

Relatie tussen ronding, bending en afzethoek bij schaatsen

SAMENVATTING

Schaatsers laten hun schaatsen machinaal slijpen in een ronding, zodat het lemmet maar met een klein vlakke contact maakt met het ijs. Wedstrijdschaatsers maken tegenwoordig gebruik van de techniek om de schaatsen krom te buigen (benden) in de richting van de bocht, waardoor de schaats, vooral in de bocht, een groter contactvlak heeft met het ijs en makkelijker stuurt. Theoretisch heeft het ronde ijzer slechts één enkel contactpunt met het ijs. Dit contactvlakje met het ijs bevindt zich in het begin van de glijfase in de buurt van de achterste pot en tijdens de afzet verplaatst het contact tussen ijzer en ijs naar de voorste pot: het scharnier van de klapschaats. Dit is de afwikkeling van de schaats, waardoor het spoor dat de schaats in het ijs schrijft, wordt beïnvloed.

Het lijkt wenselijk dat de schaats uit zichzelf een ideaal spoor loopt zonder dat de schaatser daar energie in steekt: de ongedwongen vrije loop van de schaats.

Deze ongedwongen vrije loop van de schaats is van essentieel belang voor het sturen van de schaats en de contacttijd tussen het ijzer en het ijs in de afzetfase. Hoe langer namelijk de contacttijd in combinatie met de afzetkracht is, hoe groter de arbeid die per slag kan worden geleverd en des te groter de te ontwikkelen snelheid.

In dit artikel wordt, met behulp van het softwarepakket SolidWorks, de relatie beschreven tussen de ronding van het ijzer, de bending van de schaats, de afzethoek en de vorm van het spoor dat het ijzer in het ijs snijdt. Dit spoor wordt beschreven met de zogenaamde resultante radius. Hierbij is geen rekening gehouden met de vervorming van het ijzer door de afzetkracht. De snijlijn die het ijzer maakt als gevolg van ronding, bending en afzethoek heeft niet de vorm van een zuivere cirkel maar wordt in dit artikel benaderd door een best passende cirkel met een straal die hier resultante radius wordt genoemd. Deze resultante radius verandert continu gedurende het contact met het ijs, zodanig dat de schaats steeds sterker naar binnen stuurt in het verloop van de afzet. Er is een computerprogramma ontwikkeld dat de relatie tussen de variabelen zichtbaar maakt. ■

SUMMARY

Speed skaters use machines to grind the blade of the skate into a rocker; this reduces the contact area between the blade and the ice. Competitive speed skaters also use a technique known as bending to increase the contact area of the blade on the ice and easily steering the skates, especially in the turns. Theoretically a rocked blade makes contact with the ice only at a single point. This contact point begins at the start of the gliding phase at the rear cup and during the push off phase it moves forwards to the front hinge of the skate. The clap skate makes use of this principle and this will change the path the skate moves over the ice.

It seems desirable that the movement of the skate on the ice follows an ideal path without using much energy of the skater.

This optimal motion of the ice skate is important in controlling the movement and influences the contact time between the blade and the ice. The longer the contact time in the push off phase, the more power that can be generated with each stroke and the more speed that can be generated.

In this article the SolidWorks software package is used to describe the relationship between the rocker of the blade, the bending of the blade, the angle of the push off and the shape of the motion (the path) of the skate across the ice. This path is

INLEIDING

Langebaanschaatsen is een groeiende mondiale sport met steeds meer aanzien, vooral wat betreft de korte afstanden. Technische veranderingen van het materiaal, met name de introductie van de klapschaats, zorgden voor een explosieve ontwikkeling van het schaatsen.

Materiaalonderzoek, aërodynamisch onderzoek, het rond en benden van het ijzer, het carven van het ijzer, de ontwikkeling van klapmechanismen met wisselende draaipunten, de wisselende inklemmingshoogte van het lemmet, onderzoek naar lemmedikte in relatie tot ijstemperatuur en wrijving, zijn voorbeelden van onderzoek en de professionele ontwikkeling van de sport.

Met een aanpassing die is overgewaaid vanuit het shorttrack zijn de toppers van de langebaan tegenwoordig druk doende met het benden van de schaatsen in de richting van de bocht. Voorheen werd de schaats op het blote oog krom geduwd op de rand van de tafel, waardoor menige schaats in de prullenbak is beland. Inmiddels bestaan er buigapparaten en meetapparatuur om de schaats nauwkeurig te kunnen benden en controleren.

Onderzoek naar ronding en bending is nauwelijks voorhanden en de schaatser is aangewezen op kennis en advies van collega's, materiaaldeskundigen of begeleiders. Is er eenmaal een bepaalde ronding en bending in de schaats, dan is de schaatser aangewezen op zijn *gevoel* op het ijs. Hij kan na de eerste rit met een nieuwe ronding en bending in de schaats van het ijs stappen met: "*dit is helemaal niks*" of "*ja, dit voelt wel goed*". Van schaatsers wordt nooit gehoord: *ronding 2 meter vlakker en bending 10 meter krommer, dan is het helemaal perfect*. Het mag van de schaatser ook niet verwacht worden; het aantal variabelen is veel te groot om in het wilde weg te experimenteren en het is volkomen logisch dat schaatsers bang zijn om gedurende het seizoen nog wat

described as the resulting radius. The bending of the blade as a result of the push off force has not been taken into account in this calculation. The shape of the track as a result of the rock, the bending and the push off angle is not a perfect circle but in this article the best fit circle is used for the calculations and the radius is termed the resulting radius. This resulting radius changes continually during contact with the ice while the skate steers further inwards during the stroke. A software model has been created to analyze the influence of the relationship between the different variables. ■

TREFWOORDEN: SCHAATSEN, BIOMECHANICA

te veranderen of te moeten veranderen aan welke parameter dan ook.

Dit artikel behandelt de relatie tussen ronding, bending, afzethoek en het spoor van de schaats in het ijs.

Om beter inzicht te krijgen op de invloed van ronding en bending in de schaats is een model met een vaste ronding op grote schaal vervaardigd, waarbij de bending te variëren is.

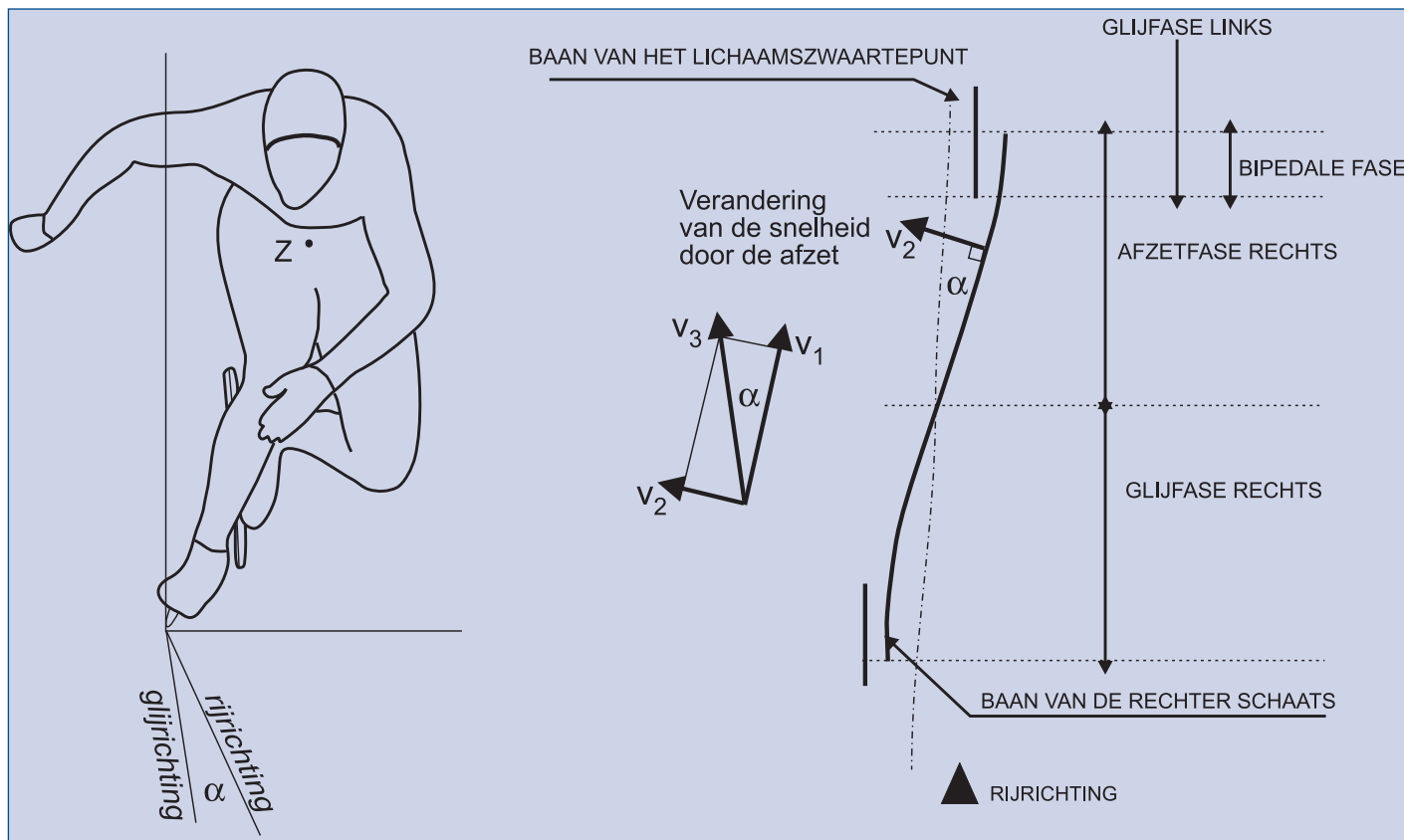
In de analyse wordt kort aandacht besteed aan de algemene schaatstechniek en de invloed van ronding en bending op de schaatstechniek op het rechte eind en in de bochten. Daarna wordt de invloed van ronding en bending in relatie

tot de afzethoek en het spoor dat het ijzer in het ijs snijdt onderzocht met behulp van het ontwerpsoftwarepakket SolidWorks.

Aan de hand van de resultaten is vervolgens een best passende cirkel voor de resultante radius gegenereerd, die de relatie tussen ronding, bending, afzethoek en schaatsspoor op het ijs direct weergeeft.

DE TECHNIEK OP HET RECHTE END

Normaal gesproken zal bij een verplaatsing in voorwaartse richting de neiging bestaan om in achterwaartse richting af te zetten. Elke schaatser weet echter dat door een achterwaartse afzet de schaats naar achteren wegglijdt en er geen afzetkracht in voorwaartse richting kan worden gegenereerd. Alleen loodrecht op de glijrichting (V_2 in figuur 1) van de schaats kan door de schaatser een kracht worden uitgeoefend die een component heeft in de voorwaartse rijrichting. Door die afzetkracht verandert de snelheid van de schaatser van V_1 naar V_3 ; als som van de snelheidsvectoren geldt: $(V_1+V_2=V_3)$.

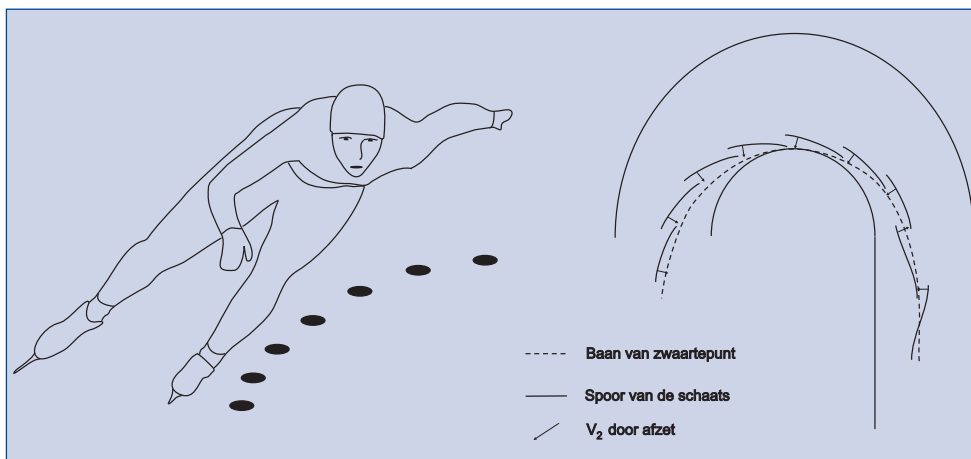


Figuur 1. De schaatsbeweging op het rechte eind

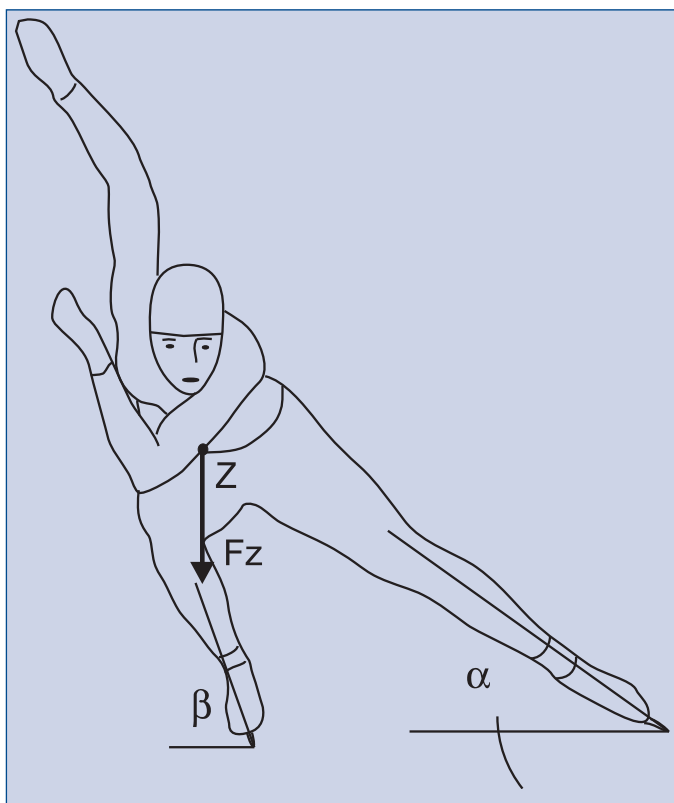
V_1 = snelheid van het lichaamszwaartepunt vóór de afzet

V_2 = snelheidsverandering door de afzet

V_3 = resulterende snelheid van het lichaamszwaartepunt na de afzet



Figuur 2. Het hangen in de bocht, de baan van het lichaamszwaartepunt en de afzetten.



Figuur 3. Afzethoek - en glijhoek , op het rechte eind in een vooraanzicht.

DEFINITIES

- Glijfase Steunen op het glijbeen, terwijl de schaats ten opzichte van het lichaamszwaartepunt naar buiten stuurt.
- Afzetfase Begint op het moment dat het lichaamszwaartepunt zich mediaal van het standbeen bevindt.
- Bijhaalfase De rechterschaats verliest contact met het ijs en de glijfase van het linkerbeen is ingezet. Wanneer het linkerbeen de afzetfase heeft afgerond maakt de rechterschaats reeds contact met het ijs en begint de glijfase opnieuw.

De hoek tussen het spoor van de schaats in de afzetfase en de rijrichting (hoek α in figuur 1) varieert van 9 tot 15 graden. Deze hoek is tevens gelijk aan de hoek tussen V_1 en V_3 . De snelheid van het lichaamszwaartepunt vóór de afzet is gelijk aan V_1 . Door de afzet krijgt het lichaam een snelheidsverandering V_2 , waardoor de snelheid van het lichaam gelijk wordt aan V_3 , die groter is dan V_2 . Hoe krachtiger de afzet, hoe groter V_2 en daardoor een grotere snelheid V_3 . Door glij- en luchtweerstand neemt de snelheid steeds weer af van V_3 naar V_1 .

DE TECHNIEK IN DE BOCHT

Biomechanisch gezien is er weinig verschil tussen het rijden van een bocht en het rijden van het rechte eind. In beide gevallen wordt de arbeid verricht door de afzet, die onder een bepaalde hoek op de baanrichting en loodrecht ten opzichte van de glijrichting staat. Een verschil is dat in de bocht, afgezien van de arbeid die geleverd moet worden om de snelheid te onderhouden, nog extra arbeid moet worden geleverd om de centripetale kracht te kunnen leveren om de snelheid van richting te laten veranderen.

In figuur 2 is te zien dat de schaatser de bocht doorkomt door zeven maal af te zetten. Elke afzet zal zodanig krachtig moeten zijn dat de totale richtingsverandering van de schaatser van 180 graden in zeven afzetten kan worden gehaald, dat wil zeggen per afzet 26 graden richtingsverandering van het lichaamszwaartepunt. Als de schaatser dit vermogen per slag niet kan leveren zal hij in de bocht meer slagen moeten maken.

Om de snelheid te kunnen onderhouden of te kunnen versnellen, moet gedurende de afzet op de schaatser een kracht heersen die een component heeft in de bewegingsrichting. Deze afzetkracht wordt voornamelijk gegenereerd door de strekkers van het heupgewricht, de strekkers van het kniegewricht en de strekkers van het enkelgewricht. De baan die de schaats daarbij op het ijs maakt ten opzichte van het lichaamszwaartepunt (het spoor) is hierbij van essentieel belang. Als de schaats in de afzet te snel naar buiten loopt is de afzet maar kort omdat de schaats dan te snel van het zwaartepunt wegloopt. Het been is dan niet lang genoeg om ook lang contact met het ijs te kunnen houden. De schaatser wil dan ook zo lang mogelijk contact houden met het ijs met een gelijktijdige maximale afzetkracht. Zo lang mogelijk contact houden met het ijs wordt gerealiseerd door gedurende de afzet de schaats naar binnen te sturen (zie de

S-vorm in het spoor van de schaats in figuur 1 op het rechte eind en de kromme baan van de schaats in de bocht). De schaatser moet dit naar binnen sturen van de schaats exact kunnen timen om een zo effectief mogelijke afzetkracht te genereren.

RONDING OP HET RECHTE EIND

De ronding in de schaats helpt de schaatser op het rechte eind om de S-vorm in het ijs te snijden. Dit kan als volgt worden verklaard.

Wanneer de schaats rechtop staat met een ronding van bijvoorbeeld 24 meter en de schaats heeft een voorwaartse snelheid, dan loopt de schaats uit zichzelf netjes rechtdoor; het spoor op het ijs is een rechte lijn. Dit is onafhankelijk van de belasting op de voor- of achterkant van de schaats. Ligt het schaatsijzer bijna plat op het ijs maar snijdt er nog net even in dan beweegt het ijzer niet rechtdoor maar loopt volgens de ronding in de schaats uit zichzelf in een cirkelbaan van ongeveer 24 meter. In de praktijk kan het lemmet natuurlijk niet plat op het ijs liggen omdat de afzethoek (hoek α in figuur 3) maar minimaal ongeveer 30 graden wordt. Een en ander betekent dat de cirkelbaan die door het ijzer in het ijs wordt geschreven bij een vrije loop wordt bepaald door een hoek δ (= α of β in figuur 3) die de schaats met het ijs maakt. Deze cirkelbaan wordt verder resultante cirkel met resultante radius R_s genoemd.

De relatie tussen de grootheden is te schrijven als: $R_s = \frac{R_r}{\cos \alpha}$

Hierin is R_r de straal van de ronding. Als de schaats loodrecht op het ijs staat (hoek $\delta = 90^\circ$) is de resultante straal gelijk aan: $R_s = \frac{R_r}{\cos 90^\circ} = \frac{R_r}{0} = \infty$

Een cirkelboog met oneindig grote straal is een rechte lijn; de schaats loopt dus rechtdoor.

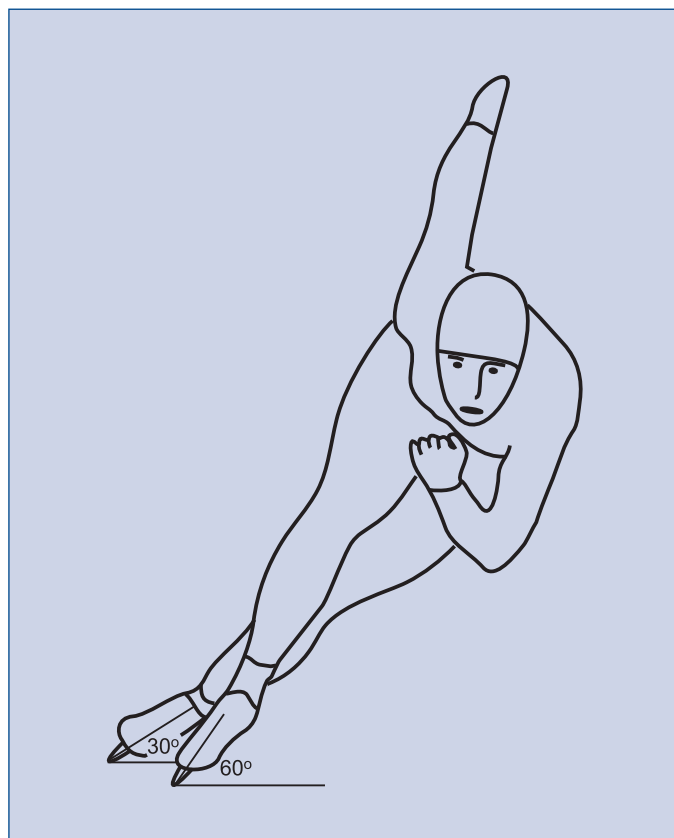
Als de schaats zich in een afzethoek bevindt van bijvoorbeeld $\alpha = 40^\circ$ (figuur 3) dan is de resultante straal gelijk aan $R_s = \frac{24}{\cos 40^\circ} = 31$ meter. De betekenis hiervan is dat aan het eind van de afzet de schaats zonder extra sturende krachten uit zichzelf naar binnen stuurt met een kromme waarvan de straal gelijk is aan 31 meter. Aangezien gedurende de afzet de afzethoek steeds kleiner wordt en de schaats van achter naar voren afwikkelt, wordt de resultante radius ook steeds kleiner. Aan het eind van de afzet loopt de schaats dus meer naar binnen in vergelijking met het begin van de afzet.

In de glijfase tijdens het overkomen (stel hoek β in figuur 3 is 70°) stuurt de schaats uit zichzelf naar buiten met een spoor waarvan de straal gelijk is aan $R_s = \frac{24}{\cos 70^\circ} = 70$ meter. Dit verklaart de S-baan (figuur 1) die de schaats schrijft in het ijs; in het begin van de glijfase stuurt de schaats naar buiten en in de afzetfase steeds sterker naar binnen. Reeds eerder is opgemerkt dat dit naar binnen sturen gunstig is voor de tijd dat de schaats contact kan blijven houden met het ijs. Hoe langer contact hoe groter de arbeid per slag des te groter de versnelling van het lichaam door de afzet.

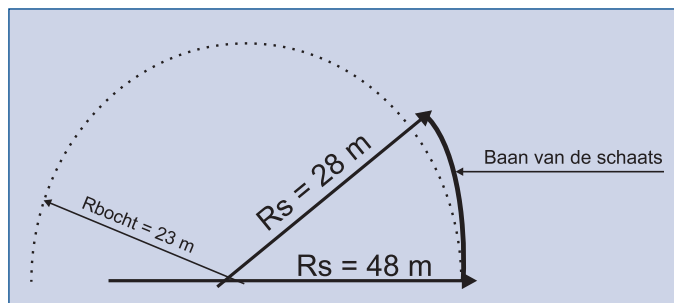
Vaak wordt opgemerkt dat de schaats gerond moet zijn omdat je anders de bocht niet kan rijden. Hier is duidelijk geworden dat ook op het rechte eind het rond van het ijzer essentieel is voor het makkelijk sturen van de schaats, noodzakelijk voor een effectieve afzet.

DE RONDING IN DE BOCHT

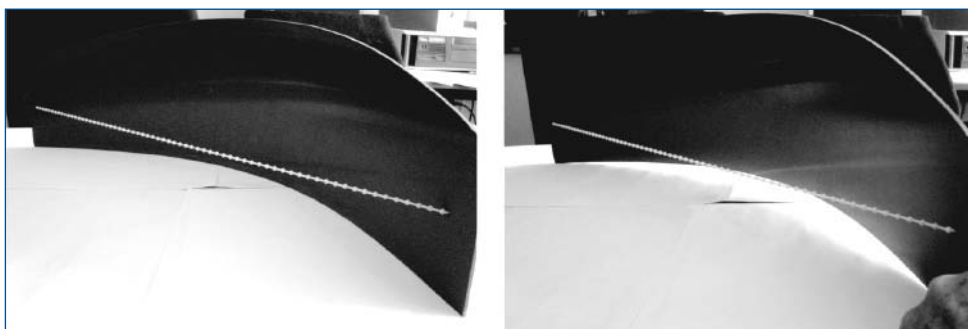
Het naar binnen sturen van de schaats in de afzet is niet alleen essentieel op het rechte eind, maar vooral ook in de bocht om niet te snel het contact met het ijs te verliezen. In de bocht komt de schaats nog schuiner te staan dan op het rechte eind. Het naar binnen sturen van de schaats voor zowel de rechter- als de linkerschaats gaat vanzelf door de ronding van de schaats in combinatie met de afzethoek. De resultante straal wordt weer bepaald door $R_s = \frac{R_r}{\cos \alpha}$



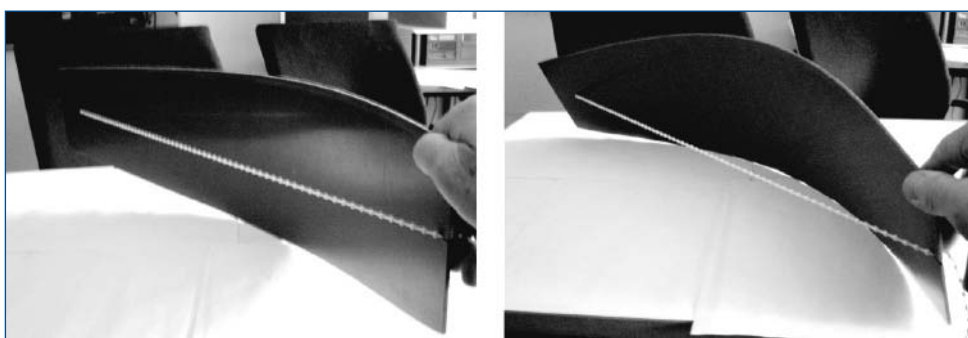
Figuur 4. Glijfase op rechterbeen en afzetfase op links in de bocht.



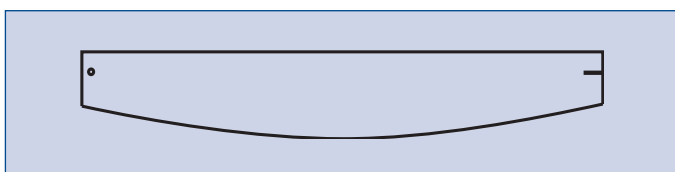
Figuur 5. Ongedwongen baan van de schaats in de bocht.



Figuur 6. Model zonder ronding, met bending loodrecht op het ijs (links) en met kanteling (rechts). Door de kanteling ontstaat contact op voorste en achterste punt van de schaats en het midden heeft geen contact meer met het ijs. De schaats is niet te sturen.



Figuur 8. Ronding met bending in verticale stand (links) en met kanteling (rechts). Door toenemende kanteling ontstaat een groter contactvlak met het ijs.



Figuur 7. Kunststof model met vaste ronding en instelbare bending.

In de bocht snijdt de schaats geen S-vorm in het ijs, maar een kromme lijn waarbij de straal gedurende de afzet steeds kleiner wordt.

Stel, in het begin van de afzet is de afzethoek gelijk aan 60 graden en aan het einde van de afzet is de hoek 30 graden (figuur 4). De hierbij passende resultante radius die de schaats in het ijs snijdt is dan in het begin van de afzet 48 meter en aan het einde van de afzet 28 meter (figuur 5).

Figuur 5 toont de baan van de schaats (het spoor) in de bocht bij een ronding van het ijzer van 24 meter zonder bending en afzethoeken van 60 tot 30 graden. Voor de duidelijkheid is tevens een bocht van de 400 meter baan met een straal van 23 meter getekend.

BENDING ZONDER RONDING

Met de huidige topsnelheden (60 km/h) bij het sprinten wordt het steeds moeilijker om de bocht te houden. Met de fiets zouden dergelijke snelheden op een vlakke 400 meter baan onmogelijk kunnen worden gehaald, omdat 60 km/h

te snel is om de bocht te kunnen houden; de fietser zou de bocht uitvliegen, omdat de banden bij dergelijk hoge snelheden onvoldoende grip hebben op het wegdek. Maximale grip is in de bocht vereist, maar de wrijving tussen ijzer en ijs moet minimaal zijn. Bij zeer sterke rondingen snijdt het ijzer diep in het ijs en is de grip groot, maar door de diepte die het ijzer in het ijs snijdt, is de ijswrijving nadelig hoog. Gezocht wordt dus naar maximale grip met minimale ijswrijving en makkelijk te sturen schaatsen. Vanuit het shorttrack overgenomen is het bij het langebaanschaatsen nu ook gebruikelijk om de schaatsbuizen te buigen in de richting van de bocht van de 400 meter baan; in een bovenaanzicht naar links gekromd. Dit buigen wordt benden genoemd en de kromming wordt met speciaal daarvoor ontwikkeld gereedschap aangebracht. Met

een speciaal daarvoor ontwikkeld meetinstrument kan zowel de ronding als de bending worden gemeten.

Indien het ijzer geen ronding heeft, maar wel is gebogen in de richting van de bocht (figuur 6), glijdt de schaats bij loodrechte stand op het ijs uit zichzelf langs een kromme baan die gelijk is aan de bending in de schaats. Bij kanteling van de schaats in een afzethoek van het been, maakt het ijzer niet meer contact met één punt van het ijs maar snijdt in het ijs met het voorste en het achterste punt van het ijzer (figuur 6 rechts). In het midden van het ijzer ontstaat een opening, waar contact met het ijs verloren is. Benden zonder ronding wordt dan ook nooit toegepast omdat het te veel ijswrijving oplevert en de schaats niet te sturen valt.

BENDING MET RONDING

Om inzicht te krijgen in de ingewikkelde relaties tussen de variabelen is in eerste instantie een kunststof model vervaardigd zoals gepresenteerd in figuur 6, 7 en 8. De vlakke plaat heeft een rechte en een kromme zijde (de ronding) en kan in een gewenste bending worden vastgezet met een kralensnoer (figuur 6 en 8). Variatie van de afzethoek en afwijking van het model geeft dan kwalitatief inzicht in de resultante radius overeenkomstig de ronde en gebogen schaats op het ijs.

In de praktijk van het wedstrijdschaatsen zijn zowel de linker- als de rechterschaats in dezelfde richting gebogen namelijk linksom, in de richting van de bocht. Dit zal in de

bocht geen probleem opleveren, daar de beweging hier asymmetrisch is; voor beide benen in de bocht linksom. Op de rechte einden echter geldt een symmetrische beweging. Beide benen maken immers dezelfde beweging naar de laterale zijde. Om deze beweging zo goed mogelijk te ondersteunen en de schaatsen makkelijk te sturen op de rechte einden, zou de bending van beide schaatsen eigenlijk ook in tegengestelde richting moeten zijn.

Op het rechte eind is de bending van beide schaatsen naar links dus een nadeel voor de linkerschaats. De linkerschaats zal de verkeerde kant op sturen, hij zal namelijk naar buiten weglopen in plaats van terugsturen aan het eind van de afzet; dus niet uit zichzelf de gewenste S-curve volgen.

De rechterschaats zal juist gemakkelijker terugsturen (naar binnen) en dus wel de juiste, gewenste S-curve volgen.

Toch worden beide schaatsen gebogen met een kromming in de richting van de schaatsbocht. Dit nadeel op het rechte eind wordt op de koop toe genomen, zei het dat de linkerschaats meestal in een minder sterke kromming wordt gebogen dan de rechter. Bovendien is het schaatsen van de bocht belangrijker dan het schaatsen van het rechte eind. Schaatsers beamen dat voor het schaatsen van de bocht het totale beschikbare vermogen wordt aangewend om te versnellen, en het rechte eind wordt benut om uit te rusten.

In dit onderzoek is niet gekozen voor een analytische, meetkundige oplossing van het spoor dat de schaats in het ijs schrijft, maar is met behulp van het driedimensionale ontwerpsoftwarepakket SolidWorks de relatie tussen kromming, bending, afzethoek en resultante radius onderzocht.

MODELFORMING

In SolidWorks is een model gemaakt van een schaats en een ijsvloer (figuur 9).

De ronding, de bending en de afzethoek van de schaats kunnen willekeurig worden gekozen en de gevolgen van deze keuzes voor het spoor dat de schaats in het ijs snijdt (de resultante radius) wordt bepaald aan de hand van de resultaten in SolidWorks.

DE RESULTATEN

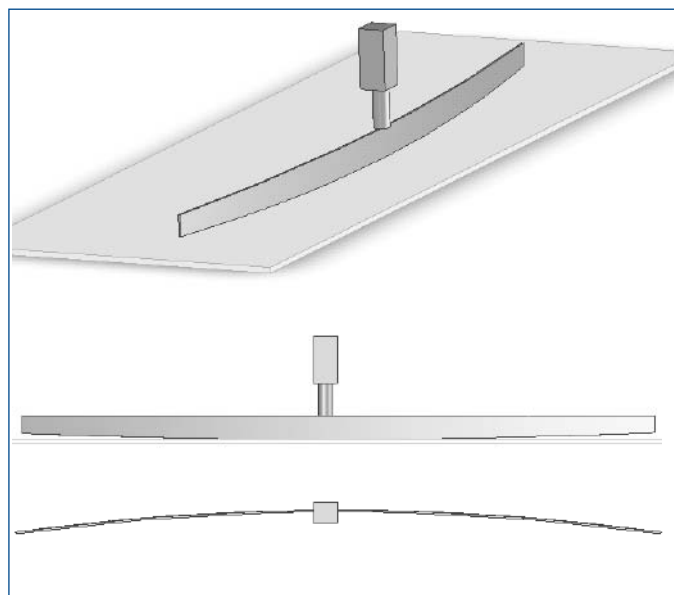
Input

Dikte van het schaatsijzer	1,1 mm
Lengte van de schaats	40 cm
Ronding van de schaats	25 m
Bending	60 m
Afzethoek met het ijs	50°

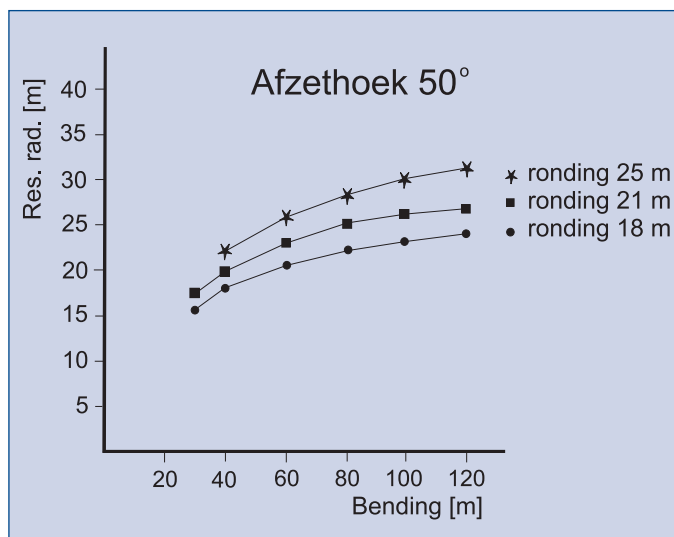
Output

De resultante radius is dan 26 meter

Bij dezelfde parameters maar met een sterkere ronding van bijvoorbeeld 18 meter, wordt de resultante straal gelijk aan 20,4 meter (figuur 10).



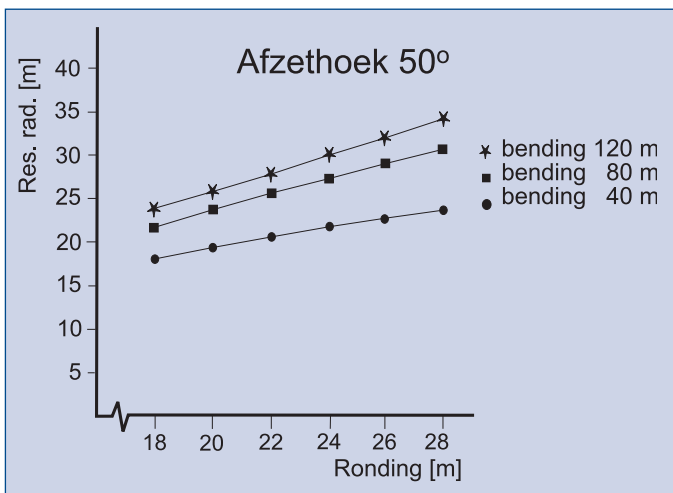
Figuur 9. Drie aanzichten van schaatsmodel in SolidWorks: isometrisch aanzicht, zijzicht en bovenaanzicht.



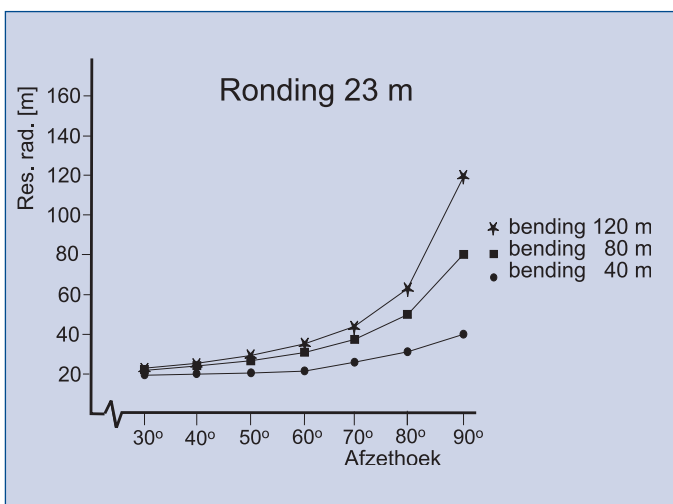
Figuur 10. Relatie tussen bending, ronding en resultante radius bij een afzethoek van 50 graden.

Door een horizontale lijn te trekken is bij een afzethoek van 50 graden een identieke resultante radius te bereiken met verschillende combinaties van ronding en bending. Zo is bijvoorbeeld een resultante radius van 22,2 meter mogelijk bij een ronding van 25 meter met een bending van 40 meter, maar diezelfde resultante radius is ook mogelijk bij een ronding van 21 meter en een bending van 55 meter of bij een ronding van 18 meter met een bending van 84 meter.

Op soortgelijke wijze is de resultante radius te presenteren in een grafiek waarbij de ronding als onafhankelijke variabele dient en bij verschillende bendingen de resultante radius is af te lezen (figuur 11).



Figuur 11. Relatie tussen ronding en resultante radius bij een afzethoek van 50 graden en verschillende bendingen.



Figuur 12. Relatie tussen afzethoek en resultante radius bij een ronding van 23 meter en verschillende bendingen.

Ook is in figuur 11 te lezen dat verschillende combinaties van ronding en bending mogelijk zijn bij eenzelfde resultante radius door een horizontale lijn te trekken in de grafiek. Zo is bij een afzethoek van 50 graden een bending van 120 meter en een ronding van 18 meter een resultante radius van 23,9 meter. Deze resultante radius is ook te realiseren met een bending van 80 meter en een ronding van ca. 20 meter of bij een bending van 40 meter bij een ronding van ca. 28 meter.

Wanneer de schaatsen verticaal op het ijs staan is alleen de bending bepalend voor de kromme die de schaats schrijft in het ijs. Bij het kleiner worden van de afzethoek neemt de resultante radius snel af, de schaats loopt sneller naar binnen. Gebleken is dat bij zeer scherpe afzethoeken aan het eind van de afzet de bending er niet veel meer toedoet, zoals

te zien is in figuur 12, de lijnen convergeren naar een resultante radius van 20 meter.

Op soortgelijke wijze kunnen alle relaties tussen de variabelen worden gepresenteerd in grafieken. Het voert hier te ver om nog meer grafieken te presenteren.

Wel is een computerprogramma ontwikkeld dat bij alle mogelijke combinaties van variabelen een resultante radius berekent en de resultaten presenteert in grafieken. Ook wordt het spoor van de schaats gepresenteerd in een bocht van de 400 meter baan.

CONCLUSIES

De vorm van de ongedwongen baan die een schaats aflegt (het spoor) wordt bepaald door de combinatie van ronding, bending en hoek die de schaats maakt met het ijs.

Het rond en benden van de schaats zorgt ervoor dat vooral in de bocht meer arbeid geleverd kan worden. Hiervoor worden in de praktijk de schaatsen met de bocht mee gebogen.

Op het rechte eind brengt dit voor de linkerschaats enige nadelen met zich mee, omdat deze schaats in de afzetfase te snel van het lichaamszwaartepunt wegloopt en de schaatser dus zeer actief moet bijsturen om niet te snel het contact met het ijs te verliezen. Voor de rechterschaats is het benden zowel op het rechte eind als in de bocht gunstig.

In de praktijk wordt daarom de linkerschaats minder sterk gebogen dan de rechterschaats.

De maximale bending die aan de schaats gegeven mag worden is een radius van 40 meter. Bij een nog sterkere kromming zal er bij kleine afzethoeken een tweepuntscontact ontstaan, waarbij het midden van de schaats los komt van het ijs. In deze situatie is het voor de schaatser niet meer mogelijk om de schaats te sturen en is de ijswrijving onnodig groot. Bij bendingen groter dan 40 meter, zal er altijd in het midden van de schaats contact blijven met het ijs.

Ook is duidelijk geworden dat wanneer geen bending wordt toegepast, met een kleinere rondingstraal hetzelfde kan worden bereikt; schaatsers die niet benden doen er goed aan sterker te ronden.

Volgens onderzoek is er een relatie tussen kniehoek en afzethoek. Sprinters en duurrijders hebben onderling verschillende kniehoeken, afzethoeken en slagfrequenties. De gewenste individuele relatie tussen ronding en bending zal in overleg met de coach tot stand komen. Dit artikel geeft inzicht in de relatie tussen variabelen.

DANKWOORD

Discussie met de deskundigen Ronald van den Ing en Jac Orië hebben een positieve bijdrage geleverd aan dit onderzoek, waarvoor dank. Hun eerdere theoretische, meetkundige benadering heeft ons mede gestimuleerd het probleem anders aan te pakken en wel met het driedimensionale tekenpakket SolidWorks.

Degenen die zelf andere combinaties willen berekenen kunnen voor € 10,- (exclusief verzendkosten) het programma op CD bestellen bij: martijnlegemate@gmail.com.

GEBRUIKTE LITERATUUR

1. Adams WJ. The mechanics of speed skating. Kaleidoscope Eyes, Sydney Grammar School, 2001
2. Bekers R, Henzen C. Characteristics of bent and carved blades of the klapskate. Stageverslag Bewegingstechnologie University of Calgary, 2001
3. Oonk, H.HN. Bio Statica. Henric Graaff van IJssel, Den Haag, 2005.
4. Van Ingen Schenau GJ, Gemser H, De Koning J. Handboek wedstrijdschaatsen. Eisma, Leeuwarden 1998.

OVER DE AUTEURS

Ir. Harry Oonk is docent (bio)mechanica aan de opleiding Bewegingstechnologie en coördinator van het Expertisecentrum Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool.
Ben Jongejan is schaatser en student Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool.
Martijn Legemate, Sven van den Munckhof en Joost van der Zwet zijn eveneens studenten Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool.
Correspondentieadres: Ir. H.H.N. Oonk, Haagse Hogeschool, Opleiding Bewegingstechnologie, Postbus 13336, 2501 EH Den Haag. E-mail: h.h.n.oonk@hhs.nl