

Erfolg durch Abwechslung

DIFFERENZIELLES BEWEGUNGSLERNEN Will man eine neue Bewegung lernen, muss man sie vielfach und immer gleich wiederholen? Nicht unbedingt. Wer versucht, beim Üben möglichst viele Varianten einzubauen, kommt effizienter ans Ziel. Dies konnte der Sportwissenschaftler Prof. Dr. Wolfgang Schöllhorn, Entwickler des differenziellen Lernansatzes, in Studien belegen.

Seit einigen Tagen versucht der vierzehn Monate alte Max, seinen Brei ohne die Hilfe seiner Mutter zu löffeln: Er greift den Löffel mal mit der linken, mal mit der rechten Hand. Mal zeigt die hohle Seite des Löffels nach unten, dann nach oben. Bei dem einen Versuch sitzt Max aufrecht, beim nächsten neigt er sich über den Teller. Ein Teil des Essens landet dabei regelmäßig auf dem Latz. Doch seine Mutter übt sich in Geduld. Statt Max zu korrigieren, nimmt sie es hin, dass er anfangs „Fehler“ macht.

Auch Roland Weller muss eine Bewegung neu lernen: Vor einigen Wochen litt der 35-Jährige an einer akuten Bursitis im rechten Schultergelenk. Der Reizung ist nun vorüber, doch er hat sich angewöhnt, bei der Abduktion des Armes mit der Skapula in Elevation auszuweichen. Seine Physiotherapeutin erklärt ihm den optimalen Bewegungsablauf „Abduktion“ inklusive des skapulothorakalen Rhythmus. Während er die Bewegung repetitiv übt, korrigiert sie immer wieder die Position seines Rumpfes, seines Kopfes und die Bewegung der Skapula. Herrn Weller fällt es schwer, die Vorgaben der Therapeutin umzusetzen. Nach dem sechsten und letzten Termin muss er sich immer noch konzentrieren, damit er den Arm mit dem „richtigen“ Skapulamuster abduziert.

Jede Bewegung ist individuell und situativ – und deshalb nicht wiederholbar > Herrn Wellers Fortschritte bei der Skapulakontrolle sind unbefriedigend – trotz der genauen Instruktionen und Korrekturen. Vielleicht aber auch: „ – wegen“. Denn möglicherweise wäre es effektiver gewesen, hätte sich seine Therapeutin verhalten wie die Mutter von Max – und ihn nicht korrigiert.

Der Grund: Ergebnisse von Experimenten aus dem Hochleistungssport und der Ganganalyse weisen darauf hin, dass eine Person ein angestrebtes „Bewegungsideal“ wahrscheinlich gar nie erreichen kann. Vielmehr sind die Bewegungen eines Menschen so individuell und die Umstände, in denen sie stattfinden, so wechselhaft, dass sich eine Bewegung vermutlich nie exakt wiederholen lässt (Abb. 2, S. 34). Sogar nach mehreren tausend Wiederholungen weicht jede Bewegung von den vorherigen ab und beinhaltet etwas, das bisher noch nie vorkam. Dies stellt die Idee des einschleifenden, repetitiven Lernens, an der sich auch die Physiotherapeutin von Herrn Weller orientierte, grundlegend in Frage.

Eine Bewegung lässt sich vermutlich kein zweites Mal exakt wiederholen.

Der menschliche Körper hat eine schier unendliche Zahl an Bewegungsmöglichkeiten: Nimmt man vereinfacht zwölf Hauptgelenke an (jeweils zwei Fuß-, Knie-, Hüft-, Schulter-, Ellenbogengelenke) und ändert erst den Winkel eines Gelenks, dann den von zweien und so weiter, so ergeben sich schon 2^{12} Variationsmöglichkeiten. Nimmt man noch zusätzlich an jedem Gelenk drei Bewegungsebenen an und schließt eine rhythmische Abfolge ein, so ergeben sich allein schon $(2^{12})^4$ Möglichkeiten. Plant man nur eine Sekunde für eine Variante, so reichen schon 300 Millionen Jahre nicht mehr aus, um alle auszuführen. Eine immense Zahl, deren Rechnung noch nicht einmal die kleinen Gelenke wie Wirbel- und Fußwurzelgelenke mit berücksichtigt. Die Wahrscheinlichkeit, identische Bewegungswiederholungen ausführen zu können, ist verschwindend gering.

Entsprechend schafft man durch den Versuch, eine Bewegung gleichmäßig zu wiederholen, ein Szenario, das nicht der Realität entspricht. Sportwissenschaftliche Untersuchungen, beispielsweise zum Tennisaufschlag, legen nahe, dass allein die Idee einer Bewegung konstant bleibt, der Körper des Athleten sich jedoch ständig ändert. Hält man an der konstanten Bewegungswiederholung fest, obwohl sich der Körper beispielsweise durch Emotionen oder Müdigkeit verändert, klaffen Geist und Körper auseinander. Die Folge: eine suboptimale Leistung und Demotivation [1].

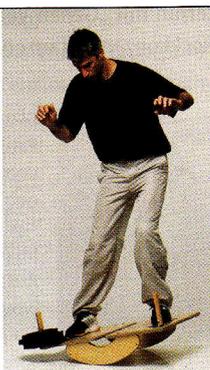


ZU GEWINNEN

Balanceakt

Sport-Thieme (www.sport-thieme.de) sponsert ein pedalo Reha-Wipp. Mitmachen unter www.thieme.de/physioonline > „physioexklusiv“ > „Gewinnspiel“ > Stichwort „Differenz“. Stichtag ist der 21.7.2011.

SPORT-THIEME
Schulsport · Vereinssport · Fitness · Therapie





Menschen lernen nie wieder so viel und so schnell wie in den ersten Lebensjahren – so die Annahme. Doch das stimmt nicht ganz: Wenn sie ihrem Gehirn genügend unbekannte Reize bieten, an die es sich anpassen muss, können Erwachsene ähnliche Lernerfolge erzielen wie Kinder.

Erste Hinweise auf die Individualität von Bewegungen stammen aus Untersuchungen an Endkampfteilnehmern von Weltmeisterschaften im Speerwurf [2]. Obwohl die Spitzensportler bereits mehrere tausend Würfe absolviert hatten, ließen sich bei ihnen schon auf der einfachsten Ebene der Winkelbeschreibung keine zwei identischen Würfe identifizieren.

Trotzdem ist das gesamte Bewegungsmuster einer Person so individuell, dass Wissenschaftler Athletinnen, die sie über mehrere Jahre analysiert haben, daran zu 100 Prozent genau und in Millisekunden erkennen können – sogar über einen Zeitraum von fünf Jahren. Analoge Ergebnisse zeigen die Analysen von Gangmustern [3].

→ ZWEI DENKRICHTUNGEN

Traditionelles versus differenzielles Lernen

Beim Bewegungslernen gibt es zwei Denkrichtungen: den traditionellen und den differenziellen Lernansatz. Beide gehen davon aus, dass eine Bewegung nicht zu 100 Prozent exakt reproduzierbar ist, weil eine Bewegungswiederholung immer aus einem identischen und aus einem neuen Anteil besteht. Vertreter des traditionellen Ansatzes sehen die identischen Anteile als Ursache des Lernens an. Die Vertreter des differenziellen Lernens hingegen liefern zahlreiche Hinweise, dass das Gehirn aus den neuen Anteilen einer Bewegung lernt, indem es sich an diese anpasst. Sie raten daher, die neuen Anteile, die sogenannten Varianzen, bewusst zu verstärken, da sie bei einer reinen Wiederholung zu kurz kommen.

→ DIFFERENZIELLES GANGTRAINING

Beispiel Sprunggelenksdistorsion

Physiotherapeuten können das Gangtraining von Patienten mit einer Sprunggelenksdistorsion an den differenziellen Lernansatz anlehnen. Um den Patienten nicht zu überfordern, ist es sinnvoll, anfangs circa fünf Schrittzyklen einer Variante auszuführen und die Zyklen dann sukzessive zu kürzen.

Ausgangsposition: Fußspitzen circa 10 Grad nach außen gedreht

Geh-Variationen: auf den Fersen, auf den Ballen, auf den Innenkanten, vorwärts, rückwärts, seitwärts (mit nachgestellten/überkreuzten Füßen), schleichend, federnd, lange/ kurze Schritte, mit Hüft-, Arm- oder Kopfkreisen, mit Kopfnicken, mit Handkreisen (beide/links/rechts), im Passgang, mit Doppelarmschwung, mit Rumpfdrehen (diagonal/parallel), mit aktiv aufgesetzten Füßen, mit Schlappfüßen, mit verschiedenen Geschwindigkeiten, auf unterschiedlichen Untergründen. Ähnliche Variationen sollte der Patient auch im Stand auf einem und beiden Beinen üben.

Aufgrund der Nachlernerfolge bietet sich die differenzielle Intervention auch präventiv vor Operationen an.

Wer variantenreich übt, lernt schneller und nachhaltiger ▶ Der differenzielle Lernansatz [5] sieht in den Schwankungen eines lebenden Systems eine notwendige Bedingung: Um eine neue Bewegung zu lernen, geht ein stabiler Zustand zunächst über in einen instabilen und dann wieder in einen neuen stabilen. Um Lernvorgänge zu unterstützen, muss man die Schwankungen verstärken – das ist das Konzept des differenziellen Lernansatzes. Wissenschaftler überprüften es zunächst am Fußballtorschuss [6] und am Kugelstoßen [7]. In beiden Fällen verglichen die Forscher das klassische, an einem Ideal orientierte Lernen mit dem differenziellen Lernen ohne Korrekturen und ohne Wiederholungen.

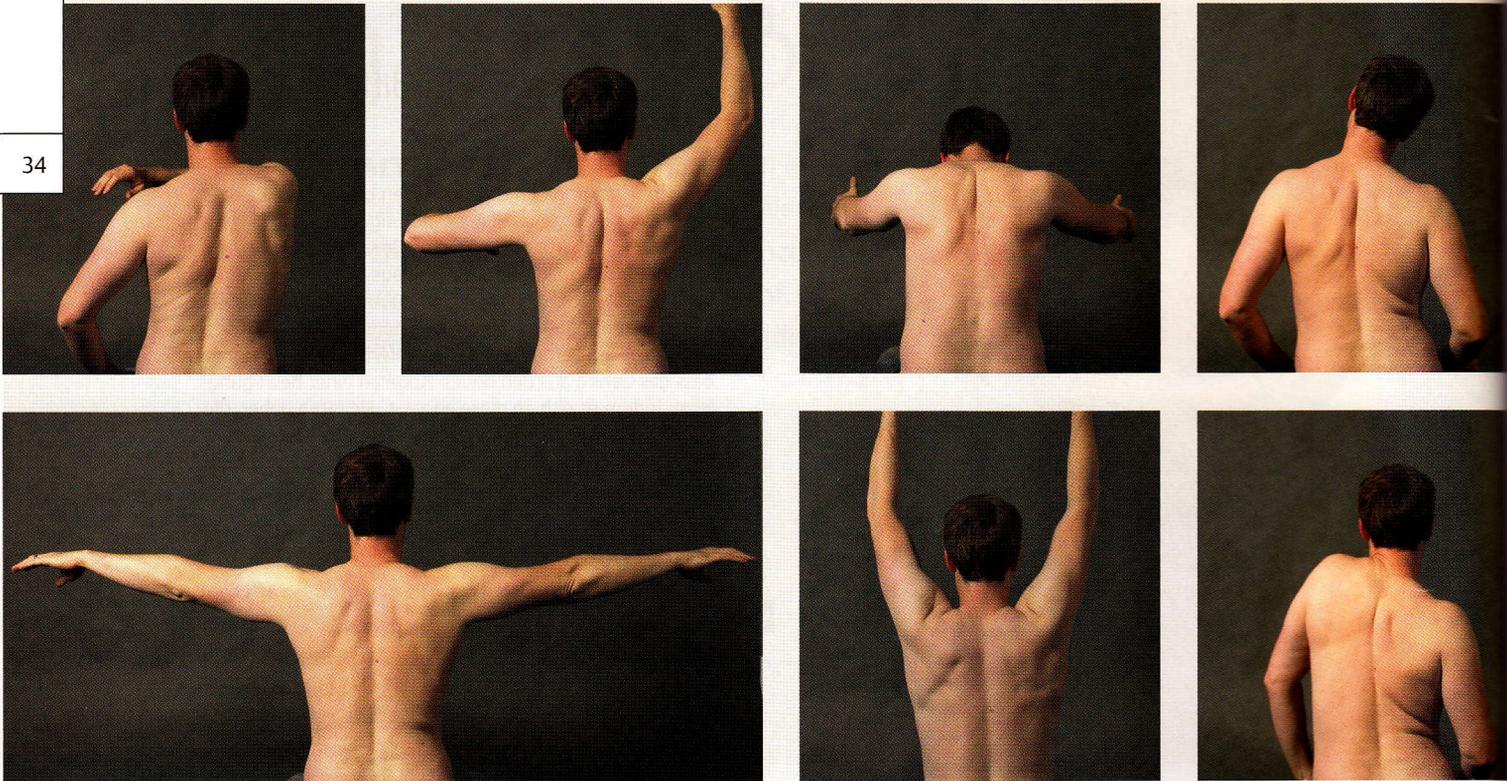


Abb. 1 Sieben von unendlich vielen Varianten, den scapulothorakalen Rhythmus rechts zu trainieren: Man kann mit einem oder beiden Armen üben, gleiche oder unterschiedliche Positionen der beiden Arme bzw. Scapulae einnehmen, die Rumpf- und die Kopfposition variieren, ...

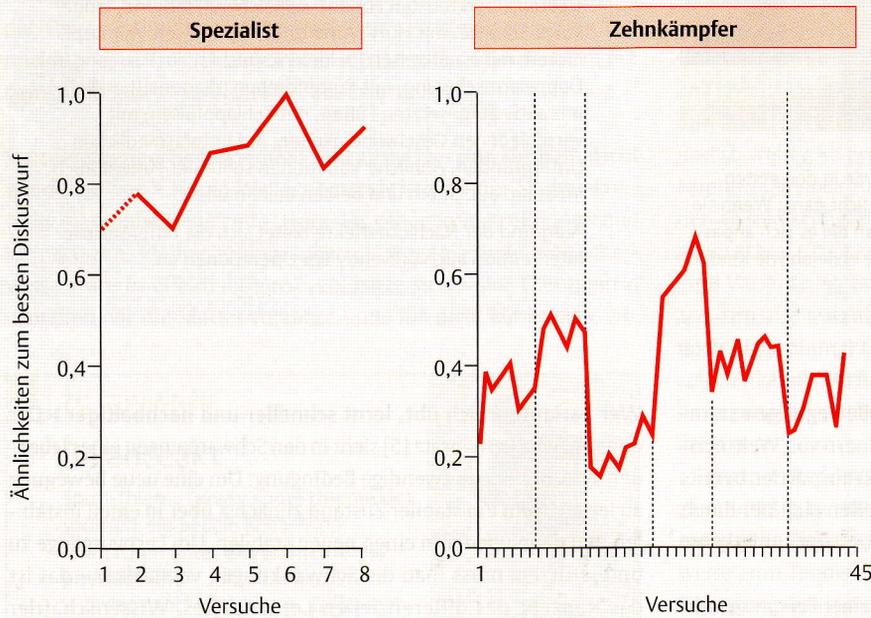


Abb. 2 Eine Untersuchung an zwei Diskuswerfern zeigt [4]: Bewegungen sind individuell und können nicht wiederholt werden. Obwohl die beiden Spitzenathleten schon mehrere tausend Würfe aufweisen konnten, scheiterten sie bei dem Versuch, einen „idealen“ Diskuswurf (1.0) zu kopieren. Die acht Würfe des Spezialisten und die 45 Würfe des Zehnkämpfers weisen ständige Schwankungen auf. Beim Zehnkämpfer sind anhand der gestrichelten Linien sogar die Schwankungen innerhalb der einzelnen Trainingseinheiten zu erkennen. Vergleicht man beide Grafiken, sieht man: Der Zehnkämpfer schafft es nicht, sein „Vorbild“, den Diskuswerfer, zu kopieren. Seine Ähnlichkeiten zum besten Wurf bleiben immer unterhalb des Spezialisten. Die Grundlage für die Studienergebnisse bildeten die Verläufe sämtlicher Gelenkwinkel beim Wurf.

Beim Torschussexperiment teilte der Studienleiter den Fußballern, die klassisch lernen sollten, mit, wie sie zu schießen hatten: wo sie das Standbein neben dem Fußball platzieren, die Arm- und Schussbeinbewegungen ausführen sollten, wie die Rumpfhaltung adäquat sei und so weiter. Mit dem Ziel, dass sie sich die „Lehrbuchbewegung“ aneigneten, korrigierte er die Sportler fortlaufend und ließ sie hohe Wiederholungszahlen durchführen. Im Unterschied dazu variierte die differenzielle Gruppe ständig: Sie wechselte das Stand- und Schussbein, änderte die Rumpf-, Arm- und Kopfhaltung

Um Bewegungen besser zu lernen, muss man beim Üben einzelne Sequenzen verändern.

und spielte mit verschiedenen Bällen. Im Ergebnis zeigte die klassische Gruppe in der Schusspräzision lediglich Veränderungen, die im statistischen Zufallsbereich lagen. Die differenzielle Gruppe hingegen verbesserte sich signifikant.

In der Untersuchung zum Kugelstoßen gingen die Forscher noch einen Schritt weiter. Um die Nachhaltigkeit des Lernansatzes zu überprüfen, schlossen sie an die praktische Übungsphase („Aneignungsphase“) eine „Gedächtnisphase“ an. Darin erhielten die Versuchsteilnehmer zweimal zwei Wochen lang keine Intervention. Die Ergebnisse der Aneignungsphase bestätigten die der Fußball-Studie, in der Gedächtnisphase gingen sie sogar noch darüber hinaus: Die klassische Kugelstoßergruppe hatte sich in der Aneignungsphase zwar messbar verbessert, nach der zweiwöchigen Pause fiel sie jedoch auf ihr Ausgangsniveau zurück. Im Unterschied dazu stieg das Leistungsniveau der differenziellen Gruppe noch bis zu vier Wochen nach der Intervention rund 50 Prozent an.

Differenzen füttern das Gehirn mit neuen Informationen ▶ Den steileren Leistungsanstieg während und den zusätzlichen Leistungsanstieg nach Ende der Intervention konnten Wissenschaftler in mehreren Experimenten bestätigen. Dass auch Erstklässler, die auf unterschiedlichen Unterlagen, in unterschiedlichen Haltungen und mit verschiedenen Stiften Schreiben üben, lernen, schneller, flüssiger und lockerer zu schreiben [8], unterstreicht die Allgemeingültigkeit des differenziellen Lernansatzes. Die Ergebnisse bestätigen zudem dessen Ausgangspunkt, nämlich die Prinzipien neuronaler Informationsverarbeitung: Bietet man den Neuronen im Gehirn während einer Übung immer den gleichen Reiz an („Schreiben mit Stift auf glattem Papier“), werden sich nur für diesen neue, neuronale Verbindungen entwickeln. Damit sind sie aber nicht in der Lage, in einer abweichenden Situation („Schreiben mit Stift auf Stoff“) sofort adäquat zu reagieren.

Berücksichtigt man die aktuellen physikalischen, neuronalen und bewegungswissenschaftlichen Erkenntnisse, kann man Lernerfolge durch traditionelles Training aus einem anderen Blickwinkel betrachten: Bisher schrieb man sie den sich wiederholenden Anteilen der Bewegung zu. Neurophysiologisch und informationstheoretisch enthalten jedoch Wiederholungen einer Bewegung immer

weniger Informationen. Das Gehirn reagiert darauf entsprechend mäßig. Aus Sicht des differenziellen Ansatzes steckt dagegen der wesentliche Anteil des Lernens in dem unbekanntem Teil der Bewegung, der durch Varianz geprägt ist. Beim einschleifenden, repetitiven Lernen ist dieser Anteil zu klein, damit man effektiv lernen kann. Für einen größeren Informationsgewinn muss man also die Schwankungen einer Bewegung verstärken. Dies reduziert die Durchläufe und verbessert die Lernrate, das heißt das Lernen pro Zeiteinheit.

Schnellere Erfolge vermutlich auch in der Physiotherapie ▶ Therapeuten nutzen das differenzielle Lernen beispielsweise beim Gleichgewichtstraining. Sie verstärken die Schwankungen, die in Ruhe auftreten, um die Patienten auf spätere Störungen vorzubereiten. Biomechanisch betrachtet bestehen die Varianzen aus verschiedenen Winkeln, Winkelgeschwindigkeiten und -beschleunigungen von Gelenken. Durch die vielen Informationen der Gelenkrezeptoren beim variantenreichen Üben bilden sich im somatosensorischen Kortex auf Abweichungen vorbereitete Verbindungen.

Auch wenn noch keine systematischen Untersuchungen in der Physiotherapie vorliegen, zeigen die bisherigen Erkenntnisse sowie erste Pilotstudien in eine Richtung: Mehr Varianz führt zu schnelleren motorischen Lernprozessen, die eine schnellere Regeneration mit sich bringen. Eventuell hätte Herr Weller, der Patient mit der Bursitis, das Skapulamuster also schneller erlernt, wenn die Therapeutin mit ihm variantenreich statt repetitiv geübt hätte (◀ Abb. 1).

Wer Bewegungen immer gleichförmig wiederholt, lernt nicht effektiv.

Inwiefern die Erfolge des differenziellen Lernens auch bei Patienten nach Schlaganfall zutreffen, lässt sich bisher nur vermuten: Bei der Rehabilitation nach einem Schlaganfall handelt es sich um eine Umorganisation in größerem Umfang, nicht nur um einen Aufbau neuronaler Verbindungen. Daher laufen die Adaptationsprozesse beim Lernen langsamer ab. Trotzdem kann man davon ausgehen, dass Varianzen auch die Erfolge dieser Patientengruppe beschleunigen. Die in der Neurorehabilitation verwendeten repetitiven Trainingsansätze, zum Beispiel das Impairment-oriented Training, könnten eventuell davon profitieren, wenn sie Varianzen mitberücksichtigen würden.

Prof. Dr. Wolfgang Schöllhorn

▶ Literatur: www.thieme-connect.de/ejournals/toc/physiopraxis



Prof. Dr. Wolfgang Schöllhorn ist Sportwissenschaftler, Physiker und Pädagoge. Seit 2007 betreut er den Lehrstuhl für Trainings- und Bewegungswissenschaft an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. Sein aktuelles Forschungsinteresse gilt der Untersuchung von Lernprozessen in den Trainings- und Bewegungswissenschaften. Prof. Dr. Schöllhorn hat den differenziellen Lernansatz entwickelt.