

Afname van de beenarbeid tijdens staand fietsen op een helling

N.R. Flikkenschild, B.L.A. van den Brand

Opleiding Bewegingstechnologie Haagse Hogeschool

15 juni 2011

Samenvatting

In eerder onderzoek naar het zwenken van de fiets tijdens staand fietsen door M. Punt en M. Verstegen⁽⁵⁾, is de volgende hypothese geformuleerd: 'Indien de wielrenner zijn fiets laveert heeft hij de mogelijkheid armarbeid te leveren, terwijl de verticale romp excursie zeer beperkt blijft. De armarbeid zorgt indirect voor de zozeer gewenste extra kracht op de pedalen'. Deze hypothese is nader uitgewerkt tot: 'De totale energie kosten bij het staand fietsen nemen weliswaar toe, maar de armarbeid levert meer op dan de extra arbeid die geleverd moet worden op het lichaamszwaartepunt, hierdoor kunnen de benen in vergelijking met zittend fiets toch worden ontlast'.

Om deze hypothese te kunnen onderzoeken is een nieuwe meetopstelling en een meetprotocol ontwikkeld waarmee de interne en externe arbeid tijdens fietsen op een helling kan worden bepaald. Het eerdere onderzoek van Punt en Verstegen⁽⁵⁾ heeft namelijk een aantal tekortkomingen. De belangrijkste tekortkoming is het niet kunnen kwantificeren van de armarbeid.

Om de armarbeid te kwantificeren is een fietsstuur geïnstrumenteerd met rekstroken, hiermee kunnen de momenten die de armen op het stuur leveren worden gemeten. Door middel van een kalibratie kunnen de rekstrooksignalen worden omgerekend naar krachten.

Door de meetopstelling van de openbare weg naar binnen te verplaatsen worden storende factoren zoals luchtweerstand (wind), afstand variatie tussen camera en proefpersoon en een onbekende hellingshoek ontnomen. De meetopstelling maakt gebruik van een loopband waaraan de nodige aanpassingen zijn verricht om de veiligheid van de proefpersoon te kunnen waarborgen.

De proefpersonen worden van frontaal gefilmd tijdens een beklimming op een helling van minimaal 10% met een constante snelheid. Uit deze videobeelden zijn coördinaten van segmenten verkregen met behulp van V2Cii, in combinatie met de rekstrooksignalen vormt dit de input voor het ontwikkelde programma LateralSway.

Om de meetopstelling en onderzoeksmethode te testen zijn een tweetal pilotmetingen uitgevoerd. Uit deze metingen is gebleken dat tijdens staand fietsen zowel de armarbeid als de arbeid voor het verplaatsen van het lichaamszwaartepunt groter is dan tijdens zittend fietsen onder dezelfde omstandigheden.

De belangrijkste conclusie van dit onderzoek is dat met de ontwikkelde meetopstelling en onderzoeksmethode een basis is gelegd voor verder onderzoek naar de arbeidsverdeling gedurende een beklimming bij staand en zittend fietsen.

Inleiding

Wielrenners verkiezen staand fietsen boven zittend fietsen onder twee verschillende omstandigheden.

1. Explosieve demarrage/ontsnapping (zowel op een vlakke weg als op een helling);
2. Tijdens een langdurige klim wordt zittend en staand fietsen vaak afgewisseld (bij een constante snelheid).

Het voordeel van staand fietsen onder de eerste conditie is te begrijpen vanwege hogere krachten en piekvermogens die bij staand fietsen geleverd kunnen worden. Onderzoek van Caldwell et al.⁽¹⁾ laat zien dat de krachtleverantie op de pedalen bij staand fietsen met 200% toe kan nemen ten opzichte van zittend fietsen. Dit verduidelijkt de keuze om de staande fietstechniek toe te passen wanneer de fietser snel wil accelereren.

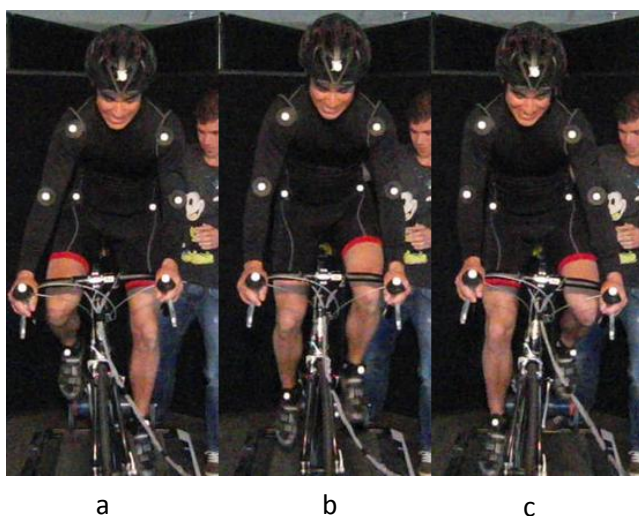
Het voordeel van het afwisselen tussen zittend en staand fietsen tijdens een langdurige beklimming met een constante snelheid is minder duidelijk. Staand fietsen op een vlakke weg is minder efficiënt dan zittend fietsen bij een gelijke submaximale snelheid⁽²⁾. Uit onderzoek van Tanaka⁽³⁾ blijkt staand fietsen bij een hellingspercentage van 10% of meer wel efficiënter te zijn dan zittend fietsen. Deze bevinding wordt ondersteund door onderzoek van Swain en Wilcox⁽⁴⁾ die ook een steilere helling hebben gebruikt.

De afwisseling tussen staan en zitten vindt echter ook plaats bij lagere hellingspercentages. Punt en Verstegen⁽⁵⁾ hebben een hypothese geformuleerd die dit gedrag mogelijk verklaart. In deze verklaring speelt het zwenken van de fiets en de arbeid die de armen bij staand fietsen kunnen leveren een belangrijke rol.

Om deze hypothese te kunnen toetsen is er een instrumentatie van het fietsstuur gebouwd die het mogelijk maakt om de armarbeid te kwantificeren, daarnaast is een meet opstelling gebouwd en een meetprotocol ontworpen. In dit verslag worden de gebouwde meetopstelling, de totstandkoming van dit protocol en de resultaten van een aantal pilotmetingen besproken.

Zwenken en arbeid

Punt en Verstegen⁽⁵⁾ hebben de volgende hypothese geformuleerd (citaat): 'Indien de wielrenner zijn fiets laveert heeft hij de mogelijkheid armarbeid te leveren, terwijl de verticale romp excursie zeer beperkt blijft. De armarbeid zorgt indirect voor de zozeer gewenste extra kracht op de pedalen'.

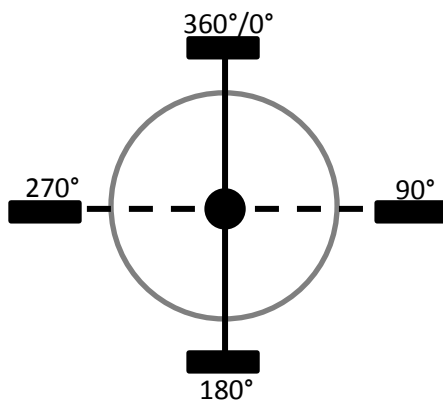


Figuur 1 Posities tijdens een zwenk

Tijdens laveren, ofwel zwenken, wordt bij de staande fietstechniek de fiets onder het lichaam door gekanteld. In het frontale vlak blijft de romp op vrijwel dezelfde plaats. Wanneer de fiets voor de fietser naar rechts wordt gekanteld, strekken het linkerbeen en de rechterarm, zie figuur 1a. Logischerwijs strekken de linkerarm en het rechterbeen wanneer de fiets voor de fietser naar links wordt gekanteld, zie figuur 1c.

Zoals in de hypothese is geformuleerd is het mogelijk om tijdens de staande fietstechniek armarbeid te leveren. Dit wordt mogelijk door het wegnemen van het zadel als steunpunt, hiermee is de balans van de persoon ten opzichte van de fiets verminderd. Om de ondersteuning en balans te controleren tijdens het zwenken zijn de romp- en armspieren sterk geactiveerd⁽⁶⁾. Met de armen wordt tijdens de neerwaartse crankbeweging, zie figuur 2, van 30° tot 160° , het stuur omhoog en naar achteren getrokken, aan dezelfde zijde van de fiets. Tijdens de opwaartse crankbeweging, van 160° tot 30° , wordt het stuur omlaag en naar voren geduwd⁽⁷⁾. Op het moment dat aan de linkerzijde van de fiets het stuur omhoog en naar achteren wordt getrokken wordt het stuur aan de rechterzijde van de fiets omlaag en naar voren geduwd.

Door het leveren van deze arbeid tijdens het staand fietsen wordt, gedurende de strekkende beweging van het been, de fiets de tegengestelde zijde op gekanteld. Dit heeft als gevolg dat de kracht, geleverd door de armen, de druk op de pedalen vergroot.



Figuur 2 Crankcyclus

Wanneer bij staand fietsen niet zou worden gelaveerd is de mogelijkheid armarbeid te leveren nog steeds aanwezig. Dit zal echter gepaard gaan met een grote verticale excursie van de romp. Aan de hand van figuren 3 en 4, wordt verduidelijkt wat voor verschillen er zijn tussen staand fietsen met en staand fietsen zonder zwenking.

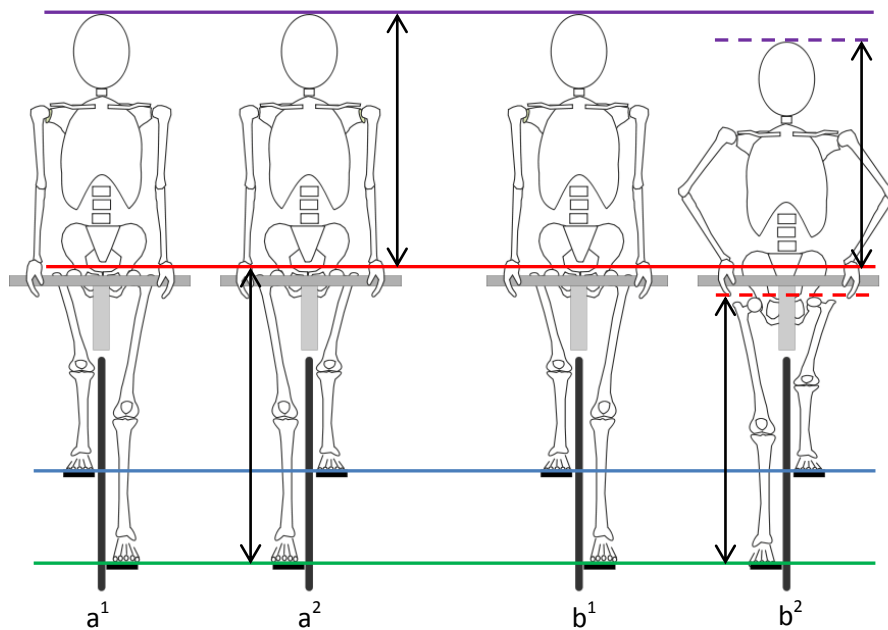
Kijkend naar het, voor de lezer, linkerbeen van de fietser kan worden verduidelijkt wat voor invloed het leveren van armarbeid tijdens staand fietsen zonder laveren heeft op de posities en bewegingen van andere lichaamsdelen.

De rode lijn in figuur 3 geeft de heuphoogte aan tijdens staand fietsen zonder het verrichten van armarbeid. De blauwe lijn geeft het hoogste punt van de trapcyclus weer, de groene lijn laat het laagste punt van de trapcyclus zien.

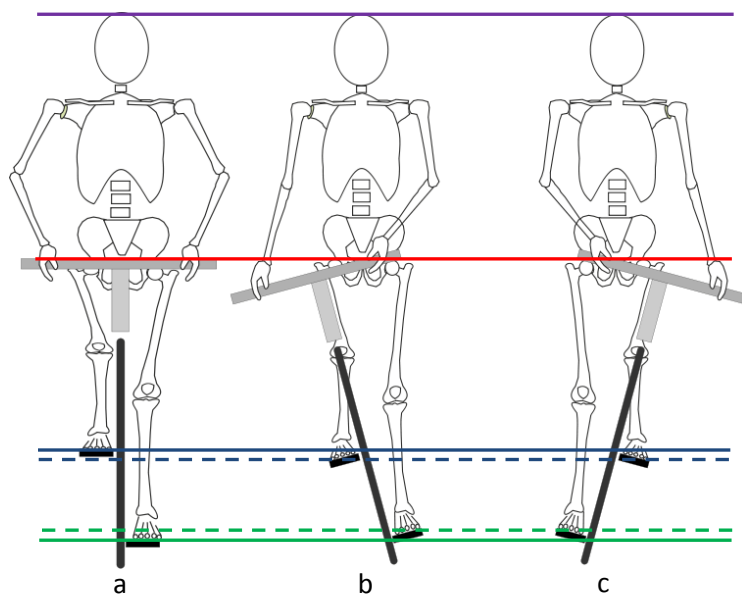
Situatie a van figuur 3 stelt een staande fietser voor, welke geen armarbeid levert. Er is een beenlengte verschil te zien in de afbeelding tussen de hoogste en laagste stand van de trap cyclus, namelijk van de rode lijn (heup) naar de blauwe lijn (hoogste stand) en van de rode lijn naar de groene lijn (laagste stand). Zoals de paarse lijn laat zien, blijven de romp en het hoofd op dezelfde hoogte gedurende de cyclus in situatie a. De totale excursie van het pedaal wordt volledig door beenstrekking gerealiseerd.

Op het moment dat er armarbeid wordt geleverd zonder de fiets te zwenken wordt de romp naar beneden bewogen ten gevolge van de buiging van de armen, zoals in figuur 3b² te zien is. Dit hoogteverschil is verduidelijkt met behulp van de paarse lijnen. Dit heeft als gevolg dat de heup een even grote afstand zakt, de afstand tussen de rode lijnen is even groot als de afstand tussen de

paarse lijnen. Door de verplaatsing van de romp is het beenlengteverschil tussen het hoogste en het laagste punt van de trapcyclus afgenomen. In de hoogste stand van de trapcyclus zijn in zowel situatie $3a^1$ als $3b^1$, met en zonder armarbeid, heuphoogte en pedaalloogte gelijk. De pedaalloogte in de laagste stand van de trapcyclus is in situatie $3b^1$ en $3b^2$ gelijk, de heuphoogte is echter veranderd door het leveren van armarbeid in situatie $3b^2$. Indien in beide situaties gelijke krachten op de pedalen worden uitgeoefend is in situatie b de te leveren arbeid verdeeld over meerdere spiergroepen (armen en benen) en is in die zin de beenarbeid gereduceerd. Hierbij moet echter wel worden opgemerkt dat in situatie b de verticale excursie van de romp toegenomen is, dit vraagt extra arbeid waardoor er netto geen ontlasting van de benen te behalen valt.



Figuur 3 Staand fietsen zonder laveren



Figuur 4 Staand fiets met laveren

Door de fiets te laveren blijft het leveren van armarbeid mogelijk zonder deze verticale rompexcursie en neemt het hoogte verschil tussen de hoogste en laagste stand van de trapcyclus af. Figuur 4 b en c geven duidelijk weer dat er sprake is van verlenging en verkorting van de armen.

De stippellijnen geven de totale afstand weer tussen hoogste en laagste punt van de trapcyclus tijdens laveren. De ononderbroken blauwe en groene lijnen geven de afstand weer tussen hoogste en laagste punt van de trapcyclus bij een rechtopstaande fiets zonder kanteling. Er is een verschil zichtbaar tussen de situaties, dit duidt op een kleinere verkorting/verlenging van de benen dan bij staand fietsen zonder zwenken.

Voordat uitspraken worden gedaan over de arbeid in de voorgaande situaties moet duidelijk zijn wat wordt gezien als interne en externe arbeid. Een bekende definitie is dat externe arbeid de mechanische arbeid is die het systeem ondervindt door externe krachten.

In dit geval kan het systeem op twee manieren worden opgevat, enerzijds als het menselijk lichaam anderzijds als het lichaam en de fiets samen⁽⁸⁾. Bij de eerste opvatting worden de bewegingen van het menselijk lichaam, en dus de verplaatsing van de verschillende lichaamssegmenten, als extern beschouwd, de zwaartekracht levert immers een externe kracht op de verschillende segmenten. Daarnaast oefent de persoon ook arbeid uit op de fiets.

De tweede opvatting neemt de bewegingen van de segmenten mee als intern. Ook de arbeid die door het lichaam op de fiets wordt geleverd wordt gezien als intern. De arbeid van de fiets op de ondergrond wordt hierbij gezien als extern.

In dit onderzoek wordt de arbeid die nodig is om de fiets en het lichaam te verplaatsen over een bepaalde afstand en bepaald hoogteverschil gezien als de externe arbeid. De interne arbeid is in dit onderzoek de arbeid geleverd door de verschillende segmenten van het lichaam.

Omdat wordt gekeken naar het fietsen onder een hellingshoek met een constante snelheid is de benodigde externe arbeid zowel zittend als staand gelijk. De afname in verkorting/verlenging van de benen zou kunnen resulteren in minder arbeid. De armen, die zoals eerder beschreven kracht uitoefenen op het stuur, leveren arbeid wordt overgebracht op pedalen. De benodigde arbeid voor de rompverplaatsing wordt gezien als de meerkosten van het staand fietsen. Wanneer de armarbeid de meerkosten van het staand fietsen overstijgt, kun je de benen ontlasten. In dit geval levert de armarbeid de extra arbeid die wordt weggenomen bij de benen.

Wanneer wordt gekeken naar het leveren van armarbeid in de verschillende situaties, met en zonder laveren, is al snel duidelijk dat bij staand fietsen met laveren minder arbeid nodig is voor het verplaatsen van het lichaamszwaartepunt dan bij staand fietsen zonder laveren. Door de geringe bewegingen van de romp tijdens laveren levert de armarbeid meer arbeid op dan de meerkosten voor het staan.

Hieruit volgend is de volgende hypothese geformuleerd:

‘De totale energie kosten bij het staand fietsen nemen weliswaar toe, maar de armarbeid levert meer op dan de extra arbeid die geleverd moet worden op het lichaamszwaartepunt, hierdoor kunnen de benen in vergelijking met zittend fiets toch worden ontlast’.

Om dit te kunnen onderzoeken moet de armarbeid worden gekwantificeerd en de extra energiekosten van het staand fietsen versus zittend fietsen kunnen worden gemeten. De metingen moeten worden verricht onder een vastgestelde hellingshoek met een constante snelheid.

Eerdere pogingen van Punt en Verstegen⁽⁵⁾ hadden op deze punten tekortkomingen:

- De mogelijkheid om de armarbeid te kwantificeren was niet aanwezig door het ontbreken van geschikte sensoren op het stuur.
- Door vanuit een auto te filmen ontstaat afstand variatie tussen de camera en de proefpersoon, dit kan leiden tot onnauwkeurigheden in de verwerking van de videobeelden.
- De luchtweerstand (door wind) speelt tijdens de meting buiten een rol, waardoor de totaal geleverde externe arbeid wordt beïnvloed.
- Er wordt op een openbare weg gereden welke omhoog loopt, de exacte hellingshoek is hierbij moeilijk vast te stellen waardoor afwijkingen ontstaan in de totaal te leveren arbeid.
- Naast bovenstaande factoren is een meting op de openbare weg niet zonder gevaren.

Om meer duidelijkheid te krijgen over het nut van staand fietsen en laveren is het van belang een meetopstelling te creëren waar de bovenstaande tekortkomingen zijn uitgesloten. In de methode wordt uitgelegd hoe deze meetopstelling is ontwikkeld en hoe de resultaten kunnen worden verwerkt.

Methode

In dit stuk staat uitgelegd hoe, aan de hand van de tekortkomingen van eerder onderzoek, een nieuwe meetopstelling is ontwikkeld. De ontwikkelde meetopstelling maakt het mogelijk om de volgende gegevens te meten en te bepalen:

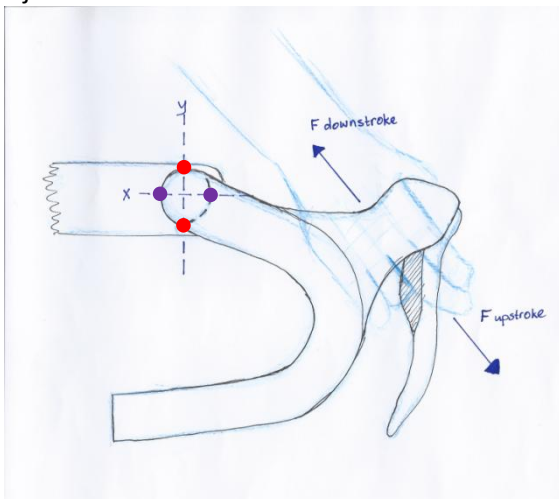
- Armarbeid;
- Arbeid voor het verplaatsen van het lichaamszwaartepunt (LZP);
- Totaal geleverde externe arbeid.

Armarbeid

Door het stuur te instrumenteren met rekstroken worden de door de armen veroorzaakte momenten op het stuur gemeten. Aan de hand van deze momenten kunnen de krachten worden berekend. Met deze krachten, in combinatie met de verkorting/verlenging van de arm, kan de armarbeid worden berekend.

Zoals eerder is beschreven wordt tijdens de opgaande cranksbeweging aan dezelfde zijde het stuur omlaag en naar voren geduwd, anderzijds wordt tijdens de neergaande cranksbeweging het stuur aan dezelfde zijde omhoog en naar achter getrokken, zie figuur 5 voor visualisatie. De positie van de rekstroken is afhankelijk van deze krachtrichting. De rekstroken worden per tweetal als sensor aan het stuur bevestigd, op deze manier is de sensor gevoelig voor de beweging van het stuur in zowel positief als negatief gerichte krachten voor de richting.

De momenten in x-richting worden gemeten door de rekstroken aan de voor- en achterzijde van het stuur, de momenten in y-richting worden gemeten door de rekstroken aan de boven- en onderzijde van het stuur, zie figuur 5. Omdat de stuurpen de momenten op zou kunnen vangen worden aan beide zijden van de stuurpen sensoren geplaatst. Zo kan voor elke arm individueel de arbeid worden berekend. Dit betekent ook dat er in totaal vier sensoren op het stuur zijn geplaatst, twee aan elke zijde.



Figuur 5 Rekstrook locatie

Om de momenten om te zetten naar krachten is het van belang om de rekstroken te kalibreren. Dit gebeurt door middel van het plaatsen van gewichten (0.5, 1, 1.5kg) aan het stuur. Door de versterker verandert het signaal lineair ten gevolge van een moment. Door de kalibratie wordt een kracht

gekoppeld aan het signaal. Dit kan alleen indien de gewichten op exact dezelfde plaats worden geplaatst als waar de proefpersoon het stuur vast dient te houden tijdens de meting. De versterker, te zien in figuur 6, is met hulp van de labbeheerder van Bewegingstechnologie, ontwikkeld. Deze versterker bestaat uit een centrale voeding en vier versterkers die elk het signaal van een sensor versterken. De exacte opbouw van deze versterker is te vinden in bijlage 2.



Figuur 6 Versterker

Aan de voorzijde van de versterker (hier open om een beeld te kunnen geven) komen de draden van de rekstroken de versterker binnen, zie figuur 6. Aan de achterzijde zijn vier connectoren geplaatst, deze connectoren kunnen worden verbonden met een (lowvoltage) Labjack. Het is van belang de bedrading op de juiste manier aan te sluiten, wanneer dit niet gebeurt zal het signaal verkeerd worden verwerkt.

De bedrading heeft een blauwe en een rode draad welke verbonden worden met de kanalen FIO 0 tot en met 7. Elke draad is genummerd, op de versterker staat aangegeven met welke connector de draad moet worden verbonden. Op deze manier worden bij elke meting het signaal van de rekstroken door hetzelfde kanaal verwerkt. De aansluiting en werking van de signaalversterker staat uitgelegd in het meetprotocol, evenals de latere verwerking van het signaal.

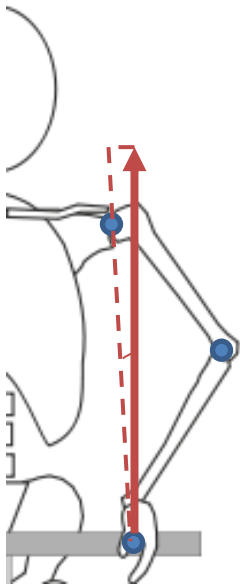
Het berekenen van arbeid kan aan de hand van de volgende formule: $W=F*s$, waar W =arbeid, F =kracht en s =afgelegde weg (in de richting van de kracht). De afgelegde weg, in dit geval verkorting/verlenging van de arm, kan worden bepaald met behulp van frontale video opnamen. De arm wordt gezien als staaf tussen schouder en pols, welke verlengt/verkort in de tijd. Deze lengteverandering wordt met behulp van videocoördinaten bepaald aan de hand van de markers geplaatst op de Tuberculum majus en de top van de remhendels, zie figuur 7.

Om de arbeid te kunnen bepalen moet de richting van de kracht gelijk zijn aan de bewegingsrichting. Aangezien de huidige configuratie van de rekstroken geen compressie en expansie van het stuur registreert, kan de krachtrichting alleen in het sagittale vlak worden berekend. Door de ijking is alleen de kracht loodrecht op het stuur bekend.

Dit houdt in dat de krachtrichting en bewegingsrichting niet aan elkaar gelijk zijn. Door een correctie op de gemeten kracht uit te voeren is het mogelijk om de vector in de bewegingsrichting te achterhalen. Dit gebeurt op de volgende wijze:



Figuur 7 Positie van de markers



Figuur 8 Krachtrichting bij bepalen van armarbeid

De gemeten krachtrichting (F_{gemeten}) is weergegeven met de rode pijl, zoals te zien loopt deze niet gelijk met de bewegingsrichting (stippellijn), zie figuur 8. De vector van F_{richting} loopt over deze lijn heen.

Door het creëren van een driehoek met een rechte hoek kan er gebruik worden gemaakt van de cosinus van de hoek maal de gemeten krachtrichting:

$$\cos(a) = \frac{\text{aanliggende rechthoekszijde}}{\text{schuine zijde}}$$

$$= \frac{F_{\text{richting}}}{F_{\text{gemeten}}}$$

$$F_{\text{richting}} = \cos(a) * F_{\text{gemeten}}$$

Deze kracht wordt vervolgens omgerekend in arbeid met behulp van de lengteverandering verkregen uit de video opnamen. Trekken aan het stuur en verkorten van de arm of duwen tegen het stuur en verlengen van de arm wordt gezien als positieve arbeid.

Arbeid voor het verplaatsing van het lichaamszwaartepunt

Door markers aan te brengen op het hoofd, schouder (tuberculum majus), elleboog (lateraal van de pees van de m. biceps brachii), heup (Spina Iliaca Anterior Superior) en op de enkel (tussen de Malleoli op de pees van de m. tibialis anterior), zie figuur 7, kan de positie van het LZP worden bepaald.

Bij het bepalen van het lichaamszwaartepunt wordt er gebruik gemaakt van de tabel van Dempster⁽⁹⁾ om de massa's en locaties van zwaartepunten (zwpt) aan de verschillende lichaamssegmenten toe te kennen, zie figuur 9. Dit gebeurt op basis van de hiernaast blauw aangegeven markers.

In de tabel staan de waarden voor het zwaartepunt weergegeven in het aantal procenten van het lichaamsgewicht. Daarnaast staat de afstand tot de locatie van het zwaartepunt van zowel proximaal als distaal vermeld.

De gegevens van de onderarm volgens Dempster:

Deze heeft een massa van	22% van het lichaamsgewicht
Dit zwpt bevindt zich op	31.8% van de segmentlengte vanuit proximaal naar distaal (R_{Distaal})

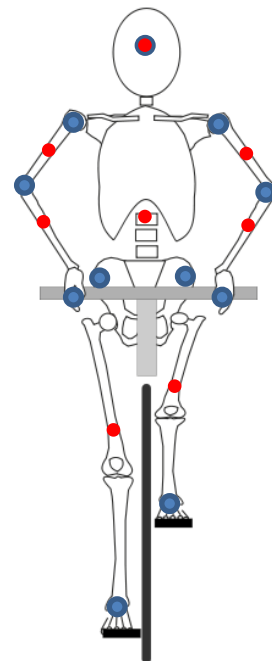
Om de positie te bepalen wordt een berekening uitgevoerd. Hierbij wordt van de totale lengte van het segment de locatie van het zwaartepunt af getrokken.
Bepaling zwaartepuntpositie van de onderarm:

$$Positie_{\text{zwpt segment}} = pos.\text{elleboog} - ((pos.\text{elleboog} - pos.\text{hand}) * 31.8)$$

De projecties van de zwaartepunten van de segmenten zijn met rood aangegeven.

Door de verplaatsing van het LZP tweemaal te differentiëren is de versnelling van het LZP bekend.

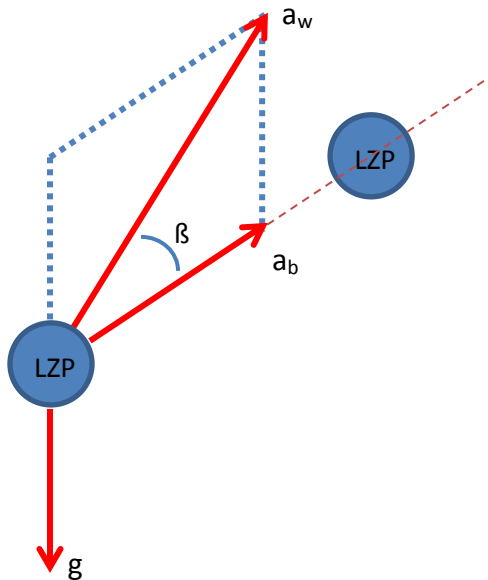
Aan de hand van de versnelling in combinatie met de massa (lichaam) is de benodigde kracht te berekenen. De kracht maal verplaatsing geeft de benodigde arbeid voor de verplaatsing van het LZP. Echter, de versnelling staat niet in dezelfde richting als de verplaatsing. Om dit te corrigeren moet de hoek tussen de versnelling en de verplaatsing worden bepaald. Het is hierdoor mogelijk om de vector in de verplaatsingsrichting te bepalen.



Figuur 9 Positie van zwaartepunten

Voor de verplaatsing van het lichaamszwaartepunt geldt dat tussen twee frames de versnelling constant is, dit resulteert in: $\sum a = 0$.

Zoals in figuur 10 duidelijk wordt gemaakt werken de versnelling g (9.81 m/s) en versnelling in werkelijke richting (a_w) op het LZP. De versnelling a_w is bepaald door de verplaatsing van het LZP tweemaal te integreren. Met behulp van hoek β kan de versnelling in bewegingsrichting (a_b) worden berekend. Door vervolgens de kracht ($F = m \cdot a_b$) te berekenen en deze te vermenigvuldigen met de verplaatsing wordt de benodigde arbeid voor de verplaatsing van het LZP berekend.



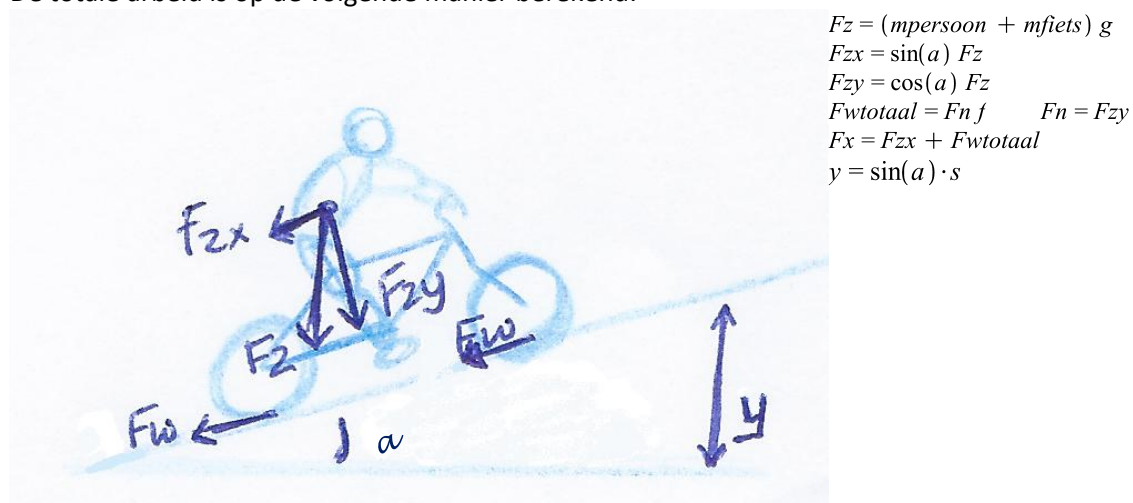
Figuur 10 Bepalen van de versnelling in bewegingsrichting

Totale externe arbeid

Om de totale externe arbeid van de proefpersoon tijdens de meting te berekenen wordt gebruik gemaakt van een helling. Wanneer de helling en de afgelegde weg bekend zijn, is het mogelijk de benodigde arbeid voor de verplaatsing van het totale zwaartepunt te berekenen.

Om f te bepalen is de fiets op de loopband gepositioneerd en is de F_w met behulp van een digitale veerunster gemeten terwijl de loopband draaide. Dit omgerekend met behulp van de formule $F_w = F_n \cdot f$, is de weerstand coëfficiënt berekend op $f = 0.016$.

De totale arbeid is op de volgende manier berekend:



Figuur 11 Krachten tijdens fietsen op een helling

$$W_x = F_x s$$

W_x staat voor de arbeid die benodigd is om de kracht in x-richting te overwinnen, in dit geval is dat de x-component (F_{zx}) van de zwaartekracht en de wrijvingsweerstand ($F_{wtotaal}$), s staat voor afgelegde weg.

$$s = t v$$

De t is de tijd van de meting in seconden, v is de snelheid in meter per seconde. Door het gebruik van de loopband is v constant, dit heeft als voordeel dat de s exact te bepalen is.

Tijdens het fietsen op de helling moet echter ook arbeid worden geleverd om het hoogteverschil te overwinnen (W_y).

$$W_y = F_z y$$

De F_z is de totale massa van fiets en proefpersoon vermenigvuldigd met g (9.81m/s). y is in dit geval het hoogteverschil dat wordt overbrugd tijdens de meting in meter.

De totale externe arbeid is dan $W_{\text{extern}} = W_x + W_y$.

Om de totale externe arbeid te kunnen berekenen is het van belang dat de hellingshoek constant is. Het gebruik van een loopband biedt deze constante hoek samen met andere mogelijkheden.

Loopband

Naast de eerder genoemde beperkingen is door het gebruik van rekstroken en de daarvoor benodigde apparatuur een buitenmeting uitgesloten. Rekstroken zijn variërende weerstanden bij verlenging/verkorting, temperatuur is ook van invloed op de weerstanden van de rekstroken. De buitentemperatuur kan niet worden gecontroleerd, dit heeft als gevolg dat temperatuurverschil tijdens of tussen verschillende metingen van dezelfde proefpersoon een vergelijking tussen de situaties onmogelijk maakt.

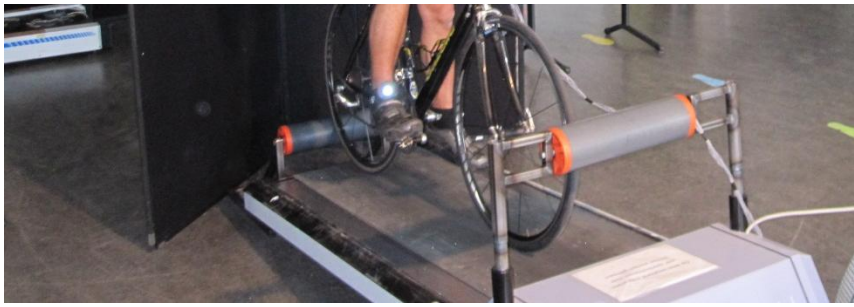
Om de rekstroken te kunnen gebruiken is het noodzakelijk om de signaalversterker te gebruiken, deze werkt op netstroom. Daarnaast zijn de rekstroken door middel van draden gekoppeld aan de versterker, deze draden hebben een lengte van drie meter. Drie meter is niet lang genoeg om een buitenmeting te houden.

De rekstroken zijn door middel van een Labjack gekoppeld aan een laptop. Op de laptop wordt 'live' het signaal weergegeven en opgeslagen. Een loopband biedt de mogelijkheid om meerdere (belangrijke) factoren tijdens de meting te controleren. Zo kunnen de hellingshoek en de snelheid op een vaste waarde worden ingesteld. Vanwege een meetopstelling binnen kan ook de temperatuur worden gecontroleerd.

Naast deze technische aspecten is een ander nadeel dat een meting op een openbare weg niet zonder gevaren is. Tijdens dit onderzoek is een meetopstelling ontwikkeld die binnen de Haagse Hogeschool kan worden geplaatst. In eerder onderzoek waar op een loopband is gefietst, is een loopband van 3.8m lang bij 1.8m breed gebruikt⁽⁶⁾. Er is echter geen loopband aanwezig op de Haagse Hogeschool van deze afmetingen, om deze reden is de aanwezige loopband van 1.6m lang en 0.5m breed omgebouwd zodat de fiets niet van de band kan rijden.

De loopband wordt veel gebruikt voor andersoortige metingen, om te voorkomen dat de functionaliteit van de loopband te belemmeren is een constructie ontworpen welke in zijn geheel van de loopband is te nemen. De loopband is binnen vijf minuten klaar voor gebruik met een fiets.

Het ontwerp is gebaseerd op een rollerbank, in een rollerbank staat het achterwiel van de fiets tussen twee rollen waardoor de fiets niet of nauwelijks verplaatst tijdens het fietsen op de rollerbank. Dit principe is nagebootst door een constructie te bouwen waarin een dergelijke rol is verwerkt waardoor de fiets niet aan de achterzijde van de band kan rollen.



Figuur 12 Rollenconstructie voor de loopband

Om te voorkomen dat de proefpersoon tegen de voorzijde van de loopband aan fietst is hiervoor eenzelfde soort constructie ontworpen. Deze constructie zorgt ervoor dat het wiel geen stilstaande delen raakt, waardoor het wiel zou kunnen blokkeren met alle gevolgen van dien. Met behulp van deze constructie kan de fiets niet aan de voor- of achterzijde van de bank geraken, zie figuur 12.

De beschreven meetopstelling levert na verwerking verschillende data op, namelijk:

- Video opnamen in het frontale vlak;
- Signaal verloop van de rekstroken;
- Coördinaten van de markers.

Om deze op een correcte en bruikbare manier te verwerken is een programma ontwikkeld dat aan de hand van de verkregen data de armarbeid, totale externe arbeid en arbeid voor het verplaatsen van het lichaamszwaartepunt berekent.

Resultaten

Het doel van dit onderzoek is zoals eerder beschreven het ontwikkelen van een onderzoeksmethode en een meetopstelling, waarmee het arbeidsverschil tussen lichaamszwaartepunt en de armen kan worden bepaald tijdens verschillende fietstechnieken. De belangrijkste resultaten behorende bij dit doel zijn het meetprotocol (inclusief meetopstelling) en een analyseprogramma (LateralSway).

Meetprotocol



Figuur 13 Meting

Met behulp van dit protocol wordt meer inzicht gegeven over de arbeidsverdeling tijdens staand en zittend fietsen. Er wordt gemeten wat de relatie is tussen armarbeid en de benodigde arbeid voor het verplaatsen van het lichaamszwaartepunt.

Benodigheden

- Loopband met instelbare hellingshoek inclusief rollenconstructie
- Fiets
- Geïstrumenteerd stuur (rekstroken en versterker)
- Labjack (Low Voltage)
- Camera (High speed functie) en statief
- Lamp op statief
- Computer met de software: Matlab, V2Cii, VirtualDub en LJStreamUD
- 11 markers
- Donkere kleding en helm
- Gewichten van 0.5, 1 en 1.5 kg
- Zwarte schermen

De bovengenoemde apparatuur (op fiets en kleding na) is beschikbaar op de opleiding Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool.

Voorbereiding

Voor de meting daadwerkelijk kan starten moeten nog een aantal voorbereidingen worden getroffen.

Positie van de markers

Zie figuur 14;

- Hoofd (helm)
- Schouder (Tuberculum majus)
- Elleboog (lateraal van de pees van de m. biceps brachii)
- Hand (top van de remhendels)
- Heup (Spina iliaca anterior superior)
- Enkel (tussen de malleoli op de pees van de m. tibialis anterior)



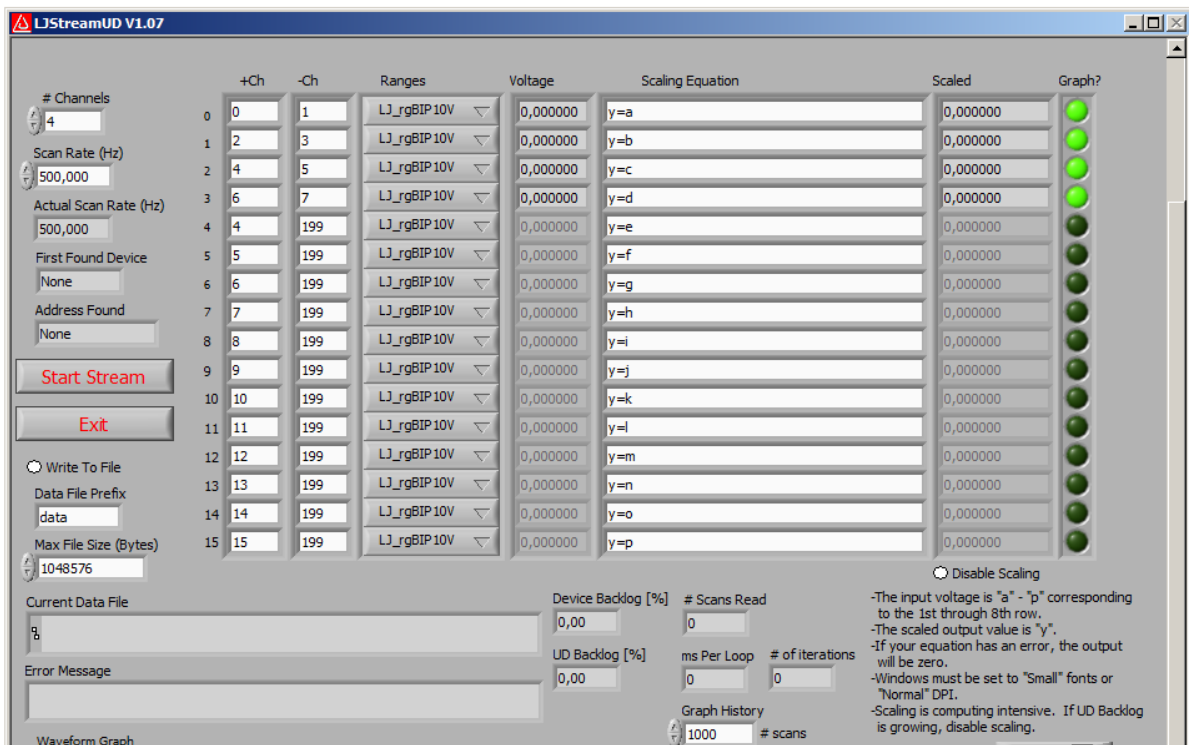
Figuur 14 Positie van de markers

Aansluiting meetapparatuur

Om de juiste signalen van de rekstroken te krijgen is het van belang dat de rekstrookversterker op de juiste manier wordt aangesloten op de Labjack. De vier (genummerde) output kabels vanuit de versterker worden aangesloten op de FIO 0 tot en met 7 van de Labjack.

<i>Kabel 1: De blauwe draad wordt aangesloten op FIO 0 en de rode draad wordt aangesloten op FIO 1.</i> <i>Kabel 2: De blauwe draad wordt aangesloten op FIO 2 en de rode draad wordt aangesloten op FIO 3.</i> <i>Kabel 3: De blauwe draad wordt aangesloten op FIO 4 en de rode draad wordt aangesloten op FIO 5.</i> <i>Kabel 4: De blauwe draad wordt aangesloten op FIO 6 en de rode draad wordt aangesloten op FIO 7.</i>

De Labjack wordt met de USB kabel aangesloten aan de computer. In het programma LJStreamUD, interface te zien figuur 15, wordt het signaal van de rekstrookjes weergegeven.



Figuur 15 Interface LJStreamUD

Stel het aantal kanalen (# Channels) in op 4, de Scan Rate (Hz) op 500 en zet vervolgens kanaal 0 uit tegen 1, 2 tegen 3, 4 tegen 5 en 6 tegen 7.

Wanneer op {Start Stream} wordt geklikt zal het signaal zichtbaar worden in de grafiek.

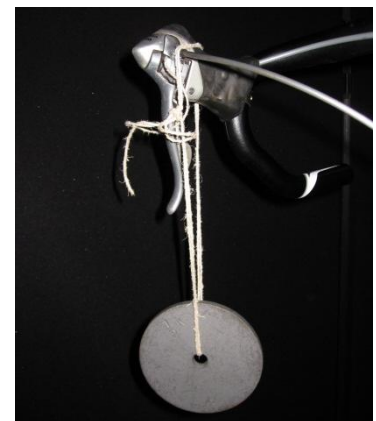
Op het moment dat de meting wordt gestart moet het vakje {Write To File} worden aangevinkt, het programma laat dan onder Current Data File de bestandlocatie zien.

Kalibratie

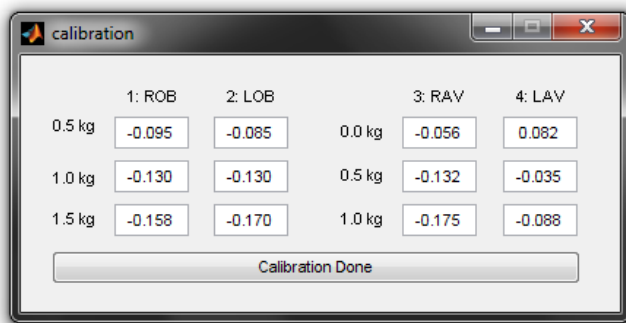
Rekstroken worden door meerdere factoren beïnvloed, hierdoor kan de offset tussen verschillende metingen variëren. Om deze reden is het van belang voor elke meting een kalibratie uit te voeren. Hiervoor zijn de gewichten van 0.5, 1 en 1.5 kg nodig.

Door het plaatsen van de gewichten aan het stuur verandert het signaal. Deze verandering kan per gewicht worden ingevoerd in het programma LateralSway onder {Input, Load, Set Calibration}. *De nummers komen overeen met de # Channels in LJStreamUD.*

Let hierbij wel op dat de gewichten op de remhendels worden geplaatst, hier zal tijdens de meting de proefpersoon zijn handen plaatsen, zie figuur 16.



Figuur 16 Kalibratie



ROB: Rechts Onder Boven
 LOB: Links Onder Boven
 RAV: Recht Achter Voor
 LAV: Links Achter Voor

Figuur 17 Kalibratie verwerken

Voor de sensoren in y-richting (ROB en LOB) moet de fiets zeer stabiel worden geplaatst. De gewichten van 0.5, 1 en 1.5 kg worden aan het stuur geplaatst, het signaal wordt vervolgens ingevoerd onder het juiste kopje bij het juiste gewicht.

Voor de sensoren in x-richting (RAV en LAV) moet de fiets zeer stabiel verticaal worden geplaatst, op deze manier kunnen de gewichten aan het stuur worden gehangen om het signaal vervolgens te invoeren. Bij deze kalibratie zijn in tegenstelling tot de kalibratie van ROB en LOB alleen de gewichten van 0.5 en 1 kg nodig.

Wanneer voor alle vier de sensoren de drie kalibratie signalen zijn ingevoerd kan {Calibration Done} worden ingedrukt en is de kalibratie voltooid, zie figuur 17.

Meetopstelling



Figuur 18 Meetopstelling

Plaats de loopband zo dat beide zijden volledig vrij zijn, dit uit veiligheid voor de proefpersoon indien deze valt. Vervolgens kan de rolconstructie aan zowel de voor- als achterzijde van de loopband worden geplaatst. De zwarte schermen komen achter de loopband te staan om een donkere achtergrond te creëren.

De camera wordt zo voor de band geplaatst op het statief dat alle markers goed zichtbaar zijn en deze camera in dezelfde hoek is geplaatst als de loopband. Plaats de lamp zodanig dat deze boven de camera staat, op deze manier weerkaatsen de markers het licht recht in de camera. Positioneer de computer zo, dat de bediening van de loopband, camera en restrooksignalen binnen handbereik staan.

Meting

Wanneer bovenstaande voorbereidingen zijn getroffen kan de meting worden gestart. Tijdens de meting worden twee verschillende fietstechnieken, zittend en staand, uitgevoerd onder dezelfde omstandigheden. De proefpersoon fietst tegen een helling van minimaal 10% omhoog met een snelheid van bijvoorbeeld 14.5 km/u.

De fiets wordt op de band geplaatst met het achterwiel tegen de rolconstructie. Op deze manier kan de snelheid van de band langzaam worden opgevoerd en kan de proefpersoon opstappen en evenwicht vinden zonder van de band af te rijden. Voordat de proefpersoon de meting kan starten geeft hij/zij een tik tegen de linkerkant van het stuur. Deze tik is bedoeld om de videobeelden en de rekstrooksignalen te synchroniseren.

Nadat de tik is gegeven gaat de proefpersoon gedurende dertig seconden zittend fietsen met het achterwiel los van de rolconstructie achter de loopband. Wanneer deze dertig seconden om zijn, mag de proefpersoon zich terug laten zakken tegen de constructie aan de achterzijde en fietst zo dertig seconden door. Na deze dertig seconden geeft de proefpersoon opnieuw een tik op de linkerkant van het stuur, vervolgens gaat de proefpersoon gedurende dertig seconden staand fietsen los van de constructie. Wanneer de meting voorbij is kan de loopband stop worden gezet en kan de proefpersoon voorzichtig afstappen.

Verwerking meetgegevens

Met behulp van LateralSway is het mogelijk om een beeld te creëren van de arbeidskosten van het fietsen tijdens zowel de staande als zittende fietstechniek. In het programma worden armarbeid en de arbeidskosten van het verplaatsen van het lichaamszwaartepunt berekend. In de interface worden de totale arbeid, mate van zwenken, verplaatsing van het zwaartepunt (en benodigde arbeid hiervoor) en armarbeid weergegeven. Daarnaast staan in het geëxporteerde Excel bestand enkele variabelen die hiermee samenhangen.

Deze gegevens worden berekend op basis van de eerder geplaatste markers. De locatie van de markers wordt gedigitaliseerd met behulp van het programma V2Cii. Uit deze gegevens is via LateralSway een gezamenlijk zwaartepunt te bepalen. Ook worden de punten gebruikt om afstandsbepalingen te verrichten. Door de veranderingen tussen de frames te bekijken kunnen verplaatsing, snelheid, versnelling en verkorting/verlenging worden geconstateerd. Deze gegevens helpen de arbeid van de armen en de lichaamszwaartepuntverplaatsing te bepalen.

Voordat V2Cii echter gebruikt kan worden moet de video worden opgeknipt. Dit gebeurt via VirtualDub, in dit programma kan de video worden bijgeknipt tot het juiste aantal frames. Door de gebruikte synchronisatie tik is dit erg van belang. Daarnaast dient de compressie te worden gekozen waardoor V2Cii met de video overweg kan.

Het begin van de video dusdanig dat deze begint met de tik op het stuur. Het rekstrookbestand moet ook beginnen met deze tik. Met behulp van Peakfinder is het mogelijk om de door tik veroorzaakte piek in het signaal te constateren. Het rekstrookbestand wordt ingeladen en de piek wordt geconstateerd, het bestand kan nu worden bijgeknipt met de tik als begin.

Het is nu mogelijk om via LateralSway de rekstrookbestanden te koppelen aan de beelden en de markers. De eerdergenoemde arbeidskosten (en de benodigde informatie hiervoor) worden berekend en kunnen in een Excel bestand geplaatst worden.

Hoe de programma's gebruikt dienen te worden staat in bijlage 1 uitgelegd.

LateralSway



Figuur 19 Interface LateralSway

Het idee van het programma LateralSway is ontstaan tijdens de minor Sporttechnologie in 2010. De eerste versie van het programma had echter nog tekortkomingen. Zo was de armkracht een constante die ingevuld kon worden en was het programma niet gebruiksvriendelijk. Door een volledige herprogrammering en een nieuwe interface, te zien in figuur 19, zijn deze tekortkomingen verholpen.

Het programma gebruikt de videobeelden, de coördinaten verkregen met V2Cii en de rekstrooksignalen als input. Na berekeningen worden de videobeelden getoond met daaroverheen de markers en de positie van het LZP geprojecteerd.

Tegelijkertijd worden aan de linkerzijde van de interface de volgende gegevens getoond:

- Totale externe arbeid
- Zwenk van de fiets (in graden)
- Lichaamszwaartepunt
 - Verplaatsing (t.o.v. vorige beeld)
 - Totale verplaatsing (t.o.v. eerste beeld)
 - Arbeid (t.o.v. vorige beeld)
 - Totale arbeid (t.o.v. eerste beeld)
- Armen
 - Actie: duwen, trekken of neutraal
 - Arbeid (t.o.v. vorige beeld)
 - Totale arbeid

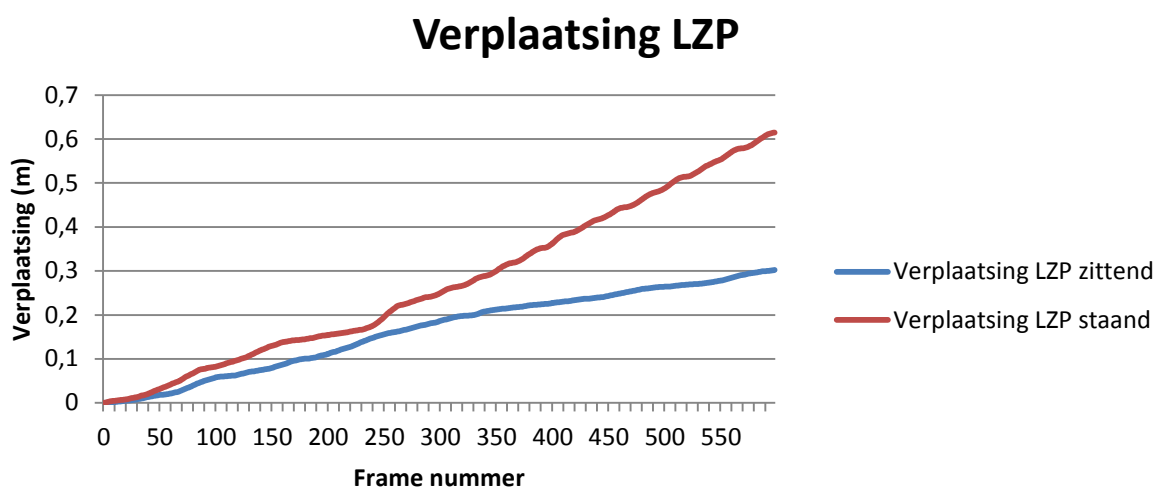
Pilot metingen

Om het protocol te testen zijn een tweetal pilot metingen gedaan. Deze beide metingen zijn volledig volgens het protocol uitgevoerd. Aan de hand van deze pilotmetingen kunnen eventuele gebreken worden aangetoond en verbeterd.

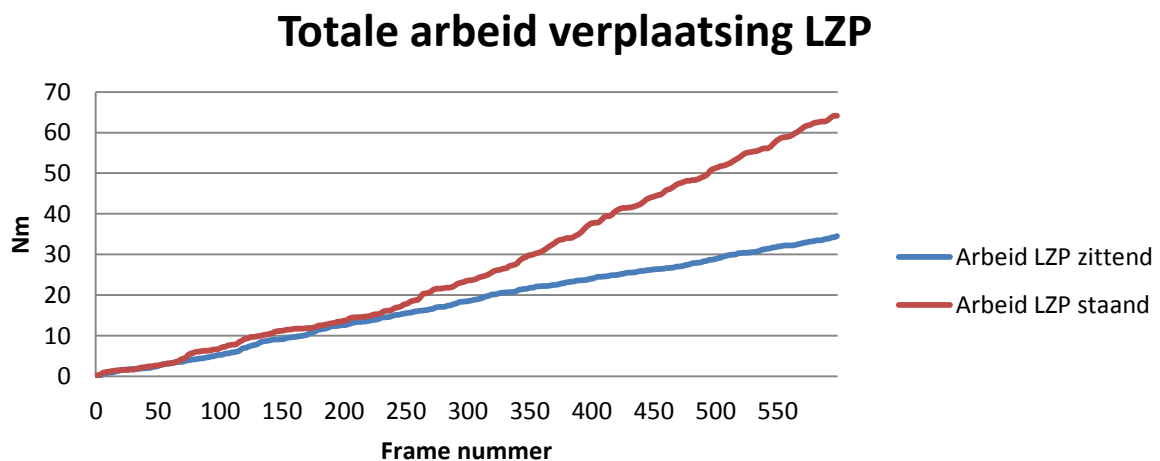
Proefpersoon 1:

Naam: BLA van den Brand
Leeftijd: 22 jaar
Gewicht: 100 kg
Lengte: 204 cm

Totale externe arbeid: 2493Nm



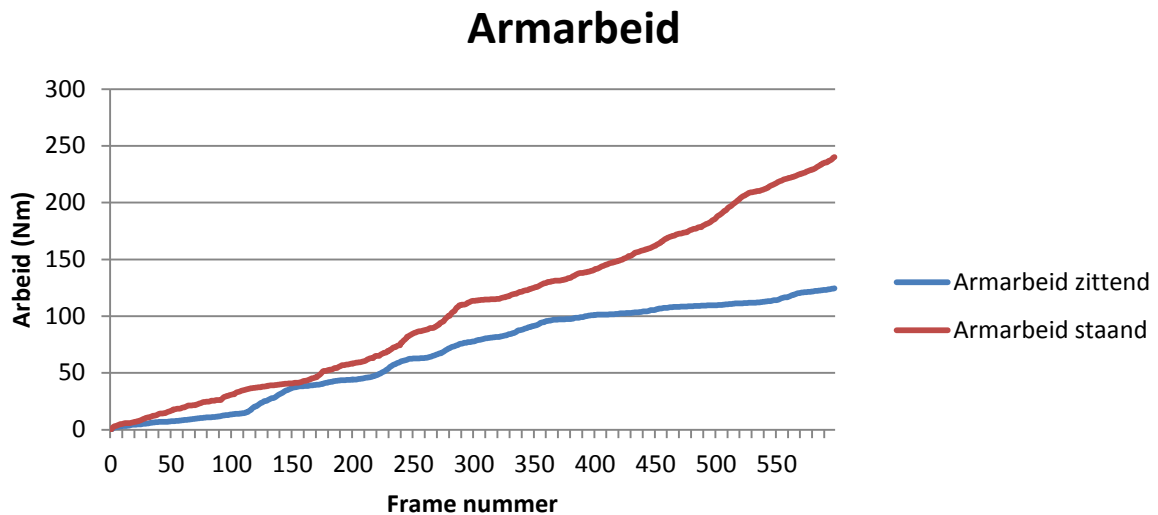
Figuur 20 Verplaatsing LZP staand vs. zittend



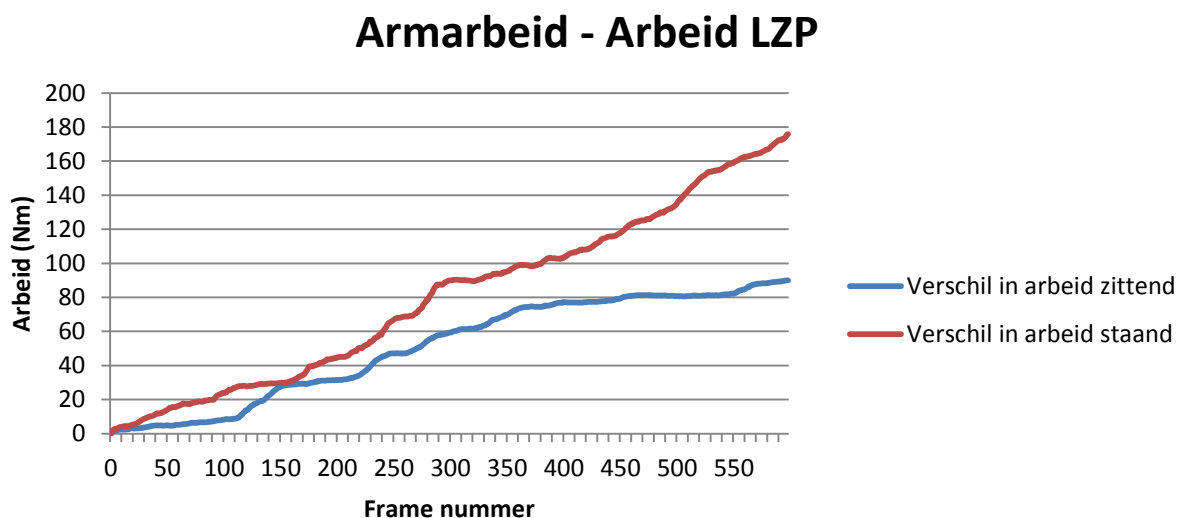
Figuur 21 Totale arbeid verplaatsing LZP zittend vs. Staand

Zoals duidelijk zichtbaar is, is er zoals verwacht sprake van een grotere verplaatsing van het LZP bij staand fietsen dan bij zittend fietsen, zie figuur 20. Dit heeft als gevolg dat ook de benodigde arbeid voor het verplaatsen van het LZP tijdens staand fietsen groter is dan tijdens zittend fietsen, zie figuur 21.

Met behulp van deze gegevens kan worden gezegd dat tijdens staand fietsen meer arbeid moet worden geleverd voor het verplaatsen van het LZP in vergelijking met zittend fietsen. Wanneer wordt gekeken naar de geleverde armarbeid tijdens zittend en staand fietsen, is een duidelijk verschil te zien tussen zittend en staand fietsen, zie figuur 22. Wanneer de arbeid voor het verplaatsen van het LZP van de armarbeid wordt afgetrokken, is te zien dat er een oplopend verschil zichtbaar is, zie figuur 23.



Figuur 22 Armarbeid tijdens zittend vs. staand fietsen



Figuur 23 Verschil armarbeid en arbeid voor het verplaatsen van het LZP

Proefpersoon 2

Naam: NR Flikkenschild

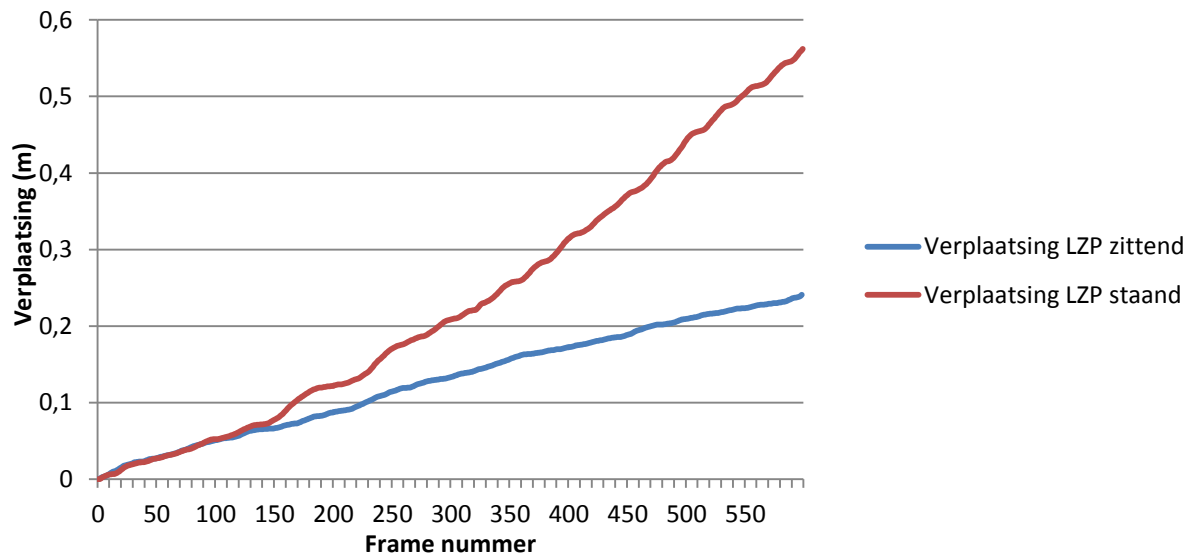
Leeftijd: 24 jaar

Gewicht: 80 kg

Lengte: 184 cm

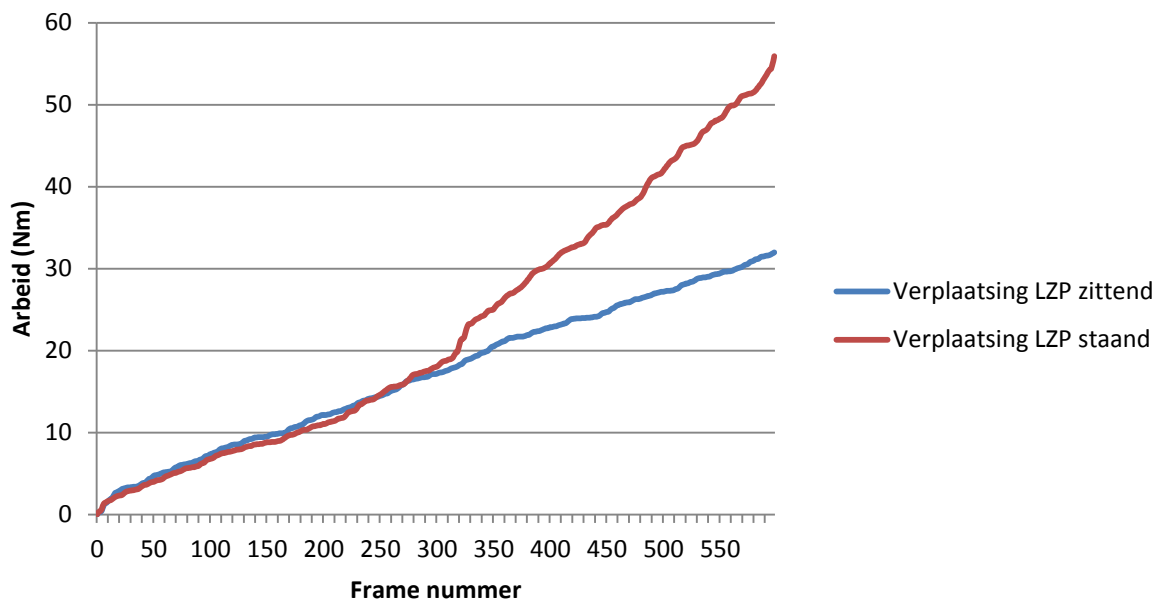
Totale externe arbeid: 2037 Nm

Verplaatsing lichaamszwaartepunt



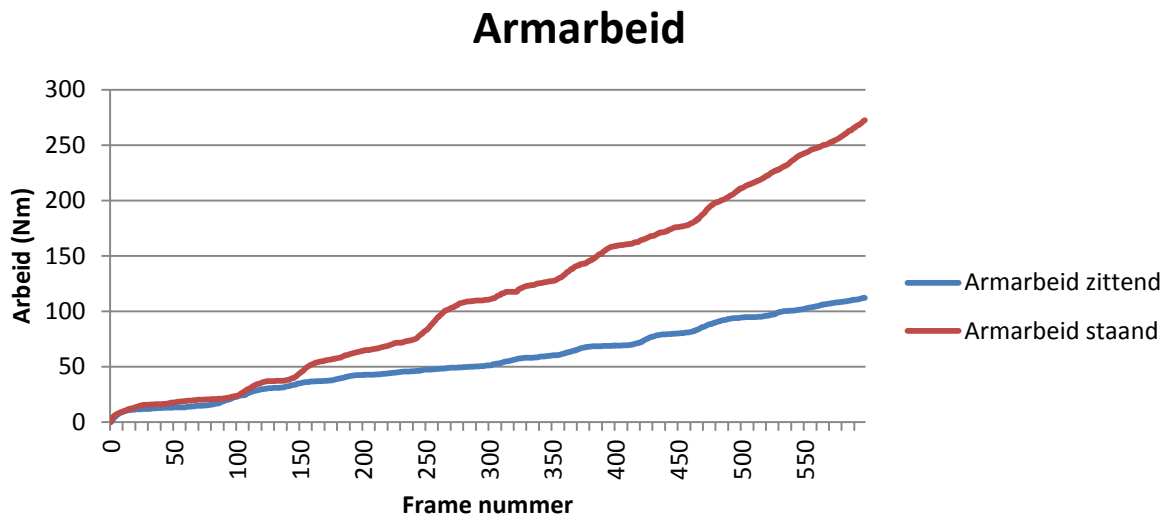
Figuur 24 Verplaatsing lichaamszwaartepunt

Totale arbeid LZP verplaatsing



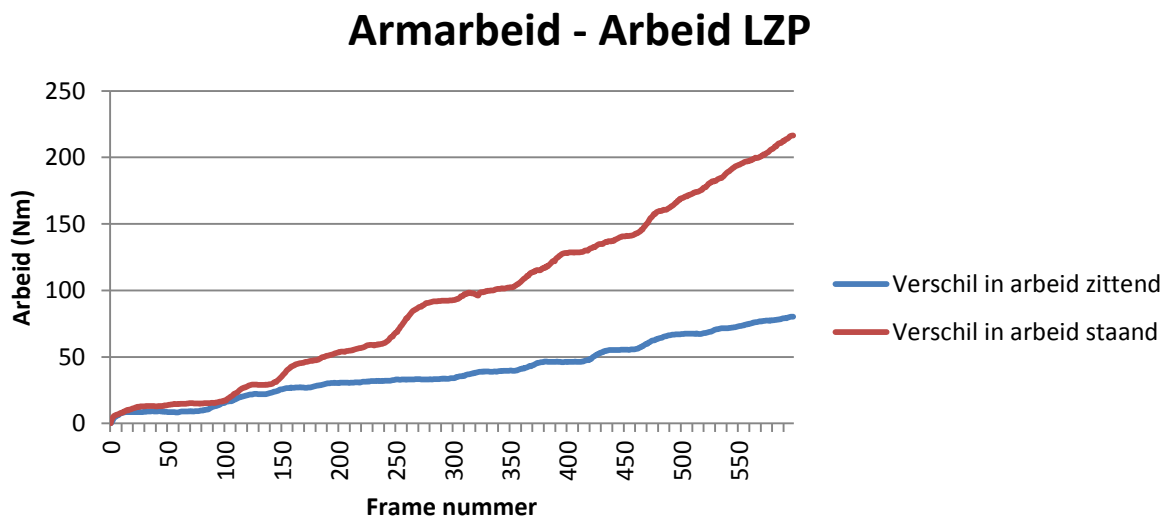
Figuur 25 Benodigde arbeid voor verplaatsing lichaamszwaartepunt

Zoals te zien is in figuur 24, is de verplaatsing van het LZP bij staand fietsen groter dan bij zittend fietsen. Dit heeft als gevolg dat ook de totale arbeid voor het verplaatsen van het LZP bij staand fietsen groter is dan bij zittend fietsen, zie figuur 25.



Figuur 26 Armarbeid

Ook bij proefpersoon 2 is een duidelijk verschil te zien tussen de armarbeid tijdens staand en zittend fietsen, zie figuur 26. Wanneer de arbeid voor de verplaatsing van het LZP van de armarbeid wordt afgetrokken is duidelijk te zien dat zowel tijdens staand als zittend fietsen meer armarbeid wordt geleverd dan de verplaatsing van het LZP kost, zie figuur 27.



Figuur 27 Verschil in arbeid tijdens staand fietsen

Conclusie pilotmetingen

De resultaten van beide pilotmetingen laten zien dat de geleverde armarbeid tijdens staand fietsen is gestegen in vergelijking met zittend fietsen. De verplaatsing van het LZP en de benodigde arbeid hiervoor is echter ook toegenomen tijdens staand fietsen in vergelijking met zitten fietsen. Wanneer wordt gekeken naar het verschil tussen de geleverde armarbeid en de arbeid voor de verplaatsing van het LZP, is duidelijk te zien dat tijdens zowel staand als zittend fietsen de geleverde armarbeid hoger is dan de benodigde arbeid voor de verplaatsing van het LZP.

Naast de geleverde armarbeid, die groter is dan de benodigde arbeid voor de rompverplaatsing, is ook een afname van beenlengteverandering opgetreden tijdens het staand fietsen zoals eerder in dit artikel is beschreven. De combinatie van deze factoren duidt op afname van beenarbeid tijdens staand fietsen met zwenken.

De geformuleerde hypothese: 'De totale energie kosten bij het staand fietsen nemen weliswaar toe, maar de armarbeid levert meer op dan de extra arbeid die geleverd moet worden op het lichaamsswaartepunt, hierdoor kunnen de benen in vergelijking met zittend fiets toch worden ontlast'.

Uit de pilotmetingen zou kunnen worden gezegd dat deze hypothese aannemelijk is. Vanwege het gebruik van maar twee proefpersonen kan deze uitspraak niet met zekerheid worden gedaan.

Discussie

Punt en Verstegen hebben de volgende hypothese geformuleerd: 'Indien de wielrenner zijn fiets laveert heeft hij de mogelijkheid armarbeid te leveren, terwijl de verticale romp excursie zeer beperkt blijft. De armarbeid zorgt indirect voor de zozeer gewenste extra kracht op de pedalen'. Aan de hand van de analyse is deze hypothese als volgt gewijzigd: 'De totale energie kosten bij het staand fietsen nemen weliswaar toe, maar de armarbeid levert meer op dan de extra arbeid die geleverd moet worden op het lichaamsswaartepunt, hierdoor kunnen de benen in vergelijking met zittend fiets toch worden ontlast'.

Om deze hypothese te kunnen testen zijn een meetopstelling en onderzoeksmethode ontwikkeld. Uit de pilotmetingen is gebleken dat de ontwikkelde meetopstelling en onderzoeksmethode de eerder genoemde tekortkomingen ontnemen. Dit betekent dat de meetopstelling kan worden gebruikt om verder onderzoek te verrichten naar armarbeid tijdens staand en zittend fietsen.

Tijdens de pilotmetingen zijn enkele verbeterpunten naar voren gekomen betreffende de meetopstelling. De kabel van de rekstroken belemmert in een aantal frames het zicht op de markers. Dit kan worden voorkomen door een kabelgeleider te plaatsen boven de rol aan de voorzijde. Naast de marker belemmering is de synchronisatie van videobeeld en rekstrook signaal door de tik op het stuur niet optimaal. Na de tik heeft de proefpersoon nog te lang nodig om daadwerkelijk aan de meetvoorwaarden te voldoen, dit probleem treedt vooral op bij staand fietsen. LateralSway neemt deze periode ook mee in de berekeningen waardoor het resultaat wordt beïnvloed. Om dit op te lossen zou een extern synchronisatie systeem moeten worden ontwikkeld, bijvoorbeeld het gebruik van een LED lamp op het stuur. Op het moment dat de LED wordt ingeschakeld moet het rekstrooks signaal zodanig worden beïnvloed dat er een duidelijke piek ontstaat. De proefpersoon kan in dit geval al aan de meetvoorwaarden voldoen voordat de synchronisatie plaatsvindt.

De data verwerking heeft plaatsgevonden met behulp van externe programma's waaronder V2Cii. In V2Cii worden de markers per frame gevolgd met behulp van de autotracking. De autotracking zoekt naar bepaalde kleuren, de markers hebben een bepaald oppervlak waarin de autotracking zich positioneert. Door lichtval kan de helderheid van de marker variëren waardoor deze tracking af kan wijken, hierdoor kan het zijn dat de verplaatsing niet exact wordt getrackt. Door verschuiving van kleding kan de markerpositie afwijken ten opzichte van de beoogde positie.

In LateralSway wordt het lichaamszwaartepunt en de armarbeid benaderd aan de hand van de posities van bekende segmenten. Bij deze benadering worden bepaalde lichaamsdelen als één segment beschouwd, terwijl dit in werkelijkheid niet het geval is. Hierdoor kunnen afwijkingen ontstaan in de benadering van de armarbeid, het lichaamszwaartepunt en diens arbeid.

Het signaal van de rekstroken biedt de mogelijkheid om de kracht in twee richtingen te meten en de resultante hiervan te berekenen, namelijk in het sagittale vlak. Om de krachtrichting in het frontale vlak ook te kunnen bepalen zouden de rekstroken gevoelig moeten zijn voor een derde richting, namelijk de compressie/expansie (trek/druk) die op het stuur werkt. De gemeten krachten staan door dit gebrek haaks op het stuur. Hiervoor is in het LateralSway een correctie toegepast, waardoor de kracht door de schouder wordt berekend.

De onderzoeksmethode heeft een gewenst resultaat geleverd. Dit resultaat kan echter niet worden vergeleken met eerder onderzoek vanwege het feit dat een dergelijk onderzoek nog niet is uitgevoerd of niet bekend is bij de onderzoekers.

Conclusie

Het doel van dit onderzoek was het ontwikkelen van een meetopstelling en onderzoeksmethode waarmee de arbeidsverdeling tijdens staand en zittend fietsen onder een hellingshoek kan worden bepaald. Aan de hand van een tweetal pilotmetingen zijn de meetopstelling en de onderzoeksmethode getest. Uit deze pilotmetingen is gebleken dat de ontwikkelde meetopstelling op enkele punten na voldoet aan de gestelde eisen. Zoals in de discussie staat vermeld zijn er nog verbeteringen te treffen gezien de synchronisatie, krachtrichting en zichtbelemmering. De ontwikkelde onderzoeksmethode (het protocol en software) geeft het gewenste resultaat. Namelijk een Excel bestand met de verkregen data, waarmee verder onderzoek kan worden uitgevoerd.

De resultaten van de pilotmetingen staan in één lijn met de geformuleerde hypothese. Wanneer deze resultaten zich bij verder onderzoek herhalen kan worden geconcludeerd dat tijdens staand fietsen de totale interne arbeid toeneemt. Maar dat wanneer de geleverde armarbeid groter is dan de benodigde arbeid voor de verplaatsing van het LZP, de benen toch kunnen worden ontlast in vergelijking met zittend fietsen. Dit verklaart het afwisselen tussen staand en zittend fietsen tijdens een beklimming.

Literatuurlijst

1. Caldwell G.E., Li L., McCole S.D., Hagberg J.M.
Pedal and Crank Kinetics in Uphill Cycling
Journal Of Applied Biomechanics (1998): 14: 245-259
2. Millet G.P., Tronche C., Fuster N., Candau R.
Level ground and uphill cycling efficiency in seated and standing positions
Medicine & Science in Sports & Exercise(2002): 34(10): 1645-1652
3. Tanaka H., Bassett D.R., Best S.K., Baker K.R.
Seated Versus Standing Cycling in Competitive Road Cyclists: Uphill Climbing and Maximal Oxygen Uptake
Canadian Journal of Applied Physiology (1996): 21(2): 149-154
4. Swain D.P., Wilcox J.P.
Effect of cadance on the economy of uphill cycling
Medicine & Science in Sports & Exercise(1992): 24(10): 1123-1127
5. Punt M., Verstegen M.
Zwenken bij fietsen, zin of onzin?
Afdeling Bewegingstechnologie Haagse Hogeschool (2008)
6. Duc S., Bertucci W., Pernin J.N., Grappe F.
Muscular activity during uphill cycling: Effect of slope, posture, hand grip position and constrained bicycle lateral sways
Journal of Electromyography and Kinesiology(2008): 18: 116-127
7. Stone C., Hull M.L.
Rider/Bicycle interaction loads during standing treadmill cycling
Journal of Applied Biomechanics (1993): 9: 202-218
8. van Ingen Schenau G.J., van Woensel W.W.L.M., Boots P.J.M., Snackers R.W., de Groot G.
Determination and interpretation of mechanical power in human movement: application to ergometer cycling
European Journal of Applied Physiology (1990): 61: 11-19
9. Dempster W.T., Gaughrand G.R.L.
Properties of Body Segments Based on Size and Weight
American Journal of Anatomy (1967): 120: 33-54

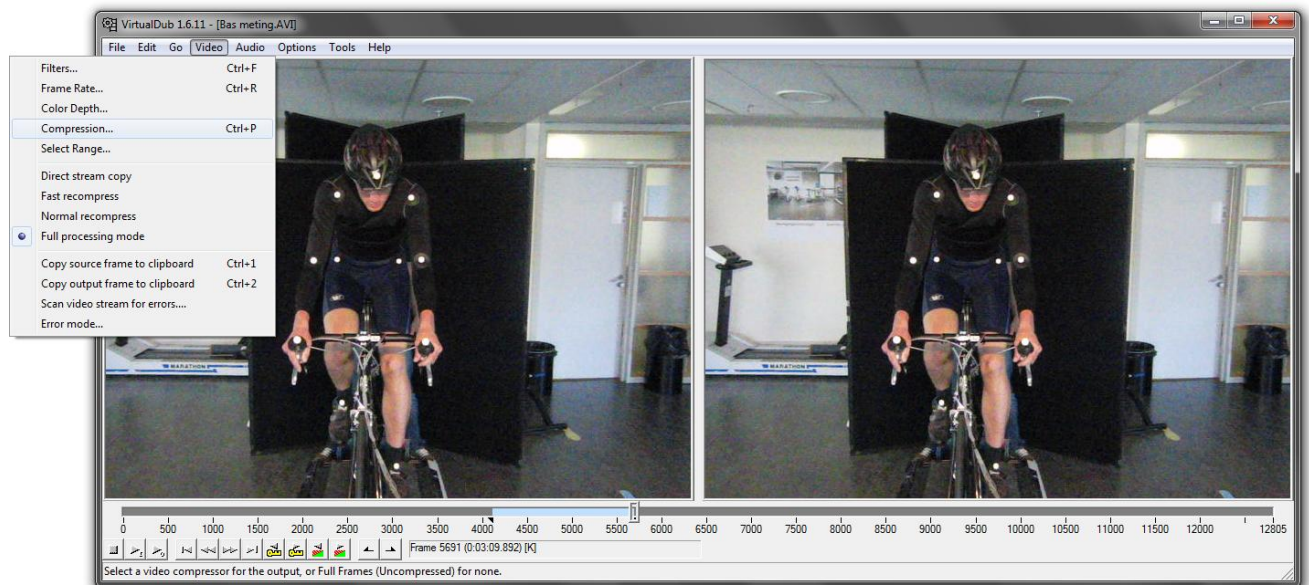
Bijlage 1

Virtualdub

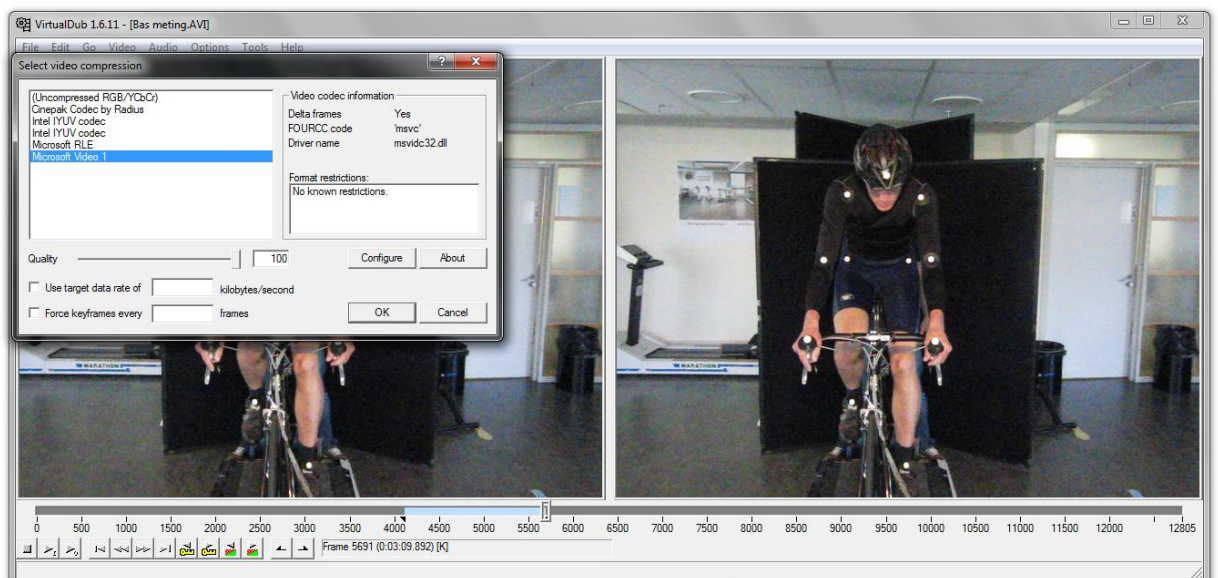
Nadat de video is ingeladen via {File, Open video file...} komt onderstaand beeld in zicht. Met behulp van de uiterst rechtse button kan de video worden geknipt, zie onderstaande afbeelding. Let wel, laat de nieuwe video niet langer zijn dan 500 frames in verband met laadtijden.



Wanneer het begin en eind van de video zijn ingesteld moet het type van compressie nog worden ingesteld. De file zoals deze uit de camera kwam kan namelijk niet gebruikt worden in V2Cii. Dit kan worden ingesteld onder {Video, Compression...}.



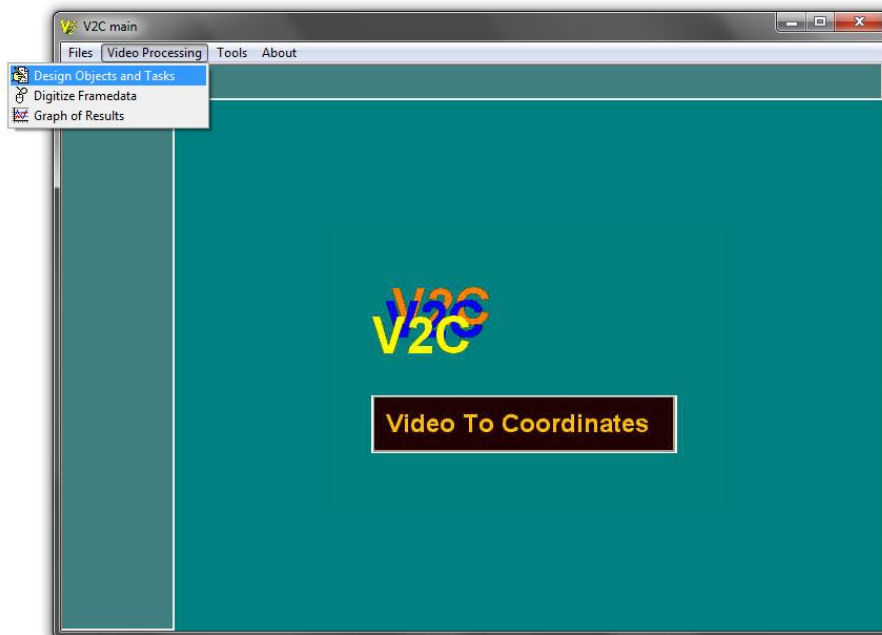
Er dient vervolgens gekozen te worden voor Microsoft Video 1.



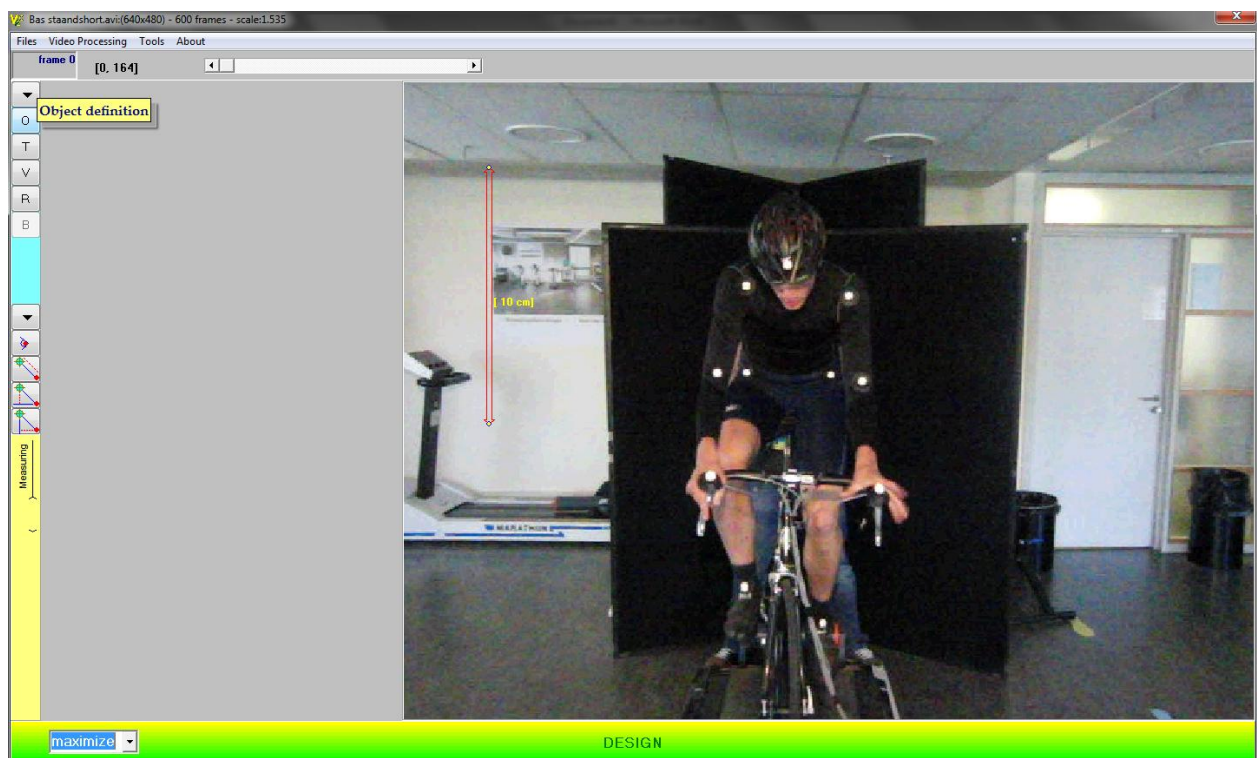
Om de nieuwe video op te slaan op een plaats naar keuze moet u naar {File, Save as AVI...}.

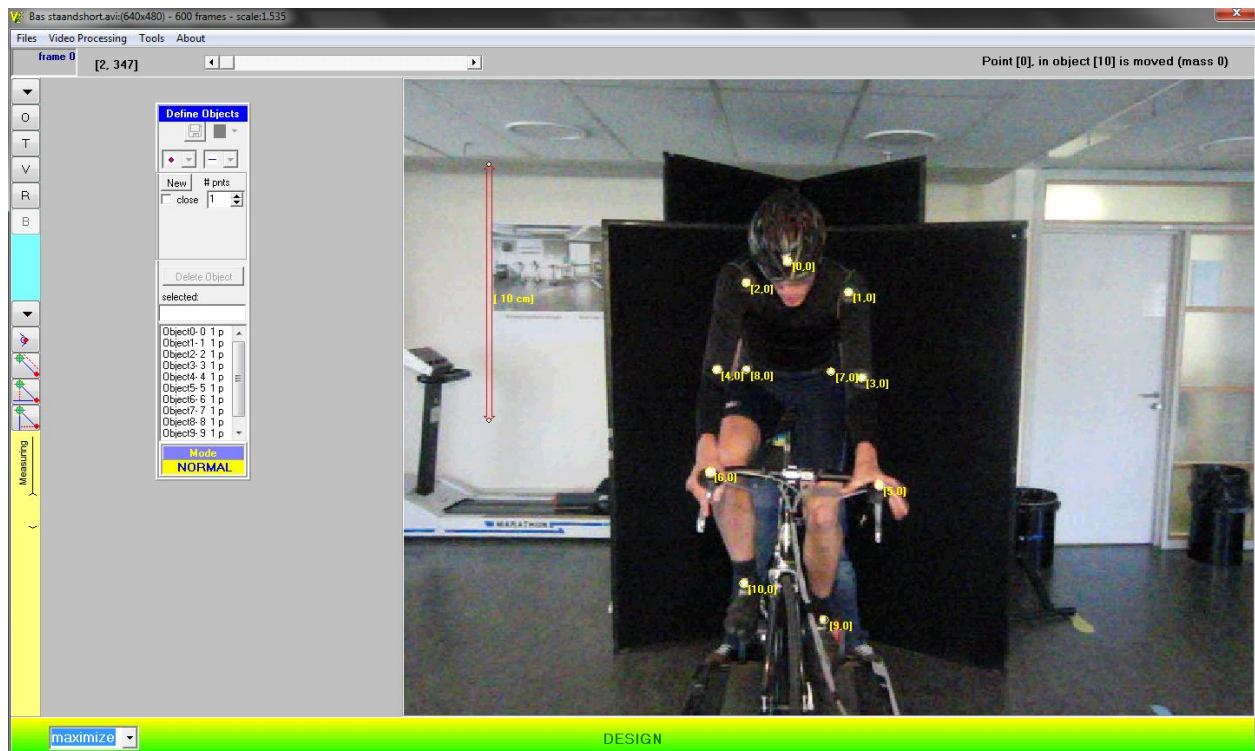
V2Cii

Nadat via {Files, Load Avi File ...} de geknipte video is ingeladen moeten de objecten en taken aan V2Cii worden verteld. Dit gaat via {Video Processing, Design Objects and Tasks}.

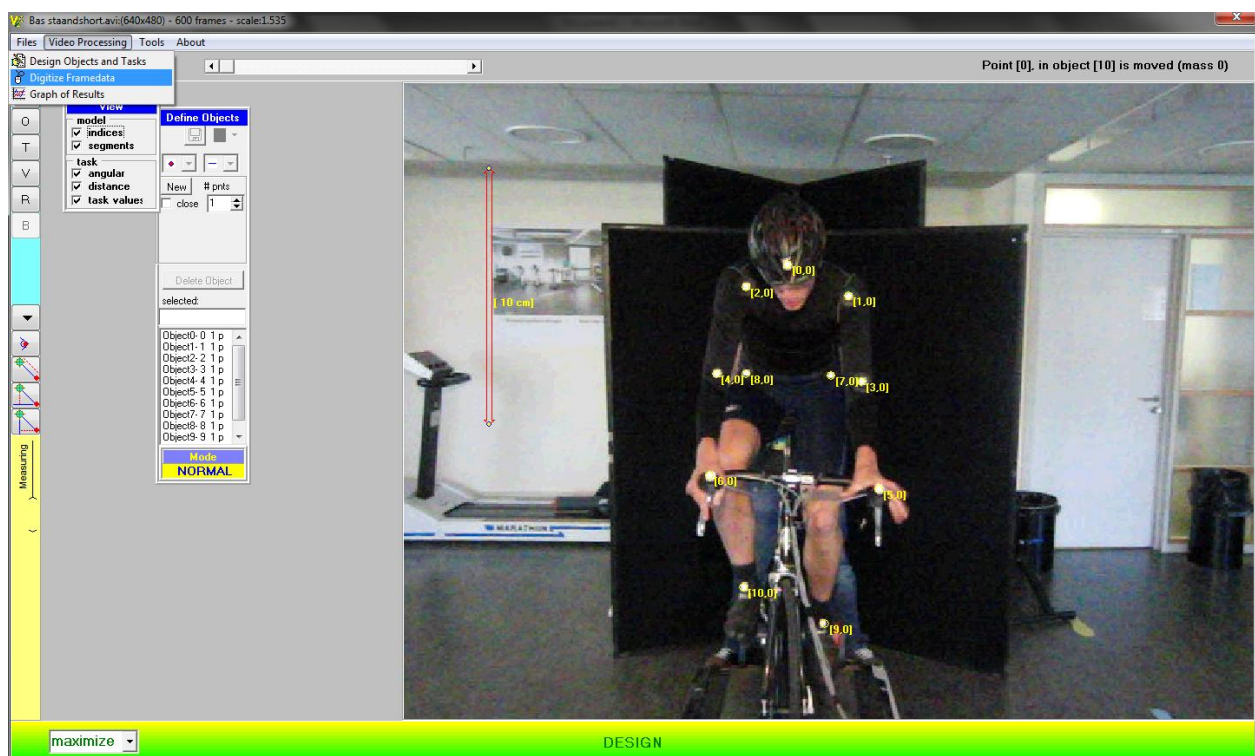


Voor de meting is het alleen noodzakelijk dat er objecten worden aangegeven. Het gaat om elf stuks, namelijk de markers. Dit gebeurt via de button {O} aan de linkerzijde van het scherm. Door op de button {V} te klikken is het mogelijk om bepaalde informatie zichtbaar te maken, zie de volgende stap.

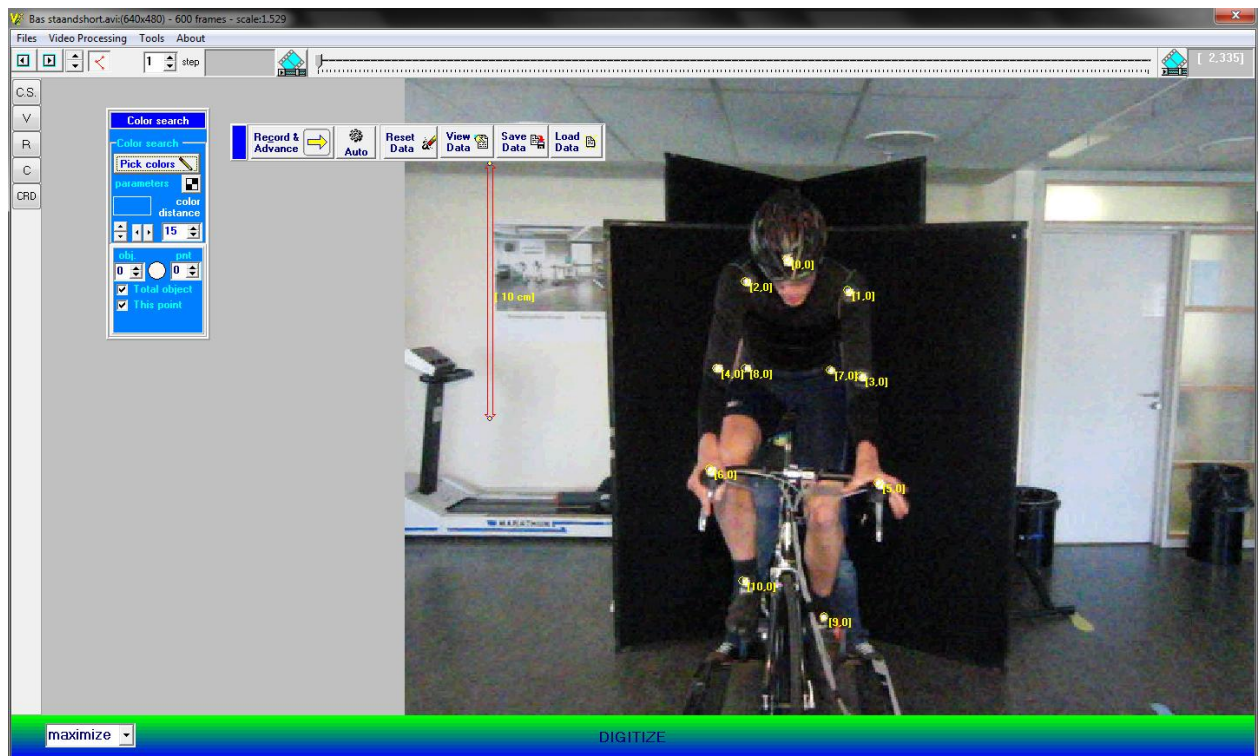




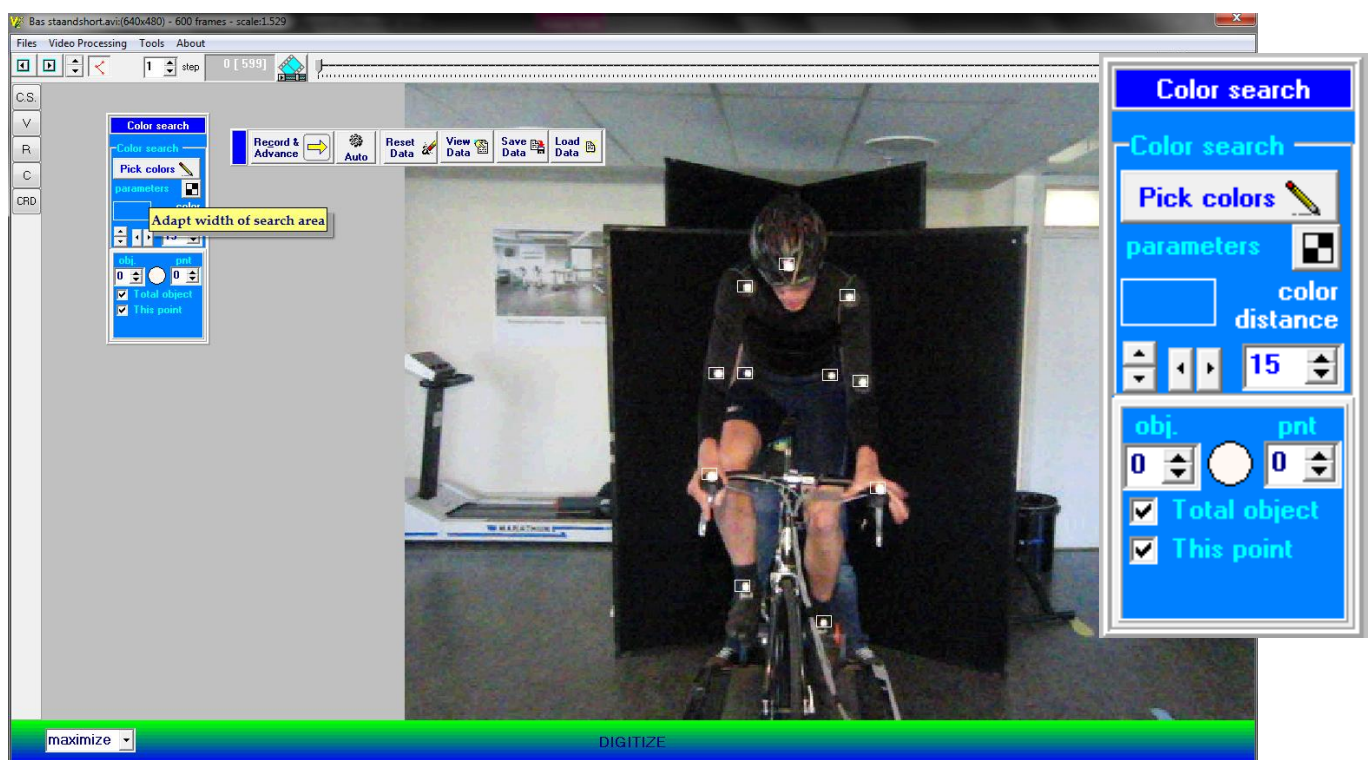
Wanneer op {O} is geklikt verschijnt bovenstaand 'Define objects' kader. Zorg ervoor dat het aantal punten per object (#pnts) op één staat. Nu moeten er elf objecten worden aangemaakt, waarbij het hoofd het eerste object is [0,0] gevolgd door schouder, elleboog, hand, heup en enkel. Dit moet op dusdanige wijze gebeuren dat rechts de oneven en links de even objectnummers heeft. Gebruik button {V} en vink dan {Model,Indices} aan en uit om dit te controleren.



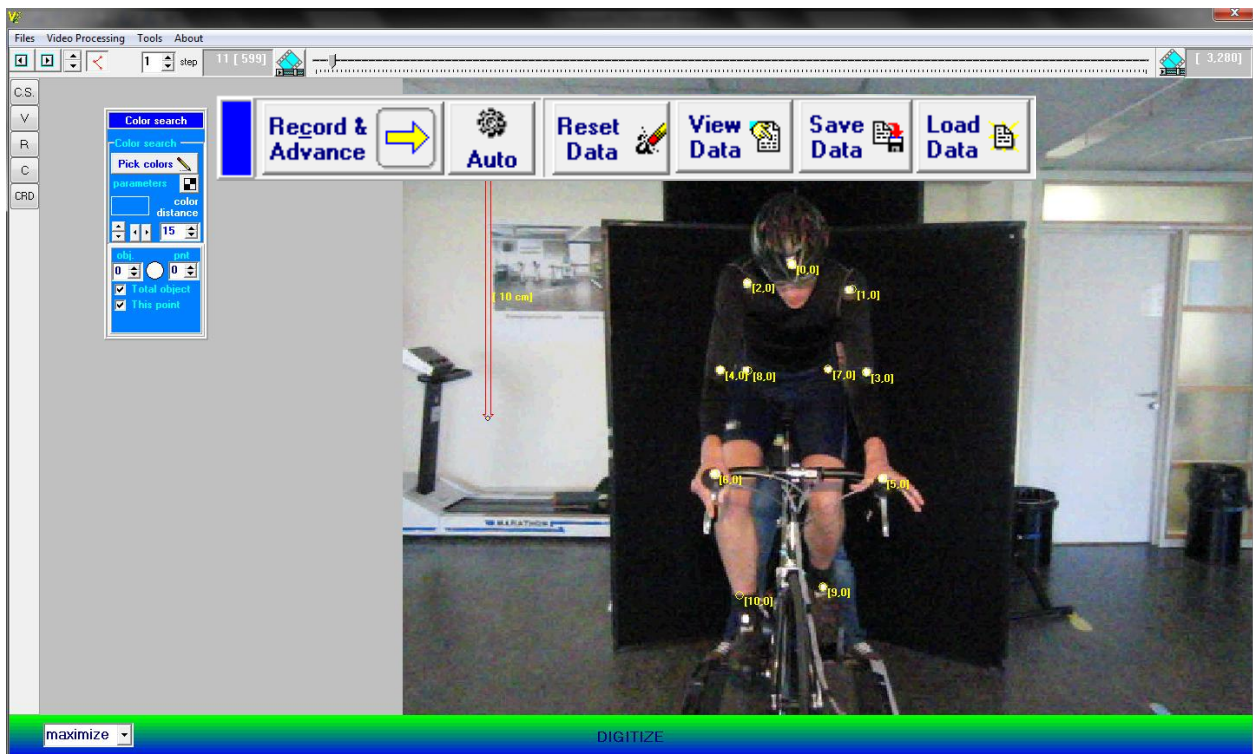
Vervolgens kunnen via {Video Processing, Digitize Framedata} de markers gedigitaliseerd worden.



Wanneer bovenstaand, Digitize, scherm opent zijn er meer kaders geopend dan nodig. In principe is alleen de C.S. (Color search) nodig. Hiermee is het mogelijk om de te volgen kleur in te stellen, evt. per marker. Door de juiste kleuren in te stellen en het zoekgebied klein te houden is het goed mogelijk om de markers automatisch te laten volgen. Het zoekgebied wordt ingesteld met de vier buttons met pijlen, zie de afbeelding aan de rechterzijde.



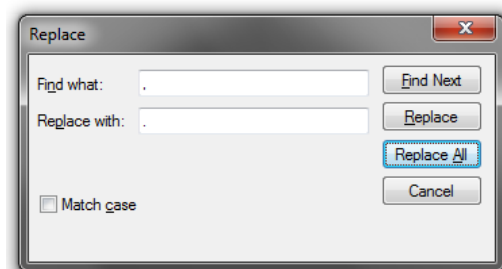
Nu is het mogelijk dat het automatisch volgen verkeerd loopt. Dan moet even een aantal frames handmatig gedigitaliseerd worden. Is het zo dat het programma één van de elf markers verkeerd heeft gevolgd dan moet in een aantal beelden deze ene marker verbeterd worden.



Hierboven is de marker bij de linker enkel verkeerd gelopen. Hoe dient dit verbeterd te worden? Sleep het bolletje naar de juiste plaats en klik vervolgens op {Record & Advance}. Alle markers staan nu hetzelfde als in het vorige, aangepaste, beeld. Het probleem is nu dat de markers die wél goed werden gevolgd nu hetzelfde staan als het beeld ervoor, dus deze zouden ook opnieuw gepositioneerd moeten worden. Wanneer dit niet gebeurt zouden deze na, bijvoorbeeld 10 frames, nog steeds op dezelfde plaat staan, terwijl ze al wel goed door het programma waren gevolgd. Door na {Record & Advance} één frame terug te gaan, en vervolgens weer één verder staan de markers op de door het programma gedigitaliseerde locatie. Het verspringen van frame kan gemakkelijk bet de balk bovenin, hieronder afgebeeld. Wanneer hierop geklikt is, kunnen de pijltjestoetsen van de computer worden gebruikt.

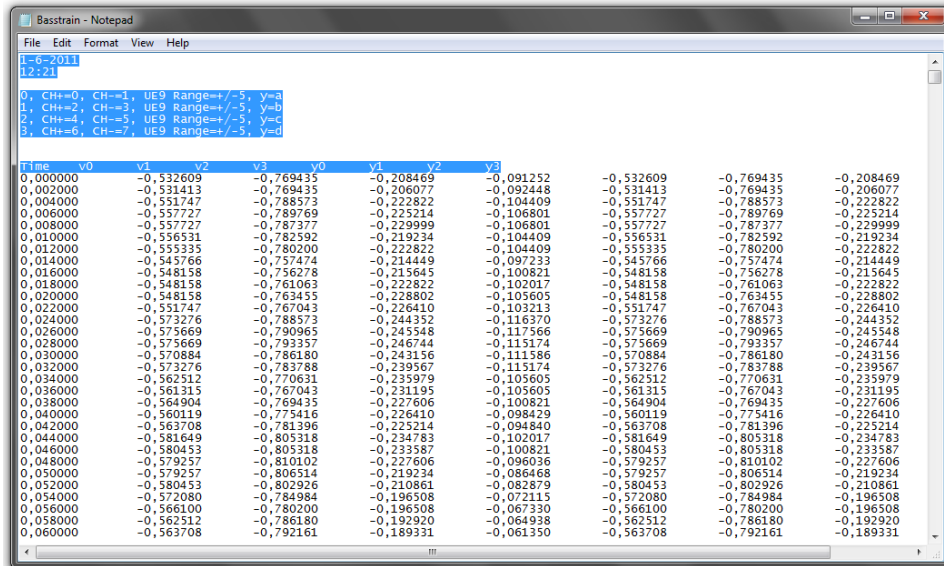


Wanneer alle beelden zijn gedigitaliseerd kan er op {Save Data} worden geklikt. De data wordt vervolgens opgeslagen in een *.FRM bestand. In dit bestand is als decimaal scheidingsteken een komma gebruikt. Dit moet worden omgezet in een punt. Gebruikt hiervoor bijvoorbeeld kladblok en {Ctrl +H}.

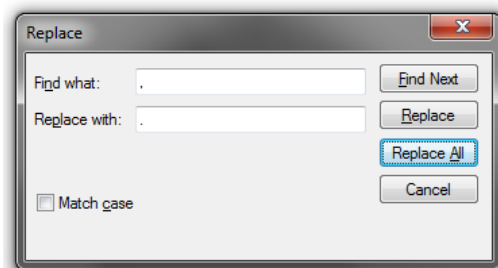


Peakfinder

Voordat Peakfinder gebruikt kan worden moeten eerste de eerste regels van het rekstrookbestand worden verwijderd, zie de geselecteerde regels in onderstaande afbeelding. Let wel op dat er geen witregel boven de gegevens overblijft!

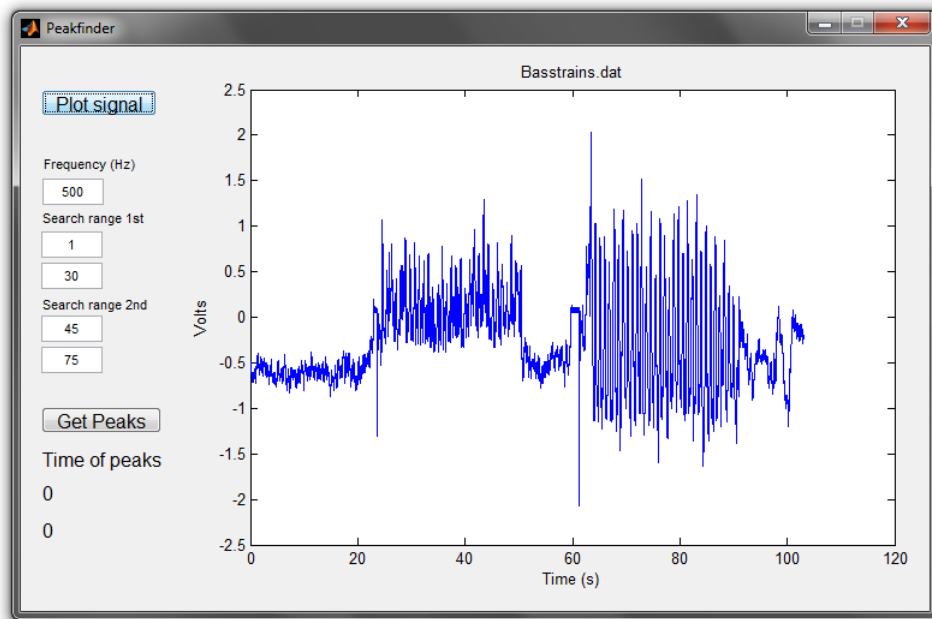


Ook in dit bestand is als decimaal scheidingsteken een komma gebruikt. Dit moet worden omgezet in een punt. Nu het kladblok al is geopend kan er gemakkelijk gebruik gemaakt worden van {Ctrl + H}, zie onderstaande afbeelding

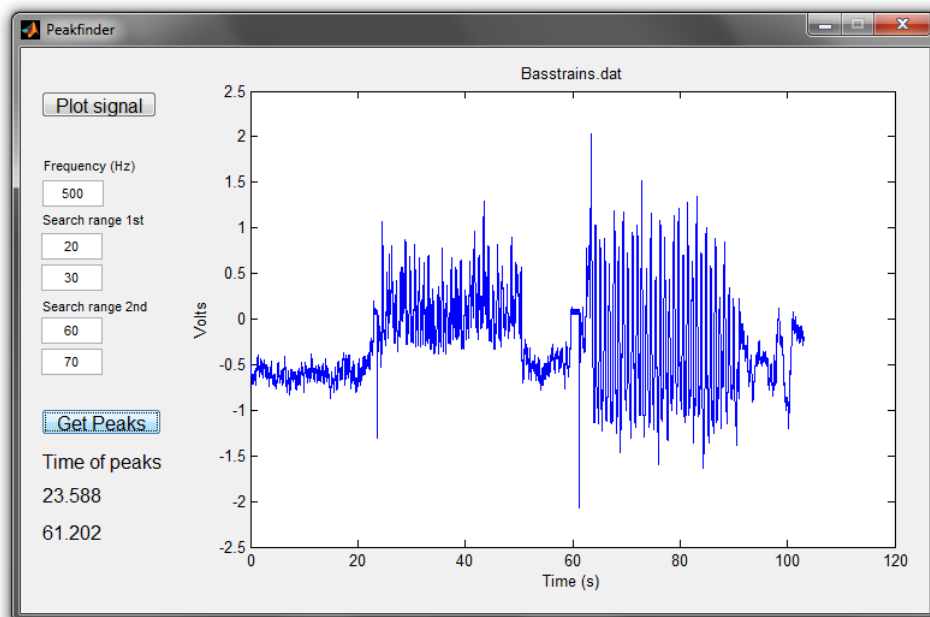


Om het bestand van de rekstrook te synchroniseren met de videobeelden moet de tik op het stuur in het signaal worden gevonden. Er is bekend dat de tik op de, voor de camera, op de rechterzijde wordt gegeven. Signaal ROB zal dus een grote uitslag geven. In het programma Peakfinder kan dit signaal worden weergegeven en de piek worden gevonden.

Na het openen van Peakfinder via Matlab kan er via het klikken op {Plot signal} het juiste bestand worden gekozen. Deze zal vervolgens worden getoond in het scherm in Peakfinder.



In het signaal zijn twee duidelijke pieken te zien. De eerste piek is de start van de zittende meting, de tweede piek hoort bij de staande meting. Nu is op het zicht in te schatten op welk tijdstip de pieken plaatsvinden; in dit geval ligt de eerste piek tussen de 20 en 30s en de tweede tussen 60 en 70s. Dit wordt dat ook ingevuld aan de linkerzijde. Vervolgens wordt er op {Get Peaks} gedrukt.



Nu de momenten van de pieken bekend zijn, kan er in het *.dat bestand worden geknipt. In verband met verwerking in LateralSway moet het bestand minimaal 0,5 seconden langer zijn dan dat de video duurt. Het bestand moet handmatig op de juiste lengte worden gebracht.

Wanneer alle bovenstaande stappen zijn gevolgd, zijn de bestanden gereed om ingeladen te worden in het programma LateralSway.

Bijlage 2

