

# Differenzielles Lernen im Kugelstoßen

„Man kann niemanden überholen, wenn man in seine Fußstapfen tritt.“ – Dieser Aphorismus des französischen Regisseurs François Truffaut pointiert, wofür (auch) im Sport zahlreiche Beispiele zu finden sind. Die Erfolge von O'Brien oder Fosbury können unter anderem auf ihre Nonkonformität zurückgeführt werden: Statt sich bestehender Leitbilder (Fuchs-Technik, Straddle) zu bedienen, suchten sie eigene, erfolgreiche Wege (Angleittechnik und Flop).

Es ist schon beinahe eine Ironie der Geschichte, dass die Ergebnisse dieser Suche nach individuellen Lösungen schließlich zur Idealtechnik (Grosser & Neumaier, 1982) für ganze Generationen von Athleten und Schülern erklärt wurden. Wiederum kritisch erscheint jedoch, dass mit der Übernahme dieser

Leitbilder kaum noch Abweichungen vom Technikleitbild zugelassen werden (Krüger, 1981; Größing, 1988). Mit der Vermeidung dieser so genannten „Fehler“ (Wolters, 1999) geraten jedoch mögliche Alternativen aus dem Blickfeld. Anstatt einen eigenen, effektiveren Weg zur optimalen Lösung zu finden, werden bei ausbleibendem Erfolg und dem Auftreten von „Fehlern“ im Allgemeinen die Trainingsumfänge erhöht. Betrachtet man die vermeintlichen „Fehler“ jedoch als individuelle Schwankungen der Bewegung und die „Idealtechnik“ nur als eine mögliche Idee einer Lösung, dann besteht die Chance, aus den Schwankungen heraus individuelle und neue Lösungen zu finden.

Der folgende Artikel stellt eine Möglichkeit vor, wie mit dem Konzept des diffe-

renziellen Lernens (Schöllhorn, 1999) und dem Phänomen der stochastischen Resonanz (Wiesenfeld & Jaramilla, 1998) verschiedene Lehr- und Lernansätze unter dem Aspekt der Ausführungsvariabilität von Bewegungen in einem Ansatz vereint werden könnten. Die Ergebnisse des im Anschluss beschriebenen Kugelstoßexperimentes weisen darauf hin, dass diese innovative Betrachtung des Bewegungslernens neue Möglichkeiten zur Trainingseffektivierung und -ökonomisierung eröffnet. Die anschließende Ergebnisdiskussion zeigt, dass mit dem differenziellen Lernen über einen optimalen Aneignungseffekt hinaus auch ein längerfristiger Lerneffekt möglich ist.

Eingegangen: 1.2.2006

## 1. Einleitung

Leichtathletische Wurfdisziplinen können den „geschlossenen Bewegungen“ zugeordnet werden (Poulton, 1957; Schmidt & Wrisberg, 2004). Diese Klassifizierung von Bewegungen orientiert sich an den Randbedingungen der Bewegungsausführung, die im Falle der im folgenden Experiment untersuchten Kugelstoßbewegung als relativ konstant betrachtet werden können: Durch die Vorgabe der Stoßring- und Kugeldimensionen in den Wettkampfbestimmungen und die physikalischen Flugeigenschaften der Kugel wird traditionell – auf den ersten Blick plausibel – ein Einschleifen der Bewegung empfohlen (Martin, Carl & Lehnertz, 1991). Nicht selten wird zusätzlich die Fähigkeit von Spitzenathleten zu Bewegungswiederholungen mit geringer Variabilität zur argumentativen Unterstützung herangezogen und dadurch im Sinne eines naturalistischen Fehlschlusses vom beobachtbaren Phänomen unmittelbar auf die Art der Intervention geschlossen. In der logischen Konsequenz wird beim Training „geschlossener Bewegungen“ demnach die Reduktion des Zielspektrums eines spezifischen Techniktrainings auf die Bereiche des Technikerwerbs und der Techniko Optimierung empfohlen (Hohmann, Lames & Letzelter, 2003). Im Allgemeinen werden dabei für das Technikerwerbstraining Phasenmodelle angenommen (Hohmann et al., 2003), die verschiedene Stufen im Lernprozess beschreiben. Die einzelnen Phasen bzw. Übergänge von einer Phase zur nächsten werden dabei anhand der Morphologie (Wolters, 2004) der Bewegung festgelegt. Das im deutschen Sprachraum be-

kannteste Phasenmodell einer morphologischen Betrachtungsweise des Technikerwerbs stammt von Meinel (1960) und unterscheidet zwischen einer Grob- und Feinkoordination sowie einer variablen Verfügbarkeit. In das Modell aufgenommen wurde die Beschreibung unterschiedlicher Fertigkeitsebenen anhand biomechanischer Freiheitsgrade von Bernstein (1935) und direkt in Trainingsempfehlungen transferiert, die ein anfängliches „Einfrieren“ der Freiheitsgrade mit sukzessivem „Befreien“ in Übungsfolgen empfehlen. Das Schema findet sich z. B. in methodischen Übungsreihen (Fetz, 1979) wieder, in deren analytisch-synthetischem Aufbau die Freiheitsgrade anfangs so stark wie möglich eingeschränkt und Teilbewegungen des Technikleitbilds fehlerfrei mit hohen Wiederholungszahlen eingeschliffen werden. Anschließend wird durch weitere Teilbewegungen und die zunehmende Kombination der Teilbewegungen die Anzahl der Freiheitsgrade bei konstanter externer Fehlerkorrektur zunehmend erweitert (Martin et al., 1991; Hohmann et al., 2003).

Bei der im folgenden Experiment untersuchten Kugelstoßbewegung wird für gewöhnlich angenommen, dass das Ziel des Einschleifprozesses im Erlernen und der stabilen Reproduktion der optimalen Relation der Abwurfparameter besteht. Daher werden Variationen der davor geschalteten Ideal-Bewegung (Grosser & Neumaier, 1982) häufig nur im Sinne eines „Kontrastlernens“ (Hotz, 1986) ausgeführt, um die Aufmerksamkeit auf vermeintliche Fehler in der Bewegungsausführung zu lenken (Oltmanns, 1999), oder dienen im Sinne eines variablen Übens nach Schmidt (vgl. Schmidt & Lee,

1998) dem Einschleifen der invarianten Bewegungsanteile. Das Ziel dieser Trainingsmaßnahmen ist die stabile Beherrschung der erworbenen Bewegung, d. h., dass sie auch unter den Bedingungen innerer und äußerer Veränderungen (z. B. bei veränderten konditionellen Parametern oder ‚schwierigen‘ Witterungsbedingungen) unverändert abgerufen werden kann (Martin et al., 1991).

Die Basis dieser traditionellen Vorgehensweise widerspricht jüngsten Erkenntnissen von Scholz, Schöner und Latash (2000). Am Beispiel des Pistolenschießens zeigten die Autoren, dass der Endpunkt einer Bewegung durch eine Vielzahl von Kombinationen der Freiheitsgrade der an der Bewegung beteiligten Gelenke erreicht wird. Der stabile Endzustand einer Bewegung kann demnach aus einer Vielzahl von hochvariablen Ausgangspositionen der Bewegung resultieren. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Button, MacLeod, Sanders und Coleman (2003): Bei ihrer Untersuchung der Bewegungsvariabilität von Basketball-Freiwürfen konnten sowohl bei Anfängern als auch bei Fortgeschrittenen variable Gelenkwinkel und -winkelgeschwindigkeiten gemessen werden. Die traditionellen Lehrwegen implizite Annahme einer mit fortschreitendem Fertigkeitsebene oder größerer Treffsicherheit abnehmenden Variabilität der Bewegung konnte nicht bestätigt werden, obwohl lediglich drei der an der Bewegung beteiligten Gelenke (Schulter-, Ellenbogen-, Handgelenk) betrachtet wurden. Übertragen auf das Kugelstoßen weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass der zu erreichende Endpunkt der Gesamtbewegung (die optimale Kombination von Abfluggeschwindigkeit, -höhe

und -winkel) durch verschiedenste Bewegungen erreicht wird. Beispiele hierfür liefern auch die Kugelstoßathleten selbst: So sind in der Weltspitze gegenwärtig sowohl Rücken- als auch Drehstoßtechniker vertreten, die gleichermaßen Weltklasseleistungen erzielen. Innerhalb dieser beiden Bewegungen lassen sich darüber hinaus verschiedenste individuelle „Stile“ beobachten. Die Annahme einer für alle Athleten gleichermaßen gültigen Idealbewegung (Grosser & Neumaier, 1982) oder eines personenunabhängigen Technikleitbilds (Martin et al., 1991; Hohmann et al., 2003) wird durch die Identifikation individueller Stoßmuster ebenso in Frage gestellt wie durch Beobachtungen, dass im Nachwuchsbereich mit „alternativen“ Vorbeschleunigungen (Standstoß, Angehetechnik, Fuchstechnik, Seitschritttechnik) größere Weiten erzielt werden als mit den vermeintlichen Idealtechniken (Haberkorn & Plaß, 1992).

Berücksichtigt man neben der hohen Individualität von Bewegungen (Schöllhorn & Bauer, 1998) die Ergebnisse von Scholz, Schöner und Latash (2000) und die geringe Wahrscheinlichkeit, eine Bewegung identisch wiederholen zu können (Bernstein, 1967; Hatze, 1986; Schöllhorn, 1998), erscheint der Versuch, eine geschlossene Bewegung wie das Kugelstoßen über eine Vielzahl von Wiederholungen „einschleifen“ zu können (Martin et al., 1991; Hohmann et al., 2003), zumindest zweifelhaft.

### Ein alternatives Modell:

#### Differenzielles Lernen von geschlossenen Bewegungen

Eine Alternative zum Einschleifen, die darüber hinaus auch die oben genannten Kritikpunkte an diesem Vorgehen berücksichtigt, stellt das von Schöllhorn (1999) entwickelte *Konzept des differenziellen Lehrens und Lernens* dar. Im Unterschied zu Trainingskonzepten wie dem 'Lernen durch Wiederholung', 'methodischen Übungsreihen' oder 'variablen Üben', die aus programmorientierten Ansätzen abgeleitet werden, versucht das differenzielle Lernen durch eine Vergrößerung der Fluktuationen der Bewegungsausführung bzw. des Rauschens während des Lernprozesses einen Selbstorganisationsvorgang beim Lernenden auszulösen, der in der Folge zu einem individuell optimierten und stabileren Bewegungsmuster führt. Das während der Bewegungsausführungen (Haken, Kelso & Bunz, 1985) und von einer Bewegung zur nächsten (Bernstein, 1967; Hatze, 1986; Schöllhorn, 1998) permanent auftretende Rauschen wird in der Praxis durch die dem Ansatz ihren Namen gebenden Differenzen verstärkt. Geht man von einer Art „Grundrauschen“ aus, das sich in ständig auftretenden Fluktuationen in der Bewegungsausführung selbst einfacher (Finger-)Bewegungen zeigt (vgl. Haken et al., 1985), so „verstärkt“ bzw. „addiert“ das differenzielle Lernen zusätzliches Rauschen durch die Unterschiede zwischen zwei aufeinander folgenden Bewegungsausführungen. Mittels dieser Differenzen sollen die

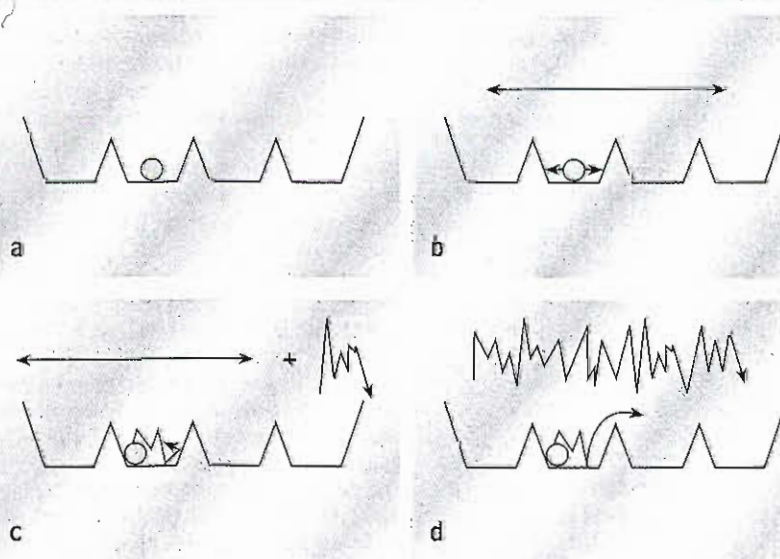
Ränder des möglichen Lösungsraums der Zielbewegung abgetastet werden. Dieses „Rauschen um die Zielbewegung“ (Schöllhorn, 1999, S. 10) schließt auch das Ausführen von „Fehlern“ in Kombination mit den möglichen Lösungen ein. Die Differenzen können dabei durch Veränderungen der Bewegungsgeometrie, der Gelenkwinkelgeschwindigkeiten und des internen Bewegungsrhythmus in jedem Gelenk erzielt werden (Schöllhorn, 1999) sowie durch die Lenkung der Aufmerksamkeit auf verschiedene Aspekte der Bewegung (Schöllhorn, 2003). Damit integriert das differenzielle Lernen die Variationen eines variablen Übens und Kontrastlernens ebenso wie die Variationen, die bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf bestimmte Bewegungsdetails oder vermeintliche Fehler in der Bewegungsausführung entstehen (Oltmanns, 1999).

Berücksichtigt man, dass das Lernen durch Wiederholen („Einschleifen“) aufgrund der geringen Wahrscheinlichkeit einer identischen Bewegungswiederholung (s.o.) bereits ein gewisses Rauschen aufweist und dass dieses Rauschen durch die Variation der Bewegungsparameter bei methodischen Übungsreihen und variablem Üben nach Schmidt (1975) gesteigert wird, stellt das differenzielle Lernen mit der ihm eigenen Variation sämtlicher Parameter inklusive der vermeintlichen Invarianten derzeit den Lernansatz mit dem größten Rauschumfang dar. Entsprechend lassen sich sämtliche motorischen Lernansätze mit Hilfe des Kriteriums „Rauschen“ ordnen (Schöllhorn, 2005) und als Teilmengen in den Ansatz des differenziellen Lernens integrieren (Schöllhorn et al., 2004). Betrachten wir die bisher vorliegenden Experimente, die die Ansätze mit weniger Rauschumfang (i.d.R. methodische Übungsreihen) mit dem vergleichsweise größeren Rauschumfang des differenziellen Lernens vergleichen (Schöll-

horn et al., 2001; Römer et al., 2003; Schöllhorn et al., 2004; Schönherr & Schöllhorn, 2003; Beckmann & Schöllhorn, 2003; Pfeiffer & Jaitner, 2003; Jaitner, Kretzschmar & Hellstern, 2003; Wagner, Müller & Brunner, 2004), so weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass eine Zunahme des Rauschens mit einer Verbesserung der Lerneffekte verbunden ist. Inwiefern eine weitere Steigerung des Rauschumfangs durch das Training unterschiedlicher Sportarten zu einer weiteren Zunahme der Lerneffekte führt, ist bislang nicht geklärt. Trainingspraktische Erfahrungsberichte lassen jedoch eher eine Reduktion erwarten, die insgesamt zu einem Optimaltrend zwischen Rauschumfang und Lernfortschritt pro Zeiteinheit führt. Hierbei wird eine Analogie zu einem Phänomen aus dem Bereich der Physik und Signaltheorie augenfällig, das unter dem Begriff der stochastischen Resonanz seit geraumer Zeit (Fauve & Heslot 1983) bekannt ist.

Der Begriff „stochastische Resonanz“ (Fauve & Heslot, 1983; Wiesenfeld & Jaramillo, 1998) bezeichnet ein Phänomen, das die Verstärkung eines schwachen Signals durch die Addition von Rauschen beschreibt. Dieses Phänomen lässt sich an der folgenden Analogie nachvollziehen (Hänggi, 2002): Stellt man sich eine Murmel vor, die in einer Mulde eines leeren Eierkartons liegt (Abb. 1a), so kann die Position dieser Murmel als sehr stabil bezeichnet werden. Wird dieser Eierkarton nun sanft vor- und zurückgeschaukelt (analog zu dem schwachen Signal; Abb. 1b), wird die Murmel zwar am Boden ihrer Mulde hin- und herrollen, aber in der Mulde verharren. Das Schwingen des Eierkartons ist zu schwach, um die Murmel über den Rand ihrer Mulde hinauszuerwerfen. Addiert man nun ein Rauschen in der Form hinzu, dass der Eierkarton unregelmäßig auf- und abgeschüttelt wird (analog zu einem stochastischen Rau-

ABB. 1 Stochastische Resonanz



Bildhafte Darstellung der stochastischen Resonanz anhand der im Text beschriebenen Analogie

Abb. 2 Untersuchungsdesign

Woche	Aneignungsphase				Retentionsphase			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Test	Pre			Post		Ret. 1		Ret. 2
Maßnahmen	Nach dem Pretest Aufteilung der Vpn (matched samples)							
Intervention	8 Trainingseinheiten à 45-60 Minuten ÜR: 20-25 Übungen à 10-15 Wiederholungen DL: ca. 250 Bewegungsausführungen, keine einzige Wiederholung							

Schematische Darstellung des Untersuchungsdesigns

schon; Abb. 1c), werden sich beide Bewegungen des Eierkartons irgendwann zu einer starken Bewegung überlagern, die die Murmel von ihrer Mulde in eine der Nachbarmulden wirft (analog der Verstärkung des schwachen Signals; Abb. 1d). Beobachtet man den Eierkarton horizontal von außen, so ist die Murmel (schwaches Signal) erst bei Addition des Rauschens von außen zu erkennen.

Charakteristika der stochastischen Resonanz sind demnach:

- Weder das schwache Signal noch das Rauschen allein führen zur Verstärkung des Signals.
- Bei kleinem und großem Rauschen werden geringere Signalverstärkungen beobachtet als bei dazwischen liegendem (Hänggi, 2002).

Dass dieses Phänomen nicht nur auf den Bereich künstlicher Signale beschränkt ist, sondern auch im Bereich der menschlichen Sensorik zu finden ist, wurde mittlerweile an zahlreichen Beispielen gezeigt (u.a. Winterer et al., 1999 bei akustischen Wahlreaktionsaufgaben; Zeng, Fu & Morse, 2000 bei Hörtests; Hidaka, Nozaki & Yamamoto, 2000 und Hidaka et al., 2001 am Beispiel der Herzfrequenzregulation). Für den sensorischen Bereich der Bewegungs-

kontrolle konnten Priplata et al. (2002) zeigen, dass durch zugesetztes Rauschen an den taktilen Rezeptoren der Fußsohlen sich das (quasi-)statische Gleichgewicht bei älteren Personen verbessert.

Das im Folgenden vorgestellte Experiment zum Kugelstoßen geht in diesem Kontext der Frage nach, inwiefern das Phänomen der stochastischen Resonanz im Bereich des Bewegungslernens auftritt. Nach einem Vorschlag von Hänggi (2002) wird hierfür das „Signal-Rausch-Verhältnis“ (SRV) als ein typisches Beurteilungskriterium der stochastischen Resonanz genutzt. Das SRV kann im vorliegenden Experiment über den Quotienten aus dem Mittelwert und der Varianz der Kugelstoßleistung bestimmt werden. Der für stochastische Resonanz charakteristische Effekt ist eine Optimierung des SRV, d. h., im vorliegenden Fall eine Zunahme des Mittelwerts bei gleichzeitiger Abnahme der Varianz. Somit weist dieser Effekt nicht nur auf das stochastische Resonanzphänomen hin, sondern liefert zusätzlich eine Information über den Lernfortschritt.

## 2. Untersuchungsmethodik

Die Effekte des traditionellen und des differenziellen Techniktrainingsansatzes wurden in einem Pre-Posttest-Design miteinander verglichen. Um Lerneffekte im eigentlichen Sinn (Schmidt & Lee, 1998) überprüfen zu können, wurde dieses Design um zwei Retentionstests ergänzt, mit deren Hilfe die zeitliche Stabilität der Leistungsveränderung überprüft und somit kurzfristige Aneignungseffekte von langfristigen Lerneffekten (Magill & Hall, 1990) unterschieden werden können. Abb. 2 stellt den Untersuchungsverlauf schematisch dar.

Als Versuchspersonen stellten sich 24 Sportstudierende (12 weiblich; 12 männlich) mit einem Alter von  $22,1 \pm 3,8$  Jahren zur Verfügung. Aufgrund ihrer geringen Vorerfahrungen in diesem Bereich können alle Versuchspersonen als Anfänger im Kugelstoßen bezeichnet werden. Nach dem Pretest wurden die Probanden auf zwei Versuchsgruppen (à 12 Personen, davon je 6 weiblich und 6 männlich) aufgeteilt: Eine Versuchsgruppe trainierte nach einer methodischen Übungsreihe (ÜR, vgl. Bauersfeld & Schröter, 1998), die andere nach dem Ansatz

des differenziellen Lernens (DL, vgl. Schöllhorn, 1999). Beide Gruppen absolvierten über die Dauer von vier Wochen ein Kugelstoßtraining mit insgesamt acht Trainingseinheiten à 60 Minuten. In jeder Trainingseinheit wurden ca. 30 Stoßbewegungen ausgeführt. Die Kugelgewichte im Training betragen für die weiblichen Versuchspersonen 3, 4 und 5 kg und für die männlichen 5, 6,26 und 7,26 kg. Im Anschluss an die letzte Trainingseinheit wurde der Posttest durchgeführt. Im Abstand von zwei und vier Wochen zum Posttest (ohne Trainingsintervention) wurden die beiden Retentionstests ausgeführt.

In jedem der vier Tests absolvierten die Versuchspersonen jeweils drei Kugelstoßversuche aus der zweistützigen Stoßauslage (Ballreich & Kuhlow, 1986) ohne Vorbeschleunigung (kurz: Standstoß; vgl. Abb. 3). Diese „Reduktion“ der im Wettkampfsport üblichen Rücken- und Drehstoßtechnik wurde aus drei Gründen vorgenommen:

- In der zweistützigen Abstoßphase erfährt die Kugel ihre größte Beschleunigung (Ballreich & Kuhlow, 1986).
- Das Erlernen dieser Phase steht im Zentrum der meisten Lehrwege zum Kugelstoßen (Bauersfeld & Schröter, 1998; Haberkorn & Plaß, 1992; Pawelke, 1976).
- Anfänger erzielen aus dieser Ausgangstellung bereits 90 Prozent der Leistung, die sie mit einer Vorbeschleunigungsvariante erzielen (Haberkorn & Plaß, 1992).

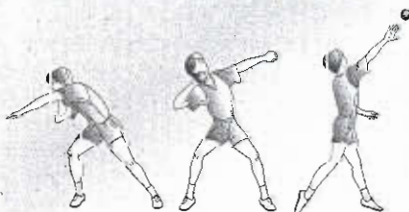
Aus jedem Test wurden das arithmetische Mittel der drei Versuche und die jeweilige Standardabweichung berechnet und für die statistische Analyse mittels einer einfaktoriellen Varianzanalyse herangezogen. Um das Signal-Rausch-Verhältnis (s.o.) zu berechnen, wurde der Quotient aus dem Mittelwert und der zuzuordnenden Standardabweichung gebildet (Beckmann & Schöllhorn, 2005).

## Die Trainingsinhalte

Das Training der traditionellen Gruppe ÜR wurde nach einer methodischen Übungsreihe gestaltet, bei der nach dem Grundsatz „vom Leichten zum Schweren“ (Roth, 1990; Roth, 1991) die Freiheitsgrade der Bewegung zunächst stark limitiert werden („freezing“; vgl. Hohmann et al., 2003), um sie mit einer sukzessiven Annäherung an die Zielbewegung (Bauersfeld & Schröter, 1998) schrittweise zu erweitern („releasing“; Hohmann et al., 2003). Alle Übungen wurden unter permanenter externer Fehlerkorrektur und mit 10 bis 15 Wiederholungen pro Übung durchgeführt.

Das Training der Gruppe DL zeichnete sich durch eine stochastische Übungsfolge aus, bei der sich weniger komplexe Übungen (geringe Anzahl an Freiheitsgraden) mit hochkomplexen (große Anzahl an Freiheitsgraden) abwechselten. Keine der Übungen wurde wiederholt, und es wurden keine Rückmeldungen über die Bewegungsausführung gegeben. In der Summe wurden in der differenziellen Gruppe somit ca. 250 verschiedene Bewegun-

ABB. 3 Standstoß



Stoß aus der zweistützigen Abstoßphase („Standstoß“) (modifiziert nach Haberkorn & Plaß, 1992, S. 180)

gen ohne jegliche Fehlerkorrektur ausgeführt, die alle eine Abweichung von der in den Lehrbüchern angenommenen Idealbewegung darstellten. Die Bewegungsvariationen der Zielbewegung wurden dabei nach dem Vorschlag von Schöllhorn (1999, 2003) entwickelt, sodass die Variationen wie folgt gruppiert werden können:

- Variation der Anfangs- und Endbedingungen,
- Variation der Bewegungsgeschwindigkeit,
- Variation der Beschleunigungen,
- Variation des Bewegungsrhythmus (hier als Reihenfolge der Teilimpulse der kinematischen Kette verstanden),
- Variation durch Lenkung der Aufmerksamkeit auf einzelne Bewegungsaspekte/Variation durch Anweisungen.

Sämtliche Variationsmöglichkeiten und auch mögliche Kombinationen der Variationsmöglichkeiten wurden auf möglichst viele der an der Bewegung beteiligten Hauptgelenke angewendet. Neben konkreten Bewegungsinstruktionen (z. B. „Beim Ausstoßen der Kugel den Stoßarm nicht strecken.“) wurden auch metaphorische Bewegungsanweisungen gegeben, wie z. B. „stoße wie ein Sumo-Ringer“. Mit letzterer Anweisung assoziierten die Versuchspersonen in der Regel eine breitbeinige Ausgangsposition, bei der der Körperschwerpunkt tief zwischen den Beinen liegt. Durch diese Bewegungsausführungen im Bereich der möglichen Lösung und in Kombination mit den typischen „Fehlern“ (Bauersfeld & Schröter, 1998; Haberkorn & Plaß, 1992; Frey, Hildenbrandt & Kurz, 1984) sollten die Ränder eines möglichen Lösungsraums der Kugelstoßbewegung abgetastet werden. Damit integriert das differenzielle Lernen auch die im traditionellen Kugelstoßtraining verwendeten Variationen eines variablen Übens durch die Variationsmöglichkeiten der Anfangs- und Endbedingungen sowie der Bewegungsgeschwindigkeit und die Variationen eines „Kontrastlernens“ oder „Gegensatzerfahrungslernens“ (Hotz, 1986). Das Training beider Gruppen wurde von einem erfahrenen Vereins- und Nachwuchsfördertrai-

TAB. 1 Untersuchungsergebnisse

Test		Pre	Post	Retention 1	Retention 2
ÜR	Weite	6,52 m	6,70 m	6,51 m	6,51 m
	sd	0,14 m	0,18 m	0,14 m	0,16 m
	SRV	65,88	47,62	82,46	47,90
DL	Weite	6,51 m	7,07 m	7,16 m	7,23 m
	sd	0,15 m	0,13 m	0,11 m	0,05 m
	SRV	68,14	64,74	77,46	202,93
Statistische Unterschiede	Weite	n. s.	hochsignifikant (p = 0.01)	hochsignifikant (p = 0.01)	hochsignifikant (p = 0.01)
	SRV	n. s.	n. s.	n. s.	höchstsignifikant (p = 0.004)

Übersicht über die Untersuchungsergebnisse (sd = Standardabweichung; SRV = Signal-Rausch-Verhältnis).

ner (Bereich „Wurf“ im Fußball- und Leichtathletikverband Westfalen) geleitet.

### 3. Untersuchungsergebnisse

In den Abb. 4 und 5 sowie in Tab. 1 sind die Testergebnisse zusammengefasst. Es ist zu erkennen, dass sich beide Gruppen von einem gleichen Ausgangsniveau im Pretest (ÜR: 6,51 m, DL: 6,50 m) über die Aneignungsphase zum Posttest (ÜR: 6,69 m; DL: 7,06 m) verbesserten. Der gruppeninterne statistische Vergleich der Pre- und Posttestergebnisse wies eine bei Anfängern zu erwartende Leistungsverbesserung (ÜR: + 0,18 m; als hochsignifikant (ÜR: p = 0.01) bzw. höchstsignifikant (DL: + 0,56 m; p = 0.0005) aus. Der statistische Vergleich zwischen den beiden Gruppen fiel statistisch signifikant (p = 0.01) zugunsten der differenziell trainierenden Versuchsgruppe aus. Die Stabilität dieser Leistungsverbesserung wurde anschließend mit Hilfe zweier Retentionstests überprüft. Im ersten Retentionstest erzielte die Gruppe ÜR ein Ergebnis von 6,51 m und fiel

damit innerhalb zweier trainingsfreier Wochen auf das Ausgangsniveau zurück, das im zweiten Retentionstest bestätigt wurde (ÜR: 6,51 m). Angesichts der Zielstellung einer methodischen Übungsreihe – eine Bewegung zu erlernen – erstaunt der schnelle Leistungsabfall auf das Ausgangsniveau. Um so überraschender sind daher die Ergebnisse der Gruppe DL: Nach ihrer Leistungssteigerung in der Aneignungsphase setzte sich der Trend über den ersten (DL: 7,16 m) und zweiten Retentionstest (DL: 7,23 m) fort. Mögliche Bedingungen für diese Leistungssteigerung trotz der fehlenden Trainingsintervention werden im Anschluss an die Ergebnisdarstellung diskutiert. Die statistische Analyse bestätigt die unterschiedliche Leistungsverbesserung der beiden Versuchsgruppen während der Retentionsphase. So ist der Unterschied im ersten wie im zweiten Retentionstest hochsignifikant (p = 0.01). Um weitere Informationen über den Lernverlauf der Versuchspersonen zu erhalten, wurde das Signal-Rausch-Verhältnis (SRV) berechnet. Hierfür wurde der Quotient aus dem Mittelwert

ABB. 4 Mittlere Kugelstoßweite

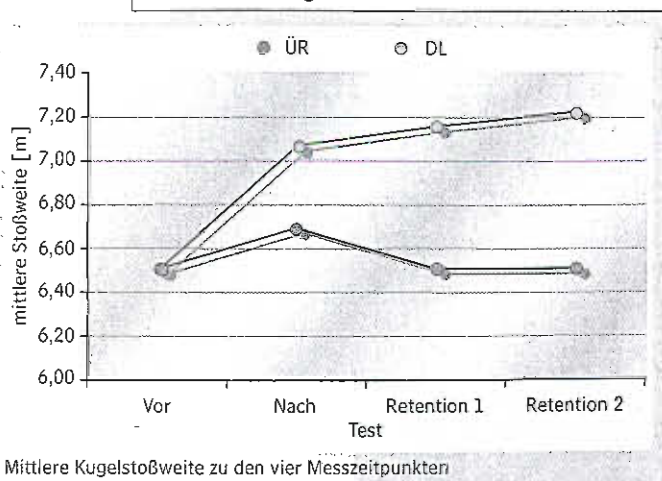
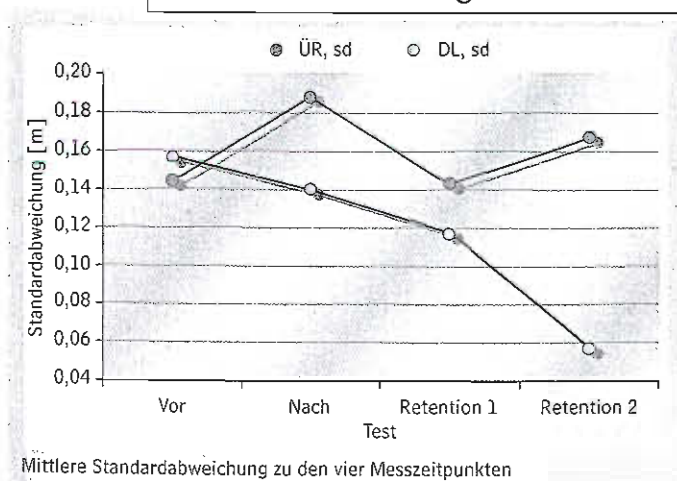


ABB. 5 Standardabweichung



der Kugelstoßweiten und dem Mittelwert der Standardabweichungen berechnet. Abb. 5 und Tab. 1 zeigen den unterschiedlichen Verlauf der für die Berechnung herangezogenen Standardabweichungen (sd) über die vier Messzeitpunkte. Während die Standardabweichung der Gruppe ÜR nahezu parallel zur Leistungsveränderung verläuft, nimmt sie bei der Gruppe DL über alle vier Messzeitpunkte stetig ab. Während also die Streuung der Messwerte bei der Gruppe ÜR mehr oder weniger konstant bleibt, sinkt die Streuung der Messwerte bei der Gruppe DL. Das bedeutet, dass die Gruppe DL nicht nur im Mittel weiter stößt als Gruppe ÜR, sondern dass darüber hinaus auch zu allen Messzeitpunkten die einzelnen Versuche dichter um den Mittelwert streuen (sd ÜR: 0,16 m; sd DL: 0,05 m).

Bei der Berechnung des Signal-Rausch-Verhältnisses (SRV) ergeben diese Daten ein über alle Messzeitpunkte nur schwach schwankendes Signal-Rausch-Verhältnis für die Gruppe ÜR. Das Signal-Rausch-Verhältnis der Gruppe DL dagegen nimmt über den Posttest in der Retentionsphase stetig zu. Zwar ist dieser unterschiedliche Verlauf nur für den zweiten Retentionstest statistisch signifikant ( $p = 0.004$ ), die Ergebnisse zeigen jedoch, dass das differenzielle Lernen während der gesamten Dauer des Experiments (sowohl in der Aneignungs- als auch Retentionsphase) zu einer Optimierung des Signal-Rausch-Verhältnisses führt.

#### 4. Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse bestätigen die Vorhersagen von Schöllhorn (1999), dass der differenzielle Lernansatz zumindest bei einer geschlossenen Bewegung wie dem Kugelstoßen bedingt durch eine Verstärkung des Rauschens während des Lernprozesses bei Anfängern effektiver ist als traditionelle Lernansätze, die auf die Vermeidung von Rauschen bei möglichst hohen Wiederholungszahlen der einzuschleifenden Bewegung setzen (Hohmann et al., 2003). Auffällig ist bei den vorliegenden Ergebnissen jedoch nicht nur die bereits mehrfach bestätigte, größere Leistungssteigerung der differenziell

trainierten Gruppe in der Aneignungsphase (Pretest-Posttest), sondern insbesondere die weitere Leistungssteigerung in der Retentionsphase (Posttest-Retentionstest 2). Des Weiteren zeigt der Verlauf des Signal-Rausch-Verhältnisses, dass bei der differenziell trainierten Gruppe parallel zur Zunahme des Mittelwerts die Standardabweichungen abgenommen haben, was neben der Verbesserung der mittleren Kugelstoßweite auf eine konstantere Leistung hinweist. Im Unterschied zur differenziell trainierten Gruppe zeigt der Lernverlauf der nach einer methodischen Übungsreihe trainierten Versuchsgruppe, dass diese bestenfalls zu kurzfristigen Aneignungseffekten führt. Die Mittelwerte und die Standardabweichungen zeigen einen nahezu parallelen Verlauf: Mit der Zunahme der Kugelstoßweite geht also auch eine Zunahme der Standardabweichungen einher.

Zusammenfassend ergeben sich aus den Ergebnissen theoretische und praktische Konsequenzen, die im Folgenden diskutiert werden.

#### Differenzielles Lernen als strukturelle Analogie zur stochastischen Resonanz

Berücksichtigt man, dass die identische Wiederholung einer Bewegung sehr unwahrscheinlich ist (Hatzé, 1986; Schöllhorn, 1998), dann darf angenommen werden, dass auch bei einem Training nach einer methodischen Übungsreihe mit ständiger Fehlerkorrektur durch einen externen Lehrer oder Trainer ein Mindestmaß an Rauschen erhalten bleibt. Der Umfang dieses Rauschens ist jedoch sehr viel geringer als das Rauschen, das beim differenziellen Lernen angeregt wird. Neben der Vermeidung von Fluktuationen (oder im traditionellen Verständnis: Fehlern) ist das Rauschen bei methodischen Übungsreihen auch deshalb deutlich geringer, weil diese Fluktuationen nur bei der ersten Ausführung der Bewegung am stärksten auftreten. Mit der Wiederholung der Übung wird im Allgemeinen eine exponentielle Abnahme des Rauschens angenommen (Newell, Liu & Mayer-Kress, 2001). Aus der Sicht der Informationsverarbeitung kann das wiederholte Dar-

bieten eines konstanten Reizes als Abbau von Informationen (Cube, 1982) betrachtet werden, der zu einer geringer werdenden Anpassungsleistung des lernenden Systems führt. Im Vergleich dazu wird bei der Optimalform (innerhalb des Lösungsraums) des differenziellen Lernens (große Differenzen zwischen den Bewegungen, keine einzige Wiederholung) die Information durch das Rauschen mittels stochastisch verteilter Bewegungsvariationen konstant hoch gehalten. Damit werden dem lernenden System ständig neue Reize zur Verarbeitung angeboten, was im Vergleich zu methodischen Übungsreihen größere und spontanere Anpassungsleistungen erzwingt.

Wenn jedoch auch in Lernansätzen mit vermeintlich geringem Rauschen ständig Fluktuationen der Bewegungsausführung auftreten, dann kann dieses Rauschen als Ordnungskriterium für die unterschiedlichen Lernansätze verwendet werden (Schöllhorn, 2005). Den folgenden Ansätzen wäre dann jeweils ein zunehmendes Rauschen zuzuordnen: 'Lernen durch Wiederholen', 'variables Üben', 'methodische Übungsreihen', 'Kontext-Interferenz-Lernen', 'differenzielles Lernen' und 'disziplinübergreifendes Grundlagentraining'. Aufgrund der bisher vorliegenden Ergebnisse zur Effektivität des differenziellen Lernens kann angenommen werden, dass mit diesem Lernansatz derzeit ein Maximum an Leistungsverbesserungen pro Zeiteinheit im Vergleich zu methodischen Übungsreihen, variablem Üben und Kontext-Interferenz-Lernen erzielt wird. Integriert man die klassischen Lernansätze aufgrund des jeweils vorliegenden Rauschens als Teilmengen in den Ansatz des differenziellen Lernens (Schöllhorn et al., 2004; Schöllhorn, 2005), dann ist zu vermuten, dass es sich beim differenziellen Lernen um eine motorische Analogie zur stochastischen Resonanz handeln könnte. Das differenzielle Lernen in seiner Optimalform (große Differenzen, keine Wiederholungen) kann demnach in einer ersten, groben Strukturierung der Lernansätze als der Bereich des Rauschspektrums angenommen werden, in dem die größte Verstärkung der Leistung erzielt wird. Eine erste Bestätigung dieser Annahme

## KONDITIONELLE VORBEREITUNG



Einen neuen Weg für die Konzeption und Durchführung des Trainings in den azyklischen Sportarten zeigt dieser Band auf. Im Mittelpunkt steht dabei das fundierte, spezielle Krafttraining. Die Kraftübungen sind dabei Teil eines ganzen Systems der speziellen konditionellen Vorbereitung, in dem es nicht nur um die Muskelkraft, sondern auch um Bewegungsgeschwindigkeit und -ausdauer der Sportler geht. Nützliche Anregungen und Empfehlungen für Trainer von hochklassigen Sportlern und Nachwuchssportlern als auch Athleten.

Juri Verchoshanskij: Ein neues Trainingssystem für azyklische Sportarten  
136 Seiten, € 18,90

Bestellen Sie unter Telefon: 0251/23005-11, Telefax: 0251/23005-99,

E-Mail: buchversand@philippka.de oder nutzen Sie den Bestellschein auf S. 64

Besuchen Sie unseren Shop: [www.philippka.de](http://www.philippka.de)

ist das optimierte Signal-Rausch-Verhältnis der differenziell trainierten Gruppe, das nach Hänggi (2002) ein Charakteristikum dieses Phänomens darstellt. Ergebnisse, die in die gleiche Richtung weisen, konnten Schöllhorn et al. (2004) für den Bereich des Passspiels im Fußball vorlegen.

Da die bisher durchgeführten Experimente mit stochastischen Verteilungen der Bewegungsvariationen gearbeitet haben, ist bislang unklar, wie groß der Umfang der Differenzen sein sollte und in welcher Dauer und Dichte sie angeboten werden sollten. Gerade die Annahme einer hochindividuellen Reaktion auf das differenzielle Lernen lässt jedoch erwarten, dass der individuell-optimale Rauschbereich durch eine Feinstrukturierung innerhalb des differenziellen Lernens noch präziser identifiziert werden kann (Schöllhorn et al., 2004). Entsprechende Untersuchungen sind Gegenstand der laufenden Forschung.

### Differenzielles Lernen als Möglichkeit der Trainings-effektivierung/-ökonomisierung

Neben den theoretischen Konsequenzen lassen sich aus den Ergebnissen auch praktische Konsequenzen für das Training ableiten: Nimmt man die Leistungsveränderung zwischen den Messzeitpunkten in einer ersten Näherung als „Lernrate“ an, dann kann über den Quotienten aus der Leistungsveränderung und des Interventionszeitraums die Größe der Lernrate bestimmt werden. Demzufolge liegt die Lernrate beim differenziellen Lernen deutlich über der des Lernens nach klassischen methodischen Übungsreihen. Umgekehrt verhält es sich mit der Vergessensrate: Hier zeigen sich deutliche Vorteile seitens des differenziellen Trainings gegenüber der traditionell trainierten Versuchsgruppe. Besonders auffällig ist, dass die Leistung der differenziellen Versuchsgruppe während der Retentionsphase noch steigt. Da für diese Unterschiede keine konditionellen Parameter als Erklärung herangezogen werden können, kann vermutet werden, dass es sich

hierbei um zentralnervöse Selbstorganisationsphänomene handelt. Diese Vermutung zu falsifizieren, ist Aufgabe zukünftiger Forschung.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen jedoch die folgenden Schlüsse zu, die wiederum trainingspraktische Bedeutung haben. Das Konzept des differenziellen Lehrens und Lernens ermöglicht

- größere Lernraten,
- kleinere Vergessensraten und
- eine Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses (vgl. auch Schöllhorn et al., 2004; im Tennis von Humpert und Schöllhorn 2005 bestätigt).

Versteht man Training als „Verfahren zur Optimierung oder Stabilisierung der konditionellen Eigenschaften und koordinativen Fähigkeiten, der technischen und taktischen Fertigkeiten sowie taktischen Fähigkeiten“ (Letzelter, 1978, S. 16), so zeigen die vorgelegten Ergebnisse, dass das differenzielle Lernen sowohl zur Optimierung als auch besonders zur zeitlichen Stabilisierung einer technischen Fertigkeit beiträgt.

Sowohl eine größere Leistungssteigerung bei gleichen Trainingsumfängen als auch eine gleiche Steigerung in kürzerer Zeit sind für das Training in Zeiten des raschen Wandels von besonderem Interesse. Zieht man die Trainings- und Wettkampftentionen von Spezialisten und auch Mehrkämpfern heran, könnte einerseits versucht werden, bei identischen Techniktrainingsumfängen größere Leistungsfortschritte als bisher zu realisieren. Andererseits bietet sich gerade für Mehrkämpfer und für das vielseitigere Nachwuchstraining in den Schüler- und Jugendklassen die Chance, mit weniger Aufwand oder in kürzeren Zeitintervallen die gleichen Lernergebnisse wie mit traditionellem Training zu erreichen. In beiden Fällen bietet der Ansatz des differenziellen Lernens die Chance, das „Technikerwerbs- und -optimierungstraining“ zeitlich zu ökonomisieren.

Ein weiterer Vorteil des differenziellen Lernens wird auch in der unbewussten, permanenten Anpassung der Bewegung an die sich ständig verändernden konditionellen Bedingungen des Athleten gesehen. Trainieren Werfer oder

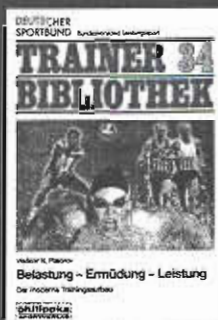
Mehrkämpfer in der Saisonvorbereitung vermehrt ihre Maximalkraft durch Muskelhypertrophietraining, dann verändern sich durch die Massenzunahme des Muskels die während der Bewegung auftretenden passiven Kräfte (Schwer- und Trägheitskräfte). Die Anpassung an die sich stetig ändernden Randbedingungen der Bewegung durch differenzielles Lernen bietet dann die Chance, auch die Anpassung an körperliche Veränderungen durch konditionelle Trainingsinhalte oder durch entwicklungsbedingte Längen- und Massenzunahme zu integrieren. Unter Integration wird in diesem Fall jedoch verstanden, dass die Anpassung an die angesprochenen Veränderungen bereits innerhalb des differenziellen Trainings erfolgt (vgl. auch Pfeiffer & Jaitner, 2003), und nicht in gesonderten Trainingseinheiten die durch veränderte konditionelle Parameter „neue“ Bewegung durch hohe Wiederholungszahlen eingeschliffen werden muss (Martin et al., 1991; Kühl, 1993).

Der ansteigende Lernverlauf in der Retentionsphase weist darauf hin, dass nach dem Erwerb einer sportlichen Technik der Aufwand zur „Formerhaltung“ vergleichsweise gering sein kann, wenn man berücksichtigt, dass in den Retentionstests lediglich drei Versuche absolviert wurden. Für ein Training von Werfern oder Mehrkämpfern hätte dies zur Folge, dass nach einer intensiven differenziellen Techniktrainingsintervention der Trainingsaufwand in diesem Bereich reduziert werden könnte.

Die Abnahme der Standardabweichungen zeigt ferner, dass mit dem differenziellen Lernen konstantere Leistungen zu erwarten sind. Geringere Streuungen um das Leistungsmaximum haben eine praktische Bedeutung für die Kugelstoßspezialisten und Mehrkämpfer: Für beide Athletengruppen geht es darum, mit drei Versuchen im (Qualifikations-/Vor-)Wettkampf ein (vorläufiges) Leistungsmaximum zu erreichen.

Insgesamt eröffnet das Experiment zum differenziellen Lernen neue Möglichkeiten zur Effektivitätserhöhung und zur Ökonomisierung von Training. Inwiefern die auf diese Art freigewor-

## BELASTUNG – WIEDERHERSTELLUNG



Erkenntnisse über den Aufbau von Trainingseinheiten und langfristiger Trainingsperioden unter Berücksichtigung der fundamentalen Einheit von Belastung und Wiederherstellung im Trainingsprozess.

**Vladimir N. Platonov:**  
**Belastung – Ermüdung – Leistung .**  
 Der moderne Trainingsaufbau. 256 Seiten, € 22,90

Bestellen Sie unter Telefon: 0251/23005-11, Telefax: 0251/23005-99,  
 E-Mail: buchversand@philippka.de oder nutzen Sie den Bestellschein auf S. 64  
 Besuchen Sie unseren Shop unter: www.philippka.de



denen Zeitressourcen genutzt werden, um weitere technische und konditionelle oder taktische Trainingsinhalte zu realisieren, oder inwiefern die Zeit für Regenerationsmaßnahmen und die zukünftigen Belastungen vorbereitendes „Nichts-Tun“ (Emrich, Güllich & Pitsch, 2005) und andere Lebensbereiche (z. B. berufliche Ausbildung) genutzt wird, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Wenn jedoch seit geraumer Zeit eine Erhöhung der Trainingsqualität gefordert wird (Emrich & Pitsch, 1998) – und dies insbesondere für die Nachwuchsarbeit und die Talentförderung –, dann stellt das Konzept des differenziellen Lehrens und Lernens einen Ansatz dar, zumindest im Techniktraining das „Experimentieren im Sinne des Erprobens neuer Wege“ (Emrich et al., 2005, S. 81) abzukürzen. Wenn Trainern und Athleten nicht länger nur einige wenige gewohnte Wege vorgeschlagen werden, und nicht jeder Athlet an einem zu engen Ziel festhält, sondern sie stattdessen ermutigt werden, ihre eigenen Wege zu suchen und zu gehen, dann besteht eine gute Chance, dass Trainer und Athleten gemeinsam „ihren Weg“ finden – und vielleicht neben dem Gewinn an Zeit sogar ein neues Ziel entdecken. Diese Aussicht sollte eine Überlegung wert sein.

\*

Literatur

Ballreich, R. & Kuhlou, A. (1986). Biomechanik des Kugelstoßes. In R. Ballreich & A. Kuhlou (Hrsg.), *Biomechanik der Leichtathletik* (S. 89-109). Stuttgart: Enke.

Bauersfeld, K. & Schröter, G. (1998). *Grundlagen der Leichtathletik*. (5., überarbeitete Aufl.) Berlin: Sportverlag.

Beckmann, H. & Schöllhorn, W. I. (2003). Differential learning in shot put. In W. I. Schöllhorn, C. Bohn, J. M. Jäger, H. Schaper & M. Alichmann (Hrsg.), *Mechanics, Physiology, Psychology. First European Workshop on Movement Science* (S. 68). Köln: Sport & Buch Strauß.

Beckmann, H. & Schöllhorn, W. I. (2005). Increasing noise improves signal-noise ratio in motor learning. In C. Peñam, W. I. Schöllhorn & W. Verwey (Hrsg.), *European Workshop On Movement Science 2005. Book of Abstracts* (S. 139). Köln: Sport & Buch Strauß.

Bernstein, N. (1967). *The Co-ordination and Regulation of Movements*. Oxford [u.a.]: Pergamon Press.

Button, C., MacLeod, M., Sanders, R. & Coleman, S. (2003). Examining Movement Variability in the Basketball Free-Throw Action at different Skill Levels. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74 (3), 257-269.

Cube, F. v. (1982). *Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens*. (4., neubearbeitete Aufl.) Stuttgart: Klett-Cotta.

Emrich, E. & Pitsch, W. (1998). Die Qualitätserhöhung als entscheidende Größe des modernen Leistungssports. *Leistungssport*, 28 (6), 5-11.

Emrich, E., Güllich, A. & Pitsch, W. (2005). Zur Evaluation des Systems der Nachwuchsförderung im deutschen Leistungssport. In E. Emrich (Hrsg.), *Beiträge zum Nachwuchsl Leistungssport* (S. 75-138). Schorndorf: Hofmann.

Fauve, S. & Heslot, F. (1983). Stochastic resonance in a bistable system. *Physical Letters*, 97, 5-7.

Fetz, F. (1979). *Allgemeine Methodik der Leibesübungen*. Bad Homburg v.d.H.: Limpert.

Frey, G., Hildenbrandt, E. & Kurz, D. (1984). *Laufen, Springen, Werfen*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

Größing, S. (1988). *Einführung in die Sportdidaktik*. Wiesbaden: Limpert.

Grosser, M. & Neumaier, A. (1982). *Techniktraining*. München [u.a.]: BLV Verlagsgesellschaft.

Haberkorn, C. & Piaß, R. (1992). *Leichtathletik 2*. Frankfurt a.M.: Diesterweg.

Hänggi, P. (2002). Stochastic resonance in biology. *ChemPhysChem*, 3 (3), 285-290.

Haken, H., Kelso, J. A. S. & Bunz, H. (1985). A Theoretical Model Of Phase Transition In Human Hand Movements. *Biological Cybernetics*, 51, 347-356.

Hatze, H. (1986). Motion Variability – its Definition, Quantification, and Origin. *Journal of Motor Behavior*, 18 (1), 5-16.

Hidaka, I., Ando, S., Shigematsu, H., Sakai, K., Setoguchi, S., Seto, T., Hirooka, Y., Takeshita, A. & Yamamoto, Y. (2001). Noise-enhanced heart rate and sympathetic nerve responses to oscillatory lower body negative pressure in humans. *Journal of Neurophysiology*, 86 (2), 559-64.

Hidaka, I., Nozaki, D. & Yamamoto, Y. (2000). Functional stochastic resonance in the human brain: noise induced sensitization of baroreflex system. *Physical Review Letters*, 85 (17), 3740-3.

Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2003). *Einführung in die Trainingswissenschaft*. (3., korrigierte und erweiterte Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.

Hotz, A. (1986). *Qualitatives Bewegungslernen*. Zumikon: SVSS-Verlag.

Humpert, V., Schöllhorn, W. I. (2005). Vergleich von Techniktrainingsansätzen zum Tennisaufschlag. In A. Ferranti et al. (Hrsg.), *Trainingswissenschaft im Freizeitsport* (S. 64). Bochum.

Jaitner, T., Kretzschmar, D. & Hellstern, T. (2003). Changes of movement patterns and hurdle performance following traditional and differential hurdle training. In E. Müller, H. Schwameder, G. Zallinger & V. Fastenbauer (Hrsg.), *8th annual congress of the ECSS. Book of Abstracts. (9-12 July 2003, Salzburg)* (S. 224-225). Salzburg.

Krüger, H. (1981). Fehlerkorrektur beim Üben und Trainieren. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 30 (8), 623-626.

Kühl, L. (1993). *Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining Wurf*. Aachen: Meyer & Meyer.

Letzelter, M. (1978). *Trainingsgrundlagen*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

Magill, R. A. & Hall, K. G. (1990). A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, 9, 241-289.

Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1991). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.

Meinel, K. (1960). *Bewegungslehre*. Berlin: Volk und Wissen.

Newell, K. M., Liu, Y. & Mayer-Kress, G. (2001). Time Scales in Motor Learning and Development. *Psychological Review*, 108 (1), 57-82.

Oltmanns, K. (1999). Die Rückenstoßtechnik im Übergang zum Aufbautraining. *Leichtathletiktraining*, 10 (10+11), 58-65.

Pawelke, R. (1976). Entwurf eines Lehrprogramms für das Kugelstoßen. *Die Lehre der Leichtathletik*, 27 (42), 1483-1489.

Pfeiffer, M. & Jaitner, T. (2003). Sprungkraft im Nachwuchstraining Handball: Training und Diagnose. *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, 10 (1), 86-95.

Poullton, E. C. (1957). On prediction in skilled movements. *Psychological Bulletin*, 54 (6), 467-478.

Priplata, A., Niemi, J., Salen, M., Harry, J., Lipsitz, L. A. & Collins, J. J. (2002). Noise-enhanced human balance control. *Physical Review Letters*, 89 (23), 238101.

Roth, K. (1990). Ein neues ABC für das Techniktraining im Sport. *Sportwissenschaft*, 20 (1), 9-26.

Roth, K. (1991). 'Erst das Leichte, dann das Schwere – stufenweise richtig lehre!'. *Sportpsychologie*, 5 (1), 5-10.

Römer, J., Schöllhorn, W., Jaitner, T. & Preiss, R. (2003). Differenzielles Lernen bei der Aufschlagannahme im Volleyball. In J. Krug & T. Müller (Hrsg.), *Messplätze, Messplatztraining, Motorisches Lernen. Ausgewählte Beiträge zum 5. Gemeinsamen Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft. Universität Leipzig* (S. 129-133). Sankt Augustin: Academia Verlag.

Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (1998). *Motor control and learning*. Champaign: Human Kinetics.

Schmidt, R. A. & Wrisberg, C. A. (2004). *Motor learning and performance*. Champaign: Human Kinetics.

Scholz, J. P., Schöner, G. & Latash, M. L. (2000). Identifying the control structure of multijoint coordination during pistol shooting. *Experimental Brain Research*, 135 (3), 382-404.

Schöllhorn, W. I. (1998). *Systemdynamische Betrachtung komplexer Bewegungsmuster im Lernprozess*. Frankfurt a.M.: Peter Lang.

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

Schöllhorn, W. (2003). *Eine Sprint- und Laufschule für alle Sportarten*. Aachen: Meyer und Meyer.

Schöllhorn, W. I. (2005). Differenzielles Lehren und Lernen von Bewegungen – Durch veränderte Annahmen zu neuen Konsequenzen. In H. Gabler, U. Göhner & F. Schiebl (Hrsg.), *Zur Vernetzung von Forschung und Lehre in Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft* (S. 125-135). Hamburg: Feldhaus, Edition Czwalina.

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 (Hrsg.), *XVI. International Symposium on biomechanics in sports. Proceedings*. Konstanz: Universitätsverlag.

Schöllhorn, W., Röber, F., Jaitner, T., Hellstern, W. & Käubler, W. (2001). Discrete and continuous effects of traditional and differential sprint training. *6th annual congress of the european college of sport science. 15th congress of the german society of sport science. Book of abstracts* (S. 331). Köln: Sport & Buch Strauß.

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

Schönherr, T. & Schöllhorn, W. (2003). Differential learning in basketball. In W. I. Schöllhorn, C. Bohn, J. M. Jäger, H. Schaper & M. Alichmann (Hrsg.), *European Workshop on Movement Science. Mechanics, physiology, psychology. Book of abstracts* (S. pp. 58-59). Köln: Sport und Buch Strauß.

Wagner, H., Müller, E. & Brunner, F. (2004). Systemdynamische oder programmorientierte Lernmethoden. *Leistungssport*, 34 (6), 54-62.

Wiesenfeld, K. & Jaramillo, F. (1998). Minireview of stochastic resonance. *Chaos*, 8 (3), 539-548.

Winterer, G., Ziller, M., Dorn, H., Frick, K., Mulert, C., Dahhan, N., Herrmann, W. M. & Coppola, R. (1999). Cortical activation, signal-to-noise ratio and stochastic resonance during information processing in man. *Clinical Neurophysiology*, 110 (7), 1193-203.

Wolters, G. (2004). Morphologie. In J. Mittelstraß (Hrsg.), *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Band 2* (S. 940 f.). Stuttgart: J.B. Metzler.

Wolters, P. (1999). *Bewegungskorrektur im Sportunterricht*. Schorndorf: Hofmann.

Zeng, F. G., Fu, Q. J. & Morse, R. (2000). Human hearing enhanced by noise. *Brain Research*, 869 (1-2), 251-255.

\*

Die Autoren

Hendrik BECKMANN, Jahrgang 1976, studierte von 1997 bis 2003 Geschichte und Sport für die Lehramter der Sekundarstufen II und I an der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster. Erste Staatsarbeit zum Thema „Vergleich von Techniktrainingsansätzen im Kugelstoßen“. Seit 2005 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Arbeitsbereich Trainingswissenschaft tätig. Darüber hinaus seit 2002 Leichtathletik-Trainer bei der Turngemeinde Münster und der LG Ratio Münster. Von 2003 bis 2005 Fördertrainer „Wurf“ am Landesleistungszentrum Münster Warendorf.  
E-Mail: h.beckmann@uni-muenster.de

Prof. Dr. Wolfgang I. SCHÖLLHORN ist Lehrstuhlinhaber für Trainings- und Bewegungswissenschaft an der Universität Münster. Nach Studium der Physik und Diplomarbeit in Mainz, Promotion in Biomechanik (Frankfurt) und Habilitation in Training- und Bewegungswiss. (DSHS Köln). Ehem. Zehnkämpfer, Vizeeuropameister und Deutscher Meister im Bobsport, ehem. Trainer; mehrerer Deutscher Jugendmeister in der Leichtathletik. Seit 20 Jahren biomechanische und trainingswissenschaftliche Beratung von Nationalmannschaftsmitgliedern u. a. in der Leichtathletik, Karate, Basketball, Golf, Volleyball.  
E-Mail: move.brain@uni-muenster.de

Anschrift der Autoren: Westfälische Wilhelms-Universität, Abt. Trainings- und Bewegungswissenschaft, Prof. Dr. Wolfgang Schöllhorn, Leonardo Campus 15, 48149 Münster  
E-Mail: move.brain@uni-muenster.de