

Differenzielles und Mentales Training im Tennis

Das Training im Tennis ist wie bei kaum einer anderen Sportart nach Vorbildern ausgerichtet. Diese Vorbilder dienen dabei häufig neben der Optimierung einer Technik auch der Gestaltung von Trainingsinhalten, -methoden und -umfängen: „Wer siegen möchte wie Roger Federer (oder ein anderes, jeweils aktuelles Vorbild), der muss auch spielen und somit trainieren wie Roger Federer“, scheint die dahinter stehende Strategie zu sein. Ausgehend von optimalen Techniken, wie sie für alle Athleten unterschiedlichen Alters und Geschlechts mit mehr oder weniger individuellen Abweichungen auch zeitlich überdauernd als dieselben angenommen werden, wird im Training versucht, sich diesen anhand zahlreicher Wiederholungen sukzessive anzunähern. Zur Steigerung der Wiederholungszahlen auf zentralnervöser Ebene wird u.a. neben den aktiven Bewegungsausführungen auf passive Wiederholungen mittels mentalem Training zurückgegriffen. Alternativ geht der differenzielle Lehr- und Lernansatz von sich ständig ändernden und individuell optimalen Techniken aus. Zahlreiche Untersuchungen in anderen Sportarten weisen deutliche Vorteile gegenüber den skizzierten, traditionellen Vorgehensweisen auf und empfehlen ein Überdenken der Annahmen traditioneller Trainingsformen.

Anhand zweier Studien wird dargestellt, inwiefern sich der differenzielle Lernansatz auf die Sportart Tennis übertragen lässt (Experiment 1) und inwiefern sich das differenzielle Training durch mentales Training unterstützen lässt (Experiment 2). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass a) die Resultate bisheriger Untersuchungen zum differenziellen Lernen auch auf den Tennissport übertragen werden können, und b) der Einsatz mentalen Trainings grundlegend überdacht werden sollte.

Eingegangen: 14.4.2009

1. Einleitung

Vor allem für das Training im Leistungssport ist die Orientierung an den momentan leistungsstärksten Athleten eine übliche Vorgehensweise. Im Allgemeinen wird dabei der momentane Leistungszustand eines Athleten anhand ausgewählter Merkmale mit den Merkmalsausprägungen von Spitzenathleten verglichen und aus den Differenzen auf die Trainingsinhalte geschlossen. Diese auf den ersten Blick plausibel erscheinende und primär historisch bedingte Vorgehensweise weist bei genauerer Betrachtung grundlegende Probleme mit entsprechenden leistungslimitierenden Konsequenzen auf. Diese Probleme sind im Wesentlichen mit zwei impliziten Annahmen verbunden: erstens, einer personunabhängigen Idealtechnik und, zweitens, ihrer Zeitunabhängigkeit.

In Bezug auf die Personunabhängigkeit stehen die bekannten Schwierigkeiten bei der Schlussfolgerung von Gruppenmittelwerten auf Individuen in enger Verbindung mit der Problematik der Schlussfolgerung von einem einzelnen Topathleten auf einen anderen (z.B. aufgrund der Übereinstimmung einiger Merkmale, wie z.B. der Anthropometrie). Beide Schlüsse setzen, entsprechend einer historisch bedingten engen Wissenschaftsdefinition, die Existenz einer personunabhängigen idealen Technik voraus. Diese Annahme wird seit geraumer Zeit durch die Möglichkeit der Erkennung von Personen anhand ihres Bewegungsablaufs unabhängig von Leistungsniveau, Alter oder Geschlecht grundlegend in Frage gestellt (Bauer & Schöllhorn, 1997; Schöllhorn & Bauer, 1998; Schöllhorn, Nigg, Stefanyshyn & Liu, 2002). Diese Identifizierung von Personen ist jedoch aus traditioneller Sicht mit der Schwierigkeit verbunden, den oder die vermeintlich richtigen Topathleten als Vorbild für Nachwuchsatleten auszuwählen. Betrachten wir die Technik eines jeden Weltklasseathleten hingegen als eine einmalige, auf ihre individuellen Bedingungen optimal angepasste Technik, so gleicht das Vorhaben, sich zu eng an einem Vorbild zu orientieren, eher einem Versuch, mit der Kopie das Niveau des Originals zu übertreffen, als heutige Talente zu zukünftigen Topathleten heranzuziehen.

Unbeachtet ist hierbei das mit der Zeitunabhängigkeit eng verbundene Phänomen, dass sich eine momentan vorherrschende Idealtechnik für einen Nachwuchsatleten vom Beginn seines Trainings im Kindes- oder Jugendalter an bis zum Erreichen seines Ziels im Erwachsenenalter ständig ändert, wie es uns durch die historische Entwicklung von sportlichen Techniken z.B. im Hochsprung (Straddle, Flop) oder im Skisprung (Flugphase mit parallelen Ski bzw. mit V-Position) demon-

striert wird. Erschwert wird das Problem des Vorbildlernens hierbei noch zusätzlich durch mangelndes Wissen um die komplexen Wechselwirkungen des menschlichen Organismus und durch die Änderung einzelner Parameter im Laufe verschiedener Zeitskalen/-rhythmen. Die Änderung der Technikvorbilder über die Zeit und die Änderungen des menschlichen Organismus im Rahmen von zirkadianen Rhythmen bzw. von Lern- und Entwicklungsprozessen werden im traditionellen Trainingsansatz mittels Modelllernen weitestgehend als zeitkonstant vernachlässigt. Veränderungen sind demnach auf verschiedenen Zeitskalen und Rhythmen zu beobachten. Sind die Zeitskalen der Vorbilder etwas länger, dafür auch oft spontaner, so können die Zeitskalen der organismischen Veränderungen als deutlich kürzer betrachtet werden. Den kurzen Zeitskalen lassen sich auch weite Teile der Theorie des mentalen Trainings zuordnen, wird dort doch versucht, durch mentales Wiederholen auf frühere Ereignisse zurückzugreifen. Der Vorschlag leistungsspezifischer und entwicklungsabhängiger Idealmodelle kann hierbei lediglich als ungenügender Lösungsvorschlag betrachtet werden, sind sie im besten Fall doch nur eine Notlösung bzw. ein Zwischenschritt zu individuellen und situationsabhängigen Idealtechniken.

Ein Vorschlag, der sowohl die Individualität als auch die Situationspezifität in den Lehr- und Lernprozess bereits von Beginn an integriert, ist der differenzielle Lehr- und Lernansatz nach Schöllhorn (1999). Durch ständige Variationen der Bewegungsausführungen um einen weit gefassten Zielbereich mit Verzicht auf Wiederholung und Korrektur wird dabei ein selbstorganisierender Lernprozess initiiert, der es den Athleten erlaubt, individuelle Optima situationspezifisch in kürzerer Zeit zu erreichen. Untersuchungen zum differenziellen Lernen im Bereich Fußball (Schöllhorn, Sechelmann, Trockel & Westers, 2004; Schöllhorn, Michelbrink, Beckmann, Trockel, Sechelmann & Davids, 2006) und Kugelstoßen (Beckmann & Schöllhorn, 2003, 2006) zeigen im Vergleich zu traditionellen Vorgehensweisen höhere Aneignungs- und Lernleistungen. Interessanterweise sind die Lernleistungen nach Abschluss der Intervention nicht nur mit einem geringeren Leistungsabfall verbunden als bei klassischem oder Kontextinterferenz-Lernen, sondern weisen sogar noch einen im Vergleich zum Posttest weiteren Leistungsanstieg auf. Neben den individuell größeren Leistungszuwächsen deuten vor allem abnehmende Leistungsvarianzen auf optimierte situative Anpassungen der Athleten hin (Beckmann & Schöllhorn, 2006).

Im Folgenden werden zwei Experimente im Tennis vorgestellt, die die Effektivität verschied-

TAB. 1 Schematische Darstellung des Versuchdesigns

	Pretest	Treatment	Zwischentest	Treatment	Posttest	Pause	Retentionstest
		4 Wochen à 2 TE, insgesamt 720 Aufschläge		2 Wochen à 2 TE, insgesamt 360 Aufschläge		2 Wochen	
Gruppe „funktional“	3 x 4 Aufschläge von rechts und	Funktionales Training nach DTB-Lehrplan	vgl. Pretest	Funktionales Training nach DTB-Lehrplan	vgl. Pretest	kein Training	vgl. Pretest
Gruppe „differenziell“	3 x 4 Aufschläge von links in die Zielfelder 1 bis 4 (vgl. Abb. 1)	Differenzielles Training nach Schöllhorn (1999)		Differenzielles Training nach Schöllhorn (1999)		kein Training	

TE = Trainingseinheit

dener Trainingsinterventionen in Bezug auf die Zielpräzision beim Aufschlag miteinander vergleichen (Humpert, 2004; Oelenberg, 2006). Im ersten Experiment liegt der Fokus auf dem Effektivitätsvergleich von klassischem Aufschlagtraining nach Empfehlungen des Deutschen Tennis Bunds (Deutscher Tennis Bund, 1995, 1996; Schönborn, 2000) und Aufschlagtraining nach dem Differenziellen Lehren und Lernen (Schöllhorn, 1999). Im zweiten Experiment wird untersucht, inwiefern ein nach der Interventionsphase zusätzlich durchgeführtes mentales Training einen Einfluss auf die Zielgenauigkeit des Tennisaufschlags hat.

2. Experiment I

Untersuchungsmethodik

An der vorliegenden Studie nahmen 12 Versuchspersonen (3 weiblich, 9 männlich) im Alter von 17 bis 34 Jahren mit Bezirks- und Verbandsliganiveau und langjähriger Spielerfahrung teil. Zum Zeitpunkt der Studie spielten alle Versuchspersonen aktiv im jeweiligen Ligabetrieb. Darüber hinaus verpflichteten sich alle Versuchspersonen dazu, während des Untersuchungszeitraums kein spezielles Aufschlagtraining durchzuführen. Das Experiment wurde als Pre-Posttest-Design mit einem Zwischentest und einem Retentionstest arrangiert (vgl. Tab. 1).

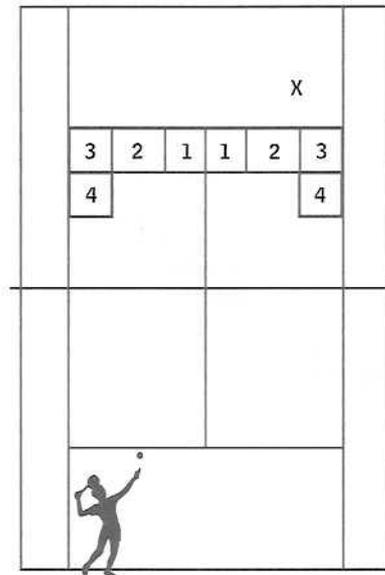
Die Testaufgabe bestand in der regelkonformen Ausführung von 3 x 4 Aufschlägen von rechts und 3 x 4 Aufschlägen von links in das gegnerische Aufschlagfeld, in dem vier Zonen zu treffen waren (vgl. Abb. 1). Die Abmessung der

Zielfelder 1, 3 und 4 betrug 1,30 x 1,60 m und die des Zielfelds 2 1,52 x 1,60 m. Sämtliche Tests wurden auf einem Ascheplatz durchgeführt. Nach einer 10-minütigen Aufwärmphase absolvierte jede Versuchsperson drei Durch-

gänge von der rechten und drei Durchgänge von der linken Seite. In jedem Durchgang sollten die Versuchspersonen nacheinander die Zielfelder 1 bis 4 anspielen. Die Aufschlagtechnik wurde den Versuchspersonen freigestellt (Topspin, Slice, ohne Drall). Für die Zielfelder 1, 3 und 4 wurden aufgrund ihrer Größe und der taktisch günstigen Lage im Spielfeld jeweils 5 Punkte vergeben, für das größere Zielfeld 2, das sich zudem in unmittelbarer Reichweite eines Gegners befände, wurden 3 Punkte vergeben. Verfehlten die Versuchspersonen das jeweils anzuspielende Zielfeld, trafen jedoch eines der anderen Felder oder das Aufschlagfeld, so erhielten sie 1 Punkt; für einen fehlerhaften Aufschlag (Netz, Aus) wurden keine Punkte vergeben. Somit konnten in jedem Test maximal 108 Punkte erzielt werden. Jede Versuchsperson schlug so lange auf, bis 5 gültige Aufschläge gemessen waren, jedoch insgesamt höchstens 10-mal.

Anhand der Ergebnisse des Eingangstests wurde die Stichprobe parallelisiert, d.h., in zwei Gruppen à 6 Versuchspersonen mit annähernd gleichem Ausgangsniveau aufgeteilt. Die Gruppe „funktional“ absolvierte anschließend ein Aufschlagtraining nach der im Tennis-Lehrplan (Deutscher Tennis Bund, 1995, 1996; Schönborn, 2000) vorgeschlagenen technikorientierten Konzeption des funktionsanalytischen Ansatzes. Die Gruppe „differenziell“ absolvierte ein Aufschlagtraining nach dem Ansatz des Differenziellen Lehrens und Lernens (Schöllhorn, 1999). Der Interventionszeitraum beider Gruppen betrug sechs Wochen mit zwei Trainingseinheiten pro Woche (in denen jeweils ca. 90 Auf-

ABB. 1 Testaufbau



Schematische Darstellung des Testaufbaus (Aufsicht). Dargestellt ist (aus Sicht der Versuchsperson) ein Aufschlag von links auf die Zielfelder 1-4 auf der rechten Seite. Das X markiert die Position des Protokollanten

schläge absolviert wurden). Nach vier Wochen (und ca. 720 Aufschlägen) erfolgte ein Zwischentest, nach weiteren zwei Wochen (und 360 Aufschlägen) der Posttest (vgl. Tab. 1). Die Trainingseinheiten der Gruppe „funktional“ standen jeweils unter einem bestimmten Thema und waren von hohen Wiederholungszahlen und zahlreichen Fehlerkorrekturen geprägt. Im Training der Gruppe „differenziell“ wurden Variationen für die Gelenkwinkel, Gelenkwinkelgeschwindigkeiten, Gelenkwinkelbeschleunigungen, den Rhythmus sowie für die Positionen und Ziele des Aufschlags auf dem Tennisplatz gefunden und so miteinander kombiniert, dass möglichst große Differenzen zwischen zwei aufeinander folgenden Bewegungsausführungen entstanden (Schöllhorn, 2003). Auch wurden Bewegungen nicht korrigiert und Fehler nicht beschrieben. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte durch den Wilcoxon- und den Friedman-Test. Das Signifikanzniveau wurde gemäß statistischer Konventionen auf $p = 0.05$ festgelegt (Bortz, 2005).

Untersuchungsergebnisse

Bei gleichen Präzisionsleistungen im Eingangstest erkennt man eine stetige Verbesserung der differenziellen Gruppe (vgl. Abb. 2). Die Leistungen der Gruppe „funktional“ bleiben bei allen weiteren Messzeitpunkten unter den Leistungen der Gruppe „differenziell“. Im Unterschied zur differenziellen Trainingsgruppe stagniert die Leistung der funktionalen Gruppe vom Post- zum Retentionstest. Statistisch betrachtet zeigt, die differenzielle Trainingsgruppe zwischen allen Messzeitpunkten signifikante Steigerungen in der Präzisionsleistung (Pretest-Zwischentest $p = 0.03$; Zwischentest-Posttest $p = 0.04$; Posttest-Retentionstest $p = 0.05$), wohingegen die funktionale Gruppe lediglich zwischen dem Eingangs- und dem Zwischentest einen signifikanten Leistungszu-

wachs in Bezug auf die Aufschlagspräzision aufweist ($p = 0.03$).

Die Leistungsunterschiede der beiden Gruppen sind bis zum Ausgangstest nicht signifikant. Im Retentionstest wird das Signifikanzniveau erreicht ($p = 0.05$; vgl. Bortz, 2005). Die Änderungen der Geschwindigkeitsleistungen liegen im Bereich des Messfehlers und werden daher nicht interpretiert. Die Aufschlaggeschwindigkeiten der gesamten Gruppe lagen zwischen 100 und 150 km/h.

Diskussion

Das differenzielle Aufschlagtraining zeigt einen ähnlichen Trend, wie er bereits bei Experimenten im Volleyball (Römer, Schöllhorn, Jaitner & Preiß, 2003; Schöllhorn & Paschke, 2007), Fußball (Schöllhorn et al., 2006; Schöllhorn, Sechelmann, Trockel & Westers, 2004), Handball (Pfeiffer & Jaitner, 2003) und im Kugelstoßen (Beckmann & Schöllhorn, 2003, 2006) beobachtet wurde. Hier wurden Vorteile des differenziellen Trainings gegenüber der traditionellen, funktionalen Lehrweise während der Aneignungsphase ermittelt. Diese Vorteile werden im Retentionstest entsprechend den Ergebnissen im Kugelstoßen signifikant größer. Im Unterschied zu klassischen Trainingsansätzen lassen sich nicht nur während der aktiven Aneignungsphase, sondern auch in der anschließend passiven Retentionsphase Leistungssteigerungen bei den Spielerinnen und Spielern beobachten. Es handelt sich hierbei wie im Experiment zum Kugelstoßen nicht nur um einen reduzierten Gedächtnisverlust, wie er beim Kontextinterferenz-Lernen (Brady, 2004; Magill & Hall, 1990; Wiemeyer, 1998) vielfach beobachtet wurde, sondern um eine Lernleistung, die sich als fortwährende Leistungssteigerung äußert. Die Leistungsentwicklung nach Abbruch des Trainings wird als Auswirkung eines selbstorganisierten „Lernprozesses“ interpre-

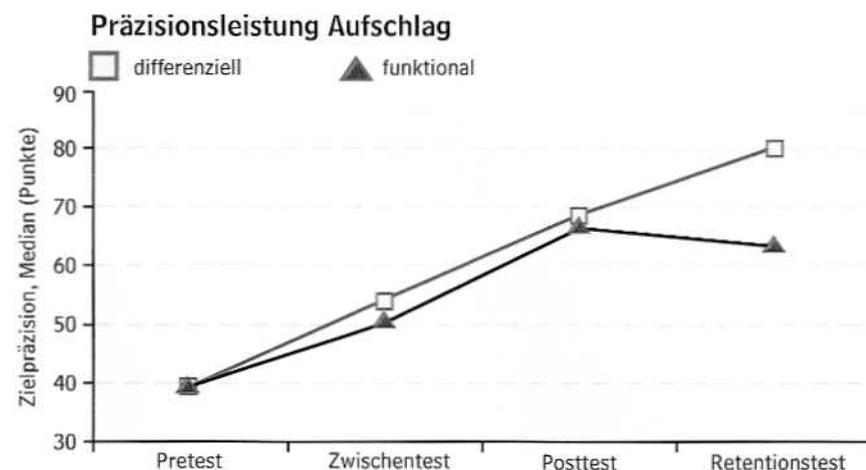
tiert, die auf die Interpolationsfähigkeit infolge eines gezielten Differenzen-Lernens zurückgeführt werden kann. Ohne weiteren Einfluss eines Trainers oder Lehrers scheint das System sich weiter zu reorganisieren, um in der neuen Situation der Aufschläge im Gedächtnis-/Retentionstest entsprechend den veränderten äußeren und inneren Randbedingungen schnell und adäquat zu reagieren (Schöllhorn, 1999).

Hinweise auf veränderte innere wie äußere Randbedingungen lassen sich von Bernsteins Äußerung über das „Wiederholen ohne zu Wiederholen“ (Bernstein, 1967) und aus Überlegungen zur Variabilität (Hatze, 1986) theoretisch ableiten. Analoges ist mit dem Aporismus von Heraklit verbunden: „Du steigst niemals zweimal in den selben Fluss“. Im konkreten Fall führen diese Überlegungen dazu, dass selbst nach zehntausend Bewegungswiederholungen die zehntausendunterste Bewegung Elemente enthält, die in den vorangegangenen Bewegungsausführungen nicht zu beobachten waren. Spätestens hier stößt auch die Idee von Bewegungsprogrammen auf grundlegende Probleme, sind sie im Grunde doch für identische Ausführungen gedacht und damit per se nur im Rahmen eines starken Kausalitätsverständnisses anwendbar, wonach ähnliche Ursachen zu ähnlichen Wirkungen führen sollen. Gehen wir jedoch entsprechend der Einmaligkeit von Bewegungen auch nach mehreren tausenden Bewegungen von einer größeren Änderung aus, so stellt dies die Idee des Einschleifens einerseits und von Bewegungsprogrammen andererseits grundlegend in Frage.

Experimentelle Hinweise für Änderungen der inneren wie äußeren Bedingungen lieferte u. a. die Einzelfallstudie eines Diskuswerfers über mehrere Trainingseinheiten (Bauer & Schöllhorn, 1997). Eine nichtlineare Mustererkennungsanalyse mittels künstlicher neuronaler Netze lässt tagesabhängige Wurfmuster des Athleten über ein Jahr hinweg erkennen. Unter Berücksichtigung der ständigen Veränderungen innerer wie äußerer Bedingungen (Bernstein, 1967; Hatze, 1986) und der Individualität von Bewegungen (Schöllhorn, Nigg, Stefanyshyn & Liu, 2002) scheint es daher plausibel, Athleten von Beginn an auf einen größeren Lösungsraum in Bezug auf die jeweils spezifische Bewegungsaufgabe vorzubereiten und durch ständig ändernde Bewegungsausführungen auf sich ständig verändernde Randbedingungen einzustellen. Erfolgreiche Anwendungen einer solchen Strategie in anderen Forschungsbereichen sind in der Steuerung von Robotern (Miguelino, Lund & Nolfi, 1995) oder beim Lernenverhalten von Säuglingen und Kleinkindern (Thelen & Smith, 1994) zu beobachten.

Das in zahlreichen Experimenten zum differenziellen Training beobachtete Phänomen eines zusätzlichen Leistungsanstiegs während der Retentionsphase (Beckmann & Schöllhorn, 2006; Humpert & Schöllhorn, 2006) lieferte den Ausgangspunkt für das folgende Experiment II. Hinsichtlich der vielfach dokumentierten, jedoch nicht ganz eindeutigen Ergebnisse

ABB. 2 Medianwerte der Versuchsgruppen



Medianwerte der beiden Versuchsgruppen über vier Messzeitpunkte (Pre-, Zwischen-, Post- und Retentionstest)

des mentalen Trainings sollte hier überprüft werden, inwiefern ein mentales Training den Leistungsanstieg des differenziellen Lernens während einer Trainingspause gegebenenfalls noch verstärken kann, um damit einen Hinweis auf den möglicherweise kognitiven Hintergrund des Lernens in dieser Phase zu erhalten. Hierfür wurde das übliche Pretest-Posttest-Design mit Retentionstest dahingehend modifiziert, dass in der Aneignungsphase (Pretest-Posttest) alle Versuchspersonen motorisch nach dem Ansatz des Differenziellen Lehrens und Lernens trainierten. In der sich anschließenden Retentionsphase wurden die Versuchspersonen in drei Gruppen eingeteilt, von denen zwei Gruppen ein mentales Training absolvierten; die dritte Gruppe fungierte als Kontrollgruppe. Die Teilnehmer einer der beiden Versuchsgruppen lasen zusätzlich Literatur zum Tennisaufschlag im Sinne des Lernens durch Einsicht. Die Teilnehmer der anderen Gruppe absolvierten ein mentales Training aufgrund der aus der Literatur bekannten Vorteile bei fortgeschrittenen Anfängern (Driskell, Copper & Moran, 1994; Volpert, 1983).

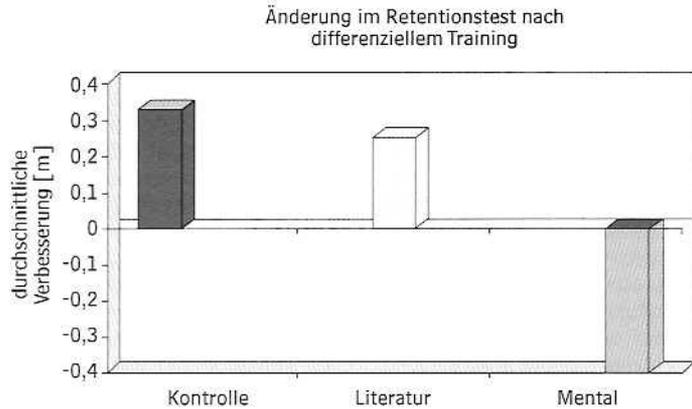
3. Experiment II

Untersuchungsmethodik

30 männliche und weibliche Tennisanfänger (Durchschnittsalter 23,7 Jahre) erhielten zunächst ein einheitliches 3-wöchiges differenzielles Aufschlagtraining mit insgesamt sechs Trainingseinheiten. Zum Abschluss der aktiven Trainingsphase führten sämtliche Teilnehmerinnen und Teilnehmer nach einem normierten Aufwärmprogramm einen Aufschlagtest durch, wobei mit fünf Versuchen auf einem regelkonformen Tennisfeld mit dem Aufschlag ein 0,8 x 0,8 m großes Quadrat im gegnerischen Aufschlagfeld getroffen werden sollte. Dieses Feld war in dem Bereich der Zielfelder 1 (linke Spielfeldhälfte) und 3 (rechte Spielfeldhälfte; aus Sicht des aufschlagenden Spielers) aus dem ersten Experiment lokalisiert (vgl. Abb. 1), sodass der aufschlagende Spieler den Ball auf die Rückhandseite seines Gegners spielen würde. Der Betrag der individuellen durchschnittlichen Abweichung vom Zentrum des Quadrats wurde als Maß für die parallelisierte Einteilung in 3 Gruppen à 10 Probanden gewählt. Die resultierenden Gruppen wurden einer Literaturgruppe, einer mentalen Trainingsgruppe und einer Kontrollgruppe zugeordnet. Die Literaturgruppe hatte in den drei folgenden Wochen 2-mal wöchentlich für jeweils 30 bis 45 Minuten zusätzliche Literatur zum Tennisaufschlag zu lesen, wohingegen die mentale Trainingsgruppe für drei Wochen 3-mal wöchentlich jeweils 60 Minuten mentales Training nach Draksal und Nittinger (2002) durchführte. Das mentale Training war in Anlehnung an Draksal und Nittinger (2002) und Eberspächer (1995) durch anfängliches autogenes Training zur Aktivationsregulation, Erstellung eines persönlichen Bewegungsdrehbuchs bzw. eine persönliche Bewegungsbeschreibung für subvokales Training, Visualisierungstraining, Wechsel von Visualisierungsperspektiven, progressive Muskelent-

ABB. 3

Veränderung der Zielpräzision



Darstellung der durchschnittlichen Veränderung der Zielpräzision nach der Phase des mentalen Trainings

spannung und Arbeiten mit Knotenpunkten der Aufschlagbewegung charakterisiert.

Die Kontrollgruppe hatte entsprechend den früheren Experimenten zum differenziellen Lernen keine speziellen Aufgaben in Bezug auf den Tennisaufschlag während der 3-wöchigen Retentionsphase auszuführen. Die optimale Stichprobengröße von $n = 10$ und eine Effektgröße von $\epsilon = 0.6$ wurden vorab festgelegt. Die Daten wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse statistisch überprüft. Zur statistischen Überprüfung der Ergebnisse zwischen den Gruppen wurde der Scheffé-Test durchgeführt.

Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse zum Experiment über den Einfluss zusätzlicher kognitiver Maßnahmen im Anschluss an differenzielles Aufschlagtraining zeigen entsprechend dem ersten Experiment für die Kontrollgruppe einen Leistungsanstieg von 0,33 m während der Retentionsphase. Die Literaturgruppe zeigt ebenfalls einen Leistungsanstieg (0,25 m), wohingegen die mentale Trainingsgruppe einen deutlichen Leistungsabfall um -0,61 m aufweist (vgl. Abb. 3). Die einfaktorielle ANOVA ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen beim Zwischentest. Im Retentionstest hingegen konnten signifikante Unterschiede zwischen mindestens zwei Gruppen ermittelt werden ($F = 3,613$; $df = 2$; $p = 0.041$). Der Scheffé-Test führte zu einem signifikanten Unterschied ($p = 0.047$) zwischen der Leistung der Kontrollgruppe und der Leistung der mentalen Gruppe.

Diskussion

Ähnlich den früheren Experimenten zum Kugelstoßen (Beckmann & Schöllhorn, 2006) und dem o.g. ersten Experiment kann bei differenziellem Training davon ausgegangen werden, dass durch eine enorme Vielfalt im Aneignungsprozess der mögliche Lösungsraum im Bereich des Tennisaufschlags so weit abgetastet wird, dass er selbst nach drei Wochen noch zu einer

Leistungssteigerung führt. Analog kann von einer individuell optimierten Anpassung an veränderte äußere und innere Bedingungen ausgegangen werden.

Die ursprüngliche Intention, den Leistungsfortschritt im Anschluss an differenzielles Training durch zusätzliches mentales Training zu steigern, misslang. Dieses Ergebnis ist auf den ersten Blick überraschend, berücksichtigt man, dass mentales Training für gewöhnlich ein begünstigender Effekt durch zusätzliches Wiederholen und Einschleifen von Bewegungsprogrammen zugeschrieben wird (Driskell et al., 1994; Eberspächer, 1995). Bei etwas differenzierter Betrachtung lässt sich dieser scheinbare Widerspruch jedoch plausibel auflösen. Nach den Annahmen des differenziellen Lernens handelt es sich bei einem lernenden System um ein sich ständig änderndes System, das sich nicht nur an sich ständig ändernde äußere, sondern auch an sich ständig ändernde innere Bedingungen individuell anpasst. Entsprechend dieser Annahme kann bei einer 3-wöchigen Retentionsphase von einer größeren Änderung der Randbedingungen des Athleten ausgegangen werden, auf die das ursprünglich erlernte und dann mit mentalem Training eingeschliffene „Bewegungsprogramm“ nicht mehr abgestimmt ist. Die im Rahmen des mentalen Trainings ständig vorgestellte und mental wiederholte Bewegung stammte aus der Zeit des aktiven differenziellen Trainings und damit aus einer Zeit, in der mit großer Wahrscheinlichkeit andere physische wie kognitive oder psychische Bedingungen des Athleten vorherrschten. Die ursprünglich im Rahmen der Aneignungsphase erlernte Bewegungsplanung und -ausführung wurde offensichtlich für andere innere Bedingungen des Athleten entworfen, als sie mittlerweile nach der Retentionsphase vorherrschten. Durch das mentale Training während der Retentionsphase kann von einem „kognitiven Festhalten“ an den ehemaligen inneren Bedingungen ausgegangen werden, das den Veränderungen der Athleten nicht gerecht wurde. Im Vergleich zu dem differenziellen Training während der Aneignungsphase scheint mentales Training durch das Festhalten an ehe-

mals erlernten, vermeintlich optimalen Bewegungsprogrammen mit Knotenpunkten etc. die Bewegungsvielfalt bzw. -variation eher einzuschränken, und die Effekte des differenziellen Trainings scheinen der Richtung einer optimierten Selbstorganisation entgegenzuwirken. Im Unterschied zur mentalen Trainingsgruppe zeigen die Literatur- und die Kontrollgruppe Leistungssteigerungen sogar noch in der Retentionsphase. Offensichtlich führt jedoch auch die nicht auf die eigene Person bezogene Beschäftigung mit Literatur zum Tennisaufschlag zu veränderten Reaktionen im Vergleich zum mentalen Training, obwohl beide Ansätze sich mit vermeintlichen Aufschlagsidealen befassen. Auf der Basis eines optimalen Variationsumfangs scheint mentales Training in Verbindung mit klassischem, einschleifendem Training eine Vergrößerung der Variation darzustellen und damit zu positiven Effekten zu führen. Wird die Variation jedoch im Sinne des differenziellen Lernens deutlich vergrößert, stellt mentales Training eine Verringerung der Variation dar und resultiert in einer Leistungsreduktion oder einem verminderten Leistungszuwachs. Analoge Befunde liegen aus dem Forschungsstand zum Kontextinterferenz-Lernen vor. So konnte Wright (1991), basierend auf der Elaborationshypothese von Shea und Morgan (1979), zeigen, dass kognitive Aufgaben zusätzlich zu den motorischen Aufgaben nur dann einen positiven Effekt auf die motorische Aufgabe hatten, wenn diese entsprechend hohe Ansprüche stellte.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Beide Experimente zum Training des Tennisaufschlags bestätigen vorhergesagte Effekte (Schöllhorn, 1999) und bereits durchgeführte Experimente in Bezug auf die Effekte des differenziellen Lehrens und Lernens: In beiden Experimenten zeigen die nach dem Konzept des differenziellen Lernens trainierenden Versuchsgruppen mindestens gleich große Leistungsfortschritte im Vergleich zum traditionellen Techniktraining in der Aneignungsphase. Zurückzuführen ist dieser Effekt auf die Steigerung der Variation der Bewegungsausführung im Sinne eines kritischen Verständnisses. Darüber hinaus zeigen die Versuchsgruppen, die in der Aneignungsphase differenziell trainiert haben, in der Retentionsphase nicht nur einen reduzierten Leistungsabfall, wie er für das Kontextinterferenz-Lernen typisch zu sein scheint, sondern einen weiteren Leistungsanstieg im Anschluss an das Aneignungstraining. Wie lange diese weitere Leistungssteigerung anhält, ist Gegenstand laufender Forschung. Die Ergebnisse des zweiten Experiments weisen darauf hin, dass sich ein mentales Training im Anschluss an ein differenzielles Techniktraining negativ auf den Lernverlauf auswirkt, da es offensichtlich den Änderungen des Systems Athlet über einen vergleichbaren Zeitraum nicht gerecht wird und im Vergleich zum differenziellen Training die Vielfalt der Bewegungsplanung enorm einschränkt. Inwiefern ein mentales Training nach dem Konzept des diffe-

renziellen Lernens zu veränderten Effekten führt, bedarf weiterer Forschung. In diesem Zusammenhang wären auch Effekte in Bezug auf eine parallele und nicht sukzessive Anwendung von differenziellem und mentalem Training von Interesse.

Insgesamt deuten die Befunde neben den bislang bekannten Effekten des differenziellen Lernens in Bezug auf das Aneignen, Stabilisieren und Behalten von Bewegung vor allem in Verbindung mit den hier beobachteten Effekten beim mentalen Training auf ein Überdenken traditioneller Modelle zum Bewegungslernen und zur Bewegungskontrolle hin. Dafür sprechen die Vielzahl der mittlerweile erfolgreich durchgeführten Experimente und die möglichen Konsequenzen für die Sportpraxis (vgl. Schöllhorn et al., 2008, eingereicht).

*

Literatur

- Bauer, H. U. & Schöllhorn, W. (1997). Self-organizing maps for the analysis of complex movement patterns. *Neural Processing Letters*, 5, 193-199.
- Beckmann, H. & Schöllhorn, W. I. (2003). Differenzielles Kugelstoßtraining. In J. Krug & T. Müller (Hrsg.), *Messplätze, Messplatztraining, Motorisches Lernen* (S. 108-112). Sankt Augustin: Academia.
- Beckmann, H. & Schöllhorn, W. I. (2006). Differenzielles Lernen im Kugelstoßen. *Leistungssport*, 36 (4), 44-50.
- Bernstein, N. (1967). *The co-ordination and regulation of movement*. Oxford, Great Britain: Pergamon.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Brady, F. (2004). Contextual interference: a meta-analytic study. *Perceptual and Motor Skills*, 99 (1), 116-26.
- Deutscher Tennis Bund (Hrsg.) (1995). *Tennis Lehrplan. Band 1*. München: BLV.
- Deutscher Tennis Bund (Hrsg.) (1996). *Tennis Lehrplan. Band 2*. München: BLV.
- Draksal, M. & Nittinger, N. (2002). *Mentales Tennis-Training. Ein praktisches Arbeitsbuch für Spieler und Trainer*. Leipzig: Draksal.
- Driskell, J., Copper, C. & Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance? *Journal of Applied Psychology*, 79, 481-92.
- Eberspächer, H. (1995). *Mentales Training*. München: Sportinform.
- Hatze, H. (1986). Motion variability - its definition, quantification, and origin. *Journal of Motor Behavior*, 18 (1), 5-16.
- Humpert, V. (2004). *Vergleichende Analyse von Techniktrainingsansätzen zum Tennisaufschlag* (unveröffentlichte Staatsexamensarbeit). Münster: Westfälische Wilhelms-Universität, Institut für Sportwissenschaft.
- Humpert, V. & Schöllhorn, W. I. (2006). Vergleich von Techniktrainingsansätzen zum Tennisaufschlag. In A. Ferrauti & H. Remmert (Hrsg.), *Trainingswissenschaft im Freizeitsport* (S. 121-124). Hamburg: Czwalina.
- Magill, R. A. & Hall, K. (1990). A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, 9, 241-289.
- Miglino, O., Lund, H. H. & Nolfi, S. (1995). Evolving mobile robots in simulated and real environments. *Artificial Life*, 2 (4), 417-434.
- Oelenberg, M. (2006). *Mentales Training im Tennis unter dem Einfluss von differenziellem Training am Beispiel des Aufschlags* (unveröffentlichte Staatsexamensarbeit). Münster: Westfälische Wilhelms-Universität, Institut für Sportwissenschaft.
- Pfeiffer, M. & Jaitner, T. (2003). Sprungkraft im Nachwuchstraining Handball: Training und Diagnose. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 10 (1), 86-95.
- Römer, J., Schöllhorn, W. I., Jaitner, T. & Preiß, R. (2003). Differenzielles Lernen bei der Aufschlagannahme im Volleyball. In J. Krug & T. Müller (Hrsg.), *Messplätze, Messplatztraining, Motorisches Lernen* (S. 129-133). Sankt Augustin: Academia.

Schöllhorn, W. I. (1999). Individualität - ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport*, 29 (2), 5-12.

Schöllhorn, W. I. (2003). Differenzielles Lehren und Lernen im Tennis. In A. Woll (Hrsg.), *Miteinander lernen, forschen, spielen. Zukunftsperspektiven für Tennis* (S. 28-40). Hamburg: Czwalina.

Schöllhorn, W. I., Beckmann, H., Janssen, D. & Michelbrink, M. (2008). Differenzielles Lehren und Lernen im Sport - Ein alternativer Ansatz für einen effektiven Schulsportunterricht. *Sportunterricht* (im Druck).

Schöllhorn, W. I. & Bauer, H. U. (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.

Schöllhorn, W. I., Michelbrink, M., Beckmann, H., Trockel, M., Sechelmann, M. & Davids, K. (2006). Does noise provide a basis for the unification of motor learning theories? *International Journal of Sport Psychology*, 37 (3/4), 34-42.

Schöllhorn, W. I., Nigg, B. M., Stefanyszyn, D. & Liu, W. (2002). Identification of individual walking patterns using time discrete and time continuous data sets. *Gait and Posture*, 15 (2), 180-186.

Schöllhorn, W. I. & Paschke, M. (2007). Differenzielles Training. *Volleyballmagazin*, (12), 28-36.

Schöllhorn, W. I., Sechelmann, M., Trockel, M. & Westers, R. (2004). Nie das Richtige trainieren, um richtig zu spielen. *Leistungssport*, 34 (5), 13-17.

Schönborn, R. (2000). *Tennis-Techniktraining*. Aachen: Meyer & Meyer.

Shea, J. & Morgan, R. (1979). Contextual interference effects of the acquisition, retention and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 179-187.

Thelen, E. & Smith, L. B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA, United States: Bradford.

Volpert, W. (1983). *Sensumotorisches Lernen* (4. Aufl.). Frankfurt: Fachbuch Psychologie.

Wiemeyer, J. (1998). Schlecht üben, um gut zu lernen? Narrativer und meta-analytischer Überblick zum Kontext-Interferenz-Effekt. *Psychologie und Sport*, 5 (3), 82-105.

Wright, D. L. (1991). The role of intertask and intratask processing in acquisition and retention of motor skills. *Journal of Motor Behavior*, 23 (2), 139-45.

*

Die Autoren

Prof. Dr. Wolfgang I. SCHÖLLHORN, seit 2007 Lehrstuhl und Professur des Arbeitsbereichs Trainings- und Bewegungswissenschaft an der Johannes Gutenberg Universität Mainz. Seit 1985 Ausbilder von Diplom- und Lehramtsstudenten in den Fächern Leichtathletik, Biomechanik, Trainingswissenschaft und motorisches Lernen. Berater von Trainern und Athleten in- und ausländischer Nationalmannschaften im Sprint, Wurf und Mehrkampf. Von 1980 bis 1997 Trainer von Leichtathleten nationaler und internationaler Spitzenklassen.

Verena HUMPERT, z. Z. Lehrerin im Vorbereitungsdienst für die Lehramter der Sekundarstufen II und I am Studienseminar Aarhang; freie Mitarbeiterin am Arbeitsbereich Trainingswissenschaft.

Mira OELLENBERG, z. Z. Lehrerin im Vorbereitungsdienst für die Lehramter der Sekundarstufen II und I am Studienseminar Münster; freie Mitarbeiterin am Arbeitsbereich Trainingswissenschaft.

Maren MICHELBRINK, wiss. Mitarbeiterin am Arbeitsbereich für Trainings- und Bewegungswissenschaft der Universität Mainz. Schwerpunkte in Forschung und Lehre: Gleichgewichtsanalysen, Zeitreihen- und Signalanalyse von Bewegungs messreihen sowie motorisches Lernen und motorische Kontrolle.

Hendrik BECKMANN, wiss. Mitarbeiter am Arbeitsbereich für Trainings- und Bewegungswissenschaft der Universität Mainz. Schwerpunkte in Forschung und Lehre: Differenzielles Lernen, Techniktraining und Leichtathletik. Außerdem Leichtathletik-Mehrkampftainer und Ausbilder von Sportstudenten, -lehrern, -ärzten und Trainern.

Anschrift: Prof. Dr. W.I. Schöllhorn, Trainings- und Bewegungswissenschaft, Johannes Gutenberg Universität, Albert Schweitzer Straße 22, 55099 Mainz
E-Mail: move.brain@uni-mainz.de