

Moeten sporters altijd proberen de 'juiste', extern voorgescreven bewegingstechniek zo dicht mogelijk te benaderen, zodat dit 'bewegingsideaal' steeds beter 'ingeslepen' raakt? Of doen ze er juist goed aan de uitvoeringswijze aanzienlijk te variëren, zodat het brein kan leren van de verschillen en de optimale bewegingstechniek zelf kan ontdekken? Recente inzichten in het onderzoek naar motorisch leren suggereren het laatste, met potentieel verstrekkende implicaties voor de sportpraktijk.

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining Motorisch leren: het belang van random variaties in de uitvoering (deel 5)

Peter J. Beek

De vraag naar de betekenis en plaats van variabiliteit in het aanleren van bewegingen is zowel theoretisch als praktisch van groot belang. De reden hiervoor is gelegen in het feit dat bewegingen intrinsiek variabel zijn: het zijn nooit exacte kopieën van elkaar, ook al leiden ze tot nagenoeg hetzelfde resultaat in de omgeving. In tegenstelling tot robots zijn mensen in staat een gewenst resultaat accuraat te realiseren ondanks, of – zoals sommige auteurs betogen – juist dankzij, een aanmerkelijke variabiliteit in de uitvoering. Voor motorisch leren en techniektraining met het oog op prestatieverbetering levert dit gegeven een dilemma op: moet de intrinsieke variabiliteit in de uitvoering worden teruggedrongen om een zo stabiel en betrouwbaar mogelijk bewegingsresultaat te verkrijgen, of moet deze juist gerespecteerd of zelfs uitvergroot worden? De positie die men kiest in dit spanningsveld is bepalend voor de inrichting van motorische leerprocessen in de sportpraktijk.

Traditioneel leren

Door sporters en coaches, maar ook door wetenschappers, wordt vaak aangenomen dat voor elke vaardigheid een optimale bewegingstechniek bestaat, die in principe geldt voor alle individuen. Deze ideale bewegingstechniek, zo luidt de veronderstelling, wordt bepaald door de biomechanische kenmerken van de taak in kwestie. Weliswaar vertonen individuele sporters verschillen in de manier waarop een gegeven bewegingstechniek wordt uitgevoerd, maar deze verschillen worden ofwel gezien als onvolkomenheden in de uitvoering, ofwel als niet-wezenlijke variaties in het uitvoeren van de juiste bewegingstechniek, bijvoorbeeld als gevolg van ruis. Vanzelfsprekend heeft deze manier van denken verstrekkende implicaties voor de techniektraining en de inrichting van motorische leerprocessen. Immers, afwijkingen van het bewegingsideaal worden gezien als fouten die uitgebannen moeten worden. Trainers

en coaches geven instructies en aanwijzingen die erop gericht zijn die fouten te corrigeren en hun pupillen maken vele trainingsuren om de extern voorgeschreven bewegingstechniek door eindeloze herhaling onder de knie te krijgen. Verondersteld wordt dat op deze wijze de juiste techniek effectief wordt 'ingeslepen'. Deze ziens- en handelwijze kent een lange traditie in de sportpraktijk en staat daarom in de literatuur over motorisch leren bekend als traditioneel leren. Hoewel traditioneel leren (al dan niet in afgezwakte vorm) tot op heden de trainingspraktijk van de meeste sporten beheerst, is recent door dr. Wolfgang Schöllhorn een radicaal andere theorie naar voren gebracht, die breekt met alle uitgangspunten van traditioneel leren, te weten differentieel leren.¹⁻³

Differentieel leren

Wat is differentieel leren? Anders dan traditioneel leren gaat differentieel leren ervan uit dat verschillen in bewegingstechniek tussen individuele sporters onvermijdelijk en wezenlijk zijn. Kijk maar naar de beste tennisers, de beste marathonlopers en de beste schaatsers in de wereld. Zij laten allemaal een ander bewegingspatroon zien, met unieke individuele kenmerken. Computers met algoritmen voor patroonherkenning (artificiële neurale netwerken) kunnen aan de hand van deze kenmerken snel en feilloos bepalen van welke sporter een geregistreerd bewegingspatroon afkomstig is, zelfs als de beweging maar 200 ms duurt zoals bij het speerwerpen.⁴ Het zijn de individuele verschillen die in het oog springen, niet de overeenkomsten. Van een ideale bewegingstechniek die op alle sporters van toepassing zou zijn, is geen sprake. Het is daarom onjuist om de techniektraining in te richten naar een ideaal en om afwijkingen van dat ideaal aan te merken als fouten die geëlimineerd moeten worden. Integendeel, de va-

riaties in uitvoering zijn geen fouten, maar verschillen ('Differenzen') tussen opeenvolgende pogingen die het mogelijk maken om effectief te leren. De reden hiervan is dat deze verschillen essentiële informatie verschaffen over de wijze waarop de beweging het beste kan worden georganiseerd en daarmee het brein aanzetten tot het vinden van een optimale oplossing. Het brein wordt geprikkeld door nieuwe informatie, niet door al bekende informatie te herkauwen. Volgens differentieel leren is het aanleren van een nieuw bewegingspatroon dus een proces dat sterk gebaat is bij variatie. Hoe groter de variatie, des te meer het brein wordt uitgedaagd tot het vinden van een optimale oplossing en hoe sterker het daardoor opgeroepen leerproces. Schöllhorns prikkelende advies luidt dan ook: 'Nie das Richtige trainieren, um richtig zu spielen'.⁵

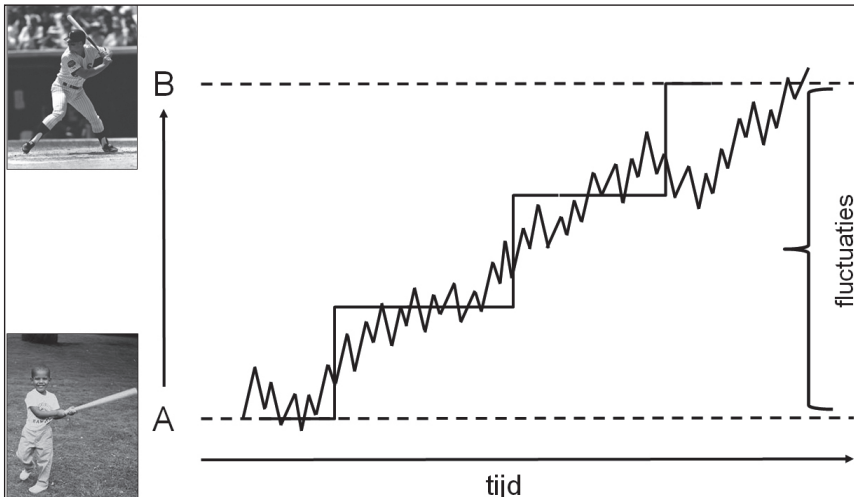
Onderbouwing

De onderbouwing van differentieel leren is in diverse publicaties verder uitgewerkt in termen van de niet-lineaire dynamica.^{6,7} Dit is niet de plaats om hier diep op in te gaan, maar de centrale noties wil ik de lezer niet onthouden. De eerste is dat het ontstaan van nieuwe bewegingspatronen wordt opgevat als een proces van *neurale zelforganisatie*: de optimale uitvoeringswijze wordt niet van buitenaf opgelegd, maar ontwikkelt zich autonoom op een voor het individu kenmerkende wijze. De tweede notie is dat de overgang van het ene patroon is op te vatten als een zogenaemde *niet-lineaire fase transitie*, dat wil zeggen een overgang die gepaard gaat met, en wordt gefaciliteerd door, aanzienlijke fluctuaties in uitvoering. Deze fluctuaties zijn toevallig van aard en verschaffen de informatie die nodig is om tot een nieuw bewegingspatroon te komen. Schöllhorn en medewerkers spreken in dit verband, en dat is de derde theoretische notie, van *stochasti-*

sche resonantie, een begrip uit de theoretische natuurkunde dat betrekking heeft op het detecteerbaar worden van signalen door de toevoeging van ruis. De toegevoegde ruis is in dit verband de variatie van uitvoering tot uitvoering, waarmee de beschikbare informatie over de optimale uitvoeringswijze wordt versterkt en daardoor beter detecteerbaar is.

Praktische toepassing

Differentieel leren kan op verschillende manieren worden toegepast in de praktijk. In principe zijn er drie aangrijpingspunten voor het aanbrennen van variatie, namelijk de taak, de omgeving en het individu. Op internet zijn enkele voorbeelden te vinden van differentieel leren, die de lezer een eerste indruk geven van deze vorm van leren. In de video van de kogelstoter Peter Valentiner⁸ is het vooral de taak zelf die wordt gevarieerd. In de ene poging stoot de kogelstoter de kogel steil omhoog, dan weer recht vooruit en in een derde poging wordt hij schuin naar beneden tegen de grond gesmeten. Nog weer andere pogingen gaan gepaard met enkele malle hupjes of een overbodige pirouette, een sterk overdreven strekking van de romp en de armen of een plotseling afgebroken actie die alsnog wordt omgebogen tot een worp. Ook zijn er enkele pogingen waarin de uitvoering wordt veranderd door de omgeving te veranderen, bijvoorbeeld door te stoten vanaf een hinkelbaan of een opstapbankje. Veranderingen in de kogelstoter zelf, bijvoorbeeld ten gevolge van vermoeidheid, zouden ook mogelijk zijn geweest, maar worden in het filmpje niet getoond. De kogelstoter lijkt dronken of (zoals één van de commentatoren stelt) aan de drugs; toch wordt de suggestie gewekt dat de kogelstoter in kwestie dankzij differentieel leren in 2007 de zilveren medaille won op het Duitse kampioenschap voor veteranen. Vanwege het ontbreken van de



Figuur 1. Ontwikkeling van bewegingspatroon A (beginner) naar bewegingspatroon B (topspporter) volgens traditioneel leren (stapsgewijze benadering) en differentieel leren (fluctuerende benadering). Vrij naar een lezing van Hendrik Beckmann.⁹

daartoe noodzakelijke controlecondities en -metingen is het onzeker of dat terecht is. Toch zijn er wel degelijk experimentele resultaten beschikbaar die aantonen dat differentieel leren tot betere leerresultaten leidt dan traditioneel leren. Alvorens deze resultaten te bespreken is het nuttig om de verschillen tussen traditioneel leren en differentieel leren nog wat verder uit te diepen, omdat hieruit verschillende voorspellingen volgen voor de effecten van beide vormen van leren.

Verschillen

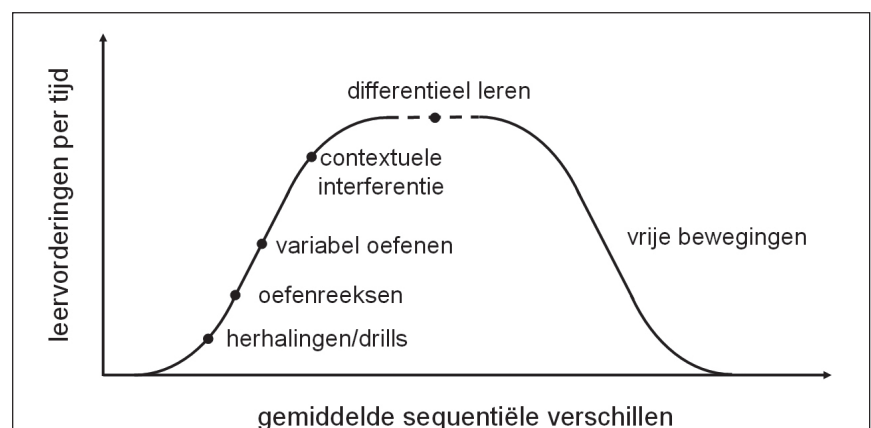
Zoals we gezien hebben verschillen traditioneel en differentieel leren in de rol en betekenis die wordt toegekend aan variaties in de uitvoering en tijdens het oefenen. Volgens de eerste theorie bestaat leren uit het terugdringen van afwijkingen van een extern gedefinieerd bewegingsideaal, terwijl volgens de tweede theorie motorisch leren bevorderd wordt door het aanbrenge en uitvergroten van de verschillen tussen opeenvolgende pogingen. Dit verschil in theoretische uitgangspunten uit zich in een andere

kijk op het leerproces. Waar traditioneel leren de al dan niet stapsgewijze benadering van het bewegingsideaal voorop stelt, benadrukt differentieel leren de fluctuaties die gepaard gaan met het ontstaan van nieuwe bewegingspatronen (zie figuur 1). Schöllhorn en medewerkers beweren dat het uitvergroten van deze intrinsieke fluctuaties tot betere leerresultaten leidt dan toepassing van oefenreeksen, variabel oefenen (in de zin van Schmidt) en contextuele interferentie en veel beter werkt dan herhalingen en drills, die het zwakste leereffect sorteren (zie figuur 2). Het stippelijntje in deze figuur geeft aan dat het maximale prestatieniveau dat met differentieel leren kan worden bereikt niet een singulier optimum representeert, maar

afhankelijk is van diverse factoren, zoals de mate van vermoeidheid van de atleet, zijn of haar gemoedstoestand en zelfs het type muziek dat tijdens het oefenen te horen is. Strikt genomen bestaat de optimale techniek dus ook op individueel niveau alleen in theorie! Ten slotte leidt differentieel leren volgens haar voorstanders in vergelijking tot traditioneel leren niet alleen tot een sterkere prestatieverbetering tijdens het oefenen, maar ook tot een beter behoud van het geleerde in de retentiefase. Sterker nog, omdat differentieel leren het brein aanzet tot het actief zoeken van oplossingen kan het leren zich in de retentiefase nog enige tijd voortzetten, terwijl bij traditioneel leren het geleerde direct na het oefenen weer een beetje verloren gaat (zie figuur 3). Differentieel leren kan er dus toe leiden dat de prestatie op een retentietest beter uitpakt dan op de post-test aan het einde van een oefenperiode!

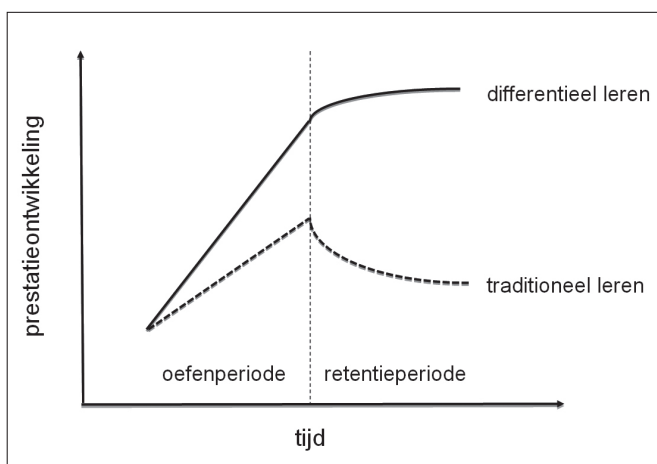
Beknopt overzicht van het onderzoek

In hoeverre worden de voorspelde verschillen tussen traditioneel en differentieel leren door empirisch onderzoek ondersteund? Om die vraag te beantwoorden moet men het nodige spoorwerk in de literatuur doen en ook bereid zijn kennis te nemen van diverse Duitse artikelen, veelal gepubliceerd in minder courante bladen zonder peer-review (voor een compleet overzicht



Figuur 2. Verschillen in prestatieverbetering per hoeveelheid oefentijd als functie van de gehanteerde leermethode.⁷

van de relevante literatuur zie¹⁰). De eerste empirische studies, nagenoeg allemaal in het Duits, stammen uit 2003 en betreffen het leren van kogelstoten, hordelopen, voetbal en volleybal. In jaren daarna komen hier nog leerstudies bij naar onder andere staan, tennis, tafeltennis, atletiek en krachttraining. Het voert te ver om in dit bestek al deze studies te bespreken. In plaats daarvan volstaan we met enkele voorbeelden om een indruk te geven van het onderzoek, gevolgd door een samenvatting van de huidige evidentie voor differentieel leren.



Figuur 3. Voorspelde verschillen in prestatieontwikkeling tijdens de oefenperiode en de retentieperiode tussen traditioneel leren en differentieel leren. Ontleend aanvrij naar een lezing van Hendrik Beckmann.⁹

Voorbeeld 1: kogelstoten

Het eerste voorbeeld betreft het leren kogelstoten, want dat is, zoals we al gezien hebben, exemplarisch voor de benadering. De eerste empirische studie hiernaar betrof een pre-test post-test design met een trainingsinterventie van vier weken (twee trainingen per week), gevolgd door een retentietest na twee weken en een tweede retentietest na nog eens twee weken.¹¹ Er namen 24 sportstudenten (12 mannen, 12 vrouwen) met beperkte ervaring in het kogelstoten deel aan de studie. Ze werden verdeeld in twee groepen met elk zes mannen en zes vrouwen: één groep (de T-groep) onderging een traditionele training bestaande uit

oefenreeksen gericht op de uitvoering van de doelbeweging, terwijl de tweede groep (de D-groep) differentieële training ontving bestaande uit 250 verschillende bewegingen, die allemaal in zeker opzicht afweken van de doelbeweging. Op de pre-test was de gemiddelde prestatie van beide groepen nagenoeg hetzelfde, namelijk 6,52 en 6,51 m. Op de post-test liet de D-groep echter een significant betere prestatie zien dan de T-groep: 7,07 m versus 6,70 m. Opmerkelijk genoeg, maar geheel in lijn met de theoretische voorspellingen, scoorde de D-groep

nog hoger op de eerste retentietest (7,16 m) en nog weer hoger op de tweede retentietest (7,23 m): in deze groep zette het leren zich dus door na de oefenperiode! De T-groep daarentegen liet op beide retentietests nagenoeg dezelfde score zien als op de pre-test (beide 6,51 m) en had dus feitelijk niets geleerd. Uit deze op het oog goed uitgevoerde studie blijkt dus duidelijk dat bij beginnende kogelstoters differentieel leren tot betere resultaten leidt dan traditioneel leren.

Voorbeeld 2: hordelopen

Het tweede voorbeeld betreft het leren hordelopen. Aan een studie met een pre-test post-test design namen tien jonge hordeloopsters deel, onderverdeeld in een T-groep en een D-groep.¹² Twee maanden lang voerde de T-groep twee keer per week traditionele hordeloefeningen uit, terwijl de D-groep training ontving volgens het concept van differentieel leren. De pre-test en

de post-test bestonden uit sprints over drie horden en sprints van 30 meter zonder horden. Tijdens de tests werden video-opnamen gemaakt van de manier waarop de horden werden genomen; aan deze opnamen werd een 'horde-index' ontleend voor de kwaliteit van het hordelopen, waarbij een lagere waarde overeen kwam met het sneller nemen van de horden. De gemiddelde horde-index nam in de T-groep af van 0,66 op de pre-test naar 0,64 op de post-test. In de D-groep was er een afname van 0,78 naar 0,58. De auteurs concludeerden op basis van de grotere afname in de D-groep dat differentieel leren bij het hordelopen effectiever is dan traditioneel leren. Hier valt echter wel wat op af te dingen, omdat het beginniveau in de D-groep significant lager was dan in de T-groep, waardoor er meer ruimte tot verbetering was. Bovendien ontbreekt in deze studie een retentietest, waardoor het onmogelijk is conclusies over leereffecten te trekken. Ten slotte is het aantal proefpersonen in deze studie wel erg klein en wordt uit het summier artikel niet duidelijk wat er precies gedaan is.

Onlangs is een wat betere studie verschenen naar het leren hordelopen, met 28 jonge proefpersonen opgesplitst in een T-groep en een D-groep.¹³ Beide groepen namen deel aan 24 oefensessies, evenredig verspreid over een periode van 6 weken. De sessies duurden in deze studie 90 minuten, waarbinnen 30 minuten specifiek gewijd waren aan hordelooptraining volgens een traditioneel of een differentieel protocol. Op de pre-test liep de T-groep de 60 meter horden in 11,76 sec en de D-groep in 11,70 seconden. Na de interventie liet de T-groep een verbetering zien van 0,33 sec en de D-groep een significant grotere verbetering van 0,64 sec. Hoewel deze studie een sterker bewijs levert voor de superioriteit van differentieel leren dan de oorspronkelijke studie, ontbreekt ook hier helaas een retentietest, waardoor uitspraken over

het behoud van de prestatieverbetering op termijn onmogelijk zijn.

Voorbeeld 3: volleybal

Het derde voorbeeld heeft betrekking op het leren van twee volleybaltechnieken, te weten de set-up en het onderarms spelen van de bal. Aan deze studie namen 51 scholieren mee zonder enige ervaring in het volleybal.¹⁴ Ze werden ingedeeld in een T-groep ($n = 24$) en een D-groep ($n = 27$) en ontvingen zes weken lang wekelijks een uur volleybaltraining die gericht was op verbetering van beide technieken met de aanspeelnauwkeurigheid als criterium. In deze studie werd een pre-test post-test design gevolgd door zowel retentietests als transfertests.

Alle tests behelsden het plaatsen van de bal naar een horizontaal doel dat bestond uit concentrische cirkels en op een verhoging lag. Hiermee vielen punten te verdienen volgens een bepaald scoringssysteem. In de transfertests waren de proefpersonen anders georiënteerd ten opzichte van het doel dan in de overige tests.

De D-groep liet op de set-up een significante verbetering zien van de pre-test naar zowel de post-test als de retentietest, waarbij de score op de retentietest net als bij het kogelstoten hoger uitviel dan op de post-test. De T-groep liet ook een stijging zien van pre-test naar post-test en retentietest, maar deze stijgingen waren niet significant. Op de transfertest vielen beide groepen terug naar het niveau van de pre-test.

Voor wat betreft het onderarms spelen van de bal werd in de D-groep een grote significante toename van de prestatie waargenomen van pre-test naar post-test, gevolgd door een kleine, niet-significante terugval op de retentietest.

De T-groep liet geen noemenswaardige prestatieverbetering zien, noch op de post-test, noch op de retentietest. De D-groep ging op de transfertest slechts een beetje achteruit ten opzichte van de post-test en de retentietest, terwijl de

prestatie van de T-groep ook hier op het niveau van de pre-test bleef.

Ook voor deze studie geldt dus dat differentieel leren tot betere resultaten leidde dan traditioneel leren, niet alleen tijdens de oefenfase, maar ook tijdens retentie en transfer, althans voor wat betreft de set-up. Waarom de resultaten anders uitpakt voor het onderarms spelen van de bal is niet duidelijk.

Voorbeeld 4: schaatsen

Het vierde en laatste voorbeeld betreft de start bij het hardrijden op de schaats. In een recente studie werd nagegaan of deze met behulp van differentieel leren kon worden verbeterd.¹⁵ Aan de studie namen 43 recreatieschaatsers deel, die binnen één week drie sessies van een uur oefenden. De pre-test bestond uit vijf starts waarbij de tijd werd gemeten na een afstand van 49 m. Op basis van die tijd werden de proefpersonen ingedeeld in drie groepen: een D-groep, een groep die verbale instructies ontving en een controlegroep. De resultaten lieten een significant verbetering zien voor de D-groep in vergelijking met de controlegroep. Op basis hiervan concludeerden de auteurs dat differentieel leren een effectieve methode is voor het leren van de start bij het schaatsenrijden. Ook bij dit resultaat kunnen echter enkele kanttekeningen geplaatst worden. Ten eerste geldt dat het significante effect gevonden werd na 49 m; we weten dus niet of de start zelf het verschil maakte. Verder was de prestatie van de D-groep op de post-test niet significant beter dan de groep die verbale instructie ontving. Ten slotte ontbreekt ook in deze studie een retentietest, waardoor geen conclusies over leren getrokken kunnen worden.

Conclusie

Samenvattend kan gesteld worden dat de evidentie voor differentieel leren nog beperkt is en dat diverse van de gepubliceerde artikelen gekenmerkt worden door methodische onvolkomenheden.

Het is jammer dat er nog maar zo weinig goed doortimmerde studies verschenen zijn in gevestigde Engelstalige tijdschriften met peer-review. Gezien het radicale karakter van de theorie en de verstrekkende gevolgen die deze kan hebben voor de sportpraktijk is er een duidelijke behoefte aan gedegen, goed toegankelijke en repliceerbare studies op dit terrein, bij voorkeur uitgevoerd door verschillende onafhankelijke onderzoeksgroepen. Hierbij is het ook van belang studies te verrichten naar de effecten van differentieel leren bij sporters op het hoogste niveau. De meeste beschikbare studies hebben betrekking op beginners of gevorderden, maar slechts in enkele gevallen op experts, terwijl de theorie claimt ook voor toppers relevant te zijn.

Afsluitende overwegingen

Het concept van differentieel leren is gebaseerd op interessante theoretische denkbeelden, die een radicale breuk vormen met de gangbare trainingstheorie en sportpraktijk. De denkbeelden in kwestie zijn goed onderbouwd, hoewel in sommige gevallen, zoals bij het begrip stochastische resonantie, meer metaforisch dan operationeel gedefinieerd. De evidentie voor differentieel leren is nog beperkt, zowel in termen van het aantal relevante studies als de kwaliteit daarvan. Toch zijn de eerste resultaten bemoedigend en groeit de empirische grondslag voor de benadering gestaag. Coaches en sporters die er iets in zien en het aandurven te experimenteren, kunnen proberen er hun voordeel mee te doen, zeker als met meer traditionele vormen van leren weinig of geen vooruitgang meer wordt geboekt. Daarbij zal het de kunst zijn om het principe van differentieel leren in de sportpraktijk te implementeren; voor de meeste sporten zijn nog geen differentiële oefenvormen ontwikkeld. Voor zover dat wel het geval is, ligt de nadruk op variaties in de taakuitvoering en niet op variaties met het individu of de om-

geving als aangrijpingspunt. Hier doen zich veel kansen voor, die de moeite van het verkennen waard zijn. Daarbij kan worden opgemerkt dat uitleg van de uitgangspunten van differentieel leren sporters kan helpen ongebruikelijke oefenvormen te aanvaarden. In alle gevallen is het noodzakelijk de individuele ontwikkeling van de sporter goed te monitoren, zodat de effecten van de gehanteerde leermethoden op de korte en middellange termijn kunnen worden geëvalueerd. Het zou mooi zijn als dergelijke trajecten gepaard gaan met gedegen longitudinaal onderzoek naar de effecten van differentieel leren bij verschillende typen sporten. Hier valt nog veel spannend onderzoek te doen met mogelijk baanbrekende resultaten voor zowel de wetenschap als de sportpraktijk.

9. <http://www.youtube.com/watch?v=3RbJ7dtoVTw&feature=related>

10. <http://www.sport.uni-mainz.de/401.php>

11. Beckmann H & Schöllhorn W (2006). Differenzielles Lernen im Kugelstoßen. *Leistungssport*, 36, 44-50.

12. Jaintner T, Kretschmar D & Hellstern W (2003). Changes of movement pattern and hurdle performance following traditional and differential hurdle training. In E Müller, H Schwameder, G Zallinger & V Fastenabuer (Eds), *Proceedings of the 8th annual congress of the European College of Sport Science* (p. 224). Salzburg, Austria.

13. Schöllhorn W, Beckmann H, Janssen D & Drepper J (2010). Stochastic perturbations in athletics field events enhance skill acquisition. In I Renshaw, K Davids & GJP Savelsbergh (Eds), *Motor learning in practice. A constraints-led approach* (pp. 69-82). London: Routledge.

14. Schöllhorn W, Paschke M & Beckmann H (2006). Differenzielles Training im Volleyball beim Erlernen von zwei Techniken. In K Langolf & R Roth (Hrsg), *Volleybal 2005 – Beach – Wim* (S. 97-105). Czwalina: Hamburg.

15. Savelsbergh GJP, Kamper WJ, Rabijs J, de Koning JJ & Schöllhorn W (2010). A new method to learn to start in speed skating. *International Journal of Sport Psychology*, 41, 415-427.

Over de auteur

Prof. dr. Peter J. Beek is hoogleraar Coördinatiedynamica aan de Faculteit der Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit in Amsterdam. Hij is tevens decaan van deze Faculteit.

Referenties

1. Schöllhorn W (1999). Individualität – ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport*, 29, 5-12.

2. Schöllhorn W (2000). Applications of systems dynamic principles to technique and strength training. In Eesti Olümpiakomitee (Eds.), *Acta Academiae Olympicae Estoniae* (pp. 67-85). Tartu.

3. Schöllhorn W, Beckmann H, Michelbrink M, Sechelmann M, Trockel M & Davids K (2006). Does noise provide a basis for the unification of motor learning theories? *International Journal of Sport Psychology*, 37, 186-206.

4. Schöllhorn W & Bauer HU (1998). Identifying individual movement styles in high performance sports by means of self organizing Kohonen maps. In H Riehle & M Vieten (Eds), *XVI International symposium on biomechanics in sports. Proceedings*. Konstanz: Universitätsverlag.

5. Schöllhorn W, Sechelmann M, Trockel M & Westers R (2004). Nie das Richtige trainieren, um richtig zu spielen. *Leistungssport*, 5, 13-17.

6. Frank TD, Michelbrink M, Beckmann H & Schöllhorn W (2008). A quantitative dynamical systems approach to differential learning: self-organization principle and order parameter techniques. *Biological Cybernetics*, 98, 19-31.

7. Schöllhorn W, Mayer-Kress G, Newell KM & Michelbrink M (2009). Time scales of adaptive behavior and motor learning in the presence of stochastic perturbations. *Human Movement Science*, 28, 319-333.

8. <http://www.youtube.com/watch?v=U2AMfyyUt5c>

(Advertentie)



Hogeschool  van Arnhem en Nijmegen

Heb jij passie voor sport?

HAN Sport en Bewegen biedt een inspirerend leer- en onderzoeksklimaat voor iedereen met passie voor sport.

Kies nu voor een kortdurende post hbo-opleiding bij Seneca, hét expertisecentrum voor Sport, Arbeid en Gezondheid.

Kijk voor alle informatie over onze opleidingen, in-company trainingen en maatwerktrajecten op onze site. Of bel Seneca: (024) 353 12 62

▶ HAN

www.han.nl/seneca