

Motorisches Lernen (Teil 2)

von Gabriele Wulf

Erkenntnisse zum motorischen Lernen wurden bereits in der letzten Ausgabe des Refreshers vorgestellt (☞ [physiopraxis.Refreshher 1.07](#)). In diesem Heft stellt Gabriele Wulf weitere Ergebnisse der Motorikforschung dar, die die tägliche Arbeit von Physiotherapeuten beeinflussen. Neben der Bedeutung der Selbstkontrolle und des Beobachtens beim Üben wird die Relevanz der Rückmeldung kritisch hinterfragt und dargestellt, wann und in welchem Umfang Rückmeldungen den Lernerfolg verbessern.

» Wie wichtig sind Rückmeldungen für den Erfolg beim motorischen Lernen? Wie oft und auf welche Weise sollten sie erfolgen, wann ist der beste Zeitpunkt? Sollte man es dem Patienten überlassen, wie oft und in welcher Reihenfolge er seine Übungen macht, wann er Korrekturen einfordert oder um Feedback bittet? Und welche Rolle spielt das Beobachten beim Lernen von Bewegungen? Wer die Antwort auf diese Fragen kennt, ist in der Lage, seine Behandlungen zum Nutzen des Patienten erfolgreich zu planen.

In diesem Teil des Artikels zum motorischen Lernen werden weitere neue Forschungserkenntnisse zum motorischen Lernen zusammengefasst und Hinweise gegeben, wie man den Erfolg beim Üben neuer Bewegungen steigern kann. Dabei wird auch berücksichtigt, dass die meisten wissenschaftlichen Untersuchungen zu diesem Thema mit jungen, gesunden Probanden durchgeführt wurden. Für Physiotherapeuten sollte dies ein Anreiz sein, selbst die Initiative zu ergreifen und im eigenen Alltag oder in Untersuchungen nachzuprüfen, inwieweit sich die neuen Erkenntnisse auf die Arbeit mit Patienten übertragen lassen.

1. Übungsbedingungen, die das Lernen fördern

1.1 Rückmeldungen

Ähnlich wie Instruktionen üben **Rückmeldungen** einen bedeutenden Einfluss auf das motorische Lernen aus. Im Unterschied zu Instruktionen werden Rückmeldungen nach der Bewegungsausführung, manchmal auch währenddessen gegeben und beziehen sich auf die Qualität oder das Ergebnis einer Bewegung. Es existiert eine umfangreiche Forschungsliteratur zur Funktion von Rückmeldungen und dazu, wie die Effektivität von Rückmeldungen verbessert werden kann [einen allgemeinen Überblick

Lernziele

1. Einflussfaktoren auf das motorische Lernen verstehen und die Faktoren
 - › Rückmeldungen,
 - › selbstkontrolliertes Üben und
 - › Beobachtungslernen in die Praxis übertragen können.
2. Implikationen für die Physiotherapie diskutieren können.

Definition

Rückmeldung (engl.: feedback)

Sie ist eine Information über die Güte oder das Ergebnis einer Bewegungsausführung, die z. B. von einem Therapeuten oder einer Therapeutin gegeben wird.

Fallbeispiel

Eine Physiotherapeutin glaubt, dass es vorteilhaft ist, wenn sie ihren Patienten möglichst nach jeder Bewegung eine Rückmeldung bzw. ein Feedback gibt. Sie ist der Auffassung, dass besonders nach fehlerhaften Bewegungsausführungen unmittelbar Korrekturen nötig sind, damit Fehler nicht eingeschliffen werden. Wird diese Ansicht durch Forschungsergebnisse gestützt?

- » **Retentionstests:** „Behaltens-Tests“ (von *Retent* (lat.) = zurückbehaltenes Aktenstück) beinhalten dieselbe motorische Aufgabe, die in der Übungsphase geübt wurde, während in **Transfer- tests** („Übertragungs-Tests“ von *Transfer* (lat.-engl.) = Übertragung) in der Regel eine neue Variation der Aufgabe auszuführen ist. In beiden Arten von Tests werden die Versuchsgruppen, nach einem bestimmten Intervall, unter identischen Bedingungen getestet.
- » **Merke:** Weniger ist mehr – weniger Rückmeldungen führen zu besseren Retentions- und Transferleistungen.

geben z.B. 14, 19, 30; zu Rückmeldungen bei Schlaganfall-Patienten 21]. In diesem Artikel sollen einige der wesentlichen Möglichkeiten zur Erhöhung der Wirksamkeit von Rückmeldungen besprochen werden. Dabei wird die Häufigkeit und der Zeitpunkt der Rückmeldungen sowie der durch sie hervorgerufene Aufmerksamkeitsfokus variiert.

1.1.1 Häufigkeit

Bis vor ca. 30 Jahren herrschte die Annahme vor, dass Rückmeldungen so häufig und so schnell wie möglich gegeben werden sollten. Auf diese Weise, so wurde angenommen, würde das Einschleifen von Fehlern vermieden und die Lernenden würden möglichst schnell an die Zielbewegung herangeführt. Ein Problem vieler früherer Untersuchungen bestand jedoch darin, dass keine **Retentions- oder Transfertests** verwendet wurden, um die Lerneffekte unterschiedlicher Rückmeldungsbedingungen zu überprüfen. In der Zwischenzeit jedoch haben zahlreiche Untersuchungen gezeigt, dass eine verringerte Häufigkeit der Rückmeldungen oft zu besseren Retentions- oder Transferleistungen führt als Rückmeldungen nach jeder Bewegungsausführung. Winstein/Schmidt [24] zeigten als Erste, dass eine Reduzierung der Rückmeldungen auf die Hälfte der Übungsdurchgänge bessere Lernergebnisse erbrachte als Rückmeldungen nach jedem Durchgang. In ihrer Untersuchung gelang die Reproduktion eines räumlich und zeitlich definierten Bewegungsmusters in Retentionstests ohne Rückmeldungen (wie es üblicherweise der Fall ist) – und sogar in einem Retentionstest mit Rückmeldungen – besser, wenn Rückmeldungen nur nach durchschnittlich jedem zweiten Übungsversuch gegeben worden waren. Die Lernvorteile verringerter Rückmeldungshäufigkeiten sind in einer Reihe anderer Untersuchungen bestätigt worden [z.B. 10, 23, 26; einen Überblick geben Wulf/Shea 30]. Auf die zugrunde liegenden Ursachen hierfür wird in Abschnitt 1.1.4 eingegangen.

1.1.2 Zeitpunkt

Frühere Auffassungen, dass Rückmeldungen so schnell wie möglich nach der Bewegungsausführung gegeben werden sollten, damit die Lernenden diese unmittelbar mit ihren intrinsischen Rückmeldungen vergleichen und entsprechende Korrekturen vornehmen können, wurden in den letzten Jahren revidiert. Insbesondere Rückmeldungen, die gleichzeitig mit der Ausführung der Bewegung gegeben werden (engl.: concurrent feedback), haben sich als ausgesprochen ineffektiv erwiesen [z.B. 11, 15, 22, 25]. In vielen dieser Studien wurden z.B. Positions-Zeit-Kurven der produzierten Bewegungen im Vergleich zur Zielbewegung simultan mit der Bewegungsausführung auf einem Bildschirm dargestellt. Obwohl simultane Rückmeldungen im Vergleich zu Rückmeldungen, die erst nach Beendigung einer Bewegungsausführung gegeben wurden, die Leistungen während der Übungsphase verbesserten, waren die Lerneffekte bei simultanen Rückmeldung äußerst gering. Generell führen Rückmeldungen, die nach der Bewegungsausführung gegeben werden, zu besseren Lernergebnissen.

Die Effektivität von Rückmeldungen, die nach Bewegung gegeben werden, kann weiter dadurch erhöht werden, dass sie erst nach einem kurzen Intervall von mindestens einigen Sekunden gegeben werden, statt unmittelbar nach Ende der Bewegung [z.B. 20]. Die Lernenden nutzen das Inter-

vall zwischen Bewegungsende und Rückmeldung offensichtlich spontan dazu, sich über die Bewegung Gedanken zu machen und diese subjektiv zu bewerten – was sich positiv auf das Lernen auswirkt. Werden die Lernenden ausdrücklich aufgefordert, ihre Leistung bzw. Fehler einzuschätzen, ergeben sich noch größere Lernvorteile [z.B. 7, 20].

1.1.3 Aufmerksamkeitsfokus

Wie bei Instruktionen spielt auch bei Rückmeldungen der **Aufmerksamkeitsfokus**, der hierdurch induziert wird, eine wesentliche Rolle für den Lernerfolg [16, 28]. Wenn Rückmeldungen so formuliert werden, dass sie einen externen statt eines internen Fokus hervorrufen, sind die Lernerfolge größer (☞ Abb. 1). Im Extremfall können sogar identische Rückmeldungen unterschiedliche Lerneffekte haben, je nachdem ob die Versuchsperson sie als extern oder intern interpretiert. So wurden beispielsweise in

- » **Interner Aufmerksamkeitsfokus:**
Lenken der Aufmerksamkeit auf die Koordination der eigenen Körper-(teil)bewegungen
- » **Externer Aufmerksamkeitsfokus:**
Lenken der Aufmerksamkeit auf den Effekt, den die Bewegung auf die Umwelt hat



Foto: P. Lett

Abb. 1 Training auf dem Wackelbrett mit Hilfe eines externen Aufmerksamkeitsfokus: Die Rückmeldungen, die man dem Patienten gibt, sollten ebenfalls auf den externen Fokus konzentriert sein.

einer Studie von Shea und Wulf [16] visuelle Rückmeldungen über die Position der Stabilometer-Plattform auf einem Bildschirm präsentiert, während die Versuchspersonen auf dem Stabilometer balancierten. Die Rückmeldung bestand aus zwei Linien (bzw. einer in der Mitte unterbrochenen Linie) und zwei horizontalen Referenzlinien. Wenn den Versuchspersonen mitgeteilt wurde, die beweglichen Linien seien die Repräsentation ihrer Füße (interner Fokus), ergaben sich schlechtere Lernergebnisse, als wenn ihnen gesagt wurde, dass es sich dabei um eine Repräsentation der Markierungspunkte handelte, die vor ihren Füßen auf der Plattform angebracht waren (externer Fokus). Mit den externen Rückmeldungen waren die Gleichgewichtsleistungen in einem Retentionstest ohne Rückmeldungen besser als mit internen Rückmeldungen.

Bei komplexen Bewegungsabläufen, bei denen bestimmte Koordinationsmuster gelernt werden müssen, können Rückmeldungen mit etwas Kreativität so formuliert werden, dass möglichst wenig Bezug auf Körperbewegungen genommen wird. Beim Erlernen eines Volleyball-Aufschlags zum Beispiel kann man statt des Hinweises, dass sich dabei das Gewicht vom hinteren auf das vordere Bein verlagert (interner Fokus), die Rückmeldung geben, dass sich das Gewicht zum Ziel hin verlagert (externer

Fokus) [28]. Auch Analogien oder Metaphern – z.B. den Ball wie mit einer Peitsche zu schlagen – induzieren einen eher externen Aufmerksamkeitsfokus, indem sie ein Bild der Zielbewegung vermitteln, aber gleichzeitig von den eigenen Körperbewegungen ablenken. Wie sich in der Untersuchung von Wulf, McConnel et al. [28] zeigte, erleichterte dies das Lernen im Vergleich zu Rückmeldungen, welche die Aufmerksamkeit auf die Koordination der Armbewegung richteten.

Einfache Änderungen in der Formulierung der Rückmeldungen können – obwohl sie die gleichen Informationen beinhalten – zu deutlich unterschiedlichen Lernergebnissen führen, abhängig von dem durch sie erzeugten Aufmerksamkeitsfokus.

1.1.4 Erklärungsansätze

Die Gründe für die negativen Auswirkungen häufiger Rückmeldungen werden darin gesehen, dass die Lernenden eine Abhängigkeit von diesen Rückmeldungen entwickeln [13, 14]. Wenn Lernende ständig Rückmeldungen von außen erhalten, sind sie kaum genötigt, ihr eigenes intrinsisches Feedback zu interpretieren. Als Folge entwickeln sie nicht in ausreichendem Maße die Fähigkeit, selbstständig Fehler zu entdecken und zu korrigieren. Die Vernachlässigung der Interpretation intrinsischer Rückmeldungen und das Abhängigwerden von extrinsischen Rückmeldungen wirkt sich verstärkt dann aus, wenn die Rückmeldungen simultan mit der Bewegung oder ohne Verzögerung direkt im Anschluss an die Bewegungsausführung gegeben werden.

Eine weitere Ursache für die negativen Auswirkungen häufiger Rückmeldungen besteht darin, dass diese zu einer vergleichsweise hohen Variabilität in den Bewegungsausführungen führen. Dadurch, dass die Übenden durch die häufigen Rückmeldungen ständig zu Korrekturen veranlasst werden, wird der Aufbau eines stabilen motorischen Programms verhindert.

Möglicherweise spielt auch der durch die Rückmeldungen hervorgerufene Aufmerksamkeitsfokus hierbei eine Rolle. Wenn man in Betracht zieht, dass sich Rückmeldungen üblicherweise – in der Praxis wie auch in der Forschung – auf die Körperbewegungen der Lernenden beziehen, sind die Nachteile häufiger Rückmeldungen möglicherweise auch auf den hierdurch induzierten internen Fokus zurückzuführen. In der Tat scheinen häufige Rückmeldungen nicht nachteilig zu sein, wenn sie so formuliert sind, dass sie die Aufmerksamkeit auf den Bewegungseffekt lenken [28]. Generell haben externe Rückmeldungen die gleichen positiven Auswirkungen auf die Bewegungskontrolle, wie sie im Zusammenhang mit Instruktionen ausgeführt wurden (👁️ physiopraxis.Refreshers 1.07, Kap. 2.2).

Fallbeispiel

Ein Physiotherapeut plant vor jeder Therapiesitzung genau, welche Aufgaben er seine Patienten üben lassen will, wie viele Wiederholungen gemacht werden sollen und in welcher Reihenfolge die Aufgaben durchzuführen sind. Wäre es sinnvoll, die Patienten bestimmte Aspekte der Übungsbedingungen selbst bestimmen zu lassen?

1.2 Selbstkontrolliertes Üben

Lernenden wird in der Regel wenig Raum für Selbstbestimmung gegeben. Dies gilt für motorische Lehr- und Lernprozesse im Allgemeinen ebenso wie für die Physiotherapie im Besonderen. Physiotherapeuten geben nicht nur die Art der Übungen vor, sondern auch deren Reihenfolge oder die Anzahl der Wiederholungen. Sie geben Rückmeldungen über die Qualität der Bewegungsausführungen oder Demonstrationen der korrekten Bewegung, wenn sie dies für nötig halten. Dass diese Entscheidungen von den

„Experten“ gefällt werden, wird auch von den Patienten erwartet. Würden diese ihren Patienten selbst überlassen, welche Übungen sie durchführen wollen oder wann sie Rückmeldungen erhalten wollen, würde dies möglicherweise als Mangel an Kompetenz oder Interesse ausgelegt werden.

Eine Reihe von Untersuchungsergebnissen hat jedoch gezeigt, dass **selbstkontrolliertes Üben** sich wesentlich positiver auf das Lernen motorischer Fertigkeiten auswirkt als die fremdbestimmte Vorgabe der Übungsbedingungen. In Untersuchungen ist dies nicht nur für Rückmeldungen gezeigt worden, sondern auch für Bewegungsdemonstrationen und die Nutzung von Gleichgewichtshilfen. Bevor auf einige Beispiele hierfür eingegangen wird, soll kurz das typische Untersuchungsdesign dieser Untersuchungen erläutert werden. Generell besteht es aus mindestens zwei Versuchsgruppen – einer Selbstkontrollgruppe und einer Kontrollgruppe (**Yoked-Gruppe**). Die einzelnen Mitglieder der Kontrollgruppe werden jeweils einer Versuchsperson in der Selbstkontrollgruppe zugeordnet und sind von diesen abhängig. So erhalten die Versuchspersonen der Yoked-Gruppe zum Beispiel nach denselben Übungsdurchgängen Rückmeldungen wie ihre Partner in der Selbstkontrollgruppe, wobei jedoch die Teilnehmer der Selbstkontrollgruppe frei über die Rückmeldung entscheiden können. Wenn beispielsweise eine Versuchsperson der Selbstkontrollgruppe Rückmeldungen nach Durchgang 2, 5, 7, 9 usw. wünscht, erhält die entsprechende Versuchsperson der Yoked-Gruppe ebenfalls Rückmeldungen nach diesen Durchgängen. Ebenso wird mit den restlichen Versuchspersonen verfahren. Durch dieses Design wird erreicht, dass die Anzahl und zeitliche Verteilung der Rückmeldungen pro Gruppe identisch ist. Wenn sich also Lernunterschiede zwischen beiden Gruppen ergeben, kann dies mit hoher Wahrscheinlichkeit nur auf die Möglichkeit (bzw. Nicht-Möglichkeit) zur Selbstkontrolle zurückgeführt werden.

» **Selbstkontrolliertes Üben:** Übungssituationen, in denen die Lernenden Kontrolle über bestimmte Aspekte der Übungsbedingungen haben (z. B. Rückmeldungen, Gleichgewichtshilfen, Demonstrationen)

» **yoke (engl.)** = Joch, Bügel, Passe; übertragen: Paar, Gespann, Verbindung

1.2.1 Rückmeldungen

In mehreren Studien, in denen unterschiedliche motorische Aufgaben gestellt wurden, hat sich gezeigt, dass selbstkontrollierte Rückmeldungen zu besseren Lernergebnissen führen als Übungsbedingungen, in denen die Lernenden keine Kontrolle hierüber haben. In einer Untersuchung bestand die Aufgabe darin, einen Ball mit dem nicht-dominanten Arm auf ein Ziel zu werfen [6]. Die Rückmeldung bezog sich auf die Qualität der Bewegungstechnik. In der Selbstkontrollgruppe konnten die Versuchspersonen nach jedem Wurf entscheiden, ob sie eine Rückmeldung erhalten wollten oder nicht, während die Versuchspersonen der Yoked-Gruppe (Kontrollgruppe) keinen Einfluss darauf hatten, wann sie Rückmeldungen erhielten. In einem Retentionstest ohne Rückmeldungen, der vier Tage nach der Übungsphase durchgeführt wurde, zeigte die Selbstkontrollgruppe bessere Technikleistungen als die Yoked-Gruppe. Zudem war die Zielgenauigkeit ihrer Würfe größer.

Lernvorteile selbstkontrollierter Rückmeldungen fanden sich auch in anderen Studien, in denen zum Beispiel sequenzielle Timing-Aufgaben verwendet wurden [3, 4]. Dabei waren verschiedene Tasten einer Computertastatur in vorgegebener Reihenfolge und bestimmten zeitlichen Intervallen zu drücken. Wurden den Probanden der Selbstkontrollgruppe auf Wunsch Rückmeldungen über die tatsächlichen Zeitintervalle gegeben, zeigten sich bessere Lernergebnisse, als wenn dies nicht der Fall war (Yoked-Gruppen).

Abb. 2a–c Training am Mattenparcours: Beim ersten Durchgang erhält der Patient viele Hilfestellungen von der Therapeutin (a). Anschließend entscheidet sich der Patient, den Parcours mit den Unterarmgehstützen durchzuführen (b). Dass der Patient das selbst entscheiden konnte, hilft beim Bewegungskennen. Nach mehrmaligem Üben kann der Patient den Parcours alleine bewältigen (c).



Fotos: O. Vogl

1.2.2 Gleichgewichtshilfen

Selbstkontrolle in Bezug auf die Verwendung von Stützhilfen bei Gleichgewichtsaufgaben hat sich ebenfalls als lernfördernd erwiesen [27, 32]. In diesen Studien lernten die Versuchspersonen, slalomähnliche Schwünge auf einem Ski-Simulator zu produzieren. Dabei konnten Skistöcke benutzt werden, welche die Erhaltung des Gleichgewichts erleichterten. Es zeigte sich, dass Versuchspersonen, die selbst entscheiden konnten, wann sie die Skistöcke benutzen wollten, die Aufgabe besser lernten. In einem Retentionstest, in dem keine Stöcke verwendet werden durften, erzeugten sie nicht nur größere Bewegungsamplituden [32], sondern zeigten auch eine ökonomischere Bewegungstechnik [27] im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. In der Physiotherapie kann man diese Versuchsanordnung auf Gleichgewichtsparcours übertragen (👁 Abb. 2a–c).

1.2.3 Demonstrationen

Um den Lernprozess zu erleichtern, wird die Zielbewegung häufig demonstriert. Dies kann zum Beispiel dadurch geschehen, dass die lehrende Person die Bewegung selbst vorführt oder ein Video zeigt. Wenn die Lernenden selbst entscheiden können, wann und wie oft sie die Demonstration sehen möchten, kann dies ebenfalls einen positiven Effekt auf das Lernergebnis haben. In einer Studie von Wulf, Raupach und Pfeiffer [31] wurde ein Basketball-Sprungwurf erlernt. Versuchspersonen einer Selbstkontrollgruppe, die entscheiden konnten, wann sie das Videomodell eines Experten ansehen wollten, zeigten in einem Retentionstest (ohne Modell-Demonstration) deutlich bessere Leistungen als eine Yoked-Gruppe. Dies ist umso bemerkenswerter, als die Häufigkeit der angeforderten Video-Demonstrationen sehr gering war (6% der Übungswürfe) – was darauf hindeutet, dass möglicherweise allein die Möglichkeit zur Selbstkontrolle einen positiven Einfluss auf das Lernergebnis hat.

» **Merke:** Wenn die Lernenden selbst entscheiden können, wann und wie oft sie ein Feedback erhalten wollen, hat dies einen positiven Effekt auf das Lernergebnis.

1.2.4 Erklärungsansätze

Mehrere Faktoren dürften für die Lernvorteile selbstkontrollierten Übens verantwortlich sein. Generell scheint die aktivere Rolle der Lernenden im

Lernprozess und die damit verbundene größere Verantwortung einen positiven Effekt auf die Motivation zu haben. Dies wiederum wirkt sich vorteilhaft auf das Lernergebnis aus [1, 2, 3]. Zudem sind die Übungsbedingungen besser auf die Bedürfnisse der Lernenden zugeschnitten, als wenn die Übungsbedingungen von außen vorgegeben werden. Die Lernenden können zum Beispiel Gleichgewichtshilfen anfordern, wenn sie eine neue Bewegungstechnik ausprobieren möchten [32]; sie können um Rückmeldungen bitten, wenn sie Bestätigung dafür haben möchten, dass die Bewegungsausführung richtig war [4]; oder sie haben die Möglichkeit, eine Demonstration der Bewegung anzusehen, wenn sie einen bestimmten Aspekt genauer betrachten möchten [31]. Die Kombination dieser oder vielleicht auch anderer Faktoren dürfte für die robusten Lernvorteile selbstkontrollierten Übens verantwortlich sein.

Fallbeispiel

Eine Physiotherapeutin hat beschlossen, mit Frau Meier und Frau Müller, die ähnliche Symptome nach einem Schlaganfall aufweisen, eine gemeinsame Therapiesitzung durchzuführen. Ist dies empfehlenswert?

1.3 Beobachtungslernen

In praktisch allen Bereichen, in denen es um das Lernen motorischer Fertigkeiten geht, werden Demonstrationen der Zielbewegung gegeben. Die Demonstration kann dabei, wie oben bereits angesprochen, durch die lehrende Person, andere Lernende oder auch durch Videopräsentation geschehen. Das Lernen durch Beobachtung ist besonders effektiv für komplexe Bewegungsabläufe, bei denen es relativ viel zu sehen gibt [einen Überblick geben 9, 29]. Die Kombination von physischem Üben und Beobachten kann sogar zu besseren Lernergebnissen führen als rein physisches Üben [18]. Dies dürfte für die Physiotherapie insofern interessant sein, als Pausen zwischen praktischen Übungsdurchgängen Gewinn bringend durch **Beobachtungslernen** genutzt werden können. Dabei dürften Patienten auch vom Beobachten anderer Patienten profitieren. Das Fertigkeiteniveau des Modells scheint relativ unerheblich für dessen Wirksamkeit zu sein.

» **Beobachtungslernen:** Lernen durch Beobachtung einer Demonstration der Zielbewegung

1.3.1 Fertigkeiteniveau der Modell-Demonstration

In einigen Studien wurde der Frage nachgegangen, welche Rolle das Könnensniveau des Modells spielt, d.h. ob beispielsweise die Beobachtung eines Experten bzw. einer Expertin zu einem größeren Lernerfolg führt als die Beobachtung anderer Lernender. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen deuten darauf hin, dass Lernende von der Beobachtung anderer Lernender ebenso profitieren können wie von perfekten Modelldemonstrationen. Das Fertigkeiteniveau des Modells hat keinen Einfluss auf das Lernergebnis. In einer Untersuchung von Pollock und Lee [12] z.B. ergab sich beim Erlernen eines Computerspiels kein Unterschied zwischen Versuchsgruppen, die eine Expertin oder eine andere, ungeübte Versuchsperson beobachteten. Die Vorteile, die die Beobachtung der Idealbewegung für die Ausbildung der Bewegungsvorstellung hat, werden bei der Beobachtung einer ungeübten Person u. a. durch das Lernen von deren Fehlern ausgeglichen. Dies setzt voraus, dass die Fehler identifizierbar sind (wie dies bei der von Pollock und Lee verwendeten Aufgabe der Fall war). Sind Fehler nicht ohne weiteres zu erkennen, kann dies dadurch kompensiert werden, dass die Lernenden Informationen über die Qualität der Bewegung bzw. Fehler in der Bewegungsausführung des Modells erhalten. In einer Untersuchung von McCullagh und Meyer [8], in der die korrekte Technik von Kniebeugen mit Langhanteln zu lernen war, zeigten sich bei Beobachtung

Abb. 3a und b Üben in Zweiergruppen:
Ein Wettlauf in der Gehtrainingsgruppe
motiviert die Patienten zum schnellen
Gehen (a). Beim Üben mit einem
Partner kann man vom Beobachten
lernen (b).



Fotos: O. Vogl

» **Beim Üben in Zweiergruppen** wirkt sich positiv auf den Lernfortschritt aus:

- › die erhöhte Motivation
- › die Konkurrenz
- › das Setzen von Zielen
- › der Austausch von Erfahrungen

eines ungeübten Modells mit Rückmeldungen die gleichen Lernvorteile wie durch das Beobachten eines Expertenmodells.

1.3.2 Üben in Zweiergruppen

Eine besonders wirksame Variante des Beobachtungslernens ist **das Üben in Zweiergruppen** (☞ Abb. 3). Neben dem Lernen durch Beobachtung spielen bei der direkten Interaktion mit einem Partner oder einer Partnerin auch andere Faktoren eine Rolle – wie erhöhte Motivation, Konkurrenz, das Setzen von Zielen oder der Austausch von Erfahrungen –, was sich ebenfalls positiv auf den Lernfortschritt auszuwirken scheint.

Einige Studien haben die höhere Effektivität eines Übens in Zweiergruppen im Vergleich zu individuellem Üben belegt [5, 17]. In der Untersuchung von Granados und Wulf [5] zum Beispiel übten die Versuchspersonen entweder einzeln oder zu zweit das Auf- und Abbauen von Bechern (engl.: cup stacking) in zwei Dreier- und einer Sechserpyramide. Sowohl der Auf- als auch der Abbau hatten in bestimmter Reihenfolge zu erfolgen und waren so schnell wie möglich durchzuführen. In den Zweiergruppen wechselten sich die Partner ab, sodass sie abwechselnd aktiv übten und beobachteten. Zudem bestand in Pausen zwischen den Übungsdurchgängen die Möglichkeit, Tipps und Rückmeldungen mit dem Partner auszutauschen. In einem Retentionstest, den alle Versuchspersonen individuell absolvierten, zeigten sich signifikant kürzere Bewegungszeiten für die Gruppe, in der die Versuchspersonen zu zweit geübt hatten (☞ Abb. 4). Die Vorteile, die sich durch das Üben mit Partner ergaben, waren also nicht nur temporärer Natur, z. B. durch kurzfristig erhöhte Motivation, sondern sie waren relativ dauerhaft und ließen sich auf die neue Situation übertragen, in der die Aufgabe allein auszuführen war.

1.3.3 Erklärungsansätze

BewegungsDemonstrationen fördern die Entwicklung der Bewegungsvorstellung. Auch können sie Fehler verdeutlichen, die möglichst vermieden werden sollten. Bei komplexen motorischen Aufgaben kommt hinzu, dass

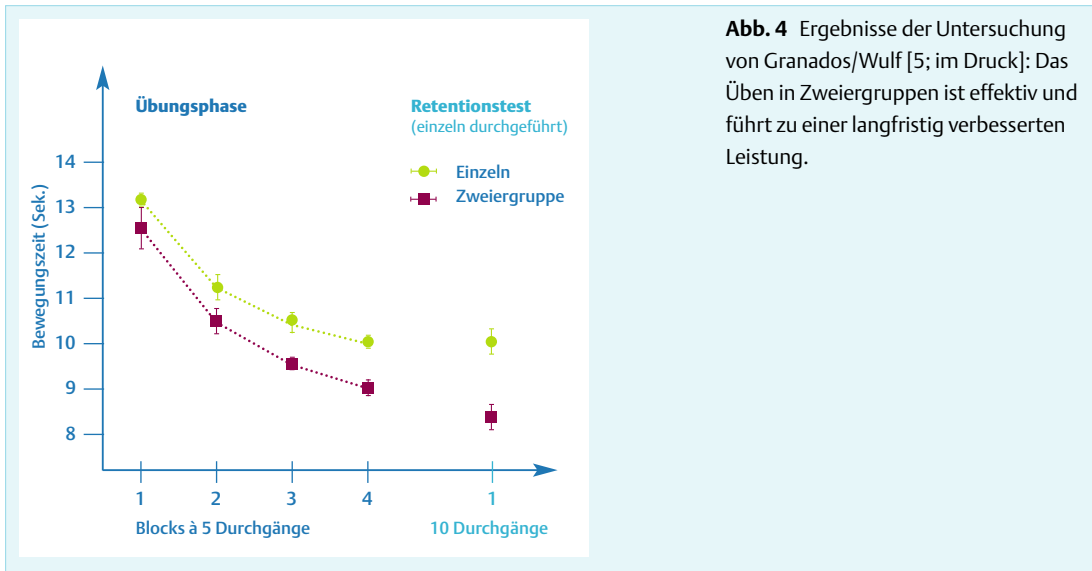


Abb. 4 Ergebnisse der Untersuchung von Granados/Wulf [5; im Druck]: Das Üben in Zweiergruppen ist effektiv und führt zu einer langfristig verbesserten Leistung.

die Lernenden die Möglichkeit haben, die Aufmerksamkeit auf bestimmte Aspekte der Fertigkeit zu richten und Informationen zu verarbeiten, für die sie bei gleichzeitiger aktiver Ausführung der Bewegung möglicherweise nicht genügend Aufmerksamkeitskapazität zur Verfügung hätten [29]. Bei direkter Interaktion mit einer anderen Person spielen zudem motivationale Faktoren eine Rolle. Es entsteht eine Art Wettkampf im Rahmen der Übungssituation. Außerdem beeinflussen das Setzen von Zielen, eine erhöhte Anstrengungsbereitschaft und eine generell stärkere Involvierung der Übenden in den Lernprozess das Lernen positiv.

2. Implikationen für die Physiotherapie

Die meisten Studien zum motorischen Lernen wurden mit jungen und gesunden Erwachsenen als Versuchspersonen durchgeführt. Untersuchungen mit älteren Personen und solchen, die motorische Probleme aufweisen, sind eher rar. Auch die Aufgaben, die in diesen Untersuchungen verwendet wurden, sind in der Regel andere als diejenigen, die Patienten in der physiotherapeutischen Praxis zu lernen haben. Dennoch dürfte die Wahrscheinlichkeit relativ groß sein, dass sich die hier dargestellten Ergebnisse auf die physiotherapeutische Praxis verallgemeinern lassen. Denn es handelt sich bei den Ergebnissen um robuste Befunde, die in zahlreichen Untersuchungen, mit unterschiedlichen Aufgaben sowie zum Teil mit verschiedenen Populationen **repliziert** worden sind.

Die hier diskutierten Lernprinzipien dürften vor allem deshalb wichtige praktische Implikationen haben, weil sie zum Teil kontraintuitiv sind und die entsprechenden Übungsmethoden sich von den in der Praxis üblichen Methoden unterscheiden. Ein häufiges Abwechseln von Übungen; Instruktionen und Rückmeldungen, die sich nicht auf die Körperbewegungen beziehen, sondern auf den angestrebten Bewegungseffekt; reduzierte Rückmeldungshäufigkeiten; Übungsbedingungen, die von Patienten bestimmt werden und Lernen in Zweiergruppen – dies sind sicherlich keine in der physiotherapeutischen Praxis gängigen Methoden. In der

» **replizieren (lat.):** Das Ergebnis einer Studie in einer neuen Studie wiederholen.

Exkurs

Replizieren von Studienergebnissen

Das Wort „replizieren“ bedeutet in der Wissenschaft in etwa „erneut nachweisen“. Die Qualität einer Studie lässt sich nachprüfen, indem man die Studie kritisch liest. So lassen sich auch die Ergebnisse bewerten. Eine höhere Wertigkeit der Ergebnisse wird erreicht, wenn ein anderes Forschungsteam die Studie wiederholt und zu gleichen oder sehr ähnlichen Ergebnissen kommt. In manchen Fächern und bei bahnbrechenden Ergebnissen wird das Forschungsergebnis erst anerkannt, wenn eine gewisse Anzahl Forscher die Studie unter gleichen Bedingungen wiederholt hat und zum selben Ergebnis gekommen ist.

Praxis wird eher in geblockter Form geübt, Rückmeldungen werden möglichst häufig gegeben, und Therapeuten bestimmen in der Regel alle Aspekte der Übungsbedingungen. Die Gründe hierfür liegen u.a. darin, dass dies nicht nur sinnvoll zu sein scheint, sondern dass diese Übungsbedingungen oft auch zu schnelleren Leistungsfortschritten führen – wie z.B. geblocktes im Vergleich zu randomisiertem Üben. Dabei muss man sich jedoch vor Augen führen, dass hier unter Umständen momentane Leistung mit überdauerndem Lernen verwechselt werden kann. Nur in relativ wenigen Fällen werden die positiven (Lern-)Effekte bestimmter Übungsbedingungen schon während des Übens sichtbar, z.B. bei Instruktionen oder Rückmeldungen, die einen externen Fokus induzieren. In anderen Fällen scheint es zunächst keinen Unterschied zu machen, ob die eine oder andere Methode verwendet wird (z.B. selbst- oder fremdbestimmte Übungsbedingungen, individuelles Üben oder Üben in Zweiergruppen). Oft beeinträchtigen die effektivsten Übungsbedingungen sogar zunächst die Leistung (z.B. abwechselndes Üben, weniger oder verzögerte Rückmeldungen), da sie schwieriger sind als leichte Bedingungen, die weniger lernförderlich sind. Man sollte sich daher nicht von den unmittelbaren Auswirkungen der Übungsbedingungen auf die aktuelle Leistung blenden lassen, sondern die langfristigen Lerneffekte im Auge behalten.

Es bleibt zu hoffen, dass die hier dargestellten experimentellen Befunde Physiotherapeuten dazu ermutigen, ihre eigenen Experimente und Untersuchungen durchzuführen. Eine erhöhte Effektivität und Effizienz der Übungsmethoden hilft nicht nur Kosten zu sparen, sondern bringt auch bessere Erfolge für die Patienten, was letztendlich deren Lebensqualität verbessert.

3. Zusammenfassung und Fazit

Die Prinzipien des motorischen Lernens sind die Grundlage für viele physiotherapeutische Behandlungen. Denn Patienten lernen in der Physiotherapie oft neue Bewegungen. Folgende Prinzipien sind dabei zu beachten:

- › Übungsreihenfolge: randomisiert statt in Blöcken üben
- › Instruktionen: externen statt internen Aufmerksamkeitsfokus nutzen
- › Rückmeldungen: Feedbacks nach statt während der Bewegungsausführung geben
- › Selbstkontrolliertes Üben: selbstkontrolliertes dem fremdbestimmten Üben vorziehen
- › Beobachtungslernen: Bewegungsdemonstrationen fördern die Bewegungsvorstellung und somit das Bewegungslernen

» Schlüsselwörter

Motorisches Lernen, Physiotherapie, Rückmeldungen, selbstkontrolliertes Üben, Beobachtungslernen

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Gabriele Wulf
 Department of
 Kinesiology
 University of Nevada, Las Vegas
 4505 Maryland Parkway
 Las Vegas, NV 89154-3034, USA
 E-Mail: gabriele.wulf@unlv.edu



Literatur

- 1 Bandura A. **Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning.** Educational Psychologist 1993; 28: 117-148.
- 2 Boekaerts, M. **Self-regulated learning at the junction of cognition and motivation.** European Psychologist 1996; 1: 100-112.
- 3 Chen DD, Hendrick JL, Lidor R. **Enhancing self-controlled learning environments: The use of self-regulated feedback information.** Journal of Human Movement Studies 2002; 43: 69-86.
- 4 Chiviawosky S, Wulf G. **Self-controlled feedback: Does it enhance learning because performers get feedback when they need it?** Res Q Exerc Sport 2002; 73: 408-415.
- 5 Granados C, Wulf G. **Enhancing motor learning through dyad practice: Contributions of observation and dialogue.** Res Q Exerc Sport; im Druck.
- 6 Janelle CM, Barba DA et al. **Maximizing performance effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment.** Res Q Exerc Sport 1997; 68: 269-279.
- 7 Liu J, Wrisberg CA. **The effect of knowledge of results delay and the subjective estimation of movement form on the acquisition and retention of a motor skill.** Res Q Exerc Sport 1997; 68: 145-151.
- 8 McCullagh P, Meyer KN. **Learning versus correct models: Influence of model type on the learning of a free-weight squat lift.** Res Q Exerc Sport 1997; 68: 56-61.
- 9 McCullagh P, Weiss M. **Modeling: Considerations for motor skill performance and psychological responses.** In: Singer RN, Hausenblas HA, Janelle CM (Hrsg.). Handbook of sport psychology. Wiley, New York 2001, 205-238.
- 10 Nicholson DE, Schmidt RA. **Scheduling information feedback to enhance training effectiveness. Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting.** Santa Monica, CA: Human Factors Society; 1991, 1400-1403.
- 11 Park J-H, Shea CH, Wright DL. **Reduced-frequency concurrent and terminal feedback: A test of the guidance hypothesis.** J Mot Behav 2000; 32: 287-296.
- 12 Pollock BJ, Lee TD. **Effects of the model's skill level on observational learning.** Res Q Exerc Sport 1992; 63: 25-29.
- 13 Salmoni AW, Schmidt RA, Walter CB. **Knowledge of results and motor learning: A review and critical appraisal.** Psych Bull 1984; 95: 355-386.
- 14 Schmidt RA. **Frequent augmented feedback can degrade learning: Evidence and interpretations.** In: Requin J, Stelmach GE (Hrsg.). Tutorials in motor neuroscience. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 1991, 59-75.
- 15 Schmidt RA, Wulf G. **Continuous concurrent feedback degrades skill learning: Implications for training and simulation.** Human Factors 1997; 39: 509-525.
- 16 Shea CH, Wulf G. **Enhancing motor learning through external-focus instructions and feedback.** Hum Mov Sci 1999; 18: 553-571.
- 17 Shea CH, Wulf G, Whitacre CA. **Enhancing training efficiency and effectiveness through the use of dyad training.** J Mot Behav 1999; 31: 119-125.
- 18 Shea CH, Wright DL et al. **Physical and observational practice afford unique learning opportunities.** J Mot Behav 2000; 32: 27-36.
- 19 Swinnen SP. **Information feedback for motor skill learning: A review.** In: Zelaznik HN (Hrsg.). Advances in Motor Learning and Control. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996, 37-66.
- 20 Swinnen S, Schmidt RA et al. **Information feedback for skill acquisition: Instantaneous knowledge of results degrades learning.** Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition 1990; 16: 706-716.
- 21 Van Vliet P, Wulf G. **Extrinsic feedback for motor learning after stroke: What is the evidence?** Disability and Rehabilitation 2006; 28: 831-840.
- 22 Vander Linden DW, Cauraugh JH, Greene TA. **The effect of frequency of kinetic feedback on learning an isometric force production task in nondisabled subjects.** Physical Therapy 1993; 73: 79-87.
- 23 Weeks DL, Kordus RN. **Relative frequency of knowledge of performance and motor skill learning.** Res Q Exerc Sport 1998; 69: 224-230.
- 24 Winstein CJ, Schmidt RA. **Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning.** Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition 1990; 16: 677-691.
- 25 Winstein CJ, Pohl PS et al. **Learning a partial-weight-bearing skill: Effectiveness of two forms of feedback.** Physical Therapy 1996; 76: 985-993.
- 26 Wulf G, Schmidt RA. **The learning of generalized motor programs: Reducing the relative frequency of knowledge of results enhances memory.** Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition 1989; 15: 748-757.
- 27 Wulf G, Clauss A et al. **Benefits of self-control in dyad practice.** Res Q Exerc Sport 2001; 72: 299-303.
- 28 Wulf G, McConnel N et al. **Enhancing the learning of sport skills through external-focus feedback.** J Mot Behav 2002; 34: 171-182.
- 29 Wulf G, Shea CH. **Principles derived from the study of simple motor skills do not generalize to complex skill learning.** Psychon Bull Rev 2002; 9: 185-211.
- 30 Wulf G, Shea CH. **Understanding the role of augmented feedback: The good, the bad, and the ugly.** In: Williams AM, Hodges NJ (Hrsg.). Skill acquisition in sport: Research, theory and practice. London: Routledge; 2004, 121-144.
- 31 Wulf G, Raupach M, Pfeiffer F. **Self-controlled observational practice enhances learning.** Res Q Exerc Sport 2005; 76: 107-111.
- 32 Wulf G, Toole T. **Physical assistance devices in complex motor skill learning: Benefits of a self-controlled practice schedule.** Res Q Exerc Sport 1999; 70: 265-272.

Impressum

Verlag ▶ Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Redaktion physio-praxis, Tel.: 07 11/89 31-0, Fax: 07 11/89 31-871, E-Mail: physiopraxis@thieme.de
 Der physiopraxis.Refresher ist ein Supplement der physiopraxis und erscheint 4-mal jährlich.
Programmplanung ▶ Fritz M. Koller
Redaktion ▶ Johannes Ermel
Konzeption ▶ Birgit Kustermann
Layout ▶ Birgit Kustermann, Linda Lubitz
Titelbild ▶ Hegau-Jugendwerk GmbH, Gailingen
Herstellung ▶ Ursula Albrecht, Julia Kamenik
Druck ▶ Grafisches Centrum Cuno GmbH & Co. KG, Gewerbering West 27, 39240 Calbe
Papier ▶ Diese Zeitschrift ist auf chlor- und säurefreiem Papier gedruckt.