

# Differenzielles Lehren und Lernen im Sport

## Ein alternativer Ansatz für einen effektiven Schulsportunterricht

Wolfgang I. Schöllhorn, Hendrik Beckmann, Daniel Janssen, Maren Michelbrink

**Spätestens mit den Ergebnissen der PISA-Studien 2001 und 2003 nehmen die Kritik und die Rufe nach Änderungen am deutschen Schulsystem zu. Häufig wird die Gunst der Stunde auch genutzt, um in der allgemeinen Verwirrung Loblieder auf alte, überkommene Bildungs- und Lehrkonzepte anzustimmen. Den aufgeworfenen komplexen Fragen wird mit einfachen Antworten begegnet, die höhere Umfänge an Inhalten und Stunden fordern. Solche Rückgriffe auf überkommene Konzepte sind vorschnell. Mit dem Differenziellen Lehren und Lernen wird eine Erfolg versprechende Alternative zu den klassischen Lehr- und Lernmodellen aufgezeigt und die Konsequenzen werden für die Schulpraxis erörtert.**

### Die Problematik traditioneller Lernansätze

Bislang waren die motorischen Leistungen oder Wirkungen des Sportunterrichts nicht Gegenstand einer PISA-Studie, dennoch häufen sich auch im Kontext des Schulsports Stimmen, die eine Rückbesinnung auf alte Zeiten, mit größeren Stundenumfängen und vermeintlich bewährten Konzepten fordern. Abgesehen von den in der Vergangenheit vollkommen anderen Randbedingungen wird zusätzlich übersehen, dass die „bewährten“ Konzepte bislang nie mit alternativen Verfahren verglichen wurden. Bietet man jedoch nur ein Lernkonzept an, dann wäre es voreilig, wenn Leistungsfortschritte ausschließlich diesem Konzept zugeschrieben würden: Neben der möglichen (und oftmals erhofften) Kausalität von Methode und Lernerfolg könnte es sich auch lediglich um ein zufälliges zeitliches Zusammentreffen von vermeintlicher Ursache und erwünschter Wirkung handeln.

Die traditionellen Lernansätze sind im Kern auf eng gefasste, personenunabhängige Idealbewegungen ausgerichtet (Nitsch & Neumaier, 1997) und versuchen, sich diesen auf der Basis klassischer Informationsmodelle ziel- und eher lehrerorientiert über unmittelbare Ist-Sollwertminimierung, d. h. Fehlerkorrekturen, anzunähern. Abweichungen von den Idealbewe-

gungen der verschiedenen (Vor-)Übungen und Idealbewegungen werden daher auch als Fehler interpretiert, die es zu vermeiden gilt.

Das Festhalten an dieser Sichtweise des motorischen Lernens ist umso erstaunlicher, als dass die zentralen Elemente der sportmotorischen Entwicklung, Individualität (Matwejew, 1956; 1972) und Situativität bzw. Nichtwiederholbarkeit (Bernstein, 1967) seit langem in der Forschung diskutiert werden. Außerdem erscheinen derartige Lehr- und Lernmethoden nicht nur aus Sicht der aktuellen Forschung, sondern auch aufgrund pädagogischer Überlegungen fraglich: Wenn eine Methode und eine Bewegung für alle Schüler die vermeintlich richtige ist, wird die Verantwortung für die resultierenden Lern- und Leistungsunterschiede implizit an die genetische Disposition der Gruppenmitglieder abgegeben; die Ursache für unterschiedliche Lernerfolge liegt demnach außerhalb des möglichen Einflussbereichs des Lehrers.

### Das Verständnis von Bewegungsvervielfältigkeit in traditionellen Lernansätzen

Historisch wird dem Phänomen der Bewegungsvervielfältigkeit in unterschiedlichen motorischen Lernansätzen Rechnung getragen. Die bekanntesten

und am häufigsten angewandten Lernansätze sind dabei das Einschleifen bzw. Wiederholen, die methodische Übungsreihe, das Kontrastlernen (Nordmann & Hauptmann, 1990), das Lernen nach der „variability of practice theory“ (Schmidt, 1985) und das Kontext-Interferenz-Lernen (Brady, 2004). Während das Einschleifen bzw. Wiederholen durch eine Vielzahl an Kopierversuchen und Bewegungskorrekturen auf eine sukzessive Abnahme der Variationen zielt, versucht die methodische Übungsreihe die Entfernung zwischen Ausgangs- und Zielbewegung durch (der Zielübung) immer ähnlicher werdende Bewegungsaufgaben zu überbrücken. Im Unterschied hierzu strebt das Lernen nach der „variability of practice theory“ eine Stabilisierung der Bewegung durch Wiederholen der Bewegungs-Invarianten bei variablen Parametern an. Die Invarianten einer Bewegung sind die zeitliche Abfolge, die relativen Kräfte und die Reihenfolge der Muskelkontraktionen und sollen das Grundgerüst der Bewegung bilden. Die Parameter einer Bewegung sind die absoluten Kräfte, die absolute Bewegungsdauer, die Muskelauswahl und der Bewegungsumfang (Roth, 1990), die es erlauben, das invariante Grundgerüst variabel anzuwenden, die Bewegung also schneller oder langsamer bzw. mehr oder weniger kraftvoll auszuführen. Das Kontrastlernen findet in der Regel nur sporadisch und kurzfristig An-

wendung, um die Lernenden durch sensorische Erlebnisse Abweichungen von einer Zielbewegung erfahren zu lassen, die durch kognitiv orientierte Instruktionen nicht bewusstsensfähig waren. Das Kontext-Interferenz-Lernen beinhaltet sowohl Variationen von Bewegungsinhalten als auch Variationen im Bereich der zeitlichen Übungsreihenfolge: Beim Kontext-Interferenz-Lernen werden im Lernprozess mindestens zwei Bewegungsformen mit entweder unterschiedlichen Invarianten oder unterschiedlichen Parametereinstellungen (s. o.) ausgeführt. Die zeitliche Reihenfolge liegt zwischen den Extremen geblockt, seriell oder stochastisch, denen niedrige bis hohe Kontext-Interferenz zugeschrieben wird (vgl. Abb. 3 u. 4). Ein Vorteil zeitlich serieller oder stochastischer Variation liegt in einer zwar schwächeren Aneignungsleistung (getestet unmittelbar nach der Intervention), jedoch in einer besseren Lern- und Transferleistung (getestet nach einer längeren Pause nach Beendigung der Intervention) (Wiemeyer, 1998).

Sämtlichen traditionellen Ansätzen gemeinsam ist dabei die Annahme einer personenübergreifenden korrekten Zielbewegung, die durch viele Wiederholungen vom Gesamten oder von Teilen (Invarianten) und durch zahlreiche Fehlerkorrekturen „eingeschliffen“ wird. Unberücksichtigt bleiben dabei andere die Bewegung bedingende Kräfte, wie die Schwerkraft und Trägheitskräfte, die vor allem bei dynamischen und großräumigen Bewegungen im Sport von Bedeutung sind. Daraus folgt jedoch theoretisch, dass die phänomenologischen Übereinstimmungen von Bewegungen durch beliebig viele Kombinationen der drei physikalischen Kräfte, die die Bewegung bedingen (Muskel-, Gravitations- und Trägheitskraft), konstruiert werden können. Von der äußeren Betrachtungsebene lässt sich demnach nicht auf die Existenz von Invarianten schließen, die aus programmtheoretischer Sicht für die Ähnlichkeit von Bewegungen verantwortlich gemacht werden. Wissenschaftliche Nachweise für die Vielzahl an Bewegungskonstruktionen auf mikroskopischer Ebene bei nahezu gleichem Bewegungsablauf werden vor allem in biomechanisch begleiteten Lernex-

perimenten (Schneider et al., 1989) und Simulationsexperimenten (u. a. Liu, 1993; Glitsch, 2001) geliefert. Diese Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten lassen sich jedoch nur schwer mit klassischen Lernansätzen in Einklang bringen, die auf die Ausführung einer idealen, stabilen Bewegung abzielen und eben nicht auf eine hohe Variabilität der zu erlernenden Bewegung.

Neben dem reinen Auftreten von Varianz in Bewegungswiederholungen fällt zudem auf, dass diese „ungeordnete“ Variabilität eine zufällige bzw. ungeordnete Struktur aufweist. In den Programmtheorien werden diese Abweichungen aufgrund der historischen Basis der Informationstheorie häufig als Fehler bzw. Rauschen interpretiert, die auf die Unvollkommenheit des Nervensystems zurückgeführt werden. Nach jüngsten Forschungsergebnissen scheint die Abwesenheit von Ordnung jedoch gerade den konstruktiven Einfluss der Variabilität auszumachen. Hierzu nur drei Beispiele: Im Bereich der Säuglings- und Kleinkindforschung erweist sich das zufällige Strampeln als optimal für die Erkundung der Umgebung und zur Entwicklung zielgerichteter Bewegungen (Goldfield, 1993). Aus dem Bereich der Gleichgewichtsforschung liefern Gruber und Gollhofer (2004) durch ein variantenreiches sensomotorisches Training der unteren Extremitäten Hinweise auf konstruktiven Einfluss von Rauschen. Priplata et al. (2002) wiederum konnten zeigen, dass eine optimale stochastische Reizung der Fußsohlen mit unterschwelligen Signalen bei älteren Menschen zur Verbesserung des Gleichgewichtsverhaltens führt.

### Individualität und Nichtwiederholbarkeit bzw. Situativität

Im Unterschied zu den aufgeführten traditionellen Ansätzen liegt dem Differenziellen Lernansatz kein destruktives, sondern ein konstruktives Verständnis von Variabilität zugrunde. Variabilität bzw. Rauschen wird als Konsequenz von individuellem und situativem Verhalten verstanden. Für den Umgang mit Variabilität als Zeichen von individuellen und situativen

Bewegungsmustern gibt es zahlreiche empirische Nachweise, die darüber hinaus die Unabhängigkeit des Variabilitätsvorkommens von Alter, Geschlecht und Leistungsniveau verdeutlichen (Schöllhorn & Bauer, 1998). Die Identifikation von Personen und ihren beim Gehen dargestellten Emotionen bestätigen die Dominanz der Individualität sowie die Sensibilität und Abhängigkeit von situativen Randbedingungen (Janssen et al., 2008).

Auf den Sportunterricht übertragen führt dies zu der Frage, wie eine „ideale Technik“ vermittelt werden soll, wenn die zur Verfügung stehenden optimalen Lösungen weder zeitlich überdauernd noch personenunabhängig sind. Daneben ist die Wahrscheinlichkeit von zwei identischen Bewegungen verschwindend gering. Gehen wir davon aus, dass selbst nach 40000 Wiederholungen einer Bewegung die 40001. Wiederholung eine Abweichung von sämtlichen vorangehenden aufweist, dann entspricht diese Abweichung etwas Neuem, das sich nur schwer mit dem traditionellen Verständnis von Bewegungsprogrammen vereinbaren lässt.

### Eine praktische Konsequenz – Differenzielles Lernen

Statt die Variabilität der Zielbewegung durch hohe Wiederholungszahlen und zahlreiche Korrekturanweisungen zu minimieren, wird in einer systemdynamischen Betrachtungsweise die Variabilität als Notwendigkeit für Lernen genutzt. Das Differenzielle Lehren und Lernen setzt also die ohnehin auftretenden Schwankungen als aktives *Werkzeug* ein, indem sie verstärkt werden und dadurch der Lernprozess beschleunigt wird.

Der Vergleich traditioneller Ansätze mit dem Differenziellen Lernen in Bezug auf ihre Variation und relative Ähnlichkeit zur Zielübung lässt sich anhand der Abbildungen 1–6 darstellen: Illustriert wird schematisch der typische Ablauf des Lernprozesses beim Lernen durch Wiederholen (Abb. 1), innerhalb einer methodischen Übungsreihe (Abb. 2), beim Kontext-Interferenz-Lernen (Abb. 3

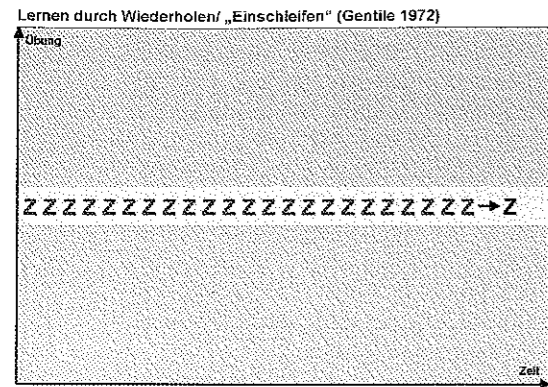


Abb. 1

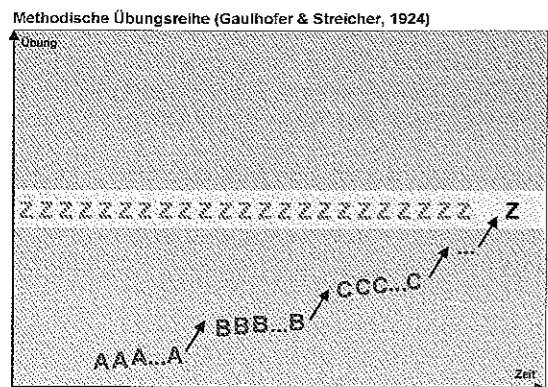


Abb. 2

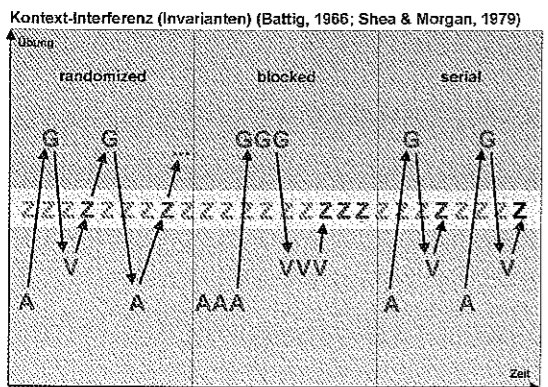


Abb. 3

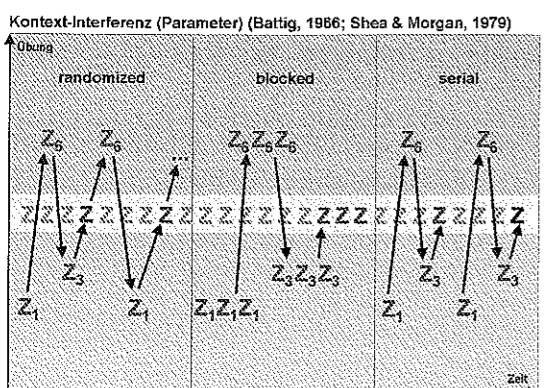


Abb. 4

u. 4), beim Lernen nach der „variability-of-practice“-Theorie (Abb. 5) und beim Differenziellen Lernen (Abb. 6). Dabei stehen unterschiedliche Buchstaben für verschiedene (Vor-)Übungen und auch für (nach klassischem Verständnis) unterschiedliche generalisierte motorische Programme. Die Indizes an den Buchstaben bezeichnen Variationen der variablen Parameter einer Bewegung im Sinne der Schematheorie bzw. Variationen der Geschwindigkeit, Beschleunigung, Geometrie und der Dynamik im Sinne des Differenziellen Lernens. Die Achseneinteilung setzt keine Wertigkeit voraus, sondern kann vielmehr als ein Maß der Ähnlichkeit interpretiert werden.

Die gezeigten Lernansätze 1–5 stellen dabei mathematisch nur eine echte Teilmenge der eigentlichen Möglichkeiten dar.

Das Differenzielle Lernen schließt daher sowohl das Lernen an Kontrasten als auch das Variieren von variablen Parametern und Invarianten nach Schmidt (1985) ein. Auch das Ausführen von extremen Schwankungen bzw. Fehlern sind Bestandteil des Differenziellen Lernens und dienen dem „Abtasten“ der potentiellen Streugrenzen. Der Bereich der Lösungen geht hierbei wesentlich über den Bereich der bisherigen Vorgaben einer Idealtechnik hinaus, um den Lernenden auch darauf vorzubereiten, im Falle einer weiteren Abweichung (z. B. Stolpern) in kurzer Zeit zurück in den Bereich der optimalen Lösung zu gelangen. Dieser Bereich wird dabei nicht flächendeckend abgetastet, sondern analog zu den Eigenschaften künstlich neuronaler Netze (Haykin, 1998) mit einem „Gitter“ an Bewegungsvariationen überzogen, das dem Lernenden erlaubt, auf neue veränderte Bedingungen in der nächsten Bewegung adäquat zu interpolieren und schneller zu reagieren.

Differenzen zwischen den Bewegungsausführungen können dabei erzeugt werden durch:

- Variation von Anfangs- und Endbedingungen einer Bewegung
- Variation von Merkmalsumfängen
- Variation des äußeren und inneren Bewegungsrhythmus.

Unterteilen wir den Körper entsprechend seiner größten Gelenke (Kopf,

Schulter-, Ellbogen, Hand, Hüft-, Knie- und Sprunggelenk) in ein 14-Segmente-Modell und berücksichtigen, dass in einer groben Annäherung an jedem Gelenk die Winkelstellung, die Winkelgeschwindigkeit, die Winkelbeschleunigung und der jeweilige Rhythmus variiert werden können, so erhält man einen groben Eindruck über die Vielzahl der zur Verfügung stehenden Variationsmöglichkeiten: Gehen wir beispielsweise nur davon aus, dass wir an einem der Gelenke eine oder keine Änderung vornehmen, ergeben sich daraus bereits  $2^{14}$  Variationsmöglichkeiten. Berücksichtigen wir zusätzlich für jedes Gelenk vier zu variiende Parameter, erhöht sich die Anzahl schon auf  $(2^4)^3$ .

Der Begriff des „differenziellen“ betont dabei insbesondere die Differenzen, die durch zwei aufeinander folgende Bewegungen erzeugt werden, da sie im Unterschied zur reinen Wiederholung zusätzliche Information aus dem Vergleich zweier ähnlicher Bewegungen bereitstellt. Hinweise für die Fähigkeit unseres Zentralnervensystems zum Gewinnen von Informationen aus Differenzen liefert unsere visuelle und akustische Wahrnehmung: Aus der Differenz der

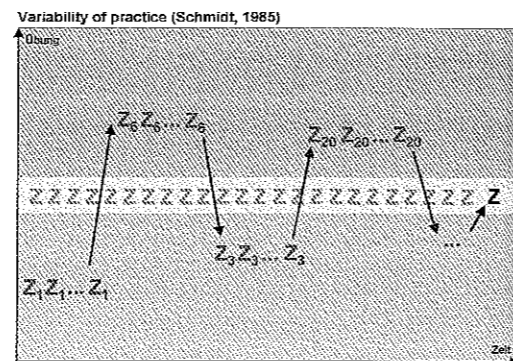


Abb. 5

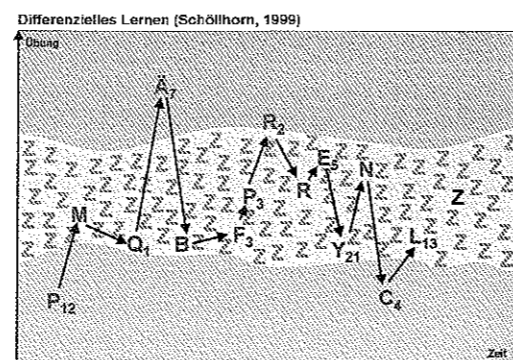


Abb. 6

Retinaabbilder in den Augen ermitteln wir die Entfernung eines Gegenstands, aus der Differenz des Auftreffzeitpunkts von linkem und rechtem Ohr ermitteln wir die Richtung des Schalls.

### Empirische Untersuchungen zum Differenziellen Lernen

Erste Untersuchungen zur Effektivität des differenziellen Ansatzes im Bereich des Fußballs zeigten unabhängig vom Leistungsniveau eine deutliche Überlegenheit in der Aneignungsphase gegenüber den traditionellen DFB-orientierten Lehrwegen (Schöllhorn, Sechelmann, Trockel & Westers, 2004). Beide Versuchsgruppen trainierten über eine Dauer von vier Wochen zweimal wöchentlich zusätzlich 20 Minuten. Im differenziellen Training wurden keine Wiederholungen durchgeführt, um die Anzahl der möglichen Differenzen zu maximieren. Außerdem wurde bei keiner der Bewegungsausführungen eine Fehlerkorrektur gegeben. Untersuchungen zum Kugelstoß (Beckmann & Schöllhorn, 2006) und Tennis (Humpert & Schöllhorn, 2006) lieferten zusätzliche Hinweise für Vorteile in der Gedächtnisphase nach der Intervention. Bei ähnlichem Umfang zeigten die Probanden in beiden Experimenten nach Beendigung der Intervention nicht wie in den traditionellen Trainingsgruppen Leistungsabfälle, sondern zusätzliche Leistungsanstiege, die bis zu vier Wochen im Rahmen eines einjährigen Einzelfall-experiments untersuchten Wagner, Müller und Brunner (2004) die Wirkung unterschiedlicher Lernansätze in Bezug auf die Abwurfgeschwindigkeit beim Handballwurf und die biomechanischen Änderungen der Bewegungsausführungen. Die Ergebnisse zeigten nur bei differenziellem Wurftraining signifikante Leistungssteigerungen. Charakteristisch für den beobachteten Lernprozess war eine für dynamische Systeme typische Zunahme der Fluktuationen der biomechanischen Verlaufsvariablen unmittelbar vor der größten qualitativen Änderung der Wurftechnik und vor

der Steigerung auf die höchsten Werte der Abwurfgeschwindigkeit.

### Diskussion und weiterführende Überlegungen

Betrachten wir nicht nur die Abstände zwischen zwei aufeinander folgenden Bewegungsausführungen, sondern die Struktur der gesamten dadurch erzeugten Differenzen, so kann beim Differenziellen Lernen auch von einem „verrauschten Lernen“ gesprochen werden. Abbildung 7 stellt schematisch die Einordnung der Lernansätze unter dem Kriterium des Rauschens dar. Werden die mittleren Differenzen bzw. das Rauschen über das Maß des Differenziellen Lernens im engeren Sinne zu weit vergrößert (beispielsweise bewegungsferne Bewegungen wie Schwimmen, Radfahren etc. zum Erlernen des Kugelstoßens), dann werden die Lernfortschritte pro Zeit im Vergleich zu den anderen Lernansätzen wieder verringert. Eine virtuelle graphische Verbindung sämtlicher Punkte führt zu einer typischen Resonanzkurve, die eine Maximumzone im Bereich des Differenziellen Lernens aufweist. Zur Verdeutlichung und Berücksichtigung der Situativität und Individualität (s. o.) ist das Maximum als Zone dargestellt. Betrachten wir insgesamt die motorischen Lernansätze als Lernen unter unterschiedlichem Rauschniveau, dann gilt es, für effektives Lernen das individuell und situativ optimale Rauschniveau des Lernenden zu finden, um eine Resonanz zwischen Methode und Lernvoraussetzungen herzustellen.

Eine solche Betrachtung von Lernen hilft unter anderem auch der Klärung bislang widersprüchlicher Phänomene (Wulf et al., 2002), wonach bei Anfängern oder jüngeren Athleten eher eine geblockte Übungsreihenfolge, bei Fortgeschrittenen hingegen eher zufällige Übungsfolgen zu größeren Lernfortschritten führen. Liegt im Falle von Anfängern noch eine größere eigene Bewegungsvarianz vor, die in Abbildung 7 eher rechtsseitig des Maximumbereichs einzuordnen sind, so liegt diese bei Fortgeschrittenen wahrscheinlich aufgrund ihrer Erfahrung und Lerngeschichte eher linksseitig des Maximums. Im Falle der An-

fänger oder jüngeren Athleten wäre demnach eine Reduktion des Rauschens durch geblockte Trainingsanordnungen mit mehreren Übungswiederholungen zu empfehlen, wohingegen bei Erwachsenen auf jeden Fall eine Zunahme des Rauschens durch eher zufällige Übungsreihenfolgen nahezu legen ist.

In Bezug auf die Individualität und Situativität kommt dem Differenziellen Lehr- und Lernansatz eine besondere Rolle beim Unterrichten von größeren Gruppen zu. Werden im Rahmen eines traditionellen Sportunterrichts aus organisatorischen und zeitlichen Gründen meist nur eine Handvoll Übungen angeboten, die im Allgemeinen lediglich für eine Handvoll Schülerinnen oder Schüler adäquat sind, d. h. in Resonanz mit den individuellen Lernvoraussetzungen sind, so steigt mit der Zahl der angebotenen Bewegungsausführungen die Wahrscheinlichkeit, dass für jeden Lernenden mindestens eine resonanzfähige Übung dabei ist, enorm. Im Rahmen einer didaktischen Erweiterung kann und sollte das Differenzielle Lehren und Lernen zunehmend an die Lernenden übergeben werden. Analog einem musikalischen Gesellschaftsspiel zu Zeiten Bachs liefert dann eine Schülerin oder ein Schüler eine Bewegungsausführung und jedes Gruppenmitglied entwickelt dazu eine entsprechende Variation. Ein Vorteil dieser Vorgehensweise ist in der Nutzung des Kreativitätspotentials der gesamten Gruppe auf kognitiver wie motorischer Ebene zu sehen.

Die Ebene der Medien und die verbale und nonverbale sprachliche Informationsdarbietung bzw. Instruktion bieten daneben einen weiteren Bereich der Anwendung Differenziellen Lehrens und Lernens. Hier gilt es nicht, die Instruktionen so lange zu wiederholen, bis sich der Lernende daran gewöhnt hat, sondern die Instruktion so oft metaphorisch zu variieren, bis eine entsprechende Wirkung beim Lernenden zu beobachten ist.

War der Ansatz des Differenziellen Lernens ursprünglich ausgezogen, um die Gleichwertigkeit verschiedenster motorischer Lehr- und Lernansätze zu überprüfen (Es führen viele Wege nach Rom) und um die Diskussion um „beste (ideale) Methoden“ zu entschärfen (Schöllhorn, Rö-

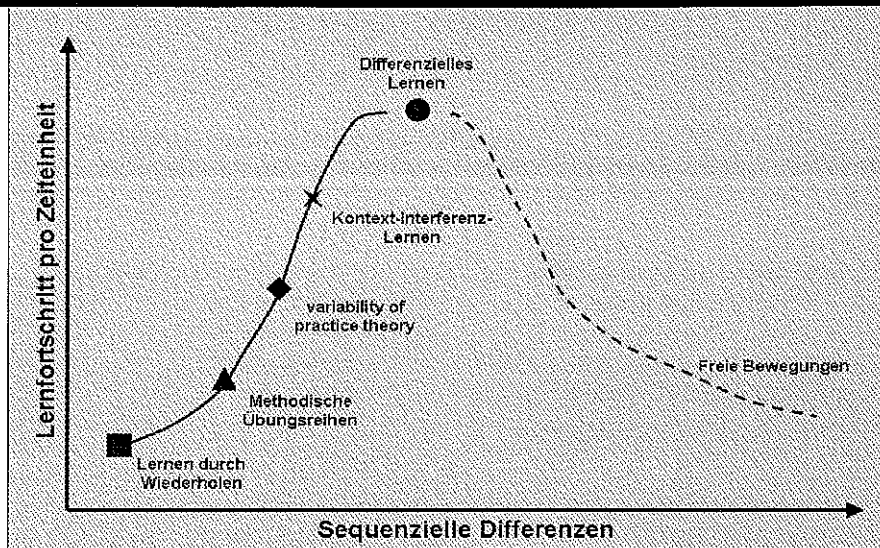


Abb. 7: Motorische Lerntheorien als Funktion der sequenziellen Differenzen und Lernraten

ber, Jaitner, Hellstern & Käubler, 2001), so scheint sich mittlerweile daraus ein Ansatz entwickelt zu haben, der nicht nur im Bereich des motorischen Lernens zu einer höheren Effektivität führt. Ähnliche Ansätze mit vergleichbaren Ergebnissen sind im Bereich der Biologie mit dem Zick-Zack-Lernen (Schaefer & Manitz-Schaefer, 2002) zu finden oder im Bereich des Fremdspracherwerbs (Cenoz, Hufeisen & Jessner, 2001) oder im Bereich der Mathematik mit der Mathematik des Fehlerlernens (Bauer, 2002). So sollten die bisherigen Erfahrungen und Experimente im Bereich des Differenziellen Lernens und Lehrens genügend Anregungen zu einem Überdenken der traditionellen Annahmen und Ansätze bieten.

## Literatur

Battig, W. F. (1966). Facilitation and interference. In E. Bilodeau (Ed.) *Acquisition of skill* (pp. 215-244). New York, NJ, United States: Academic Press.

Bauer L. (2002). Aus Fehlern lernen! Überlegungen zu Lernschwierigkeiten und Fehlern im Mathematikunterricht der Hauptschule. In A. Schubert (Hrsg.), *Mathematik lehren wie Kinder lernen*. Braunschweig: Westermann.

Beckmann, H. & Schöllhorn, W. I. (2006). Differenzielles Lernen im Kugelstoßen. *Leistungssport*, 36 (4), 44-50.

Bernstein, N. (1967). *The coordination and regulation of movements*. Oxford, Great Britain: Pergamon.

Brady, F. (2004). Contextual interference: a meta-analytic study. *Perceptual and Motor Skills*, 99 (1), 116-126.

Cenoz, J., Hufeisen, B. & Jessner, U. (Hrsg.) (2001). *Looking beyond second language acquisition*. Tübingen: Stauffenburg.

Gaulhofer, K. & Streicher, M. (1924). *Grundzüge des österreichischen Schulturnens*. Wien: Dt. Verl. für Jugend und Volk.

Gentile, A. M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, 17, 3-23.

Glitsch, U. (2001). *Computersimulation in der Biomechanik*. Sankt Augustin: Academia.

Goldfield, E. C. (1993). Dynamic systems in development: action systems. In L. B. Smith & E. Thelen (Eds.), *A Dynamic Systems Approach to Development* (pp. 51-70). Cambridge, MA., United States: MIT Press.

Gruber, M. & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 98-105.

Haykin, S. (1998). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation (2nd ed.)*. Englewood Cliffs, NJ, United States: Prentice Hall.

Humpert, V. & Schöllhorn, W. I. (2006). Vergleich von Techniktrainingsansätzen zum Tennisaufschlag. In A. Ferrauti & H. Remmert (Hrsg.), *Trainingswissenschaft im Freizeitsport* (S. 121-124). Hamburg: Czwalina.

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.

Liu, Y. (1993). *Kinematik, Dynamik und Simulation des leichtathletischen Springs*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.

Matwejew, L. P. (1972). *Periodisierung des sportlichen Trainings*. (Tschiene, P., Übers.) Berlin: Bartels & Wernitz. (russ. Erstveröffentlichung 1956).

Nitsch, J. R. & Neumaier, A. (1997). Interdisziplinäres Grundverständnis von „Training“ und „Techniktraining“. In J. R. Nitsch, A. Neumaier, H. de Marées & J. Mester (Hrsg.), *Techniktraining. Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz* (S. 37-49). Schorndorf: Hofmann.

Nordmann, L. & Hauptmann, M. (1990). Kontrastives Training - Erkenntnisstand und trainingsmethodische Anwendungen. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 39 (6), 420-427.

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. <[http://people.bu.edu/atilap/index\\_files/prl.pdf](http://people.bu.edu/atilap/index_files/prl.pdf)>

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

Schaefer, G. & Manitz-Schaefer, R. (2002). *Zickzack-Lernen*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.

Schmidt, R. A. (1985). The search for invariance in skilled movement behavior. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56, 122-140.

Schneider, K., Zernicke, R. F., Schmidt, R. A. & Hart, T. J. (1989). Changes in limb dynamics during the practice of rapid arm movements. *Journal of Biomechanics*, 22 (8-9), 805-817.

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

Schöllhorn, W. I. & Bauer, H. U. (1998). Identifying individual movement styles in high performance sports by means of self organizing Kohonen maps. In H. Riehle & M. Vieten (Eds.), *XVI. International Symposium on Biomechanics in Sports. Proceedings*. Konstanz: Universitätsverlag.

Schöllhorn, W. I., Röber, F., Jaitner, T., Hellstern, W. & Käubler, W. (2001). Discrete and continuous effects of traditional and differential sprint training (Abstract). *6th Annual Congress of the European College of Sport Science. 15th Congress of the German Society and Sport Science* (p. 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.

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

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

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

Wulf, G. & Shea, C. B. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin Review*, 9, 185-211.

### Anschrift der Verfasser:

Wolfgang I. Schöllhorn,  
Hendrik Beckmann, Daniel Janssen  
und Maren Michelbrink  
Johannes Gutenberg-Universität,  
Institut für Sportwissenschaft  
Albert-Schweitzer-Str. 22  
55099 Mainz.  
Kontakt: [move.brain@uni-mainz.de](mailto:move.brain@uni-mainz.de)