

Differenzielles Training im Tischtennis

Teil 1 | Kick it like Waldner



Prof. Dr. Wolfgang I. Schöllhorn

Von 1980 bis 1997 trainierte er Leichtathleten nationaler und internationaler Spitzenklasse (EM- und WM-Teilnehmer).

Seit 1997 ist er Universitätsprofessor. Seit 2000 Lehrstuhl und Professur des Arbeitsbereiches Trainings- und Bewegungswissenschaft an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.



Mathias Koepsel

25 Jahre.

Student des Lehramtes Mathematik und Sport der Sek. II/I an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.

Seit 1998 Tischtennistrainer.

Seit 2001 Honorartrainer des WTTV.

Einleitung

Im Sport sind viele Beispiele brillanter Techniker bekannt. Die brasilianische Fußballkultur läßt den unbedarften deutschen Fußball-Arbeiter vor Neid erblassen. Im Tischtennis ist der herausragende "Ballzauberer" sicherlich Jan Ove Waldner. Der vorliegende Artikel beschreibt ein Trainingskonzept, welches versucht, diese technische Flexibilität gezielt zu fördern.

Eine kurze Bestandsaufnahme: Schaut man sich die übliche Trainingspraxis in Schulen, Vereinen etc. an, so stellt man fest, dass ihr zumeist programmorientierte Lernmodelle zu Grunde liegen. Hierbei werden zentralnervöse Repräsentationen von Bewegungen als motorische Programme aufgefasst. In der Konsequenz wird daraus für das motorische Lernen abgeleitet, dass versucht wird, ein vorher definiertes Ideal durch möglichst häufige Wiederholung der Zielbewegung einzuschleifen (GROSSER & NEUMAIER 1982). Dabei soll das so vermeintlich eingepreßte Programm auch unter veränderten Randbedingungen zu demselben Resultat führen. Berücksichtigt man, dass selbst Spitzenathleten nicht in der Lage sind Bewegungen exakt zu reproduzieren (vgl. HATZE 1986, SCHÖLLHORN 1999), scheint der Versuch Bewegungen zu lernen, indem die "richtige" Bewegung möglichst oft wiederholt wird, zumindest fragwürdig. Über die Individualität der menschlichen Bewegung schreibt SCHÖLLHORN (2000, S. 189): "Die gleiche Merkmalsausprägung an einem Gelenk kann bei zwei Personen schon am benachbarten Gelenk unterschiedliche Wech-



Photo: Weigelt

selwirkungen auslösen, innerhalb einer Person scheinen diese jedoch eine gewisse Konstanz aufzuweisen". Dies geht soweit, dass sogar tagesabhängige Bewegungsmuster identifiziert werden können (SCHÖLLHORN 1999), oder emotions- (MANGOLD 2002; KOKENGE 2004) bzw. ermüdungsabhängige (JÄGER / ALICHMANN & SCHÖLLHORN 2003) Bewegungsmuster.

Klassische Bewegungsmodelle

Traditionell dominieren in der Bewegungswissenschaft bislang drei Bewegungsmodelle:

- Das Open-loop Modell (LASHLEY 1917) - Bewegungssteuerung ohne Feedback (offener Regelkreis) für Bewegungen unter 150-200 msek Dauer.
- Das Closed-Loop Modell (ADAMS 1971) - Feedbackgestützte Bewegungssteuerung (geschlossener Regelkreis) für Bewegungen ab ~200 msek Dauer.
- Die Schematheorie (SCHMIDT 1975) - Integriert die beiden vorherigen Ansätze

Probleme der klassischen Bewegungsmodelle

Insbesondere im Bereich großmotorischer Bewegungen zeigen programmorientierte Bewegungsmodelle Probleme, die im Folgenden ohne Anspruch auf Vollständigkeit kurz umrissen werden.

Speicherproblem

Gemeint ist die Schwierigkeit aufgrund der Vielzahl möglicher Bewegungen für jede Bewegung zentralnervös ein eigenes Programm abzuspeichern. Überdies führt es methodische Übungsreihen als klassische Lernform ad absurdum, da diese durch die jeweiligen Vorübungen das Problem noch verschärfen.

Neuigkeitsproblem

Die klassischen Lernmodelle können das Neulernen von Bewegungen nicht erklären. Da Bewegungen mittels Programmen initiiert werden, müsste ja bereits ein Programm vor der allerersten Bewegungsausführung existieren. Ein solcher Nach-

weis ist bislang nicht gelungen und scheint auch inhaltlich logisch auf unlösbare Schwierigkeiten zu stoßen. Selbst wenn sich mit der Zeit 'bessere' Versionen eines Ur-Programmes bildeten, verschärfte dies nur wiederum das Speicherproblem.

Problem des Hysterese-Effekts

Gemeint ist hier der unwillkürliche Wechsel zwischen zwei Bewegungsmodi. Z.B. wechselt jeder Mensch bei einer charakteristischen Geschwindigkeit vom Gehen ins Laufen. Der Wechsel vom Laufen zum Gehen findet jedoch i. allg. bei einer anderen Geschwindigkeit statt. Dies deutet auf eine nicht ausschließlich zentrale und hierarchisch kontrollierte Bewegungsorganisation.

Problem der Fluktuationen

Bewegungsanalysen zeigen ständige kleine Schwankungen in der Bewegungsausführung. Kurz vor dem Wechsel von einem Bewegungsmodus in einen anderen (z.B. vom Gehen zum Laufen) nehmen diese Schwankungen stark zu. Während diese Fluktuationen nach klassischer Sichtweise nicht vermeidbare Übel darstellen, die es auf ein Minimum zu reduzieren gilt, werden sie im Rahmen des systemdynamischen Ansatzes (KELSO 1999) als Voraussetzung für das Lernen betrachtet, treten Schwankungen doch in allen biologischen Systemen auf.



Photo: Weigelt

Methodik

Korrekturen zeigen häufig keine Wirkung, während nebensächliche Anmerkungen wesentliche Fortschritte erzielen

Andersherum sind Systeme, in denen keine Schwankungen auftreten (Maschinen), nicht fähig zu lernen.

Konsequenzen des systemdynamischen Ansatzes

Ein Modell, das die geschilderten Phänomene nicht nur alternativ beschreibt und erklärt, sondern auch für den Lernprozess nutzt, stellt das aus der Systemdynamik abgeleitete Differenzielle Lehren und Lernen (SCHÖLLHORN 1999) dar. Der systemdynamische Ansatz integriert dabei u.a. Erkenntnisse aus den Forschungsbereichen der Nichtlinearen Dynamik, der Synergetik und der Neurophysiologie, um sie für das motorische Lernen zu nutzen.

Das Verhältnis von Ursache und Wirkung

Der Forschungsbereich der Nichtlinearen Dynamik liefert im Vergleich zu klassischen Ansätzen ein anderes Verständnis von Ursache und Wirkung. Im klassischen Verständnis von Training stehen Ursache und Wirkung in einem linearen Zusammenhang. Hierbei wird zwischen starker und schwacher Kausalität unterschieden. Im Sport wird meist sogar von einem starken Kausalitätsverständnis ausgegangen, d.h. ähnliche Ursachen haben ähnliche Wirkungen, während bei dem schwachen Kausalitätsbegriff nur gleiche Ursachen zu gleichen Wirkungen führen. Ein lineares Kausalitätsverständnis äußert sich etwa in methodischen Übungsreihen, bei denen der Weg zum Erfolg für alle Athleten trotz unterschiedlicher Voraussetzungen vorskizziert scheint. Alter, Körperbau oder andere individuelle Randbedingungen werden dabei meist vernachlässigt. Bei dieser oder leicht modifizierten Übungsreihenfolge (Ursache) führt es den Athleten zu einer bestimmten Zieltechnik (Wirkung).

Als Trainer wird man jedoch früher oder später leidvoll erfahren, dass Athleten auf geradezu monotonen (gebetsmühlenartige) Korrekturen häufig keine beobachtbare Bewegungsänderung zeigen, jedoch oft auf eine unbewusste, im Nebensatz oder Scherz geäußerte Bemerkung,

richtiggehende "Fortschritte" zeigen. In der Nichtlinearen Dynamik sind derartige Phänomene hinlänglich bekannt (HAASE 1991). Sie ordnet kleinen Ursachen große Wirkungen zu und umgekehrt. Eine bekannte und plastische Entsprechung findet dieses Kausalitätsverständnis in dem Begriff "Butterfly Effect". Die Häufigkeit, mit der diese nichtlinearen Phänomene auftreten, steigt im Allgemeinen mit der Komplexität des jeweiligen Systems. In unserem Fall ist das 'System Athlet' von zentralem Interesse. Um eine Vorstellung von der Komplexität der menschlichen Bewegung zu bekommen, sei auf die Zahl der biomechanischen Freiheitsgrade von Sportbewegungen verwiesen. Unter Freiheitsgrad versteht man hier die Anzahl der möglichen mechanischen Verhaltensweisen. Ein starrer, mechanischer Körper kann beispielsweise bis zu sechs Freiheitsgrade aufweisen: gerade Verschiebung (Translation) in den drei euklidischen Dimensionen (x,y,z Richtung) und Drehung um die drei Körperachsen. Der Mensch verfügt demnach über eine Vielzahl von Freiheitsgraden. WIEMEYER 1994, HAASE 1999: schätzen u.a. für folgende Bereiche entsprechende mechanische und neurophysiologische Freiheitsgrade:

- Gelenke: ca. 102
- Muskeln: ca. 103
- Neuronen: ca. 1014
- Tranzmittersubstanzen: ca. 50.

Zum Entstehen von Struktur und Ordnung

Eine Frage, die sich aus den vorherigen Punkten ableiten lässt, ist, wie entsteht bei derart komplexen Wechselwirkungen Struktur und Ordnung (stabile Bewegung)? Einen Ansatz zur Lösung dieser Frage liefert u.a. die Synergetik, eine Wissenschaft von der Theorie der Selbstorganisation (Haken 1983).

Ein Beispiel für die Selbstorganisation in lebloser Materie beschrieb BERNARD bereits um 1900 (vgl. EBELING 1991). Dabei wird eine dünne Flüssigkeitsschicht von unten erhitzt (Abb. 1). Ab einer kritischen Temperatur bilden sich Flüssigkeitsrollen aus, die die Temperaturdifferenz zwischen den unteren bereits erhitzten und den oberen noch kalten Wasser- teilchen ausgleichen. Kühlt man nun

Methodik

die Flüssigkeit wieder ab und erhitzt sie danach aufs Neue, so bilden sich neue Flüssigkeitsrollen aus, jedoch mit möglicherweise entgegen gesetzter Drehrichtung. Modellieren lässt sich dieser Vorgang mithilfe von Potentiallandschaften. Im kalten Zustand existiert nur ein einzelner stabiler Zustand, gekennzeichnet durch

lässt sich überdies feststellen, dass nicht nur die relative Phase der Muskelaktivierung sondern auch der relative Winkel zwischen den beiden Fingern ständigen Schwankungen unterliegt (Abb. 2). Diese fallen beim In-Phasen Modus jedoch deutlich geringer aus, ein weiterer Hinweis für das stabilere Bewe-

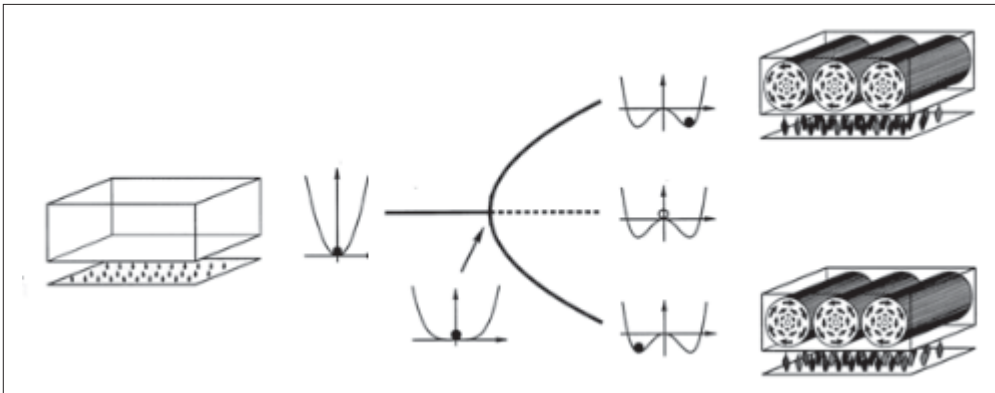


Abb. 1: Das Bernard Experiment mit Potentialdarstellung (mod. nach KELSO 1999)

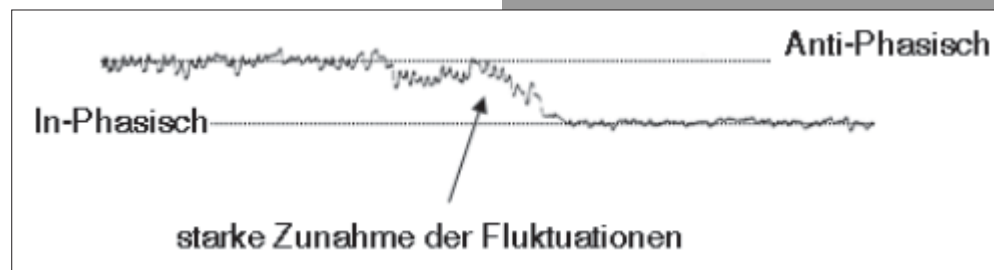
eine einzige, tiefe Mulde. Wird nun Energie von außen in Form von Wärme zugeführt, ändert sich die Gestalt der Potentiallandschaft. Es bilden sich neue Attraktoren rechts und links des ursprünglich stabilen Zustands. Dabei entscheidet der Zufall, welcher von diesen beiden neuen stabilen Zuständen eingenommen wird (schwarze Kugel). Auch hier zieht eine kleine Ursache (Zufall) eine große Wirkung (Drehrichtung) nach sich.

Selbstorganisationseffekte bei der menschlichen Bewegung lassen sich beispielsweise bei zyklischen Fingerbewegungen beobachten (HAKEN, KELSO & BUNZ, 1985). Bei dem Fingerexperiment werden zunächst beide Zeigefinger synchron von rechts nach links, wieder zurück usw. bewegt (Anti-Phasisch). Wird nun die Bewegungsfrequenz erhöht, wechselt die Fingerbewegung ab einer kritischen Geschwindigkeit dahingehend, dass beide Finger gleichzeitig nach innen bzw. aussen bewegt werden (In-Phasisch). Dies geschieht unwillkürlich und lässt sich nicht verhindern. Ein Wechsel in den vorherigen Bewegungsmodus gelingt erst wieder, wenn die Bewegungsfrequenz unterhalb eines kritischen Schwellwertes gesenkt wird. Der In-Phasen Bewegungsmodus ist u.a. deshalb der stabilere, da er auch bei höherer Bewegungsgeschwindigkeit aufrechterhalten werden kann. Analysiert man die Fingerbewegungen genauer,

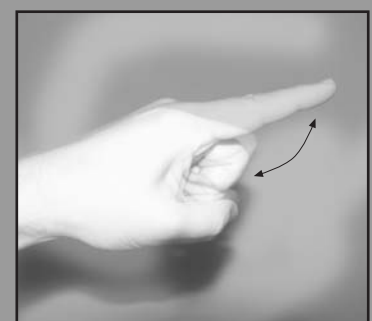
gungsmuster. Weiterhin fällt auf, dass kurz vor dem Phasenübergang die Bewegungsfluktuationen deutlich zunehmen.

Wenn jedoch bereits bei dieser recht einfachen Bewegung ständige Abweichungen von einer vorgegebenen relativen Phase bzw. Schwankungen zu beobachten sind, also gemäß der intendierten Bewegung fortwährend 'Fehler' gemacht werden, so scheint das klassische Verständnis von Bewe-

Abb. 2: Bewegungsfluktuationen beim Fingerexperiment (mod. nach Kelso 1999)



gungsfehlern als etwas zu vermeidendes (GROSSER & NEUMAIER 1982) zumindest fragwürdig. Dies umso mehr, berücksichtigt man den starken Anstieg der Fluktuationen kurz vor einem Bewegungswechsel. Wird doch gerade beim Techniktraining versucht einen Bewegungswechsel beim Athleten zu initiieren. Eine vorhandene, beherrschte Technik soll durch eine neue effektive ersetzt werden und sei die Veränderung auch nur in einem Detail. Aus dieser Sicht können Schwankungen bzw. 'Bewegungsfehler' als notwendige Voraussetzung für adaptives Verhalten bzw. Lernen betrachtet werden.



Konsequenzen für das Verständnis von Training

Sind Bewegungsabweichungen jedoch unvermeidbar und zeichnen sich gute Athleten dadurch aus, Abweichungen besser kompensieren zu können (vgl. MUNZERT 1996, SCHÖLLHORN 2003), stellt sich die Frage, inwiefern der Weg zum Erfolg nur über hohe Wiederholungszahlen führt, oder inwiefern dem Umfang der Bewegungsstreuung im Trainingsprozess eine dominante Rolle zukommt. Biologische Adaptionsprozesse werden durch Differenzen initialisiert (Störung der Homöostase). Es ist also nicht abwegig, einen Großteil des Informationsgehalts von zwei Übungen in deren Differenz zu vermuten. Beispiele liefert auch die räumliche Wahrnehmung, die erst aufgrund der Differenz der Sinneseindrücke von rechtem und linkem Ohr bzw. Auge zustande kommt. Auch Kanten lassen sich nicht erkennen, werden die Flächen derart ausgeleuchtet, dass kein Helligkeitsunterschied mehr existiert. Dies geht sogar so weit, dass die visuelle Wahrnehmung nach wenigen Sekunden zusammenbricht, wenn durch entsprechende Maßnahmen die Netzhaut relativ zur Umwelt ruhig gestellt wird (vgl. KLEINE-HORST 1992, JOOS / RÖTTING & VELICHKOVSKY 2003)

Eine Möglichkeit den Athleten, auf ständig neue Bewegungsausführungen vorzubereiten, ohne diese aber exakt trainieren zu können, bieten die Modelle der Inter- und Extrapolation. Bei der Interpolation wird von zwei bekannten Zuständen (Bewegungen) auf einen dritten, neuen geschlossen, der zwischen den beiden bekannten liegt. Bei der Extrapolation wird auf einen Zustand geschlossen, der außerhalb der bekannten liegt. Während zur Extrapolation noch wenig experimentelle Erkenntnisse vorliegen, ist der Mechanismus der Interpolation recht gut erforscht und findet auch erfolgreiche Anwendung auf dem Gebiet der künstlichen neuronalen Netze (MIGLINO / LUND & NOLFI 1995). Beim Interpolationslernen werden gewissermaßen die Streugrenzen des möglichen Lösungsraumes der Bewegung abgetastet. Dadurch steht dem

Athleten ein größerer Bereich zur Interpolation zur Verfügung, was die Chance erhöht eine individuell optimale Bewegung zu finden. Neben dem Vorteil, dem Athleten auf diese Weise zu einem großen Erfahrungsschatz in relativ kurzer Zeit zu verhelfen, ist durch die ständig neuen Bewegungsaufgaben gewährleistet, dass der Athlet fortlaufend neuen Trainingsreizen ausgesetzt wird und so Lernplateaus vermieden werden können. Dieser Aspekt macht das Differenzielle Training insbesondere für den Hochleistungssport interessant.

Fraglos wurden und werden mit der klassischen Trainingsmethodik große Erfolge erzielt. Da jedoch keine Bewegung wie die vorhergehende ist, trainiert man durch die Vorübungen bei den methodischen Übungsreihen und die hohen Wiederholungszahlen zwangsläufig auch mit einer gewissen Variationsbreite, in der der Athlet mehr oder weniger zufällig auch sein eigenes Optimum findet. So wäre es denkbar, dass die schnellen Lernfortschritte bei Anfängern darin begründet sind, dass diese noch wesentlich weiter von ihrem individuellen Optimum entfernt sind als der Köhner und dadurch auf natürliche Art und Weise zu einer viel höheren Streubreite in ihren Bewegungen kommen. Vielleicht muss also nur ein entsprechendes Lernangebot in Form von entsprechend großen Differenzen vorliegen. Während beim Anfänger die natürlichen Fluktuationen ausreichend erscheinen, müssen demnach beim Fortgeschrittenen jedoch neue Reize in Form von erweiterten Fluktuationen durch den Trainer erschlossen werden.

Veränderte Rolle des Trainers

Nach dem Verständnis des Differenziellen Trainings ist der Trainer nicht mehr ein externes Kontroll- oder Steuerungsinstrument für eine enge Zieltechnik, sondern fungiert als Katalysator bzw. Initiator für Selbstorganisationsprozesse beim Athleten. Das Differenzielle Training ist also keineswegs ein modernes Versuch- und Irrtumlernen, welches den Trainer überflüssig macht und keinen Regeln folgt. Vielmehr ist es die Aufgabe des Trainers, zu bestimmen, wo die Grenzen des Lösungsraumes ver-

Methodik

Der Trainer ist in der Pflicht, dem Athleten die Möglichkeit zu bieten, selbstorganisierend sein individuelles Optimum zu finden.

laufen und sich entsprechend eine Vielzahl möglicher Bewegungsausführungen zu überlegen. Soll beispielsweise der Vorhand Topspin im Tischtennis erlernt werden, wäre Fahrradfahren mit großer Wahrscheinlichkeit außerhalb des Lösungsraumes. Auch bedeutet Differenzielles Training nicht das ausschließliche trainieren von Fehlern. So ist das klassische Einschleifen als echte Teilmenge des Differenziellen Trainings zu betrachten, da nach maximaler Variation die Wiederholung wieder eine Variation der Variation darstellt.

Als angenehmer Nebeneffekt eröffnet das Verlassen eingetretener Methodikwege die Möglichkeit, neue Techniken zu entdecken wie etwa die Skating-Technik beim Skilanglauf, den V-Stil beim Skisprung oder den Fosbury Flop beim Hochsprung.

Konsequenzen für die Trainingspraxis im Tischtennis

Im Folgenden soll eine mögliche Systematik erstellt werden, auf welchen Ebenen Variationen bzw. Störungen erzeugt werden können um den potentiellen Lösungsraum einer Bewegung auszuloten.

In einer ersten groben Unterscheidung lassen sich zwei Bereiche identifizieren. Der eine ist, externe Störungen zu erzeugen. Dies kann durch Veränderung der äußeren Rahmenbedingungen geschehen, wie z.B. :

- unterschiedliche Bälle (große, kleine, kaputte, mit Unwucht durch Klebertropfen etc.)
- Tischvariationen (Grabentisch, Tische schräg stellen um alle drei Achsen, Markierungen auf dem Tisch etc.)
- Schlägervariationen (unterschiedliche Hölzer und Beläge, veränderte Gewichtsbalance durch Zusatzgewichte etc.)
- Umweltbedingungen (schwaches Licht, Gegenlicht, Ventilatoren, Matten auf dem Boden etc.)
- Variation der passiven Kräfte (Trägheitskräfte) durch Zusatzgewichte, Einschränkung der möglichen Bewegungen oder Ausführung von Zusatzbewegungen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, bewusst interne Störungen oder "Bewegungsschwankungen" auszu-

führen. Diese lassen sich theoretisch an nahezu allen Gelenken in den folgenden Ebenen erzeugen:

- Geometrie (Gelenkwinkel)
- Geschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit)
- Beschleunigung (Winkelbeschleunigung).
- Rhythmus (zeitliche Struktur)

Eine Änderung der Geometrie entspräche hier beispielsweise das Fixieren von Gelenken oder unterschiedliche Anfangs- und Endwinkel der Gelenke. Die Winkelgeschwindigkeit bezieht sich in erster Linie auf die Ausführungsgeschwindigkeit in den einzelnen Gelenken, analog im Bereich der Beschleunigung. Ein Spezialfall der Beschleunigung stellen die Variationen im Rhythmus dar. Um eine Änderung des Bewegungsrhythmus zu erreichen, sind Gelenke mit verändertem Timing und Kräfteinsatz zu bewegen oder der Oberkörper in einem anderen Rhythmus als der Unterkörper.

Alle vier Bereiche sind jedoch aufgrund ihrer physikalischen Abhängigkeit nicht klar (disjunkt) voneinander zu trennen. So führt eine Veränderung der Geometrie zwangsläufig zu einer Anpassung der Geschwindigkeit und des Timings. Auch verändern sich die auftretenden passiven Kräfte, die wiederum unmittelbaren Einfluss auf die aufzuwendende Muskelkraft haben. VON HUMBOLDTS bekanntes Zitat – "Alles ist Wechselwirkung" – erfährt hier also Bestätigung und nimmt den Trainer in die Pflicht, das hochkomplexe Wechselspiel von Ursache und Wirkung der menschlichen Bewegung für das Training nutzbar zu machen, indem er dem Athleten die Möglichkeit bietet, selbstorganisierend sein sich ständig änderndes individuelles Optimum zu finden.



Photo: Roscher

Methodik

Was beim
Differenziellen
Training auffällt, ist
die größere Stabilität
gelernter
Bewegungsmuster

Zusammenfassung

Eine veränderte Sichtweise von Fehlern und Idealtechniken, sowie ein differenzierteres Kausalitätsverständnis stellen althergebrachte Trainingsmethoden in Frage. Ein Ansatz, der diese Erkenntnisse integriert, stellt das Differenzielle Training dar. Bisherige Untersuchungen in verschiedenen Sportarten (Kugelstoßen, BECKMANN 2003; Handball, WAGNER, MÜLLER & BRUNNER 2004; Fußball, SECHELMANN TROCKEL & WESTERS 2002; Volleyball, RÖMER 2003; Basketball, SCHÖNHERR, 2002; Tennis, HUMPERT 2005) deuten mindestens auf eine Gleichwertigkeit des Differenziellen Trainings zu den klassischen Methoden hin. Was hierbei auffällt, ist die größere Stabilität gelernter Bewegungsmuster nach Abschluss der Trainingsintervention. Während die Leistungen der traditionellen Probandengruppen nach kurzer Zeit wieder auf das Ausgangsniveau zurückfallen, zeigen die differenziell trainierten Probanden auch nach der Trainingsintervention weitere Leistungssteigerungen.

Vor diesem Hintergrund wird auch die technische Überlegenheit süd-amerikanischer Straßenfußballer oder eines Tischtennisindividualisten wie J.O. Waldner verständlich. Kommt doch ein unebener Untergrund (Strand etc.), unterschiedliche "Bälle" (Dosen etc.) einer enormen Variation gleich, die es zu beherrschen gilt. Gleiches gilt für die gelegentlichen 'Experimentier'-Einheiten eines Waldner, der hierbei jedoch die Grenzen des machbaren auslotet, neue Schläge erfindet und ganz nebenbei "Ballgefühl trainiert". Einen anderen Weg, diese große Variationsbreite zu erreichen beschreiten die Chinesen. Durch ihre großen Trainingsumfänge und die vielen verschiedenen Gegner erreichen sie aufgrund der unvermeidbaren Schwankungen sozusagen zufällig eine ähnliche Variationsbreite, jedoch bei wesentlich höherem zeitlichen Aufwand. Da in dem vergleichbar bevölkerungsarmen Deutschland ein derartiges Training wohl in absehbarer Zeit nicht realisierbar scheint, stellt das Differenzielle Training zumindest eine nachdenkenswerte Alternative dar, die erfolgsversprechende Aussicht auf eine Lösung des Zeit- und Gegnerproblems vieler Athleten bietet.

Literatur

- Adams, J.A.** (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-149.
- Beckmann, H. & Schöllhorn, W.** (2003). Differenzielles Kugelstoßtraining. In: Krug, J. & Müller, T. (Hrsg.), *Messplätze, Messplatztraining, Motorisches Lernen. Ausgewählte Beiträge zum 5. gemeinsamen Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft. Universität Leipzig*, 19. bis 21. September 2002. (Sport und Wissenschaft. Beiheft zu den Leipziger Sportwissenschaftlichen Beiträgen, Band 9, S. 108-112). Sankt Augustin: Academia.
- Ebeling, W.** (1991). Chaos - Ordnung - Information. Selbstorganisation in Natur und Technik. Frankfurt a.M.: Thun: Deutsch.
- Grosser, . & Neumaier, A.** (1982). Techniktraining. Theorie und Praxis aller Sportarten. München: BLV-Verlag.
- Haase, H.** (1999). Abschied vom mechanistischen Modell? In: *Leistungssport* 29 [2], 4.
- Haken, H.** (1983). Synergetik. Nichtgleichgewichts-Phasenübergänge u. Selbstorganisation in Physik, Chemie u. Biologie. Berlin: Springer
- Haken, H., Kelso, J.A.S. & Bunz, H.** (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. In: *Biological Cybernetics* 51, 347-356.
- Hatze, H.** (1986). Motion Variability - its Definition, Quantification, and Origin. In: *Journal of motor behaviour*, 18 [1], 5-16.
- Humpert, V.** (2004). Vergleichende Analyse von Techniktrainingsansätzen zum Tennisaufschlag. Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit. Münster
- Joos, M., Rötting, M. & Velichkovsky, B.M.** (2003). Die Bewegungen des menschlichen Auges: Fakten, Methoden, innovative Anwendungen. In G. Rickheit, T. Herrmann & W. Deutsch (Hrsg.): *Psycholinguistik. Ein internationales Handbuch*. Berlin: de Gruyter.
- Kelso, J.A.S.** (1999). Dynamic patterns. The self-organisation of brain and behavior. Cambridge: MIT Press.
- Kokenge, H.** (2004). Der Einfluss musikalisch induzierter Emotionen auf biomechanische Parameter des Gangbildes. Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit. Münster.
- Lashley, K.S.** (1917). The accuracy of movement in the absence of excitation from the moving organ. *American Journal of Physiology*, 43, 169-194.
- Mangold, J.** (2003). Einfluss von Emotionen auf die Bodenreaktionskräfte des menschlichen Gangs. Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit. Münster.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K.** (1991). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Migliano, O., Lund, H.H. & Nolfi, S.** (1995). Evolving mobile robots in simulatet and real environments. In: *Artificial life* 2 [4], 417-434.
- Munzert, J.** (1996). Richtig und falsch, genau und ungenau: Über den Umgang mit Fehlern und Abweichungen in der Bewegungsforschung. In: Niisch, J.R. & Allmer, H., *Handeln im Sport - zwischen rationalität und Intuition*. 166-187. Köln: bps-Verlag.
- Schmidt, R.A.** (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. In: *Psychological Review*. 2, 111-149.
- Schöllhorn, W.** (1999). Individualität - ein vernachlässigter Parameter? In: *Leistungssport* 29 [2], 5-12.
- Schöllhorn, W.** (2003). Differenzielles Lehren und lernen im Tennis. In: Woll, A. (Hrsg.), *Miteinander lernen, forschen, spielen. Zukunftsperspektiven für Tennis*. (Schriften der Deutsche Vereinigung für Sportwissenschaft, Band 131, S. 28-40). Hamburg: Czwalina.
- Schöllhorn, W.I.** (2000). Analysieren, was sich bewegt - Der Biomechaniker und die Analyse bewegter Zustände. In: Nicol, K.& Peikenkamp, K. (Hrsg.), *Apparative Biomechanik - Methodik und Anwendungen*. (Schriften der Deutsche Vereinigung für Sportwissenschaft, Band 115, S. 173-192). Hamburg: Czwalina
- Schöllhorn, W.I., Sechelmann, M., Trockel, M. & Westers, R.** (2004). Nie das richtige trainieren, um richtig zu spielen. In: *Leistungssport* 34 [5], 13-17.
- Schönherr, T.** (2002). Differenzielles Training im Basketball am Beispiel des Positionswurfes. Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit. Münster.
- Wagner, H., Müller, E. & Brunner, F.** (2004). Systemdynamische oder programmorientierte Lernmethoden. Eine Trainingsstudie zum differenziellen und variablen Training im Handball. In: *Leistungssport* 34 [6], 54-62.
- Wiemeyer, J.** (1994). Perspektiven der Motorikforschung. Kritische Reflexion zentraler Positionen und ausgewählter Probleme der psychologisch akzentuierten Motorikforschung. In: *Spektrum der Wissenschaft* 6 [1], 5-26.