Wolfgang Schöllhorn

Differenzielles Lernen im Schwimmen – eine Alternative?

Die jüngsten Entwicklungen im Schwimmsport in Bezug auf die Leistungssteigerungen deuten auf vielseitige Herangehensweisen. Hat man sich gedanklich erst einmal von der alleinigen Möglichkeit der Leistungssteigerung durch Umfangs- und Intensitätssteigerungen verabschiedet, steht den kreativen Ansätzen und qualitativen Sprüngen in der Entwicklung wenig mehr im Weg. Auf der Suche nach legalen Mitteln und Methoden zur Leistungssteigerung sind im Leistungssport wenig Grenzen gesetzt. Spätestens seit den Ereignissen speziell in den Ruder- und Schwimmdisziplinen in Athen 2004, bedingt durch zu rauhe Wasseroberflächen aufgrund böigen Windes in den Freiluftanlagen, beginnen zunehmend Trainer und Athleten über die bislang dominante Methode des Einschleifens auch in ausdauergeprägten Wassersportarten kritisch zu reflektieren. Schien doch die Umstellung von ruhigen auf rauhe Wasseroberflächen beim Schwimmen und Rudern trotz unzählbarer Trainingskilometer auf unvorhergesehene Probleme zu stoßen. Ein weiteres Mal wurde vor Augen geführt, wie schwierig und komplex die Kontrolle des Wassers zur Vortriebsnutzung ist. Einen groben Eindruck von der Komplexität von Flüssigkeiten im allgemeinen zeigt der bislang erfolglose Versuch, die seit Ende des 19 Jahrhunderts aufgestellten Navier-Stokes-Gleichungen zur Strömungsmechanik einer globalen Lösung zuzuführen. Wasser unter Kontrolle zu bekommen und zum Vortrieb zu nutzen, gehört nicht nur im Sport wohl zu den größten Herausforderungen der Wissenschaft. Gilt es schon an Land als unwahrscheinlich, zwei identische Bewegungen auszuführen entsprechend Bernsteins (1967) „Wiederholen ohne zu Wiederholen", so wird die Wahrscheinlichkeit in Wasser aufgrund der massiven nichtlinearen Eigenschaften von Wirbeln und Strömungen nicht gerade erhöht. Wenn auch meist metaphorisch formuliert, so erhält der Aphorismus von Heraklit hier fast wörtliche Bedeutung: „ Du steigst niemals zweimal in denselben Fluss". Berücksichtigen wir zusätzlich eine mögliche individuelle Technikausprägung von Weltklasseschwimmerinnen und -schwimmern, so geraten traditionelle Trainingsansätze, die auf Einschleifen und Leitbildern basieren, in Begründungsnotstand. Wurde lange Zeit die veränderte Bewegungsausführung bei Bewegungswiederholungen einer fehlenden Messgenauigkeit zugeschrieben und Individualität aufgrund nichtauffindbarer Gesetzmäßigkeiten ungeprüft vermutet und in der Folge auf die Trainingspraxis eigentlich ignoriert, so zeigen jüngere Ansätze die biologische Notwendigkeit von Bewegungsschwankungen und weisen die Individualität von Bewegungen quantitativ nach.

Eine zusätzliche Schwierigkeit der traditionellen Trainingsansätze besteht in der oft ungeprüften und unbegründeten Verallgemeinerung auf unterschiedliche Alters- und Leistungsstufen. Einsicht in Bezug auf eingeschränkte Modifikation des traditionellen Ansatzes liegt fast ausschließlich im Anfänger- oder Kleinkindbereich vor, in denen mit völlig veränderten Vorgehensweisen wesentlich größere Leistungsfortschritte in kürzere Zeit erzielt werden. Anstatt den Ansatz des kindlich „chaotischen" Lernens als nachahmenswert zur Diskussion zu stellen wird er meist als notwendiges Übel zur Motivation in jungen Jahren benutzt, um im Leistungsbereich auf bewährte Methoden der „schwarzen Pädagogik" (Rutschky 2001) und militärisch verwurzeltes Gedankengut zur Abrichtung von Pferden („Training" in Brockhaus 1856) zurückzugreifen. Akzeptieren wir, dass keine Bewegungswiederholung identisch ist, selbst nach mehreren Tausend Wiederholungen, dann ist dies verbunden mit dem ständigen Auftreten von Neuem. Ist das Neue jedoch ein grundlegendes trainings-/lebensimmanentes Phänomen, auf das allgemein ein Trainingsprozess u.a. vorbereiten soll, so scheint dies andere

Maßnahmen nach sich zu ziehen, als ein auf Wiederholung basiertes Einschleifen. Allgemein drängt sich hier der Verdacht von veränderungsbedürftigen Annahmen der traditionellen Ansätze auf.
Der aus neurophysiologischen Prinzipien und der Systemdynamik abgeleitete Ansatz des Differenziellen Lernens (Schöllhorn 1999) nimmt die Elemente der Nichtwiederholbarkeit und der Individualität zum zentralen Gegenstand auf und verbindet Sie mit Prinzipien der Selbstorganisation zu einem Alternativen Lern- und Trainingsansatz. Möglichkeiten der Anwendung im Bereich des Schwimmtrainings aufgrund entsprechender Randbedingungen der Annahmen werden diskutiert.

1 Neurophysiologische Grundlagen und Systemdynamische Prinzipien

Neurophysiologische Hinweise auf alternative, nicht auf wiederholendem Einschleifen basierende Lernansätze können in zwei Bereiche gruppiert werden. Ein historisch etwas älterer Bereich umfasst Hinweise die sich anhand der neuroanatomischen Struktur und ihren mittel- und längerfristigen Änderungen ableiten lassen (Schöllhorn 1998). Der andere Bereich zielt in erster Linie auf neurophysiologische Korrelate, die sich vor allem bei kurzfristigen, unmittelbaren Adaptationen (Beck 2008) beobachten lassen und dem ersten Bereich wohl vorgeschaltet sind.

Dem ersten Bereich können Erkenntnisse der Neurobiologie und –physiologie des Sehens zugeordnet werden (Hubel Wiesel 1959; Liu, Jia, Gu, Cynader 1994; Müller, Metha, Krauskopf, Lennie 1999;) . Das visuelle System ist das neurophysiologisch wohl am besten untersuchte Sinnessystem von Menschen und Primaten. Erkenntnisse, die am visuellen Cortex abgeleitet wurden, liefern umfassendes Verständnis über die Funktionsweise von lokalen Netzverbänden im gesamten Cortex. Danach sind 95% des Großhirns anatomisch strukturell gleich aufgebaut (Niewenhuys, Voogd, van Huijzen 1991 Creutzfeldt 1983). Die Neuronen in der grauen Substanz des Neocortex ordnen sich dabei in 6 Schichten und charakteristischen Säulen an, die vor allem in den primär sensorischen Cortizes in relativ beschränkten Zeitfenstern der Entwicklung plastisch sind (Pöppel). Innerhalb dieses Zeitfensters nicht dargebotene Strukturen werden danach nicht mehr oder nur sehr schwer erlernt. Werden z.B. Katzen innerhalb der ersten Wochen der Entwicklung des visuellen Systems nach Geburt ausschließlich vertikalen Linien ausgesetzt, werden sie später jede Treppe hinunterstürzen, da sie keine horizontalen Linien mehr erkennen werden (Singer 1991). An biologischen neuronalen Netzen orientierte künstliche neuronale Netze weisen vergleichbare Eigenschaften auf und lassen weitere Szenarien simulieren. Entsprechend kann nur ein vielseitig gereiztes/ trainiertes neuronales Netzwerk später strukturell das Erkennen, worauf es auch vorbereitet wurde. In Anlehnung an die jüngere Literatur zum Lernen wird im folgenden zwischen der Aneignungsphase, die im allgemeinen mit der intensiven Intervention einhergeht und der anschließenden Lernphase, die die mögliche zeitlich überdauernde Verhaltensänderung (Klix 1972) umschreibt, unterschieden. Die Struktur der Vielseitigkeit im Aneignungs- bzw. Trainingsprozess zeigt ähnlich dem biologischen Vorbild entsprechende Konsequenzen für den anschließenden Lern- bzw. Anwendungsabschnitt. Werden künstliche neuronale Netze in der Aneignungsphase geblockt, dh. anhand mehrmaliger Wiederholungen trainiert, ist die anschließende Erkennungs-Anwendungsleistung deutlich verringert im Vergleich zu einem vorab randomisierten Interventionsdesign, in dem die zu erlernenden Inhalte zufällig abgewechselt werden (vgl. Künzell 1995). Randomisiertes Trainieren neuronaler Netze wird

auch als ein konfrontieren mit verrauschten Signalen verstanden, das ein zentrales Element systemdynamischer Betrachtungen ist.
Dem zweiten Bereich sind Forschungsergebnisse zuzuordnen, die aufgrund der mittlerweile größeren Zeitauflösung der zur Verfügung stehenden Untersuchungs-methodik sogar kurzfristige neuronale Adaptationsprozesse visualisieren und auf tierexperimenteller Seite die Analyse von neuronalen Überträgerstoffen erlauben. Hierbei geht man von einem wesentlichen Einfluss ausgewählter Botenstoffe im Gehirn für erfolgreiches Lernen aus (Spitzer ; Beck 2008). Hierzu zählt neben Endorphin und Serotonin auch Dopamin, das unter anderem bei unerwartet positivem Ergebnis vor allem im Bereich des Striatum und den Basalganglien vermehrt ausgeschüttet wird (Schultz 2001). Dieses sogenannte Glückshormon wird meist erst dann ausgeschüttet, wenn die damit verbundene Aufgabe eine echte Herausforderung war (Schultz 2010).

In enger Verbindung hiermit stehen Ansätze der Philosophie. In Heideggers Schrift *Identität und Differenz* wird erstmals deutlich gemacht, dass die vorherrschende Tendenz in der europäischen Philosophie seit Platon überwiegend auf das Eine, Identische gerichtet ist und das Viele, Verschiedene von diesem aus zu erfassen sucht (Heidegger, 1957). Auf den ersten Blick folgerichtig sieht Adorno begriffliches Denken als von sich aus identifizierend charakterisiert. Denken in Begriffen heißt demnach Verallgemeinern, Gemeinsames herauszuheben. Aus philosophischer Sicht muss deshalb das Besondere, Nicht-identische durch die Raster dieses Denkens fallen (Kimmerle, 2000). Im Unterschied zu Adorno betrachtet Derrida jedoch die traditionelle Begrifflichkeit nicht als etwas Unentrinnbares, sondern verweist mit einer „Philosophie der Differenz" vor allem auf den Selbstgenerierungsprozess der Differenzen, der in einer „Dekonstruktion" der Philosophie resultiert (Derrida, 1988). Darin wird identifizierendes Denken als eine Möglichkeit philosophischen Diskurses betrachtet und andere Möglichkeiten vorbereitet, indem der traditionelle Diskurs gezwungen wird sich zu öffnen (Kimmerle, 2000). Analog erweist sich die Begrifflichkeit der Bewegungswissenschaft als so tiefgehend geprägt vom Denken der Identität, dass die Differenz damit nur schwer zu erfassen ist. Im Unterschied zur fernöstlichen Philosophie wird demnach in der westlichen Philosophie die Spannung zwischen zwei Positionen durch einen „Kompromiss" aufgelöst, wohingegen im ersten Fall die Spannung zwischen zwei Positionen als zusätzliche Quelle der Erkenntnis betrachtet und erhalten wird.

Neuropsychologische Alltagsexperimente liefern zusätzliche Hinweise auf den Einfluss und Nutzen von Differenzen. Beobachten wir einen Gegenstand abwechselnd mit dem rechten oder linken Auge, so nutzt unser Gehirn den Unterschied der beiden Abbilder zur Schätzung des Abstandes, den der Gegenstand vom Beobachter hat. Ähnliches können wir beim Gehör beobachten, das von einer seitlich positionierten Geräuschquelle einen Laufzeitunterschied von 30-50 Microsekunden vom linken zum rechten Ohr nutzt, um sich zu orientieren.

Der strukturelle Einfluss von Rauschen bzw. Fluktuationen und Intermittenzen auf Phänomene der Bewegung wurden bereits 1985 von Haken, Kelso und Schöner am Beispiel zyklischer *Finger- und Hand- und Beinbewegungen (Schöner & Kelso 1988; Kelso 1995) untersucht und* zahlreiche Vorhersagen im Anschluss eindrucksvoll bestätigt. Danach stellen Schwankungen bzw. Fluktuationen eine unabdingbare Voraussetzung für lebende Systeme zur Anpassung an sich ständig verändernde Bedingungen. Ein struktureller Transfer des Ansatzes auf ballistische und großmotorische Bewegungsformen (Schöllhorn 1998) führte einerseits zur Erkennung von Personen anhand ihrer Bewegungen und andererseits durch das Nutzen der Schwankungen im Rahmen von Lernprozessen zum differenziellen Lernansatz.

Quantitativer Nachweis von Individualität

Eine erste Bestätigung für die Individualität und Situativität von Bewegungen mit Hilfe biomechanischer Bewegungsmustervergleiche gelang am Beispiel von Lernprozessen bei Diskuswerfern (Schöllhorn, 1998; Bauer & Schöllhorn, 1997;). Anhand der Vergleiche von Gelenkwinkelverläufen in der zweistützigen Abwurf-phase (Dauer: ca. 200 msec) konnten sowohl die Bewegungsmuster verschiedener Athleten als auch die Bewegungsmuster in einzelnen Trainingseinheiten voneinander unterschieden werden. Bei einer Untersuchung von Weltklasseathletinnen und –athleten im Speerwurf konnten neben der bereits geschilderten Erkennung der individuellen Bewegungsmuster auch die männlichen von den weiblichen Speerwurftechniken getrennt werden. Die Erkennung dieser individuellen Wurfstile/-techniken erfolgte anhand der zweistützigen Abwurfphase mit nur ca. 200 msec Dauer (Schöllhorn & Bauer, 1998) und konnte über alle Würfe innerhalb eines Beobachtungszeitraums von 6 Jahren hinweg gezeigt werden. Dabei unterschieden sich die Bewegungsmuster von Speerwerfern verschiedener Nationen stärker voneinander als die Bewegungsmuster innerhalb einer Nation, was den Verdacht nahe legt, dass es trotz vergleichbaren Wurfweiten in der Weltspitze auch nationenspezifische Techniken gibt. D.h., dass selbst Weltklassewurfweiten mit unterschiedlichen Techniken geworfen werden können, diese Techniken einem nationenspezifischen Ideal untergeordnet, innerhalb dieses Ideals jedoch höchst individuell sind. Können jedoch anhand der Gelenkwinkelverläufe eines Athleten bei einer Bewegung von nur 200 msec Dauer die Nationalität und die Person (inkl. des Geschlechts) abgelesen werden, dann stellt sich u.a. die Frage, welche Funktion Leitbilder oder Idealtechniken im Sinne des bislang sehr engen Verständnis haben.

Diese Frage zu stellen wird um so wichtiger, wenn man Studien heranzieht, die bei unterschiedlichen Bewegungen nachweisen konnten, dass Bewegungsmuster höchst individuell sind, und dies sowohl bei unterschiedlichen Leistungsstufen als auch bei unterschiedlichen Altersklassen (Weitsprung – Jaitner, Mendoza, & Schöllhorn, 2001; Sprint – Schöllhorn, Röber, Jaitner, Hellstern, & Käubler, 2001; Kugelstoßen – Bauer, Schöllhorn, Koller, & Mendoza, 1997; Gehen – Schöllhorn, Nigg, Stefanyshyn, & Liu, 2002). Weitere Untersuchungen deuten zusätzlich auf individuelle Anpassungsmechanismen bei gleichen Interventionen (ebd.) und sogar auf individuelle Interaktionen (Schöllhorn, Peham, Licka, & Scheidl, 2001) hin. Auch die Erkennung von Emotionen (Janssen, Schöllhorn, Lubienetzki, Fölling, Kokenge, & Davids, 2008) und Ermüdungserscheinungen (Jäger, Alichmann, & Schöllhorn, 2003) in einem Bewegungsmuster bei einer Dominanz der Individualität stellt den Einsatz von personenübergreifenden und situationsunabhängigen Trainingsempfehlungen in Frage.

2 Nichtwiederholbarkeit von Bewegungen - Ein Phänomen und seine Konsequenzen

Neben der Individualität wird seit langem auch die Nichtwiederholbarkeit einer Bewegung angenommen, d.h. die Unfähigkeit des Menschen, eine einmal ausgeführte Bewegung exakt zu wiederholen. Eine der ersten Erwähnungen dieser Idee findet sich in Heraklits (5. Jhdt. v. Chr.) bekanntem Aphorismus "Du steigst niemals zweimal in denselben Fluß". Bernstein (1967) übertrug diese Idee auf den Bereich der Bewegungen mit seiner Idee vom „Wiederholen ohne zu Wiederholen". Hatze (1986) schließlich sammelte wissenschaftliche Hinweise zur Unmöglichkeit eine Bewegung identisch wiederholen zu können, d.h. dass selbst nach 13.000 Wiederholungen einer Bewegung die 13.001 Bewegungswiederholung wieder etwas Neues

enthält, das beim bisherigen Lernprozess noch nicht auftrat. Dies zeigt sich im Bereich der Leichtathletik auf der Ebene des Bewegungsergebnis recht anschaulich an den sehr stark schwankenden Schrittlängen im Anlauf von Weit- oder Hochspringern (Killing, 2004). Auf der Ebene der Bewegungsmuster, z.B. der Gelenkwinkelverläufe der Bewegung zeigt sich dieses Phänomen in schwankenden Gelenkwinkelverläufen, die nie vollständig mit denen anderer Versuche übereinstimmen.
Weshalb trotz vorliegender Daten bislang keine entsprechenden praktischen Konsequenzen gezogen wurden, kann nicht endgültig geklärt werden. Naheliegend sind jedoch eine gewisse Systemträgheit und die Tendenz, Verantwortung für Widersprüche zwischen Theorie und Realität auf nicht beeinflussbare Messfehler abzuschieben

Betrachten wir bei Bewegungswiederholungen auftretende Schwankungen als Abweichungen von einem vorgegebenen Wert, dann entspricht dies in klassischer Vorstellung eigentlich Bewegungsfehlern, die es zu minimieren gilt. Eine Schwierigkeit ist dabei jedoch, dass diese Schwankungen in allen lebenden Systemen auftreten. Selbst wenn wir einfache Fingerbewegungen (Haken, Kelso & Bunz, 1985) oder einen Sprintstart (Mendoza & Schöllhorn, 1993) über Jahre hinweg üben würden, wären trotzdem Schwankungen in der Bewegungsausführung zu beobachten und ferner wäre dabei die Wahrscheinlichkeit, dass bei diesen vielen Bewegungswiederholungen zwei identische auftreten verschwindend gering. Das liegt unter anderem daran, dass der Mensch wie auch andere biologische Systeme ständig Schwankungen unterworfen sind. So ändern sich z.B. die Lage des Körperschwerpunkts und damit die Gleichgewichtsverhältnisse des menschlichen Körpers mit jedem Atemzug oder mit der Verschiebung des Blutvolumens durch den Herzschlag. Andere Änderungen werden z.B. durch Wachstumsprozesse, durch die Anpassungen an Trainingsreize (z.B. Muskelzuwachs) durch veränderte Tages-/Jahreszeiten, Lernen oder Ermüdung verursacht. Wenn die Wahrscheinlichkeit für zwei identische Bewegungen einer Person allerdings derart gering ist, dann ergibt sich folgendes Problem: Ist jede Bewegung nur ein klein wenig anders als alle vorangegangenen und alle folgenden Bewegungen, dann kann letztlich nie die Wettkampfbewegung in traditionellem Sinne trainiert werden, denn diese wird wiederum anders als die Bewegungen davor und danach sein. Versucht man aber, den Wettkampf durch viele Wiederholungen der Bewegung vorzubereiten, das so genannte „Einschleifen", dann tritt im Rahmen dieser Wiederholungen immer ein mehr oder weniger großes „Rauschen" auf (vgl. Exkurs) – Was jedoch ist dann die Ursache für den Lernerfolg? Die identische Wiederholung der Bewegung kann es nicht sein.

In diesem Zusammenhang ist es interessant, dass die einzigen Systeme, die sich durch die völlige Abwesenheit von Schwankungen auszeichnen Maschinen sind. Diese wiederum sind jedoch zumeist unfähig zu lernen oder sich an neue Situationen anzupassen. Betrachtet man hingegen den Lernprozess von Säuglingen und Kleinkindern, stellt man fest, dass Phänomene wie Krabbeln, Gehen, Greifen oder das Essen nicht durch die Imitation eines Vorbilds entstehen oder durch das zielgerichtete Wiederholen einer Bewegung: Vielmehr probieren Kinder in diesem Alter selbstständig alle möglichen Bewegungsformen aus. Aus diesen, zum großen Teil auch chaotischen Bewegungen bilden sich selbstorganisierend zunächst genügend differenzierte und zweckmäßige Fertigkeit aus (Goldfield, 1993). Genutzt wird dabei auch die Fähigkeit des menschlichen Gehirns zur Interpolation, d.h. aus dem Unterschied oder der Differenz zwischen zwei Bewegungen kann das Gehirn den dazwischen liegenden Bereich abschätzen. Versteht man die ständigen Änderungen und Schwankungen in den Bewegungsmustern als Rauschen, so scheint das „Verrauschen" der zu erlernenden Bewegung eine der erfolgreichsten

und effektivsten Formen des Lernens zu sein; immerhin lernen wir nie wider soviel und so schnell wie in den ersten Lebensjahren.
Da weder bei Spitzenathleten noch bei Kleinkindern identische Bewegungs-wiederholungen zu beobachten bzw. zu messen sind, während sie gleichzeitig ihre Leistung steigern bzw. ein umfangreiches Bewegungsrepertoire erwerben, liegt die Vermutung nahe, dass die ständigen Schwankungen und Fluktuationen beim Ausführen einer Bewegung keine „Fehler" sondern eine notwendige Voraussetzung für das Lernen biologischer Systeme sind. Dann können jedoch auch die so genannten Fehler während des Lernprozesses im Sinne von Abweichungen von der vom Trainer intendierten Idealtechnik weniger als ein Hindernis für das Lernen als vielmehr dessen Ursache betrachtet werden. Die Vermeidung von Fehlern oder die Einschränkung von Schwankungen und Variationen in einem typischen Lernprozess wären dann grundlegend zu überdenken.

3 Adaptation - Individualität und Nichtwiederholbarkeit erfordern neue Ziele für Lernprozesse

Wenn Bewegungen nicht nur höchst individuell sind sondern zudem auch ständigen Schwankungen unterliegen, dann scheint es wenig plausibel als Lern- und Trainingsziel eine stabile Idealtechnik nach traditionellem Verständnis zu wählen. Die geringe Wahrscheinlichkeit eine Bewegung identisch zu wiederholen schließt das Stabilisieren einer Bewegung, die dann im Wettkampf nur noch abgerufen werden muss, aus. Bei Diskuswerfern stellt man trotz schwankender Ausgangs-bedingungen der Bewegung fest, dass erfolgreiche Athleten die Abflugparameter so gestalten, dass das Ergebnis der Bewegung relativ konstant bleibt. Bedenkt man, dass eine Schwankung in der Weite der Wurfauslage eine Änderung der Abwurfhöhe um wenige Zentimeter verursachen kann, dann müsste der Athlet dies durch Anpassung des Abwurfwinkels ausgleichen. Das Ziel des Lernens scheint demnach vielmehr darin zu bestehen, dass der Athlet in die Lage versetzt wird, die ständigen Schwankungen in einem Teil der Bewegung durch Schwankungen in anderen Teilen der Bewegung auszugleichen, d.h. seine Bewegung auf die sich ständig ändernden Bedingungen anzupassen.

Eine weitere Schwierigkeit bisheriger Ansätze zum Bewegungslernen bzw. der Bewegungs-automatisierung ist in Bezug auf die Vorbildorientierung zu erkennen. Wenn es möglich ist, Athleten nahezu unabhängig von ihrem Leistungsniveau anhand ihrer Bewegung während einer Dauer von 200 msec zu erkennen (siehe oben), dann wird die Frage akut, warum Athleten ein angeblich allgemeingültiges Vor- oder Leitbild imitieren sollen. Denn dieses wird weder der Individualität eines anderen Athleten gerecht, noch lässt es sich wirklich kopieren. Individuelle Ideal-techniken z.B. mit Hilfe der Biomechanik zu entwickeln ist nur auf den ersten Blick eine Lösung: Zum einen wären die dafür notwendigen Messungen nicht exakt genug möglich. Zum anderen würde die gemessene Bewegung schon bei ihrer nächsten Ausführung wieder von den Messergebnissen abweichen, weshalb auch ständig neue Messungen keine Lösung sind.

Nimmt man statt eines sehr eng definierten Ziels im Sinne einer Idealtechnik oder eines Technikleitbilds einen größeren Zielbereich an, innerhalb dessen jeder Athlet sein sich zeitlich ständig änderndes (s. oben), individuelles Optimum (s. oben) selbst findet, dann scheint diese Lösung aufgrund der skizzierten Erkenntnisse sehr viel angemessener. Dieser größere Zielbereich wird auch als „möglicher Lösungsraum" bezeichnet und umfasst prinzipiell alle Möglichkeiten zur Lösung einer Bewegungsaufgabe. Am Beispiel des Hürdenlaufs finden sich im Lösungsraum daher auch verschiedene Schwungbeinführungen (gebeugt, gekickt, gestreckt,

geradlinige, diagonale, etc.), Armführungen (Gegenarmschwung, Doppelarm-schwung, Arme zur Seite, etc.) oder verschiedene interne Rhythmen in der Bewegung (Schwungbein schnell hoch, langsam runter; Schwungbein langsam hoch, Nachziehbein schnell vor; etc.; Kretzschmar, 2008). Begrenzt wird der Lösungsraum nur durch zwei Dinge: Zum einen die erkennbare Verletzungsgefahr für den Athleten und zum anderen das Regelwerk. Die Kriterien für „Stoß" (Ellbogen hinter der Schulter) und „Wurf" behalten also auch im Lösungsraum ihre Gültigkeit.

Der Lernprozess besteht aufgrund der ständig auftretenden Schwankungen im Bewegungsverlauf und der dadurch notwendigen Fähigkeit zur situativen Anpassung im „Abtasten" der Randbereiche des Lösungsraums. Letztlich ist dies der Mechanismus, den Kleinkinder nutzen, um sich ihr Bewegungsrepertoire zu erarbeiten: Ständige Schwankungen durch das Ausprobieren aller möglichen Lösungen für das Problem oder die Aufgabe „Krabbeln", „Gehen", „Greifen" etc. Zwar weisen auch Athleten immer noch Schwankungen auf (vgl. „Nichtwiederholbarkeit"), jedoch längst nicht mehr so große und vielfältige, da man bereits meint, man wisse, welche Bewegung die beste Lösung ist. Das Ziel im Lernprozess ist daher das gezielte Verstärken der bereits auftretenden Schwankungen (Fluktuationen), um dadurch einen selbstorganisierten Lernprozess zu initiieren und gleichzeitig die Fähigkeit unseres Gehirns zur Interpolation auszunutzen. Durch das Ausprobieren vielfältiger Lösungsmöglichkeiten besteht die Chance das individuelle Optimum eines Athleten sehr viel schneller zu finden, und durch die Interpolationsfähigkeit wird die Fähigkeit verbessert in den sowieso ständig neu auftretenden Situationen schneller adäquate Lösungen zu finden. Wird diese Art des Lernens von Beginn an realisiert, dann steigt die Wahrscheinlichkeit, dass der/die AthletIn in kürzerer Zeit individuelle Stärken und Schwächen implizit kennen lernt und entsprechend reagiert.

4 Praktische Realisation des Differenziellen Lehrens und Lernens

Das Ziel, sich an ständig neue Situationen anpassen zu können wird beim Differenziellen Lehren und Lernen (Schöllhorn, 1999) dadurch erreicht, dass die Schwankungen bzw. das Rauschen in den Bewegungsausführungen während des Lernprozesses vergrößert wird. In der Praxis werden daher vielfältige Variationen einer Bewegungsausführung aus dem Randbereich des möglichen Lösungsraums ausgeführt, d.h. es wird ein Rauschen in der Bewegung angeregt, das weit über das Maß des Rauschens hinausgeht, das man bei dem Versuch eine Bewegung zu wiederholen messen kann. Hier geht das Differenzielle Lernen auch weit über das „variable Üben" (Schmidt & Lee, 1988) hinaus, bei dem zwar die Geschwindigkeit, der Krafteinsatz, die Richtung oder die Randbedingungen der Bewegung verändert werden, die Bewegung jedoch möglichst konstant gehalten wird. Beim Differenziellen Lernen hingegen wird auch die Bewegung selber verändert, so weit, dass sogar das Ausführen der möglichen Fehler zum Lernprozess gehört. Aus dieser Vielzahl an Variationen ergeben sich Differenzen zwischen den einzelnen Bewegungen, aus denen aufgrund der Interpolationsfähigkeit auch auf den Bereich zwischen den Bewegungsausführungen geschätzt werden kann.

Die im Differenziellen Lernen eingesetzten Variationen werden aus Untersuchungen unterschiedlichen Phasen und Ebenen eines Lernprozesses abgeleitet (vgl. Schöllhorn, 1998) und lassen sich folgendermaßen systematisieren: Jedes Gelenk kann hinsichtlich seines Winkels, seiner Winkelgeschwindigkeit, seiner Beschleunigungen und seines Rhythmus variiert werden (Schöllhorn, 1999). Am Beispiel des Kniewinkels beim Sprintlauf kann dies heißen, dass der Sprint in der Stützphase einmal mit ständig gebeugten Knien durchgeführt wird, dann während des Sprints die Knie früher gebeugt werden, dann während des Sprints

die Knie später oder länger gestreckt werden, dann mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten gebeugt oder gestreckt wird und zur Realisierung der Rhythmusdifferenzen, das Knie am Anfang langsam gebeugt und dann schnell gestreckt oder schnell gebeugt und langsam gestreckt wird etc. Der Lösungsraum des leichtathletischen Sprints wird dabei nicht verlassen, denn jede dieser Bewegungsausführungen ist immer noch ein Sprintschritt. Jedoch wird dem Athleten auf diese Weise die Möglichkeit gegeben, seinen individuellen Sprintstil, d.h. den für ihn optimalen Zeitpunkt, Umfang und Geschwindigkeit der Kniestreckung/-beugung zu finden, anstatt einem Vorbild nachzueifern, dessen Bewegung nicht zu seinen individuellen Voraussetzungen passt. Führen wir diese Variationen in jedem Gelenk durch und kombinieren diese Variationen mit- und untereinander, so bekommen wir in etwa eine Vorstellung über die Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten, die möglich sind, ohne dass eine Übung wiederholt wird. Daher sieht das Differenzielle Lernen in seiner Extremform bzw. in einem engen Verständnis auch keine Wiederholungen einer Bewegungsausführung vor, um einerseits von Anfang an möglichst viele neue Situationen und Bewegungen zu provozieren, an die sich der Athlet anpassen muss und andererseits, da diese Variations- und Kombinationsmöglichkeiten eine Fülle an möglichen Bewegungsausführungen bereitstellen. Werden neben den geschilderten Möglichkeiten an einem Gelenk und den Kombinationen mit anderen Gelenken auch klassische, im Trainingsalltag übliche und bekannte Variationen z.B. in zeitlicher und dynamischer Hinsicht (wie im variablen Üben nach Schmidt & Lee, 1988 postuliert) integriert, wird der übliche Begriff des „variablen Techniktrainings" in der Leichtathletik auf eine nahezu unendliche Variationszahl erweitert.

Es gilt also, den Sprintschritt eher von Anfang an mit allen möglichen Eventualitäten zu trainieren und weniger ein nie mehr auftretendes, fiktives und nicht reproduzierbares Ideal durch zahlreiche Wiederholungen zu kopieren. Ein etwas weniger biomechanischer Ansatz wäre, in der Praxis Imitationen von mehreren, anderen Personen oder die eigentliche Bewegung mit unterschiedlichen Charakteristika auszuführen. Vergleichbares findet sich in den chinesischen Kampfsportarten, die ihren Schülern seit langem die Aufgabe stellen, in verschiedenen Tierformen: („Kämpfe wie eine Schlange", „Kämpfe wie ein Tiger") oder Zuständen („Kämpfe wie ein Betrunkener") zu kämpfen. D.h. auch die Sprache der Anweisungen unterliegt im weitesten Sinne der Idee des differenziellen Lernens. Als Trainer oder Lehrer wäre es aus dieser Sicht ratsam, denselben Anweisungsinhalt durch unterschiedliche Worte zu formulieren (Schöllhorn, 2003).

Mit diesem Ansatz des differenziellen Lernens wird nicht der Anspruch eines besten methodischen Wegs erhoben, sondern nur eine Alternative zum bisher Bestehenden angeboten. Wird eine Theorie bzw. ein Erklärungsmodell wie hier entwickelt, so ist ein Anliegen dabei, Phänomene bisheriger Theorien ebenfalls in dieses Modell zu integrieren. Da mit Hilfe der traditionellen Methodik der graduellen Annäherung mittels zahlreicher Wiederholungen sehr große Erfolge erzielt wurden, gilt es auch, diese Phänomene in den neuen Ansatz einzubinden. Wenn wir demnach auf dem Weg der Annäherung an ein individuelles Maximum entsprechend viele Wiederholungen einer Bewegung durchführen, dann kommen wir aufgrund der geringen Wahrscheinlichkeit zweier identischer Bewegungen mit der Zeit ebenfalls auf einen entsprechend großen Rauschumfang unserer Bewegung innerhalb des Lösungsraums. Während bislang die häufigste Begründung für diesen Erfolg jedoch in der Anzahl an Übungswiederholungen gesehen wurde, ist die Frage nach der dabei auftretenden Varianz oder Anzahl und Größe der Anpassungsschritte weitestgehend vernachlässigt worden.

Abbildu

In Abbil
dem mi
wir z.B.
Übunge
aufweis
Im klas
ausgefül
jedoch
zwar di
sind jed
große A
jeder W
ständig

Untersu
Nach e
wöchent
fünfmal
in unter
worden
Fußball
aufgefül
Im Bere
Rolle da
Erlernu
solcher

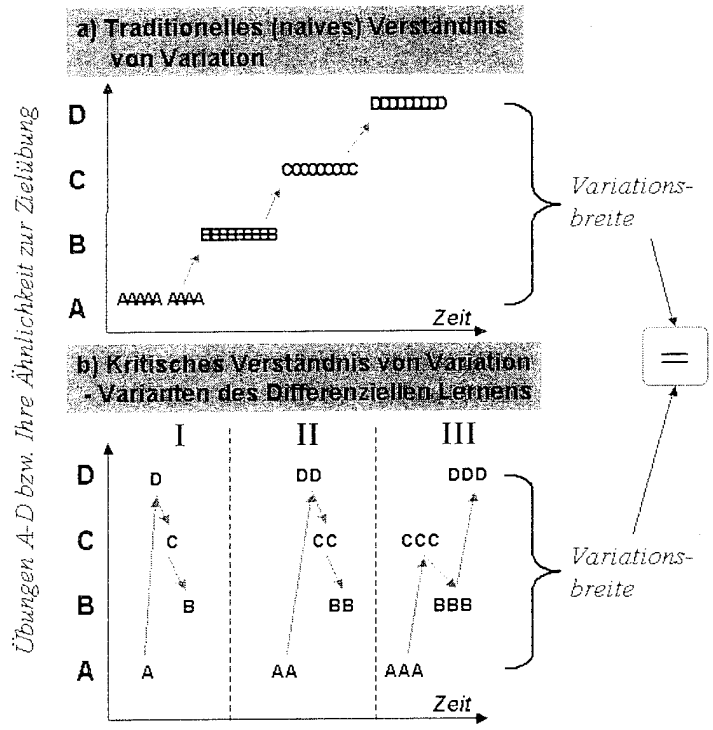

Abbildung 1: Traditionelles und kritisches Verständnis von Variabilität

In Abbildung 1 ist der Unterschied zwischen traditionellem Verständnis von Variabilität und dem mit differenziellem Lernen verstandenen kritischen Verständnis dargestellt. Wählen wir z.B. 4 Übungen A – D, wobei Übung D die zu erlernende Zielübung darstellt und die Übungen A-C im Sinne einer methodischen Reihe eine zunehmende Ähnlichkeit zur Übung D aufweisen, dann können diese 4 Übungen in verschiedenen Reihenfolgen ausgeführt werden. Im klassischen geblockten Ansatz wird dann jede Übung jeweils 10 mal hintereinander ausgeführt, bevor zur Nächsten fortgeschritten wird (obere Abbildung). Verändert man jedoch die Reihenfolge auf die in der unteren Abbildung dargestellten Varianten, dann ist zwar die Gesamtvarianz aller Übungen die gleiche, die Anzahl und Größe der Anpassungen sind jedoch verschieden. Während im geblockten Ansatz jeweils nur zu Beginn einer Übung große Anpassungen notwendig sind, weil die Übung dann noch etwas Neues ist und dann mit jeder Wiederholung immer weniger Neues enthält, sind im Falle des kritischen Verständnisses ständig größere Anpassungen notwendig.

Untersuchungen zum Differenziellen Lehren und Lernen

Nach ersten Studien zum differenziellen Techniktraining im Sprint, die bei zweimaligem wöchentlichen Training (differenziell) zu gleichen Leistungs-fortschritten führten wie fünfmaliges wöchentliches Training (klassisch), sind mittlerweile zahlreiche Untersuchungen in unterschiedlichen Sportarten, unterschiedlichen Leistungs- und Altersklassen durchgeführt worden mit gleichen Ergebnissen. Exemplarisch werden hier zwei Untersuchungen zum Fußball (Trockel & Schöllhorn, 2003) und zum Kugelstoßen (Beckmann & Schöllhorn, 2003) aufgeführt.

Im Bereich des Fußballs stellt der Torschuss als spielentscheidende Maßnahme eine zentrale Rolle dar und ist entsprechend Gegenstand zahlreicher Lehrbücher mit Empfehlungen zu seiner Erlernung bzw. Perfektionierung. Ziel dieser Untersuchung war ein Effektivitätsvergleich solcher klassischer Trainingsansätze mit dem differen-ziellen für den Torschuss von der 16m-

Strafraumlinie. Es wurde ein Zwei-Versuchs-gruppen-Design mit Prä- und Posttest gewählt. Als Prä- und Posttest wurden Schüsse von der 16m-Strafraumlinie aus unterschiedlichen Situationen (aus dem Stand, mit Anlauf, nach Zuspiel, nach Überspringen eines Hindernisses, mittig und seitlich) auf ein in Zonen mit unterschiedlichen Punktzahlen eingeteiltes Tor gewählt. Die 20 Probanden (22,6 ± 3,8 Jahre) waren allesamt Spieler der Verbandsliga (5. Liga) und wurden randomisiert in eine klassische (10 Probanden) und eine differenzielle (10 Probanden) Trainingsgruppe aufgeteilt. Beide Gruppen praktizierten zum üblichen Vereinstraining über sechs Wochen mit zwei Trainingseinheiten/Woche zusätzliches Torschusstraining von der 16-Strafraumlinie. Während die klassische Gruppe in An-lehnung an Bauer (2001) trainierte, variierte die differenzielle Gruppe bei jedem Schussversuch in folgenden Merkmalen: a) Standbein, b) Spielbein, c) Oberkörper-haltung, d) Anlauf, e) Ballform f) beliebige Kombinationen von a)-e). Die Bewegungsausführungen wurden in keinem Fall unmittelbar wiederholt und in-nerhalb einer Trainingseinheit maximal zweimal. Die Variationen umfassten in allen Bereichen alle möglichen Formen von Bewegung, die im klassischen Sinne als Fehler identifiziert würden wie z.B. Oberkörperrücklage, Standbein zu weit vor dem Ball, etc.. Die Ergebnisse wurden mittels Wilcoxon- und Mann-Whitney-U-Test auf Signifikanz verglichen. Im Prätest erzielten beide Gruppen Werte, die keine signifikanten Unterschiede aufwiesen (klassisch: 463 Pkte, differenziell: 474 Pkte, $p = 0{,}85$). Im Posttest ver-besserte sich die klassische Gruppe minimal auf 487 Punkte ($p=0.41$) während sich die differenzielle Gruppe deutlich auf 617 Punkte sich steigerte. Sowohl die Steige-rung im Vergleich zum Prätest ($p = 0{,}02$) als auch im Vergleich zum Posttest der klassisch trainierenden Gruppe ($p=0.04$) ist signifikant.

Im zweiten Experiment wurden bei ähnlichem Versuchsprotokoll zwei Trainings-ansätze im Kugelstoßen verglichen. Zur Überprüfung der Behaltensleistungen wurden nach dem Posttest zwei Retentionstests jeweils im Abstand von zwei Wochen durchgeführt. Sämtliche Tests bestanden in drei Standstößen mit Rückenstoßtechnik, deren Mittelwert in die Beurteilung einging. Die Probanden waren 2x12 Sportstudierende (22,1 + 3,8 Jahre), die ebenfalls randomisiert auf beide Versuchsgruppen aufgeteilt wurden und in Bezug auf Kugelstoßen als Anfänger bezeichnet werden können. Die Intervention dauerte vier Wochen mit insgesamt acht Trainingseinheiten ä 50-60 Minuten. Die klassische Gruppe führte über die gesamte Maßnahme in Anlehnung an Bauersfeld und Schröter (1998) ca. 25 verschiedene Bewegungsausführungen aus, die jeweils ca. zehnmal wiederholt wurden und nach jedem Stoß entsprechende Fehlerkorrekturen erhielten. Die differenziell trainieren-de Gruppe führte insgesamt ca. 260 verschiedene Bewegungsausführungen aus ohne eine einzige Wiederholung und ohne Korrekturanweisungen. Die Ergebnisse der Prä-, Post- und Retentionstests sind inklusive statistisch signifikanter Ergebnisse in Abb. 2 grafisch dargestellt.

Abb. 2.
trainiere

Ähnlich
unmittel
klassisch
Beendig
Leistung
Gruppe
in Schu
ursprüng
In beid
differenz
des Lern

5

Auf den
weisen
lernende
dass Bev
in Form
ausschli
Solomon

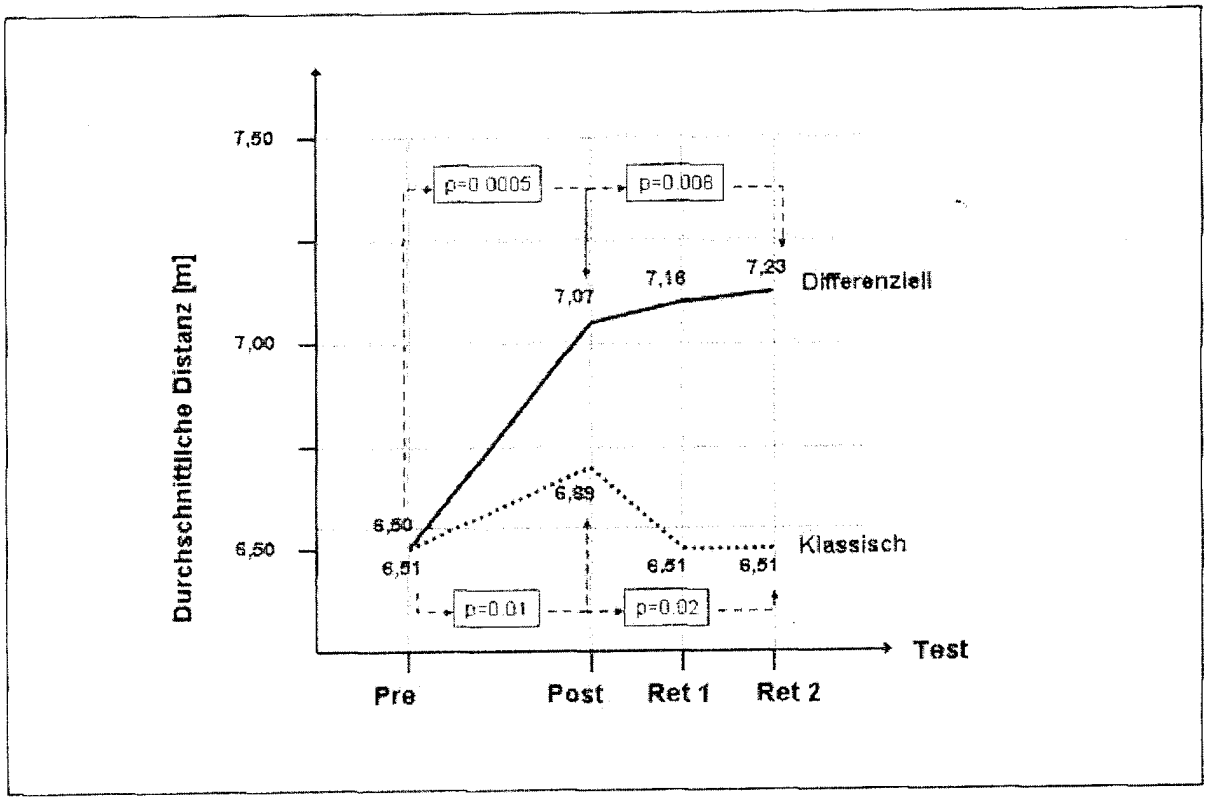

Abb. 2. Ergebnisse der mittleren gestoßenen Weiten für die differenziell und klassisch trainierenden Gruppen inklusive statistisch signifikanter Unterschiede.

Ähnlich den Ergebnissen im Fußballexperiment zeigt die differenziell trainierende Gruppe unmittelbar nach der Interventionsmaßnahme signifikant größere Leistungszuwächse als die klassisch trainierende Gruppe. Noch auffallender sind jedoch die Leistungszunahmen nach Beendigung der Intervention, so dass vier (trainingsfreie) Wochen später 21% des gesamten Leistungsfortschritts erzielt wurden. Im Unterschied hierzu zeigt die klassisch trainierende Gruppe schon zwei Wochen nach Beendigung der vierwöchigen Intervention, wie sie häufig in Schulen Anwendung findet, einen gedächtnisbedingten Abfall der Leistung auf das ursprüngliche Ausgangsniveau.
In beiden dargestellten Experimenten wird die vorhergesagte größere Effektivität des differenziellen Lernansatzes (Schöllhorn, 1999) durch Verstärkung des Rauschens während des Lernprozesses bei Anfängern und Fortgeschrittenen eindrucksvoll bestätigt.

5 Diskussion des Ansatzes und seine möglichen Konsequenzen für das Schwimmtraining

Auf den Einfluss verstärkten Rauschens im Bereich des Lernens und der Bewegungskontrolle weisen mittlerweile zahlreiche Phänomene hin. So ist das Verhalten der am effektivsten lernenden Systeme, Kleinkinder während der ersten fünf Jahre, gerade dadurch charakterisiert, dass Bewegungsabläufe kaum wiederholt werden (Smith & Thelen, 1993). Verstärktes Rauschen in Form von gezieltem Wackeln wird auch zur Identifikation von Hauptträgheitsachsen ausschließlich haptisch wahrgenommener geometrischer Körper (Turvey, Burton, Pagano, Solomon, & Runeson, 1992) genutzt. Im Bereich der Roboterforschung konnte die Über-

legenheit verrauschten Lernens gegenüber einschleifendem Lernen vor allem in Bezug auf die Adaptationsfähigkeit an neue Umgebungen von (Miglino, Lund, & Nolfi, 1995) gezeigt werden. Jüngste Arbeiten im Bereich der Gleichgewichtforschung zeigen den Einfluss subliminalen Rauschens an den Fußsohlen auf das Schwankungsverhalten älterer Menschen (Priplata et al., 2002; Priplata, Niemi, Harry, Lipsitz, & Collins, 2004). Die Vermutung auf stochastische Resonanz im Falle des differenziellen Lehrens und Lernens liegt nahe, wenn man Leistungsfortschritte durch alternative Lehr-und Lernansätze in Relation betrachtet. Ordnen wir in einer ersten Näherung verschiedenen Lehrmethoden, wie „Lernen durch Wiederholen", „methodische Übungs-reihen" (geblocktes Training), „variability of practice-Lemen", „randomisiertes Lernen" (Kontext-Interferenz-Lernen), „differenzielles Lernen" und „disziplinübergreifendes Grundlagentraining" jeweils zunehmendes Rauschen in Bezug auf den Lösungsraum einer Bewegung zu, dann ist beim differenziellen Lernansatz derzeit ein Maximum an Leistungsfortschritten zu beobachten. Wird das Rauschen also z.B. für das Kugelstoßen zu groß gewählt, durch Ergänzungen im Extremfall mit Laufen, Schwimmen etc. dann ist zumindest kurzfristig mit einer geringeren Leistungssteigerung zu rechnen.

Differenzielles Lernen in der Extremform (d.h. keine Wiederholung) unterscheidet sich von variablem Lernen im Sinne der Schmidt'schen Schematheorie (Schmidt, 1975) u.a. darin, dass beim variablen Lernen lediglich die variablen Parameter variiert werden, wohingegen im differenziellen Lernen auch die so genannten Invarianten gezielt verrauscht werden. Eine Abgrenzung gegenüber Kontext-Interferenz Lernen ist mehrschichtiger. Im ursprünglichen Sinne (nach Battig, 1966) handelt es sich dabei um das Phänomen, dass mehrere zu erlernende Gegenstände aufgrund von wechselseitig je nach Ähnlichkeiten beeinflussen und bei randomisiertem Üben sich im Vergleich zu geblocktem Üben gegenseitig nachteilig beeinflussen. Zu diesem Phänomen der Context-Interferenz (CI) zählt zusätzlich ein umgekehrter Effekt bei Transfer- und Retentionstests (Magill & Hall, 1990), wobei in beiden Fällen ein Leistungsrückgang im Vergleich zum Posttest erkennbar ist, der im Falle des ge-blockten Lernens jedoch deutlicher ist als beim randomisierten Lernen. In allen Tests werden dabei sämtliche zu erlernende Gegenstände überprüft. Im Unterschied hierzu zielt das differenzielle Lernen zunächst auf das Erlernen eines(!) (wenn auch ständig veränderlichen) Gegenstandes ab, dessen Lösungsraum nach Möglichkeit an den Rändern abgetastet wird, um die Interpolationsfähigkeit zu trainieren. Durch das Rauschen wird also nicht die theoretisch optimale und konkrete Lösung (Ideal) trainiert und gegen Lösungen anderer Bewegungsgegenstände stabil gemacht, sondern ein möglicher Lösungsraum umkreist, der es dann erlaubt, die auf jeden Fall neue und situativ optimale Lösung auszuführen. Die Charakteristiken der Lernkurven (Abb. 2) legen nahe, dass es sich beim differenziellen Lernen um ein anderes Phänomen handelt als im CI-Lernen. Im Falle des differenziellen Lernens sind die Lernfortschritte schon am Ende der Intervention deutlich im Vorteil gegenüber anderen Ansätzen und werden in den Retentionstest noch größer. In den zu CI-Experimenten vergleichbaren Zeitintervallen ist beim differenziellen Lernen kein Rückgang wie in den meisten anderen Lernansätzen zu beobachten, sondern stattdessen ein Ansteigen der Leistung. Differenzielles Lernen unterscheidet sich also in dem Ziel, der Vorgehensweise und den praktischen Konsequenzen vom randomisierten CI-Lernen. Inwiefern Phänomene des CI-Lernens echte Teilmengen des differenziellen Lernansatzes sind, bedarf weiterer Forschung. Ein bislang weitestgehend vernachlässigtes Kriterium der Lernansätze ist ihr Einsatz bei größeren Gruppen, wie sie in Schule und Verein meist anzutreffen sind. Auch hier zeigt der differenzielle Ansatz Vorteile, wenn man davon ausgeht, dass jeder Lernende mit unterschiedlichen Voraussetzungen ausgestattet ist und die Intervention zu individuellen Leistungsoptima führen soll. Werden einer Gruppe nur fünf Übungen angeboten, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese fünf Übungen

genau die Voraussetzungen aller Gruppenmitglieder „treffen", deutlich geringer, als wenn der gleichen Gruppe 60 Übungen angeboten werden. Insgesamt stellt das differenzielle Lehren und Lernen einen - auf den ersten Blick und aus der Tradition des Idealen - ungewohnten Ansatz dar, der paradoxerweise durch mehr Unschärfe zu mehr Schärfe zu führen scheint. Die bereits vorliegende Vielzahl an Bestätigungen des Ansatzes durch Experimente in unterschiedlichen Sportarten sowie unterschiedlichen Alters- und Leistungsklassen, lassen das Potential nur erahnen, das auf praktischer Seite wohl in genauso vielen Fällen nützt, wie es auf theoretischer Seite neue Problem aufwirft. Ungeachtet der Möglichkeiten führt der Ansatz doch zu einem Überdenken der Beurteilung von Rauschen und dem Nutzen von Differenzen, die oft durch ihre Existenz zu Ergebnissen führen, ohne die Spannung durch einen Kompromiss auflösen zu müssen.

Mögliche Konsequenzen für das Schwimmtraining

Aufgrund der nichtlinearen physikalischen Eigenschaften des Wassers, die sich mit den gleichfalls nichtlinearen Charakteristiken menschlicher Bewegung verbinden, scheint die Wahrscheinlichkeit einer identischen Bewegungswiederholung noch geringer als bei Bewegungen an Land. Die Individualität der Bewegungen kann aufgrund der kontinuierlichen Wechselwirkung von Athlet und Wasser angenommen werden. Sie entspricht der Wechselwirkung des Läufers mit dem Untergrund während der Stützphase, die im Unterschied zur Flugphase zu einer klaren Erkennung der Personen führt (Schöllhorn & Bauer 1996). Unabhängig vom Nachweis der Individualität ist ein Schwimmer zu einer ständigen spontanen Anpassung seiner Bewegung an die stets veränderten Wasserbedingungen im Rahmen des individuellen Potentials herausgefordert. Diese kontinuierliche Anpassung, die auch nach mehreren Tausend Schwimmzügen sich immer noch ändert, gilt es in den Trainingsprozess zu integrieren. Eine erste Variante stellt dabei sicher auch das Zurücklegen von unendlichen Wiederholungen im Rahmen von unzähligen Kilometern dar, die aufgrund der nichtlinearen Interaktionen zu ständigen Veränderungen bzw. Differenzen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bewegungen führt. Im Rahmen einer differentiellen Betrachtung sind die Lernfortschritte jedoch eher auf die dabei auftretenden Differenzen zurückzuführen als auf die Inhalte der Wiederholungen. Für optimales Lernen scheinen diese Differenzen demnach zu gering bzw. suboptimal zu sein. Vergrößert werden diese Differenzen in der Summe sicher durch Variationen, die von Bahn zu Bahn wechseln. Eine größere und wohl näher am Optimum liegende Variante im Sinne des differenziellen Lernens im engeren Sinne wären jedoch Variationen bei jedem Zug. Auch hier gilt, solange aus Sicht des Trainers „korrigierende Interventionen" vorgenommen werden, können auch Varianten im Sinne des differenziellen Lernens eingebracht werden. Nur mit dem Unterschied, dass die Bewegung nicht korrigiert wird sondern der „Fehler" als eine Schwankung betrachtet wird, die einen Hinweis auf die Schwäche des Systems bzw. einen Bereich der Instabilität liefert, die durch Verstärkung in den nächsten Bewegungen stabilisiert wird. Im Unterschied zu der kognitiv orientierten Korrektur impliziert die aktive ausgeführte Variante einen deutlich erweiterten Informationsinput von Seiten der gesamten Körpersensorik in Verbindung mit der zugehörigen aktiven Motorik, die beide in Verbindung einen größeren Teil eines möglichen Lösungsraums abdecken als eine versuchte bzw. korrigierte Wiederholung. Neben den Änderungen der einzelnen Körperwinkel und Winkelgeschwindigkeiten bieten im fortgeschrittenen Bereich vor allem Änderungen der Winkelbeschleunigung und der Rhythmen zahlreiche Möglichkeiten, den möglichen Lösungsraum zu vergrößern und damit die Fähigkeit zur adäquaten Reaktion auf spontane Änderungen in der Wasserströmung zu

verbessern. Hierzu zählen nicht nur Variationen des Bein- zum Armrhythmus, sondern auch Tempovariationen innerhalb einzelner Bewegungen wie z.B. beim Freistilschwimmen die Aufwärtsbewegung des linken Beins schnell, die Abwärtsbewegung langsam und zur gleichen Zeit die Abwärtsbewegung des rechten Beins schnell und seine Aufwärtsbewegung langsam. Zur Vergrößerung des möglichen Lösungsraums gehören sicher auch nur Bewegungen des rechten Arms in Verbindung mit nur einem Bein oder nur die Bewegung einer Extremität, bzw. die Anzahl der Extremitäten zufällig wechseln etc. Zur Optimierung der Anpassungsfähigkeit im Handbereich würden hierzu neben verschieden starker Spreizhaltung der Finger auch das Beugen einzelner Finger bzw. des Handgelenks genauso zählen wie das Supinieren bzw. Pronieren im Ellbogengelenk. Wird das Außen- und Innenrotieren im Ellbogengelenk noch während des Armzugs gewechselt und dieses noch mit unterschiedlichen Tempi verbunden, erhält man einen groben Eindruck über die mögliche Vielzahl an Variationen. Wenngleich im Bereich des Schwimmens bislang nur Pilotstudien und theoretische Überlegungen für ein Überdenken des Einschleifend- Wiederholenden Ansatzes sprechen, so sprechen doch die zunehmende Motivation und die Erfolge in den anderen Disziplinen für ein zumindest hohes Potential in Zukunft auch mit äußeren Störeinflüssen wie rauhen Wasseroberflächen adäquat und erfolgreich umzugehen. Ein Versuch sollte es auf alle Fälle wert sein.

Literatur:

Battig, W.F. (1966). Facilitation and Interference. In E.A.Bilodeau (ed.), *Acquisition of skill* (S. 215-244). New York: Academic Press.

Bauer, H.-U. & Schöllhorn, W. I. (1997). Self-organizing maps for the analysis of complex movement patterns. Neural Processing Letters, 5, 193-199.

Bauer, J., Schöllhorn, W. I., Koller, T., & Mendoza, L. (1997). Partitionierung großmotorischer Bewegungs- und Zustandsmuster. In P.Hirtz & F. Nüske (Hrsg.), *Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ betrachtet* (S. 306-310). Hamburg: Czwalina

Beck 2008

Beckmann, H. & Schöllhorn, W.I. (2003). Differencial Learning in Shot Put. In W.I. Schöllhorn, C. Bohn, J.M. Jäger, H. Schaper, & M. Alichmann (eds.), *EWOMS 2003 Book of abstracts* (S. 68-69). Köln: Sport und Buch Strauß.

Bernstein, N.A. (1967). *The Coordination and Regulation of Movements.* London: Pergamon Press.

Brockhaus 1856

Creutzfeldt, O.D.: Cortex cerebri. Berlin 1983.

Derrida, J. (1988). Die differance. In P.Engelmann (ed.), *Randgänge der Philosophie* (1. Aufl). Wien: Passagen-Verlag

Haken, H., Kelso, J. A. S., & Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological Cybernetics, 51*, 347-356.

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

Heidegger, M. (1957). *Identität und Differenz* (10 Aufl.). Stuttgart: Neske.

Hubel, D. H.; Wiesel T. N. (1959): Receptive fields of single neurons in the cat`s striate Cortex. J. Physiol. (Lond.) 148, 574-591.

Jäger, J., Alichmann, M., & Schöllhorn, W. I. (2003). Erkennung von Ermüdungszuständen anhand von Bodenreaktionskräften mittels neuronaler Netze. In G.-P. Brüggemann & G. Morey-Klapsing (Hrsg), *Biologische Systeme - Mechanische Eigenschaften und ihre Adaptation bei körperlicher Belastung* (S. 179-183). Hamburg: Czwalina.

Jaitner, T., Mendoza, L., & Schöllhorn, W. I. (2001). Analysis of the long jump technique in the transition from approach to takeoff based on time-continuos kinematic data [Abstract]. In J. Mester, K. King, H. Strüder, E. Tsolakidis, & A. Osterburg (Eds.), *4th ECSS Congress. Proceedings* (pp. 247). Köln: Sport & Buch Strauß.

Janssen, D., Schöllhorn, W. I., Lubienetzki, J., Fölling, K., Kokenge, H. & Davids, K. (2008). Recognition of emotions in gait patterns by means of artificial neural nets. *Journal of Nonverbal Behavior, 32*, (2), 79-92.

Kelso, S. (1995). Dynamic Patterns: The self-organization of brain and behavior. MIT Press, Cambridge, MA

Kimmerle, H. (2000). *Jacques Derrida -zur Einführung* (5. Aufl.). Hamburg: Junius.

Klix, F. (1971). Information und Verhalten. Kybernetische Aspekte der organismischen Informationsverarbeitung. Bern: Huber.

Künzell, S. (1996) Motorik und Konnektionismus. *Neuronale Netzwerke als Modell interner Bewegungsrepräsentationen. Köln: bps-Verlag.*

Liu Y, Jia W, Gu Q, Cynader M. (1994) Involvement of muscarinic acetylcholine receptors in regulation of kitten visual cortex plasticity. Brain Res Dev Brain Res. 1994 May 13;79(1):63-71.

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

Miglino, O., Lund, H.H., & Nolfi, S. (1995). Evolving mobile robots in simulated and real environ-ments. *Artificial Life, 2,* 417-434 Schöllhorn, W.I. (1998). *Systemdynamische Betrachtung komplexer Bewegungsmuster im Lern-prozess.* Frankfurt/Main: Peter Lang.

Müller JR, Metha AB, Krauskopf J, Lennie P: Rapid adaptation in visual cortex to the structure of images. *Science* 1999,
285(5432):1405-1408.

Niewenhuys R, Voogd J, van Huijzen C (1991). Das Zentralnervensystem des Menschen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.

Pöppel E, Stoerig P, Logothetis N, Fries W, Boergen KP, Oertel W, Zihl J. (1987) Plasticity and rigidity in the representation of the human visual field. Exp Brain Res. ;68(2):445-8.

Priplata, A., Niemi, J., Sälen, M., Harry, J., Lipsitz, L.A., & Collins, J.J. (2002). Noise-Enhanced hu-man balance control. *Physical Review Letters, 89,* 238101/1-238101/4.

Priplata, A.A., Niemi, J.B., Harry, J., Lipsitz, L.A., & Collins, J.J. (2004). Tactile Stimulation of insoles and balance control in elderly people. *Lancet, 363,* 85-86.

Rutschky, K. (2001) Schwarze Pädagogik. Quellen zur Naturgeschichte Bürgerlicher Erziehung.

Schmidt, R.A. & Lee, T.D. (1988). *Motor Control and Learning*. Champaign, USA: Human Kinetics.

Schmidt, R.A. (1975). A Schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review, 82,* 225-260.

Schöllhorn W.I. (1999). Individualität - ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport, 29* (2), 7-12.

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

Schöllhorn, W. I., Peham, C., Licka, T., & Scheidl, M. (2001). Analysing rider - horse interactions by means of a pattern recognition approach [Abstract]. In J. Mester, K. King, H. Strüder, E. Tsolakidis, & A. Osterburg (Eds.), *4th ECSS Congress.. Book of abstracts* (pp. 333). Köln: Sport & Buch Strauß.

Schöllhorn, W. I., Röber, F., Jaitner, T., Hellstern, W., & Käubler, W. D. (2001). Discrete and continuous effects of traditional and differential sprint training [Abstract]. In J. Mester, K. King, H. Strüder, E. Tsolakidis, & A. Osterburg (Eds.), *4th ECSS Congress. Book of abstracts* (pp. 331). Köln: Sport & Buch Strauß.

Schöllhorn, W.I. & Bauer, H.-U. (1998). Identifying individual movement styles in high Performance spo'rts by means of self-organizing Kohonen maps. In H.J.Riehle & M. Vieten (eds.), *Proceedings of the XVIISBS 1998* (S. 574-577). Konstanz: University Press.

Schöllhorn, W.I. Bauer, H.U. (1998) Assessment of running patterns using neural networks. Mester,J. Perl,J. *Sport und Informatik*. Köln: Sport Buch Strauss: 169-176.

Schöllhorn, W.I. (1998). *Systemdynamische Betrachtung komplexer Bewegungsmuster im Lern-prozess*. Frankfurt/Main: Peter Lang.

Schöner, G. & Kelso, J.A.S. (1988). A Dynamic pattern theory of behavioral change. *Journal of Theoretical Biology, 135,* 501 -524.

Schultz W. 2001 Reward signaling by dopamine neurons. Neuroscientist. Aug;7(4):293-302.
Smith, L.B. & Thelen, E. (eds.) (1993). *A Dynamic Systems Approach to development.* Cambridge, ' Mass.: MIT Press.

Spitzer

Trockel M & Schöllhorn, W.I. (2003). Differencial Learning in Soccer. In W.I. Schöllhorn, C. Bohn, J.M. Jäger, H. Schaper, & M. Alichmann (eds.), *EWOMS 2003 Book of abstracts* (S. 64). Köln: Sport und Buch Strauß.

Turvey, M.T., Burton, G., Pagano, C.C., Solomon, H.Y., & Runeson, S. (1992). Role of the inertia tensor in perceiving object orientation by dynamic touch. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 3,* 714-727.

Der Autor:
Prof. Dr. Wolfgang I. Schöllhorn
Universität Mainz
schoellw@uni-mainz.de

Klaus Stei

Ethik un
(Power Po

Ethik und
Aspekte b

- V
- V
- N
- E
- E
- S
- (
- S
- I

DOSB zu

Wir sind d
Erfolg un
(Dr. Mich
in Frankfu

Fair Play

Die richtig

Gerade in
internatio
Play.

Fair Play

Der sportl

-
-
-
-

Fair Play
Voraussei