter dan die van conventionele fietsen, waardoor de efficiëntie groter is.

Comfort tijdens fietsen

Hoe is het comfort van een ligfiets ten opzichte van een conventionele fiets? Comfort wordt beïnvloed door houding, hoofdsteun, zithoogte, vorm van de stoel, materiaal van de stoel en vering.

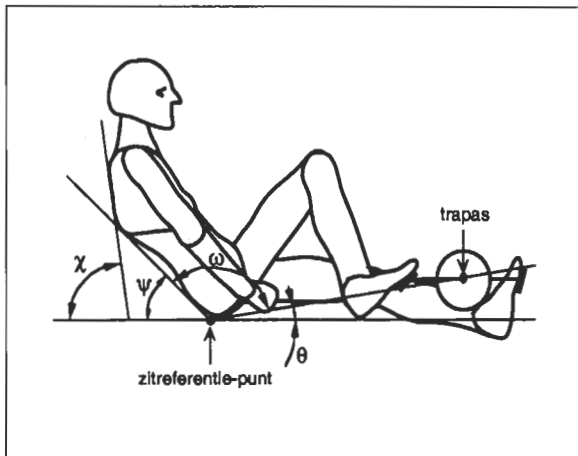
Houding

De houding op een ligfiets is ontspannen, vraagt minder inspanning dan de houding op een conventionele fiets. Dit is een belangrijk ergonomisch voordeel.

Uit een overzichtstabel van Staarink (1995) is de conclusie te trekken dat ligfietsen (zowel toer als

race) een zithouding hebben die overeenkomt met de voorkeurshouding voor rusten. Het hoofd kan zonder moeite rechtop gehouden worden, aangezien het bovenste deel van de stoel de schouders ondersteunt. Handen, polsen, armen, schouders en nek worden nauwelijks belast, zodat de fietser daar geen last van krijgt, ook niet op de lange duur.

De houding van een ligfietser wordt bepaald door de vorm en oriëntatie van de stoel, en de locatie van de trapas. De houding wordt daarom gedefinieerd door: χ , de hoek tussen schouders en horizontaal (de 'schouderhoek'); ψ , de hoek tussen romp en horizontaal (de 'rughoek'); θ , de hoek tussen de lijn zitreferentiepunt - trapas en de horizontaal (de 'traphoek'). Zie figuur 5. De resulterende hoek (ω) tussen romp en de lijn zitreferentiepunt - trapas (de 'romp-beenhoek') is belangrijk omdat deze grotendeels het maximale vermogen bepaalt.



Figuur 5. De houding van een ligfietser wordt gedefinieerd door: χ , de schouderhoek; ψ , de rughoek; θ , de traphoek (zie de tekst). De resulterende romp-beenhoek (ω) bepaalt grotendeels het maximale vermogen.

Is de rughoek te groot, dan zit men op de bilspieren die in hun doorbloeding gehinderd worden. Lang te rechtopzittend fietsen kan leiden tot pijnlijke en gevoelloze billen. Is de rughoek te klein, dan kost het moeite om het hoofd recht te houden, wat kan leiden tot nekpijn.

De optimale rughoek varieert afhankelijk van de toepassing van de ligfiets en van de voorkeuren van de gebruikers. Beginnende ligfietzers zitten liever wat rechter op, want deze houding lijkt meer op de bekende fietshouding, geeft meer gevoel van beheersing en biedt de mogelijkheid om gedeeltelijk te sturen met het lichaamsgewicht (dit laatste gaat niet bij een zeer liggende houding). Bij geoefende ligfietzers lopen de voorkeuren uiteen. In het algemeen is de rughoek tussen 15° en 85° (Fehlau, 1994). De hoek tussen schouders en rug mag niet te klein wor-

den, omdat de ademhaling dan enigszins belemmerd wordt. Een zeer laag geplaatste trapas trapt niet zo prettig omdat men zich uit het stoeltje trapt. Een lage trapas heeft meestal ook een grote hoek tussen romp en benen tot gevolg, wat niet gunstig is voor het maximale vermogen. Bij een trapas die te hoog zit krijgt men snel 'dooie tenen' door het trappen. Dit is voornamelijk een probleem bij wedstrijd fietsen.

Bij een aantal ligfietsen is de hoek van het stoeltje, en daarmee de houding, instelbaar. De tijd die hiervoor nodig is varieert.

Hoofdsteun

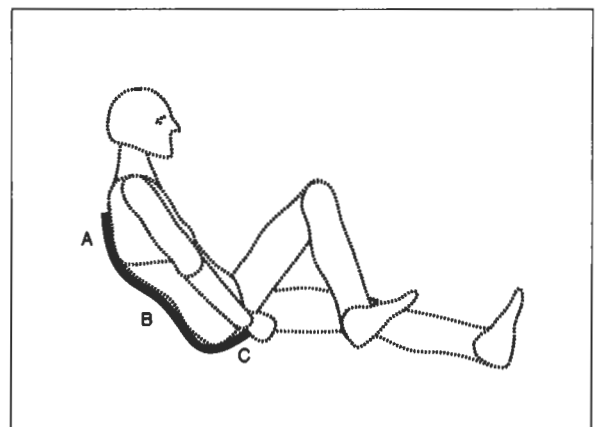
Een hoofdsteun is bij de juiste houding in principe niet nodig. Toch zijn er mensen die er graag een gebruiken. Sommige wedstrijd fietsers willen zo laag liggen dat ze wél een hoofdsteun nodig hebben, om op de weg te kunnen kijken en nekkramp te voorkomen. Bakker (1998) raadt aan om slechts bij zithoeken kleiner dan 25° een hoofdsteun te monteren: bij grotere zithoeken is het alleen maar lastig omdat alle trillingen van de fiets direct via de steun worden doorgegeven aan het hoofd.

Zithoogte

Voor comfortabel en veilig fietsen moet de zithoogte zodanig zijn dat de fietser rechtop-zittend op het randje van de stoel met zijn of haar voeten goed bij de grond kan. De zithoogte moet daarom een stuk lager zijn dan de binnenbeenlengte (bij een staand persoon van de vloer tot het kruis). De zithoogte kan variëren tussen enkele cm boven de grond (extreem lage racer) en 68 cm (hoge fiets). Een lagere zithoogte heeft automatisch een lagere ooghoogte tot gevolg. Of dit wenselijk is hangt af van het doel van de fiets en de mening van de gebruiker.

Vorm van de stoel

Een ligfietsstoel bestaat uit drie delen, zie figuur 6: (A) ondersteuning van de schouders; (B) ondersteu-



Figuur 6. Een ligfietsstoel is opgebouwd uit drie vlakken: (A) ondersteuning van de schouders; (B) ondersteuning van de rug; (C) ondersteuning van het zitvlak.

ning van de rug en (C) ondersteuning van het zitvlak. De juiste afmetingen zijn belangrijk. Is de ondersteuning van het zitvlak te lang, dan belemmert deze het fietsen, is deze te kort, dan glijdt de fietser er makkelijk af. Is de ondersteuning van de schouders te lang, dan raakt deze de nek. Is de ondersteuning van de rug niet de juiste lengte, dan past de hele stoel niet.

De vorm van de stoel is op dit moment ergonomisch gezien wellicht het minst ontwikkelde deel van de ligfiets. Een lumbaalsteun is niet altijd aanwezig. De meeste modellen stoelen zijn slechts verkrijgbaar in één maat, sommige in enkele maat-varianten. Idealiter wordt elke stoel echter op maat gemaakt, aangezien geen rug hetzelfde is (Staarink, 1999). Met vrouwen moet expliciet rekening worden gehouden. Niet zozeer door extra breedte, als wel door extra diepte van de stoel. Zij hebben nu eenmaal meer bil, waar ruimte voor moet zijn aan de achterkant van de stoel. Bij de meeste stoelen is die ruimte op dit moment onvoldoende, waardoor vrouwen minder of geen steun hebben aan de lumbaalsteun. Voor zover die al aanwezig is en op de goede plaats zit.

Met behulp van een goed kussen kan de vorm van de stoel worden geoptimaliseerd en kan een ontbrekende lumbaalsteun worden gecompenseerd. Bij driewielers kunnen zijsteunen aan de rugleuning het comfort in de bocht verhogen.

Materiaal van de stoel

Ligfietsstoelen worden gemaakt van hout of kunststof, en bekleed met een kussen van kunststof schuim, van latex met een leren overtrek of van gelaagd materiaal. Het laatste ventileert het beste maar heeft het nadeel dat het water opzuigt als het regent. De andere kussens ventileren minder goed en zijn daardoor nogal broeierig en zweterig. Er zijn ook stoelen die bestaan uit gaas, gespannen over buis. Dit ventileert goed maar bij kracht zetten veert het materiaal in, wat niet erg efficiënt is.

Vering

Vering zorgt ervoor dat de ligfiets comfortabel over oneffenheden rijdt. Dit is ook nodig, aangezien de ligfietser niet de mogelijkheid heeft om even 'op de pedalen te gaan staan' waardoor de benen als schokdemper gebruikt worden. "Liggen is alleen comfortabel in combinatie met vering" (Wijnen, geciteerd door Steeman, 1991). Bijna alle ligfietsen zijn enkel geveerd door elastomeer-vering. Enkele modellen zijn zowel voor- als achter geveerd en soms wordt hydraulische vering toegepast. Race-ligfietsen hebben geen vering en zijn daarom iets minder comfortabel op de weg.

Kortom: ligfietsen zijn, mits geveerd en juist gedimensioneerd, comfortabeler dan conventionele fietsen. De houding is meer ontspannen.

Veiligheid

Hoe veilig is een ligfiets ten opzichte van een conventionele fiets? Veiligheid en gezondheid worden beïnvloed door stabiliteit, zicht, zichtbaarheid, remgedrag, vallen en knie-blessures.

Stabiliteit

Bij ligfietsen ligt het zwaartepunt lager dan bij conventionele fietsen. De wegligging is daardoor stabiel. Bij extreem lage ligfietsen is daarnaast de slinger-tijd korter, waardoor er minder tijd is om te corrigeren als de fiets uit balans raakt en de bovenkant heen en weer slingert ten opzichte van de onderkant. De wegligging is overigens óók afhankelijk van de vorm van de voorvork, net als bij een conventionele fiets. Een ligfiets ligt in de bocht extra stabiel, omdat je op een ligfiets kan dóórtrappen en versnellen in de bocht. Dit kan door de hoge trapas, zodat de pedalen niet tegen de grond komen. Het bovenlichaam in het stoeltje leunt automatisch mee in de bocht. Hierdoor wordt het schuinhangen goed gevoeld. Dit veroorzaakt het sensationele en onnavolgbare 'ligfiets-bochten-gevoel' (Fehlau, 1994).

Zicht

Het goede (uit)zicht vanaf een ligfiets is een belangrijk voordeel. Zonder enige moeite kijkt de berijder vooruit en recht op de weg, met een onbeperkt blikveld. Deze houding is optimaal voor de ogen (Wijnen, 1985). Bij een conventionele racefiets vermoeit het vooruit kijken op de weg de oogspieren. Dat heeft tot gevolg dat de fietser in de praktijk zijn blik op de weg vlak vóór hem zal houden, waardoor de weg verderop in het perifere blikveld ligt en dus minder nauwkeurig wordt waargenomen, met slechts 2 % van de gezichtsscherpte. Dit is een gevaarlijke situatie. Ook indien met het hoofd voorovergebogen de blik geforceerd op de weg vooruit wordt gericht is de gezichtsscherpte niet optimaal. Deze problemen treden niet op bij ligfietsen. De conclusie is dat de ligfietshouding het meest aangenaam is en tegelijkertijd in deze houding de verkeersveiligheid het grootst is.

Hoeveel (over)zicht men heeft in druk verkeer hangt mede af van de ooghoogte, die afhankelijk is van de zithoogte en de zithoek. Omkijken is lastig op een relatief liggende ligfiets-stoel. Veel ligfietsers hebben een spiegeltje aan stuur, fietshelm of bril gemonteerd om het achteruitzicht te verbeteren. Hierdoor heeft men zonder moeite continu achteruitzicht, wat op zichzelf weer een voordeel is. Volgens Wijnen heeft de ligfietser een spiegel echt nodig. Deze mening wordt gedeeld door veel ligfietsers.

Bij het oversteken van een weg op een onoverzichtelijke plaats is het onprettig om voeten en benen bloot te stellen aan gevaar dat men even later pas kan zien. Een simpele oplossing hiervoor is het even 'rechttop' op het stoeltje gaan zitten. Meestal is dit geen echt probleem, omdat men bij onoverzichtelijke

kruisingen sowieso stopt (waarbij velen vanzelf rechtop gaan zitten).

Zichtbaarheid

Een gewone ligfiets is even zichtbaar als een conventionele fiets. De lagere modellen worden soms door de gebruiker voorzien van een fietsvlag om voldoende op te vallen. Dit doet het aerodynamische voordeel van 'laag zitten' echter gedeeltelijk teniet. Een vlag op de fiets wordt door stoere ligfietsers onrecht beschouwd als iets voor mietjes.

Remgedrag

Een conventionele fietser die te hard remt slaat letterlijk over de kop. Een ligfietser die maximaal remt zal nooit over de kop slaan, als het zwaartepunt onder een bepaalde grens ligt. Deze grens is berekend door Fehlau (1994). Met een ligfiets kan daarom harder veilig geremd worden dan met een conventionele fiets. Experimenten toonden een 60% betere remprestatie van ligfietsen met een lange wielbasis, ten opzichte van een conventionele fiets (Fehlau, 1994).

Vallen

Een ligfietser zit vaster in zijn stoel dan de fietser in het zadel zit. Een ligfietser valt daarom niet zo snel van zijn fiets, maar gaat eerder met fiets en al onderuit. Een ligfietser valt nooit van grote hoogte. Het zwaartepunt ligt lager dan bij een conventionele fiets, dus de val zal minder hard zijn. Een ligfietser heeft zijn benen in de kreukelzone, dat is beter dan het hoofd. Een ligfietser valt bijna altijd op zijn zij. Waar een conventionele fietser nog wel eens op zijn hoofd wil vallen, is de ergste schade bij een ligfietser een geschaafde dij en elleboog (zelfs bij snelheden tot 70 km per uur). Bij een verkeersongeluk met een conventionele fiets worden vaak gevaarlijke inwendige kwetsuren opgelopen doordat de fietser met de buik tegen het fietsstuur slaat. Dat kan niet gebeuren op een ligfiets met onderstuur. Het enige wat men nooit moet doen is één voet aan de grond zetten op een met enige snelheid rijdende ligfiets. Hierdoor kan men onaangenaam vallen.

Knie-bleesures

Op een ligfiets kan de fietser zich bij het kracht leveren afzetten tegen de stoel. Op deze wijze kan veel kracht gezet worden. Dat heeft wel tot gevolg dat er eerder gevaar is voor overbelasting, speciaal van de knieën.

Kniebleesures komen bij ligfietsers vaker voor dan bij conventionele fietsers. Dit is al sinds het begin van de jaren tachtig bekend bij bewegingswetenschappers (De Groot, 1999). Om dit te voorkomen wordt een hoge trapfrequentie aanbevolen: minstens 90 omwentelingen per minuut en in de bergen minimaal 75 (Fehlau, 1994). Een fietscomputer met candsmeter is hierbij een nuttige hulp.

Fehlau raad beginners ook aan minimaal een half jaar te trainen alvorens men zware tochten gaat ondernemen, en de spieren altijd een opwarm- en afkoelfase te gunnen.

Snel accelereren, vooral met zware bepakking, belast de knieën zwaar en kan door ongetrainden beter vermeden worden.

In conclusie: een ligfiets is veiliger dan een conventionele fiets. De stabiliteit is minstens even goed of beter, het zicht is beter, het remgedrag is beter, de fietser valt nooit van grote hoogte en nooit op zijn hoofd. Aan de andere kant is de zichtbaarheid van een ligfietser hoogstens zo goed als die van een conventionele fietser, kniebleesures komen eerder voor en omkijken is soms lastig.

Aspecten van dagelijks gebruik

Hoe scoren een aantal aspecten van dagelijks gebruik van een ligfiets ten opzichte van een conventionele fiets?

Leertijd

Het leren fietsen op een ligfiets is niet moeilijk, binnen een paar minuten rij je er op weg. Het maakt daarbij niet uit of het om een ligfiets met onder- of bovenstuur gaat. Bij enkele types met een geheel afwijkend stuursysteem zal het langer duren (NVHPV, 1997).

Op- en afstappen

Op- en afstappen op een ligfiets gaat iets minder snel dan op een conventionele fiets. Dit geldt vooral voor ligfietsen met bovenstuur, waar men echt 'achter het stuur' moet kruipen.

Fietsen in de regen

Op een ligfiets wordt men in de regen niet natter dan op een conventionele fiets. Wel houdt men drogere voeten en benen, omdat de trapas zo hoog zit dat ze van spatwater verschoond blijven. Gewone regenkleding voldoet op een ligfiets overigens goed. Gestroomlijnde ligfietsen beschermen de gebruiker goed tegen de regen (NVHPV, 1997).

Reacties van dieren

Honden zien een ligfietser als een vluchtend prooidier en bejegenen vooral lage ligfietsers agressief. Paarden daarentegen zien een ligfietser juist als een aanvallend roofdier en kunnen op hol slaan als ze een ligfietser zien. De ligfietser kan in zo'n geval het beste zijn benen stil houden, of zelfs even stoppen (Bakker, 1998).

Pedalen

Omdat de benen in een min of meer horizontale houding draaien is een goede grip tussen schoenen en pedalen zeer belangrijk. Schoenen met een gladde zool zijn eigenlijk ongeschikt om mee te fietsen,

want door de houding schieten de voeten vaker van de pedalen dan bij een conventionele fiets en dan heeft de fietser een sterk verminderde controle over de fiets.

Met clipless pedalen kan meer kracht gezet worden en een hoger beentempo worden aangehouden. Bovendien rijdt het meer ontspannen, omdat je niet hoeft op te letten om de voeten op de pedalen te houden, en je kan in stilstand de benen laten hangen. Om optimaal voordeel uit een ligfiets te halen is het gebruik van clipless pedalen sterk aanbevolen (Bakker, 1998).

Instelling op lengte

Ligfietsen zijn niet snel in te stellen voor fietsers van verschillende lengte. Voor instelling op andere beenlengtes wordt de neusbuis waar de trapas op vast zit versteld ten opzichte van het frame met het stoeltje. Bijna altijd is het daarbij nodig om de ketting te verkorten of te verlengen. Voor het veranderen van de instelling zijn enkele minuten, een kettingpons en een imbusleutel nodig. Van enkele fietsen worden niet trapas en ketting, maar het stoeltje verzet. Dit gaat sneller en behoeft alleen een passende sleutel. De C-Allweder is het snelst ingesteld: het stoeltje is bevestigd met klitteband.

Een voordeel is dat de meeste fietsen traploos verstelbaar zijn van klein naar heel groot, zodat ze bijvoorbeeld mee kunnen groeien met tieners tot ze twee meter lang zijn (wel stoel ruilen voor een grotere maat). Voor kleine mensen kan het moeilijk zijn om een goed passende ligfiets te vinden. De meeste modellen worden in slechts één maat geleverd, een paar in twee maten.

Verzet

De ligfiets heeft een zeer groot bereik wat de overbrengverhouding tussen trapas en wiel betreft. Door de grote afstand tussen kettingbladen (de grote tandwielen bij de trapas) en pignon (de set tandwielen aan het achterwiel) is de afstemming tussen de twee minder kritisch. Het grootste verzet vóór kan gecombineerd worden met het grootste verzet achter, en het kleinste vóór met het kleinste achter. Bij een conventionele fiets is dit niet mogelijk. Bij een goed overdachte combinatie van kettingbladen en tandwielen is het voordeel dat iedere overbrengverhouding die men wenst altijd bij de hand is. Zo hoeft de pignon niet te worden gewisseld voor bergvakanties of voor wedstrijden.

Vervoer

Een ligfiets kan even goed vervoerd worden als een conventionele fiets: met een beetje puzzelen past hij in, op of achter de auto, en makkelijk in het bagageruim van de trein.

De lange ketting die de meeste ligfietsen hebben kan bij vervoer onhandig zijn. Hij loopt weliswaar grotendeels door kunststof kettingbuizen, maar met een

vieze ketting is het tijdens tillen en verplaatsen toch moeilijk handen en kleren schoon te houden.

Kortom, op de meeste aspecten van dagelijks gebruik is de ligfiets niet significant verschillend van de conventionele fiets. Wel worden clipless pedalen aanbevolen, gaat op- en afstappen iets minder snel, kunnen dieren heftig reageren op een ligfiets, en is instelling voor andere beenlengte lastiger. Voordelen van de ligfiets zijn dat de voeten droger blijven bij regen en het verzet een groot bereik kan hebben.

Aanbevelingen

Onderzoek

Tot nu toe is er weinig onderzoek naar de ergonomie van ligfietsen verricht, waardoor de huidige kennis onvoldoende onderbouwd is. Onderzoek is wenselijk om de ligfiets boven het niveau van ervaringskennis en casuïstiek te tillen, en de ergonomie gericht te kunnen verbeteren. Bijvoorbeeld door onderzoek naar:

- de beste houding voor optimaal comfort en de grootste efficiëntie, waarbij tevens rekening gehouden wordt met de aerodynamica;
- de stoel: welke vorm is het beste en hoeveel modellen zijn nodig om zo veel mogelijk gebruikers goed te laten zitten?
- het verschil in spierwerking en beweging tussen ligfietsen en conventionele of race-fietsen.

Productie en verkoop

Het instellen van ligfietsen op beenlengte zou eenvoudiger en sneller moeten kunnen.

Om knieblessures bij beginnende ligfietsers te voorkomen zou iedere ligfietsverkoper zijn klanten moeten adviseren over de minimale cadans en de fiets standaard met cadansmeter moeten uitrusten.

Conclusie

De algemene voordelen van de ligfiets ten opzichte van de conventionele fiets zijn: groter comfort, efficiënter dus sneller, veiliger (stabiliteit minstens even goed, beter zicht, beter remgedrag, vallen is gunstiger), voeten blijven droger bij regen en het verzet kan een groot bereik hebben. Deze voordelen komen vooral tot hun recht bij het fietsen van lange afstanden.

De algemene nadelen van de ligfiets zijn: duurder dan een conventionele fiets, knieblessures kunnen eerder voorkomen, iets minder snel op- en afstappen, dieren kunnen heftig reageren, achterom kijken is soms lastig en instellen voor andere beenlengte is lastiger.

Met dank aan Ben Wichers Schreur, Francis Bouwman en Frank ter Braak.

Literatuur

Abott, A.V., en Wilson, D.G.

1995 Human power transfer to modern vehicles. In: Abott, A.V. en Wilson, D.G. (eds.), Human-Powered Vehicles, Human Kinetics, Champaign. 29-45.

Bakker, K.

1998 Ligfietsen. Fietsersbond enfb, Woerden.

Beams, W.R.E.

1995 Octogenarian cyclist. Human Power, 12 (1), 16.

Drela, M.

1998 Oxygen uptake, recumbent vs upright. Human Power, 12 (2), 17.

Fehlau, G.

1994 Das Liegerad. Moby Dick Verlag, Kiel.

Groot, G. de

1999 Mondelinge mededeling

Gross, A.C., Kyle, C.R. en Malewicki, D.J.

1983 The aerodynamics of human-powered land vehicles. Scientific American, 249 (6), 126-134.

Moquette, J.

1998 Welk bandje rolt het snelst? Fiets, nr. 8, 48-51.

NVHPV (Nederlandse Vereniging voor Human

Powered Vehicles)

1997 Alles over ligfietsen en andere HPV's. Voorlichtingsbrochure.

Reiser, R.F. en Peterson, M.L.

1998 Lower-extremity power output in recumbent cycling: a literature review. Human Power, 13 (3), 6-13.

Schmitz, A.

1994 Why your bicycle hasn't changed for 106 years. Human Power, 11 (3), 4-9.

Staarink, H.A.M.

1995 Sitting posture, comfort and pressure. Proefschrift. Delftse Universitaire Pers, Delft.

Staarink, H.A.M.

1999 Mondelinge mededeling.

Steeman, P.

1991 Fietsen op je rug. Philip Morris Reclame tijdschrift, nov./dec. 1991.

Whitehead, S.

1996 Pedeluxe cyclecar. Human Power, 12 (3), 15-16.

Wichers Schreur, B.G.J.

1999 Mondelinge mededeling

Wijnen, W. van

1985 Oogheelkundige overpeinzingen over de houding van de fietser. Fiets, maart 1985, 27-29.

Wijnen, W. van

1999 Mondelinge mededeling.

Zandbergen, G.

1998 Fietser roeit naar Parijs. De Volkskrant, 19 september 1998.

Ergonomics of recumbent bicycles

Summary

In the Netherlands, recumbent bicycles are relatively popular. Still, they are few in number. Recumbent cyclists are generally convinced of the advantages of their vehicle. In this article their opinion is investigated by giving an overview of the ergonomic aspects of recumbents and comparing them with upright bicycles. The results indicate that recumbents are generally more comfortable, more efficient and safer than upright bicycles. Disadvantages are the price, getting on and off takes slightly more time, looking over the shoulder may be more difficult and adjusting for leg length takes some effort.

FYSERGO B.V.

Bedrijfsergonomie &
Bedrijfsfysiotherapie

ISO 9002

Fysergo zoekt i.v.m. uitbreiding van de activiteiten kandidaten voor de functie van

Ergonoom (m/v)

Functieprofiel:

- Een representatieve man of vrouw met affiniteit voor het bedrijfsleven, met goede contactuele en communicatieve eigenschappen en die zich durft te onderscheiden van anderen.
- Academisch werk- en denkniveau en een opleiding op het gebied van ergonomie, bij voorkeur aangevuld met de Postdoctorale beroepsopleiding Ergonomie bij Arbeid.
- Werkervaring op het gebied van Human centred design.
- In het bezit van rijbewijs B.

Functie:

- U adviseert op het gebied van de ergonomie.
- U ontwerpt arbeidssituaties.
- U ondersteunt projectteams in de verschillende projectfasen.
- U ontwikkelt ergonomie adviestrajecten, trainingen en integreert deze in kwaliteitssystemen van bedrijven.

Fysergo b.v. is een landelijk opererende, dynamische onderneming met een duidelijke groeistrategie, een open enthousiaste no-nonen mentaliteit met ruimte voor initiatieven en individuele ontplooiing.

Voor informatie kunt u contact opnemen met:
drs. I. Houting, 06 - 55 777 822

Uw schriftelijke sollicitatie inclusief cv kunt u binnen 14 dagen richten aan:

Fysergo b.v., T.a.v. afdeling Personeelszaken,
Postbus 1625, 3000 BP ROTTERDAM