

# Die OPTIMAL-Theorie motorischen Lernens

## Implikationen für die physiotherapeutische Praxis

..... Ein Beitrag von Gabriele Wulf .....

Welche Faktoren oder Bedingungen sind für motorisches Lernen wesentlich? Zu dieser Frage gibt es mittlerweile eine Vielzahl von Forschungsergebnissen. OPTIMAL ist eine kürzlich entwickelte Theorie und steht für „Optimizing Performance Through Intrinsic Motivation and Attention for Learning“. Das Zentrum bilden zwei motivationale Faktoren und ein aufmerksamkeitsbezogener Faktor. Therapeuten sollten diese Aspekte bei der Anleitung von Übungen und beim Feedback berücksichtigen – der Lernerfolg ist dadurch nachweislich effektiver.



### Nichts ist so praktisch wie eine gute Theorie

Theorien haben wichtige Funktionen auf ihrem jeweiligen Gebiet. Sie erklären bestimmte Phänomene (zum Beispiel motorisches Lernen) und beinhalten Vorhersagen, die experimentell getestet werden können. Die entsprechenden Befunde können Aspekte der Theorie verifizieren oder falsifizieren. Darüber hinaus haben Theorien oft bedeutende praktische Implikationen. Wie schon Kerlinger (1) bemerkte: Nichts ist so praktisch wie eine gute Theorie. Im Bereich des motorischen Lernens hatten die Closed-Loop-Theorie von Adams (2) und die Schema-Theorie von Schmidt (3) großen Einfluss auf die Forschung in den Jahren nach ihrer Veröffentlichung. Seitdem verlief die motorische Lernforschung relativ theorieelos. Dennoch wurden viele neue Einsichten darüber gewonnen, wie bestimmte Variablen das Lernen von Bewegungsfertigkeiten beeinflussen. Rebecca Lewthwaite und ich veröffentlichten 2016 eine neue Theorie: „Optimizing Performance Through Intrinsic Motivation and Attention for Learning“ (OPTIMAL) (4). Die Theorie integriert Befunde der letzten Jahre und

beschreibt Faktoren oder Bedingungen, die für motorisches Lernen wesentlich sind. Sie erklärt, auf welche Weise diese Bedingungen unmittelbar die Ausführung von Bewegungen (motorische Leistung) und längerfristig das Lernen von motorischen Fertigkeiten beeinflussen.

### Drei Faktoren als Zentrum der Theorie

Im Zentrum von OPTIMAL stehen zwei motivationale Faktoren – erhöhte Erwartungen an die eigenen zukünftigen Leistungen (enhanced expectancies) und die Autonomie der Lernenden – sowie ein aufmerksamkeitsbezogener Faktor, nämlich ein externer Fokus (Abb. 1). Alle Faktoren sind wichtig für die Umsetzung von ökonomischen und flüssigen Bewegungen, die für die Erreichung des Bewegungsziels erforderlich sind. >>

#### Für Eilige

Insgesamt drei Faktoren sind für die Optimierung von motorischen Lernerfolgen wichtig: erhöhte Erwartungen, Autonomie und externer Aufmerksamkeitsfokus. „Goal-Action Coupling“ heißt der Mechanismus, über den diese Faktoren wirksam werden. Es kommt zu einer Verbesserung der funktionellen Konnektivität von aufgabenrelevanten Hirnarealen; dies geht mit ökonomischeren Bewegungen einher. Die Erkenntnisse sind sowohl für die Betreuung von Sportlern als auch in der Rehabilitation von Patienten wichtig.

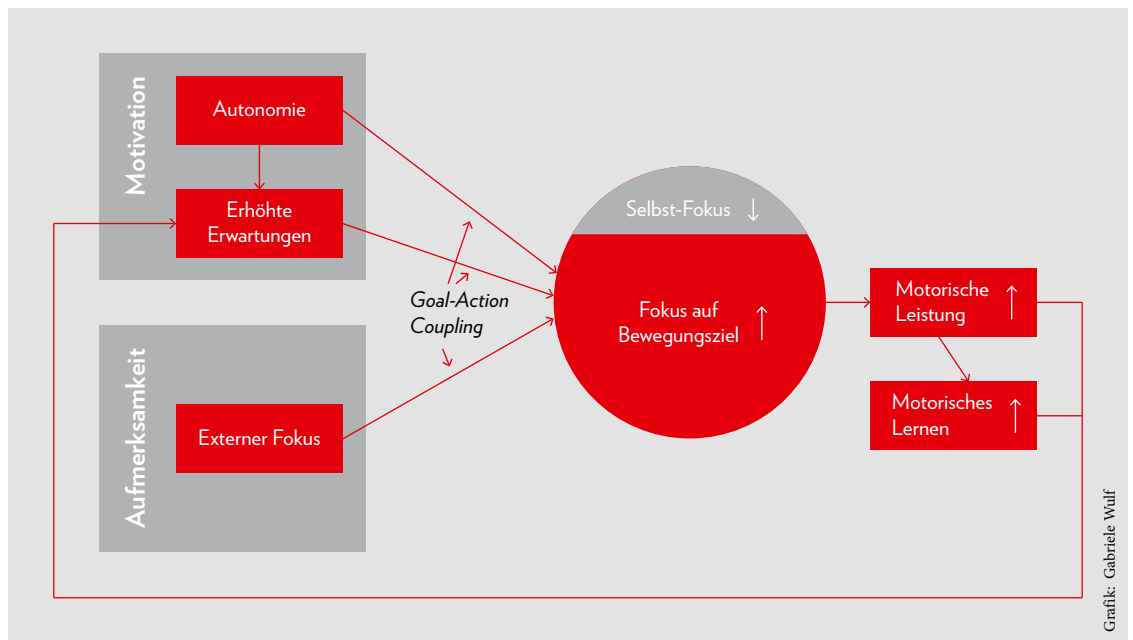


Abb. 1 Die OPTIMAL-Theorie im Überblick, modifiziert nach (4)

### Erhöhte Erwartungen

Untersuchungen haben gezeigt, dass Bedingungen unterschiedlicher Art, welche die Erwartungen der Lernenden an ihre zukünftigen Leistungen erhöhen, nicht nur Selbstwirksamkeitsüberzeugungen steigern können, sondern auch einen positiven Einfluss auf das Lernen haben. Dazu gehören zum Beispiel positive Rückmeldungen, großzügige Definitionen von Erfolg oder optische Illusionen, die ein Ziel größer erscheinen lassen. Selbstvertrauen in die eigene Leistung kann auf verschiedene Weise gefördert werden. Eine wesentliche Rolle spielen hierbei positive Rückmeldungen. In einigen Studien wurde die Wirksamkeit von Rückmeldungen nach besseren versus schlechteren Bewegungsausführungen untersucht (zum Beispiel 5, 6). Dabei stellte sich heraus, dass Rückmeldungen über gute Ausführungen zu besserem Lernen führten, das heißt zu besseren Leistungen in Retentions- oder Transfertests. Dies ist unter anderem deshalb interessant, weil in der Praxis das Hervorheben einer erfolgreichen Bewältigung der motorischen Aufgabe oder von gelungenen Aspekten einer Bewegungsausführung oft unterschätzt und vernachlässigt wird, während die Wichtigkeit von Korrekturen häufig überschätzt wird. Auch Bedingungen, die eine motorische Aufgabe weniger schwierig erscheinen lassen, können Leistungserwartungen erhöhen. Zum Beispiel kann Bewegungserfolg so definiert werden, dass er relativ leicht erreichbar ist (7–9). In einer Studie von Palmer et al. (8), in der eine Golf-Putting-Aufgabe verwendet wurde, legten die Forscher zwei konzentrische Kreise unterschiedlicher Größe um den Zielpunkt. Eine Versuchsgruppe wurde darüber informiert, dass alle Bälle, die innerhalb des größeren Kreises landen, „gute“ Versuche darstellten. Einer weiteren Gruppe diente der kleinere Kreis als

Kriterium für gute Versuche. Wie zu erwarten, hatte die erste Gruppe während der Übungsphase mehr Erfolgserlebnisse (22 Prozent gute Versuche) als die zweite Gruppe (acht Prozent), und sie zeigte bessere Lernergebnisse. In Retentions- und Transfertests am nächsten Tag, in denen die Kreise entfernt worden waren, wies die erste Gruppe eine größere Genauigkeit im Putten auf.

Selbst einfache ermutigende Bemerkungen, welche die Bewegungserfahrungen oder Expertise der Lernenden hervorheben und dadurch die Aufgabenschwierigkeit relativieren, können „Wunder“ bewirken. Zum Beispiel informierten Wulf, Chiviawosky und Lewthwaite (10) eine Gruppe von älteren Frauen, die gerade eine neue Gleichgewichtsaufgabe erlernten, dass aktive Personen mit ihrer Erfahrung diese Aufgabe gewöhnlich relativ schnell meistern würden. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe erzielte diese Gruppe nicht nur größere Leistungsfortschritte während der Übungsphase, sondern zeigte auch am nächsten Tag bessere Lernergebnisse – aufgrund eines einzigen Satzes, der vor Übungsbeginn geäußert worden war. Auch Hinweise auf die Lernbarkeit einer Aufgabe haben häufig eine lernfördernde Wirkung (11). So tendieren Personen oft dazu, ihre verminderten motorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten – zum Beispiel nach einem Schlaganfall – als relativ stabil und unveränderbar zu betrachten. Aufklärung über Neuroplastizität und Verbesserungsmöglichkeiten als Folge von Übungseinheiten unter herausfordernden Bedingungen können einen wichtigen Einfluss auf die Erwartungshaltung der Patienten und das Therapieergebnis nehmen. Warum sind erhöhte Erwartungen so bedeutsam? Positive Erwartungen oder Erfahrungen führen zu einer Aktivierung von Dopamin-Neuronen. Die Freisetzung von Dopamin

Positive Rückmeldungen spielen eine wesentliche Rolle.

Positive Erwartungen führen zur Freisetzung von Dopamin.

verbessert nicht nur die momentane Leistung, sondern ist auch für die Konsolidierung des Gelernten wesentlich (12). Die Kombination von herausfordernden Übungsbedingungen und Erfolg ist besonders wirksam. Gelegentliche Misserfolge senken zwar vorübergehend den Dopamin-Spiegel, aber der positive Effekt des anschließenden Erfolgs ist dafür umso größer (13).

## Autonomie

Autonomie ist die Fähigkeit, unabhängig und selbstbestimmt zu handeln, und stellt ein Grundbedürfnis jedes Menschen dar (14). Dies spiegelt sich auch im motorischen Lernprozess wider. Übungsbedingungen, in denen das Autonomiebedürfnis befriedigt wird – beispielsweise dadurch, dass Wahlmöglichkeiten vorhanden sind –, fördern das Lernen (4). Wenn die Lernenden Kontrolle über bestimmte Aspekte der Übungsbedingungen haben, etwa darüber, wann sie Rückmeldungen bekommen (15), Gleichgewichtshilfen benutzen wollen (16) oder eine Demonstration der Zielbewegung sehen möchten (17), wirkt sich dies generell positiv auf das Lernergebnis aus. Sogar der selbstbestimmte Umfang des Übens hat sich als lernförderlich erwiesen. In einer Studie von Post et al. (18) hatte eine Versuchsgruppe die Möglichkeit, zu entscheiden, wie viele Übungsversuche sie bei einer Basketballfreiwurf-Aufgabe absolvieren wollte. Dabei wählten die Probanden eine Anzahl zwischen 100 und 244 Würfeln. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe mit der gleichen durchschnittlichen Anzahl von Würfeln zeigte die Versuchsgruppe im Retentionstest sowohl eine bessere Wurftechnik als auch eine höhere Treffgenauigkeit. Neue Untersuchungen haben gezeigt, dass nicht nur aufgabenbezogene Wahlmöglichkeiten das Lernen fördern, sondern auch kleine Wahlmöglichkeiten und solche, die nur indirekt oder überhaupt nichts mit der zu lernenden Aufgabe zu tun haben.

Scheinbar triviale Optionen wie die Reihenfolge, in der bestimmte Aufgaben ausgeführt werden (19), oder die Farbe des benutzten Balles (20, 21) können zu besseren Lernergebnissen führen. Auch Maximalkraft und Ökonomie der Bewegungen lassen sich durch selbst gewählte Aufgabenreihenfolgen erhöhen (22, 23). Sogar Wahlmöglichkeiten, die gar nichts mit der zu lernenden Aufgabe zu tun hatten, erwiesen sich in einer Untersuchung von Lewthwaite et al. (20) als lernfördernd. Die Frage, welches von zwei Bildern nach Meinung der Versuchsperson an die Laborwand gehängt werden sollte, erleichterte das Lernen einer komplexen Gleichgewichtsaufgabe. Die Befriedigung des Autonomiebedürfnisses – zum Beispiel durch die Möglichkeit, selbstständig bestimmte Entscheidungen zu treffen, oder durch „respektvolle“ Interaktion mit den Lernenden – erhöht das Selbstvertrauen und damit die Erwartung an die eigenen Leistungen (24). Zudem wird durch eine gewisse Autonomie Stress reduziert.

Stressreaktionen, wie sie unter kontrollierenden Bedingungen (ohne Autonomie) beobachtet werden können (25), beeinträchtigen das Lernen.

## Externer Aufmerksamkeitsfokus

Ein externer, auf den intendierten Effekt der Bewegung gerichteter Aufmerksamkeitsfokus führt zu besseren motorischen Lernergebnissen und motorischen Leistungen als ein interner Fokus, der auf die eigenen Körperbewegungen gerichtet ist (4, 26). Mittlerweile belegen annähernd 200 Studien die Vorteile von Bewegungsanweisungen oder Rückmeldungen, die einen externen Fokus hervorrufen. Positive Auswirkungen zeigen sich nicht nur in Bezug auf die Effektivität (Gleichgewicht, Genauigkeit, Technik et cetera), sondern auch hinsichtlich der Effizienz oder Ökonomie der Bewegungen (Muskelaktivität, Sauerstoffbedarf, Schnelligkeit, Kraftproduktion et cetera). Darüber hinaus ist der Automatisierungsgrad mit einem externen Fokus erhöht, sodass mehr Aufmerksamkeitskapazität für andere Dinge zur Verfügung steht (27, 28).

Der Vorteil eines externen im Vergleich zu einem internen Fokus ist unabhängig von Leistungsniveau und Art der Fertigkeit, Alter oder physischen und mentalen Fähigkeiten. In einigen Studien wurde der Einfluss des Aufmerksamkeitsfokus bei Personen mit Morbus Parkinson (29, 30) oder nach Schlaganfall (31, 32) untersucht. Teilnehmer einer Studie von Wulf et al. (30) absolvierten eine Gleichgewichtsaufgabe, die darin bestand, so ruhig wie möglich auf einem mit Luft gefüllten Gummidiskus zu stehen. Mittels einer Kraftmessplatte wurden Schwankungen des Körperschwerpunktes gemessen. Die Probanden führten jeweils mehrere Durchgänge unter drei verschiedenen Fokusbedingungen aus. In der Kontrollbedingung wurden sie gebeten, so ruhig wie möglich zu stehen; in der internen Fokusbedingung sollten sie ihre Füße und in der externen Fokusbedingung den Diskus möglichst wenig bewegen. Die Schwankungen des Körperschwerpunktes waren mit externem Fokus signifikant geringer als mit internem Fokus oder in der Kontrollbedingung. Die (externe) Konzentration auf den Diskus verbesserte demnach das Gleichgewicht bei Parkinson-Patienten. Eine Untersuchung von Fasoli et al. (31) zeigte, dass sich auch bei Personen nach Schlaganfall die Ausführung motorischer Fertigkeiten durch einen externen Fokus verbessern ließ. Bei verschiedenen Alltagsaufgaben (zum Beispiel eine Dose aus einem Regal nehmen und auf einen Tisch stellen) war die Dauer der Bewegungen kürzer und die maximalen Bewegungsgeschwindigkeiten höher, wenn die Aufmerksamkeit auf das Objekt und nicht auf die Bewegungen des Armes beziehungsweise der Hand gelenkt wurde. Das heißt, die Bewegungen schienen selbst nach Schlaganfall automatischer abzulaufen. Mückel und Mehrholz (32) konnten nachweisen, dass Personen, die nach einem Schlaganfall >>

- Selbst kleine Wahlmöglichkeiten sind effektiv.

- Bei externem Fokus ist der Grad der Automatisierung höher als bei internem Fokus.

- Autonomie erhöht das Selbstvertrauen und reduziert Stress.

Tab. 1 Beispiele für die Praxis

Faktor	Positive Formulierungen für die Praxis	So besser nicht ...
Erhöhte Erwartung	Die meisten Patienten Ihrer Altersgruppe mit chronischen Rückenschmerzen profitieren von dieser Therapie.	Ob die Übungen in Ihrem Fall helfen, werden wir sehen.
	Der letzte Sprung war sehr gut. Spring bitte noch einmal, so hoch du kannst.	Spring bitte noch einmal, so hoch du kannst.
Autonomie	Was möchten Sie mit der Therapie erreichen und was möchten Sie als Erstes wieder machen können?	Ich habe folgenden Therapieplan für Sie entwickelt.
	Ich habe zwei Übungen zur Verbesserung der Sprungleistung für dich – eine mit deinem Sportgerät, die andere ohne. Mit welcher möchtest du beginnen?	Ich habe zwei Übungen zur Verbesserung der Sprungleistung für dich – eine mit deinem Sportgerät, die andere ohne. Wir fangen mit der Übung ohne Sportgerät an.
Externer Aufmerksamkeitsfokus	Bitte versuchen Sie, das Kippbrett so ruhig wie möglich zu halten.	Bitte versuchen Sie, Ihre Füße so wenig wie möglich zu bewegen.
	Wirf den Ball so weit wie möglich hinter die Linie.	Streck den Arm ganz weit vor, wenn du den Ball wirfst.

Es kommt vermutlich zu einer Förderung neuroplastischer Prozesse.

Gleichgewichtsprobleme beim Sitzen hatten, mit externem Fokus eine bessere Kontrolle über ihren Oberkörper hatten. Die seitliche Gewichtsverlagerung war größer, wenn sie versuchten, ihr Gewicht zu einem Markierungspunkt auf der Sitzbank hin zu verlagern (externer Fokus), als wenn sie versuchten, das Gewicht „zur gesunden Seite“ hin zu verlagern (interner Fokus). Ein externer Fokus hat den doppelten Vorteil, dass er die Aufmerksamkeit auf das Ziel der Aufgabe richtet und gleichzeitig einen beeinträchtigenden Selbstfokus verhindert (33). Die erhöhte Selbstwirksamkeit als Folge guter Leistungen mit einem externen Fokus (34) kann sich darüber hinaus indirekt positiv auswirken.

## Goal-Action Coupling

Die drei beschriebenen Faktoren – erhöhte Erwartungen, Autonomie und externer Fokus – sind nach der OPTIMAL-Theorie wesentlich für optimales motorisches Lernen und die motorische Leistung. Den Mechanismus, über den diese Faktoren wirksam werden, bezeichnen wir als „Goal-Action Coupling“ (Abb. 1). Eine effiziente Verknüpfung von Bewegungsziel und den dafür erforderlichen Bewegungshandlungen gelingt am besten, wenn Bedingungen vorhanden sind, welche die Selbstwirksamkeit erhöhen – einschließlich der Möglichkeit zum autonomen Handeln –, und wenn die Konzentration auf das Bewegungsziel gerichtet ist (externer Fokus). Dabei nehmen wir an, dass alle Faktoren einen Fokus auf das Bewegungsziel begünstigen und gleichzeitig einen selbstbezogenen Fokus (interner Fokus, Zweifel an eigenen Fähigkeiten, Selbstregulation et cetera) reduzieren oder vermeiden. Diese Bedingungen erleichtern die funktionelle Konnektivität von aufgabenrelevanten Hirnarealen, die mit ökonomischen und flüssigen Bewegungen einhergeht und typischerweise auf

hohem Leistungsniveau beobachtet wird (35, 36). Auch strukturelle Veränderungen des Gehirns (neuroplastische Prozesse) dürften unter diesen Bedingungen gefördert werden.

## Implikationen für die Praxis

In der Praxis findet Bewegungslernen nicht selten statt, indem Lehrende Bewegungsaufgaben vorgeben, Rückmeldungen primär auf Korrekturen ausgerichtet sind und Instruktionen sich auf Körperbewegungen beziehen. In diesem Szenarium haben Lernende wenig Autonomie, ihr Selbstvertrauen wird unzureichend gefördert und ein interner Aufmerksamkeitsfokus verhindert schnelle Lernfortschritte. Der hieraus resultierende selbstbezogene Fokus hat negative Konsequenzen für Motivation, Leistung und Lernen, die sich unter Umständen gegenseitig verstärken können. Um das Lernen von Bewegungsfertigkeiten zu optimieren, bedarf es eines Ansatzes, in dem positive Motivation und effektive externe Fokusinstruktionen miteinander verbunden werden.

Leistungserwartungen können auf verschiedene Weise erhöht werden, und sei es nur durch das gelegentliche Hervorheben von gelungenen Bewegungen oder Lernfortschritten. Wie erwähnt, können selbst kleine oder aufgabenirrelevante Wahlmöglichkeiten ausreichen, um das Bedürfnis der Lernenden nach Autonomie zu befriedigen. Schließlich können im Prinzip alle Bewegungsanweisungen und Rückmeldungen mit etwas Kreativität so formuliert werden, dass ein externer Fokus hervorgehoben wird, welcher nicht selten zu sofortigen Leistungsverbesserungen führt. Das Resultat dieser Bedingungen ist möglicherweise ein sich selbst verstärkender Kreislauf, der die Motivation weiter erhöht und Lernfortschritte begünstigt.

Positive Motivation und externe Fokusinstruktionen kombinieren



Abschließend bleibt zu erwähnen, dass erhöhte Erwartungen, Autonomie und ein externer Fokus unabdingbare Voraussetzungen für optimales Lernen zu sein scheinen: Alle drei Faktoren leisten offenbar relativ unabhängig voneinander Beiträge zum Lernen und sollten daher Bestandteile des Lehr- und Lernprozesses sein. So hat eine Reihe von Untersuchungen gezeigt, dass alle möglichen Kombinationen von zwei dieser Faktoren zu besseren Lernergebnissen führten als ein Faktor (oder keiner) (21, 34, 37). Darüber hinaus erwies sich in einer weiteren Untersuchung eine Bedingung mit

allen drei Faktoren als effektiver als diejenigen mit nur zwei Faktoren (38). Die Lernvorteile dieser Variablen scheinen also additiver Natur zu sein. ●



## Surftipp

**OPTIMAL Motor Learning:**

[optimalmotorlearning.com](http://optimalmotorlearning.com)



## Literatur

1. Kerlinger FN. 1973. Foundations of behavioral research. New York: Holt, Rinehart & Winston
2. Adams JA. 1971. A closed-loop theory of motor learning. J. Motor Behav. 3:111–50
3. Schmidt RA. 1975. A schema theory of discrete motor skill learning. Psychol. Rev. 82:225–60
4. Wulf G, Lewthwaite R. 2016. Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: the OPTIMAL theory of motor learning. Psychon. Bull. Rev. 23:1382–414
5. Chiviacowsky S, Wulf G. 2007. Feedback after good trials enhances learning. Res. Quart. Exerc. Sport 78:40–7
6. Saemi E, Porter JM, Ghotbi-Varzaneh A, Zarghami M, Maleki F. 2012. Knowledge of results after relatively good trials enhances self-efficacy and motor learning. Psychol. Sport Exerc. 13:378–82
7. Chauvel G, Wulf G, Maquestiaux F. 2015. Visual illusions can facilitate sport skill learning. Psychon. Bull. Rev. 22:717–21
8. Palmer K, Chiviacowsky S, Wulf G. 2016. Enhanced expectancies facilitate golf putting. Psychol. Sport Exerc. 22:229–32
9. Trempe M, Sabourin M, Proteau L. 2012. Success modulates consolidation of a visuomotor adaptation task. J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn. 38:52–60

*Fortsetzung Literatur auf Seite 42*

10. Wulf G, Chiviawosky S, Lewthwaite R. 2012. Altering mindset can enhance motor learning in older adults. *Psychol. Aging* 27:14–21
11. Wulf G. 2011. Veränderbarkeits- und Wesenstheoretiker. Fähigkeitskonzepte und ihr möglicher Einfluss auf das Therapieergebnis. *Z. f. Physiotherapeuten* 63:45–8
12. Beck F, Beckmann J. 2010. Die Bedeutung striataler Plastizitätsvorgänge und unerwarteten Bewegungserfolgs für sportmotorisches Lernen. *Sportwissenschaft* 40:19–25
13. Schultz W. 2013. Updating dopamine reward signals. *Curr. Opin. Neurobiol.* 23:229–38
14. Deci EL, Ryan RM. 2008. Self-Determination Theory: a macro-theory of human motivation, development, and health. *Can. Psychol.* 49:182–5
15. Grand KF, Bruzi AT, Dyke FB, Godwin MM, Leiker AM, et al. 2015. Why self-controlled feedback enhances motor learning: answers from electroencephalography and indices of motivation. *Hum. Mov. Sci.* 43:23–32
16. Chiviawosky S, Wulf G, Lewthwaite R, Campos T. 2012. Motor learning benefits of self-controlled practice in persons with Parkinson's disease. *Gait Posture* 35:601–5
17. Lemos A, Wulf G, Lewthwaite R, Chiviawosky S. 2017. Autonomy support enhances performance expectancies, positive affect, and motor learning. *Psychol. Sport Exerc.* 31:28–34
18. Post PG, Fairbrother JT, Barros JA, Kulpa JD. 2014. Self-controlled practice within a fixed time period facilitates the learning of a basketball set shot. *J. Motor Learn. Develop.* 2:9–15
19. Wulf G, Freitas HE, Tandy RD. 2014. Choosing to exercise more: small choices can increase exercise engagement. *Psychol. Sport Exerc.* 15:268–71
20. Lewthwaite R, Chiviawosky S, Drews R, Wulf G. 2015. Choose to move: the motivational impact of autonomy support on motor learning. *Psychon. Bull. Rev.* 22:1383–8
21. Wulf G, Chiviawosky S, Cardozo P. 2014. Additive benefits of autonomy support and enhanced expectancies for motor learning. *Hum. Mov. Sci.* 37:12–20
22. Halperin I, Chapman DT, Martin DT, Lewthwaite R, Wulf G. 2016. Choices enhance punching performance of competitive kickboxers. *Psychol. Res.* 82:1051–8
23. Iwatsuki T, Abdollahipour R, Psotta R, Lewthwaite R, Wulf G. 2017. Autonomy facilitates repeated maximum force productions. *Hum. Mov. Sci.* 55:264–8
24. Hooyman A, Wulf G, Lewthwaite R. 2014. Impacts of autonomy-supportive versus controlling instructional language on motor learning. *Hum. Mov. Sci.* 36:190–8
25. Reeve J, Tseng CM. 2011. Cortisol reactivity to a teacher's motivating style: the biology of being controlled versus supporting autonomy. *Motiv. Emot.* 35:63–74
26. Wulf G. 2013. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *Int. Rev. Sport Exerc. Psychol.* 6:77–104
27. Kal EC, van der Kamp J, Houdijk H. 2013. External attentional focus enhances movement automatization: a comprehensive test of the constrained action hypothesis. *Hum. Mov. Sci.* 32:527–39
28. Wulf G, McNeven NH, Shea CH. 2001. The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Q. J. Exp. Psychol. A* 54:1143–54
29. Landers M, Wulf G, Wallmann H, Guadagnoli MA. 2005. An external focus of attention attenuates balance impairment in Parkinson's disease. *Physiotherapy* 91:152–85
30. Wulf G, Landers M, Lewthwaite R, Töllner T. 2009. External focus instructions reduce postural instability in individuals with Parkinson disease. *Phys. Ther.* 89:162–8
31. Fasoli SE, Trombly CA, Tickle-Degnen L, Verfaellie MH. 2002. Effect of instructions on functional reach in persons with and without cerebrovascular accident. *Am. J. Occup. Ther.* 56:380–90
32. Mückel S, Mehrholz J. 2014. Immediate effects of two attention strategies on trunk control on patients after stroke: a randomized controlled pilot trial. *Clin. Rehabil.* 28:632–6
33. McKay B, Wulf G, Lewthwaite R, Nordin A. 2015. The self: your own worst enemy? A test of the self-invoking trigger hypothesis. *Q. J. Exp. Psychol.* 68:1910–9
34. Pascua LAM, Wulf G, Lewthwaite R. 2015. Additive benefits of external focus and enhanced performance expectancy for motor learning. *J. Sports Sci.* 33:58–66
35. Kim W, Chang Y, Kim J, Seo J, Ryu K, et al. 2014. An fMRI study of differences in brain activity among elite, expert, and novice archers at the moment of optimal aiming. *Cogn. Behav. Neurol.* 27:173–82
36. Milton J, Solodkin A, Hluštík P, Small SL. 2007. The mind of expert motor performance is cool and focused. *NeuroImage* 35:804–13
37. Wulf G, Chiviawosky S, Drews R. 2015. External focus and autonomy support: two important factors in motor learning have additive benefits. *Hum. Mov. Sci.* 40:176–84
38. Wulf G, Lewthwaite R, Cardozo P, Chiviawosky S. 2017. Triple play: additive contributions of enhanced expectancies, autonomy support, and an external attentional focus to motor learning. *Q. J. Exp. Psychol. (Hove)*. Jan 24. [Epub ahead of print]



## Gabriele Wulf

Sportwissenschaftlerin; Promotion an der Deutschen Sporthochschule Köln, Habilitation an der Ludwig-Maximilians-Universität München; seit 2001 Professorin am Department of Kinesiology and Nutrition Sciences an der University of Nevada, Las Vegas; Forschungsschwerpunkt: motorisches Lernen. Kontakt: gabriele.wulf@unlv.edu