Jorien Voorhuis

HET BINNENBAAN-BUITENBAAN EFFECT OP DE 500 METER SCHAATSEN EN HET BELANG VAN EEN GOEDE LOTING

De 500 meter schaatswedstrijd is een spel van honderdsten en soms zelfs duizendsten van seconden. Daarom is er onderzoek gedaan naar de vraag of het voordelig is om te starten in de binnenbaan of de buitenbaan, of dat dit geen verschil maakt. 'Ja' zegt het ene onderzoek, en dus moet de 500 meter twee keer gereden worden. 'Nee' zegt het andere onderzoek, en dan is één omloop voldoende. In dit artikel werpen we nieuw licht op deze vraag door de rol van de tegenstander mee te nemen.

MIRIAM LOOIS

Bijna elke schaatsfan zal zich de 500 meter kunnen herinneren op de Olympische Spelen in Sotsji. Toen Jan Smeekens over de finish kwam waande hij zich Olympisch kampioen. Maar nadat de tijd van Michel Mulder naar beneden werd bijgesteld ging deze er met het goud vandoor. Zijn voorsprong was 0,012 seconde na twee ritten. De discussie laaide op of het wel mogelijk is om op basis van duizendsten van seconden te zeggen wie de winnaar is. Als de mogelijke fout in de tijdwaarneming groter is dan het verschil in tijd, is het niet eerlijk om een van de twee als winnaar uit te roepen, en zou er eigenlijk een gedeelde eerste plek moeten zijn. Er is al eerder onderzoek gedaan naar de eerlijkheid van de opzet van de 500 meter. Dat onderzoek ging over de vraag of de 500 meter eenmaal of tweemaal gereden zou moeten worden. Nils Hjort toonde in 1994 aan dat het uitmaakt of een schaatser in de binnenbaan of in de buitenbaan start. Schaatsers die de laatste buitenbocht reden waren in het voordeel. Het idee hierachter is dat schaatsers in de laatste bocht zo'n hoge snelheid hebben, dat het makkelijker is om de buitenbocht te rijden dan de binnenbocht. Het gebeurt dan ook regelmatig dat een schaatser in de laatste binnenbocht 'uit de bocht vliegt' en in de helft van de tegenstander terecht komt. Op basis van dit onderzoek werd besloten om de 500 meter twee keer te rijden op de Olympische Spelen. Elke schaatser start een keer in de binnenbaan en een keer in de buitenbaan.

In 2010 toonden Richard Kamst, Gerard Kuper en Gerard Sierksma aan dat er na de introductie van de klapschaats geen significant verschil meer was. De klapschaats biedt betere grip op het ijs, waardoor schaatsers minder moeite hebben met de bochten. De Internationale Schaatsunie heeft dan ook besloten om vanaf 2018 nog slechts één omloop te houden op de Olympische 500 meter. Machiel Smit liet echter zien dat het overall klassement van een 500 meter omloop significant vaker wordt gewonnen door een schaatser die de laatste binnenbocht heeft. In de periode 2010 tot 2014 had de winnaar van een omloop in maar liefst drie kwart van de keer de laatste binnenbocht. In het eerste onderzoek is dus de laatste buitenbocht een voordeel, later is dit effect niet significant, en het derde onderzoek vindt juist een voordeel van de laatste binnenbocht. We werpen nieuw licht op deze op het eerste oog tegenstrijdige resultaten door de rol van de tegenstander mee te nemen. Ook laten we zien dat een goede loting het verschil tussen winst en verlies kan maken.

Het model

Langebaanschaatsen gebeurt op een 400-meter baan. De 500 meter is dus een volle ronde, plus nog 100 meter. Schaatsers rijden in tweetallen, waarbij de ene schaatser in de binnenbaan start, en de andere in de buitenbaan. Na de eerste bocht wisselen ze van baan, zodat ze beiden dezelfde afstand afleggen. De schaatser die start in de buitenbaan komt, als beide schaatsers even snel openen, achter zijn tegenstander de buitenbocht uit. Hij legt immers een langere afstand af. Op de kruising kan hij dan toerijden naar zijn tegenstander. In het algemeen wordt verondersteld dat dit kunnen toerijden naar de tegenstander een voordeel oplevert. Dit voordeel kan zowel mentaal van aard zijn, als fysiek, omdat de luchtweerstand afneemt als je achter je tegenstander rijdt. Tot nu toe is dit effect niet meegenomen in onderzoeken. In dit artikel laten we zien dat dit effect de tegenstrijdige conclusies van eerder onderzoek kan verklaren.

Als uitgangspunt van de analyse gebruiken we het model van Nils Hjort. Hij verklaart het verschil tussen de eerste en de tweede 500 meter van schaatser i op toernooi k, ΔY_{ik} aan de hand van het verschil in 100 meter tijd ΔX_{ik}, een toernooi specifieke factor c_k (bijvoorbeeld slechtere weersomstandigheden op dag twee) en de volgorde van starten W_{ik} (eerst binnen en dan buiten of andersom). Dit laatste effect was in zijn analyses nog significant, maar sinds de introductie van de klapschaats niet meer. Wij voegen aan dit model een extra variabele toe, die meet of je naar je tegenstander toe kunt rijden. We gaan er vanuit dat een schaatser naar zijn tegenstander toe kan rijden als hij de laatste binnenbocht rijdt, en zijn opening maximaal 0,3 seconde sneller en 0,1 seconde langzamer is dan de opening van zijn tegenstander. Als een schaatser een te grote voorsprong heeft, kruist hij over zijn tegenstander heen. Opent hij langzamer, dan ligt hij te ver achter om te kunnen profiteren van zijn tegenstander. Om uit te sluiten dat we een effect vinden omdat sneller openen op zich voordelig is, voegen we twee termen toe. De eerste term $\alpha_k(S_{2ik}-S_{1ik})$ meet het effect van een opening die sneller of slechts beperkt langzamer is dan de opening van de tegenstander. De tweede term, $\beta_k(I_{S_{2ik}=1} I_{W_{1ik}=1} - I_{S_{1ik}=1} I_{W_{ik}=-1})$ meet of de schaatser naar zijn tegenstander toe kan rijden. Kan hij dit in de eerste rit, omdat hij de eerste rit de laatste binnenbocht rijdt, en zijn opening in de goede range ligt, dan resulteert een effect $-\beta_k$. Kan hij dit in de twee rit, omdat hij de tweede rit de laatste binnenbocht heeft en zijn opening in de goede range ligt, resulteert een effect β_k.

We schatten daarom het volgende model:

$$\Delta Y_{ik}=c_k+b_k\Delta X_{ik}+d_kW_{ik}+\alpha_k(S_{2ik}-S_{1ik})+\beta_k(I_{S_{2ik}=1}I_{W_{ik}=1}-I_{S_{1ik}=1}I_{W_{ik}=-1})+\varepsilon_{ik}$$

- $h = 1$ (eerste rit) of 2 (tweede rit);
- ΔY_{ik} = Tweede 500 meter tijd min eerste 500 meter tijd, door schaatser *i* op toernooi *k;*
- ΔX_{ik} = Tweede 100 meter tijd min eerste 100 meter tijd, door schaatser *i* op toernooi *k;*
- $W_{ik} = 1$ (schaatser heeft de tweede rit de laatste binnenbocht) of -1 (schaatser heeft de eerste rit de laatste binnenbocht);
- $S_{hik} = 1$ als de 100 meter tijd in rit *h* maximaal 0,1 seconde langzamer, en maximaal 0,3 seconde sneller is dan de 100 meter tijd van zijn directe tegenstander, anders 0;
- ε_{ik} = Toernooi-specifieke normaal verdeelde storingsterm.

Dit model is geschat voor alle WK-afstanden, WK-sprints en Olympische Spelen tussen 2004 en 2015 uit de A-divisie. We nemen een toernooi alleen mee als minimaal 20 races beschikbaar zijn waarin zowel de 100 meter als de 500 meter tijd van de rijder en zijn tegenstander beschikbaar zijn. Dit resulteert in 27 toernooien. Het model wordt eerst geschat via lineaire regressie (ordinary least squares). Vervolgens worden outliers verwijderd via de methode van Nils Hjort (races met een T-waarde groter dan 2,75) en wordt het model opnieuw geschat. Dit resulteert in toernooispecifieke schattingen voor de parameters *c, b, d,* α *en* β en de bijbehorende standaardfouten. Deze toernooispecifieke schattingen worden gewogen met de variantie geaggregeerd tot één schatting. Voor de parameter *b* gebeurt dat op de volgende manier (en voor de andere parameters analoog):

$$\hat{b} = \frac{\sum_k \frac{\widehat{b_k}}{\widehat{\sigma_{bk}}^2}}{\sum_k \frac{1}{\widehat{\sigma_{bk}}^2}}$$

$$\widehat{\sigma_b}^2 = \frac{1}{\sum_k \frac{1}{\widehat{\sigma_b}^2}}$$

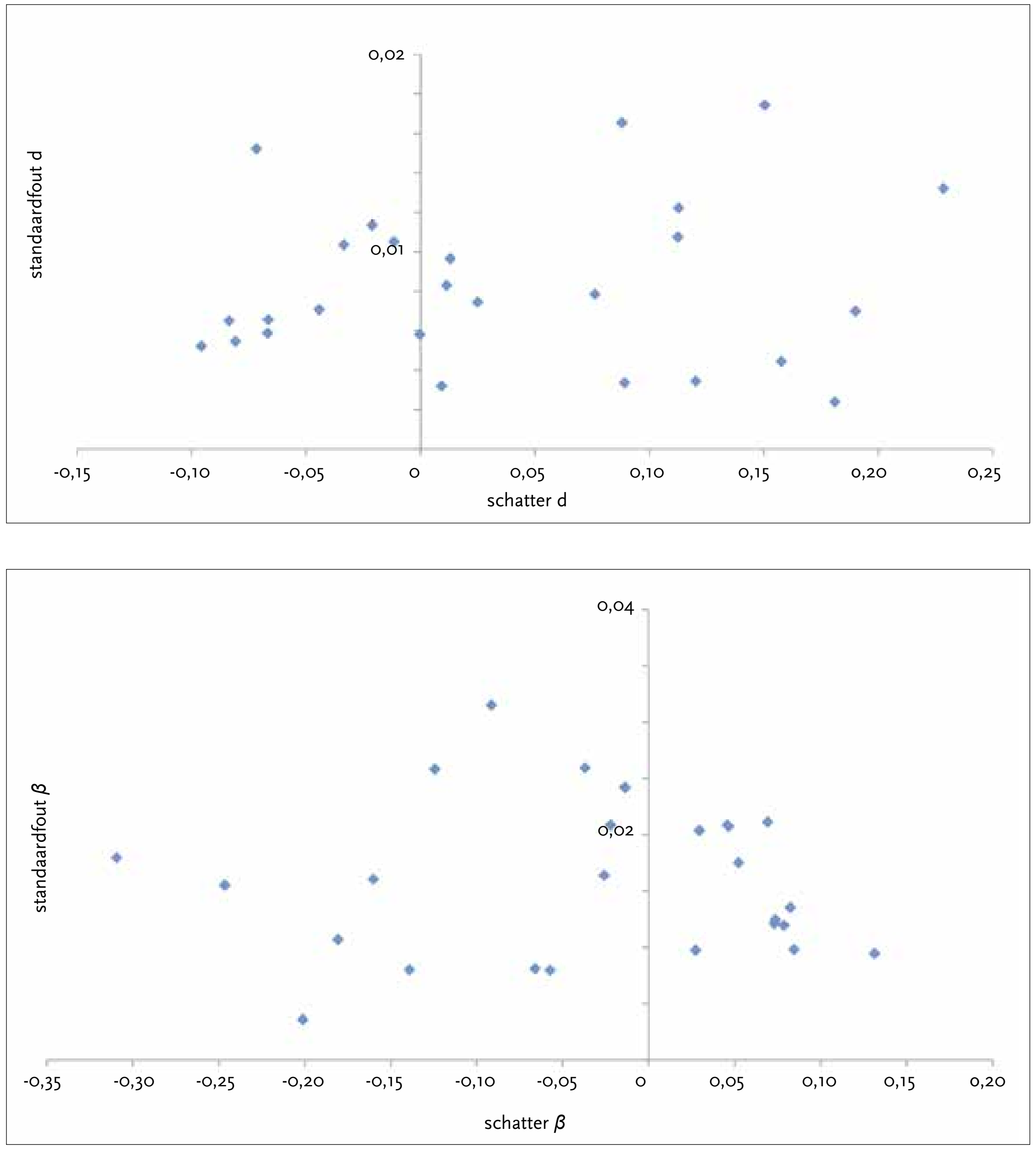
Uitkomsten

De uitkomsten zijn samengevat in tabel 1. We zien dat net als bij de andere onderzoeken, de 100 meter tijd een (zeer) significante factor is. Een opening die 0,1 seconde sneller is, resulteert in een 0,15 seconde snellere eindtijd. De schaatser profiteert dus ook in de ronde na de eerste 100 meter van zijn hogere snelheid. Het effect van een opening tussen de 0,3 seconde sneller en 0,1 seconde langzamer dan de tegenstander wijkt niet significant af van 0; de standaardfout is twee keer zo groot als de geschatte waarde.

Dan de parameters waar het om draait. Het binnenbaan-buitenbaan effect, en het effect van het kunnen toerijden naar je tegenstander. Hier vinden we, met klapschaats en los van de tegenstander, dat het nadelig is om de laatste binnenbocht te hebben. Het geschatte effect *d* is 0,05 seconde, en wijkt meer dan twee standaardfouten af van 0. Ook het effect van het kunnen toerijden naar je tegenstander als je de laatste binnenbocht hebt is significant. Dit levert een ongeveer even grote winst op, β=-0,05. Het nadeel van de laatste binnenbocht wordt dus ongeveer opgeheven door het kunnen toerijden naar je tegenstander. Verklaart dit de tegenstrijdige onderzoeken? Ja en nee. Het verklaart waarom het onderzoek inclusief klapschaats geen significant effect vond. Het netto effect van kunnen toerijden naar je tegenstander, en het nadeel van de laatste binnenbocht is ongeveer 0. Echter, om te kunnen verklaren dat het overall klassement van een omloop significant vaker wordt gewonnen door een

PARAMETER	SCHATTING	STANDAARDFOUT
b (100 meter tijd)	1,480	0,070
d (effect laatste binnenbocht)	0,049	0,015
α (effect opening max 0,3 sneller en 0,1 langzamer dan tegenstander)	-0,008	0,017
β (effect kunnen toerijden naar je tegenstander in de laatste binnenbocht)	-0,049	0,021
d+β (netto effect van toerijden naar je tegenstanden en de laatste binnenbocht)	-0,001	0,011

Tabel 1. Toernooispecifieke schattingen voor de parameters *c, b, d,* α *en* β en de bijbehorende standaardfouten



Figuur 1. De toernooispecifieke schattingen voor d en β en de bijbehorende standaardfout

ONDERGRENS	BOVENGRENS	d	σ_d	β	σ_β	d+β	$\sigma_{(d+\beta)}$
-0,3	0,1	0,049	0,015	-0,049	0,021	-0,001	0,011
-0,4	0,1	0,061	0,016	-0,065	0,021	-0,003	0,010
-0,3	0,0	0,009	0,012	0,021	0,021	0,027	0,015
-0,2	0,1	0,043	0,013	-0,057	0,021	-0,011	0,012
-0,3	0,2	0,045	0,021	-0,032	0,027	0,008	0,010

Tabel 2. Resulaten van de gevoeligheidsanalyse

schaatser die de laatste binnenbocht heeft, zou het voordeel van het toerijden groter moeten zijn dan het nadeel van de laatste binnenbocht. Toch is het aannemelijk dat het kunnen toerijden naar de tegenstander de oorzaak is van het gevonden voordeel van de laatste binnenbocht. Het is moeilijk om op basis van een 100 meter tijd precies te bepalen of je voordeel hebt van je tegenstander. De 0,3 en 0,1 seconden zijn een inschatting. Gemiddeld is dit effect 0,05 seconde, maar het zal uitmaken of je 1, 2 of 5 meter achter je tegenstander rijdt. Bij de 'ideale' tegenstander kan het effect groter zijn dan 0,05 seconde, en net het verschil maken tussen winst of verlies.

Dit model kan dus aannemelijk maken waarom de 500 meter vaak wordt gewonnen door iemand die de laatste binnenbocht heeft, maar het is geen statistisch bewijs. We kunnen echter wel een andere conclusie trekken, die wel ook statistisch significant is: Een goede loting is van cruciaal belang. Als een schaatser de laatste binnenbocht heeft, maar niet naar zijn tegenstander toe kan rijden, heeft hij een nadeel van 0,05 seconde ten opzichte van iemand die wel naar zijn tegenstander toe kan rijden. Op de 500 meter gaat het om honderdsten van seconden, dus de juiste tegenstander kan het verschil tussen winst en verlies betekenen.

Gevoeligheidsanalyse

De 0,3 en de 0,1 seconde zijn een inschatting, maar zijn moeilijk objectief vast te stellen. Daarom voeren we een gevoeligheidsanalyse uit, waarin we deze parameters wat verhogen of verlagen. Zie tabel 2.

We zien dat bij de meeste gevoeligheidsanalyses het beeld gelijk blijft. Alleen de combinatie -0,3 en 0 geeft geen voordeel van het kunnen toerijden naar je tegenstander. De combinatie -0,2 en 0,1 is het interessantst. Hier is het voordeel van het toerijden naar je tegenstander groter dan het nadeel van de laatste binnenbocht. Het netto effect is een winst van ruim 0,01 seconde. Dit kan dus verklaren waarom een 500 meter omloop vaker gewonnen wordt door een rijder die de laatste binnenbocht heeft. Het effect is echter ongeveer even groot als de standaardfout, en dus statistisch niet significant.

Conclusies

Moet de 500 meter nu wel of niet twee keer gereden worden? Als je alleen het binnenbaan-buitenbaan effect modelleert, zonder tegenstander, is hier een eenduidig antwoord op te geven. Is het effect significant, dan moet de 500 meter twee keer gereden worden om een zo eerlijk mogelijk toernooi te krijgen, anders niet. Maar bij dit model ligt dat wat gecompliceerder. Het effect van de tegenstander is aanzienlijk. Maar de tegenstander is niet te sturen. Je kunt ervoor zorgen dat elke rijder een keer in de binnenbaan start en een keer in de buitenbaan start. Maar je kunt er niet voor zorgen dat de invloed van de tegenstander bij iedereen precies even groot is. De loting heeft grote invloed. De oplossing zou zijn om zonder tegenstander te rijden. Maar dat maakt de sport een stuk minder aantrekkelijk om naar te kijken. De meest praktische oplossing lijkt om de 500 meter wel twee keer te rijden, en daarbij ervoor te zorgen dat de paren zo ingedeeld worden dat de openingstijden redelijk aan elkaar gewaagd zijn. Dat is in de praktijk vaak het geval, maar het lijkt erop dat we zullen moeten accepteren dat een bepaalde mate van geluk altijd een rol zal spelen.

Dank aan Gerard Sierksma en Gerard Kuper voor hun kritische blik en nuttige tips.

Literatuur

Hjort, N., 1994. *Should the Olympic sprint skaters run 500 meter twice?*. Oslo: Institute of Mathematics, University of Oslo.

Kamst, R., Kuper, G. H., & Sierksma, G., 2010. The Olympic 500m speed skating; the inner–outer lane difference. *Statistica Neerlandica, 64*(2010)4, 448–459.

Smit, M., 2014. *Analyse van de 500 meter zeges vanuit de binnen- en buitenbaan*. http://www.schaatsstatistieken.nl/analyse_500_meter_juni2014.pdf

Miriam Loois heeft de Master Theoretische Natuurkunde gevolgd aan de Universiteit Utrecht en de Master Actuarial Science and Financial Mathematics aan de Universiteit van Amsterdam. Ze werkt nu bij pensioenuitvoerder PGGM en houdt zich bezig met Asset Liability Management en Big data. Als hobby schrijft ze daarnaast artikelen over statistiek op miriamenstatistiek.wordpress.com.
E-mail: <miriamlooisc@gmail.com>

SPELEN TOPSPORTERS NASH?

Harold Houba

Veel sporten kennen elementen die zich lenen voor een speltheoretische beschrijving, onder andere schaken, bridge, poker, voetbal en tennis. Voor de meeste van deze spelen geldt dat een volledig speltheoretische analyse niet haalbaar is omdat het aantal mogelijke bordposities in het schaakspel of het aantal mogelijke handen in kaartspelen gigantisch is. Dit neemt niet weg dat bepaalde deelsituaties wel degelijk aan een grondige speltheoretische analyse onderworpen kunnen worden: penalty's in voetbal en de service en eerste return in tennis. Daarnaast maakt de grote beschikbaarheid van wedstrijden op YouTube het mogelijk om zelf data te verzamelen om te onderzoeken of de topsporters zich gedragen in overeenstemming met de speltheorie.

Penalty's en services worden binnen de speltheorie vaak aangehaald als praktijkvoorbeelden. De penaltynemer heeft de keuze om naar de linker- of rechterhoek van de keeper te schieten en de serveerder kan op de forehand of backhand serveren. Gezien de snelheid van de bal, is de ontvanger niet in staat adequaat te reageren op de richting van de bal en rest hem of haar niets anders dan blind op links of rechts te anticiperen. Binnen de speltheorie staat dit bekend als *matching pennies*. An en Bob kiezen ieder tegelijkertijd en onafhankelijk van elkaar kop of munt. Als beiden hetzelfde hebben gekozen, dan wint An één punt, anders wint Bob één punt. Tabel 1 geeft deze situatie weer, waarbij An een rij kiest, Bob een kolom, en de cijfers 1,0 geven aan dat An één punt wint en Bob geen, etc. Een hele tenniswedstrijd is een reeks van matching pennies na elkaar.

	KOP	MUNT
KOP	1,0	0,1
MUNT	0,1	1,0

Tabel 1. Matching pennies