

Ton Leenders werkte in de periode mei 1999 tot medio 2004 als krachttrainer voor diverse Nederlandse schaatsteams: Sanex, TVM en na de olympische winterspelen van 2002 voor SpaarSelect, SBL. Hij heeft daarbij een duidelijke stempel gedrukt op de ontwikkeling van krachttraining binnen het schaatsen. Dit artikel geeft inzicht in zijn visie en aanpak bij krachttraining bij schaatsen.

# Krachttraining bij schaatsen

TON LEENDERS

Mijn visie en aanpak bij krachttraining zijn sterk beïnvloed door drie perioden: de eerste leerschool op het gebied van krachttraining is mijn periode als international Olympisch gewichtheffer en mijn contact met trainers en sporten in het voormalig Oostblok en de Soviet-Unie. Daarna heb ik veel geleerd van mijn werk voor de KNAU-opleidingen en het contact met atletiektrainers (10 jaar). De derde periode die mij sterk heeft beïnvloed, is mijn deelname aan de Duitse competitie (gewichtheffen) en daardoor het contact met andere Europese topsporters.

Het gewichtheffen (olympic lifting) is lange tijd een atletiekonderdeel geweest. Tot halverwege de vorige eeuw werden in het stadion naast de kogelstoters en discuswerpers gewichten omhoog gebracht door middel van één- en twee-handige technieken. Daarna is het gewichtheffen een zelfstandige zwaalsport geworden en werden er diverse lichaamsgewicht categorieën ingevoerd. De sport werd een 3-kamp met als onderdelen: Trekken, Stoten, Drukken. Het drukken, werd

vanwege de vergrote kans op rugblessures afgeschaft in 1973. Het gewichtheffen is dan één van de grotere internationale sporten en levert een grote bijdrage aan de ontwikkeling van de krachttraining in het algemeen.

De grootste voorspellende waarde voor de uitslag van een wedstrijd gewichtheffen blijkt ondertussen niet (meer?) de (maximale) kracht van de gewichtheffer maar... zijn sprongkracht! Aldus leerde ik als gewichtheffer in de jaren '80 reeds dat het niet gaat om de ontwikkeling van maximale kracht maar om het verkrijgen van meer vermogen. Als u zich moeilijk een voorstelling kunt maken van deze sport bedenk dan dat het gewichtheffen gaat om het versnellen van een projectiel waarbij ook de atleet zelf los van de grond komt.

De atletiek is in de jaren '50 de eerste sport die krachttraining ontwikkelde voor andere disciplines. Iemand die erbij was vertelde me de volgende anekdote: op de boot van Amerika op weg naar Melbourne voor deelname aan de Olympische spelen van 1956 bleken de gewicht-

heffers in de sprinttraining met de toenmalige toppers over 20/30 meter bijzonder snel... De sprinters moeten toen al gedacht hebben dat het stoeien met halters ook hen sneller zou kunnen maken.

## Training voor het schaatsen

Een eerste inventarisatie van de krachttraining in het Nederlandse topschaatsen in 1999 leverde een beeld van uitersten. De ene schaatser was bezig met kracht voorslaan en vrije halter training terwijl de meeste anderen in de zomer een circuit van fitnessoefeningen afwerkten maar daarmee stopten als het seizoen begon. Ten tijde van de WK afstanden bleek dat er soms al enkele maanden helemaal niets meer aan krachttraining gedaan werd! Veel krachttraining was gericht op het trainen van afzonderlijke spieren en soms werd er ook getracht met veel herhalingen kracht- uithoudingsvermogen te winnen. Dat lukt ook, maar dit aan de halter gekoppelde uithoudingsvermogen vertaalt zich veel te weinig naar het ijs. Vooral afgezet tegen de langdurige inspanning met het "ijzer". Sommige mannelijke schaatsers hadden, in ieder geval in het verleden, kwart tot halve kniebuigingen gedaan met zoveel mogelijk kilo's, bijv. met 200kg. Naar mijn ervaring een veel te grote belasting voor het bovenlichaam. En daarnaast zie je hierdoor vaak tevens een slechte ontwikkeling van de beenspieren. Beide nadelen doen zich vooral na enkele jaren pas gelden.

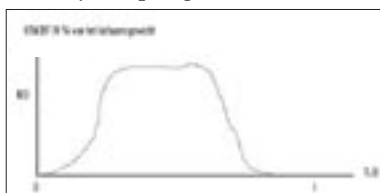


Fig. 1. SchaatsForce. X-as kracht in % van het lichaamsgewicht, y-as tijd.

Mijn belangrijkste doelstelling bij schaatsers is het verbeteren van het vermogen in de zogenaamde power zone. De power zone is het gebied van kniestrekkers (en buigers) en de heup- en rugstrekkers (en buigers). In de meeste sporten draait het om het vermogen dat de power zone kan leveren. De "prime movers" zijn meestal de heup en kniestrekkers. Het is een algemeen principe, Zatsiorsky geeft als voorbeeld hierbij een roeispaan door het water, we zien dit beeld van krachten in veel sportieve acties. In figuur 1. is een weergave van de druk van de schaats op het ijs afgebeeld. Je ziet dat druk opgebouwd wordt en na verloop van tijd weer "wegvalt". Het opbouwen van de druk gebeurt vrijwel volledig langs de axiale as, ook al "hangt" een schaatser in de bocht. In het laatste gedeelte van de curve van figuur 1, als de afzetkracht (druk) snel afneemt is er pas sprake van abductie van het afzetbeen. Figuur 1 lijkt meer op het krachtenplaatje als een schaatser een bocht rijdt dan wanneer hij rechtdoor schaatst maar het principe blijft hetzelfde. De tijd dat hier arbeid verricht wordt is ongeveer 0,5 seconde en dat is lang. Ter vergelijking, een volleybal aanvalsactie met sprong kent een contacttijd van voet met ondergrond van 0,13 tot 0,18sec.. Een sprinter op het tartan op topsnelheid heeft een contacttijd van 0,07sec. Terug naar figuur 1: Als de druk van de schaats op het ijs afneemt aan het einde van de beweging is er sprake van een versnelling in de strekketen, in de power zone. Hetzelfde gebeurt bij bijvoorbeeld een verticale sprong of het weggoeien of slaan van een bal. Bij dit overwinnen van de eigen traagheid of die van een object en/of het gevecht tegen de zwaartekracht

om te versnellen (!) zeggen we dat er sprake is van een open einde. Niet te verwarren met open chain (open keten). Schaatsen is net als veel technieken in andere sporten een closed chain actie. Het kniegewricht is tijdens het schaatsen "opgesloten" tussen lichaamsgewicht en ondergrond. Een gesloten keten dus, in tegenstelling tot de omstandigheden bij zwemmen of het met de voet schieten van een bal. Bij de verticale sprong of het weggoeien van een bal kies je automatisch voor "inveren" om verder te gooien of hoger te springen. Deze inleidende actie noemen we de (pre) Stretch Shortening Cycle (SSC). Schaatsen kent vrijwel geen SSC hoewel in het verleden sommige schaatsers deze bewust opzochten. Dit 'dansende' schaatsen lijkt niet veel navolging te hebben gevonden. Tijdens het starten is er wél sprake van SSC maar bij een veel grotere hoek van het knie- en heupgewricht dan tijdens de rest van de race. Verder kent het schaatsen een glijfase waarin statische arbeid wordt verricht. Dat wil zeggen dat gedurende deze fase de hoek van het kniegewricht ongeveer gelijk blijft.

## Waarom vrije haltertraining?

De perfecte krachttraining zou mijns inziens mogelijk zijn als ik de beschikking zou hebben over een draaiknop om zwaartekracht in te stellen en een knop om luchtweerstand te regelen. Een uitgekiend spel van overload en underload t.o.v. de "standaard" wedstrijd belasting (c.q. weerstand) met deze verticale (afzetten tegen de ondergrond) en horizontale componenten zou de snelste weg naar prestatieverbetering moeten zijn. Met dien verstande dat het schaatsen

voornamelijk een gevecht tegen de luchtweerstand is, waarbij het vermogen in de verticale component van de power zone doorslaggevend is.

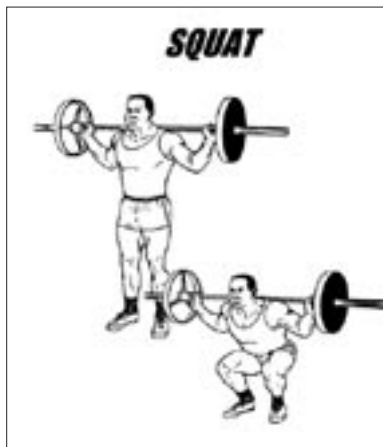


Fig. 2.

Plaats je een sporter onder de halter zoals bij het kniebuigen van figuur 2 dan kan er aan een aantal belangrijke voorwaarden voldaan worden:

- 1 Closed chain belasting.
- 2 Open einde en versnelling (jump squat)
- 3 De power zone wordt in zijn geheel aan het werk gezet
- 4 Er wordt makkelijk aan de t.o.v. het schaatsen langere contacttijd voldaan
- 5 Indien gewenst kan eenvoudig de statische arbeid verricht worden
- 6 Er is sprake van een beheersbare SSC (hoewel niet sportspecifiek biedt dit het schaatsen belangrijke trainingsprikkel → piekkrachten).

Nu is het een hele klus om van het kniebuigen een trainingsprikkel uit te laten gaan die aanpassingen forceert waar de (individuele) schaatser mee gebaat is. Maar daar is de laatste 30 jaar wereldwijd veel kennis over vergaard. Zo weten we ook dat het afzonderlijk trai-

nen van spier(groep)en, zoals met de opkomst van de sportscholen en de bodybuilding gemeengoed is geworden, de prestatiesporter veel te weinig oplevert. Spiergerichte training levert spieren op, functiegerichte training levert functie op! Nu is haltertraining per definitie a-specifiek in vergelijking met het schaatsen zelf en daarom luistert het zo nauw als we gaan kiezen welke vormen van training eventueel iets op gaan leveren. Hoe minder verschillende oefeningen hoe beter. Alle training buiten de ijsbaan vergt van een schaatser extra aanpassingen om die training mogelijk te maken. Dat gaat vanzelf, maar het is wel uitkijken hoeveel a-specifieke training je op de individuele schaatser kunt loslaten. Nu komen er regelmatig nieuwe apparaten op de markt..... Versnelling, piekkrachten en open einde bij apparatuur die hydraulische, pneumatische of isokineticische weerstand bieden of met de belasting via een kabel of andere overbrenging? Het probleem van vrijwel alle apparatuur is dat het wel een leuke vorm van trainen is, maar niet voor de (top)sporter die zijn snelheid op het ijs wilt verhogen.

Van veel van deze dure nieuwigheden vermoed ik dat het net zo efficiënt trainen is als het verbeteren van de 100meter vrije slag... voor een schaatser.

### Geen versnelling trainen betekent geen versnellend vermogen!

Versnelling zie je terug in iedere slag..... ook als je op constante snelheid schaatst.

Trainen met bijvoorbeeld isokineticische weerstand bleek al in de jaren '70 prestatieverlies op te leveren. Het isokineticisch vermogen nam wel toe...

Maar er moet ook aan voorwaarde 3 (power zone laten werken) voldaan worden. Alle spieren die betrokken zijn bij het schaatsen dienen zoveel mogelijk, samen getraind te worden. De functie (het complexe teamwork van veel spieren en stabilisatoren) dient ondertussen sterke overeenkomsten te hebben met de hoofdfunctie: hard schaatsen (ps. bij toenemende snelheid verandert het "functie plaatje" ook). Iedere teamsport trainer weet het: als je de teamsporters individueel perfect en optimaal traint maar je zet ze pas na enkele maanden voor het eerst samen in het veld (de functie waar het om gaat) dan heb je geen goed presterend team...

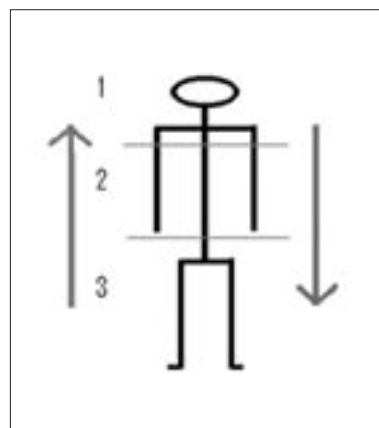


Fig. 3. TopBottom

De rechter pijl (Top Down) in figuur 3 geeft de richting aan van oriëntatie. De aansturing (neural drive) van alle schaatsspieren, de onderlinge samenwerking, fijn afstemming enz. wordt geregeld vanuit ons centraal zenuwstelsel. Het motorisch programma dat in onze hersenen door oefening ontstaat bereikt een hoge graad van efficiëntie bij onze beste schaatsters. Top Down betekent dus: uitgaan van functie en neurale sturing... de spieren zijn "dom" en afhankelijk (ps. in dit model laat ik lokale processen als zelforganisatie achterwege). De linker pijl (Bottom Up) staat voor de benadering: we trainen de

spieren (maken ze sterker onder "schaats vreemde" omstandigheden) en dan ga je er op het ijs beter van schaatsen. Een extreem voorbeeld van bottom up aanpak is de elektrostimulatie. Als "trainingsvorm" zien we slechts een contractie van grote spieren waarbij de neural drive vervangen wordt door een extern signaal. Het Henneman principe (de recruterende van motorunits / spiercellen naar grootte) wordt omgedraaid..... is dat wel de bedoeling?



Fig. 4. LegExtension. Aan voorwaarden 1 t/m 6 wordt niet voldaan!

### Leg press

In figuur 5 is de positie voor de oefening leg press te zien. Deze oefening voldoet aan de 6 voorwaarden. Maar er zijn belangrijke nadelen.... Het is géén veilige oefening voor de rug, met name geldt dit voor het SI gewricht en de lumbale disci. Topsporters zijn eenvoudig te sterk! De houding verandert de stand van de heup en aangehechte bi-artculaire spieren zodanig dat ik met de leg press weinig op had. Maar het is wel dichtbij de schaats-houding dus dacht ik aanvankelijk dat dit in het schaatsen een bruikbare oefening zou zijn. Uiteindelijk ben ik van mening dat de leg press te weinig "training" levert, niet te vergelijken met het gecombineerde effect van voorslaan, kniebuigen en springen. Hoewel.... het voor schaatsters misschien wel inzetbaar is. Vrouwen hebben, in vergelijking met mannen, wel sterke benen maar een zwakkere én langere rug bij dezelfde lichaamshoogte.

Om aan voorwaarde 2 te voldoen heb ik de leg press éénbenig (minder grote krachten) in combinatie met het wegtrappen van de belasting toegepast in de aanloop naar de olympische spelen van 2002. Van de andere kant... in de training naar de (latere) wereldtitels op (o.a.) de sprint heb ik de leg press niet meer gebruikt.



Fig. 5. StaticLeg

### Voorslaan

Dit is een klassieke vrije halteroefening en komt voort uit de technische training van de olympisch gewichtheffer. Het is de nummer 1 oefening in de krachttrainingswereld en onderzoek liet in het verleden al zien dat het effect op de horizontale snelheid en versnelling (sprinten etc.) groter is dan op de verticale sprong. Verrassend want de beweging heeft veel weg van een sprong (met extra belasting). Zou het ook geschikt zijn voor het schaatsen? Het voorslaan was in de schaatswereld al bekend. En toen de vroegere Sovjet- schaatsters sterk waren op de eerste drie afstanden lag hun krachttrainingsaanpak voor de hand.... ik vond dat ook herkenbaar, met name als ze na de finish rechtop gingen staan. Precies zoals voor de schaatstrainer te zien is aan een schaatser "waar hij vandaan komt", geldt dat voor de krachttrainer ten aanzien van krachttraining. Toen ik in de zo-

mer van 2002 voor de toenmalige SpaarSelect ploeg begon te werken hoorde voorslaan niet bij hun training. Net als bij TVM was ik in de gelegenheid een intensief programma op te zetten. Let wel, ik geef sporters ook mee dat training "niet uit 'n stopcontact komt", dat het niet gaat om de kilo's en dat het enige tijd duurt om de technieken te leren. Dus ouderwets zweten met vrije halters! Maar de tijd heeft niet stilgestaan. Er zijn veel vormen en combina-



Fig. 6. Voorslaan. (de auteur in zijn eerste wedstrijd. Lichtgewicht, 85 kg 1985).

ties van (voorslaan) oefeningen die, soms in het individuele geval, een speciaal trainingseffect laten zien. En... een enkele schaatser blijkt (nu en dan) beter af zonder voorslaan! Op papier zijn dit soort oefeningen niet uit te leggen of te leren, dat gebeurt al veel... en het ziet er niet uit! Misschien herkent u in figuur 6 de eindpositie na het voorslaan. Zowel voor voorslaan als voor pull training geldt dat er bij aanvang korte tijd sprake is van statische arbeid (we kijken naar knie- en heupgewricht) waarna een explosieve strekking in de power zone volgt. Dat lijkt op schaatsen. Figuur 7 laat het volgende zien. Rechts boven de internationale notatie. Links boven een voorbeeld

Voorslaan	$\frac{75}{10}$	$\frac{80}{8}$	3		
				$\frac{KG}{Herh}$	Sets
Kniebuigen	$\frac{75}{10}$	$\frac{80}{8}$	3		
Bulgaars - 1989	$\frac{-25}{10}$	$\frac{-20}{5}$	$\frac{-10}{2}$		3

Fig. 7. Schema

van een trainingsschema zoals ik nog wel eens tegenkom... Hetzelfde percentage voor kniebuigen én voorslaan? Iemand met een top (1 repetitie maximum = 1RM) van 200kg, 150x10 te laten doen is een stevige training. Maar zoiets bij het voorslaan vragen is vergelijkbaar met een hoogspringer, die als beste prestatie 2.00 meter heeft staan, een serie van 10 sprongen over 1.50m te laten uitvoeren.

Tien herhalingen voorslaan is zoiets als aan een schaatser vragen om achter elkaar 10 maal een opening (100m) te schaatsen. Kwaliteit en techniek gaan veel te snel verloren om een dergelijke krachtexplosie zo kort na elkaar te herhalen. Er zijn mijns inziens veel misverstanden over het voorslaan (en andere technische kracht oefeningen die echter bij het schaatsen minder belangrijk zijn). Zo gaat de juiste trainingsprikkel én het resultaat verloren.

Figuur 5 laat in de onderste helft een voorstel zien zoals de Bulgaren deden op het Weightlifting Symposium te Hongarije – 1989. Zij lieten zien dat een zware atleet met een top van 200kg het met 80% belasting in vergelijking met een lichte atleet met een top van 100kg (die ook 80% pakt) te makkelijk heeft! De notatie -10 betekent respectie-

velijk 190kg en 90kg waarbij de diverse belastingsparameters wel overeen kwamen. Overigens stel ik bij sporters nooit een 1RM vast,



Fig. 8. Jumper. De Squat Jump test (Vos, Leenders – 1987-2005)

ook niet schattend vanuit het aantal herhalingen met b.v. 75%. In het eerste geval: de topsporters zijn veel te sterk, en bij b.v. kniebuigen

geldt en heel ander 1RM bij buigen naar een kniehoek van 90° dan b.v. 85°. De relatie 75% tot het 1RM is verschilt sterk van sporter tot sporter. Met percentages werk ik zelden omdat ik sporters leer zelf hun belasting te kiezen, passend bij de omstandigheden en de desbetreffende oefening.

Om toch een goede indruk te krijgen van kracht en explosiviteit gebruik ik in het schaatsen graag de volgende twee testen.

- 1 de squat jump (SJ) – dit is een maximale sprongtest zonder inveren, dus zonder SSC. Zie figuur 8. Het protocol komt uit Finland (Jyväskylä)
- 2 de maximale statische kracht van de beenstreckers in de “schaatshoek” volgens de methode van Dr.J.Vos. Zie figuur 5. Jan Vos heeft de laatste 45 jaar van vele tienduizenden sporters, recreanten en beroepsgroepen waarden verzameld waaronder de statische maximale kracht van de grote spiergroepen

### Enkele voorbeelden van gemeten waarden

Hieronder ziet u waarden van de SJ in seconden, de zogenaamde flight time, van enkele topschaatsers. Ter vergelijking ziet u de range van waarden in de SJ bij sporten als volleybal en voetbal. De SJ laat een lange contacttijd toe en is

		April 2002	Juni 2002	September 2003
Sprinters	Man	---	0.59	0.64
	Vrouw	0.52	0.55	0.61
All-round / midden afst.	Man	0.55	0.57	0.64
	Man	0.54	0.59	0.58
Volleybal Ned. team	Mannen	0.57-0.64 (Leenders 1998-2004)		
Volleybal Ned. team	Vrouwen	0.50-0.56 (Leenders 1998-2004)		
Voetbal eerste divisie	Mannen	0.44-0.57 (Vos 1998-2003)		
April 2002 betreft vóór aanvang van de zomertraining. September 2003 is aan de vooravond van zeer succesvol schaatsen (o.a. diverse wereldtitels).				

dus in die zin een “gunstige” test voor schaatsers. Ter oriëntatie, de hoogste waarden die ik ooit gemeten heb zijn 0.71 (gewichtheffer) en Nederlands beste sprinter

Het Javorek complex is door Istvan Javorek, een Roemeense trainer / gewichtheffer die al geruime tijd in de VS leeft, voorgesteld in de jaren '80. Het is een combinatie van

ter en/of makkelijker lijken dan in de praktijk. Krachttraining schept voorwaarden die van invloed zijn op het effect van de volgende (schaats)training. Dit is vooral belangrijk voor de duursporter... jawel, krachttraining is voor de lange afstandrijder dé manier om het prestatieplafond te doorbreken.

#### Literatuur

Het BOK project “Specifieke krachttraining voor volleybal” met veel extra informatie zoals verwijzingen naar artikelen, literatuur en veel meetgegevens. Verkrijgbaar bij het NOC-NSF.

#### Informatie over de auteur

Ton Leenders (international Olympisch gewichtheffer van 1980 tot 1994) is (kracht)trainer en adviseur in voeding en prestatie sinds midden jaren '80. In de periode mei 1999 tot medio 2004 werkte hij voor diverse Nederlandse schaatsteams te weten Sanex, TVM en na de olympische winterspelen van 2002 voor SpaarSelect, SBL.  
 Leenders\_T@hotmail.com

Vrouwen sprint								
NK resultaat	170°		170°		90°		90°	
	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts
1	2400	(3.8)	2620	(4.2)	1220	(1.9)	1140	(1.8)
3	2400	(3.8)	2000	(3.1)	1280	(2.0)	1420	(2.2)
6					1060	(1.66)	1040	(1.63)
Mannen allround / middenafstand								
	3160	(3.6)	3240	(3.7)	2220	(2.5)	1900	(2.2)
	3180	(4.4)	3400	(4.7)	1040	(1.4)	1120	(1.5)

#### VOORBEELD VAN EEN KRACHTTRAINING

Hieronder een training zoals zij eruit zou kunnen zien voor een sprinter in de periode midden zomer. De kilo's geven een idee van de verhoudingen.

	SETS	HERH	KG
JAVOREK complex	2	8	20
voorslaan	1	3	50
	1	3	60
	1	2	70
	2	2	80
KNIEBUIGEN VOOR	1	5	70
	1	3	80
Sprongen	1	10	-
KNIEBUIGEN VOOR	1	3	80
Sprongen	1	10	-
KNIEBUIGEN ACHTER	1	5	90
Sprongen			
KNIEBUIGEN ACHTER	2	5	100
BUIKSPIEREN	3	10	10
ROMPROTATIE	3	5/5	10
CHIN BAR			
optrekken + uithangen	2	-	-

op de spelen in Salt Lake City 0.68. Deze laatste waarde wist Jakko Jan Leeuwangh ook te produceren in zijn laatste seizoen. De 0.61 is de hoogste waarde die ik ooit bij een vrouw gemeten heb.

Hieronder ziet u enkele resultaten van het meten van de maximale statische kracht van de beenstrekters uitgedrukt in Newton. De opstelling is als in figuur 5 maar dan wel met het kniegewricht in respectievelijk 170° en 90°. Tussen haakjes ziet u de waarde in verhouding tot het lichaamsgewicht.

5 kleinere oefeningen die direkt na elkaar uitgevoerd worden. Ik gebruik het in vrijwel iedere sport. Eerst om een indruk te krijgen van de vaardigheden met de halter, dan als aanloop naar de technische oefeningen en later als warming up. De laatste 15 jaar heb ik het ook in de diverse scholingen van het Nedederlands Paramedisch Instituut toegepast. Zie onder <http://www.istvanjavorek.com>. Door de eisen die ik stel aan de uitvoering van verschillende sprongtechnieken en het kniebuigen kan deze training op papier een stuk lich-

Zoals voor alle sporten geldt ook voor schaatsen dat wereldrecords in de loop van de tijd verbeteren volgens een langzaam afvlakkende curve. Deze wetmatigheid komt overeen met wat in de volksmond de wet van de verminderde meeropbrengst wordt genoemd. Het extra vermogen dat nodig is voor het boeken van een bepaalde tijdswinst bij het schaatsen op hoge snelheid is veel hoger dan bij het schaatsen op lage snelheid, omdat het vermogen dat een schaatser moet leveren ongeveer toeneemt met de derde macht van de schaatssnelheid. De wetmatigheid van de verminderde meeropbrengst kan worden doorbroken door wetenschappelijke en technische ontwikkelingen op het gebied van fysiologie, techniek, tactiek en mentale begeleiding. In dit overzichtsartikel worden enkele ontwikkelingen op het gebied van fysiologie en (schaats)techniek van de laatste jaren beschreven en wordt aangegeven hoe deze ontwikkelingen de komende jaren nog tot verbetering van de schaatsprestatie kunnen leiden.

## Records in Turijn?

HAN HOUDIJK EN JOS J. DE KONING  
FACULTEIT DER BEWEGINGSWETENSCHAPPEN, VRIJE UNIVERSITEIT, AMSTERDAM

### Een vermogensbalans voor schaatsen

Voor het analyseren van de schaatsprestatie vanuit fysiologisch/bio-mechanisch perspectief moet worden gekeken naar de stroom van energie van schaatser naar omgeving. Deze stroom van energie kun je wiskundig beschrijven in een zogenaamde vermogensbalans [1]. In deze balans staat de metabole energie ( $P_o$ ) die de schaatser levert (door verbranding van voedingsstoffen), de energie die de schaatser verliest aan verschillende vormen van wrijving (voornamelijk lucht-wrijving ( $P_{lucht}$ ) en ijswrijving ( $P_{ijs}$ )) en de verandering van de ener-

gie-inhoud van het lichaam van de schaatser (kinetische energie ofwel snelheid). Bij een constante schaats-snelheid valt de laatste term weg en kan de prestatie worden beschreven via de onderstaande vergelijking:

$$P_o = P_{lucht} + P_{ijs} = k_{lucht} v^3 + k_{ijs} v$$

Uit deze vergelijking kan worden afgeleid dat bij een verhoging van de snelheid het geleverde vermogen omhoog moet of de wrijvingsconstanten voor lucht en/of ijs (resp.  $k_{lucht}$  en  $k_{ijs}$ ) omlaag. We zullen in dit artikel verder ingaan op de ontwikkelingen die invloed heb-

ben gehad of kunnen hebben op deze drie vermogenstermen.

### Vermogensproductie

Het vermogen dat de schaatser op het ijs brengt is afhankelijk van de aërobe en anaërobe energieproductie van de schaatser, maar tevens van een adequate techniek om deze metabole energie om te zetten in bruikbare mechanische energie waarmee wrijvingsverliezen kunnen worden overwonnen. Deze omzetting noemen we de mechanische efficiëntie ( $e_m$ ) van de schaatser ( $e_m = P_o / P_{\text{metabool}}$ ).

Om harder te schaatsen kun je dus proberen om je metabole energieproductie te vergroten of om je efficiëntie te verbeteren. De aërobe metabole energieproductie is vooral erfelijk bepaald, maar voor circa 30% trainbaar en beïnvloedbaar door bijvoorbeeld voedingssupplementen. Een vergelijking tussen testgegevens van schaatsers uit de jaren 50 en van de huidige generatie laat zien dat er wat dit betreft geen schokkende verbetering heeft plaats gevonden. Dit kan dus geen verklaring vormen voor de grote verbetering van schaatsprestaties over de tijd. Het is echter wel aanmerkelijk dat door veranderde trainingsmogelijkheden de anaërobe energieleverantie aanmerkelijk is toegenomen, hoewel daar geen direct bewijs voor is. Een ander gegeven is dat schaatsers tegenwoordig in staat zijn om een groter aandeel van hun training sportspecifiek te doen. Vroeger bestond de zomertraining vaak uit lopen en fietsen, nu kan er bijna altijd geschaatst worden. Tevens heeft het trainen op in-line skates een grote vlucht genomen. Deze specifieke training kan een positief effect hebben op de efficiëntie waarmee tijdens schaatsen energie wordt omgezet.

### Mechanische efficiëntie

De mechanische efficiëntie van het schaatsen is grotendeels afhankelijk van de efficiëntie waarmee op spierniveau metabole energie wordt omgezet in mechanische energie en de efficiëntie waarmee de mechanische energie van de spieren wordt aangewend voor het overwinnen van wrijvingskrachten (een kwestie van een goede schaatstechniek). De efficiëntie van onze spieren ligt ergens rond de 30% en is afhankelijk van onder andere de snelheid van spiercontractie [2]. De totale mechanische efficiëntie van beweging is voor mensen het grootst op de fiets, waar toppers een efficiëntie van circa 25% bereiken. Voor schaatsen wordt de efficiëntie geschat op 15-17% voor een goede schaatser [3]. Deze relatief lage waarde houdt waarschijnlijk verband met de complexe coördinatieve taak van het schaatsen en de relatief lange periode van isometrische krachtleverantie in de glijfase. Op het gebied van deze mechanische efficiëntie valt waarschijnlijk nog wat te winnen.

Het voordeel van de klapschaats t.o.v. de conventionele schaats blijkt voor het grootste deel te kunnen worden verklaard door een toename van de mechanische efficiëntie. De hypothese dat met de klapschaats meer spiergroepen (met name de kuitspieren) zouden kunnen worden ingeschakeld, hetgeen zou leiden tot een hoger metabool vermogen, is in ons wetenschappelijk onderzoek verworpen [3,6]. Het voordeel van de klapschaats blijkt te schuilen in de hefboomwerking van deze schaats voor de kuitspieren [4,5]. Met het scharnier van de klapschaats komt het draaipunt van de voet ten opzichte van het ijs meer naar ach-

teren te liggen ten opzichte van de vaste schaats. De hefboom gevormd door de voet wordt zo kleiner en de kuitspieren kunnen de voet en enkel gemakkelijker in beweging zetten gedurende de afzet. Hierdoor wordt het bewegingspatroon van de gehele strekken verbeterd en wordt de energie van de beenspieren efficiënter omgezet naar bruikbare mechanische energie. De mechanische efficiëntie bleek met de klapschaats ruim 1%-punt toe te nemen, goed voor een tijdwinst van circa een seconde per ronde.

Een andere trend in schaatstechniek van de laatste jaren is het buigen van de schaatsijzers in zijwaartse richting, zoals al langer wordt gedaan binnen het short track. Met deze ingreep zou beter druk kunnen worden gehouden op het ijs gedurende de afzet, zodat de energie overbrenging naar het ijs beter wordt. Met andere woorden: zodat de mechanische efficiëntie ook weer wordt verhoogd. Experimentele gegevens om deze claim te bevestigen ontbreken echter nog. Het buigen van de schaatsen wordt ook gebruikt om gemakkelijker de bocht door te kunnen komen, de schaatsen sturen met de bocht mee. Men moet zich echter realiseren dat dit laatste argument ook nadelig kan werken. Een schaatser doorloopt de straal van de bocht door slagen te maken. Deze slagen zorgen niet alleen dat de richting van voortbewegen verandert, maar zijn natuurlijk ook verantwoordelijk voor de energie van het voortbewegen. Wanneer een schaatser een deel van de bocht doorloopt door met zijn schaats te sturen zal hij minder slagen kunnen maken (om niet op het binnenterrein terecht te komen) en onttrekt hij zichzelf de mogelijkheid om energie te leve-

ren [1]. Hoewel het buigen van de ijzers momenteel veel wordt toegepast, is er nog niet veel experimentele informatie over de waarde hiervan.

Samenvattend kunnen we dus zeggen dat de toename in het vermogen dat de schaatser levert ( $P_o$ ) vooral te wijten is aan een toename in mechanische efficiëntie van de schaatser, naast een nog onbekende toename in anaëroob vermogen. Dit komt vooral door veranderingen in schaatstechniek maar zeker ook door veranderingen van de schaats zelf. Aangezien de mechanische efficiëntie tijdens schaatsen nog aanzienlijk lager is dan bij bijvoorbeeld fietsen, is er in de toekomst mogelijk nog meer winst te behalen op deze factor.

## Luchtwrijving

Luchtwrijving is voor een schaatser de grootste tegenstander. Bij topschaatsers gaat ongeveer 80% van het geproduceerde vermogen verloren aan het overwinnen van luchtwrijving. Luchtwrijving heeft twee componenten, de wrijvingsweerstand en de vormweerstand. De wrijvingsweerstand komt tot stand doordat er lucht langs het lichaam glijdt. Vlak langs het lichaam heeft de lucht dezelfde snelheid als de schaatser, terwijl de luchtdeeltjes op enige afstand de snelheid hebben van de omgeving. In de luchtlagen ertussen oefenen de luchtdeeltjes op elkaar en op het lichaam kracht uit. Deze kracht is afhankelijk van o.a. de ruwheid van het lichaamsoppervlak, zodat het schaatspak hier een grote invloed op kan hebben. De grootste component van de luchtwrijving is echter de vormweerstand. De vormweerstand treedt op doordat er, als gevolg van de stroming langs het lichaam, een drukverschil

ontstaat tussen de voorkant en de achterkant van het lichaam. Dit drukverschil bepaalt samen met het frontale oppervlak de vormweerstandskracht. Het drukverschil is gunstig te beïnvloeden door ervoor te zorgen dat de turbulentie achter het lichaam minder wordt. De lucht moet goed langs het lichaam kunnen stromen en achter het lichaam weer netjes aan kunnen sluiten zonder dat extreme zogvorming optreedt. Dit wordt de stroomlijn van de schaatser genoemd. Deze stroomlijn, die afhankelijk is van de vorm, wordt uitgedrukt in de Cd-waarde. Van nature heeft een schaatser in schaatshouding geen uitzonderlijk goede Cd-waarde. Goed gestroomlijnde personenauto's hebben een Cd-waarde van nog geen derde van een schaatser, terwijl een ideale druppelvorm een waarde heeft van nog geen 10% van een schaatser. Hier lijkt dus winst te halen. Het frontale oppervlak wordt bij een schaatser vooral bepaald door de knie- en romphoek. Hoe kleiner deze hoeken, des te kleiner het frontale oppervlak. Het zal duidelijk zijn dat de schaatszit niet alleen het frontale oppervlak beïnvloedt, maar ook de vormweerstand. Een schaatser met een grote romphoek heeft een andere vorm dat een schaatser met een nagenoeg horizontale rug. De schaatser kan zijn vorm echter alleen beïnvloeden met zijn houding, waarbij met name ook gedacht moet worden aan de plaatsing van de armen. Volgens de reglementen van de ISU is het namelijk niet toegestaan om het schaatspak uit te rusten met vormveranderende applicaties. Je zou in dit verband kunnen denken aan het bevestigen van een taps toelopend verlengstuk achter de schaatser of een opvulling van

de ruimte tussen hoofd en rug (zoals momenteel al wordt toegepast in motor grand prix races). Helaas, dit mag allemaal niet. Wat wel is toegestaan is het aanbrengen van kleine ribbels of oneffenheden op het schaatspak. Het is weliswaar zo dat hoe gladder het oppervlak, hoe minder de wrijvingsweerstand, maar merkwaardigerwijs kan de ruwheid van het oppervlak ook invloed hebben op de vormweerstand. Door het schaatspak op zeer specifieke plekken uit te rusten met oneffenheden kan er een grenslaagturbulentie worden gecreëerd die er voor zou kunnen zorgen dat de lucht langer langs het lichaam blijft 'kleven', waardoor de zogvorming vermindert. Door het kleinere zog zal het drukverschil tussen voor en achterkant van de schaatser kleiner zijn, en dus de vormweerstand lager. Dit idee ligt ten grondslag aan de zigzag strips die vlak voor Nagano werden geïntroduceerd en het 'Swift-skin' pak van de Nederlandse en Amerikaanse schaatsers in Salt Lake City. Doordat het vermogen dat verloren wordt aan de vormweerstand zo groot is, zal ook hier waarschijnlijk ruimte zijn om winst te behalen. De fabrikanten van wedstrijdkleding zijn zich hiervan bewust en komen regelmatig met vernieuwingen in hun assortiment. Het valt echter te betwijfelen of er ooit een schaatspak ontwikkeld kan worden dat voor iedere schaatser dezelfde winst oplevert. Voor de puntjes op de i zullen de schaatsers waarschijnlijk in een 'maatpak' op het ijs moeten verschijnen en zal een windtunnel als paskamer gebruikt moeten worden.

## Ijswrijving

Hoewel de ijswrijving maar 20% van de totale wrijvingsverliezen

beslaat, is het toch een factor van grote betekenis. De ijswrijving, een bijzondere vorm van contactwrijving, wordt beïnvloed door zowel het schaatsijzer als het ijs. Aan het ijs kan een schaatser niet veel veranderen (de ijsmeester wel, maar daarover later meer), maar aan zijn schaatsen wel. Onder schaatser is een ware kunst ontstaan om schaatsen te buigen, ronden en polijsten om ze zo goed als mogelijk te laten 'lopen'. Ook de materiaalkeuze kan de ijswrijving beïnvloeden. Hoewel er niet veel keuze is, omdat de eigenschappen waaraan het materiaal moet voldoen erg nauw luisteren, is er toch enig verschil tussen de in de handel zijnde schaatsijzers. Uit onderzoek is gebleken dat ijzers van het zogenaamde PM-staal beter glijden dan ijzers van het gebruikelijke staal. De mogelijke tijdwinst ligt in de orde van enkele tienden van een seconde per ronde. Uit de praktijk blijkt echter dat niet iedere schaatser goed kan rijden op PM-staal. Naar verluid beïnvloedt het materiaal de stureigenschappen van de schaats, waardoor het interfereert met de techniek van de schaatser. De ijsmeester heeft een belangrijke taak bij schaatswedstrijden. Natuurlijk moet hij zorgen voor perfect ijs, maar nog veel belangrijker is dat hij moet zorgen voor gelijke omstandigheden voor iedere schaatser. Dit is een bijna onmogelijke taak. Gelukkig is bij overdekte ijsbanen een aantal factoren dat de ijskwaliteit beïnvloedt goed te regelen. De luchtvochtigheid en de luchttemperatuur hoeven niet noemenswaardig te schommelen. De ijstemperatuur zal echter door de dweilbeurten enigszins schommelen. Moeten starten vlak na een dweil lijkt dan ook niet altijd gunstig, maar het laatste paar voor de

dweil is bijna zeker in het nadeel. Een ontwikkeling die de laatste jaren aandacht heeft gekregen zijn de **middeltjes** die ijsmeesters aan het dweilwater kunnen toevoegen. Uit metingen blijkt dat verschillende stoffen de ijswrijving kunnen verlagen. Het effect berust op oppervlakte actieve stoffen die het ijs iets gladder maken. Ijsmeesters hebben met deze uiterst geheime middeltjes de mogelijkheid hun ijs te verbeteren ten opzichte van collega ijsmeesters, hoewel de hoogte van de ijsbaan en daarmee de luchtdichtheid een vele malen grotere invloed heeft.

### Toekomstverwachtingen

In de aanloop naar de Olympische Spelen van Salt Lake City waren de verwachtingen ten aanzien van wereldrecords hoog gespannen. De ligging op 1425m boven zeeniveau (de hoogste overdekte ijsbaan ter wereld) gaf daar alle reden toe. Het voordeel van een gereduceerde luchtwrijving is op die hoogte veel groter dan het nadeel van de lagere zuurstofspanning. Op acht van de tien afstanden werd een wereldrecord geschaatst en alle winnaars waren sneller dan de winnaars van vier jaar eerder. Kunnen we een dergelijke vooruitgang bij de komende Olympische Spelen weer verwachten? Het antwoord is nee. Ondanks dat er weer meer en beter getraind is en ondanks dat er technologische vooruitgang is geboekt, zit dat er niet in. De hoogte van Turijn is daar niet toereikend voor. Records moeten we zoeken op een ander gebied. Het grootste aantal medailles behaald door één land dan maar?

### Referenties

1. Gemser, H, J.J. de Koning en G.J. van Ingen Schenau. Handboek Wedstrijdschaatsen. 2<sup>e</sup>, geheel herziene druk. Uitgeverij Eisma b.v. Leeuwarden. 1998, ISBN 90-74252-73-7.
2. Ingen Schenau, G.J.v. en P.R. Cavanagh, Power equations in endurance sports. *Journal of Biomechanics*, 1990. 23(9): p. 865-81.
3. Houdijk, H., et al., Physiological responses that account for the increased power output in speed skating using klapskates. *European Journal of Applied Physiology*, 2000. 83(4-5): p. 283-288.
4. Houdijk, H., et al., The effects of klapskate hinge position on push-off performance: a simulation study. *Med Sci Sports Exerc*, 2003. 35(12): p. 2077-84.
5. Houdijk, H., et al., Push-off mechanics in speed skating with conventional skates and klapskates. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2000. 32(3): p. 635-41.
6. Koning, J.J. d., H. Houdijk, et al. (2000). "From biomechanical theory to application in top sports: The klapskate story." *Journal of Biomechanics* 33(10): 1225-1229.