

---

## **Schlafbegleitende Lernprozesse nach dem Erlernen einer motorischen Aufgabe: Überprüfung der Generalisierbarkeit der aktuellen Forschungsbefunde anhand der Strategie multipler Aufgaben**

Klaus Roth<sup>2</sup>, Daniel Erlacher<sup>2</sup> (Projektleiter), Klaus Blischke<sup>1</sup>,  
& Sebastian Brückner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes, Sportwissenschaftliches Institut,

<sup>2</sup>Universität Heidelberg, Institut für Sport und Sportwissenschaft

### **Problem**

In der Schlafforschung konnte in zahlreichen Studien gezeigt werden, dass Schlaf eine wichtige Rolle bei der Gedächtnisbildung spielt (vgl. Maquet, Smith & Stickgold, 2003; Walker, 2005). Für die Sportwissenschaft entscheidend und die Sportpraxis interessant ist, dass vor allem prozedurale Gedächtnisinhalte (z. B. motorische Fertigkeiten) während des Schlafes gefestigt werden. Während ältere Modelle von einer ausschließlich stabilisierenden Wirkung des Schlafes auf neu erworbene Fertigkeiten ausgingen, zeigen neuere Befunde, dass im schlafenden Gehirn weitere Lernprozesse initiiert werden (z. B. Fischer et al., 2002; Walker et al., 2002). Das bedeutet, dass eine Person, die eine neue Bewegung erlernt und nach der Lernphase schläft, nach dem Schlaf die Bewegung nicht nur stabiler, sondern auch besser beherrscht, als eine Person, die nicht schlafen durfte. Durch verschiedene Studiendesigns konnte belegt werden, dass die schlafbegleitenden Lernphasen einen aktiven Prozess darstellen (vgl. Rasch & Born, 2008). Die Effekte der Konsolidierung werden vor allem auf einer physiologischen Ebene diskutiert, d. h. das Gehirn befindet sich während des Schlafes in einem optimalen Zustand, um Wissensinhalte aus dem Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis zu transferieren (vgl. Maquet et al., 2003).

Schlafbegleitende Lernprozesse wurden bislang fast ausschließlich für gut kontrollierbare Laboraufgaben, vor allem aber für das Produzieren von korrekten Fingersequenzen, nachgewiesen. Für die Sportwissenschaft und letztlich auch die Sportpraxis stellt sich jedoch die Frage, ob auch für sportrelevante Bewegungsabläufe vergleichbare Zuwächse in der Lernleistung durch Schlaf zu erfassen sind. Das Ziel des Forschungsprojektes war somit, die Generalisierbarkeit der aktuellen Forschungsbefunde aus der Neurowissenschaft anhand der Strategie multipler Aufgaben für sportrelevante Fertigkeiten zu überprüfen, um so möglicherweise Sportlerinnen und Sportlern aber auch Trainerinnen und Trainern Hinweise zur Optimierung sportmotorischer Lernprozesse mit Hilfe von Schlaf geben zu können.

## Methoden

Aus sportwissenschaftlicher Perspektive lassen sich die oben beschriebenen Befunde nur auf einige wenige Domänen des motorischen Lernens beziehen (z. B. motorisches Sequenzlernen). Jedoch ist das motorische Lernen stark beeinflusst durch eine Vielzahl von Faktoren der Bewegungsaufgabe und der Bedingungen des Lernens, und je nach untersuchter Aufgabe bzw. Lernvorgabe zeigen sich verschiedene Ergebnisse. Anhand des paradigmatischen Experiments von Walker et al. (2002) wurden in einer Reihe von Experimenten verschiedene Aspekte der Motorikforschung auf den Bereich der schlafbegleitenden Lernforschung ausgeweitet. Hierzu bot sich die Strategie multipler Aufgaben an (Blischke et al., 2009), die innerhalb der Sportwissenschaft bereits zuvor gewinnbringend eingesetzt wurde. Wenn auch die ursprüngliche Idee der Strategie der multiplen Aufgaben die Überwindung des Theorie-Praxis-Grabens darstellte (Heuer, 1988), ließ sich das Vorgehen auch in diesem Forschungsfeld anwenden. Der Fokus bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die Generalisierbarkeit der bisherigen Befunde auf verschiedene Aufgabenklassen und deren empirische Absicherung.

Ausgangspunkt der Forschungsstrategie war die gut untersuchte Finger-Tapping-Aufgabe (Walker et al., 2002). Anhand dieser wurden verschiedene – aus der Motorikforschung relevante – Facetten weiter exploriert. In Begriffen der Motorikforschung lässt sich die Finger-Tapping-Aufgabe als 1) feinmotorische 2) serielle, 3) selbst bestimmte 4) sequenzierungsbezogene und 5) sportferne Laboraufgabe bezeichnen, die 6) hohe kognitive Anteile aufweist. Zudem ist der Lernzuwachs für die Aufgabe nicht sprunghaft, sondern kontinuierlich. Es wurden deshalb sechs weitere (sport)motorische Lernaufgaben ausgewählt, die sich jeweils in einem dieser sechs Merkmale von der klassischen Walker-Aufgabe unterscheiden. Das Versuchsdesign in allen Experimenten wurde streng an die Studien von Walker et al. (2002) angelehnt. Dabei werden zwei Gruppen gebildet: Morgen-Abend-Morgen-Gruppe (MAM) und Abend-Morgen-Abend-Gruppe (AMA) und die einzelnen Bedingungen miteinander verglichen. Bei diesem Versuchsdesign wird keine Schlaflaborazeichnung benötigt, um schlafbedingte Lerneffekte nachzuweisen. Jedoch können auch keine Zusammenhänge zu verschiedenen Schlafstadien untersucht werden (siehe auch Blischke & Erlacher, 2007).

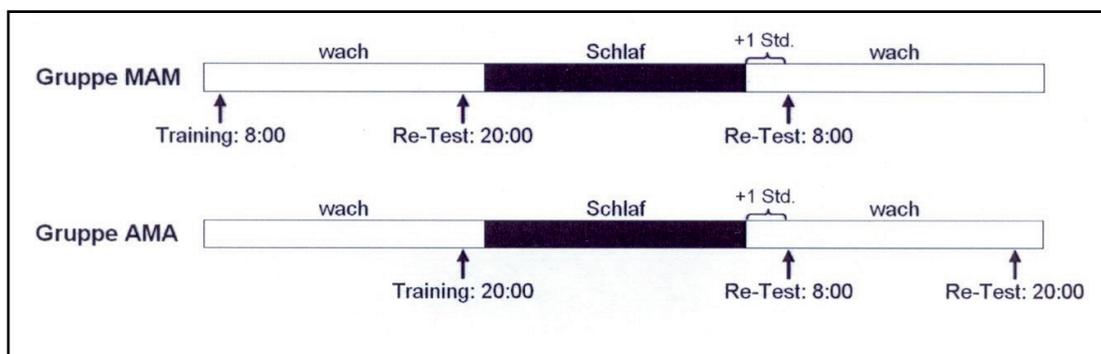


Abb. 1. Versuchsdesign für alle 6 Experimente

## Ergebnisse

Insgesamt lässt sich festhalten, dass in keinem der sechs Experimente schlafbegleitende Lerneffekte gefunden werden konnten. Für das Erlernen von relativen Zeitstrukturen von (Finger)Bewegungsfolgen ohne gleichzeitige räumliche Aufgabenanforderungen (Experiment 2), sowie für den Neuerwerb dynamischer Bewegungsparameter (präziser submaximaler Kraftstöße) bei großmotorischen Fertigkeiten (Experiment 3) konnten weder schlafkorrelierte Leistungssteigerungen, noch rein zeitabhängige Leistungsoptimierungen nachgewiesen werden. Die jeweils über 24 Stunden stabilen Reproduktionsleistungen lassen eine Überlagerung von eventuellen off-line-Optimierungen der jeweiligen fertigkeitsspezifischen Gedächtnisrepräsentationen durch parallel ablaufende Vergessensprozesse zugleich unwahrscheinlich erscheinen. Für Aufgaben, bei denen die Anforderung kontinuierlicher (visueller) Feedbackverarbeitung dominant ist (Experiment 1), scheinen demgegenüber zwar keine schlafkorrelierten Prozesse wirksam zu werden, wohl aber – wenn auch in geringfügigem Ausmaß – rein zeitabhängige Konsolidierungsvorgänge (vgl. Blischke et al., 2008). Beim Vergleich von Finger- und Armbewegungen ließen sich nur bei der Ausführung von Finger- (vgl. Walker, 2005) nicht aber bei Armbewegungen schlafbegleitende Lernprozesse feststellen (Experiment 4). Auch die Auswertung der im Rahmen einer Pilotstudie erhobenen Daten zum Die Scooping (Experiment 5) lassen nicht erwarten, dass dort analog zu den soliden Effekten von Walker (2005) entsprechende schlafbegleitende Effekte auftreten werden. Schließlich wurden auch für die praxisnahe Golf-Putting-Aufgabe (Experiment 6) keine Lernzuwächse über Nacht festgestellt.

Tab. 1. *Einteilung der sechs Experimente anhand verschiedener Facetten von Bewegungsmerkmalen und der entsprechenden Kriteriumsaufgabe.*

Exp.	Fokussierung	Aufgabe <sup>1</sup>	Schlafbegleitender Lerneffekt
1	selbst bestimmt vs. <b>vorgegeben</b>	Tracking	Nein (?)
2	Sequenz-gebunden vs. <b>Timing-gebunden</b>	Diamond-Tapping	Nein (?)
3	kognitiv vs. <b>motorisch</b>	Vertikalsprung	Nein
4	feinmotorisch vs. <b>großmotorisch</b>	Hand-Tapping	Nein (?)
5	<b>diskret-selbstsuchend</b> vs. seriell bzw. kontinuierlich	Die Scooping	Nein (?)
6	sportfern vs. <b>sportnah</b>	Golf-Putt	Nein

<sup>1</sup> Eine ausführlichere Beschreibung der Kriteriumsaufgaben findet sich in folgenden Veröffentlichungen: Experiment 1 bis 3: Blischke et al. (2008), Experiment 4: Schmidt et al. (in press), Experiment 5: Büsch (2006) und Experiment 6: Ehrlenspiel et al. (2004).

## Diskussion

Im Rahmen unserer Forschungsarbeiten zu schlafbegleitenden Prozessen beim Erlernen motorischer Aufgaben konnten wir die von Walker (2002) gefundenen stabilen schlafbegleitenden Lerneffekte replizieren (Blischke et al., 2008). Darüber hinaus konnten wir jedoch in keiner der sechs nach dem Prinzip der Strategie multipler Aufgaben (Heuer, 1988) ausgewählten motorischen Lernaufgaben solche schlafbegleitenden off-line Lerneffekte finden. Insbesondere die Ergebnisse von Experiment 4 lassen vermuten, dass nicht das Neulernen eines räumlich-sequentiellen Bewegungsmusters per se, sondern erst dessen feinmotorische Realisierung anschließende off-line Optimierungs-Prozesse wirksam werden lässt. Ob sich also schlafbegleitende Lernprozesse bei anderen Aufgaben-Kategorien als der Tapping-Aufgabe von Walker (2002) nachweisen lassen und in wie weit sich solche Effekte auch bei praxisnahen motorischen Aufgaben auswirken, bzw. sich konkrete praxisrelevante Interventionsvorschläge für den Spitzen- und Hochleistungssport ableiten lassen, müssen weitere Untersuchungen zeigen. Es soll darauf hingewiesen werden, dass in den durchgeführten Experimenten keine Schlafaufzeichnungen erhoben wurden. Es kann also durchaus sein, dass Zusammenhänge zwischen Konsolidierungs-Prozessen und Schlafstadien vorliegen, die in dem hier verwendeten Studiendesign jedoch unentdeckt blieben. Für großmotorische Aufgaben wie das Trampolinspringen konnten solche Korrelationen bereits nachgewiesen werden (Erlacher, Schredl & Blischke, 2009; BISp Projekt: VF070138/06). In zukünftigen Studien sollte dies Berücksichtigung finden.

## Literatur

- Blischke, K. & Erlacher, D. (2007). How Sleep Enhances Motor Learning – a Review. *Journal of human kinetics*, 17, 3-14.
- Blischke, K., Erlacher, D., Kresin, H., Brückner, S., & Malangre, A. (2008). Benefits of Sleep in Motor Learning – Prospects and Limitations. *Journal of human kinetics*, 20, 23-36.
- Blischke, K., Erlacher, D., Kresin, H., Brückner, S., & Malangre, A. (2009). Differential effects of sleep on motor learning: A multitask approach. *Journal of sport and exercise psychology*, 31 (Supplement June 2009), 31.
- Büsch, D. (2006). Anwendung der Konfigurationsfrequenzanalyse in der initialen Phase des Bewegungslernens. *Sportwissenschaft*, 36, 384-396.
- Ehrlenspiel, F., Voetz, M. & Hagemann, S. (2004). *Directing the focus of attention without instruction: A preliminary study*. Paper presented at the annual meeting of the Association for the Advancement of Applied Sport Psychology, Minneapolis, MN.
- Erlacher, D., Schredl, M. & Blischke, K. (2009). Effects of Learning Trampolining on REM sleep parameters: A replication study. *Journal of sport and exercise psychology*, 31 (Supplement June 2009), 31.
- Fischer, S., Hallschmid, M., Elsner, A. L., & Born, J. (2002). Sleep forms memory for finger skills. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99 (18), 11987-11991.
- Heuer, H. (1988). Motorikforschung zwischen Elfenbeinturm und Sportplatz. In R. Daugs (Hrsg.), *Neuere Aspekte der Motorikforschung*. Clausthal-Zellerfeld: dvs.
- Maquet, P., Smith, C., & Stickgold, R. (2003). *Sleep and Brain Plasticity*. New York: Oxford Press.
- Rasch, B., & Born, J. (2008). Reactivation and Consolidation of Memory During Sleep. *Current Directions. Psychological science*, 17, 188-192.
- Schmidt, S., Erlacher, D., Blischke, K., Brückner, S., & Müller, F. (in press). Sleep related enhancement in motor performance – gross vs. fine motor tasks. *Journal of sport and exercise psychology*.
- Walker, M. P. (2005). A refined model of sleep and the time course of memory formation. *Behavioral and brain sciences*, 28 (1), 51-64.
- Walker, M., Brakefield, T., Morgan, A., Hobson, J. & Stickgold, R. (2002). Practice with sleep makes perfect: Sleep-Dependent Motor Skill Learning. *Neuron*, 35 (1), 205-211.