

# Optimierung motorischen Lernens

von Gabriele Wulf

**Zusammenfassung:**

**Schlüsselwörter:**

## Einleitung

Eine wichtige Aufgabe für PhysiotherapeutInnen besteht darin, Personen mit motorischen Störungen (z.B. als Folge eines Schlaganfalles oder Morbus Parkinson) bei Erhaltung und Wiedererwerb motorischer Fertigkeiten zu unterstützen. Wie können entsprechende therapeutische Maßnahmen optimiert werden? Wie lässt sich die vorhandene Zeit am besten nutzen, so dass die geübten Bewegungsfertigkeiten besser behalten und auf neue Situationen übertragen werden können? Gibt es Übungs- oder Trainingsmethoden, die erfolgreicher sind als andere?

Die motorische Lernforschung befasst sich mit Faktoren, die den Lernprozess beeinflussen. Sie kann daher Aussagen dazu machen, welche Übungsbedingungen das Lernen motorischer Fertigkeiten fördern. In diesem Beitrag werden einige Einflussfaktoren dargestellt, die sich als besonders effektiv für das Lernen von Bewegungsfertigkeiten erwiesen haben. Die Berücksichtigung dieser Erkenntnisse in der physiotherapeutischen Praxis kann daher potenziell die Wirksamkeit der Behandlung erhöhen. Zunächst soll erläutert werden, was genau unter „motorischem Lernen“ zu verstehen ist, und wie es in der experimentellen Forschung gemessen wird. Dies dient nicht nur zum besseren Verständnis der Befunde, sondern hat, wie sich zeigen wird, auch praktische Relevanz.



## Was ist motorisches Lernen, und wie wird es gemessen?

Motorisches Lernen ist eine relativ überdauernde, auf Übung oder Erfahrung beruhende Änderung in der Fähigkeit, eine motorische Fertigkeit zu produzieren (Schmidt & Lee, 2005). Motorisches Lernen kann nicht direkt beobachtet werden, sondern lässt sich nur indirekt über die Messung der motorischen Leistung beurteilen. Die aktuelle Leistung kann jedoch von verschiedenen temporären Faktoren beeinflusst sein (z.B. Motivation, Müdigkeit, Konzentration, Medikamenten). Da verschiedene Übungsbedingungen unterschiedlich ermüdend, motivierend usw. sein können – was nicht unbedingt einen Einfluss auf das Lernergebnis hat –, müssen derartige temporäre Einflüsse ausgeschlossen werden, wenn es um die Beurteilung des Lernens geht. Daher bestehen experimentelle Studien zum motorischen Lernen in der Regel aus zwei Phasen. In einer Übungsphase üben zwei oder mehrere Versuchsgruppen eine bestimmte motorische Aufgabe unter verschiedenen Bedingungen (z.B. unterschiedliche Aufgabenreihenfolge, Häufigkeit der Rückmeldungen, Art der Instruktionen). Die Lerneffekte dieser Übungsbedingungen werden in Retentionstests (oder Transfertests) gemessen, in denen alle Versuchsgruppen unter identischen Bedingungen getestet werden. Leistungsunterschiede zwischen den Gruppen in Retentionstests können dann auf die relativ überdauernden Lerneinflüsse der Übungsbedingungen zurückgeführt werden.

Dieses experimentelle Vorgehen ist nicht nur aus theoretischer, sondern auch aus praktischer Sicht sinnvoll. So hat sich zum Beispiel gezeigt, dass Übungsbedingungen, die zu guten Leistungen in der Übungsphase führen, nicht notwendigerweise auch zu besseren Lernergebnissen führen. Tatsächlich verbessern „schwierigere“ Übungsbedingungen nicht selten das Lernen. Abgesehen davon, dass die beobachteten Leistungsänderungen während der Übungsphase irreführend sein können, besteht das Ziel jedes Trainingsprozesses ja darin, nicht nur eine momentane, sondern eine überdauernde Veränderung in der Qualität der Bewegung zu bewirken. Ferner ist es notwendig, dass in der Therapie geübte Fertigkeiten auf neue und ungewohnte Situationen übertragen werden können (Transfer). Aus diesen Gründen ist es auch aus praktischer Sicht sinnvoll, dass Lernergebnisse in entsprechenden Tests nach einem gewissen Intervall zu überprüfen.

Verschiedene Faktoren haben sich als besonders einflussreich im Hinblick auf das Bewegungsklernen erwiesen. Hierbei handelt es sich speziell um die Reihenfolge unterschiedlicher Aufgaben, den durch Instruktionen oder Rückmeldungen induzierten Aufmerksamkeitsfokus, das Lernen durch Beobachtung und selbstkontrolliertes Üben.

## Aufgabenreihenfolge

Nicht selten werden in einer Therapiesitzung oder Trainingseinheit mehrere motorische Fertigkeiten geübt. In der Regel wird dabei so verfahren, dass eine Aufgabe zur Zeit geübt wird. Das heißt, erst wenn das Üben einer Fertigkeit abgeschlossen ist, wird zur nächsten Aufgabe gewechselt und so weiter. Neben möglicherweise organisatorischen Gründen, liegt der Wahl einer solchen „geblockten“ Übungsreihenfolge sicher auch die Annahme zugrunde, dass der oder die Lernende sich so auf die jeweilige Aufgabe konzentrieren kann. Dies, so die Vermutung, sollte dem Lernen förderlicher sein als ein häufiges Wechseln zwischen verschiedenen Aufgaben.



Abb.:????????????????????

Obwohl diese Annahme plausibel erscheint, zeigen Forschungsergebnisse, dass in der Regel das Gegenteil der Fall ist. In zahlreichen Studien zum Einfluss der „Kontext-Interferenz“ (contextual interference) beim motorischen Lernen wurden Versuchsgruppen mit geblockter versus randomisierter Übungsreihenfolge verglichen. Während bei geblocktem Üben alle Durchgänge einer Aufgabe durchgeführt werden bevor zur nächsten Aufgabe übergegangen wird, wird bei randomisiertem Üben die Aufgabe mit jedem Durchgang gewechselt. Obwohl randomisiertes Üben zwar oft zu schlechteren Leistungen während der Übungsphase führt, zeigen sich in Retentions- oder Transfertests im Allgemeinen bessere Lernergebnisse als nach geblocktem Üben. Dieser Kontext-Interferenz-Effekt hat sich in vielen Untersuchungen sowohl mit Laboraufgaben (z.B. Timing-Aufgaben mit unterschiedlichen Bewegungszeiten, Produktion unterschiedlicher räumlicher Bewegungsmuster, Produktion von unterschiedlichen Kräften) als auch mit sportmotorischen Aufgaben gezeigt (z.B. Badminton-Aufschläge von verschiedenen Seiten, Kayak-Rollen nach rechts und links, Schlagen von Baseballs mit unterschiedlicher Flugbahn) (einen Überblick geben Lee & Simon, 2004).

Es gibt verschiedene Erklärungen für die Lernvorteile eines abwechselnden Übens verschiedener Aufgaben. Ein

Ansatz geht davon aus, dass die Lernenden bei abwechselndem Üben unterschiedliche Behaltensstrategien für die einzelnen Aufgaben verwenden, was zu einer differenzierteren und elaborierteren Gedächtnisrepräsentation führt als geblocktes Üben. Eine andere Erklärung besteht darin, dass der Bewegungsplan für eine gegebene Aufgabe unter randomisierten Bedingungen – bedingt durch die Interferenz der dazwischen geschalteten Aufgaben – teilweise vergessen wird und daher bei jedem Durchgang rekonstruiert werden muss. Die wiederholten Rekonstruktionen des Bewegungsmusters bei abwechselnder Übungsreihenfolge führen danach zu einem effektiveren Lernen als geblocktes Üben.

### Instruktionen und Rückmeldungen

Bewegungsanweisungen oder Instruktionen, die vor der Bewegungsausführung gegeben werden, und Rückmeldungen (Feedback) über die Qualität einer ausgeführten Bewegung gehören zu den wichtigsten Komponenten jedes motorischen Lernprozesses. Oft beziehen sich beide Arten von Informationen auf die Koordination der Körperbewegungen, wie zum Beispiel Anweisungen, die Hüfte zu beugen und den Fuß anzuziehen oder den Arm zu strecken und gleichzeitig die Hand zu öffnen. Wie zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben, sind Instruktionen, die die Aufmerksamkeit einer Person auf ihre eigenen Körperbewegungen lenken (interner Aufmerksamkeitsfokus), allerdings wenig effektiv. Im Gegensatz dazu führt das Lenken der Aufmerksamkeit auf den Effekt, den die Bewegung auf die Umwelt hat (externer Aufmerksamkeitsfokus), wie z.B. die Bewegung eines zu manipulierenden Objekts, zu besseren Lernergebnissen – das heißt, zu genaueren, automatischeren und ökonomischen Bewegungen (siehe Wulf 2009).

Zum Beispiel zeigte sich bei verschiedenen Gleichgewichtsaufgaben, dass die Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Bewegung der Unterstützungsfläche (externer Fokus) zu einem besseren Lernen führte, als wenn die Aufmerksamkeit auf die Bewegung der Füße gelenkt wurde (interner Fokus). In einer Untersuchung (Totsika & Wulf, 2003) zum Beispiel bestand die Aufgabe darin, mit einem Pedalo zu fahren. Eine Versuchsgruppe wurde instruiert, sich darauf zu konzentrieren, die Füße nach vorn zu schieben (interner Fokus), während eine andere Gruppe instruiert wurde sich darauf zu konzentrieren, die Trittbretter nach vorn zu schieben (externer Fokus). Die Gruppe mit externem Fokus legte eine vorgegebene Strecke schneller zurück. Interessanterweise fuhr diese Gruppe auch in einem Transfer-test schneller, in dem die Versuchspersonen mit Hilfe einer Zweitaufgabe (Rückwärtszählen in Dreierschritten) abgelenkt wurden. Das heißt, selbst wenn der ursprüngliche Fokus nicht angewendet werden konnte (da die Aufmerksamkeit auf die Zweitaufgabe gerichtet war), blieben die Leistungsunterschiede erhalten.

# TOP PHYSIO Fortbildung 2010

## Fortbildung auf Mallorca Integrierte Thai-Yoga-Massage

in Kombination mit Faszientechniken,  
manueller Therapie und  
osteopathischen Anwendungen

vom 16. 06. 2010 – 22.06. 2010

Kosten 428,00 €

Kursleitung Ulf Pape

CME 18 Punkte

### Informationen

TOP PHYSIO U. Pape

Strelitzer Straße 58

10115 Berlin

fon: 0049 30 612 52 95 (U. Pape)

0034 971 / 591405 (Top-Physio Mallorca)

[www.relaxing-art.de](http://www.relaxing-art.de)

[www.top-physio-mallorca.de](http://www.top-physio-mallorca.de)

### Buchempfehlung

Ulf Pape

Praxis Thaimassage

Medizinverlage Stuttgart

Sonntag 2009

Preis: 39, 95 €

DVD: Innovative Massagetherapie

über [info@relaxing-art.de](mailto:info@relaxing-art.de)

12,00 € plus Versandkosten

In zahlreichen anderen Untersuchungen wurden Lernvorteile durch einen externalen Aufmerksamkeitsfokus für diverse sportmotorische Fertigkeiten belegt, wie zum Beispiel das Schiessen oder Werfen von Bällen, das Schlagen von Golf- oder Tennisbällen oder das Einsetzen eines Ruders ins Wasser. Darüber hinaus wurden verbesserte Leistungen und effizientere Bewegungen beim Schwimmen, Laufen sowie Hoch- und Weit-Springen nachgewiesen (siehe Wulf 2009).

In einigen Studien wurde die Wirksamkeit von unterschiedlichen Fokus-Instruktionen auf Personen mit M. Parkinson und nach Schlaganfall überprüft. In einer Untersuchung mit Parkinson-PatientInnen bestand die Aufgabe darin, auf



Abb.:????????????????????

einem mit Luft gefüllten Gummi-Diskus so ruhig wie möglich zu stehen (Wulf, Landers, Lewthwaite & Töllner, 2009). Mittels einer Kraftmessplatte wurden Schwankungen des Körperschwerpunktes gemessen. Die ProbandInnen führten jeweils mehrere 15-sekündige Durchgänge unter drei Fokusbedingungen durch: Kontrollbedingung („Versuchen Sie, so ruhig wie möglich“), internale Fokusbedingung („Versuchen Sie, Ihre Füße so wenig wie möglich zu bewegen“) und externe Fokusbedingung („Versuchen Sie, den Diskus möglichst wenig zu bewegen“). Der externe Fokus resultierte in signifikant geringeren Schwankungen des Körperschwerpunktes, d.h. in besseren Gleichgewichtsleistungen, als in den beiden anderen Bedingungen. Internale Fokusinstruktionen hatten hingegen keinen Effekt im Vergleich zur Kontrollbedingung. Eine weitere Untersuchung zeigte, dass sich auch bei Personen nach Schlaganfall die Ausführung motorischer Fertigkeiten durch externe Fokus-Instruktionen verbessern ließ (Fasoli, Trombly, Tickle-Degnen & Verfaellie, 2002). Bei verschiedenen Alltags-Aufgaben (z.B. eine Dose aus einem Regal nehmen und auf einen Tisch stellen) ergaben sich kürzeren Bewegungszeiten und höhere maximalen Bewegungsgeschwindigkeiten, wenn die Aufmerksamkeit auf das Objekt und nicht auf die Bewegungen des Armes bzw. der Hand gelenkt wurde.

Die Vorteile, die sich durch einen externalen Fokus ergeben, sind darauf zurückzuführen, dass hierbei verstärkt auf

automatische Prozesse der motorischen Kontrolle zurückgegriffen wird. Die Bewegungen sind dadurch flüssiger, genauer und ökonomischer. Der Versuch, die eigenen Bewegungen bewusst zu kontrollieren – wie es bei einem internalen Fokus geschieht – interferiert dagegen mit automatischen Kontrollprozessen und wirkt sich negativ auf die Bewegungsgenauigkeit und -qualität aus (Wulf, 2009).

## Lernen durch Beobachtung

Demonstrationen der Zielbewegung sind eine häufig verwendete Methode zur Vermittlung einer Bewegungsvorstellung. Demonstrationen können durch die lehrende Person oder auch andere Lernende erfolgen. Das Lernen durch Beobachtung ist besonders effektiv für komplexe Bewegungsabläufe. Die Lernenden haben hierbei die Möglichkeit, 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. Besonders die Kombination von physischem und observativem Üben (z.B. abwechselnd) kann zu besseren Lernergebnissen führen als rein physisches Üben (einen Überblick geben McCullagh & Weiss, 2001).

Das Könnensniveau des Modells scheint keine wesentliche Rolle für den Lernerfolg zu spielen. Lernende können von der Beobachtung anderer Lernender ebenso profitieren wie von perfekten Modelldemonstrationen. 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. 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.

Eine besonders wirksame Variante des Beobachtungslernens ist das gemeinsame Üben mit einem Partner. Einige Studien haben die Effektivität eines Übens in Zweier-Gruppen, im Vergleich zu individuellem Üben, belegt (z.B. Shea, Wulf, & Whitacre, 1999). Bei direkter Interaktion mit einer anderen Person spielen neben der Möglichkeit zur Beobachtung auch motivationale Faktoren eine Rolle. Der Übungssituation wird dabei eine kompetitive Komponente verliehen. Außerdem beeinflusst das Setzen von Zielen, der Austausch von Erfahrungen, eine erhöhte Anstrengungsbereitschaft und generell eine stärkere Involvierung der Lernenden beim Üben mit PartnerIn das Lernen positiv.

## Selbstkontrolliertes Üben

Autonomie, d.h. die Fähigkeit unabhängig und selbstbestimmt zu handeln, ist ein Grundbedürfnis jedes Menschen (Deci & Ryan, 2008). Es hat sich gezeigt, dass auch das Ler-

nen motorischer Fertigkeiten durch Übungsbedingungen gefördert wird, die den Lernenden eine gewisse Autonomie gewähren. Das heißt, Situationen, in denen die Lernenden Kontrolle über bestimmte Aspekte der Übungsbedingungen haben (z.B. Rückmeldungen, Gleichgewichtshilfen, Demonstrationen) wirken sich positiv auf das Lernergebnis aus (einen Überblick gibt Wulf 2007).

Einige Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass selbstkontrollierte Rückmeldungen – d.h. Rückmeldungen, die von dem/der Lernenden „bei Bedarf“ angefordert werden – zu besseren Lernergebnissen führen als Rückmeldungen, die den Lernenden unabhängig von deren Bedürfnissen gegeben werden. Auch die selbstkontrollierte Verwendung von Stützhilfen bei Gleichgewichtsaufgaben hat sich als lernförderlich erwiesen. Zum Beispiel wurde eine Skisimulator-Aufgabe besser gelernt, wenn die Versuchspersonen selbst entscheiden konnten, wann sie Gleichgewichtshilfen (Skistöcke) benutzen wollten (Wulf & Toole, 1999). Die Lernenden erwarben auf diese Weise eine bessere Bewegungstechnik, d.h. sie produzierten effizientere Bewegungen ohne Skistöcke als eine Kontrolle-Gruppe, der die Benutzung der Stöcke vorgeschrieben wurde. Auch wenn die Lernenden selbst entscheiden können, wann und wie oft sie die Bewegungsdemonstration sehen möchten, hat dies nachgewiesenermaßen einen positiven Effekt auf das Lernergebnis. Diese Befunde sind umso bemerkenswerter, als die Häufigkeit der angeforderten Rückmeldungen oder Video-Demonstrationen zum Teil gering sind – was darauf hindeutet, dass möglicherweise allein die Möglichkeit zur Selbstkontrolle einen positiven Einfluss auf das Lernergebnis hat.

Mehrere Faktoren dürften für die Lernvorteile selbstkontrollierten Übens verantwortlich sein. Abgesehen von der Befriedigung des Bedürfnisses nach Autonomie scheint die aktivere Rolle der Lernenden im Lernprozess und die damit verbundene eine größere Verantwortung einen positiven Effekt auf die Motivation zu haben. Diese wiederum wirkt sich vorteilhaft auf das Lernergebnis aus. Zudem sind die Übungsbedingungen besser auf die Bedürfnisse der Lernenden zugeschnitten, als wenn die Übungsbedingungen von außen vorgegeben werden. Die Kombination dieser Faktoren dürfte für die Lernvorteile selbstkontrollierten Übens verantwortlich sein.

## Schlussbemerkungen

Obwohl Studien zum motorischen Lernen in der Regel mit jungen, gesunden Erwachsenen durchgeführt werden und andere motorische Aufgaben verwendet werden als diejenigen, die PatientInnen in der physiotherapeutischen Praxis zu lernen haben, dürfte die Wahrscheinlichkeit relativ groß sein, dass sich die hier dargestellten Lernprinzipien auf die Physiotherapie übertragen lassen. Bei der Gestaltung der Therapiesitzungen sollte man auch berücksichtigen, dass Übungsbedingungen, die zu schnelleren Leistungsfortschrit-

ten führen (wie z.B. geblocktes im Vergleich zu abwechselndem Üben), nicht unbedingt das Lernen fördern, sondern es sogar beeinträchtigen können. Nur in relativ wenigen Fällen werden die positiven Lerneffekte bestimmter Übungsbedingungen schon während des Übens sichtbar (z.B. Instruktionen, die einen externalen Aufmerksamkeitsfokus induzieren). In anderen Fällen scheint es zunächst keinen Unterschied zu machen, ob die eine oder andere Methode verwendet wird (z.B. selbstkontrollierte im Vergleich zu fremdbestimmten Übungsbedingungen, individuelles Üben im Vergleich zum Üben in Zweier-Gruppen). Man sollte sich daher nicht von den unmittelbaren Auswirkung der Übungsbedingungen auf die Leistung „blenden“ lassen, sondern die langfristigen Lerneffekte im Auge behalten.

## Literatur

- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2008): Self-Determination Theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology*, 49, 182-185.
- Fasoli, S. E., Trombly, C. A., Tickle-Degnen, L., & Verfaellie, M. H. (2002): Effect of instructions on functional reach in persons with and without cerebrovascular accident. *American Journal of Occupational Therapy*, 56, 380-390.
- Lee, T.D., & Simon, D.A. (2004): Contextual interference. In M.A. Williams & N.J. Hodges (Eds.), *Skill acquisition in sport* (p. 29-44): London, New York: Routledge.
- McCullagh, P., & Weiss, M. (2001): Modelinmotorg: Considerations for motor skill performance and psychological responses. In R.N. Singer, H.A. Hausenblas, & C.M. Janelle (Eds.), *Handbook of sport psychology* (pp. 205-238): New York: Wiley.
- Schmidt R.A., & Lee, T.D. (2005): *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (4th ed.): Human Kinetics: Champaign, IL.
- Shea, C.H., Wulf, G., Whitacre, C.A. (1999): Enhancing training efficiency and effectiveness through the use of dyad training. *Journal of Motor Behavior*, 31, 119-125.
- Totsika, V., & Wulf, G. (2003): The influence of external and internal foci of attention on transfer to novel situations and skills. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74, 220-225.
- Wulf, G. (2007): Self-controlled practice enhances motor learning: Implications for physiotherapy. *Physiotherapy*, 93, 96-101.
- Wulf, G. (2009): *Aufmerksamkeit und motorisches Lernen*. München: Elsevier.
- Wulf, G., Landers, M., Lewthwaite, R., & Töllner, T. (2009): External focus instructions reduce postural instability in individuals with Parkinson disease. *Physical Therapy*, 89, 162-168.
- Wulf, G., & Toole, T. (1999): Physical assistance devices in complex motor skill learning: Benefits of a self-controlled practice schedule. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70, 265-272.

Autorin

Prof. Dr. Gabriele Wulf

Department of Kinesiology and Nutrition Sciences

University of Nevada, Las Vegas

4505 Maryland Parkway

Las Vegas, NV 89154-3034

Telefon: (011) 702-895-0938

FAX: (011) 702-895-1500

E-mail: gabriele.wulf@unlv.edu