

Verschil in efficiëntie bij verschillende wedstrijdstep technieken

Afstudeerscriptie

Opleiding Bewegingstechnologie

Haagse Hogeschool, Den Haag,

17-06-2009

Nadja van der Ende	20052701
Laurens Sanders	20050561

1^e Begeleider:
Jan Jaap de Morree

2^e begeleider:
Chris Riezebos

Verschil in efficiëntie bij verschillende wedstrijdstep technieken

Samenvatting

Steppen is een bekende bewegingsvorm, maar nog onbekend als sport in Nederland. Er is ook nog weinig onderzoek naar gedaan. Bij de wedstrijdstep zijn er speciale technieken ontstaan, maar over de achterliggende processen en de voor- en nadelen van de verschillende technieken is nog niet veel bekend. Er is in eerdere onderzoeken aangetoond dat training op techniek voordeel kan opleveren voor de prestaties van een sporter. Uit literatuuronderzoek is gebleken dat het standbeen tijdens steppen moe wordt door de projectie van het zwaartepunt achter de knie. Ook is er aangetoond dat de voorwaai van het been bij sprinten het beste kan geschieden met een gestrekt been in de neergaande zwaafase en met een gebogen been in de opgaande zwaafase. De voorwaai techniek is als eerste onderzoekstechniek gekozen. Hierbij geldt een voorwaai met gestrekt been als controle techniek en een voorwaai met gebogen been als onderzoekstechniek. Tweede gekozen onderzoekstechniek is de eerste afzet na de beenwissel. Dit kan worden uitgevoerd met een langdurende hele afzet na de wissel of met een snelle tussenafzet. Door middel van modelstudie is aangetoond dat op grond van het massa draagheidsmoment en de luchtweerstand het beste een voorwaai met gebogen been kan worden gebruikt. Ook is op grond van tijd en energie aangetoond dat er op submaximale stepsnelheid het beste kan worden gewisseld met een wissel met tussenafzet. Het onderzoek is uitgevoerd met tien proefpersonen die allen drie metingen hebben gedaan waarin alle vier de technieken uitgevoerd zijn. Aan de hand van het %HRR is afgeleid of de proefpersonen bij een bepaalde techniek minder belast zijn. In de resultaten is er geen significant verschil in belasting tussen de verschillende technieken aangetoond.

Inleiding

Het steppen is een bewegingsvorm die bij de meeste mensen wel bekend is. Vooral de vouwsteps die een aantal jaar geleden een hit waren zullen bij veel mensen bekend zijn. Dat steppen ook een echte wedstrijdstep is met een eigen bond en een landelijke competitie is bij de meeste mensen niet bekend. Vanaf 1970 begon de sport zich te ontwikkelen in Nederland en in 1986 is de Nederlandse autoped federatie (NAF) opgericht. Inmiddels zijn er verscheidene stepteams die deelnemen aan de NAF-cup, zijn er ca. 300 toerkaarthouders en is de sport druk bezig om meer bekendheid te krijgen binnen Nederland.

Er is nog niet veel onderzoek naar steppen gedaan. Iedere stepper heeft zijn eigen uitvoering van de technieken en heeft zijn eigen voorkeur daarbij. Van deze technieken en de uitvoering hiervan is vaak niet bekend wat efficiënter is en waarom. Door de technieken op de meest efficiënte manier uit te voeren kan er bereikt worden dat de steppers minder snel vermoeid raken en op de lange duur sneller kunnen steppen.

Door van der Loo¹ wordt als voorname conclusie getrokken dat bij looptraining, de training op de techniek veel meer aandacht verdient. Als ondersteuning is een onderzoek gebruikt van Simon et al.² In dit onderzoek werd één onderzoeksgroep van zeven hardlopers van gemiddeld 20 jaar, gedurende twee maanden aan extra techniektraining onderworpen en werd deze vergeleken met een tweede controlegroep van 7 personen die deze

training niet kreeg. Er is gebleken dat de mechanische efficiëntie van de onderzoeksgroep was verbeterd ten opzichte van de controlegroep.

Van Ingen Schenau en Gemser³ bevestigen deze conclusie. Er is op de fietsergometer geconstateerd dat de VO_{2max} van de jong oranje talenten nauwelijks was verbeterd terwijl de schaatswedstrijdresultaten wel verbeterd waren. Hieruit is geconcludeerd dat de vooruitgang in prestaties wel een gevolg moet zijn van de techniekverbetering.

Techniektraining kan de prestaties van een sporter in positieve zin beïnvloeden.

Uit bovenstaande feiten blijkt dat verbetering van de techniek rendabel kan zijn voor de prestatie van een sporter

In dit onderzoek wordt de uitvoering van verschillende stepstechnieken bekeken. De achterliggende processen die plaatsvinden bij uitvoering van de technieken worden in beeld gebracht en door middel van een onderzoek wordt aangetoond of de stepper voordeel in efficiëntie kan halen uit de aanpassing van de techniek.

Literatuurstudie

Post Uiterweer⁴ heeft onderzoek gedaan naar mogelijke aanpassing van de racesteps. Om tot een goed ontwerp te komen heeft er een uitgebreide analyse plaatsgevonden. Hierin is onder andere naar voren

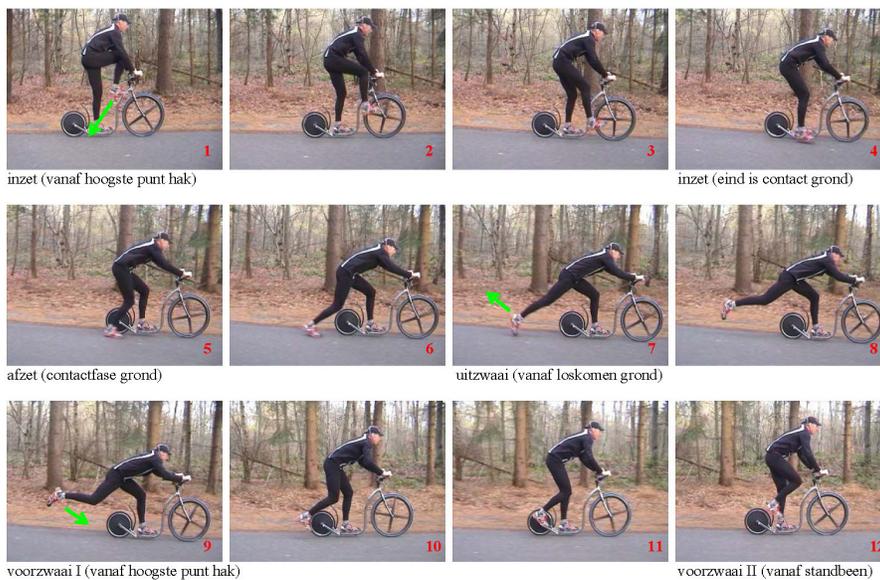
gekomen dat de afzet het beste zo kan plaatsvinden dat de hoeksnelheid in de gewrichten één derde van de maximale hoeksnelheid is. Een andere conclusie uit het onderzoek is dat het standbeen snel vermoeid raakt door de projectie van het lichaamszwaartepunt achter de knie. Volgens dit onderzoek staat de stepper meer dan 90% van de tijd op één been. Gedurende het grootste gedeelte van het afzettraject projecteert het lichaamszwaartepunt achter de knie van het standbeen waardoor er kniestrekkers moeten aanspannen om te voorkomen dat de knie doorbuigt.

Door de projectie van het lichaamszwaartepunt meer richting de knie te projecteren kan de vermoeidheid van het standbeen verminderd worden.

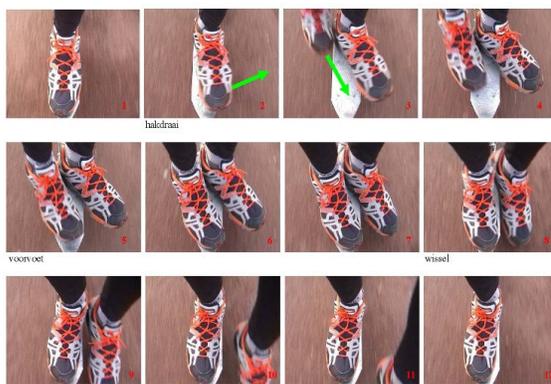
Door Van Kan en Van Waas⁵ is er uitgebreid gekeken naar de vraag, 'wat is de meest efficiënte manier van

stappen?'. Hierbij is gekeken naar de uitvoering van de verschillende technieken. Dit geeft een goed beeld over de uitvoering van de steptechnieken en zal hier kort weergegeven worden. Steppen is een cyclische en discontinue vorm van aandrijven. Dit houdt in dat tijdens het stappen, bij de afzet kort wordt versneld en tijdens de teruggaande beweging van het been tot de nieuwe afzet wordt vertraagd. De meest voorkomende afzet techniek bij het wedstrijdsteppen is de 'korte pendel'. In figuur 1 is te zien hoe de korte pendel door de heer Elzinga (huidig nummer één van de NAF-cup en winnaar van meerdere Nederlands- kampioenschappen op verschillende disciplines tussen het jaar 2000 en nu) uitgevoerd wordt. Zoals later zal blijken bestaan er afwijkingen in de uitvoering van deze techniek.

Een tweede techniek die wordt gebruikt tijdens het stappen is de wissel. Het standbeen wordt tijdens het stappen sneller moe dan het afzetbeen en hierdoor wordt er om de drie tot zes afzetten van afzetbeen gewisseld.



Figuur 1, beeldserie korte pendel.



Figuur 2, beeldserie schuifwissel.

Voor de wissel bestaan er twee verschillende technieken, de schuifwissel (figuur 2) en de sprongwissel.

Zoals in figuur 2 is te zien, wordt er bij de schuifwissel kortstondig met twee voeten op de plank gestaan. Bij de sprongwissel wordt er direct overgesprongen en is er altijd maar één voet op de plank. Beide technieken worden gebruikt door wedstrijdsteppers. De sprongtechniek wordt verondersteld sneller uitgevoerd te kunnen worden, maar niet alle steppers gebruiken deze techniek omdat het een risico met zich meebrengt op misspringen. Om deze reden wordt dit onderzoek beperkt tot de schuifwissel.



Figuur 3, extreme kniebuiging tijdens voorzwaai van sprinter.

In dit zelfde onderzoek door Van Kan en Van Waas is er ook gekeken naar de overeenkomst tussen de beweging van het been bij sprinten en de korte pendel bij stappen. Deze twee bewegingen komen overeen met uitzondering van de voorzwaai (zie figuur 1 nummer 9 t/m 12). Bij het passeren van de verticale stand door het bovenbeen is het been van de stepper nog relatief gestrekt waar een sprinter het been in extreme kniebuiging brengt (figuur 3). Uit deze bevindingen is geconcludeerd dat de stepper de looptechniek is

gaan toepassen maar er is geen verklaring gevonden voor het feit dat er bij stappen minder beenbuiging plaatsvindt tijdens de voorzwaai.

Door Van Ingen Schenau⁶ is er onderzoek gedaan naar de bouw van de onderste extremiteit in relatie tot hardlopen. In dit onderzoek is naar voren gekomen dat tijdens sprinten op een snelheid van 10 m/s de meeste energie wordt gebruikt om de benen voor en achterwaarts te bewegen. De rotatie energie die hiervoor nodig is neemt kwadratisch toe met de snelheid. Hierdoor zijn deze bewegingen één van de grootste snelheidsbeperkende factoren bij sprinten. De versnelling naar achteren (inzet) zou hierbij tweederde van de totale energie kosten die hierbij nodig is. De voorzwaai kost bij sprinten dus eenderde minder vermogen. Als voornaamste reden hiervoor wordt het buigen van de knie gegeven wat het massatraagheidsmoment verkleint.

Dit roept de vraag op waarom er bij stappen geen gebruik wordt gemaakt van een extreme kniebuiging bij de voorzwaai. In het boek Biomechanica door Van Ingen Schenau en Toussaint⁷ wordt er dieper ingegaan op rotaties van het lichaam in het platte vlak. Hierbij speelt het massatraagheidsmoment een belangrijke rol. Het traagheidsmoment is afhankelijk van de massa en de verdeling van de massa over een bepaald lichaam.

Een rekenmodel dat van groot belang is voor de biomechanica in de sport is de wet van behoud van impulsmoment.

$$b = J \cdot \omega = \text{constant}$$

$$b = \text{impulsmoment (N m s)}$$

$$J = \text{massatraagheidsmoment (kg m}^2\text{)}$$

$$\omega = \text{hoeksnelheid (rad/s)}$$

De wet van behoud van impulsmoment gaat ervan uit dat tijdens een roterende beweging $b = J \cdot \omega = \text{constant}$, ofwel wanneer tijdens de voorzwaai bij stappen het massatraagheid van het been wordt veranderd, blijft de uitkomst uit de vergelijking constant, in dat geval moet de hoeksnelheid ook veranderen. Wanneer een stepper bij een voorzwaai zijn been klein maakt zoals een sprinter doet, wordt de massatraagheid van het been kleiner en komt het zwaartepunt van het been meer richting het draaipunt (heup) te liggen. Omdat de uitkomst van $J \cdot \omega = \text{constant}$ moet de hoeksnelheid (ω) dus wel toenemen en kan de voorzwaai sneller uitgevoerd worden.

Omdat de rotatie-as van het been niet op het zwaartepunt van het lichaam ligt maar in de heup, heeft de zwaartekracht ook invloed op de rotatie. Een slingerbeweging kan in theorie op de volgende manier het beste uitgevoerd worden: In de eerste neergaande helft van het traject tot de verticale stand van de slinger wordt de slinger zo lang mogelijk gehouden om veel voordeel van de zwaartekracht te ondervinden. In het tweede omhoog bewegende deel wordt de slinger zo kort mogelijk gemaakt om de tegenwerkende kracht van de zwaartekracht te beperken

De stepper kan de voorzwaai theoretisch het beste uitvoeren met een zo lang mogelijk gestrekt been in het neergaande deel van zwaafase en een zo kort mogelijk gebogen been in het opgaande deel van de zwaafase.

In een artikel door Bosch⁸ over looptechniek is ook duidelijk te zien dat dit laatstgenoemde ook is wat een hardloper doet. Het been wordt na de afzet lang gehouden tot het moment waarop het bovenbeen de verticale stand passeert.

Techniekkeuze

Techniek één die onderzocht wordt is de voorzwaai. Dit is de fase waarin het been na de afzet weer terug wordt gebracht in de positie voor een nieuwe inzet. Deze uitvoering kan zowel uitgevoerd worden met gebogen been als met gestrekt been.

- Definitie van de voorzwaai met gebogen been: Wanneer de kniehoek bij het passeren van de

verticale stand van het bovenbeen kleiner is dan 90 graden (zie figuur 4).

- Definitie van de voorzwaai met gestrekt been: Wanneer de kniehoek bij het passeren van de verticale stand van het bovenbeen groter is dan 90 graden (zie figuur 4).

Techniek twee is de inzet na een beenwissel. De inzet kan identiek uitgevoerd worden als elke andere inzet (als getoond op figuur 1). Dit zal vanaf nu wissel met hele afzet worden genoemd. Het kan ook sneller worden uitgevoerd zonder een volledige inzet. In dit geval wordt een snelle en minder krachtige afzet gemaakt. Deze techniek wordt vanaf nu wissel met tussenafzet genoemd.

- Definitie van wissel met hele afzet: Wanneer er na de beenwissel een inzet wordt gemaakt waarbij de stand van het bovenbeen

eerst een hoek groter dan 75° maakt t.o.v. de verticaal (zie figuur 6)

- Definitie van de wissel met tussenafzet: Wanneer er na de beenwissel een inzet wordt gemaakt waarbij de stand van het bovenbeen **niet** verder gaat dan 75° ten opzichte van de verticaal (figuur 7).

Modelstudie

Voordat de onderzoekshypotheses worden opgesteld, wordt er eerst geprobeerd om meer te weten te komen over de achterliggende processen die bij de bewegingen een rol spelen. Alle rekenmodellen worden in dit hoofdstuk besproken voor de volledige modellen en uitwerkingen zie bijlage I. Er is bij alle berekeningen uitgegaan van een persoon met een lengte(l) van 1,83meter een gewicht(m) van 75kilogram en een snelheid (v) van 20km/u . Daarnaast zal voor de valversnelling(g) altijd $9,81\text{m/s}^2$ worden gebruikt.



Figuur 4, voorbeeld van een voorzwaai met gebogen been met kniehoek.



Figuur 5, voorbeeld van een voorzwaai met gestrekt been met kniehoek.



Figuur 6, voorbeeld van een beenwissel met hele afzet met gegeven hoekstanden bovenbeen ten opzichte van de verticaal.



Figuur 7, voorbeeld van een beenwissel met tussenafzet met gegeven hoekstanden bovenbeen ten opzichte van de verticaal.

Ten eerste wordt er gekeken naar het verschil in het massa traagheidsmoment (J) en de slingertijd (T) van het been tijdens de twee verschillende uitvoeringen van de voorzwaai. De modellen zijn vereenvoudigd tot een passief en stijf lichaam (zie figuur 8 en 9). Om de massa traagheid van het been te kunnen bepalen is de geometrische methode gebruikt (Van Ingen Schenau et al.7). Hierbij is het been vereenvoudigd tot twee balken. De maten en het gewicht van het been zijn herleid uit de antropometrie reader van Broeren⁹.

Om de massa traagheid van de beide modellen te bepalen zijn de volgende formules gebruikt:

$$J_{\text{bovenbeen}} = \frac{1}{3} m_1 a^2$$

$$J_{\text{onderbeen}} = \frac{1}{12} m_2 b^2 + m_2 * r^2$$

$$J_{\text{been.t.o.v.heup}} = J_{\text{bovenbeen}} + J_{\text{onderbeen}}$$

Formules met:

$J_{\text{bovenbeen}}$ = massa traagheidsmoment bovenbeen (kgm^2)

$J_{\text{onderbeen}}$ = massa traagheidsmoment onderbeen (kgm^2)

$J_{\text{been.t.o.v.heup}}$ = massa traagheidsmoment gehele been (kgm^2)

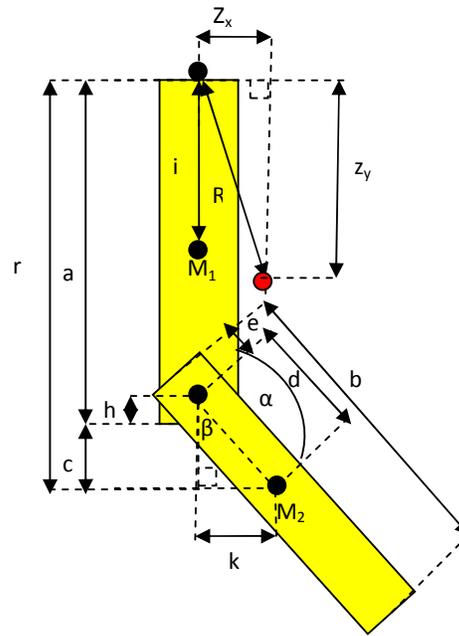
m_1 = massa bovenbeen (kg)

m_2 = massa onderbeen (kg)

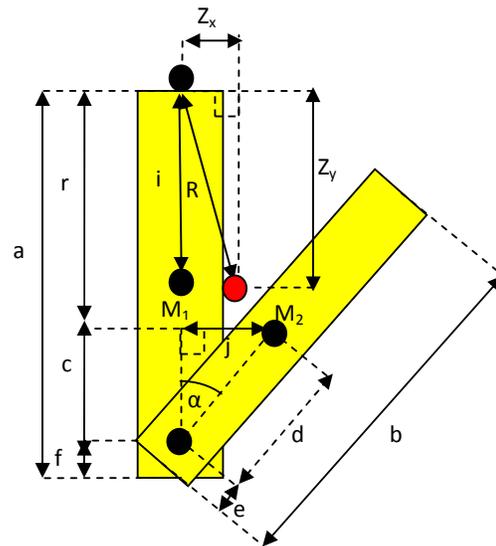
a, b, r = afstand (m) zie figuur 8 en 9

Hieruit komt voor de voorzwaai met gestrekt been een massa traagheid van $1,6 \text{ kgm}^2$ en voor de voorzwaai met gebogen been een massa traagheid van $0,8 \text{ kgm}^2$. Het gestrekte been heeft dus twee keer zoveel weerstand tegen de hoekverdraaiing in de heup dan het gebogen been.

Huygens toonde in 1656 bij de uitvinding van het slingeruurwerk al aan dat slingertijd afhankelijk is van de lengte van de slinger. Het gestrekte been zal een langere slingertijd hebben. Om voor deze specifieke situatie aan te tonen hoeveel voordeel de stepper uit het buigen van de knie kan halen wordt de passieve slingertijd (T) van de voorzwaai tijdens zowel de gebogen als de gestrekte voorzwaai berekend:



Figuur 8, model voor het massa traagheidsmoment en slingertijd van de voorzwaai met gestrekt been.



Figuur 9, model voor het massa traagheidsmoment en slingertijd van de voorzwaai met gebogen been.

$$Z_{xgestrekt} = \frac{(m_1 * 0 + m_2 * j)}{m_1 + m_2}$$

$$Z_{ygestrekt} = \frac{(m_1 * i + m_2 * r)}{m_1 + m_2}$$

$$Z_{xgebogen} = \frac{(m_1 * 0 + m_2 * j)}{m_1 + m_2}$$

$$Z_{ygebogen} = \frac{(m_1 * i + m_2 * r)}{m_1 + m_2}$$

$$R = \sqrt{Z_x^2 + Z_y^2}$$

$$W_0 = \sqrt{\frac{m * g * R}{J}}$$

$$T = \frac{2\pi}{W_0}$$

Formules met:

Zx en Zy = x en y afstand tot deelzwaartepunt (m)

m₁ = massa bovenbeen (kg)

m₂ = massa onderbeen (kg)

m = massa gehele been (kg)

i, j, r = afstand (m) zie figuur 8 en 9

g = valversnelling (m/s²)

R = afstand heup zwaartepunt (m)

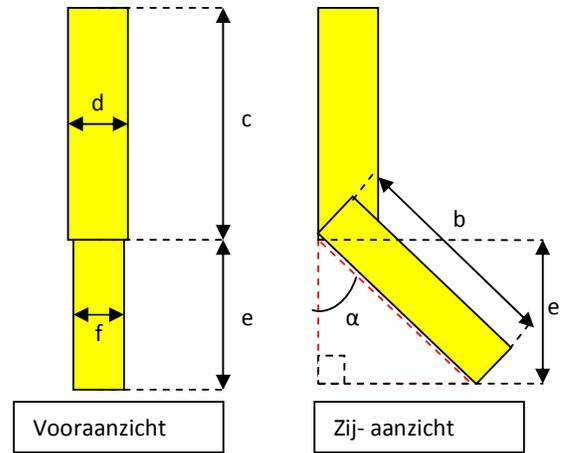
ω₀ = eigenfrequentie (Hz)

T = slingertijd (s)

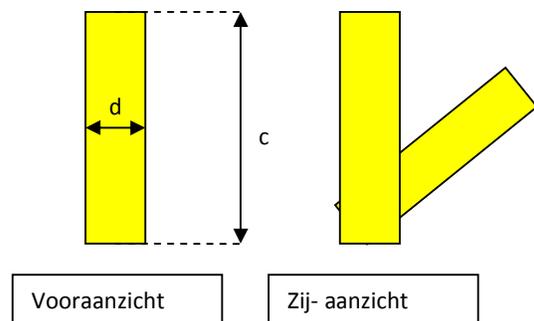
De uitkomsten uit deze berekening bevestigen de vermoedens uit de bevindingen van het massa draagmoment. De slingertijd van het gestrekte been bedraagt 1,3 seconden en van het gebogen been 1,1 seconden.

De passieve slingertijd van het gestrekte been bedraagt 1,3 seconden tegenover 1,1 seconden voor het gebogen been.

Ten tweede is er gekeken naar de luchtweerstand van het been tijdens de twee verschillende uitvoeringen van de voorzwaai. In de berekeningen heeft de stepper een snelheid (v) van 20km/h in horizontale richting waarbij het been stil hangt in gebogen ofwel gestrekte houding, afhankelijk van de gekozen voorzwaai techniek. Verder is er voor de dichtheid (ρ) van de lucht 1,25kg/m³ gebruikt. De lucht wrijvingscoëfficiënt (C_w- waarde) is 1 (Hermans¹⁰).



Figuur 10, weerstandsmodel van de voorzwaai met gestrekt been.



Figuur 11, weerstandsmodel tijdens de voorzwaai met gebogen been.

In figuur 10 is het luchtweerstand model te zien van de voorzwaai met gestrekt been. Met de volgende formules wordt de luchtweerstand in deze situatie berekend:

$$e = \cos \alpha * b$$

$$A_{\text{bovenbeen}} = c * d$$

$$A_{\text{onderbeen}} = e * f$$

$$A_{\text{totaal}} = A_{\text{bovenbeen}} + A_{\text{onderbeen}}$$

$$F_{\text{lucht}} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_w * v^2$$

Formules met:

α = hoek knie t.o.v. de vertikaal (°)

A_{totaal} = frontaal oppervlak gehele been (m²)

A_{bovenbeen} = frontaal oppervlak bovenbeen (m²)

A_{onderbeen} = frontaal oppervlak onderbeen (m²)

b, c, d, e, f = afstand (m) zie figuur 10

F_{lucht} = luchtweerstand gehele been (N)

ρ = luchtdichtheid (kg/m³)

C_w = wrijvingscoëfficiënt

v = snelheid (m/s)

In figuur 11 is de situatie te zien bij de voorzwaai met gebogen been, de luchtweerstand wordt hierbij berekend met de volgende formules:

$$A_{\text{bovenbeen}} = c * d$$

$$A_{\text{totaal}} = A_{\text{bovenbeen}}$$

$$F_{\text{lucht}} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_w * v^2$$

Formules met:

A_{totaal} = frontaal oppervlak gehele been (m²)

$A_{\text{bovenbeen}}$ = frontaal oppervlak bovenbeen (m²)

c, d = afstand (m) zie figuur 11

F_{lucht} = luchtweerstand gehele been (N)

ρ = luchtdichtheid (kg/m³)

C_w = wrijvingscoëfficiënt

v = snelheid (m/s)

Uit de berekeningen komt tijdens de voorzwaai met gestrekt been een luchtweerstand van 2,2N en tijdens de voorzwaai met gebogen been een weerstand van 1,4N.

Om deze waarden in perspectief te zetten wordt er gekeken naar de totale luchtweerstand van de step plus persoon. Om het frontaal oppervlak van het geheel vast te stellen is er een foto van de voorkant gemaakt op het moment dat de stepper de grootste frontale oppervlakte heeft (tijdens de afzet). Vervolgens is de foto bewerkt om het frontaal oppervlak te kunnen vaststellen met het programma pixel teller (zie bijlage II). Hieruit komt een frontaal oppervlak (A) van 0,62m². Dit is wederom ingevuld in de volgende formule om de luchtweerstand te berekenen:

$$F_{\text{lucht}} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_w * v^2$$

Formules met:

F_{lucht} = luchtweerstand gehele lichaam+step (N)

ρ = luchtdichtheid (kg/m³)

C_w = wrijvingscoëfficiënt

v = snelheid (m/s)

De luchtweerstand van het totale lichaam inclusief step bij rijden van 20km/u is 11,9N.

De volgende formules zijn gebruikt voor het berekenen van de relatieve luchtweerstand ten opzichte van het gehele lichaam:

$$\%F_{\text{luchtgestrekt}} = \frac{F_{\text{luchtgestrekt}}}{F_{\text{luchtgeheel}}} * 100$$

$$\%F_{\text{luchtgebogen}} = \frac{F_{\text{luchtgebogen}}}{F_{\text{luchtgeheel}}} * 100$$

$$\%F_{\text{luchtverschil}} = \%F_{\text{luchtgestrekt}} - \%F_{\text{luchtgebogen}}$$

Formules met:

$\%F_{\text{lucht gestrekt}}$ = percentage luchtweerstand been gestrekt(%)

$\%F_{\text{lucht gebogen}}$ = percentage luchtweerstand been gebogen(%)

$\%F_{\text{lucht geheel}}$ = percentage luchtweerstand been geheel (%)

$\%F_{\text{lucht verschil}}$ = percentage luchtweerstand verschil (%)

Tijdens de voorzwaai met gebogen been heeft de stepper 6,7% minder last van luchtweerstand dan tijdens de voorzwaai met gestrekt been.

De luchtweerstand vormt samen met de rolweerstand de totale weerstand tijdens het stappen. Om het aandeel van de luchtweerstand te bepalen wordt ook de rolweerstand van de step bepaald. De wedstrijdstep die wordt gebruikt in dit onderzoek is een Kickbike G4 sport met een gewicht van 10kg. Onder de step liggen Schwalbe Stelvio racebanden met 23mm doorsnede. De rolweerstandcoëfficiënt(fr) is 0,003 (van den Broek¹¹). Met de volgende formules wordt de rolweerstand berekend:

$$F_n = (m_{\text{persoon}} + m_{\text{step}}) * g$$

$$F_{\text{rol}} = fr * F_n$$

Formules met:

F_n = normaalkracht (N)

m_{persoon} = massa persoon (kg)

m_{step} = massa step (kg)

g = valversnelling (m/s²)

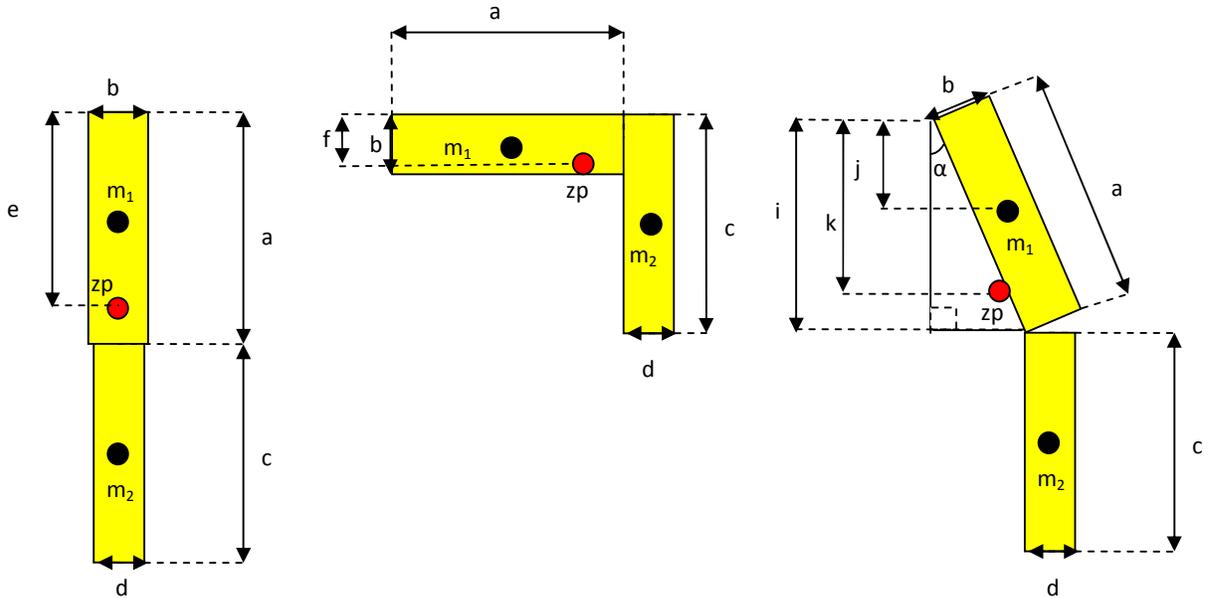
F_{rol} = rolweerstand (N)

fr = rolweerstandcoëfficiënt

De step inclusief de stepper ondervindt een totale rolweerstand van 2,5N. Dit is 11,8% van de totale weerstand. Dit geeft aan dat er veel winst behaald kan worden door de luchtweerstand te verkleinen.

Rolwrijving maakt slechts 11,8% uit van de totale weerstand van de step plus persoon.

Uit bovenstaande uitkomsten wordt de volgende hypothese opgesteld:



Figuur 12, stand van het been tijdens de afzet met links tijdens grondcontact, midden tijdens hoogste stand van de hele afzet en rechts tijdens hoogste stand van de tussenafzet.

H1: Bij uitvoering van de voorzwaai met gebogen been op submaximale snelheid, treedt er minder fysieke belasting op dan bij de voorzwaai met gestrekt been op submaximale snelheid.

Voor de analyse op de uitvoering van de eerste afzet na de wissel moet deels een andere benadering worden gezocht om aan te tonen wat er precies gebeurt. Dit is niet volledig te verklaren aan de hand van mechanische modellen. Wel kan met een mechanisch model worden bekeken wat er gebeurt met de afzetkracht tijdens de twee afzetmethoden.

Er is gekeken naar de potentiële energie, dat aanwezig is tijdens de hoogste stand van het been voor de inzet. Uit deze potentiële energie wordt de snelheid van het been wanneer deze grondcontact maakt afgeleid. Bij een hogere snelheid kan meer energie aan de grond afgegeven worden. Hierbij is gekeken naar het hoogteverschil in verticale richting tussen het deelzwaartepunt van het been tijdens het begin van de afzet en de hoogte van het deelzwaartepunt van het been in gestrekte toestand (tijdens de afzet). Dit wordt gedaan met de wetenschap dat de afzet tijdens stappen een opgedeelde component heeft in achterwaartse en neerwaartse richting. Echter om aan te tonen dat het afzetbeen een hogere afzetsnelheid kan genereren door de knie hoger te heffen is het van ondergeschikt belang in welke richting deze kracht projecteert.

Eerst wordt de hoogte van het deelzwaartepunt van het been op het moment van afzet (figuur 12 links) bepaald met de volgende formule:

$$z_{p_y} = e = \frac{m_1 * \frac{1}{2} a + m_2 * (a + \frac{1}{2} c)}{m_1 + m_2}$$

Formules met:

$z_{p_y} = e$ = deelzwaartepunt y-as

m_1 = massa bovenbeen (kg)

m_2 = massa onderbeen (kg)

a, c = afstand (m) zie figuur 12 links

Hieruit komt een hoogte van het deelzwaartepunt van 0,35m ten opzichte van de heup.

Om vervolgens de snelheid van het zwaartepunt bij de wissel met hele afzet te bepalen moet eerst het hoogste punt van het deelzwaartepunt tijdens de hele afzet bepaald worden. In het model wordt de hele afzet uitgevoerd met een heuphoek van 90° ten opzichte van het vertikaal (figuur 12 midden). De hoogte van het deelzwaartepunt in deze situatie wordt bepaald met de volgende formule:

$$z_{p_y} = f = \frac{m_1 * \frac{1}{2} b + m_2 * \frac{1}{2} c}{m_1 + m_2}$$

Formules met:

$z_{p_y} = f$ = deelzwaartepunt y-as

m_1 = massa bovenbeen (kg)

m_2 = massa onderbeen (kg)

b, c = afstand (m) zie figuur 12 midden

Hieruit komt een hoogte van het deelzwaartepunt van 0,12m vanaf de heup gerekend. Nu dit bekend is kan met de volgende formule de snelheid van het deelzwaartepunt op het moment van afzetten worden berekend:

$$\Delta h = e - f$$

$$m * g * \Delta h = \frac{1}{2} * m * v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{g * (e - f)}{\frac{1}{2}}}$$

Formules met:

Δh = hoogte verschil (m)

e = deelzwaartepunt y-as tijdens afzet

f = deelzwaartepunt y-as wissel met hele afzet

m = massa been (m)

g = valversnelling (m/s²)

v = snelheid (m/s)

Hieruit komt een snelheid van 2,1m/s bij de wissel met hele afzet.

Vervolgens wordt de snelheid van het deelzwaartepunt tijdens de wissel met tussenafzet bepaald. Er is uitgegaan van een tussenafzet met een heuphoek van 30° ten opzichte van de vertikaal tijdens de hoogste punt van het been. Eerst moet weer de hoogte van het deelzwaartepunt bepaald worden in de hoogste stand (figuur 12 rechts):

$$i = \cos \alpha * a$$

$$j = \frac{1}{2} * i$$

$$z_{p_y} = k = \frac{m_1 * j + m_2 * (i + \frac{1}{2} c)}{m_1 + m_2}$$

Formules met:

α = heuphoek bovenbeen t.o.v. de vertikaal (°)

$z_{p_y} = k$ = deelzwaartepunt y-as

m_1 = massa bovenbeen (kg)

m_2 = massa onderbeen (kg)

a, c, i, j = afstand (m) zie figuur 12 rechts

Uit deze formule komt een hoogte van het deelzwaartepunt van 0,31m vanaf de heup gerekend. Met de volgende formule is de snelheid van het deelzwaartepunt op het moment van afzet berekend:

$$\Delta h = e - k$$

$$m * g * \Delta h = \frac{1}{2} * m * v^2$$

$$g * (e - k) = \frac{1}{2} * v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{g * (e - k)}{\frac{1}{2}}}$$

Formules met:

Δh = hoogte verschil (m)

e = deelzwaartepunt y-as tijdens afzet

k = deelzwaartepunt y-as wissel met tussenafzet

m = massa been (m)

g = valversnelling (m/s²)

v = snelheid (m/s)

Hier uit komt een afzetsnelheid van 0,9m/s bij de wissel met tussenafzet.

Bij een wissel met hele afzet kan passief een maximale beensnelheid gehaald worden van 2,1m/s ten opzichte van 0,9m/s bij de wissel met tussenafzet.

Het bovenstaande is te verklaren aan de hand van:

$$E_{\text{potentieel}} = m * g * \Delta h$$

Formules met:

$E_{\text{potentieel}}$ = potentiële energie (J)

Δh = hoogte verschil (m)

m = massa been (m)

g = valversnelling (m/s²)

Deze formule geeft aan dat wanneer de massa(m) en de valversnelling(g) constant blijven, de potentiële energie($E_{\text{potentieel}}$) van het been afhankelijk is van het hoogteverschil(Δh). Bij gebruik van de hele afzet is er een grotere potentiële energie aanwezig voor de inzet. Volgens de wet van behoud van energie geldt: $E_{\text{voor}} = E_{\text{na}}$ ofwel alle energie die in het systeem gestopt wordt komt er ook weer uit. De hogere potentiële energie die voor de hele afzet aanwezig is, is dus gevolg van een grotere energie-investering bij het heffen van het been.

Er kan harder afgezet worden met de hele afzet door een grotere energie-investering tijdens de beenheffing.

Aangetoond is met de voorgaande berekeningen dat er harder afgezet kan worden met een volledige afzet. Deze techniek kost naast meer energie ook meer tijd, de hogere beenheffing heeft ten slotte een groter bewegingstraject. Meer tijd tot een nieuwe afzet betekent een grotere vertragingstijd, wat gecompenseerd moet worden met een hardere afzet. Tussen de twee variabelen wisseltijd en afzetsnelheid zit een verhouding, de vraag is hoe de verhoudingen liggen en wat beter gebruikt kan worden bij de submaximale onderzoekssnelheid. De Minimod versnellingsmeter is ingezet om de verhouding tussen de wisseltijd en afzetsnelheid te bepalen. De metingen zijn op de onderzoekssnelheid van 20km/u uitgevoerd en zijn 2 keer gefilterd door middel van een moving average filter. In bijlage III staan de Minimod metingen.

De metingen bevestigen de bevindingen. De wissel met tussenafzet duurt gemiddeld 36% korter dan de wissel met hele afzet. Daarbij wordt er een afzet gemaakt die 35% minder versnelling levert. Feit is dat er bij beide metingen op eenzelfde snelheid gereden is. Ondanks dat er bij de tussenafzet minder energie wordt omgezet voor de inzet kan de onderzoekssnelheid van 20km/u worden vastgehouden. Hieruit volgt de volgende hypothese:

H2: Bij uitvoering van de beenwissel met tussenafzet op submaximale snelheid, treedt er minder fysieke belasting op dan bij de wissel met hele afzet op submaximale snelheid.

Materiaal en methoden

Benodigde materialen voor het onderzoek zijn:

- Polar hartslagmeter voor alle proefpersonen.
- Bromfiets.
- Wedstrijdstep (kickbike G4 sport).
- Snelheidmeter voor de step.
- Auto.

Bij de meting zijn 10 fysiek fitte proefpersonen met een gemiddelde leeftijd van 20 (spreiding 16 -21) gebruikt.

Hierbij zijn geen ervaren steppers gebruikt in verband met de kleine beschikbaarheid van mensen die deze sport beoefenen. Door onervaren proefpersonen te gebruiken heeft de getraindheid in een bepaalde techniek geen invloed op de meetresultaten. Daarnaast zijn hierdoor alle metingen op dezelfde locatie gemeten waardoor de omgevingsfactoren zo constant mogelijk waren.

Alle proefpersonen kregen voor de meting een Polar hartslagmeter. Daarnaast zijn voor de meting leeftijd, rusthartslag (in de ochtend voor opstaan tellen aan de pols), maximale hartslag (220 – leeftijd) en getraindheid (soort sport) geregistreerd.

De metingen zijn in de buitenlucht uitgevoerd op een rechte verharde weg van 3,4kilometer.

Het weer tijdens de twee meetweken was goed, het was tijdens alle metingen droog en tussen de 15 en 20 graden. De wind was daarbij matig en varieerde tussen kracht 0 en één maal kracht 3 Beaufort, de gemiddelde windkracht bedroeg kracht 1.

Alle metingen zijn uitgevoerd op een constante (gemiddelde) submaximale snelheid van 20km/u met een beenwissel na elke 4 afzetten. In de proefmeting is bepaald dat 20km/u submaximaal volgehouden kan worden over de afstand. De proefpersonen hebben op een vaste plek naast een brommer gereden om de snelheid zo constant mogelijk te houden. Daarnaast was de step uitgerust met een snelheidsmeter.

Voor de metingen hebben de proefpersonen tijd gekregen om de techniek onder de knie te krijgen. Ieder proefpersoon heeft drie metingen gedaan:

- Eén meting waarbij is gewisseld met een hele afzet en voorzwaai met gestrekt been(1A).

- Eén meting waarbij is gewisseld met tussenafzet en voorzwaai met gebogen been (1B).

- Eén meting waarbij is gewisseld met een hele afzet en voorzwaai met gebogen been (2).

Meting 1A wordt met 2 vergeleken voor een vergelijk in de voorzwaai en meting 1B wordt met 2 vergeleken voor een vergelijk in de wissel. Elke meting duurde tien minuten waarvan de eerste vier minuten worden gebruikt om de stepper een steady state te laten bereiken.

Alle proefpersonen hebben de metingen in een andere volgorde uitgevoerd volgens Figuur 13 om de invloed van een volgorde probleem (de vorige meting beïnvloed de volgende) te minimaliseren. Na elke meting kregen de proefpersonen 15 minuten rust om de hartslag te laten zakken.

Metingnummer	10 min	10 min	15 min					
1	Oefen	Rust	1A	Rust	1B	Rust	2	Rust
2		Oefen	Rust	1B	Rust	2	Rust	1A
3	Oefen	Rust	2	Rust	1A	Rust	1B	Rust
4		Oefen	Rust	1A	Rust	2	Rust	1B
5	Oefen	Rust	2	Rust	1B	Rust	1A	Rust
6		Oefen	Rust	1B	Rust	1A	Rust	2

Figuur 13, meetvolgorde tabel.

Er is gemeten in koppels, hierbij heeft één proefpersoon uitgerust terwijl de tweede zijn meting deed. Een volgauto heeft meegereden met de metingen waar de tweede rustende proefpersoon in plaatsnam. Op deze manier zijn alle nieuwe metingen direct begonnen in de tegengestelde richting van de andere proefpersoon en is er niet terug naar het beginpunt gereden alvorens een nieuwe meting te starten. Ieder proefpersoon heeft telkens dezelfde kant op gereden en heeft hierdoor dezelfde meetomstandigheden gehad bij elke meting.

Gegevens

Uit de gemeten hartslagen is een indicatie voor de belasting gehaald. Om dit te doen zijn alle hartslagen omgerekend naar de ‘%Heart Rate Reserve’ (%HRR) met de volgende formule:

$$\%HRR = \frac{(HF - HF_{rust})}{(HF_{max} - HF_{rust})}$$

$$HF_{max} = 220 - leeftijd$$

%HRR = % Heart rate reserve

HF = gemeten hartslagen (hartslagen per minuut)

HF_{rust} = Rusthartslag (hartslagen per minuut)

HF_{max} = maximale hartslag (hartslagen per minuut)

Statistiek

De resultaten zijn verwerkt met SPSS voor Windows, versie 15.0. Om een statistische relatie tussen de twee variabelen aan te tonen is de Wilcoxon test gebruikt. Bij deze toets wordt er rekening mee gehouden dat de twee metingen door gerelateerde groepen zijn uitgevoerd. Elk proefpersoon wordt met zichzelf vergeleken en het gemiddelde resultaat van alle proefpersonen geeft het verschil tussen de variabelen. De Wilcoxon signed ranks test is gebruikt om een goed beeld te vormen over hoe de meetuitkomsten precies verdeeld zijn. Voor de betrouwbaarheid is de Intraclass Correlation Coëfficiënt (ICC) bepaald.

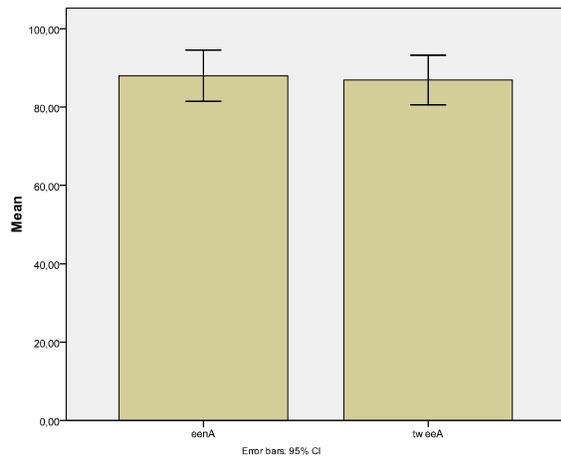
Resultaten voorzwaai

Alle gevonden meetwaarden uit het onderzoek zijn terug te vinden in bijlage iV, de volledige SPSS output staat in bijlage V. De eerste oriëntatie van de gemeten waarden gebeurt aan de hand van figuur 14. De staafdiagram geeft de gemiddelde waarden weer. De error-bar geeft de spreiding weer van de binnenste 95% van de gemeten steekgroep. Hierin is te zien dat de gemiddelde %HRR van de twee variabelen dicht bij elkaar liggen en er een zeer grote overlap van de gemeten waarden is.

Met de Wilcoxon test wordt de relatie tussen de twee variabelen bepaald. Bij een significantie(P, in de figuren beschreven als asymp. Sig.) van 0,05 of kleiner zijn de twee metingen significant verschillend. Bij elke significantie groter dan 0,05 worden de variabelen als gelijk beschouwd. In figuur 15 is de uitslag van de Wilcoxon test te zien. De verschillende uitvoeringen van de voorzwaai zijn niet significant verschillend (P=0,263).

In de Wilcoxon signed ranks test (figuur 16) is te zien dat het %HRR bij gebogen voorzwaai (tweeA) vaker lager uitvalt dan bij de gestrekte voorzwaai (eenA) met 5 tegenover 3 keer. Daarbij is het verschil in %HRR bij gebogen voorzwaai gemiddeld groter met 5,20% tegenover 3,33% voor de gestrekte voorzwaai.

Omdat de metingen in twee verschillende richtingen zijn uitgevoerd (zie methode) heeft de helft van de proefpersonen meewind gehad en de andere helft tegenwind. Om te kijken naar een eventueel verschil tussen de technieken tijdens bepaalde



Figuur 14, gemiddelde waarden en spreiding van de gestrekte voorwaai (eenA) tegenover de de gebogen voorwaai (tweeA).

Test Statistics^b

	tweeA - eenA
Z	-1,120 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,263

- a. Based on positive ranks.
- b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Figuur 15, Wilcoxon test uitgevoerd op de gestrekte tegenover de gebogen voorwaai.

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
tweeA - eenA			
Negative Ranks	5 ^a	5,20	26,00
Positive Ranks	3 ^b	3,33	10,00
Ties	2 ^c		
Total	10		

- a. tweeA < eenA
- b. tweeA > eenA
- c. tweeA = eenA

Figuur 16, Wilcoxon Signed ranks toets.

	twee - een
Z	-1,826 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,068

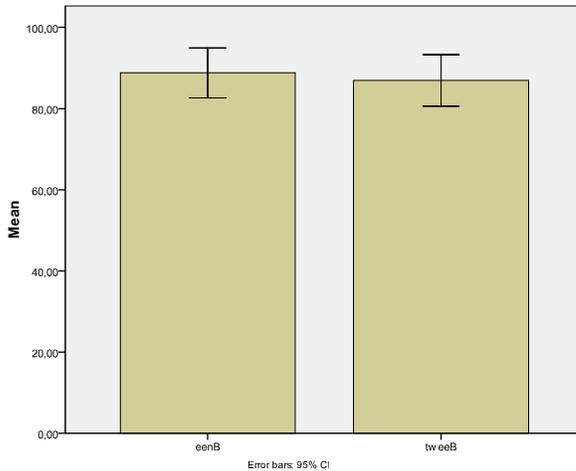
	tweeA - eenA
Z	-,365 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,715

Figuur 17, Wilcoxon test voor de voorwaai met boven de metingen tijdens tegenwind en onder de metingen tijdens meewind.

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^a	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,968 ^b	,878	,992	61,865	9,0	9	,000
Average Measures	,984 ^c	,935	,996	61,865	9,0	9	,000

Figuur 18, ICC waarde voor de metingen van de voorwaai.



Figuur 19, gemiddelde waarden en spreiding van de wissel met tussenafzet (eenB) tegenover de wissel met hele afzet (tweeB).

Test Statistics^b

	tweeB - eenB
Z	-1,682 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,093

- a. Based on positive ranks.
- b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Figuur 20, Wilcoxon test uitgevoerd op de hele wissel tegenover de halve wissel.

	twee - een
Z	-,944 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,345

	tweeB - eenB
Z	-1,214 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,225

Figuur 22, Wilcoxon test voor de wissel boven tijdens tegenwind en onder tijdens meewind.

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
tweeB - eenB	6 ^a	7,33	44,00
Negative Ranks			
Positive Ranks	4 ^b	2,75	11,00
Ties	0 ^c		
Total	10		

- a. tweeB < eenB
- b. tweeB > eenB
- c. tweeB = eenB

Figuur 21, Wilcoxon Signed ranks toets.

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^a	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,961 ^b	,852	,990	50,250	9,0	9	,000
Average Measures	,980 ^c	,920	,995	50,250	9,0	9	,000

Figuur 23, ICC waarde voor de metingen van de wissel.

windomstandigheden zijn de tegen- en meewind metingen ook apart bekeken met de Wilcoxon test (figuur 17). Ook hier wordt geen significant verschil gevonden tussen de twee uitvoeringen van de voorzwaai ($P_{\text{meewind}}=0,715$, $P_{\text{tegenwind}}=0,068$). De tegenwind meting komt zeer dicht bij een significant verschil.

Ten slotte is er met de Intra Class Correlation gekeken naar de betrouwbaarheid van de metingen (figuur 18). Hier is $P=0,00 < 0,05$, met een betrouwbaarheid van 95% kan gezegd worden dat de ICC 0,984 bedraagt.

Resultaten wissel

Wederom is dezelfde analyse uitgevoerd als bij de voorzwaai. Bij de eerste oriëntatie in figuur 19 is te zien dat het %HRR bij de wissel met hele afzet (tweeB) gemiddeld lager ligt dan bij de wissel met tussenafzet (eenB). Wanneer met de Wilcoxon test de relatie tussen de twee gemeten variabelen wordt bepaald (figuur 20) wordt wederom geen significant verschil aangetoond ($P=0,093$). Echter is het verschil duidelijk groter dan bij de voorzwaai metingen.

De Wilcoxon signed ranks test (figuur 21) bevestigt de bevindingen. Bij de wissel met hele afzet (tweeB) is het gemiddelde %HRR 6 van de 10 keer lager dan bij de wissel met tussenafzet. Daarnaast is het gemiddelde verschil bij de hele afzet met gemiddeld 7,33% groter dan andersom (2,75%).

In figuur 22 is gekeken of de wind invloed heeft op de uitslag van de Wilcoxon test. Bij dit onderzoek blijkt er weinig verschil te zitten in de metingen, bij wind mee ($P=0,225$) en wind tegen ($P=0,345$) is er geen significant verschil tussen de twee variabelen.

Er is met de Intra Class Correlation gekeken naar de betrouwbaarheid van de metingen (figuur 23). Hier is $P=0,00 < 0,05$, Met een betrouwbaarheid van 95% kan gezegd worden dat de ICC 0,980 bedraagt.

Discussie

Er zijn verschillende factoren tijdens de uitvoering van de metingen geweest die de uitkomst van de metingen beïnvloed hebben.

De weersomstandigheden hebben invloed gehad op de meetresultaten. De noodzaak van een lange rechte weg heeft het onmogelijk gemaakt de metingen binnen uit te voeren. Tijdens de meetdagen stond er wind variërend van kracht 1 tot 3 Beaufort. Dit is niet veel maar heeft wel invloed gehad op de metingen.

Er blijkt dat deze invloed niet puur negatief is, maar ook techniefactoren gerelateerd aan het weer heeft aangetoond.

Een andere invloed op de metingen is de proefsnelheid. Bij enkele proefpersonen, vaak in combinatie met tegenwind, bleek 20km/u gedurende de gehele meting niet haalbaar te zijn. Om de inspanning submaximaal te houden hebben sommige proefpersonen op een lagere proefsnelheid gestept. Er is één proefpersoon geweest die op een maximale intensiteit heeft gestept met als gevolg dat voor dit proefpersoon de voorkeurstechiek bij maximale intensiteit is aangetoond.

Het aantal van 10 metingen per variabele is weinig om een significant verschil mee aan te tonen. Omdat er 10 proefpersonen hebben meegedaan wordt er in de statistiek minder snel een verschil aangetoond tussen de variabelen dan wanneer er 30 of meer proefpersonen aan het onderzoek meegedaan hebben.

Ondanks de mogelijke punten met invloed op de resultaten wijst de statistiek uit dat de resultaten van het onderzoek als betrouwbaar mogen worden aangenomen.

Er is in dit onderzoek geen verschil aangetoond tussen de verschillende technieken. Zowel de voorzwaai technieken als de wissel technieken moeten als gelijk worden beschouwd.

De statistiek toont geen significant verschil aan tussen de verschillende technieken.

Wanneer er beter wordt gekeken naar de uitkomsten van de statistiek lijken er uitkomsten te zijn die wel verschillen tussen de technieken suggereren.

Bij het onderzoek naar de voorzwaai techniek wordt er duidelijk geen verschil tussen de technieken gevonden als alle metingen bij het onderzoek worden betrokken ($P=0,263$). Wanneer echter de meewind metingen van de tegenwind metingen worden onderscheiden wordt er met $P=0,068$ bij de tegenwind metingen wel een waarde gevonden die zeer dicht bij een significant verschil in de buurt komt. Dit is opmerkelijk, zeker wanneer wordt beseft dat er voor dit onderzoek bij beide windrichtingen slechts 5 proefpersonen in het onderzoek kunnen worden betrokken. De helft van de proefpersonen heeft ten slotte meewind gehad en de andere helft tegenwind.

De oorzaak voor deze uitkomst is vrij logisch verklaarbaar wanneer de formule voor luchtweerstand wordt herbekeken:

$$F_{lucht} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_w * v^2$$

De formule voor de luchtweerstand (F_{lucht}) omvat vier verschillende variabelen. Het snelheidsverschil van de stepper met de lucht (v) heeft hier een kwadratische invloed op. Wanneer de stepper tegenwind heeft, wordt v groter. Des te meer tegenwind de stepper heeft des te meer invloed heeft de frontale oppervlakte (A) op de luchtweerstand. Omdat de stepper bij de voorzwaai met gebogen been een kleiner frontale oppervlakte heeft, zal er bij meer tegenwind meer voordeel worden gehaald uit deze techniek.

De voorzwaai met gebogen been kan minder belastend zijn bij stappen met tegenwind, hierbij zal het voordeel bij meer wind groter zijn.

De twee wisseltechnieken hebben een relatie van $P=0.093$, dit indiceert dat de beide variabelen gelijk zijn, maar geeft wel een zwakke relatie aan.

De meetresultaten hebben 6 van de 10 keer een andere uitkomst dan was voorspeld in hypothese H2. Een verklaring voor het feit dat de wissel met hele afzet beter uit het onderzoek komt kan gevonden worden in het inzettraject van de afzet. Omdat het been minder hoog wordt opgeheven voor de inzet bij wissel met tussenafzet, is de hoeveelheid opgebouwde potentiële energie voor de afzet kleiner. Deze energie kan niet benut worden bij het ontwikkelen van de afzetsnelheid. De stepper moet een grotere energie-investering doen om het afzetbeen op de juiste afzetsnelheid te krijgen. Wanneer dit niet genoeg wordt gedaan heeft het been op het moment van de afzet een lagere snelheid dan de step en zal de afzet de step afremmen.

Dat er bij de metingen geen invloed van de wind is gevonden op de wisselmethode is opmerkelijk. Tegenwind heeft hetzelfde effect op de step als een beklimming, door een externe kracht ondervindt de step meer weerstand en remt sneller af. In de techniekhandleiding voor steppers van de NAF¹² wordt beschreven dat de stepper tijdens een beklimming altijd een zo snel mogelijke wissel maakt. Wanneer wedstrijden worden bekeken waarin wordt geklommen wordt ook gezien dat elke stepper de wissel met tussenafzet gebruikt tijdens klimmen. Tijdens de metingen was er gemiddeld windkracht 1 met maximaal 3 Beauford. De proefpersoon die kracht 3 tegen heeft gehad haalde wel een voordeel uit de wissel met tussenafzet met 1,1%. Dit was ook het grootst behaalde

voordeel onder de metingen waarbij wissel met tussenafzet is gebruikt.

Uiteraard is één meting niet genoeg om te concluderen dat de wissel met tussenafzet bij tegenwind voordeliger is. In een vervolgonderzoek kan wel gekeken worden naar de invloed van de wind op de voorkeurstechiek bij stappen. Dit kan zowel uitgevoerd worden op de wisseltechniek als op de voorzwaai techniek.

De invloed van de wind op de uitvoering van de wissel, evenals de voorzwaai is aanleiding voor een vervolgonderzoek naar steptechniek.

Techniekvoorkeur

In dit onderzoek is geen algemeen geldende voorkeurstechiek gevonden die voor alle steppers als voordelig mag worden aangenomen. Dit komt in overeenstemming met een conclusie uit onderzoek van Simon et al.² wat al eerder is besproken in de inleiding. Hierin is geconcludeerd dat er geen algemeen geldende ideale techniek bestaat. Elke sporter moet volgens dit onderzoek de techniek vinden die voor hem het meest effectief is. Deze conclusie vinden wij op basis van de gevonden resultaten uit dit onderzoek iets te beperkt. Er zijn momentane situaties waarbij onder invloed van externe factoren wel een algemeen geldende voorkeurstechiek kan gelden, zelfs als deze techniek onder normale omstandigheden misschien niet het meest efficiënt is. Een mogelijk voorbeeld hiervan kan de gebogen voorzwaai bij stappen met tegenwind zijn. Een vervolgonderzoek zou dit aan moeten tonen.

Een ander voorbeeld is de wisseltechniek bij stappen tegen een helling. In dit onderzoek is gebleken dat de meeste mensen de voorkeur bij de wissel met hele afzet hebben, maar ondanks dat gebruikt elke stepper tijdens een beklimming de wissel met tussenafzet. Blijkbaar kan onder invloed van externe factoren de techniekvoorkeur veranderen. Er kan dus een algemeen geldende voorkeurstechiek bestaan.

Onder invloed van externe factoren kan een algemeen geldende voorkeurstechiek bestaan.

Stappen op maximale snelheid

Alle resultaten in dit onderzoek zeggen alleen iets over het stappen op submaximale snelheid. Het is mogelijk dat de techniekvoorkeur op een hogere snelheid anders is. Bij de voorzwaai is al eerder voorspeld dat de

voorzwaai met gebogen been op een hogere snelheid waarschijnlijk meer voordeel gaat opleveren. Voor de wissel is dit iets anders. Om te kijken wat er gebeurt met de afzetsnelheden en de wisseltijden bij het steppen op een hogere (maximale) snelheid is er een onderzoek met de Minimod versnellingsmeter gedaan. De metingen zijn allemaal op dezelfde dag uitgevoerd door dezelfde proefpersoon. De uitkomsten zijn te zien in bijlage VI. Alle metingen zijn twee keer gefilterd met een moving average filter, alle afbeeldingen zijn op dezelfde schaal en afgeknipt op dezelfde tijdsduur.

Ten eerste is er geen verschillende topsnelheid gevonden tussen de twee wisseltechnieken. De stelling dat de hoogste afzetsnelheid bij de wissel met hele afzet gehaald kan worden is bij deze niet aangetoond.

Daarnaast zijn de metingen zeer afwijkend en onsamenhangend. Wanneer alle signaaltoppen worden geteld is de afzetsfrequentie over 22 seconden bekend. De afzetsfrequentie is variërend, daarbij zou verwacht worden dat bij een hogere afzetsfrequentie op een zelfde snelheid de afzetkracht lager zou zijn. Een hogere positieve top duidt een hogere afzetsnelheid aan. Hierbij kan worden afgemeten dat niet in alle gevallen een hogere frequentie een kleinere afzetsnelheid tot gevolg heeft.

Er zijn twee mogelijke verklaringen te bedenken voor de wisselvallige meetresultaten. Het kan zijn dat de weersomstandigheden iets verschillend waren tijdens de verschillende metingen. Dit is minimaal geweest aangezien alle metingen op dezelfde dag hebben plaatsgevonden.

Tweede mogelijke verklaring is dat er nog meer variabelen zijn die invloed hebben op de stepsnelheid naast de frequentie, afzetsnelheid en de weersomstandigheden.

Conclusie

Er is geen significant verschil tussen de technieken.

- Hypothese H1 en H2 worden verworpen.

Wel lijken de meetresultaten de volgende richting op te wijzen:

- De voorzwaai met gebogen been kan minder belastend zijn bij steppen met tegenwind, hierbij zal het voordeel bij meer wind groter zijn.

- Het gebruik van een wissel met hele afzet kan energievoordeel opleveren bij steppen op een submaximale snelheid bij wind van kracht 3 of minder.

- Onder invloed van externe factoren kan een algemeen geldende voorkeurstechiek bestaan.

Bronnen

1, Van der Loo H, Techniektraining voor hardlopers: de sleutel tot progressie, Sportgericht, 2009, 60, 14-19.

2, Simon C, Hänsel F, Schulz S, Techniektraining im ausdauersport, Neue ansätze am beispiel laufen, 2003,3,409-415.

3, Van Ingen Schenau GJ, Gemser H. Over leren en trainen van coördinatie. In: Gemser H, de Koning J, Van Ingen Schenau GJ. Handboek wedstrijdschaatsen. Leeuwarden: Eisma, 1998.

4, Post Uiterweer D, Haagse Hogeschool opleiding Bewegingstechnologie, Steppen: Bewegingsanalyse en advies voor aanpassing, Den Haag, 2008.

5, Van Kan P, Van Waas L, Haagse Hogeschool opleiding HALO, Steppen, Den Haag, 2008.

6, Van Ingen Schenau GJ. De bouw van de achterste extremiteit in relatie tot hardlopen, sprinten en springen. In: Osse J.W.M., Van Ingen Schenau G.J., Voogt P., Van den Heuvel C.M. Biologie mechanica en sport. Amsterdam: de biologische raad van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen, 1992.

7, Van Ingen Schemau GJ, Toussaint H. Rotaties in een plat vlak. In: Van Ingen Schemau GJ, Toussaint H. Biomechanica "theoretische mechanica toegepast op het bewegen van de mens". Amsterdam:VU Boekhandel, 1990.

8, Bosch F, Positive Running lopen op maximale snelheid, Sportgericht, 2009,60,10-14.

9, Broeren B, reader ergonomie Antropometrie, Haagse Hogeschool opleiding Bewegingstechnologie, Den Haag, juni 2005.

10, Hermans LJF, Fietsen 5x zuiniger dan lopen, Kennislink, 2003.

11, Van der Broek W, Rolweerstand, <http://www.velofilie.nl/rolweerstand.htm>, 2007.

12, Opstestips voor beginnende steppers, <http://www.autoped.nl/naf/stepuitleg-voorbeginners.pdf>,

Traagheidsmoment tijdens de voorzwaai met gebogen been

$$m = m_1 + m_2$$

$$m_1 = 7,9 \text{ kg}$$

$$m_2 = 3,4 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$a = 0,44 \text{ m}$$

$$b = 0,43 \text{ m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$f = 0,04 \text{ m}$$

$$e = 0,04 \text{ m}$$

$$d = \left(\frac{b}{2}\right) - e = \left(\frac{0,43}{2}\right) - 0,04 = 0,175$$

$$c = (\cos \alpha * d) = (\cos 30^\circ * 0,175) = 0,15 \text{ m}$$

$$r = a - c - f = 0,44 - 0,15 - 0,04 = 0,25 \text{ m}$$

$$J_{\text{bovenbeen}} = \frac{1}{3} m_1 a^2 = \frac{1}{3} * 7,9 * 0,44^2 = 0,05 \text{ kgm}^2$$

$$J_{\text{onderbeen}} = \frac{1}{12} m_2 b^2 + m_2 * r^2 = \frac{1}{12} * 3,4 * 0,43^2 + 3,4 * 0,25^2 = 0,3 \text{ kgm}^2$$

$$J_{\text{been.t.o.v.heup}} = J_{\text{bovenbeen}} + J_{\text{onderbeen}} = 0,5 + 0,3 = 0,8 \text{ kgm}^2$$

$$j = \sin \alpha * d = \sin 30^\circ * 0,175 = 0,088 \text{ m}$$

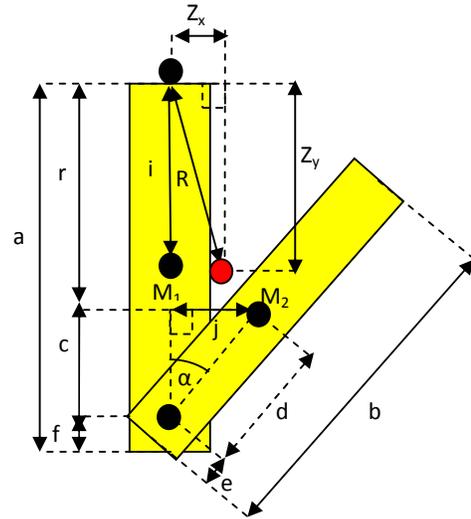
$$Z_x = \frac{(m_1 * 0 + m_2 * j)}{m_1 + m_2} = \frac{7,9 * 0 + 3,4 * 0,088}{7,9 + 3,4} = 0,0265$$

$$Z_y = \frac{(m_1 * i + m_2 * r)}{m_1 + m_2} = \frac{7,9 * 0,22 + 3,4 * 0,25}{7,9 + 3,4} = 0,229$$

$$R = \sqrt{Z_x^2 + Z_y^2} = \sqrt{0,0265^2 + 0,229^2} = 0,231$$

$$W_0 = \sqrt{\frac{m * g * R}{J}} = \sqrt{\frac{11,3 * 9,81 * 0,231}{0,8}} = 5,658$$

$$T = \frac{2\pi}{W_0} = \frac{2\pi}{5,658} = 1,110 \text{ s}$$



Luchtweerstand tijdens voorzwaai met gestrekt been

$$\rho = 1,25 \text{ kg / m}^3$$

$$Cd = 1$$

$$v = 20 \text{ km / h} = 5,55 \text{ m / s}$$

$$b = 0,43 \text{ m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$c = 0,44 \text{ m}$$

$$d = 0,17 \text{ m}$$

$$e = \cos \alpha * b = 0,37 \text{ m}$$

$$f = 0,10 \text{ m}$$

$$m = 11,3 \text{ kg}$$

$$A_{\text{bovenbeen}} = c * d = 0,0748 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{onderbeen}} = e * f = 0,037 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{totaal}} = A_{\text{bovenbeen}} + A_{\text{onderbeen}} = 0,1118 \text{ m}^2$$

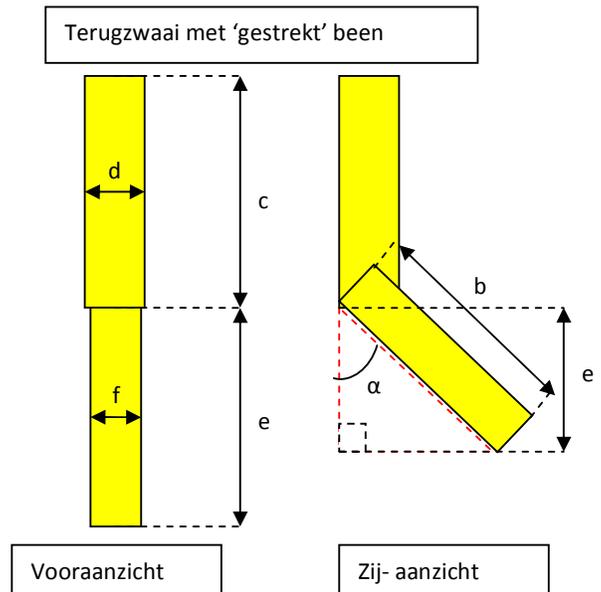
$$Flucht = \frac{1}{2} * \rho * A * Cd * v^2$$

$$Flucht = \frac{1}{2} * 1,25 * 0,1118 * 1 * 5,55^2 = 2,2 \text{ N}$$

$$- Flucht = m * a$$

$$- 2,2 = 11,3 * a$$

$$a = -0,2 \text{ m / s}^2$$



Luchtweerstand tijdens voorzwaai met gebogen been

$$\rho = 1,25 \text{ kg / m}^3$$

$$Cd = 1$$

$$v = 20 \text{ km / h} = 5,55 \text{ m / s}$$

$$b = 0,44 \text{ m}$$

$$c = 0,17 \text{ m}$$

$$m = 11,3 \text{ kg}$$

$$A_{\text{bovenbeen}} = c * d = 0,0748 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{totaal}} = A_{\text{bovenbeen}} = 0,0748 \text{ m}^2$$

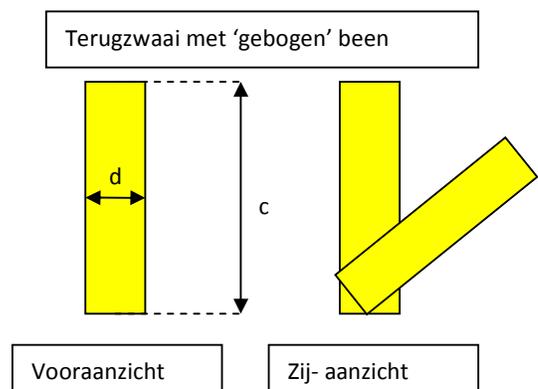
$$Flucht = \frac{1}{2} * \rho * A * Cd * v^2$$

$$Flucht = \frac{1}{2} * 1,25 * 0,0748 * 1 * 5,55^2 = 1,4 \text{ N}$$

$$- Flucht = m * a$$

$$- 1,4 = 11,3 * a$$

$$a = -0,12 \text{ m / s}^2$$



Luchtweerstand van het gehele lichaam+step

$$\rho = 1,25 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$Cd = 1$$

$$v = 20 \text{ km} / \text{h} = 5,55 \text{ m} / \text{s}$$

$$m = m_{\text{persoon}} + m_{\text{step}} = 75,2 + 10 = 85,2 \text{ kg}$$

$$A = 0,62 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{lucht}} = \frac{1}{2} * \rho * A * Cd * v^2$$

$$F_{\text{lucht}} = \frac{1}{2} * 1,25 * 0,62 * 1 * 5,55^2 = 11,94 \text{ N}$$

$$-F_{\text{lucht}} = m * a$$

$$-11,94 = 85,2 * a$$

$$a = -0,14 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$\frac{F_{\text{luchtgestrekt}}}{F_{\text{luchtgeheel}}} * 100 = \frac{2,2}{11,94} * 100 = 18,4\%$$

$$\frac{F_{\text{luchtgebogen}}}{F_{\text{luchtgeheel}}} * 100 = \frac{1,4}{11,94} * 100 = 11,7\%$$

$$18,4\% - 11,7\% = 6,7\%$$

Rolweerstand persoon+step

$$fr = 0,003$$

$$m_{\text{persoon}} = 75,2 \text{ kg}$$

$$m_{\text{step}} = 10 \text{ kg}$$

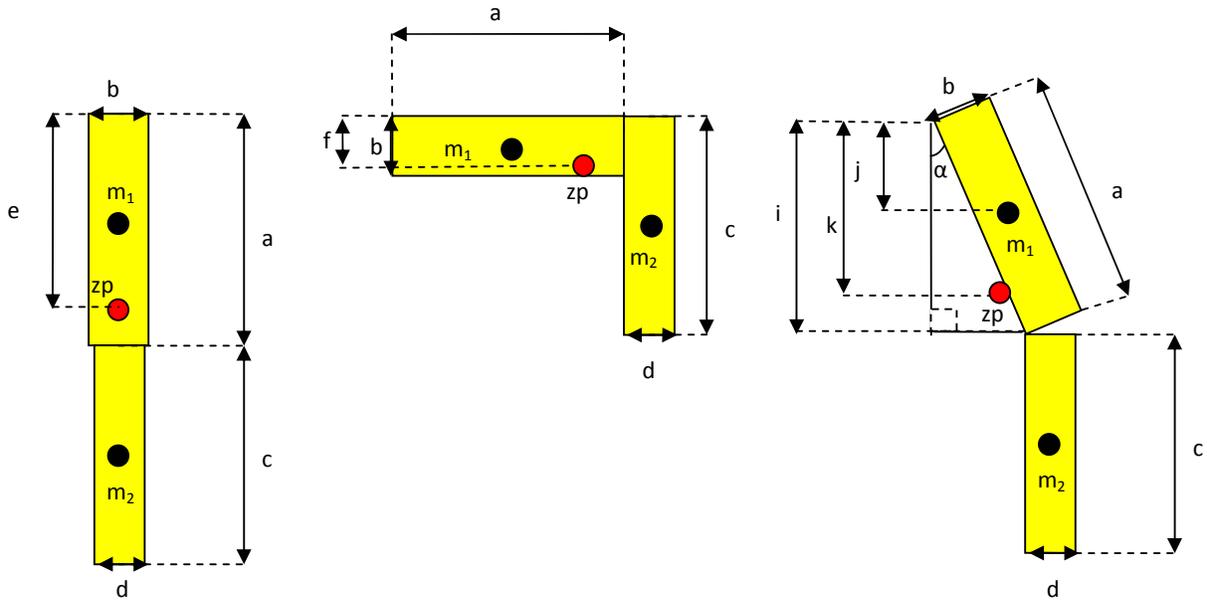
$$g = 9,81 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$Fn = (m_{\text{persoon}} + m_{\text{step}}) * g = (75,2 + 10) * 9,81 = 835,8 \text{ N}$$

$$F_{\text{rol}} = fr * F_n$$

$$F_{\text{rol}} = 0,003 * 835,8 = 2,5 \text{ N}$$

Snelheid zwaartepunt tijdens eerste afzet na de wissel



gestrektbeen

$$m_1 = 7,9\text{kg}$$

$$m_2 = 3,4\text{kg}$$

$$a = 0,44\text{m}$$

$$b = 0,17\text{m}$$

$$c = 0,43\text{m}$$

$$d = 0,10\text{m}$$

$$z_{p_y} = e = \frac{m_1 * \frac{1}{2}a + m_2 * (a + \frac{1}{2}c)}{m_1 + m_2}$$

$$e = \frac{7,9 * \frac{1}{2} * 0,44 + 3,4 * (0,44 + \frac{1}{2} * 0,43)}{7,9 + 3,4} = 0,35\text{m}$$

gebogenbeen

$$m_1 = 7,9\text{kg}$$

$$m_2 = 3,4\text{kg}$$

$$a = 0,44\text{m}$$

$$b = 0,17\text{m}$$

$$c = 0,43\text{m}$$

$$d = 0,10\text{m}$$

$$z_{p_y} = f = \frac{m_1 * \frac{1}{2}b + m_2 * \frac{1}{2}c}{m_1 + m_2}$$

$$f = \frac{7,9 * \frac{1}{2} * 0,17 + 3,4 * \frac{1}{2} * 0,43}{7,9 + 3,4} = 0,12\text{m}$$

halfgebogenbeen

$$m_1 = 7,9\text{kg}$$

$$m_2 = 3,4\text{kg}$$

$$a = 0,44\text{m}$$

$$b = 0,17\text{m}$$

$$c = 0,43\text{m}$$

$$d = 0,10\text{m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$i = \cos \alpha * a = \cos 30 * 0,44 = 0,38\text{m}$$

$$j = \frac{1}{2} * i = \frac{1}{2} * 0,38 = 0,19\text{m}$$

$$z_{p_y} = k = \frac{m_1 * j + m_2 * (i + \frac{1}{2}c)}{m_1 + m_2}$$

$$k = \frac{7,9 * 0,19 + 3,4 * (0,38 + \frac{1}{2} * 0,43)}{7,9 + 3,4} = 0,31\text{m}$$

gebogenbeen

$$g = 9,81\text{m/s}^2$$

$$\Delta h = e - f$$

$$m * g * \Delta h = \frac{1}{2} * m * v^2$$

$$g * (e - f) = \frac{1}{2} * v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{g * (e - f)}{\frac{1}{2}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{9,81 * (0,35 - 0,12)}{\frac{1}{2}}}$$

$$v = 2,1\text{m/s}$$

halfgebogenbeen

$$g = 9,81\text{m/s}^2$$

$$\Delta h = e - k$$

$$m * g * \Delta h = \frac{1}{2} * m * v^2$$

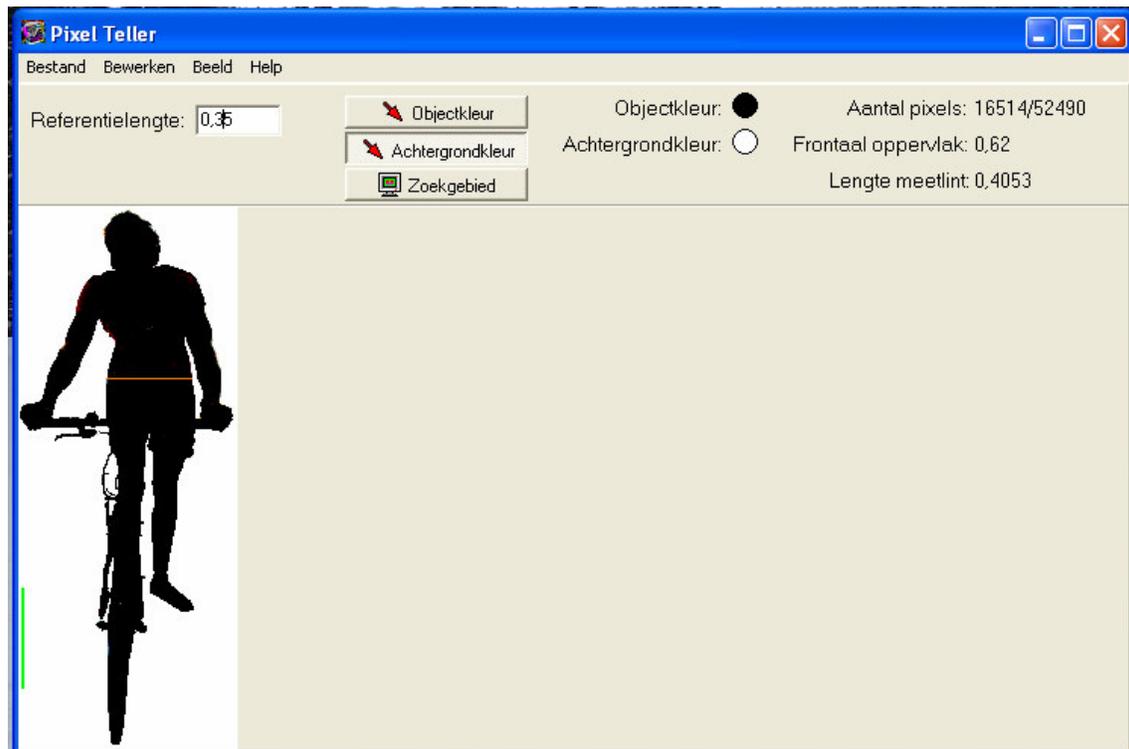
$$g * (e - k) = \frac{1}{2} * v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{g * (e - k)}{\frac{1}{2}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{9,81 * (0,35 - 0,31)}{\frac{1}{2}}}$$

$$v = 0,9\text{m/s}$$

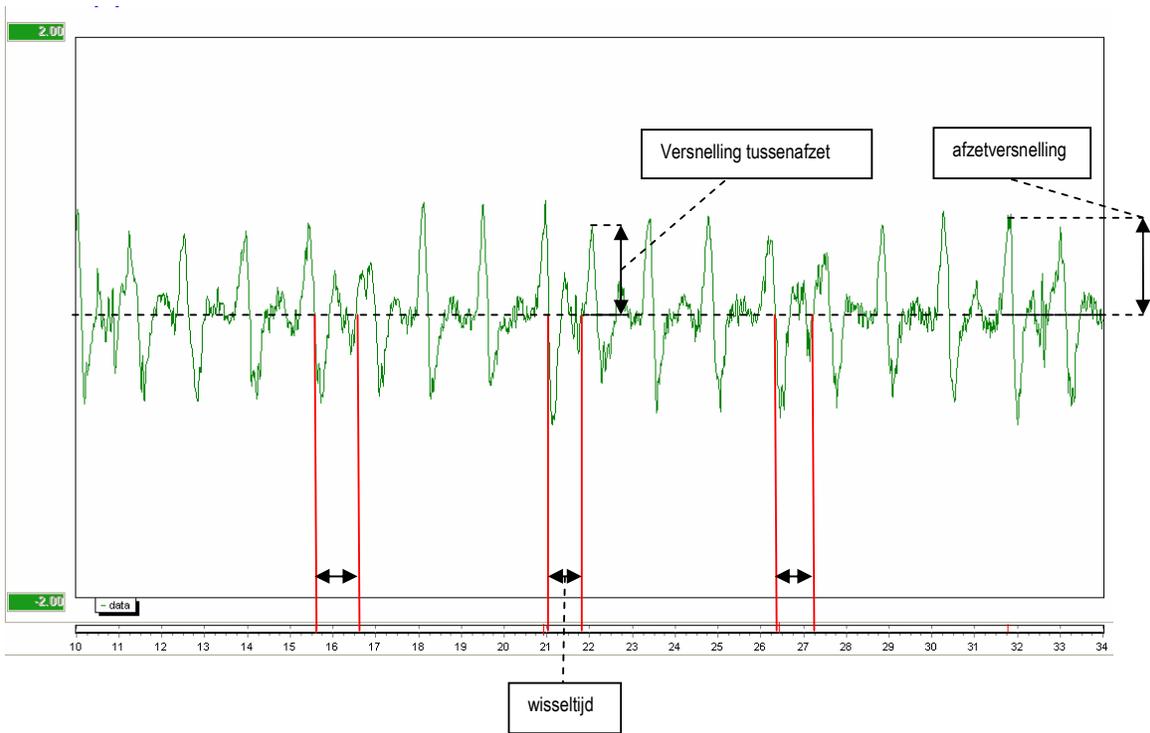
Bijlage II, pixelteller



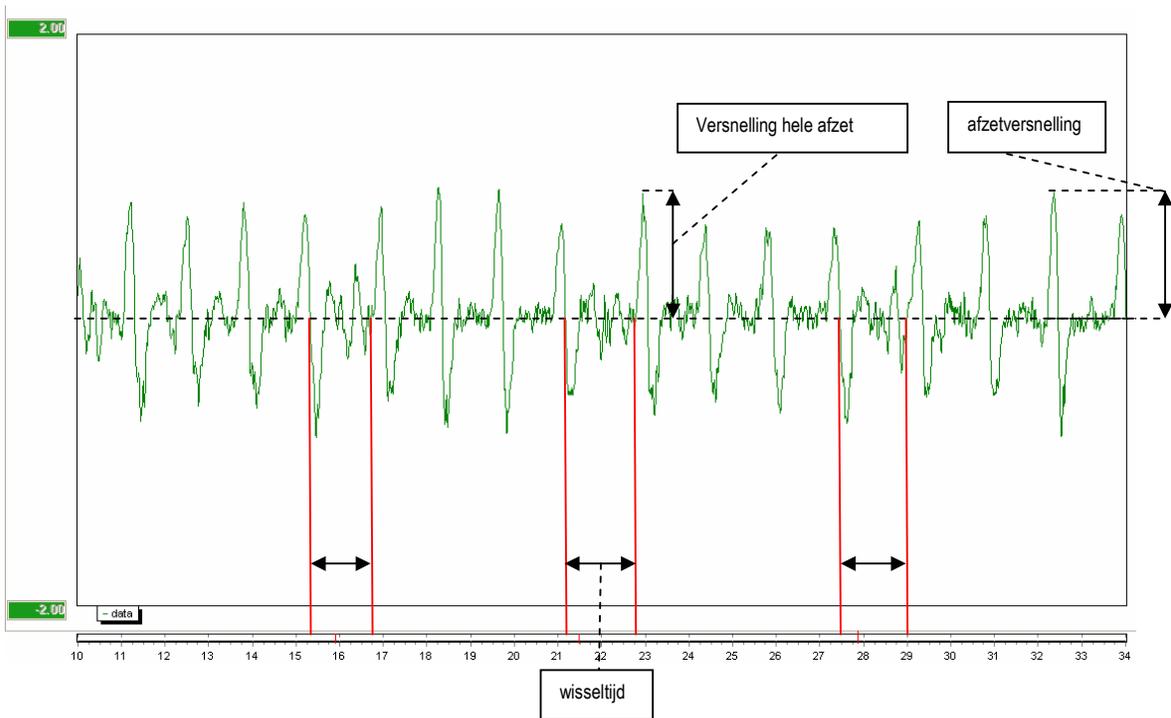
Screenshot van gebruikte Pixelteller. Programmeur: H.Faber.

Bijlage III, Minimod metingen

Versnelling met tussenafzet 20 km/u



Versnelling met hele afzet 20 km/u



Bijlage IV, meetresultaten

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		gestrekt %hrr	gebogen %hrr		Tussen %hrr	hele %hrr		
2	proefpersoon	1A	2		1B	2	meting	sport
3	Marieke	102,1	100,7		100,3	100,7	1	volleybal
4	Rolf	74,2	76,3		79,2	76,3	2	volleybal
5	Laurens	80,7	80,7		81,6	80,7	3	hartlopen/tafeltennis
6	Tjerk	78	73,4		79,1	73,4	4	hartlopen
7	Sander	97	97		99,7	97	5	fietsen
8	maries	95,1	91,2		96,6	91,2	6	tafeltennis
9	marlon	90,6	86,8		85,7	86,8	1	fitness
10	erik	81,1	81,7		81,4	81,7	2	fitness
11	mijke	93	92,9		95,9	92,9	3	fietsen
12	suzanne	88,2	88,7		88,6	88,7	4	volleybal
13	gemiddelde	88	86,94		88,81	86,94		

Bijlage V, Output SPSS

Output voorzwaai

Explore

test

Case Processing Summary

test		Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
Hrr	1	10	100,0%	0	,0%	10	100,0%
	2	10	100,0%	0	,0%	10	100,0%

Descriptives

test		Statistic	Std. Error	
Hrr	1	Mean	88,0000	
		95% Confidence Interval for Mean	81,4551	
		Lower Bound	94,5449	
		Upper Bound		
		5% Trimmed Mean	87,9833	
		Median	89,4000	
		Variance	83,707	
		Std. Deviation	9,14913	
		Minimum	74,20	
		Maximum	102,10	
		Range	27,90	
		Interquartile Range	15,55	
		Skewness	-,057	,687
		Kurtosis	-1,203	1,334
	2	Mean	86,9400	
		95% Confidence Interval for Mean	80,5851	
		Lower Bound	93,2949	
		Upper Bound		
		5% Trimmed Mean	86,9278	
		Median	87,7500	
		Variance	78,918	
		Std. Deviation	8,88359	
		Minimum	73,40	
		Maximum	100,70	
		Range	27,30	
		Interquartile Range	14,33	
		Skewness	-,031	,687
		Kurtosis	-,961	1,334

Hrr Stem-and-Leaf Plots

Hrr Stem-and-Leaf Plot for
test= 1

Frequency	Stem &	Leaf
2,00	7 .	48
3,00	8 .	018
4,00	9 .	0357
1,00	10 .	2

Stem width: 10,00

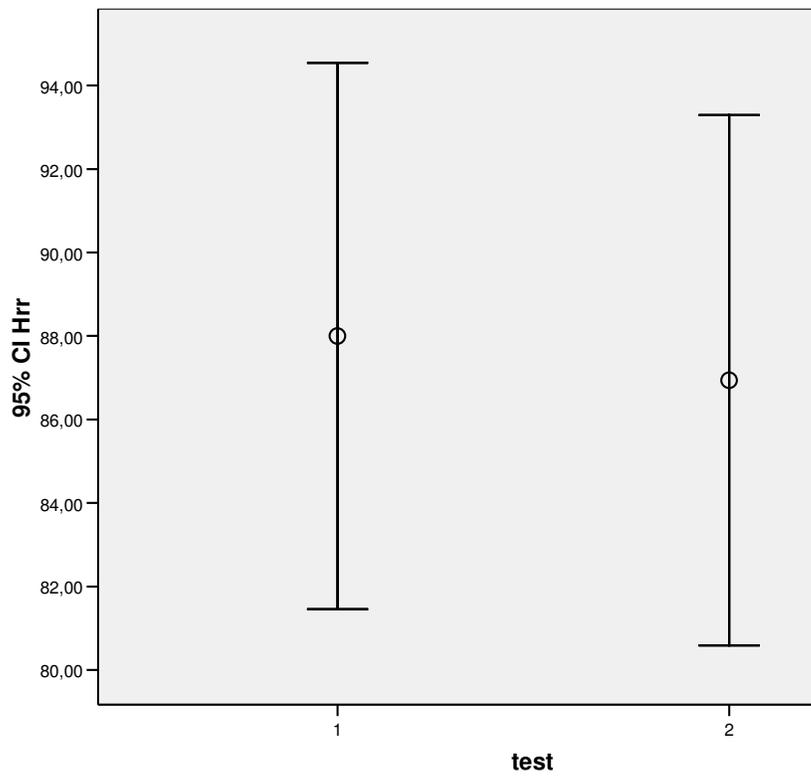
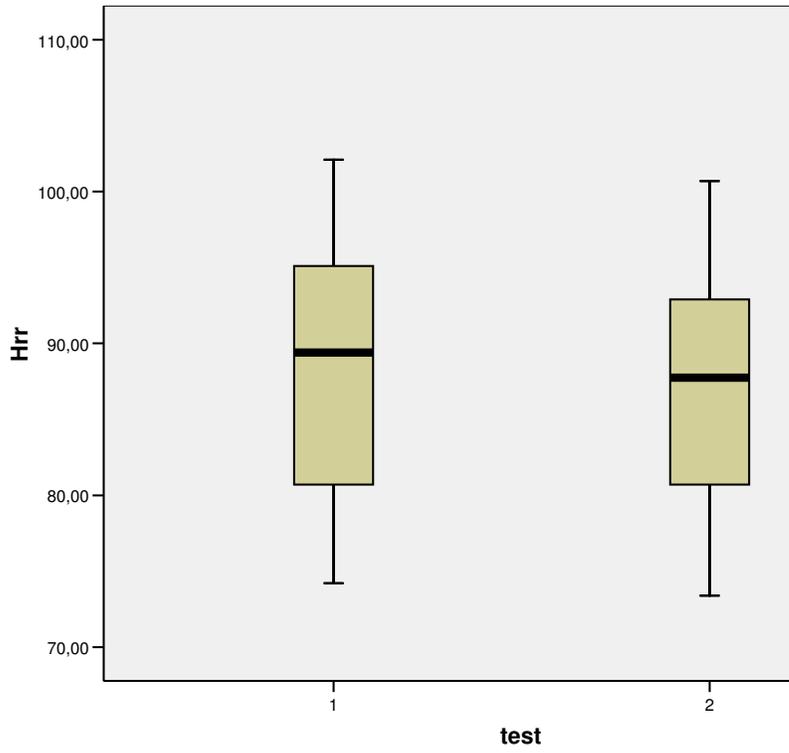
Each leaf: 1 case(s)

Hrr Stem-and-Leaf Plot for
test= 2

Frequency	Stem &	Leaf
2,00	7 .	36
4,00	8 .	0168
3,00	9 .	127
1,00	10 .	0

Stem width: 10,00

Each leaf: 1 case(s)



Graph

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
tweeA - eenA	Negative Ranks	5 ^a	5,20	26,00
	Positive Ranks	3 ^b	3,33	10,00
	Ties	2 ^c		
	Total	10		

a. tweeA < eenA

b. tweeA > eenA

c. tweeA = eenA

Test Statistics^b

	tweeA - eenA
Z	-1,120 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,263

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Reliability

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	10	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	10	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,984	2

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^a	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,968 ^b	,878	,992	61,865	9,0	9	,000
Average Measures	,984 ^c	,935	,996	61,865	9,0	9	,000

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- Type C intraclass correlation coefficients using a consistency definition-the between-measure variance is excluded from the denominator variance.
- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

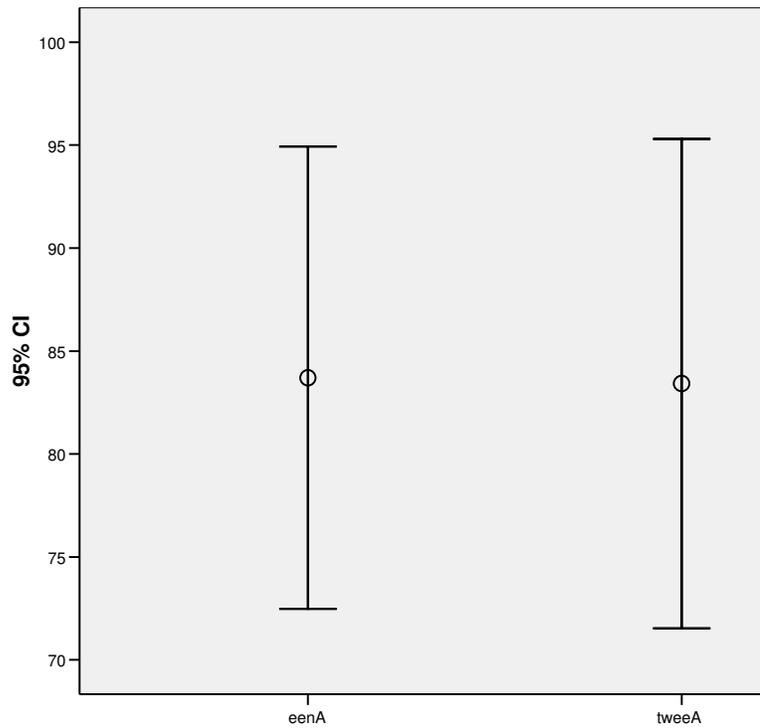
Nonparametric Correlations

Correlations

			eenB	tweeB	snelhedsverschil
Spearman's rho	eenB	Correlation Coefficient	1,000	,976**	,006
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,987
		N	10	10	10
	tweeB	Correlation Coefficient	,976**	1,000	,055
		Sig. (2-tailed)	,000	.	,881
		N	10	10	10
	snelhedsverschil	Correlation Coefficient	,006	,055	1,000
		Sig. (2-tailed)	,987	,881	.
		N	10	10	10

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Graph



NPar Tests Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
tweeA - eenA Negative Ranks	1 ^a	4,00	4,00
Positive Ranks	3 ^b	2,00	6,00
Ties	1 ^c		
Total	5		

a. tweeA < eenA

b. tweeA > eenA

c. tweeA = eenA

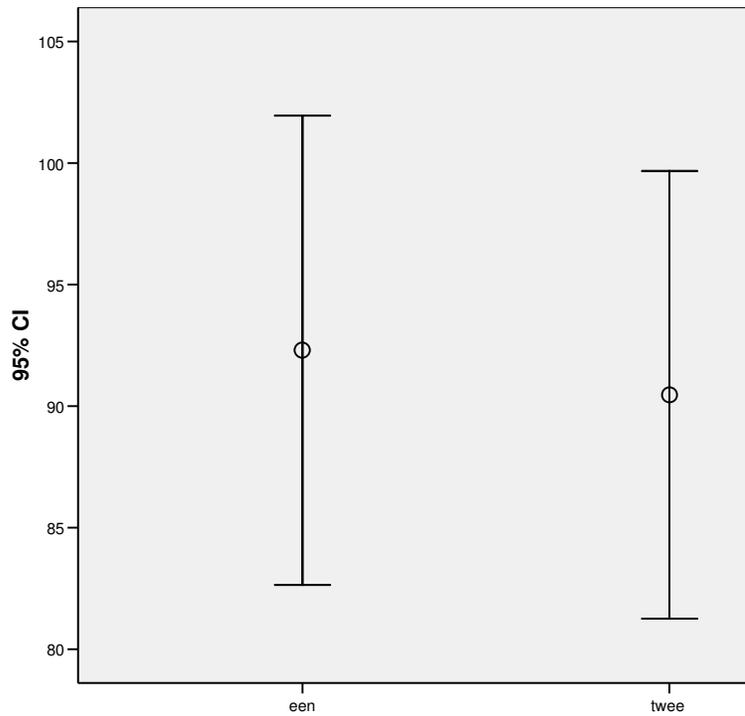
Test Statistics^b

	tweeA - eenA
Z	-,365 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,715

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Graph



NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
twee - een Negative Ranks	4 ^a	2,50	10,00
Positive Ranks	0 ^b	,00	,00
Ties	1 ^c		
Total	5		

a. twee < een

b. twee > een

c. twee = een

Test Statistics^b

	twee - een
Z	-1,826 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,068

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Explore test

Case Processing Summary

test	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Hrr 1	10	100,0%	0	,0%	10	100,0%
Hrr 2	10	100,0%	0	,0%	10	100,0%

Descriptives

test	Statistic	Std. Error	
Hrr 1	Mean	88,8100	
	95% Confidence Interval for Mean	2,71786	
	Lower Bound	82,6618	
	Upper Bound	94,9582	
	5% Trimmed Mean	88,7111	
	Median	87,1500	
	Variance	73,868	
	Std. Deviation	8,59463	
	Minimum	79,10	
	Maximum	100,30	
	Range	21,20	
	Interquartile Range	16,53	
	Skewness	,224	,687
	Kurtosis	-1,902	1,334
Hrr 2	Mean	86,9400	
	95% Confidence Interval for Mean	2,80924	
	Lower Bound	80,5851	
	Upper Bound	93,2949	
	5% Trimmed Mean	86,9278	
	Median	87,7500	
	Variance	78,918	
	Std. Deviation	8,88359	
	Minimum	73,40	
	Maximum	100,70	
	Range	27,30	
	Interquartile Range	14,33	
	Skewness	-,031	,687
	Kurtosis	-,961	1,334

Hrr

Stem-and-Leaf Plots

Hrr Stem-and-Leaf Plot for

test= 1

Frequency	Stem &	Leaf
2,00	7 .	99
4,00	8 .	1158
3,00	9 .	569
1,00	10 .	0

Stem width: 10,00

Each leaf: 1 case(s)

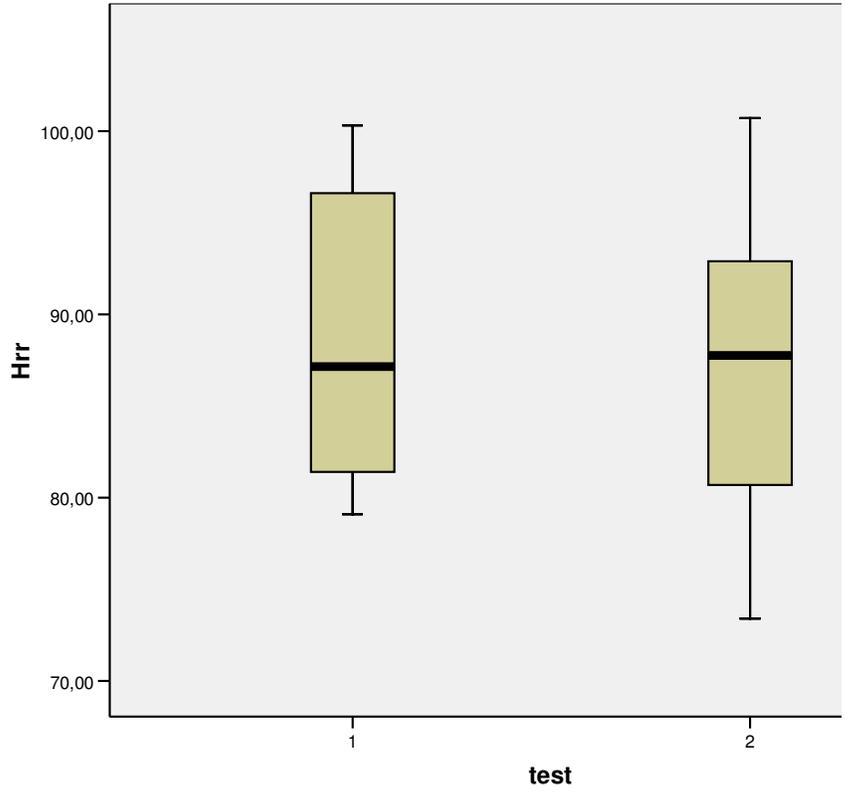
Hrr Stem-and-Leaf Plot for

test= 2

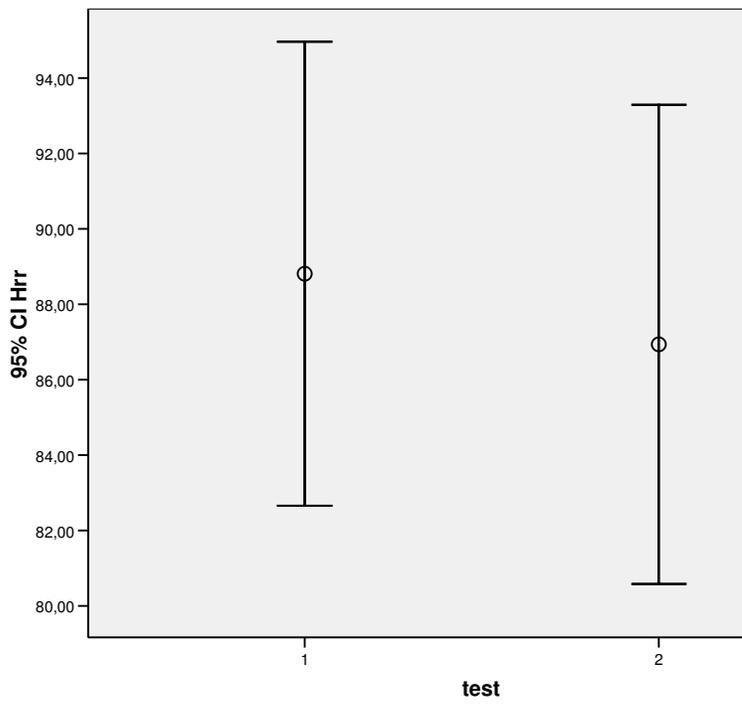
Frequency	Stem &	Leaf
2,00	7 .	36
4,00	8 .	0168
3,00	9 .	127
1,00	10 .	0

Stem width: 10,00

Each leaf: 1 case(s)



Graph



NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
tweeB - eenB	Negative Ranks	6 ^a	7,33	44,00
	Positive Ranks	4 ^b	2,75	11,00
	Ties	0 ^c		
	Total	10		

a. tweeB < eenB

b. tweeB > eenB

c. tweeB = eenB

Test Statistics^b

	tweeB - eenB
Z	-1,682 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,093

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Reliability

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	10	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	10	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^a	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,961 ^b	,852	,990	50,250	9,0	9	,000
Average Measures	,980 ^c	,920	,995	50,250	9,0	9	,000

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- Type C intraclass correlation coefficients using a consistency definition-the between-measure variance is excluded from the denominator variance.
- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Nonparametric Correlations

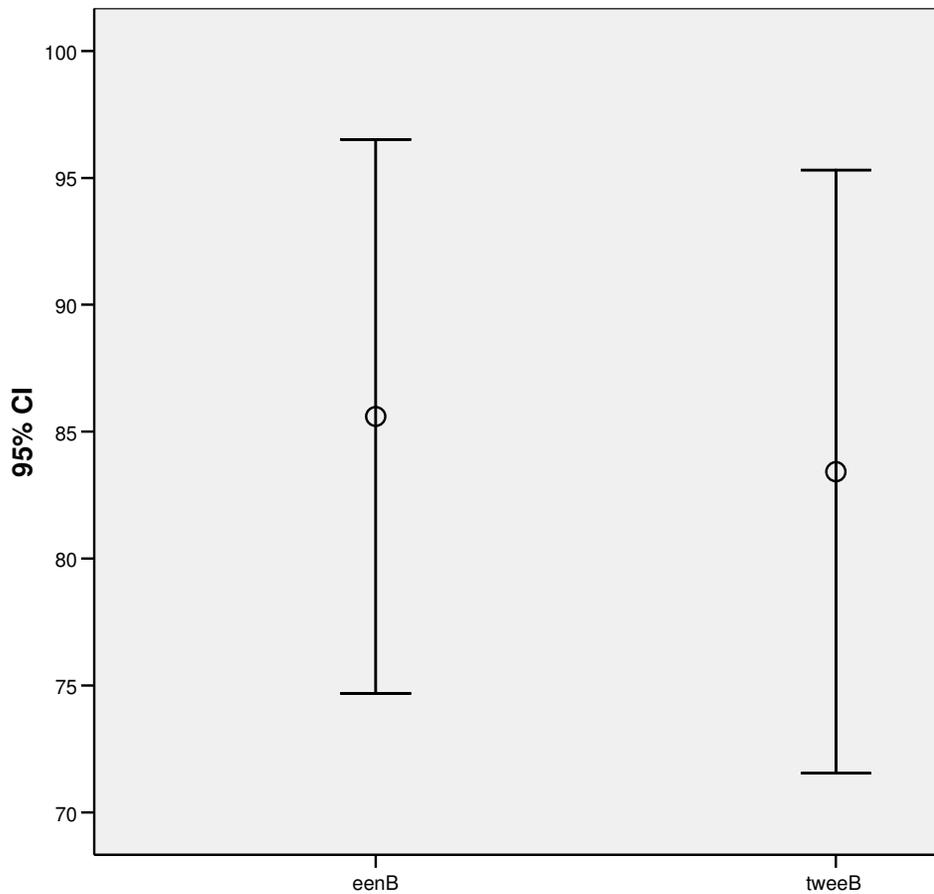
Correlations

			eenB	tweeB	snelheidsverschil
Spearman's rho	eenB	Correlation Coefficient	1,000	,976**	,006
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,987
		N	10	10	10
	tweeB	Correlation Coefficient	,976**	1,000	,055
		Sig. (2-tailed)	,000	.	,881
		N	10	10	10
	snelheidsverschil	Correlation Coefficient	,006	,055	1,000
		Sig. (2-tailed)	,987	,881	.
		N	10	10	10

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Output wissel wind mee

Graph



NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
tweeB - eenB Negative Ranks	3 ^a	4,00	12,00
Positive Ranks	2 ^b	1,50	3,00
Ties	0 ^c		
Total	5		

a. tweeB < eenB

b. tweeB > eenB

c. tweeB = eenB

Test Statistics^b

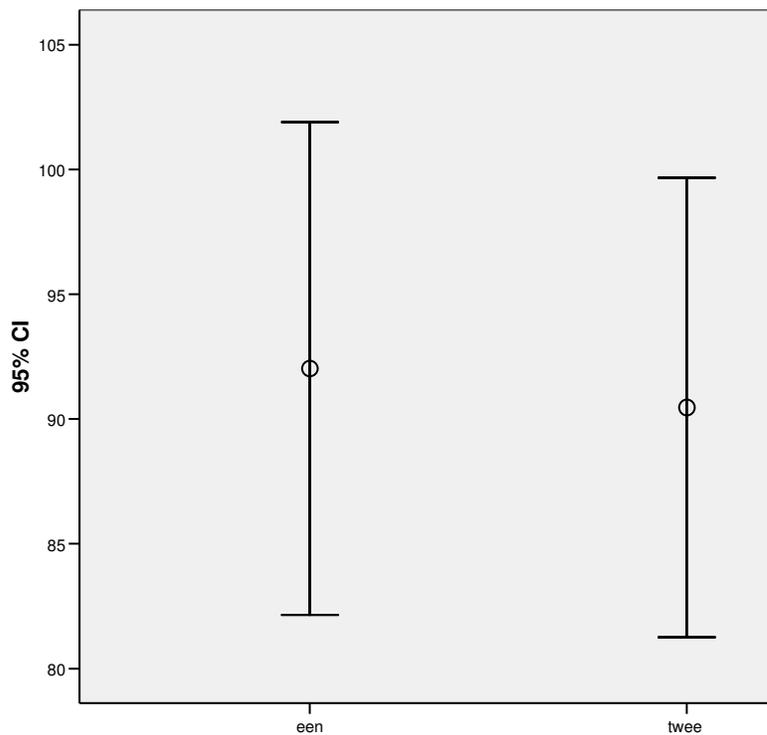
	tweeB - eenB
Z	-1,214 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,225

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

[Output wissel wind tegen](#)

Graph



NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
twee - een	Negative Ranks	3 ^a	3,67	11,00
	Positive Ranks	2 ^b	2,00	4,00
	Ties	0 ^c		
	Total	5		

a. twee < een

b. twee > een

c. twee = een

Test Statistics^b

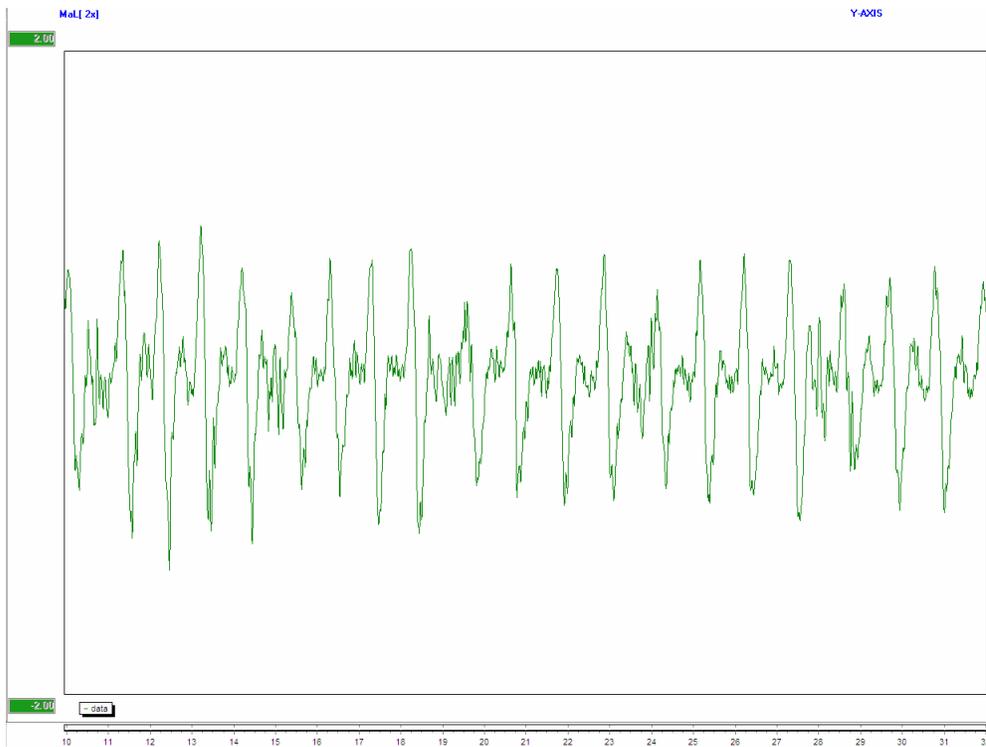
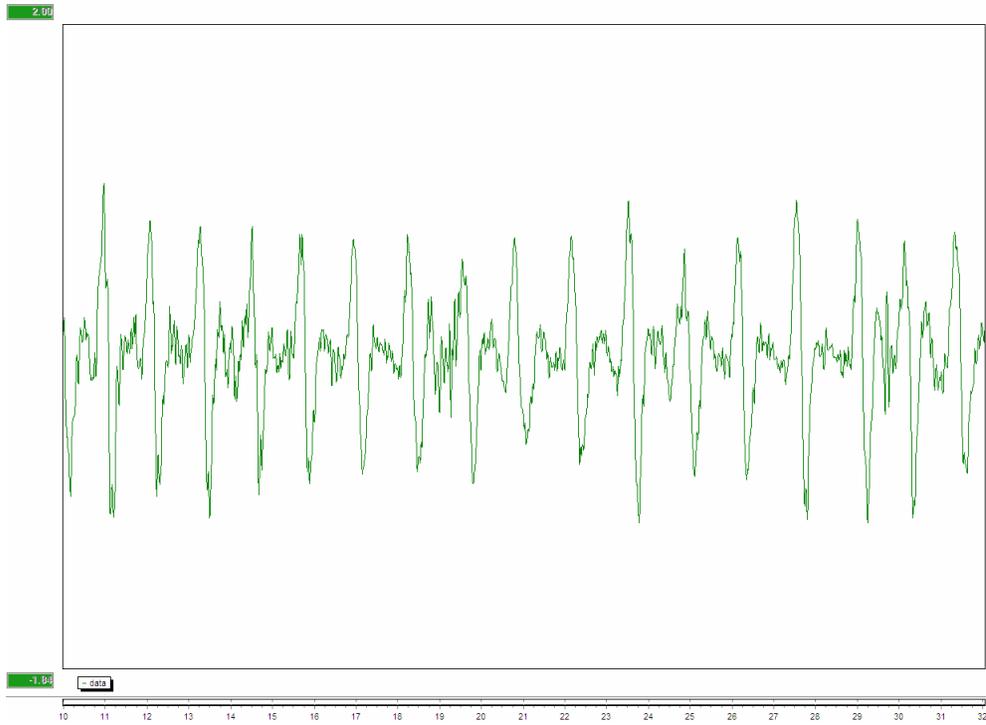
	twee - een
Z	-,944 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,345

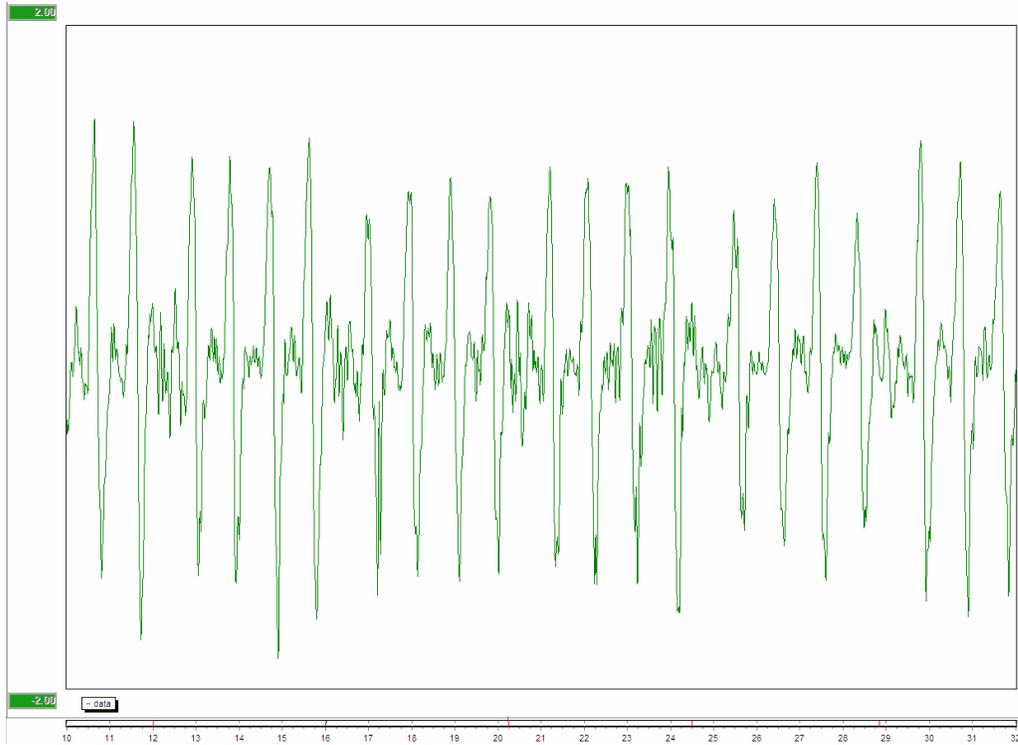
a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Bijlage VI, overige minimod metingen

Minimod meting wissel met tussenafzet bij 28km/u





Minimod meting wissel met hele afzet bij 28km/u

