

**Nicole Grützmaker<sup>1</sup>**

(1. Preisträgerin Referate Studierende)

## Alterseffekte beim inter-manuellen Üben einer einfachen Bewegungssequenz

### Summary

Recent Experiments have demonstrated that simple movement sequences are stored in motor coordinates after a few trials. The purpose of the present experiment was to determine whether aging interacts with the coding of a simple spatial-temporal movement sequence. Participant's task was to reproduce a simple movement sequence involving elbow extension and flexion by moving a lever to sequentially presented target positions. The inter-manual-practice paradigm included two acquisition days and two acquisition conditions (visual-spatial congruent and motor congruent). Results showed general advantages for younger adults and indicated that a congruent motor condition enhances superior performance in the retention test only for young participants.

### Zusammenfassung

Aktuelle Studien zeigen, dass einfache Bewegungssequenzen bereits nach wenigen Versuchen in motorischen Koordinaten gespeichert werden. Die aktuelle Studie soll herausstellen, ob das Lebensalter mit der Kodierung einer einfachen räumlich-zeitlich begrenzten Bewegungssequenz interagiert. In einem intermanuellen Übungsdesign über zwei Tage mit zwei Aneignungsbe-

---

<sup>1</sup> Betreuer der Arbeit ist Herr PD Dr. Stefan Panzer, z. Zt. Universität Münster und finanziell durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Projekts (PA 774/8-1)“ unterstützt.

dingungen (visuell-räumlich oder motorisch kongruent) war es die Aufgabe die einfache Bewegungssequenz mit Hilfe einer Ellbogenextensions- und Flexionsbewegung zu reproduzieren. Die Ergebnisse zeigen allgemeine Leistungsvorteile für die Junioren und deuten darauf hin, dass konstante motorische Bedingungen über beide Tage nur für die Junioren zu Leistungsvorteilen führen.

**Schlagworte:** Sequenzlernen, Sequenzkodierung, Altersunterschiede

## 1. Einleitung

Bewegungssequenzen, wie u. a. Schreiben, Klavierspielen, Maschineschreiben, Tanzen oder Karate stellen einen großen Anteil des menschlichen Bewegungsrepertoires über die gesamte Lebensspanne dar. Aktuelle Studien zeigen, dass ältere Erwachsene Bewegungssequenzen langsamer ausführen und auch langsamer erlernen (Motor Slowing Down) (Panzer, Grützmaker, Fries, Krüger & Shea, in press).

In einem aktuellen und empirisch bewährten Ansatz zum Lernen von Bewegungssequenzen wird von Hikosaka, Nakahara, Rand, Sakai, Lu, Nakamura, Miyachi und Doya (1999) zwischen einem visuellen und einem motorischen Koordinatensystem unterschieden, die im zentralen Nervensystem separat voneinander kodiert werden. Hierbei sind beide Koordinatensysteme unabhängig voneinander, arbeiten aber parallel, wobei ihnen unterschiedliche Eigenschaften im Hinblick auf bestimmte Gedächtnis- und Abrufleistungen im Lernverlauf zugeschrieben werden. Das visuell-räumliche System übernimmt in einer frühen Lernphase die handlungsleitende Rolle bei der Kodierung der Bewegung, wobei die Kodierung noch instabil und somit auch effektorunabhängig ist. In einer späten Lernphase übernimmt das motorische Koordinatensystem die handlungsleitende Rolle, ist bereits stabiler und somit an spezifische Effektoren gebunden (Hikosaka et al., 1999). Aktuelle Befunde zeigen, dass der Übergang von dem visuell räumlichen zu einem motorischen Koordinatensystem nicht nur übungsabhängig ist. Die Art der Aufgabe, wie kurzandauernd vorausgeplant und langandauernd online kontrolliert scheint ein wichtiger Aspekt für die Art der Repräsentation zu sein (Panzer, Krüger, Mühlbauer, Kovacs & Shea, 2009). So zeigt sich bei jungen Erwachsenen, dass vorausgeplante Sequenzen sehr schnell im motorischen Koordinatensystem kontrolliert werden, während on-line kontrollierte Bewegungen in einem visuell-räumlichen System abgespeichert werden. Der Kontrollmodus diktiert das Codierungssystem (Kovacs Boyle, Grützmaker & Shea, 2010). Bislang liegen aber nur wenige Befunde zum Sequenzlernen über die Lebensspanne vor. Einzelne Befunde von Byod, Vidoni und Siengsukon (2008) verweisen darauf, dass bei einfachen Bewegungen motor-slowng down Prozesse minimiert werden. Ziel in dem vorliegenden Experiment ist es, den Alterseinfluss bei der Kodierung einer einfachen vorausgeplanten Sequenz in einem intermanuellen

Übungsdesign zu untersuchen. Es werden zwei Hypothesen geprüft. Hypothese 1: Bei der Kodierung und Aneignung einer einfachen, zeitlich-räumlich begrenzten Bewegungssequenz treten keine altersbedingten Leistungsunterschiede auf. Hypothese 2: Kongruente motorische Bedingungen über beide Aneignungstage führen zu Leistungsvorteilen in den Retentionstests.

## 2. Methode

### 2.1 Teilnehmer

Junioren (N = 12, 23-29 Jahre) und Senioren (N = 12, 65-78 Jahre) nahmen freiwillig an der Studie teil. Die rechtshändigen Probanden (Pbn) hatten keine Vorerfahrung mit den Inhalten des Experimentes. Alle Pbn verfügten über normale oder zu normal korrigierten Sehleistungen und litten weder unter neurologischen noch muskulären Beeinträchtigungen. Der Ablauf und Inhalt des Experimentes wurde durch die lokale Ethikkommission bewilligt.

### 2.2 Apparatur

Die experimentelle Apparatur bestand aus einem höhenverstellbaren Stuhl vor einem Tisch auf dem zwei in horizontaler Richtung frei bewegliche Hebel befestigt waren. Die Hebel, auf die die Unterarme aufgelegt werden sollten, ermöglichten somit eine Extensions- und Flexionsbewegung im Ellenbogengelenk. Am Ende jedes Hebels war ein individuell verstellbarer Griff angebracht, den die Probanden während des Experimentes greifen sollten. An der Unterseite des Hebels war ein Potentiometer befestigt. Somit konnte die jeweilige Position des Hebels bestimmt und aufgezeichnet werden (Dateneinzugsrate 450 Hz). Über den Tisch mit den beiden Hebeln war eine weitere Holzplatte befestigt, um somit die Sicht auf Hebel und Arme zu nehmen. Mit Hilfe eines Videoprojektors wurde eine Sinusfunktion mit drei Umkehrpunkten an die Wand vor den Probanden projiziert (siehe Abbildung 1).



Abb. 1. experimenteller Aufbau

### 2.3 Aufgabe, experimentelle Gruppen und Ablauf

In einem intermanuellen Übungsdesign sollten die Probanden eine einfache, zeitlich und räumlich begrenzte Bewegungssequenz mit Hilfe einer Extensions- und Flexionsbewegung im Ellenbogengelenk über 2 Tage erlernen. Durch die Auslenkung eines Hebels nach rechts oder links (Extension und Flexion) sollte eine Ziel Sinuskurve reproduziert werden.

Die vier Experimentalgruppen setzten sich aus zwei Altersklassen (Junioren, Senioren) und aus zwei Aneignungsbedingungen (visuell-räumlich kongruent, motorisch kongruent) zusammen.

Das Experiment bestand aus drei experimentellen Sitzungen an drei aufeinanderfolgenden Tagen zu jeweils ca. 30 Minuten. Die Sequenz sollte in einem intermanuellen Übungsdesign angeeignet werden, d. h., die Probanden konnten die Sequenz mit beiden oberen Effektoren üben, mit dem dominanten Arm an Tag1 und mit dem nicht dominanten Arm an Tag 2. Nachdem die Probanden den Raum betreten haben füllten sie die Einverständniserklärung und den Händigkeits-Fragebogen aus und wurden zufällig einer der zwei Aneignungsbedingungen zugeordnet. Am ersten Tag übten alle Versuchsgruppen die gleiche Sequenz mit ihrem dominanten rechten Arm. Um diese Sequenz zu produzieren, musste der Hebel an die Startposition angenähert werden, die Probanden konnten dann selbst entscheiden, wann sie mit der Extensions- und Flexionsbewegung im Ellenbogengelenk beginnen, um die Sinusfunktion zu reproduzieren. Sobald sie die Bewegung starteten, verschwand die Zielfunktion und die Probanden mussten diese aus dem Gedächtnis reproduzieren. Nach jedem Versuch bekamen die Probanden ein visuelles Feedback, indem die von ihnen produzierte Funktion über die Zielfunktion projiziert wurde. An Tag 2 wurde diese Sequenz systematisch manipuliert. Alle Gruppen übten nun mit ihrem nicht dominanten linken Arm, wobei die Sequenz der visuell-räumlich kongruenten Aneignungsbedingung nicht verändert wurde. Die Probanden hatten die gleichen visuell-räumlichen Informationen, jedoch wurden durch die Nutzung des nicht-dominanten linken Armes die entgegengesetzten Muskelgruppen aktiviert. Bei der motorisch kongruenten Aneignungsbedingung haben die Probanden eine gespiegelte Funktion als Zielform erhalten. Somit hatten sie zwar andere (gespiegelte) visuell-räumliche Informationen, doch durch die Nutzung des nicht-dominanten linken Armes wurden die homologen Muskelgruppen aktiviert. An den beiden Aneignungstagen wurde die Sequenz jeweils in 11 Blöcken á 9 Versuchen geübt. An Tag 3 wurden die beiden geübten Bewegungssequenzen in 2 Behaltens-Tests (jeweils 1 Block á 9 Versuche) abgefragt (intermanuelles Übungsdesign siehe Abbildung 2).

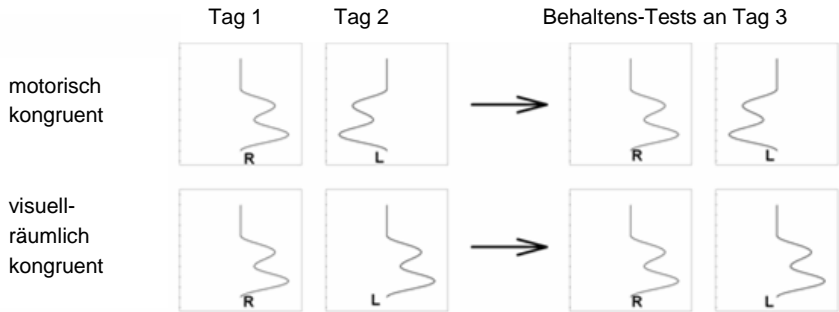


Abb. 2. Intermanuelles Übungsdesign mit identischer Sequenz an Tag 1, visuell-räumlich oder motorisch kongruente Sequenz an Tag 2 und Retentionstests an Tag 3

### 3. Ergebnisse

Alle Daten wurden mit Hilfe von Matlab berechnet (Mathworks, Natick, MA). Mit Hilfe des Potentiometers am Hebel wurde die Position des Hebels in Abhängigkeit von der Zeit erfasst. Der mittlere quadratische Fehler (Root Mean Scared Error, RMSE) wurde als abhängige Variable definiert.

#### 3.1 Aneignung

Der mittlere RMSE während der Aneignungsphase wurde mit einer 2 (Aneignungsbedingung: visuell-räumlich oder motorisch kongruent) x 2 (Tag: Tag1 und Tag 2) x 11 (Block: 1-11) ANOVA mit Messwiederholung ermittelt. Die Analyse zeigt, dass sich die Junioren über beide Tage stärker von Block zu Block verbessert haben als die Senioren (signifikante Interaktion Tag x Block  $F(10,200) = 5,97, p < .01, \eta_p^2 = .23$ , Haupteffekt Tag  $F(1,20) = 4,86, p < .05, \eta_p^2 = .19$ , Block  $F(10,200) = 61,43, p < .01, \eta_p^2 = .75$ , und Alter  $F(1,20) = 12,53, p < .01, \eta_p^2 = .39$ ). Es gab keinen Leistungsunterschied in Abhängigkeit von der Aneignungsbedingung (Ergebnisse siehe Abbildung 3).

#### 3.2 Behaltenstests

Der mittlere RMSE während der beiden Behaltenstests wurde mit einer erneuten 2 (Aneignungsbedingung: visuell-räumlich oder motorisch kongruent) x 2 (Alter; Junioren, Senioren) x 2 (Test: Sequenz von Tag1, Sequenz von Tag 2) ANOVA mit Messwiederholung ermittelt. Die Analyse zeigt, dass sich die Junioren Leistungsvorteile gegenüber den Senioren haben. Zusätzlich

zeigt sich, dass die Junioren, die mit motorisch kongruenten Aneignungsbedingungen üben durften bessere Leistungen in den Behaltenstests zeigen (Interaktion Aneignungsbedingung x Alter  $F(1,20) = 4,44$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2 = .19$ , und Haupteffekt Alter  $F(1,20) = 26.07$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2 = .57$ ). Innerhalb der Gruppe der Senioren gab es keinen Leistungsunterschied in Abhängigkeit von der Aneignungsbedingung (Ergebnisse siehe Abbildung 3).

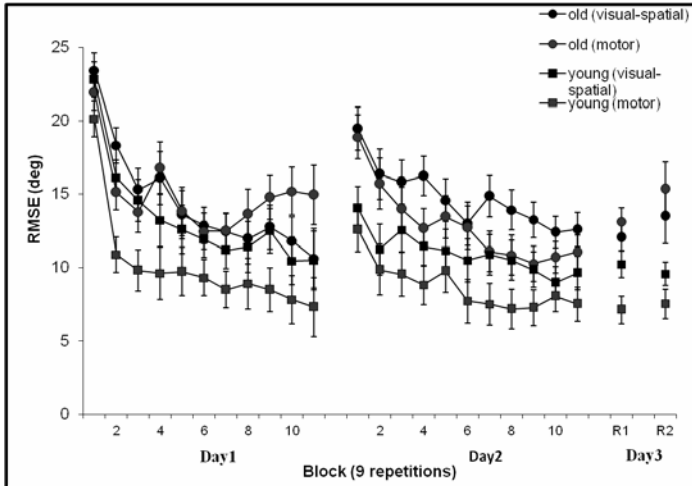


Abb. 3. Ergebnisse: RMSE aller Gruppen in Aneignung und Behaltenstests

#### 4. Diskussion

Ziel des vorliegenden Experiments war es herauszustellen, ob bei der Kodierung und Ausführung einer einfachen, räumlich-zeitlich begrenzten Bewegungssequenz altersbedingte Leistungsunterschiede bestehen. Hierzu lernten die Probanden die Sequenz über zwei Tage unter visuell-räumlich oder motorisch kongruenten Aneignungsbedingungen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich alle Probanden im Verlaufe des Aneignungsprozesses verbessern. In den Behaltenstests an Tag drei zeigt sich, dass die Junioren Leistungsvorteile gegenüber den Senioren haben. Die Hypothese der altersunabhängigen Aneignung der Bewegungssequenz kann somit nicht bestätigt werden. Es gibt altersbedingte Leistungsunterschiede. Des Weiteren haben die Junioren einen Leistungsvorteil, die unter kongruenten motorischen Bedingungen üben konnten. Dies spricht dafür, dass bei der Aneignung einer Bewegungsvorstellung einer einfach, zeitlich-räumlich begrenzten Bewegungssequenz die motorischen Informationen bereits nach zwei Tagen Übung eine handlungsleitende

Rolle spielen. Die Senioren wiederum profitieren weder von der visuell-räumlich konstanten noch von der motorisch konstanten Aneignungsbedingung. Dies spricht dafür, dass weder die visuell-räumlichen noch die motorischen Informationen nach einer Übungszeit von zwei Tagen eine handlungsleitende Rolle bei der Kodierung und Ausführung der Bewegungssequenz übernimmt. Die Hypothese zwei (Leistungsvorteile für die Gruppen mit motorisch kongruenten Aneignungsbedingungen) trifft somit nur für die Gruppe der Junioren zu. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich eine generelle Verlangsamung der Produktion von sequentiellen Bewegungen im hohen Erwachsenenalter abzeichnet (Motor Slowing Down Effekt).

## Literatur

Boyd, L.A., Vidoni, E.D. & Siengsukon C.F. (2008). Multidimensional motor sequence learning is impaired in older but not younger or middle aged adults. *Journal of Physical Therapy, 88*, (3), 351-362.

Hikosaka, O., Nakahara, H., Rand, M. K., Sakai, K., Lu, X., Nakamura, K. et al. (1999). Parallel neural networks for learning sequential procedures. *Trends in Neuroscience, 22*, 464-471.

Kovacs, A.J., Boyle, J., Gruetzmacher, N. & Shea, C.H. (2010). Coding of on-line and preplanned movement sequences. *Acta Psychologica, 133*, 119-126.

Oldfield, 1971.

Panzer, S., Krüger, M. Mühlbauer, T. Kovacs, A. & Shea, C. H. (2009). Intermanual transfer and practice: Coding of simple motor sequences. *Acta Psychologica, 131*, 99-109.

Panzer, S., Gruetzmacher, N., Fries, U., Krueger, M. & Shea, C. H. (in press). Aging effects in inter limb-practice and coding complex movement sequences. *Human Movement Science*.

## Verfasserin

**Nicole Grützmacher**, Studentin (bis Juni 2010), Institut für Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig