

In 2011 besprak ik in *Sportgericht* het belang van differentieel leren voor de sportpraktijk.¹ Ik beoordeelde het bewijs voor differentieel leren toen als beperkt, gezien het geringe aantal studies en hun methodologische onvolkomenheden. Hoe hebben de waardering van de theorie, het bewijs daarvoor en de toepassing ervan zich sindsdien ontwikkeld?

Motorisch leren, een update

Deel 7: Differentieel leren

Peter J. Beek

Wolfgang Schöllhorn publiceerde zijn radicale theorie over motorisch leren in 1999, bijna een kwart eeuw geleden.² In het betreffende artikel benadrukte hij het individuele, fluïde en variabele karakter van de menselijke motoriek en motorische leerprocessen. De dynamische systeemtheorie en de synergetica, waar ik mijn vorige artikel in deze reeks³ aan wijdde, vormde het conceptuele kader waarbinnen hij zijn denkbelden presenteerde. Hij betoonde zich daarmee schatplichtig aan deze benaderingen, maar gaf er wel een geheel eigen invulling aan door het belang van extreme variaties in de uitvoering van bewegingen te presenteren als het middel bij uitstek om sporters beter te leren bewegen.

Verschillen

Mensen, aldus Schöllhorn, leren van de verschillen tussen opeenvolgende bewegingen, omdat die informatie bevatten en (bijna) dezelfde bewegingen niet of nauwelijks. Vandaar de term differentieel leren, afgeleid van het Duitse *Differenz*, of zo men wil het Engelse *difference* (verschil). Sporters doen er daarom verstandig aan sterk te variëren tijdens het oefenen, in plaats van bepaalde correct geachte bewegingen zo vaak mogelijk te herhalen, zodat deze 'inslijpen'. Wetenschapsjournalist

Michiel van Nieuwstadt vatte dit idee pakkend samen door aan zijn artikel over differentieel leren in het NRC Handelsblad de titel 'Winnen met bokkesprongen' mee te geven.⁴ In het betreffende artikel citeert van Nieuwstadt Nederlandse topcoaches in schaatsen, voetbal en tennis bij wie de denkbelden van Schöllhorn enthousiasme en herkenning oproepen. In de training van topsporters, zo is de boodschap van de geïnterviewde coaches, wordt al volop gebruikgemaakt van variatie. Henk Gemser liet topschaatsers Gianni Romme en Ids Postma oefeningen op de evenwichtsbalk doen. Jos van Dijk, destijds assistent van Louis van Gaal bij Bayern München, benadrukte dat het aanbrengen van variatie allang een kenmerk is van de Nederlandse voetbalschool, onder meer door voetballers in uitdagende situaties te brengen waarin ze moeten presteren onder een weerstand die groter is dan tijdens een wedstrijd. En Frank van Fraayenhoven van de KNLTB haalde enkele oefeningen aan die passen binnen Schöllhorns theorie, zoals serveren in het eigen servicevak of het fixeren van bepaalde lichaamsdelen tijdens de training. Ik constateer echter dat niet al deze vormen van variatie neerkomen op differentieel leren. De laatste wel, de tweede mogelijk, maar



Figuur 1 | Wolfgang Schöllhorn van de Johannes Gutenberg Universität Mainz, grondlegger van differentieel leren.

de eerste zeker niet. Dat voorbeeld is slechts een specifieke oefening om de balanshandhaving te verbeteren. Zoals ik in dit artikel zal toelichten, behelst differentieel leren een specifieke manier van variatie toepassen in het oefen- en trainingsproces, die niet verward moet worden met andere manieren van variëren, ook al gebeurt dat wel in de sportpraktijk. Niettemin heeft de komst van differentieel leren een grote impuls gegeven aan het benutten van variatie in de sportpraktijk. Inmiddels zijn er tal van coaches en sporters in tal van sporten die zich laten leiden door Schöllhorns denkbepelden en praktische aanbevelingen. Een vluchtige zoektocht op YouTube levert vele hits op voor onder meer voetbal (met topcoaches Tuchel,

Klopp en Nagelsmann als overtuigende gebruikers), handbal, hockey, tennis, golf en jiu jitsu. Op zichzelf is het bemoedigend om te zien dat inzichten uit de wetenschap toepassing vinden in de sportpraktijk, maar het is ook zaak om kritisch te blijven kijken naar de theorie, de toepassing daarvan in de sportpraktijk en het empirische bewijs voor de theorie en de daarop gebaseerde leermethode. Daar kunnen de wetenschap én de sport alleen maar beter van worden. Alleen al hierom is het nuttig om nu, twaalf jaar na het verschijnen van mijn eerste artikel over differentieel leren in *Sportgericht*¹, op herhaling te gaan en andermaal de balans op te maken – conceptueel, praktisch en empirisch.

Traditioneel versus differentieel leren

Schöllhorns theorie over differentieel leren kan het beste worden uitgelegd door deze te contrasteren met traditionele opvattingen over motorisch leren, in (effect)studies kortweg aangeduid als traditioneel leren. Traditioneel leren is als zodanig geen wetenschappelijke theorie waaraan de naam van een onderzoeker is verbonden en waarnaar systematisch onderzoek wordt gedaan, maar een verzameling vooronderstellingen die in de sport (en in andere praktijkvelden van het bewegen) vaak, al dan niet bewust, worden aangehangen.

Traditioneel leren is dus een zogeheten stromantheorie, die in het onderzoek dienst doet als tegenhanger van differentieel leren. De recht tegenover elkaar staande vooronderstellingen zijn weergegeven in tabel 1. Traditioneel leren gaat ervan uit dat er voor elke bewegingsvaardigheid een ideale uitvoering van de beweging bestaat, die zo goed mogelijk moet worden benaderd cq. geoptimaliseerd, ongeacht het individu en diens mate van gevorderdheid. Denk maar aan de tennisles van weleer, waarin de tennisleraar aan al zijn pupillen dezelfde instructies over de vereiste uitvoering gaf. Differentieel leren stelt daar tegenover dat een ideale bewegingstechniek niet bestaat; in plaats van een bewegingsideaal wordt optimalisatie van de bewegingsuitkomst nagestreefd. Sporters vertonen immers grote verschillen in de wijze waarop zij een handeling of activiteit uitvoeren; zelfs op de hoogste prestatieniveaus zijn die verschillen direct zichtbaar. Denk maar aan het bewegingsidoom van de drie tenniscoryfeeën die tot voor kort de grote toernooien domineerden, Federer, Djokovic en Nadal, of bij de vrouwen Serena Williams, Halep en Sharapova. De verschillen in bewegingstechniek en speelstijl springen onmiddellijk in het oog. De notie van een ideale, individu-onafhankelijke tennisteknik is hier niet van toepassing. Zelfs binnen individuele sporters vertoont de bewegingsuitvoering aanmerkelijke variaties, afhankelijk van de interne en externe omstandigheden. Traditioneel wordt motorisch leren als een lineair proces gezien, waarin intensieve oefening op geleide van instructies en feedback gericht op specifieke uitvoeringskenmerken leidt tot het stap voor stap benaderen van het gewenste bewegingsideaal. In de theorie over differentieel leren wordt motorisch leren daarentegen opgevat als een individueel, niet-lineair proces waarin sporters door allerlei mogelijke uitvoeringen uit te proberen, zowel succesvolle als

Traditioneel leren	Differentieel leren
Doel: optimaliseren van ideale bewegingstechniek	Doel: optimaliseren van een bewegingsuitkomst
Ideale bewegingstechniek is individu-onafhankelijk	Bewegingsuitvoering is individu-afhankelijk
Lineair proces op basis van instructie en feedback	Niet-lineair proces op basis van zelforganisatie
Continue correcties, wezensvreemde feedback	Minimale aanwijzingen, interne feedback
Drillen, eindeloze herhalingen	Continue variaties, succes zonder herhaling

Tabel 1 | Verschillen tussen traditioneel en differentieel leren

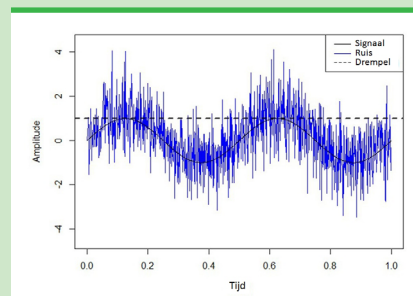
niet-succesvolle, afwisselend vooruitgang, stagnatie en terugval vertonen in het verbeteren van de prestatie, maar wel sneller vooruitgaan dan door louter herhaling. Tijdens dit proces ontdekt en ontwikkelt de sporter op basis van zelforganisatie zijn eigen bewegingstechniek, die ook als zodanig herkenbaar is. Minimale instructies kunnen hierbij behulpzaam zijn, maar continue correcties zijn uit den boze. Waar traditionele trainingsvormen worden gekenmerkt door drillen, dat wil zeggen het eindeloos herhalen van de vereiste beweging met continue correcties om het bewegingsideaal zo goed mogelijk te benaderen, kenmerkt differentieel leren zich door continue variaties om de interne feedback te versterken. Interne feedback heeft als voordeel dat deze direct betrekking heeft op de uitvoering zelf, terwijl de corrigerende feedback in de traditionele benadering gebaseerd is op het verschil tussen de uitgevoerde beweging en het bewegingsideaal. Schöllhorn noemt dit type feedback wezensvreemd ('alien') voor de sporter, omdat de sporter per definitie onbekend is met de ideale beweging die de trainer of coach voor ogen heeft bij het geven van de feedback.

Differentieel leren versus variabel oefenen en contextuele interferentie

De unieke signatuur van differentieel leren betreft de wijze waarop variabiliteit wordt toegepast in de oefenen en trainingspraktijk. Die verschilt wezenlijk van andere methoden die erop gericht zijn motorisch leren te bevorderen door het aanbrengen van variatie tijdens het oefenen, zoals variabel oefenen volgens Schmidts schematheorie⁵ en het contextuele-interferentiemodel⁶, die eerder in deze reeks aan bod kwamen. In deze benaderingen richt het aanbrengen van variatie zich op het zo goed mogelijk onder de knie krijgen van een ideale bewegingsuitvoering onder verschillende omstandigheden.

Stochastische resonantie

Het mechanisme van stochastische resonantie werd in 1981 voor het eerst beschreven door de Italiaanse fysicus Roberto Benzi en zijn collega's⁹ en door hen voor het eerst toegepast in 1982 in de context van klimaatverandering.¹⁰ Stochastische resonantie heeft betrekking op het contra-intuïtieve verschijnsel dat de toevoeging van ruis de detecteerbaarheid van een signaal kan verbeteren. Figuur 2 illustreert hoe dit mogelijk is. Het in zwart weergegeven periodieke signaal in deze figuur bevindt zich onder de detectiedrempel, die is aangegeven met de stippellijn, en is dus niet waarneembaar. Door nu ruis aan het signaal toe te voegen, weergegeven in de figuur als blauwe toevalsfluctuaties, ontstaat een situatie waarin de som van het zwakke, niet waarneembare signaal plus de ruis op verschillende punten boven de detectiedrempel uitkomt. Door het ruisniveau verder te verhogen, komt de som van het signaal en de ruis op meer punten boven de detectiedrempel uit en wordt de sinusvormige structuur van het onderliggende signaal steeds beter waarneembaar in het bovendrempelige deel van het signaal plus de ruis. De ruis resoneert met het signaal. Wordt het ruisniveau echter nog verder verhoogd, dan neemt de waarneembaarheid van het signaal weer af omdat de ruis het signaal begint te overwoekeren. Bij stochastische resonantie is dus sprake van een optimaal ruisniveau waarbij een zwak periodiek input-signaal het best waarneembaar is. Als het ruisniveau te laag is, komt de som van signaal en ruis niet boven de waarnemingsdrempel uit en als het ruisniveau te hoog is, valt het signaal weg in de ruis. Stochastische resonantie is niet alleen een relevant verschijnsel in mechanische en elektrische systemen, maar ook, zo is uit onderzoek gebleken, in biologische systemen. Bij onder meer rivierkreeften, krekels en bepaalde vissoorten is aangetoond dat ruis de tactiele waarneming via mechanoreceptoren verbetert door middel van stochastische resonantie.¹¹ Bij mensen met een valrisico is dit principe toegepast door subsensorische mechanische ruis toe te voegen via speciale zooltjes onder de voeten. Hierdoor verbeterde de tactiele waarneming en daarmee de balanshandhaving.¹² Inmiddels wordt het multidisciplinaire belang van stochastische resonantie breed onderkend in de wetenschap en heeft het begrip zich beduidend ruimer ontwikkeld dan het in figuur 2 weergegeven basale verschijnsel.¹³ Verschillende hersenonderzoekers veronderstellen dat random variatie en stochastische resonantie een cruciale rol spelen in het functioneren van het brein, maar zien het als een uitdaging dit experimenteel te bewijzen.¹³



Figuur 2 | Stochastische resonantie.

Door variabel te oefenen volgens de schematheorie wordt het schema voor de betreffende bewegingsvaardigheid versterkt, waardoor de lerende in staat is het bewegingsprogramma te parametriseren. Variabel oefenen volgens het contextuele-interferentiemodel is gericht op het ontwikkelen van gegeneraliseerde bewegingsprogramma's voor een beperkt aantal motorische vaardigheden, wat evenzeer de uitvoering

ten goede komt. In beide gevallen is de aangebrachte variatie in het oefenen beperkt. In het eerste geval kan gedacht worden aan het putten van een golfbal van verschillende afstanden of over verschillende glooiingen van de green, waarbij de puttactie als zodanig aan invariante kenmerken moet voldoen. In het tweede geval kan gedacht worden aan het oefenen van verschillende slagen op of rond de green, bijvoorbeeld de putt, de

chip and run en de lob, die eveneens moeten voldoen aan bepaalde ideaal geachte kenmerken. Niet zelden gaan variabel oefenen volgens de schematheorie en het contextuele interferentie-model dan ook gepaard met corrigerende instructies of feedback van een coach of trainer.

Hoe anders is dat bij differentieel leren. Hierbij gaat het om veel meer dan het aanbrengen van variaties in uitvoeringsparameters of de volgorde waarin oefeningen worden uitgevoerd. Bij differentieel leren wordt de sporter ertoe gedwongen een bepaalde vaardigheid, activiteit of taak op zeer uiteenlopende manieren uit te voeren, waarbij zelfs de definiërende kenmerken van de uitvoering geweld worden aangedaan. Telkens wordt een wezenlijk ander bewegingspatroon uitgevoerd, waarbij het gehele lichaam anders moet worden aangestuurd om aan de zelf gekozen of opgelegde taakeisen te voldoen.

Door de training te laten bestaan uit een reeks van steeds andere variaties, zo luidt het onderliggende idee van stochastische resonantie (zie kader), worden de natuurlijke toevalsfluctuaties in de uitvoering als het ware uitvergroot, waardoor de sporter steeds meer gevoel krijgt hoe de bewegingsuitvoering voor de betreffende vaardigheid in te richten. Bij differentieel leren wordt de sporter dus aangezet een groot aantal extreem verschillende bewegingen uit te voeren, waarbij herhalingen en correctieve instructies en feedback zo veel mogelijk worden vermeden. Schöllhorn brengt dat tot uiting in wervende motto's als 'Nie das Richtige trainieren, um richtig zu spielen'⁷ en 'Erfolg durch Abwechslung'.⁸

Wankele theoretische onderbouwing

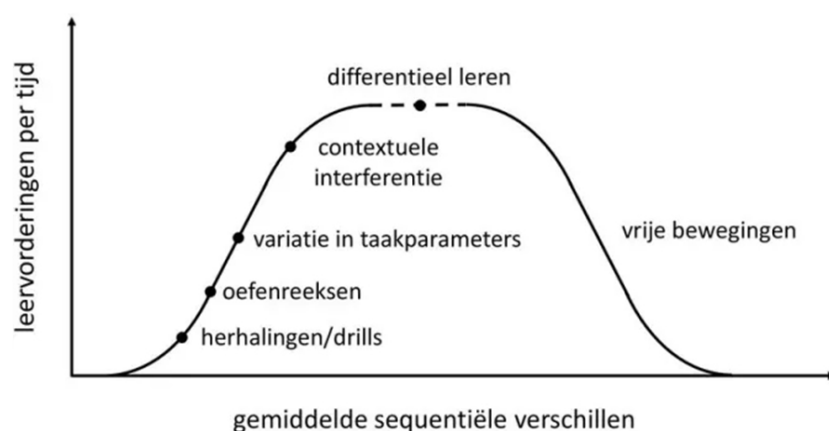
Stochastische resonantie wordt door Schöllhorn en zijn collega's vaak opgevoerd als theoretische onderbouwing van de (vermeende) voordelige effecten van differentieel leren op het verwerven van perceptueel-

motorische vaardigheden. In 2011 merkte ik al op dat Schöllhorn dit begrip vooral metaforisch gebruikte. Een operationele definitie in termen van objectief meetbare grootheden in relatie tot het bewegen ontbrak en is er in de tussentijd ook niet bijgekomen. Naar analogie van het voorbeeld in figuur 2 kan de vraag worden gesteld wat in de theorie over differentieel leren het zwakke signaal is en wat de ruis. Hierover kunnen in de publicaties met Schöllhorn als (co)auteur verschillende beschouwingen worden aangetroffen,^{14,15} die aansluiten bij de klassieke betekenis van stochastische resonantie. Het 'signaal' heeft in dit geval betrekking op de intrinsieke dynamische conditie van de sporter en de bewegingspatronen die daaruit voortvloeien en de 'ruis' op de aangebrachte random variaties in opeenvolgende oefeningen. Uit deze formulering blijkt al dat het 'signaal' niet kan worden gemeten en in een grafiek worden uitgezet, maar slechts een kwalitatieve, associatieve toepassing betreft van een anderszins goed gedefinieerd concept. Hetzelfde geldt welbeschouwd ook voor de 'ruis'; de aangebrachte variaties worden weliswaar in random volgorde toegepast, maar ze zijn ook door de coach of sporter bedacht en daarmee niet geheel toevallig. Omdat

het 'signaal' niet duidelijk is, is het ook niet duidelijk op welk proces de 'ruis' precies ingrijpt.

Deze beperkingen belemmeren Schöllhorn en de zijnen niet om het begrip stochastische resonantie verder speculatief uit te nutten in de theorie over differentieel leren. Conform de klassieke interpretatie van stochastische resonantie gaan zij ervan uit dat er een optimaal 'ruisniveau' bestaat waarbij het zwakke, slecht waarneembare 'signaal', wat dat ook precies is, optimaal waarneembaar wordt en het leerproces het sterkst wordt bevorderd. Het 'ruisniveau' wordt in de theorie opgevat als de grootte van de verschillen tussen opeenvolgende oefeningen. Hoe groter die verschillen gemiddeld over de oefentijd zijn, des te hoger het 'ruisniveau'.

Bij differentieel leren is het 'ruisniveau' niet alleen hoger dan bij andere leermethoden, maar tevens optimaal in termen van de verbetering van de prestatie ten gevolge van stochastische resonantie. Dit blijkt althans uit de aan Schöllhorn et al.¹⁵ ontleende grafiek in figuur 3, waarin de prestatieverbetering per hoeveelheid oefentijd is uitgezet als functie van de gemiddelde verschillen tussen opeenvolgende oefeningen zoals voortvloeiend uit de gehanteerde



Figuur 3 | Verschillen in prestatieverbetering per hoeveelheid oefentijd als functie van de gemiddelde verschillen tussen opeenvolgende oefeningen die voortvloeien uit de gehanteerde leermethode.¹⁵

leermethode, oftewel het 'ruisniveau'. Differentieel leren bevindt zich bovenaan de omgekeerde U-curve bij het optimale 'ruisniveau', leidend tot het beste leerresultaat. Ook hier ontbreekt een nadere onderbouwing van deze speculatieve vooronderstellingen. Afgezien van het feit dat de grootte van de verschillen tussen opeenvolgende oefeningen niet in een getal valt uit te drukken, is niet op voorhand duidelijk waarom het 'ruisniveau' juist bij differentieel leren optimaal is. Hoe weten de auteurs dat? En hoe kennen ze de mate van variatie in opeenvolgende oefeningen om dat 'ruisniveau' te bewerkstelligen? Overtuigende antwoorden op die vragen ontbreken vooralsnog.

Toepassing in de sportpraktijk

Ondanks de beschreven theoretische tekortkomingen wordt differentieel leren volop toegepast in de sportpraktijk. De vraag is hoe coaches dat het beste kunnen doen. Ook op die vraag is helaas geen pasklaar antwoord voorhanden. Uit de theorie volgt dat de variaties in opeenvolgende oefeningen groot, liefst overdreven groot, moeten zijn om optimaal effect te sorteren. Om buitengewone sporters te krijgen, aldus Schöllhorn in een podcast, zijn buitengewone oefeningen nodig.¹⁶ Het probleem is echter dat er geen criterium bestaat voor wat buitengewoon is, behalve dan dat buitengewoon anders is dan gewoon! De enige concrete richtlijnen die uit de theorie volgen zijn dat opeenvolgende bewegingsuitvoeringen zo min mogelijk worden herhaald en dat er zo min mogelijk corrigerende feedback mag worden gegeven. Voor het overige is het aan de coach of sporter zelf om geschikte random variaties in het oefenproces te ontwerpen, gegeven de te trainen taak of vaardigheid. Anything goes! Maar welke variaties zijn geschikt, laat staan optimaal, voor het onder de knie krijgen van een bepaalde taak of vaardigheid? En welke rol spelen de taak en het individu daarbij?

Bij open vaardigheden als voetbal, handbal, hockey en tennis bestaat per definitie zoveel vrijheid in de inrichting van het spel dat het relatief eenvoudig is om allerlei variaties aan te brengen, zoals te zien is in vele YouTube-filmpjes. De dimensies van het speelveld, het doel, de bal of het racket kunnen gevarieerd worden, of de spelregels, bijvoorbeeld maximaal één of twee keer raken, of afwisselend kort-lang spelen, spelend op één been of met een arm op de rug gebonden. Of al deze variaties onder het concept differentieel leren geschaard kunnen worden is niet geheel duidelijk, maar het aantal factoren dat gevarieerd kan worden is enorm. Bij meer gesloten vaardigheden is variatie ook mogelijk, maar daar is vaak wat meer creativiteit voor nodig, zeker wanneer de taak vereist dat een specifiek bewegingspatroon wordt gegenereerd, zoals bij gymnastische oefeningen op de evenwichtsbalk of specifieke sprongelementen bij het kunstrijden op de schaats. Op voorhand lijken al te zeer afwijkende bewegingspatronen dan minder nuttig. Aangezien de variaties volgens de theorie bedoeld zijn om de sporter zelf een passend antwoord op een bewegingsprobleem te laten vinden, ligt het in de rede (de essentie van) het bewegingsprobleem in kwestie tijdens het variëren te handhaven. Soms lijkt dat echter niet het geval te zijn. In een inmiddels meer dan 76.000 keer bekeken filmpje over differentieel leren maakt kogelstoter Peter Valentiner de wonderlijkste capriolen voorafgaande aan de stootactie, waaronder hup-, draai-, hinkelafzet- en opstapbewegingen. Al deze bewegingen monden uit in het stoten van de kogel, behalve één waarin hij de kogel voor zijn voeten op de grond smijt. Omdat dit een ander taakdoel betreft dan het zo ver mogelijk stoten van een kogel, lijkt dit geen zinnige oefening. Een andere cruciale factor om rekening mee te houden is het individu. Sporters beschikken elk over een eigen, individuele bewegingstechniek

met specifieke verbeterpunten. In de eerder genoemde podcast raadt Schöllhorn coaches aan variaties in het oefenen te ontwerpen die specifiek gericht zijn op deze punten.¹⁶ Het is daarbij zaak dat de coach scherp in de gaten houdt wat het effect is van de aangebrachte variaties en of die leiden tot techniekaanpassingen. Sporters reageren, aldus Schöllhorn, verschillend op differentieel leren.¹⁶ Sommige sporters reageren 'open' op de door de coach geïntroduceerde variaties en raken daar niet door van slag, maar andere sporters hebben daar moeite mee omdat ze controle willen houden over het proces. Het is daarom van belang, aldus Schöllhorn, dat de coach de mate van variatie afstemt op het individu, bijvoorbeeld door twee of drie herhalingen toe te staan bij sporters voor wie de aangebrachte variatie te overweldigend is. Differentieel leren gaat niet zozeer over de variaties als zodanig, maar over de veranderingen die daarmee worden bewerkstelligd en daarmee over de interactie tussen sporter en coach. Een mogelijkheid die Schöllhorn echter niet lijkt te willen onderkennen, is dat er ook sporters zijn die er niet in slagen om op basis van differentieel leren een gewenst bewegingspatroon te genereren en die beter uit de voeten kunnen met een meer gestructureerde, minder ruizige aanpak. Zeker gezien zijn nadruk op individualiteit is dit opmerkelijk.

Aanvullende kritiekpunten

In een Duitstalig artikel¹⁴ uit 2012 met daarin een kritische analyse van differentieel leren brachten de sportwetenschappers Künzell en Hossner nog vier aanvullende kritiekpunten naar voren, die ik hier omwille van de discussie kort bespreek en voorzie van mijn eigen waardering. Het eerste kritiekpunt luidt dat differentieel leren niet volgt uit de dynamische systeemtheorie. Künzell en Hossner wijzen er in dit verband op dat versterking van de ruis niet leidt tot een verandering van het



Bij open vaardigheden als voetbal, handbal, hockey en tennis bestaat per definitie zoveel vrijheid in de inrichting van het spel dat het relatief eenvoudig is om allerlei variaties aan te brengen.

attractorlandschap en dat de dynamische systeemtheorie als zodanig neutraal staat tegenover het al dan niet verschaffen van correctieve feedback. Ik ben het hiermee eens en beschouw de manier waarop Schöllhorn en de zijnen invulling geven aan het begrip stochastische resonantie als een uiting van hun vrijblijvende verhouding tot de dynamische systeemtheorie. Het tweede kritiekpunt luidt dat de afgrenzing van differentieel leren ten opzichte van cognitieve benaderingen, waaronder de schematheorie en het contextuele interferentie-model, te wensen overlaat. Programmeringstheorieën baseren zich niet op gedefinieerde ideaalbewegingen en houden ook niet in dat bewegingen worden 'ingeslepen'. Hoewel ik ook dit kritiekpunt onderschrijf, bestaat de stromantheorie van traditioneel leren (zie tabel 1) uit de aannames die Schöllhorn kent vanuit de sportpraktijk; traditioneel leren is geen psychologische (leer)theorie en moet ook niet als zodanig worden beoordeeld. Het derde kritiekpunt luidt dat er geen empirisch bewijs is voor de werkzaamheid van differentieel leren. Volgens Künzell en Hossner ontbreekt gedegen onderzoek en voldoen de analyse en interpretatie van data niet aan de wetenschappelijke standaarden dienaangaande. Hoewel ik deze kritiek

herken, geven (al dan niet) systematische reviews en meta-analyses, zoals nog zal blijken, aanleiding tot een genuanceerder beeld. Het vierde en laatste kritiekpunt betreft de verhouding tot de sportpraktijk. Künzell en Hossner stellen dat differentieel leren voor die praktijk niets nieuws heeft opgeleverd. Volgens hen wordt in de sport al veel rekening gehouden met individualiteit en variatie. Bovendien is door het ontbreken van toereikende definities voor het aanbrengen van variatie de praktische toepasbaarheid van differentieel leren in de sportpraktijk gebrekkig. Dit kritiekpunt is naar mijn mening te zwaar aangezet. De intrede van differentieel leren in de sport heeft daar aantoonbaar veel los gemaakt. Onderwerpen als individualiteit, variatie en optimaal oefenen en leren zijn onder hernieuwde, geïntensiverde aandacht van coaches en sporters gebracht met nieuwe trainingsvormen als gevolg, ook al bestond er al aandacht voor deze onderwerpen in de sportpraktijk (zoals reeds bleek uit van Nieuwstadts NRC-artikel⁴).

Empirisch bewijs

In 2019 hebben Serrien et al.¹⁵ een kritische review met meta-analyse over differentieel leren uitgevoerd, die zij pas recent hebben gepubliceerd

op het Open Science Framework, een platform voor het delen van verschillende aspecten en producten van wetenschappelijk onderzoek. De meta-analyse toonde op basis van 16 studies, waarvan het gros met Schöllhorn als (co-)auteur, aan dat differentieel leren effectiever was dan traditionele leermethoden, vooral voor wat betreft retentie en in mindere mate voor acquisitie. Het risico van (publicatie)bias bleek echter hoog te zijn, waardoor slechts beperkt vertrouwen in de resultaten van de meta-analyse kon worden gesteld. Bovendien bleek een vergelijking met andere dan traditionele leermethoden onmogelijk vanwege het ontbreken van onderzoek hiernaar. In 2021 werd in essentie door dezelfde onderzoeksgroep andermaal een (dit keer systematische) review en meta-analyse over differentieel leren gepubliceerd met in essentie dezelfde resultaten.¹⁶ In dit onderzoek werden 27 studies geïncludeerd met in totaal 31 experimenten, waarvan nog eens 4 studies en 4 experimenten werden geëxcludeerd vanwege onvoldoende gerapporteerde data. Onder de geïncludeerde studies bevond zich andermaal een fors aantal studies (11) met Schöllhorn als (co-)auteur. De meeste studies hadden maar een klein aantal proefpersonen en dus een lage statistische power. De heterogeniteit van de studies bleek groot te zijn, zowel voor wat betreft acquisitie als retentie, en het risico op (publicatie)bias bleek andermaal hoog te zijn. In vergelijking met andere leermethoden (waaronder dit keer niet alleen traditioneel leren, maar ook contextuele interferentie) werd in de meta-analyse een kleine effectgrootte (0.26) gevonden voor acquisitie en een medium effectgrootte (0.61) voor retentie ten gunste van differentieel leren. Gezien de geconstateerde methodologische tekortkomingen zou het volgens de auteurs ook op basis van deze studie voorbarig zijn om te concluderen dat differentieel leren effectiever is dan andere methoden van motorisch leren.

Conclusies

Schöllhorns theorie over differentieel leren verdient een gedifferentieerd oordeel. De theorie heeft ervoor gezorgd dat veel coaches, sporters en onderzoekers anders over het aanleren van motorische vaardigheden zijn gaan nadenken en geïnspireerd raakten om nieuwe oefenmethoden te ontwerpen. Dat alleen al verdient waardering. Kritische analyse van de theorie brengt echter conceptuele onduidelijkheden en ongerijmdheden aan het licht, die tot de conclusie leiden dat differentieel leren niet een coherente theorie is waar eenduidig toetsbare voorspellingen uit zijn af te leiden. Daarvoor worden de centrale begrippen, zoals stochastische resonantie en ruisniveau, te kwalitatief en te metaforisch gebruikt. Een eenduidige, operationele definitie van deze begrippen in termen van objectieve meetgegevens ontbreekt. Dit is een gemiste kans omdat, zoals ik in mijn vorige artikel heb betoogd,³ hierin juist de kracht schuilt van de dynamische systeemtheorie. Hoewel de theorie over differentieel leren is geïnspireerd door de dynamische systeemtheorie, is deze vooral een antwoord op discutabele aannames over motorisch leren in de sportpraktijk, waaronder (aldus Schöllhorn²) de nadruk op fouten, het inslijpen van bewegingen en de sturende centrale rol van ideale uitvoeringstechnieken de belangrijkste zijn.

Op de oefen- en trainingspraktijk in de sport heeft de theorie over differentieel leren, ondanks het ontbreken van duidelijke richtlijnen voor het gebruik ervan, veel invloed gehad. Succesvolle toepassing van de theorie in de praktijk vraagt om een scherpe blik van de coach om te bepalen welke aspecten van de individuele bewegingstechniek door middel van differentieel leren kunnen worden verbeterd en wat hier dan geschikte oefeningen voor zijn. Het vergt ook het nodige van de sporter die erop moet vertrouwen dat de aangebrachte variaties in het oefen- en trainingsproces waardevol zijn; het is van belang dat de sporter zich daarvoor openstelt. Welke oefeningen bij welke sporter aanslaan en tot een goed leerresultaat leiden, is vooralsnog een proefondervindelijk proces. In het algemeen geldt dat er in de sportpraktijk een grote behoefte bestaat aan het vertalen van wetenschappelijke inzichten in concrete oefeningen en trainingselementen. Het is opmerkelijk dat differentieel leren ondanks het goeddeels ontbreken daarvan toch een vlucht heeft genomen in de sport.

Het is evenzo opmerkelijk dat deze vlucht in het wetenschappelijk onderzoek tot dusver achterwege is gebleven. Bijna een halve eeuw onderzoek heeft slechts 23 studies opgeleverd die van voldoende kwaliteit waren om opgenomen te worden in een meta-analyse.¹⁶ Dat is ongeveer één studie per jaar, waarvan dan ook nog eens een groot aantal mede is uitgevoerd door de ontwerper van de onderzochte theorie. Collectief laten die studies weliswaar een licht positief effect zien voor differentieel leren voor acquisitie en een medium effect voor retentie in vergelijking met andere leermethoden, in het bijzonder traditioneel leren, maar hardere conclusies dan deze zijn uit dit onderzoek niet te trekken vanwege diverse methodologische beperkingen. Twaalf jaar na het publiceren van mijn eerste verhandeling over differentieel leren in *Sportgericht*¹ heeft het onderzoek nog steeds niet geleid tot een stevigere onderbouwing van de meerwaarde ervan. Het blijft daarmee niet meer dan een beloftevolle methode, waarvoor het empirische bewijs nog altijd beperkt is, de door Schöllhorn en de zijnen geclaimde meerwaarde ten spijt.

Over de auteur

Prof. dr. **Peter J. Beek** is hoogleraar Coördinatie-dynamica bij de afdeling Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam, waar hij 12 jaar de functie van decaan heeft vervuld. Sinds 2017 fungeert hij als coördinator van de wetenschappelijke ondersteuning van het zwemmen bij InnoSportLab De Tongelreep en de KNZB.

1. Beek PJ (2011). Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining (deel 5): Motorisch leren: het belang van random variatie in de uitvoering. *Sportgericht*, 65 (5), 30-35.
2. Schöllhorn W (1999). Individualität – ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport*, 29 (2), 5-12.
3. Beek PJ (2023). Motorisch leren, een update. Deel 6: De dynamische systeemtheorie. *Sportgericht*, 77 (5), 2-11.
4. Nieuwstadt M van (2011). Winnen met bokkesprongen. *NRC Handelsblad*, 5 en 6 februari 2011, 6-7.
5. Beek PJ (2023). Motorisch leren, een update. Deel 4: Variabel oefenen volgens de schematheorie. *Sportgericht*, 77 (3), 2-9.
6. Beek PJ (2023). Motorisch leren, een update. Deel 5: Contextuele interferentie, een mythe? *Sportgericht*, 77 (4), 16-21.
7. Schöllhorn WI et al. (2004). Nie das Richtige trainieren, um richtig zu spielen. *Leistungssport*, 34 (5), 13-17.
8. Schöllhorn WI (2011). Erfolg durch Abwechslung. *Physiopraxis*, 9 (6), 32-35.
9. Benzi R et al. (1981). The mechanism of stochastic resonance. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 14 (11), 453-457.
10. Benzi R et al. (1982). Stochastic resonance in climatic change. *Tellus*, 34 (1), 10-16.
11. [https://en.wikipedia.org/wiki/Stochastic_resonance_\(sensory_neurobiology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Stochastic_resonance_(sensory_neurobiology))
12. Priplata A et al. (2002). Noise-enhanced human balance control. *Physical Review Letters*, 89 (23), 238101.

13. McDonnell MD & Abbott D (2009). What is stochastic resonance? Definitions, misconceptions, debates, and its relevance to biology. *PLoS Computational Biology*, 5 (5), e1000348.
14. Schöllhorn WI et al. (2009). Increasing stochastic perturbations enhances acquisition and learning of complex sport movements. In: D Araujo, H Ripoll & M Raab (eds.), *Perspectives on Cognition and Action in Sport*, pp. 59-73. Berlin: Nova Science Publishers.
15. Schöllhorn WI et al. (2009). Time scales of adaptive behavior and motor learning in the presence of stochastic perturbations. *Human Movement Science*, 28, 319-333.
16. https://www.youtube.com/watch?v=S8F0zAH_kjg&t=1110s
17. <https://www.youtube.com/watch?v=U2AMfyyUt5c>
18. Künzell S & Hossner EJ (2012). Differenzielles Lehren und Lernen: eine Kritik. *Sportwissenschaft*, 42, 83-95.
19. Serrien B et al. (2019). A critical review on the theoretical framework of differential motor learning and meta-analytic review on the empirical evidence of differential motor learning. <https://osf.io/preprints/sportrxiv/6jqeg>
20. Tassignon B et al. (2021). An exploratory meta-analytic review on the empirical evidence of differential learning as an enhanced motor learning method. *Frontiers in Psychology*, 12:533033.