

Schaatsen is in vele opzichten een bijzondere sport die in Nederland al 3000 jaar beoefend wordt. Toch weten we nog lang niet alles over deze manier van voortbewegen. Zo blijken er veel verschillende schaatstechnieken te bestaan. Wat is een ideale techniek? Hoe kunnen we die meten? En hoe moeten we een schaatser hier realtime feedback op geven?

Niet over één nacht ijs Realtime feedback voor betere schaatsprestaties

Eline van der Kruk

De prestatie van een schaatser wordt in de praktijk gemeten aan de hand van maar één variabele: de eindtijd. Maar wat bepaalt nu die eindtijd? Wat we zeker weten, is dat het door een schaatser geleverde vermogen ervoor zorgt dat hij een voorwaartse snelheid krijgt. Als we vermogen meten in de sport proberen we in te schatten hoeveel energie het de spieren kost om bepaalde bewegingen te maken. Het is een interessante parameter om te meten en terug te koppelen. In fietstrainingen bijvoorbeeld kan het vermogen al jaren realtime worden teruggekoppeld door middel van een zogeheten SRM systeem. In het schaatsen is het terugkoppelen van vermogen echter een stuk ingewikkelder dan in het fietsen. Dit heeft alles te maken met hoe de schaatser op het ijs vermogen levert.

Vermogen in het schaatsen

Vermogen is kracht maal snelheid. Op een fiets wordt dit gemeten door de aandrijfkraften op de fiets, dus door de kracht die de fietser op de pedalen uitoefent, te vermenigvuldigen met de snelheid van de fiets(er), welke wordt gemeten met een kilometer teller. In tegenstelling tot het fietsen veranderen bij schaatsen de krachten, het

afzetpunt en de snelheden continu van richting. Dit maakt het bepalen van het vermogen per slag niet zo rechtlijnig als in het fietsen. We kunnen proberen om krachten te meten op de schaats, maar zullen dan ook de precieze oriëntatie van de schaats moeten weten. Bovendien bewegen de schaats en het bovenlichaam van de schaatser ten opzichte van elkaar. Voor een juiste vermogensinschatting hebben we dus niet alleen de snelheid van de hele schaatser nodig, maar moet ook deze relatieve beweging bekend zijn. Eerdere onderzoeken hebben een zogeheten *joint power* model gebruikt om het vermogen van een schaatser per slag te schatten.¹ Hierin worden de momenten om de gewrichten uitgerekend via inverse kinematica, een methode die gebruik maakt van bewegingsvergelijkingen. In het schaatsen houdt dit in dat je allereerst de afzetkrachten op de schaats en de beweging van elk lichaamsdeel meet. Deze gegevens gebruik je vervolgens om via de bewegingsvergelijkingen uit te rekenen wat de momenten en krachten zijn die op de gewrichten werken. Om het vermogen dat de spieren moeten leveren om de gewrichten in beweging te brengen uit te rekenen, worden de

Titel

Real-time feedback voor een betere schaatsprestatie

Projectpartners

TU Delft
VU Amsterdam
Haagse Hogeschool
KNSB
InnoSportLab Thialf
Thialf IJstadion
O'Sports
INCAS³

momenten vermenigvuldigd met de hoekverdraaiingen van de gewrichten. Deze methode hebben we in eerste instantie toegepast om het vermogen per slag van een schaatser te meten.

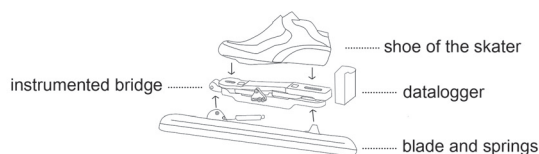
Nachtmetingen in Thialf

Om de vermogensberekeningen te kunnen uitvoeren moesten dus zowel de krachten van de schaatser op het ijs als zijn exacte bewegingen (kinematica) worden vastgelegd. Dit bleek niet over één nacht ijs te gaan. Eerdere studies over vermogens in het schaatsen maakten gebruik van twee camera's om één rechterslag (12 meter) te meten. Wij zijn echter geïnteresseerd in een hele cyclus, links en rechts, over een compleet recht stuk (100 meter). Nu bleken er nog geen systemen te bestaan die in het enorme volume van de ijshal met een nauwkeurigheid van 50mm kunnen meten en die tegelijkertijd zijn opgewassen tegen de kou, de reflecties van het ijs, de luchtvochtigheid en de hoge snelheden van de schaatser. Daarom zijn we een jaar aan de slag geweest om zelf een systeem samen te stellen dat aan al onze wensen voldeed.

Om de gewenste metingen uit te kunnen voeren was er allereerst een lege schaatsbaan nodig. Ijsstadion Thialf in Heerenveen heeft hierin voorzien door de schaatsbaan 's nachts voor ons beschikbaar te stellen. Toen de echte metingen begonnen, is er met een team van 15 mannen en vrouwen uit vier verschillende landen dag en nacht gewerkt om alle systemen op te zetten, te kalibreren, samen te laten werken en te laten meten. Een heel bijzonder experiment!

Meetbrug

Voorafgaand aan de metingen hebben



Figuur 1. De meetschaats bestaat uit een geïnstrumenteerde brug die de schaatser tussen zijn eigen schoen en ijzer kan plaatsen. De data worden opgeslagen op een SD kaart en over Bluetooth verstuurd naar een telefoon applicatie of een smart glass.)

we een draadloze meetbrug ontwikkeld², die de afzetkrachten van de schaatser in de normale en laterale richting vastlegt (zie figuur 1). De schaatser kan deze meetbrug, die de afzetkrachten van de schaatser in de normale en laterale richting meet (zie figuur 2F), tussen zijn eigen schoen en ijzer plaatsen. De data worden opgeslagen op een SD kaart in de brug en draadloos verzonden naar een telefoon waarop de data realtime kunnen worden weergegeven. De data zouden eveneens naar een *smart glass* gestuurd kunnen worden waarop een schaatser live meekijkt.³ De meetschaatsen zijn zo ontwikkeld dat ze met elkaar en ook met vrijwel ieder ander systeem gesynchroniseerd kunnen worden. Niet alleen de 3D bewegingen en krachten zijn tijdens deze metingen vastgelegd. Ook hebben we zeven kleine versnellingsmeters (zogenoeten IMU's) geplaatst op de schaatser, hebben we de druk in de schoen gemeten door middel van inlegzooltjes, is de hartslag vastgelegd, hebben we schaatsers uitgerust met een LPM

(local position measurement) systeem en zijn er camerabeelden gemaakt. Omdat de metingen op een lege baan moesten gebeuren, zijn acht toppers in het holst van vier nachten doorgemeten.⁴ Dit heeft een unieke dataset opgeleverd.

Realtime feedback

De verzamelde data zijn gebruikt om het vermogen per slag van een schaatser nauwkeurig uit te rekenen. Nu zou

je zeggen: doel bereikt, het vermogen per slag is gemeten en uitgerekend.

Het doel van het project is echter om realtime terugkoppeling te geven aan schaatsers, zodat ze kunnen experimenteren met hun techniek en direct te weten komen welke invloed dit heeft op het vermogen dat ze leveren en de snelheid waarmee ze rijden. Met de opstelling die we gebruikten bij de nachtmetingen kunnen we dit onmogelijk realtime doen. Ten eerste is het joint power model een te uitgebreide en complexe methode om het vermogen realtime te berekenen. Ten tweede is de meetmethode niet praktisch toepasbaar in de trainingen van schaatsers. Er zijn immers altijd meerdere schaatsers op een baan die de metingen met een optisch systeem, waarbij de schaatser altijd zichtbaar moet zijn voor de camera's, zullen belemmeren. Daarom zijn we na deze metingen begonnen met het ontwikkelen van een nieuwe methode om het vermogen van een schaatser uit te rekenen. Het streven is om de kinematica die in het nieuwe model nodig is te meten met slechts drie IMU's. Hierbij speelt de verzamelde dataset een belangrijke rol, want hiermee kunnen we onze nieuwe methode valideren. Inmiddels kunnen we met de nieuwe methode al de hoek

bepalen die schaats maakt met het ijs (de leunhoek; zie figuur 2B, 2D en 2F) en kunnen we bijvoorbeeld feedback geven over de slagfrequentie, de contacttijd met het ijs en de duur van de dubbele standfase. Ook kunnen we onderscheid maken tussen slagen in de bocht en op het rechte eind.⁵ Door de krachtdata van de meetschaats te combineren met de gegevens die we verkrijgen uit de IMU's, denken we op een eenvoudigere manier het vermogen te kunnen meten en terugkoppelen.

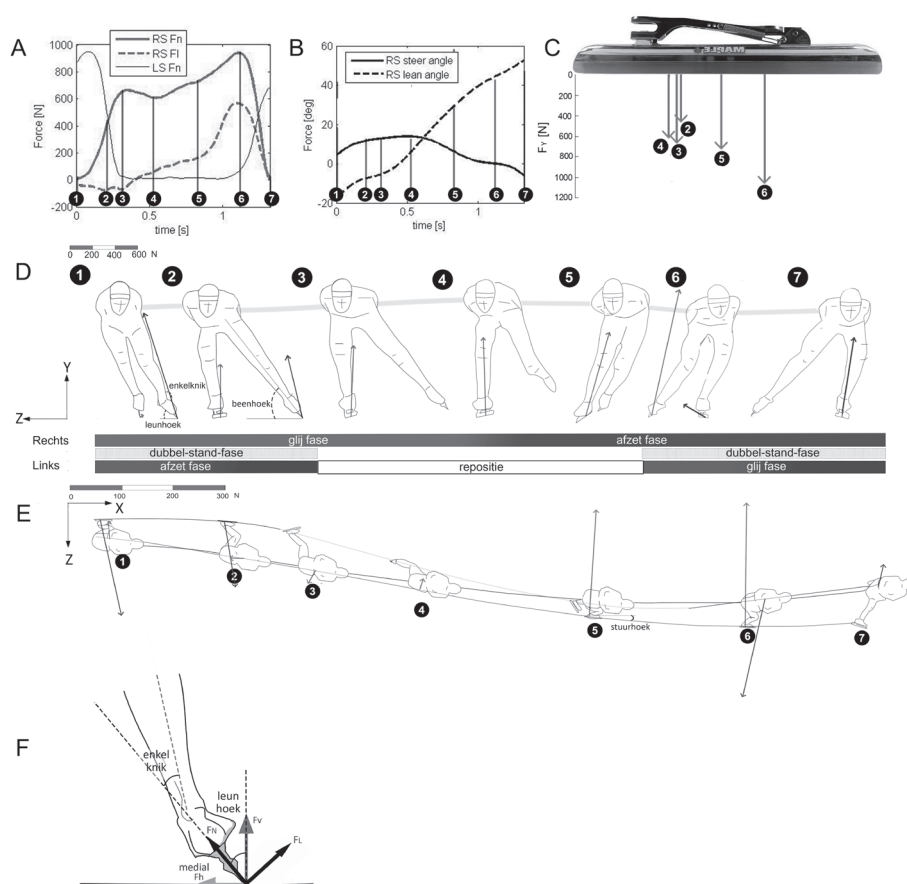
Mechanisch model van een schaatser

Met de nieuwe methode kunnen we straks iets zeggen over de vraag of een schaatser meer of minder vermogen levert binnen een slag. Maar we willen een stap verder: wat moet een schaatser daadwerkelijk doen om zijn slagen effectiever te maken? Aan de hand van het gemeten vermogen kunnen we interpretaties maken van wat goeie en

slechte slagen zijn, maar dit vertelt ons nog niet welke specifieke factoren in de beweging van de schaatser daarbij een rol spelen.

Wat een coach zou kunnen doen is een schaatser steeds een aanpassing laten maken in zijn techniek om vervolgens te klokken wat de nieuwe eindtijd is of welk vermogen er nu is geleverd. Maar wat als we de eindtijd kunnen voorspellen met een model? Dan kunnen we heel eenvoudig de slagen met een computer variëren om vervolgens de nieuwe eindtijd te voorspellen. Dat is precies wat we proberen te doen in onze zoektocht naar de ideale schaatsslag. We hebben hiervoor een mechanisch model ontwikkeld dat is opgebouwd uit natuurkundige en wiskundige vergelijkingen en dat de schaatsbeweging kan simuleren. De input voor het model is de beenstrekking: de veranderende afstand tussen het bovenlichaam en de schaats. Daar zitten dus

zowel de kniehoek als de heuphoek en de leunhoek indirect in (zie figuur 2D). De output van het model is de voorspelde beweging van de schaatser over de baan en zijn voorspelde snelheid. Het is te vergelijken met een racespel op de computer: jij bepaalt hoeveel je stuurt, het spel simuleert de reactie van je auto, gebaseerd op onder andere de snelheid die je op dat moment hebt. Met de data van de nachtmetingen hebben we het model kunnen verifiëren. Hiervoor hebben we de beenstrekking van de schaatser in het model gestopt en vervolgens gekeken of de uitkomst (de berekende positie en snelheid van de schaatser op de baan) inderdaad klopt met de werkelijkheid.⁶ De volgende stap in dit deel van het onderzoek is om het model te inverteren: in plaats van de beenstrekking erin te stoppen en de snelheid te simuleren, willen we optimaliseren welke beenstrekking de schaatser moet leveren om een zo'n



Figuur 2. Visualisatie van één slag met de rechterschaats (RS) bij een snelheid van 10 m/s. De zwarte bolletjes met de cijfers 1 t/m 7 geven in de verschillende figuren overeenkomstige momenten in de beweging (zie D) aan. **A.** De normale (F_n) en laterale kracht (F_l) gemeten op de speciaal ontwikkelde geïnstrumenteerde klapschaats. **B.** De stuurhoek (steer angle) en leunhoek (lean angle) van de meetschaats. **C.** Aangrijpingspunten en groottes van de afzetkrachten op het blad van de schaats. **D.** Een vooraanzicht van de bewegingen van de schaatser, opgedeeld in zeven momenten; de pijlen geven grootte en richting van de afzetkrachten aan. **E.** Een bovenaanzicht van de schaatsslag, met afzetkrachten. **F.** De normale en laterale krachten die worden gemeten op de schaats kunnen worden uitgesplitst in de verticale en de horizontale afzetkracht.

Peter Kolder (schaatstrainer, als 'eindgebruiker' intensief betrokken bij het project):

'Lotte van Beek (foto) kwam terug van een blessure, ze was nog niet bezig met het rijden van wedstrijden en was dus beschikbaar om deel te nemen aan de nachtelijke metingen in Thialf. In vergelijking met andere schaatssters is ze fysiek gezien geen hoogvlieger, maar zij kan dingen op een schaats die anderen niet kunnen. Ze voelt gewoon heel goed aan hoe ze de druk moet opbouwen om de afzet maximaal te raken, dat doet ze ook echt anders dan de meeste anderen.



Maar het blijkt toch veel lastiger te zijn. Het goede nieuws is wel, dat Eline nu echt dingen kan laten zien die de meerwaarde van zo'n meetschaats duidelijk aantonen. Ik hoop dus dat we met z'n allen tot de slotsom komen dat we met zo'n schaats iets te pakken hebben waarmee we de volgende stap naar betere prestaties kunnen maken.'

Meer kan en wil ik daar niet over zeggen, ook omdat ik Lotte inmiddels niet meer coach, maar we kunnen dit soort dingen nu zichtbaar maken. Het project heeft dus meer inzicht gebracht, we zitten op het goed spoor. Maar we moeten nu toch echt wel naar een goede meetschaats, die we in de dagelijkse topsportpraktijk kunnen gebruiken. Die is er nog niet. Het meetsysteem is redelijk log, er gaat nog wel eens wat kapot en het past niet op alle merken schaatsen. Toen we er ooit aan begonnen dacht ik: die schaats hebben we binnen 2-3 jaar,

hoog mogelijke snelheid te genereren. Vervolgens denken we door middel van realtime feedback schaatsers te kunnen tonen wat zij kunnen doen om hun eigen ideale slag te benaderen.

De tussenstand

Aan het einde van het project kunnen we met het model achterhalen wat mechanisch gezien de ideale slag zou zijn voor een individuele schaatser. Hiermee kunnen we de trainer/coach en de schaatser inzicht geven in het verloop van de slag en voorspellen wat een aanpassing in de slag zou betekenen voor de eindtijd. Op dit moment kunnen we de schaatsers voorzien van realtime feedback op onder andere hun afzetkrachten, de leunhoek en de slagfrequentie en werken we aan de realtime terugkoppeling van vermogens. Zo willen we de schaatswereld wetenschappelijk inzicht bieden in de

manier waarop een schaatser snelheid genereert en bieden we een tool om met de vernieuwde inzichten te kunnen trainen door middel van realtime terugkoppeling.

6. Kruk E van der et al. (2015). Two body dynamic model for speed skating driven by the skaters leg extension. Paper op het 3rd International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support, Lissabon (POR), 15-17 november 2015.

Referenties

1. Boer RW de et al. (1987). Moments of force, power, and muscle coordination in speed skating. *International Journal of Sports Medicine*, 8 (6), 371–378.
2. Kruk E van der et al. (2016). Wireless instrumented klapskates for long-track speed skating. *Sports Engineering*, doi:10.1007/s12283-016-0208-8.
3. Real-time feedback tijdens het schaatsen (video): <https://www.youtube.com/watch?v=w5AhCXx1OKg> (2015).
4. 3D metingen in Thialf (video): <https://www.youtube.com/watch?v=BdNEtiBfRgg> (2015).
5. Kruk E van der et al. (2016). Getting the angles straight in speed skating: a validation study on an IMU filter design to measure the lean angle of the skate on the straights. Paper op de 11th Conference of the International Sports Engineering Association (ISEA), Delft (NL), 11-14 juli 2016.

Over de auteur

Eline van der Kruk studeerde industrieel ontwerpen en werktuigbouwkunde aan de Technische Universiteit van Delft en is hier in 2013 cum laude afgestudeerd als eerste sportengineer van Nederland. Momenteel promoveert ze op onderzoek en ontwerp van een realtime feedback systeem dat de ideale schaatsslag voorspelt aan de hand van een biomechanisch model. Contact: E.vanderkruk@tudelft.nl