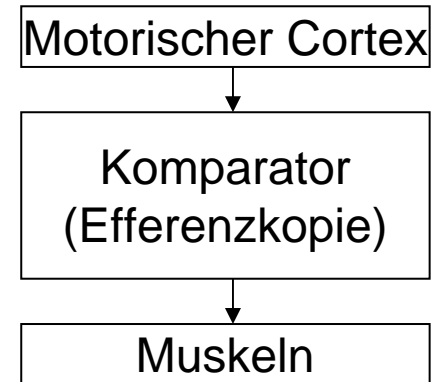
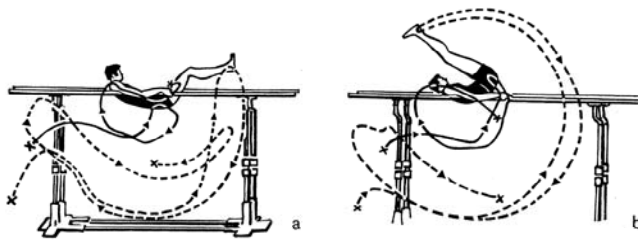


Motorisches Lernen - Motorische Kontrolle Bewegungskoordination



Günter Schnabel, Jürgen Krug, Stefan Panzer

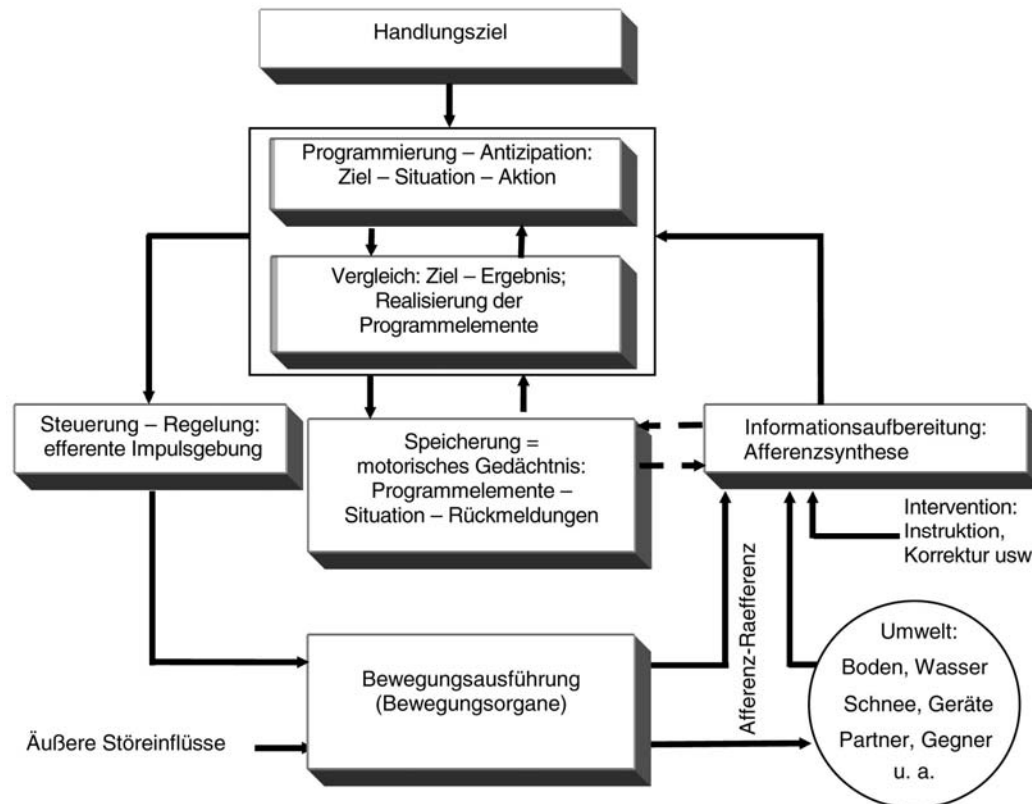
Überarbeitung Bewegungslehre-Sportmotorik

- Verlagswechsel vom Sportverlag Berlin zu Meyer & Meyer.
- 11. Auflage soll aktuelle Entwicklungen aufnehmen, aber dem Grundsatz „Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt“ treu bleiben.
- Im Mittelpunkt des Kolloquiums steht der Komplex Motorische Kontrolle-Motorisches Lernen, dies bezieht sich insbesondere auf die Kapitel
2. Bewegungskoordination und
4. Motorisches Lernen.

Theorie und Modell

- **Theorie:** Im Sinne des logischen Empirismus ein gesichertes Wissen, das aus dem Zusammenwirken von Erfahrung und Denken - und zwar nach ganz bestimmten, in der Methodologie der induktiven Wissenschaften beschriebenen Methoden - entsteht (Seiffert, 1992).
- **Modell:** „...refers to a description to a system or process that permits predictions. Models relevant to motor control permit predictions, for example, of the mechanical effects on the forearm on contracting the biceps muscles, of the optical effects on the retina of rotating the eye, and the haptic effects of gripping a cup of tea. As this examples show, models apply over a wide variety of events” (Brown & Rosenbaum, 2005).

Modell der Bewegungskoordination nach Schnabel



Weitere Beispiele für Modelle

• Motorische Kontrolle

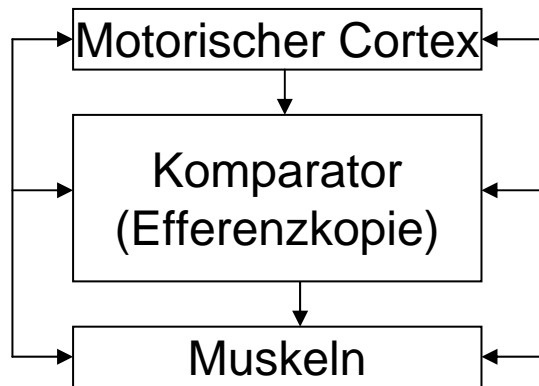
- Reflexbogen (Pawlow)
- Reafferenzprinzip (v. Holst & Mittelstädt)
- Funktionales System (Anochin)
- Bewegungskoordination (Bernstein)
- Handlungsregulation (Hacker)
- Schematheorie (Schmidt)
- Synergetikmodell (Kelso)
- Interne Modelle (Gordon, Wolpert)

• Motorisches Lernen

- Phasenmodell (Meinel & Schnabel)
- Hierarchisches Modell (Bernstein)
- Handlungstheoretisches Modell, VVR (Hacker)
- Sensorimotor Learning (Wolpert)
- Spatial to motor code changing (Hikosaka).

Kennzeichnung ausgewählter Modelle

Reafferenzprinzip



Modellaussage: Efferenzkopie ist zentralnerval abgelegt, Reafferenzen werden mit Efferenzkopie abgeglichen (Regelungskonzept).

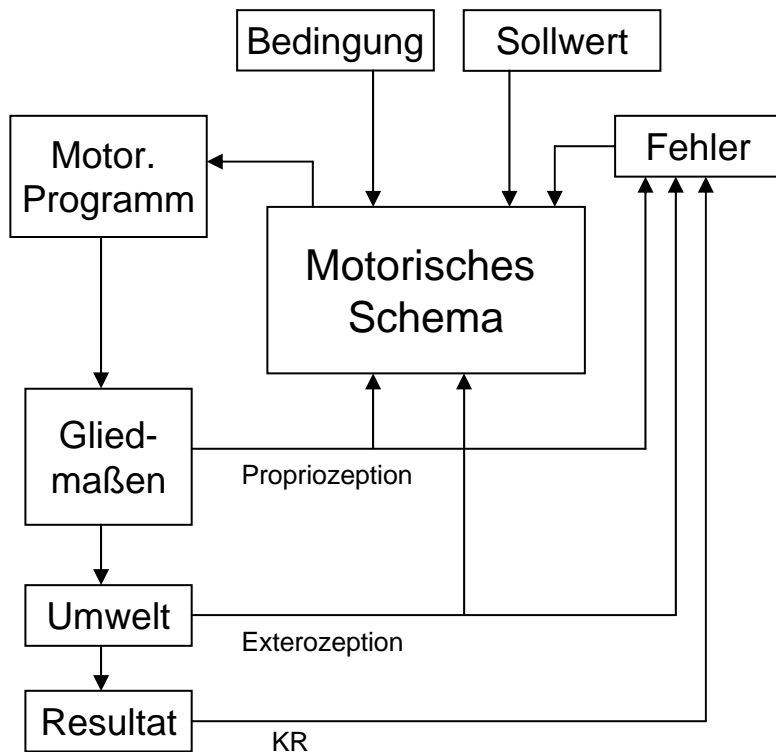
Gültigkeit: Angeborene Verhaltensweisen werden mit Exafferenzen (Informationen von außen) und Umwelt (Reafferenzen) verbunden.

Design: ohne empirische Fundierung.

Pädagogische Ableitung: Soll-Ist-Vergleiche sind unerlässlich.

Kennzeichnung ausgewählter Modelle

Schematheorie



Modellaussage: Ein Schema ist ein Satz von Regeln. Nicht jedes Sequenzelement ist gespeichert, nur das GMP. Kennwerte sind Kraft, Amplitude und Dauer. Invarianten sind relatives Timing, relatives Phasing (Kraft) und Ordnung des Sequenzings. Ein Recall (Erinnerungs-) Schema dient der Spezifikation und ein Recognition (Wiedererkennung-) Schema bewertet die Korrektheit der Ausführung.

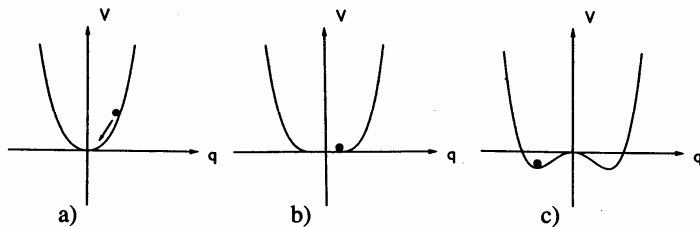
Gültigkeit: Bewegungen vom ballistischen Typ, wie Wurf, Stoß- und Sprungbewegungen

Design: Varianzanalytisches Design (z.B. KR vs. non KR), Operationalisierung des Verhaltens über Fehlermaße.

Pädagogische Ableitung: Zielsetzung und Soll-Ist-Vergleiche sind unerlässlich. Informationstrategien beeinflussen das Lernen (KR, KP). Das Recall Schema postuliert variables Üben (variability of practice).

Kennzeichnung ausgewählter Modelle

Synergetikmodell



Modellaussage: Per Selbstorganisation entsteht Ordnung. Annahmen der modernen Physik (Thermodynamik, nichtlineare Schwingungen, nichtlineare Wachstumsprozesse). Keine klassische Regelung, sondern periodischer Attraktor.

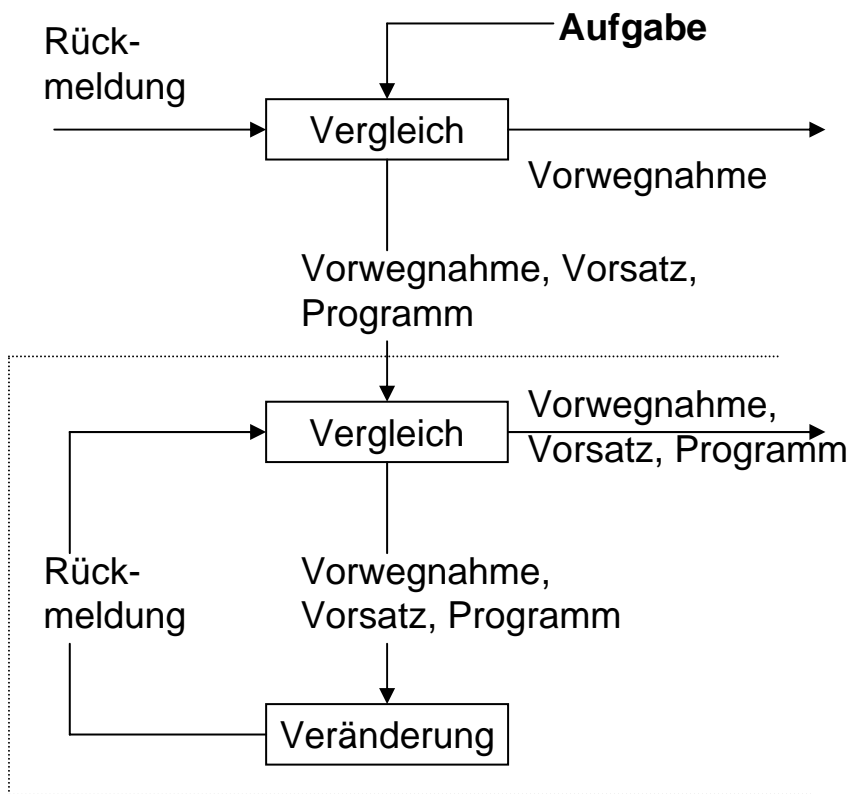
Gültigkeit: Zunächst zyklische rhythmische Bewegungen mittlerweile auch azyklische (z.B. Tennisschlag), Perzeptions-Aktions-Zyklen als Ganzheit, ökologische Handlungseinheiten statt Subjekt-Objekt-Betrachtungen.

Design: Mathematische Funktionen (nichtlineare Dynamik).

Pädagogische Ableitung: Knotenpunkte als führende Bewegungselemente, keine Fehler im klassischen Sinne, Verständnis für implizite Lernvorgänge.

Kennzeichnung ausgewählter Modelle

Handlungsregulationsmodell (VVR)



Modellaussage: Hierarchisches Drei-Ebenenmodell mit sensomotorischer, perzeptiv-begrifflicher und intellektueller Regulationsebene. Den Ebenen entsprechen im Abbildungsbereich Bewegungsentwurf, Handlungsschema und Handlungsstrategie.

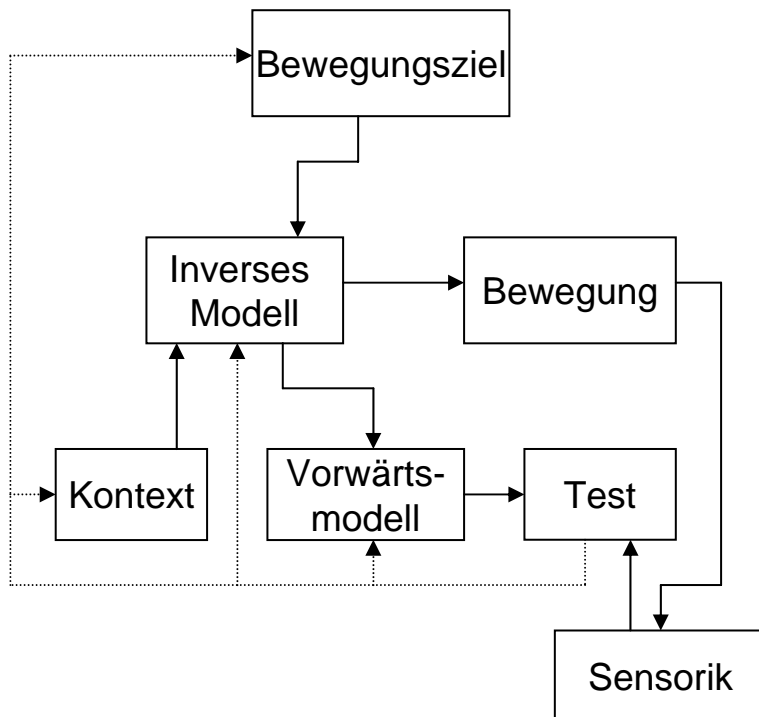
Gültigkeit: Hacker entwickelte das Modell für Arbeitsprozesse, Applikationen für sportliche Bewegungen z.B. in Meinel & Schnabel.

Design: Komplexe Beschreibung der Arbeitshandlung.

Pädagogische Ableitung: Ebenenspezifische Zuordnung von Trainingsmethoden möglich. Übertragungen auf technisch-taktische Handlungen.

Kennzeichnung ausgewählter Modelle

Interne Modelle



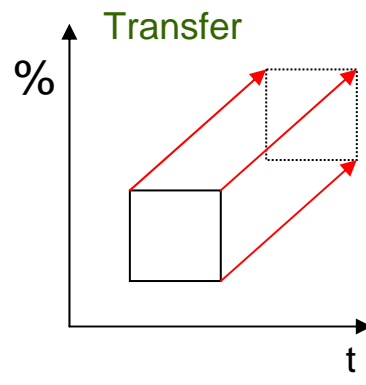
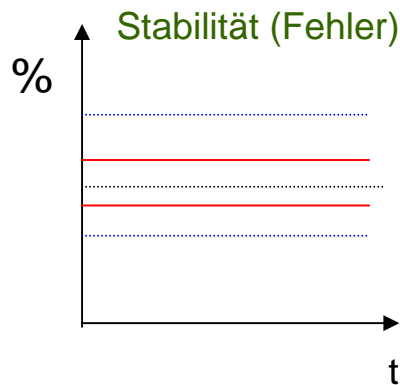
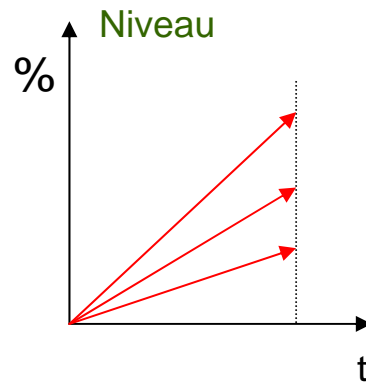
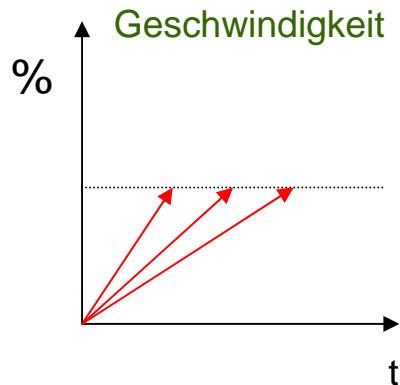
Modellaussage: Kognitives Modell mit Regelkreischarakter. Zunächst war das Vorwärtsmodell die Prädiktion von Kräften zur Bewegung und das inverse Modell die Rückkopplung von der Bewegung zu Kräften. Mittlerweile sind die Annahmen allgemeiner (z.B. Vorwärtsmodell als bewusste Antizipation).

Gültigkeit: Im Mittelpunkt stehen Bewegungen mit Kraftdifferenzierung. In Verbindung mit Prozessbetrachtungen beim motorischen Lernen wird mit einer Verallgemeinerung der Logistischen Funktion (Logit Transformation) gearbeitet.

Design: Mathematische Funktionen (nichtlineare Dynamik) unter Einbeziehung von EMG- und EEG-Verfahren.

Pädagogische Ableitung: Zunächst zum Verständnis motorischer Kontrolle, erste Ableitungen bei Kraftdifferenzierungsaufgaben zu erwarten. Für explizite und implizite Bewegungsaufgaben verwendbar.

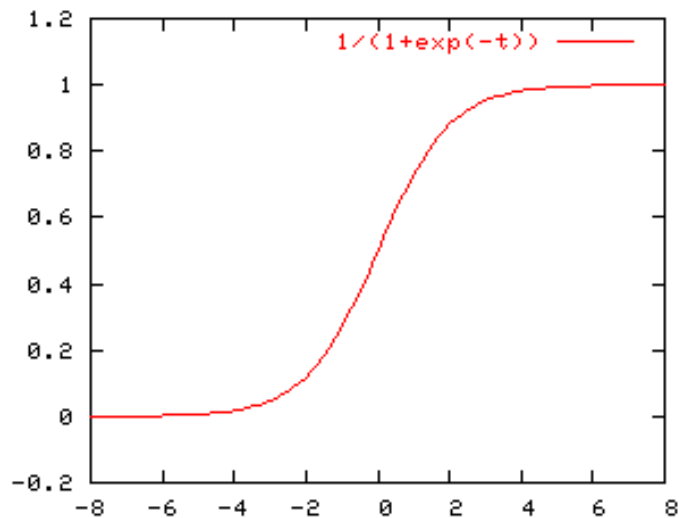
Erfassen des Lernerfolges



- Lernphasenunterschiede mit varianzanalytischem Design
- Veränderungsmessung mit PPA nach Lander
- Konfigurationsanalytische Typisierung von Verlaufskurven (u.a. Lienert)
- Induktiv-statistische Modellierung des Verlaufs
- Funktionale Abbildung des Verlaufs (Logits, Neuronale Netze, Differentialgleichungen).

Lernkurven

Logistische Funktion



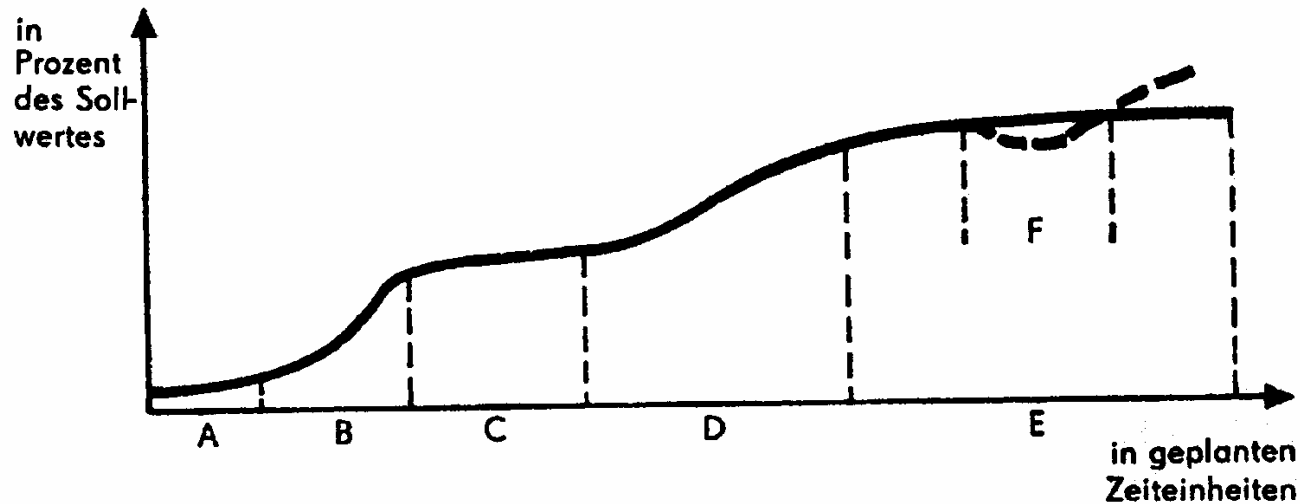
Ebbinghaus benutzte als Erster Lernkurven (besser Vergessenskurven).

Annahmen für die Verwendung der Logistischen Funktion sind u. a. ein zunächst langsamer Anstieg der Leistung, danach ein steilerer und später eine Konvergenz zum Endzustand.

Bei bekannten Endniveau ergibt sich durch Linearisierung:

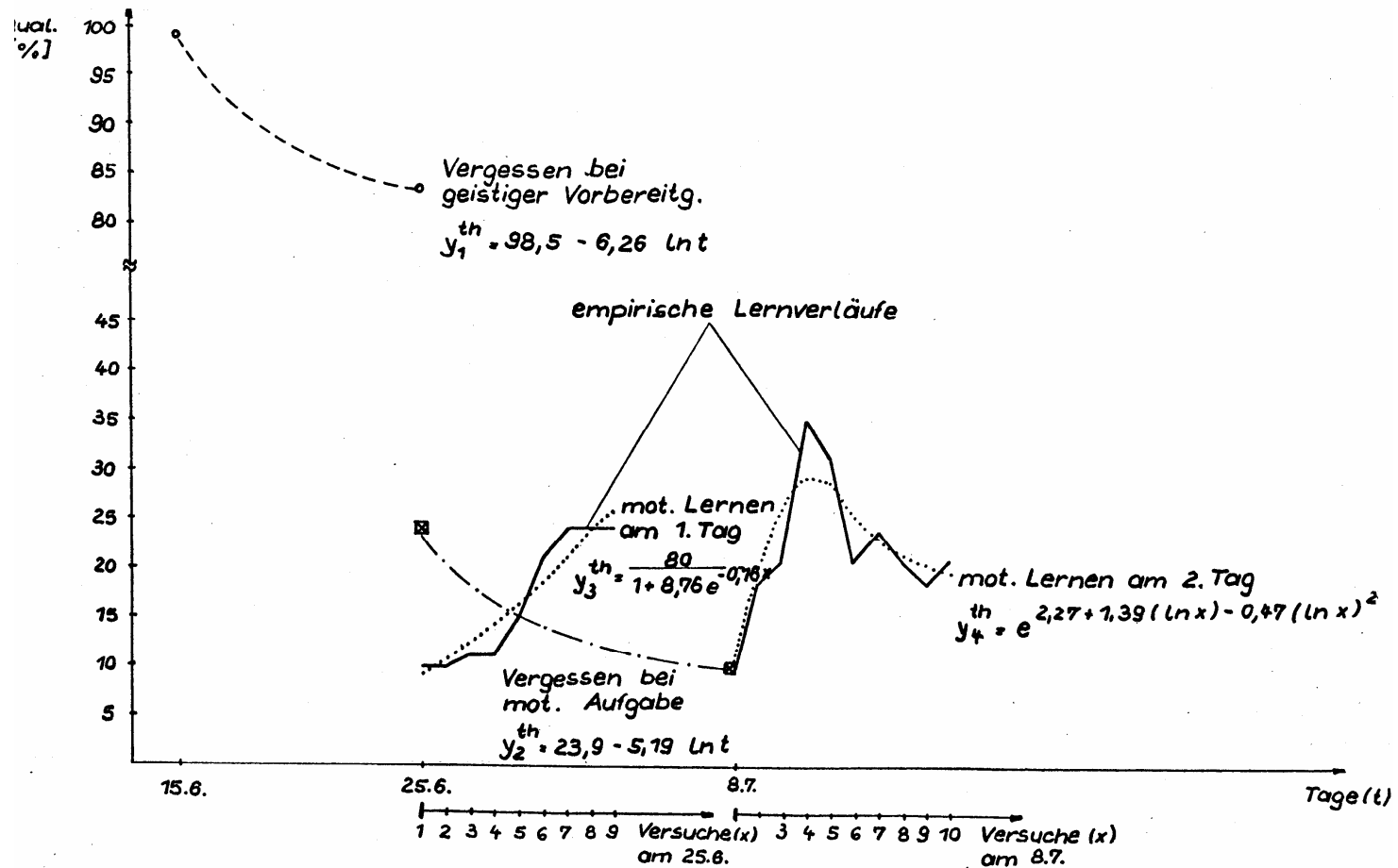
$$\ln b - ct$$

Lernkurve mit Phaseneinteilung (Pöhlmann, 2005)

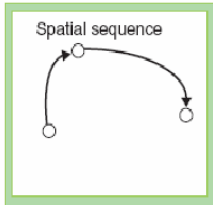


A = Einstellungsphase (warming up); B = Erstaneignungsphase (Akquisition); C = Plateaubildung (zero increase); D = Perfektionierungsphase (expert performance); E/F = Phase variabler Anpassung und Umstellung (assimilative und akkommodative Phase) inklusive Stabilisation und Labilisation

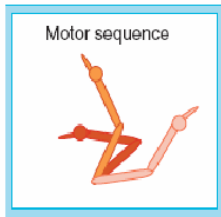
Lernen und Vergessen im Training



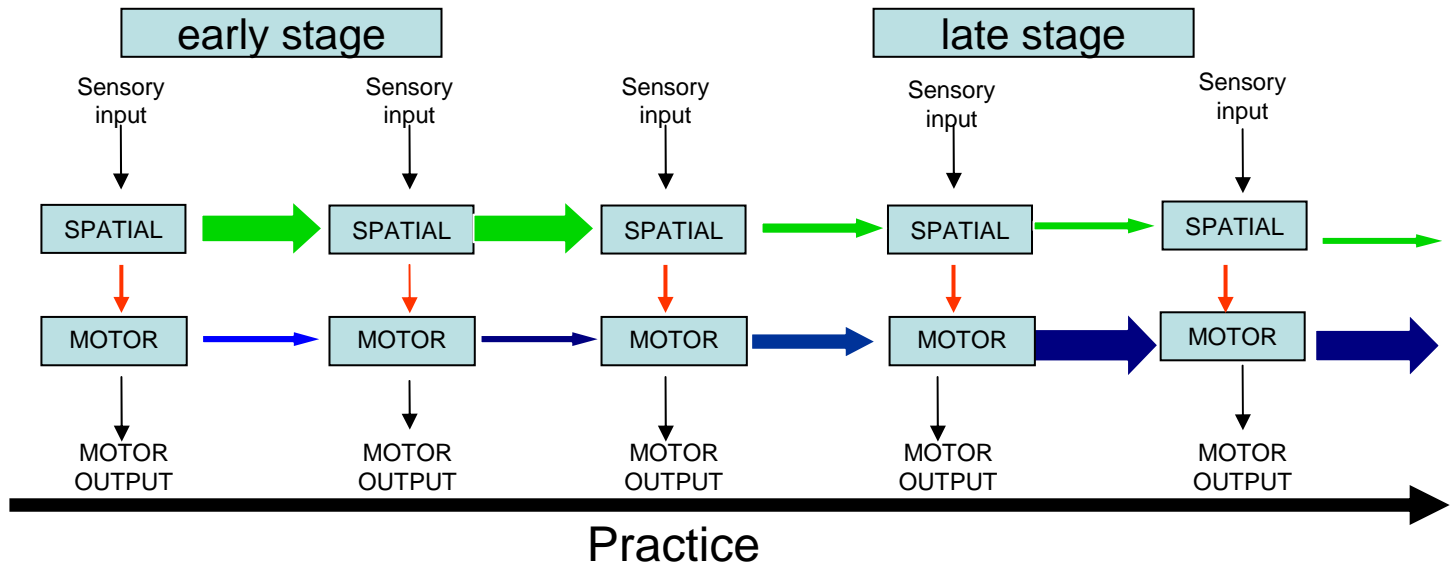
Paralleles Netzwerkmodell zum Sequenzlernen



visuelle Koordinaten

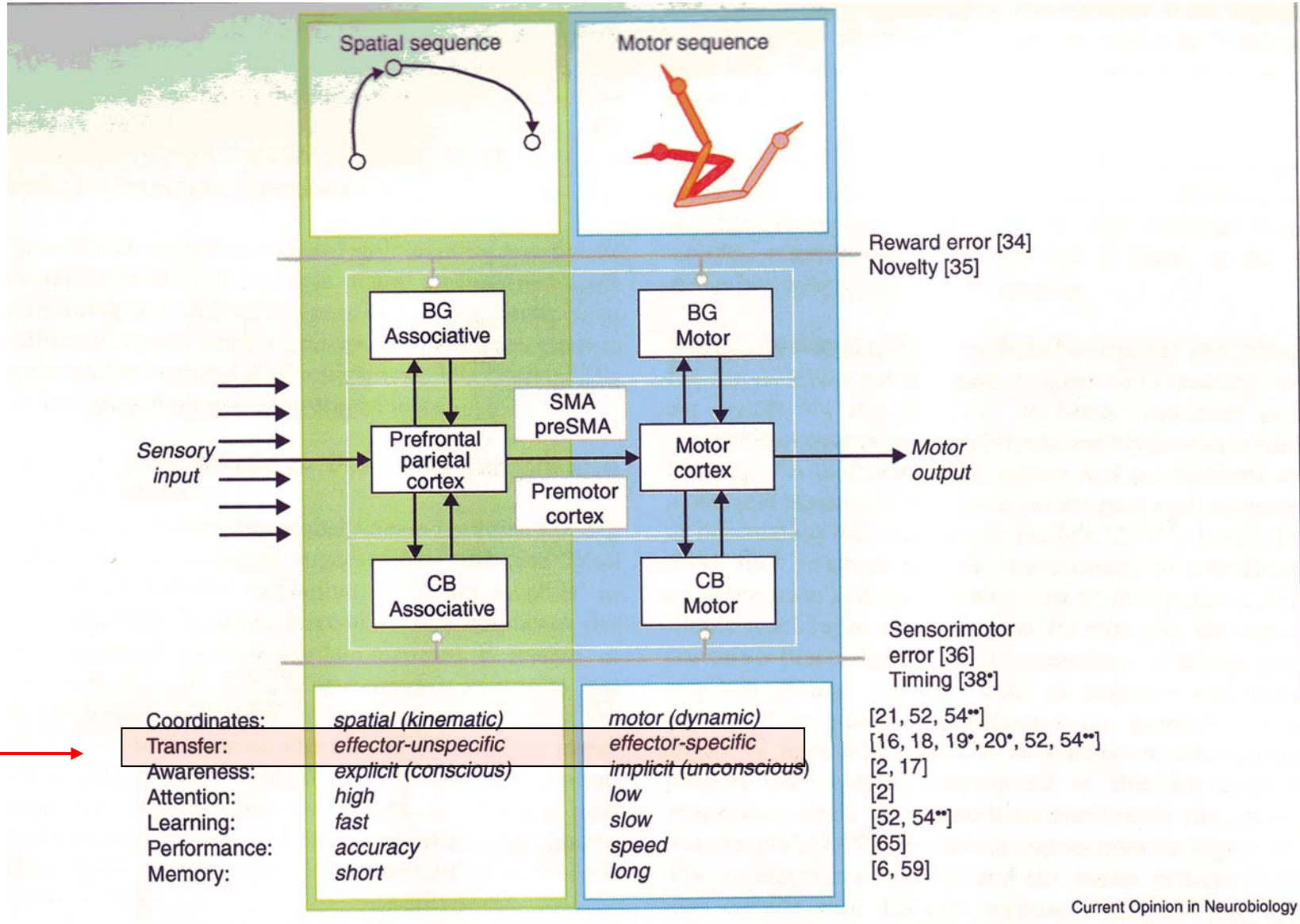


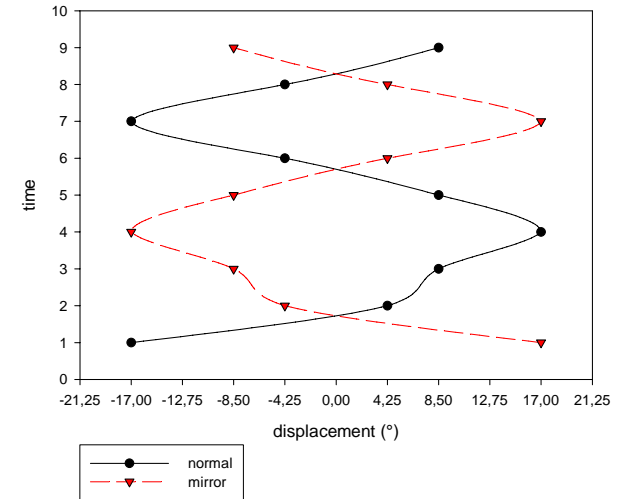
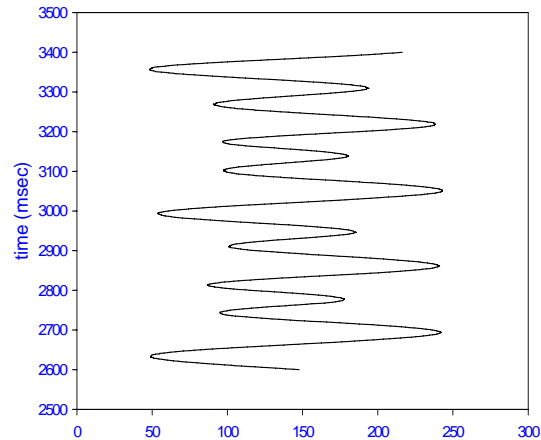
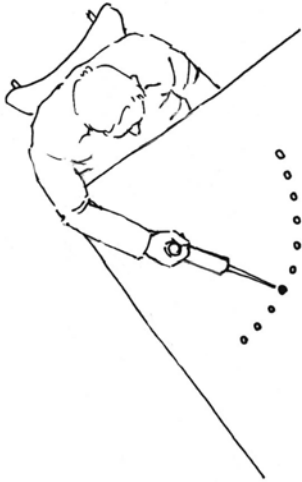
motorische Koordinaten



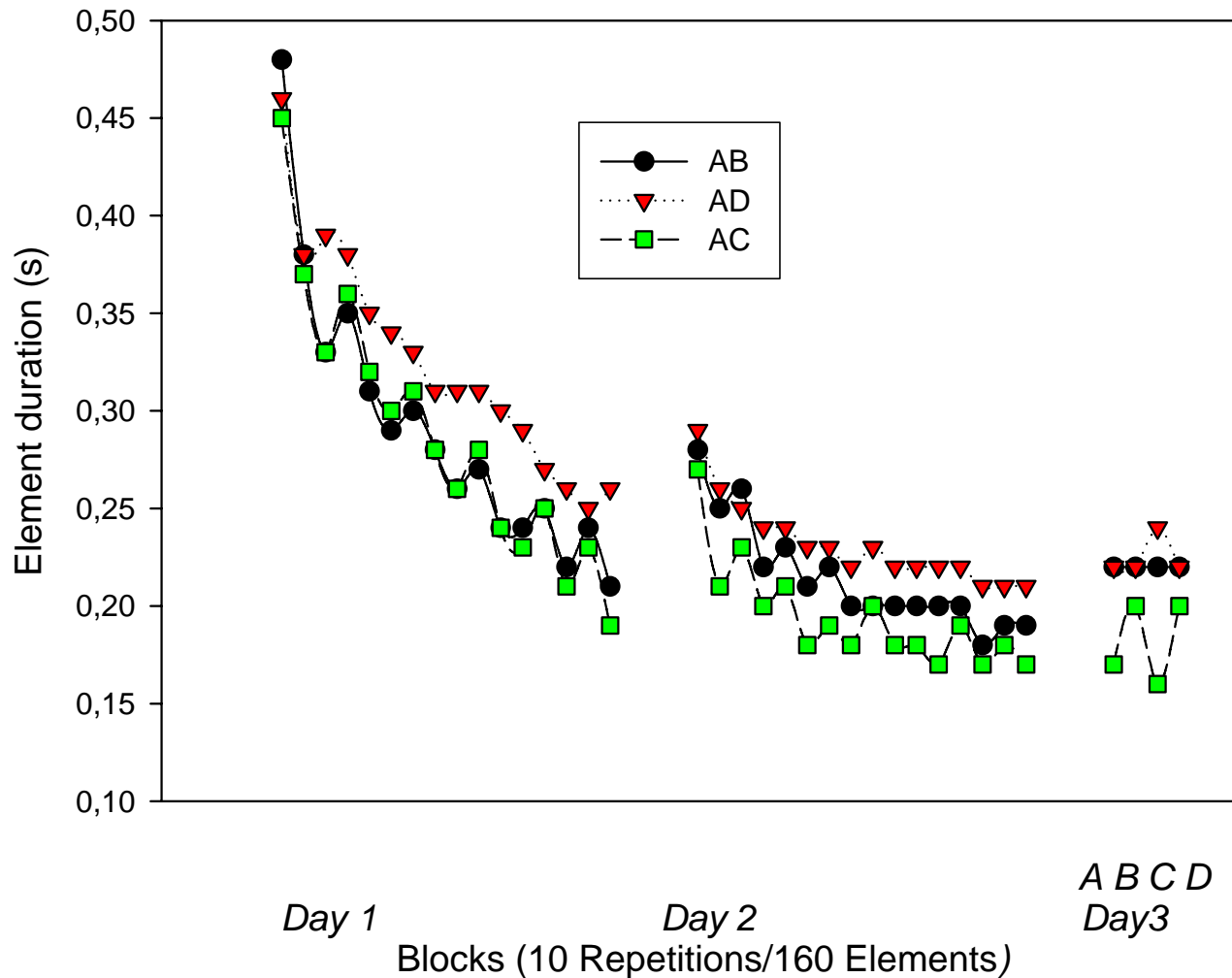
Hikosaka et al., 1999, 2002, (ebenso Bapi et al., 2000)

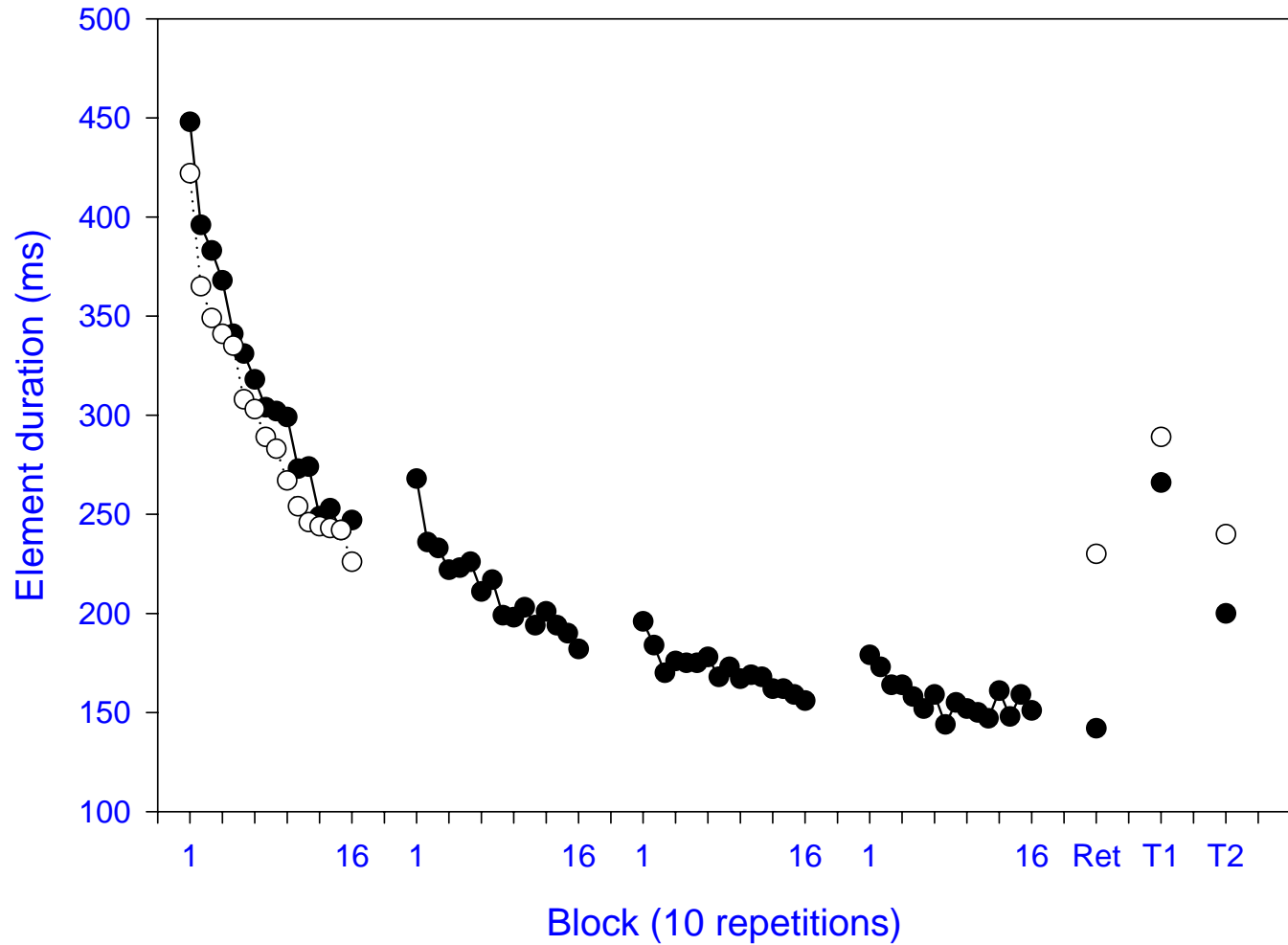
Schema





Sequence	Effector	Starting position	Relation to Sequence "A"
A	right arm	elbow extension	
B	right arm	elbow flexion	spatial arrangement is different order of muscles activation is different
C	left arm	elbow flexion	spatial arrangement is the same order of muscles activation is different
D	left arm	elbow extension	spatial arrangement is different order of muscles activation is the same





T1 = B

T2 = C

In einer frühen Lernphase ist die raumzeitliche Repräsentation dominant gegenüber der motorischen Repräsentation.

Mit fortschreitendem Lernen wird die Sequenz spezifischer (specificity of learning hypothesis). Transfer wird eingeschränkt. Die motorische Repräsentation wird dominant.

Weitere Experimente

1. Start mit der nicht dominanten Hand
2. Lernen einer Bewegungssequenz in der das raum-zeitliche Muster eine untergeordnete Funktion hat

Fazit

- Modelle der Motorik (motorische Kontrolle, motorisches Lernen) haben eingeschränkte Aussagekraft. Es gibt nicht ein Modell für alle Aufgaben!
- Folgt man einer übergreifenden Strukturierung dann gilt: motorische Kontrolle unterscheidet zwischen kognitiven (z. T. intellektuellen, aber auch über äußere Analysatoren aufgenommenen) und motorischen (sensomotorischen, propriozeptiven, statico-dynamischen) Anteilen. Motorisches Lernen wird in explizite (bewusste) und implizite (unbewusste) Anteile untergliedert. Es werden im Lernverlauf verschiedene Phasen differenziert.
- Für die Lehre haben Modelle unterschiedliche pädagogische Relevanz und Erklärungswerte. Komplizierte Sachverhalte erfordern eine pädagogische Transformation.