

**Thomas Schack, Tino Stöckel & Matthias Weigelt**

## Kognition und Emotion - Bausteine einer Bewegungsarchitektur<sup>1</sup>

### Summary

The present manuscript begins with a general introduction into the subtopics *cognition* and *emotion*. We will draw on empirical evidence from movement science studies to highlight the structural differences of both subsystems on the one hand, and to work out those structural and functional relations between the processes and structures that are subservient to cognition and emotion within the scope of a movement architecture on the other hand. The theoretical assumptions are supported by own research, while the structural and functional purpose of cognition within movement regulation is illustrated by studies on movement representation and the functional subtopic emotion is underlined by the interplay of anxiety and movement control.

### Zusammenfassung

Der Beitrag führt zunächst grundlegend in die beiden Teilbereiche *Kognition* und *Emotion* ein. Mit Bezug auf bewegungswissenschaftliche Studien werden dabei einerseits strukturelle Eigenheiten beider Subsysteme verdeutlicht und andererseits strukturfunktionale Bezüge zwischen den mit Kognition und Emotion bezeichneten Prozessen und Strukturen im Rahmen einer Bewegungsarchitektur herausgearbeitet. Diese integrativen Modellvorstellungen werden durch eigene Untersuchungen ergänzt: Die strukturfunktionale Bestimmung von Kognition innerhalb der Bewegungsregulation wird anhand von Untersuchungen zu

---

<sup>1</sup> Wir widmen diesen Beitrag Herrn Professor em. Hans-Jürgen Lander zum 80. Geburtstag.

Bewegungsrepräsentationen illustriert und für den Funktionsbereich Emotion wird der Zusammenhang von Angst und Bewegungskontrolle präzisiert.

**Schlagworte:** Bewegungsregulation, Emotion, Kognition, Bewegungsrepräsentation, Strukturkomponenten

## 1 Einleitung

Ausgangspunkt der folgenden Überblicksdarstellung ist die Annahme, dass den mit *Kognition* und *Emotion* bezeichneten Prozessen und Strukturen eine *funktionale* Bedeutung innerhalb der Bewegungsorganisation zukommt. Kognition und Emotion lassen sich als Strukturkomponenten einer willkürlichen Bewegungsregulation eingrenzen, deren Zweck u. a. darin besteht, Informationen über das adaptive Bewegungsrepertoire, den Grad der Zielannäherung und die Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung zu liefern. Damit erfüllen sie die Funktion von *informationellen* Größen. Weiterhin werden durch die kognitive Repräsentation verschiedener Bewegungsvarianten spezifische Möglichkeiten für eine adaptive und situationsadäquate Organisation der Bewegung zur Verfügung gestellt. Emotionale Zustände können dagegen als Repräsentation von Lage – und Zielerreichungszuständen aufgefasst werden, durch die adaptive Bewegungsalternativen in eine erhöhte Bereitschaft versetzt werden. In diesem Sinne können Emotionen und Kognitionen strukturfunktional als *intervenierende* Variablen innerhalb der Bewegungsregulation bestimmt werden. Letztendlich muss diesen Strukturkomponenten allerdings auch die Funktion von *systembildenden und systemerhaltenden* Komponenten zugesprochen werden. Die Repräsentation individueller Ziele und spezifischer Bewegungsroutinen hat für die Produktion und Reproduktion des Individuums eine ebenso kausale Potenz, wie die emotional attribuierte Bewertung der momentanen Bewegungsausführung. *Kognition und Emotion bilden damit innere Voraussetzungen einer mental kontrollierten (willkürlichen) Bewegungsregulation und stellen, ebenso wie die Bewegungsaufgabe und die konkrete Umwelt, wesentliche Eingangsgrößen für die Aktivierung und Realisierung zieladäquater Bewegungsprogramme dar.*<sup>2</sup>

## 2 Strukturkomponenten einer Bewegungsarchitektur

Auf der Basis dieser Funktionsbestimmungen werden die mit Kognition und Emotion bezeichneten Prozesse und Strukturen im weiteren Verlauf des Beitrages begrifflich eingegrenzt und anschließend im Rahmen einer Bewegungsarchitektur thematisiert.

---

<sup>2</sup> Wir danken Herrn Professor em. Günter Schnabel für Hinweise zur Präzisierung unserer Definition.

## 2.1 Kognitive Komponenten

Unter den Begriff *Kognition* fallen alle Prozesse und Strukturen, die der Informationsaufnahme, -bewertung und -speicherung dienen und dem Individuum Kenntnis über sich, die Umwelt und seine Verhaltenspotenz vermitteln. Dabei lassen sich die kognitiven Strukturen in zwei Substrukturen unterteilen. Neben den *Repräsentationssystemen* zählen dazu insbesondere die *Instrumentalsysteme* (*exekutive, also ausführende Systeme*). Der Instrumentalbestand umfasst alle Programm-, Regel- und Steuersätze, die zur Ausführung von Operationen innerhalb der willkürlichen Bewegungsregulation erforderlich sind. Die Instrumentalsysteme gewährleisten zielbezogene Operationen u. a. in solchen Funktionsbereichen wie Wahrnehmung, Antizipation, Problemlösen und Bewegungssteuerung. Repräsentationssysteme dienen dagegen der Speicherung bewegungsrelevanter Informationen. Sie bilden und organisieren letztendlich das Bewegungsgedächtnis und damit das Bewegungswissen.

Zu beiden Bereichen (Repräsentations- und Instrumentalsysteme) liegen umfangreiche sport-, bewegungs-, und kognitionswissenschaftliche Arbeiten vor. Im Folgenden soll hier beispielhaft auf Studien zur Bewegungssteuerung verwiesen werden. In diesem Zusammenhang gehen einige Studien der Frage nach, inwieweit unterschiedliche Anweisungen und Instruktionen die Aneignung neuer Bewegungstechniken beeinflussen (Gröben, 1995; Wulf, 2007; Wulf & Prinz, 2000). Dabei wird deutlich, dass sich verschiedenartige Instruktionen auch in unterschiedlichem Maße auf die Qualität der Bewegungsausführung auswirken. Für das Erlernen von Balancieraufgaben erwiesen sich beispielsweise *effektbezogene* Instruktionen gegenüber *ausführungsbezogenen* Instruktionen als günstiger für den Lernprozess (Wulf, Weigelt, Poulter, McNevin, 2003). Demnach wäre anzunehmen, dass durch unterschiedliche Instruktionseinhalte die kognitiven Subsysteme der Bewegungssteuerung mehr oder weniger zweckmäßig beeinflusst werden. Es sollte aber ebenso hinterfragt werden, inwieweit Sprache selbst (in Form von Selbstinstruktionen) zu einem funktionalen Bestandteil der Bewegung wird. Dieser Frage ist Munzert (1997) in einer Reihe von Studien nachgegangen. Er konnte zeigen, dass der Sprache in Relation zu Wahrnehmungsprozessen und Bewegungserfahrungen eine *initialisierende* und *strukturierende* Funktion zukommt. Anhand solcher Arbeiten zu ausführungsbezogenen (exekutiven) Systemen und weiteren Arbeiten zu eher repräsentationsbezogenen Systemen (vgl. Boschker, 2001; Effenberg, 2003; Munzert, 2001; Restat, 1999; Wiemeyer, 1994) wird es inzwischen möglich, ein Bild über kognitive Teilsysteme der Bewegung zu umreißen. Dabei kann das Zusammenspiel von ausführungs- und repräsentationsbezogenen Systemen der Bewegungsregulation aus unserer Sicht am ehesten im Rahmen einer kognitiven Architektur beschrieben werden (Schack, 2004; 2007).

Ein Grundgedanke dieser Modellvorstellung liegt darin, dass für die adäquate Beschreibung der Bewegungsorganisation eine vertikale Dimension kognitiver Prozesse und Strukturen beachtenswert wird. Solcherart hierarchische Modelle

wurden in der Motorikforschung mehrfach vorgeschlagen (vgl. Meinel & Schnabel, 2007, S. 66f). Das hier vorzuschlagende Modell baut auf Annahmen von Bernstein (vgl. Bernstein, 1947; 1996) auf, der sowohl hierarchische auch als auch heterarchische Merkmale der Bewegungskoordination hervorhob (vgl. weiterhin Schack, 2002). Dabei spannt sich das von uns thematisierte Mehrebenenmodell zwischen einer Ebene mentaler und einer Ebene sensomotorischer Kontrolle auf. Während die erstgenannte Ebene (IV) für zeichenvermittelte, exekutive Prozesse einer willkürlichen Steuerung zuständig ist, werden für die letztgenannte Ebene (I) eher elementare und automatisierte Funktionen angenommen. Dabei wirken die willkürlichen Komponenten steuernd und modulierend auf Prozesse der untersten Ebene ein. Sie sind intentional gesteuert und selbstreguliert, während die elementaren Funktionen stärker unter dem Einfluss von Reiz- und damit Umweltkonstellationen stehen.

Tabelle 1: Ebenen der Bewegungsorganisation (vgl. Schack, 2004).

Code	Ebene	Hauptfunktion	Subfunktion	Mittel
IV	<b>Mentale Kontrolle</b>	Regulation	volitive Initiierung; Strategieinsatz	Symbole; Strategien
III	<b>Mentale Repräsentation</b>	Repräsentation	effektbezogene Programmierung	Basic Action Concepts
II	<b>Sensomotorische Repräsentation</b>	Repräsentation	Speicherung sensorischer Effekte	modalitätsspezifisches Wissen
I	<b>Sensorische Kontrolle</b>	Regulation	raum-zeitliche Adjustierung	funktionelle Systeme; basale Reflexe

Die in Tabelle 1 dargestellten Ebenen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer zentralen Aufgaben in Regulations- und Repräsentationsebenen. Für jede Ebene wird dabei eine *funktionale Autonomie* angenommen. Weiterhin dienen den verschiedenen Ebenen unterschiedliche Mittel zur Gewährleistung von *regulations-* und *repräsentationsspezifischen* Subfunktionen. Dabei ist die hier gewählte Bezeichnung der Ebenen (I-IV) nicht zwangsläufig als eine Rangfolge zu verstehen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass, je nach Aufgabe und Automatisierungsgrad der Fertigkeit, eine dieser Ebenen die Funktion einer *führenden* Ebene übernimmt.

Die Funktion der Ebene mentaler Kontrolle wurde bereits hinsichtlich der willkürlichen Bewegungsregulation skizziert. Auf dieser Ebene erfolgt auch die Codierung des antizipierten Bewegungsergebnisses (des erforderlichen Künftigen, nach Bernstein, 1996). Die Ebene mentaler Repräsentation (III) bildet in erster Linie eine kognitive Referenzgröße für diese Regulationsebene (IV). Sie ist konzeptuell organisiert und dafür zuständig, dass das antizipierte Bewegungsergebnis in ein Bewegungsprogramm überführt werden kann. Außerdem bildet sie den Hintergrund für Prozesse des Programmierens, sowie der räumlichen und zeitlichen Programmierung. Diese kognitiven Vorgänge

werden auf menschlicher Entwicklungsstufe als neurophysiologisch isolierbare und getrennt störbare Systeme nachweisbar.

Es soll nun knapp die Funktionsweise der unteren Ebenen (I und II) skizziert werden. Die Ebene Sensomotorischer Kontrolle (Ebene I) steht, wie bereits erwähnt, in einer direkten Verbindung mit der Umwelt. Gemäß des ökologischen Realismus ist es deshalb sinnvoll, nicht nur zu fragen, was diese Ebene integriert, sondern worin (in welche Umweltbezüge) sie integriert ist. Die Ebene Sensomotorischer Kontrolle beinhaltet dynamische Stereotype, Routinen, Fertigkeiten und baut auf funktionelle Einheiten auf, deren wesentliche Invariante der Bewegungseffekt ist. Die kognitiv-physiologische Seite des Bewegungseffektes wird dabei durch einen Komplex afferenter Parameter gebildet. Diesen Komplex afferenter Parameter kann man sich am ehesten als eine Afferenzsynthese vorstellen, die für die jeweilige Bewegungssequenz charakteristische Formen annimmt. Damit setzt sich jede funktionelle Einheit aus dem tatsächlichen Endeffekt einer Bewegung (in einer gewissen Spielbreite), dem zugehörigen Rezeptorkomplex, den rückläufigen Reafferenzen, der effektbezogenen Afferenzsynthese und den Effektoren zusammen (vgl. Anochin, 1967). Dieses System der Bewegungsregulation ist weitgehend autonom. Ein Automatismus stellt sich dann ein, wenn diese Ebene über eine ausreichende Menge an Korrekturmechanismen für die stabile Erreichung eines angezielten Effektes verfügt. Damit ist die Ebene Sensomotorischer Kontrolle nicht weniger für eine Absichtsrealisierung zuständig, als die Ebene Mentaler Kontrolle. Die Ebene sensomotorischer Kontrolle realisiert eine *direkte Absichtsrealisierung* (vgl. Goschke, 1996). Selbst wenn die hier ablaufenden Prozesse automatisiert sind, gehen diesen Automatismen und Routinen in der Regel Absichten voraus. Die Ebene Mentaler Kontrolle ist dagegen für eine *indirekte Absichtsrealisierung* zuständig, bei der zumeist eine Reihe von Zwischenschritten (etwa der Einsatz von solchen Strategien wie Aufmerksamkeitskontrolle) für eine willkürliche Bewegungsausführung zum Einsatz kommt.

Die Aufgabe der Ebene sensomotorischer Repräsentation (Ebene II) ist es, modalitätsspezifische (re-)afferente Informationen zu speichern. Das sind in der Regel Informationen über jene sensorischen Effekte, die die Ausführung einer Bewegung begleiten und/oder ihr als wahrnehmbare Ereignisse in der Umwelt (Bewegungsergebnisse) folgen. Die Ebene II repräsentiert demnach Informationen über Bewegungseffekte aus unterschiedlichen sensorischen Modalitäten (visuell, auditiv, taktil, kinästhetisch, usw.). Welche Modalität besonders relevant für die Steuerung einer Bewegung ist, hängt dabei u. a. auch vom Zeitpunkt im Lernprozess (also der Expertise des Lernenden) und der Bewegungsaufgabe selbst ab (vgl. Bernstein, 1996; Meinel & Schnabel, 1987, 2007).

## 2.2 Emotionale Komponenten einer Bewegungsarchitektur

*Emotionen* sind funktional mit dieser Bewegungsarchitektur verknüpft und repräsentieren Zielerreichungszustände sowie die momentane Situationsbewertung des Individuums. In diesem Sinne sind Emotionen eng mit der willkürlichen Kontrolle der Bewegung verbunden und liefern spezifische und kognitiv verwertbare Informationen über die Bewegungsregulation. Darüber hinaus kommt Emotionen, psychodynamisch betrachtet, eine Art Verstärkerfunktion zu. Adaptive Bewegungsprogramme werden in Bereitschaft versetzt und das Gesamtsystem in Richtung effektbezogener Bewegungskonsequenzen aktiviert.

Interessant ist an dieser Stelle das Zusammenspiel von kognitiven und emotionalen Komponenten der Bewegung. Generell - so wird hier von uns angenommen - ist die Auslösung emotionaler Zustände an Bewertungsprozesse gebunden, wobei die dazu nötige Informationsbewertung auf der Basis von kognitiven Bewertungskriterien erfolgt. Phylogenetisch prädisponierte (subkortikale) Bewertungsmechanismen werden einem "primären Bewertungsmodul" zugeordnet, erfahrungsabhängige (ontogenetisch erworbene) Bewertungsmechanismen sind in einem (kortikal angelagerten) "sekundären Bewertungsmodul" verortet. Erstere Mechanismen sind an Teile des limbischen Systems gebunden und können somit quasi gleichzeitig mit dem Eintreffen von Informationen (z. B. „Feuer!“), die einer primären (subkortikalen) Bewertung unterliegen, artbezogen zweckmäßige emotionale Reaktionen hervorrufen. Handelt es sich um Informationen, deren Bewertung an einen individuellen Gedächtnisbestand gebunden ist und nur erfahrungsabhängig erfolgen kann (z.B. „heiße Herdplatte!“), erfolgt die Auslösung emotionaler Reaktionen nach der kognitiven Verarbeitung (vgl. Lander, 1987). Einen spezifischen Aspekt der kortikalen Bewertungsmechanismen bilden die auf der Ebene mentaler Kontrolle angesiedelten Bewertungsprozesse, die mit dem Realisierungsgrad willkürlicher Bewegungsregulation korrespondieren. Diese Bewertungsprozesse beziehen sich auf die aktuell gesetzte oder antizipierte Bewegung. Ihr spezifischer Status der Bewertung soll hier in einem „tertiären“ Bewertungsmodul (BM) verortet werden.

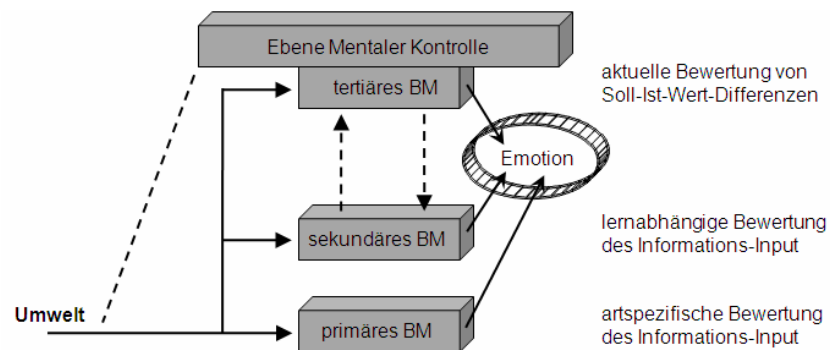


Abbildung 1: Funktionale Beziehung zwischen Bewertungsmodulen (BM) und Prozessen der Emotionsauslösung während der Bewegungsregulation. Es wird die phylogenetische, ontogenetische und aktualgenetische Dimension emotionaler Prozesse deutlich (vgl. Schack, 2003,a).

Die im tertiären BM erfolgten Bewertungsprozesse bezüglich der Bewegungseffizienz werden nach Abschluss oder Abbruch der Bewegung als „Individualererfahrung“ im sekundären BM gespeichert und werden dort zur Basis für eine spezifische Reizklassifikation. Das wiederholte Bewerten von Bewegungskontrolledefiziten mit daran gebundenen emotionalen Prozessen (hier Angst) prägt die Bewertungsmechanismen im sekundären BM derart, dass eine überdauernde Bereitschaft entsteht, bei bestimmten Klassen von Bewegungsproblemen Angst zu entwickeln; es entsteht eine sport- bzw. bewegungsbezogene Ängstlichkeit. Die fortlaufend kognitive Bewertung von Informationen über die Effizienz angezielter Bewegungen und deren Wirkungen (hier verstanden als Rückmeldemechanismus) ist also emotional attribuiert.

Die hier skizzierten Modellvorstellungen zu den mit Kognition und Emotion bezeichneten Strukturkomponenten einer Bewegungsarchitektur sollen im Folgenden durch Untersuchungen zu beiden Bereichen ergänzt werden. Die strukturelle Bestimmung von Kognition innerhalb der Bewegungsregulation wird anhand von Untersuchungen zu *Bewegungsrepräsentationen* illustriert. Weiterhin werden für den Funktionsbereich Emotion Untersuchungen dargestellt, die den Zusammenhang von Angst und Bewegungskontrolle präzisieren.

### 3 Die kognitive Repräsentation von Bewegungen

In der bisherigen Darstellung wurde hervorgehoben, dass sich Sportler zur Lösung anfallender Bewegungsprobleme kognitiv spezifischer Mittel bedienen. Als ein beachtenswertes Mittel der Bewegungsorganisation werden im Rahmen der dargestellten Bewegungsarchitektur kognitive (mentale) Repräsentationen

angesehen (vgl. Hoffmann, 1986; Nitsch, 2000; Schack, 2001b; Schack & Hackfort, 2007). Diese Bewegungsrepräsentationen konkretisieren das „Modell des erforderlichen Künftigen“ (Bernstein, 1996) und liefern der momentanen Bewegungsausführung vorauslaufende Sollwerte für einzelne Programmelemente und für antizipationsgeleitete Korrekturen. Damit bilden sie so etwas wie Strukturen über Programme. Wir nehmen also an, dass Bewegungsrepräsentationen nur selten als geschlossene Entität abgerufen und programmartig abgearbeitet werden. Wahrscheinlicher ist, dass zur Lösung von Bewegungsproblemen auf der Basis vorhandener Repräsentationen und aktueller Informationen aus der Umwelt das relevante Bewegungswissen generiert wird. Dabei bildet die kognitive Bewegungsrepräsentation eine Referenzgröße, die strukturierend auf einlaufende Informationen und aktivierte Vorstellungen im Arbeitsgedächtnis wirkt.

Nach den bisherigen Ausführungen ist die kognitive Repräsentation der Funktionalstruktur eigener Bewegungen eine wesentliche und lernabhängige Bezugsgröße für die willkürliche Steuerung unserer Bewegungen (vgl. Nitsch, 2000; Schack, 2001b, 2007). Ausgangspunkt der weiteren Darstellung ist die Annahme, dass Bewegungsrepräsentationen konzeptuell (begrifflich) strukturiert sind und das so genannte *Basic Action Concepts* (Knotenpunkte der Bewegung) die kognitiven Basiseinheiten des Systems bilden. *Basic Action Concepts* (BACs) sind kognitive Clusterungen von Bewegungsimpulsen und zugehörigen sensorischen Effekten hinsichtlich ihrer funktionalen Äquivalenz bei der Lösung von Bewegungsaufgaben. Es existieren eine Reihe von Arbeiten, die diese Annahme stützen (vgl. etwa Hoffmann, 1986). Für eine genauere Beschreibung, der hier erwähnten BACs ist wesentlich, dass diese kognitiven Einheiten einerseits funktionale Merkmalsätze (der Bewegung) bündeln und gleichzeitig über verschiedene Oberflächenstrukturen (Marken) beschreibbar werden. Solche Marken sind u. a. verbal, optisch, kinästhetisch und mitunter akustisch. Demnach kann man einzelne BACs verbal bezeichnen, optisch darstellen, in den Muskeln fühlen, über Begleiterscheinungen hören, usw. Innerhalb eines BACs nimmt also jede Marke Bezug auf dieselbe kognitive Einheit.

Die unterschiedlichen Relationen zwischen einzelnen BACs bestimmen gleichzeitig auch die Struktur einer spezifischen Bewegungsrepräsentation. Unter der Struktur einer Bewegungsrepräsentation wird dabei die interne Gruppierung (Clusterung) der konzeptuellen Einheiten (BACs) in einzelne Teilbereiche verstanden. Die Relationen zwischen den konzeptuellen Einheiten sind nach diesem Ansatz merkmalsbasiert. Die Merkmalsbelegung von Konzepten wird als Dimensionierung bezeichnet. Diese Dimensionierung wird dabei durch die angezielten Effekte und die damit verbundenen re-afferenten, sensorischen Muster gestiftet. Wir können uns also die interne Architektur von Bewegungsrepräsentationen an dieser Stelle als Netz miteinander verbundener Merkmale vorstellen. Dabei ist die Vorstellung zweckmäßig, dass die Anzahl der BACs einen mehrdimensionalen Raum aufspannen, der durch die große Anzahl funktionaler, modaler, räumlicher u. a. Dimensionen eine hohe Stabilität erhält. Damit



interessiert also nicht allein der strukturelle Aufbau eines Konzeptsystems sondern ebenso dessen Dimensionierung (Merkmalsbelegung und Merkmalsgewichtung) sowie der Zusammenhang zwischen diesen beiden Aspekten einer Bewegungsrepräsentation.

Die bisherigen Zugänge zu Bewegungsrepräsentationen werfen eine Reihe (bisher ungenügend gelöster) methodischer Probleme auf (vgl. Thomas & Thomas, 1994; Wiemeyer, 1994). Aus diesem Grund haben wir neuartige Untersuchungsparadigmen entwickelt. Ein neuentwickelter Ansatz wurde gemäß den o.g. Modellannahmen zu Bewegungsrepräsentationen als Strukturdimensionale Analyse-Motorik (SDA-M) konzipiert (Schack, 2004; Schack, Kneehans & Lander, 2001). Dieses methodische Verfahren wurde bei einer Reihe von Untersuchungen zu Rotationsbewegungen im Turnen (Schack & Heinen, 2000), Windsurfen (Schack, 1999), Skysurfen (Schack, 2004), Ski alpin freestyle (Kneehans, Randecker & Schack, 2000) eingesetzt. Außerdem wurden Untersuchungen u. a. bei zyklischen Bewegungen (Inversions-Fahrrad, Pedalo, Einrad), beim Wellensurfen, Volleyball, Fußball, Basketball und Sportklettern abgeschlossen (Schack & Hackfort, 2007). Hier zeigt sich, dass SDA-M aufschlussreiche Aussagen zur Struktur kognitiver Bewegungsrepräsentationen liefert, die teilweise direkt für ein mental unterstütztes Techniktraining nutzbar werden (Schack & Bar-Eli, 2007; Schack, Whitmarsh, Pike & Redden, 2005).

Der methodische Ansatz und einige Aussagen sollen anhand ausgewählter Rotationsbewegungen illustriert werden. Rotationsbewegungen stellen hohe Anforderungen an die Bewegungskoordination. So muss eine hohe Anzahl an Freiheitsgraden des Gesamtsystems überwunden werden. Dies gelingt dem Sportler gemäß unserer Untersuchungen nur dann, wenn er angemessene mentale Konzepte bildet und diese zweckmäßig zur Lösung der Bewegungsaufgabe einsetzt. Da Rotationsbewegungen weiterhin *genau definierbare und biomechanisch rekonstruierbare* Anforderungen an die Bewegungskoordination stellen, ist auch die Menge funktional relevanter Konzepte eingrenzbar. Dieser Vorteil wird noch dadurch verstärkt, dass Sportler in der Regel bereits vor der Ausübung von Rotationsbewegungen in ihrer Sportart (z. B. Ski alpin, Turnen, Windsurfen, Skysurfen, Snowboarding) ein gewisses Experteniveau erreicht haben. Dadurch liegen fast durchgängig bereits zu Beginn des Lernprozesses genauer definierte Konzepte für die Lösung des Bewegungsproblems vor.

An dieser Stelle konzentrieren wir uns auf Rotationsbewegungen beim Springen (Aerials) im Ski alpin/Freestyle konzentrieren. Im Ski alpin/Freestyle können bemerkenswerte Bewegungen beobachtet werden. Der Vor- bzw. Rückwärtssalto (Front / Back Tuck) dreht  $360^\circ$  um die Breitenachse. Beim Helikoptersprung oder Aerial  $360^\circ$  handelt es sich um eine  $360^\circ$  Drehung um die gestreckte Körperlängsachse. Der Full Twist dreht sowohl um die Breitenachse als auch um die Körperlängsachse. Beim Ski alpin/ Freestyle gibt es also eine Vielzahl an kombinatorischen Möglichkeiten um Sprünge auf unterschiedliche Weise aufzubauen und sie um die verschiedenen Drehachsen auszuführen.

Die weiteren Ausführungen zur mentalen Repräsentation von Rotationsbewegungen beschränken sich exemplarisch auf den Helikoptersprung (Aerial 360°).

Der methodische Zugang zur Ermittlung der Struktur und Dimensionierung von Bewegungsrepräsentationen ist gemäß den theoretischen Annahmen als *strukturdimensionale Analyse* (Split-Paradigma) konzipiert (vgl. ausführlicher hierzu Schack, Kneehans & Lander, 2001). Dieser Ansatz besteht aus vier Schritten: (1) Zunächst geht es um eine *Abstandsskalierung* zwischen den relevanten Konzepten. Da wir davon ausgehen, dass die Struktur von Bewegungsrepräsentationen nur bedingt explizierbar ist, geschieht dies mittels einer speziellen Split-Technik. Dafür müssen die Versuchspersonen die BACs in einer sukzessiven Entscheidungsprozedur hinsichtlich funktionaler Merkmale ordnen (splitting). Die BACs können dabei sowohl visuell (z.B. Fotos), als auch verbal als Worte vorgegeben werden. Im ersten Schritt ergibt sich also über die Anzahl aller BACs eine bestimmte Distanz-Matrix. (2) Der nächste Teilschritt besteht in einer *Strukturanalyse* des verwendeten Konzept-Materials mittels einer hierarchischen Clusteranalyse. Die Datenbasis dafür bildet die im ersten Teilschritt ermittelte Distanz-Matrix. Im Ergebnis der hier verwendeten hierarchischen Clusteranalyse entsteht ein s.g. Dendrogramm (Konzept-Cluster). Die jeweilige Clusterlösung über den N Konzepten entsteht durch die Festlegung eines  $\alpha$ -abhängigen zufallskritischen Distanzmaßes (dkrit). (3) Ein weiterer Teilschritt besteht in einer *Dimensionsanalyse* der ermittelten Konzept-Cluster mittels Faktoranalyse (und einem spezifisch clusterorientierten Rotationsverfahren). (4) Der intra- und interindividuelle Vergleich von Bewegungsrepräsentationen wird schließlich über eine *Invarianzanalyse* im letzten Schritt möglich.

Die für die Untersuchung relevanten Knotenpunkte der Bewegung Helikoptersprung (Aerial 360°) wurden in einem mehrstufigen Prozess gewonnen. Dieser Prozess beinhaltete biomechanische Analysen, Experteninterviews und experimentelle Untersuchungsreihen (Schack, Heinen & Randecker, 2001). Für die vorliegende Untersuchung ergaben sich N=14 BACs (Knotenpunkte): (1) Gleiten, (2) Tiefgehen, (3) Ausholbewegung, (4) Schwungarm zur Gegenschulter, (5) Rotationseinleitung Kopf–Arme–Oberkörper (KAO), (6) Absprung, (7) Gestreckte Körperachse/Verwindung KAO, (8) Innenarm am Körper, (9) Kopfsteuerung, (10) Beine drehen nach, (11) Blick in Fahrtrichtung, (12) Arme öffnen, (13) Landung, (14) Knie Hüfte beugen. Diese vierzehn BACs bilden die gesamte Bewegungshandlung ab und sind die mentalen Referenzpunkte zur Lösung der gegebenen Bewegungsprobleme.

Im Folgenden soll nun anhand eines Beispiels der Aussagewert dieses Ansatzes ausschnitthaft demonstriert werden. Hier wird die Ergebnisdarstellung auf Dendrogramme eingeschränkt, die mittels hierarchischer Clusteranalyse gewonnen wurden und Strukturaussagen sowohl zu individuellen als auch zu gruppenspezifischen Bewegungsrepräsentationen zulassen. Die Gesamtstichprobe setzte sich aus insgesamt 17 Athleten auf unterschiedlichem Expertiseniveau zusammen.

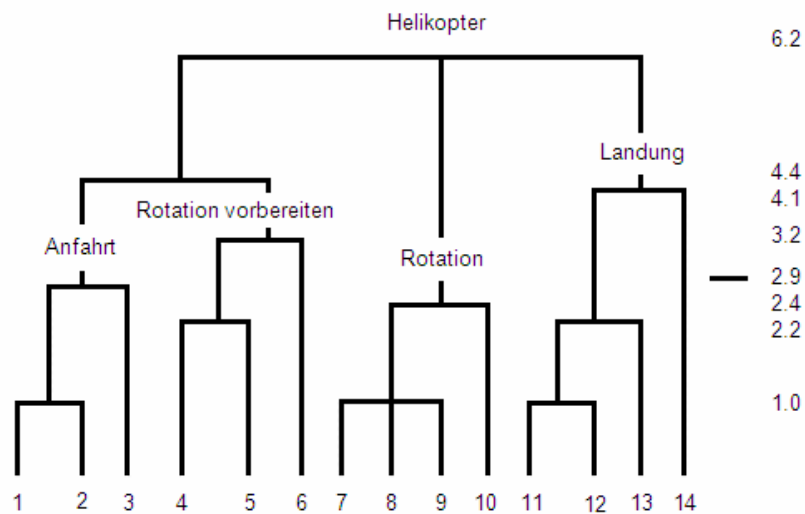


Abbildung 2: Dendrogramm eines Experten bzgl. der Konzeptmenge; ‚Objektabstände‘ im euklidischen Distanzmaß (Distanzmaße:  $d_{max} = 3,5$ ;  $d_{krit} = 2,9$ ;  $\alpha = 5\%$ ). Je niedriger der Wert einer Querverbindung zwischen den Konzepten (vgl. die Werteskala euklidischer Distanzen rechts), desto geringer ist die Distanz der Konzepte.

Die in Abbildung 2 dargestellte kognitive Struktur eines Experten zeigt eine beachtenswerte Nähe zur biomechanischen Funktionalstruktur der Bewegung. Die gebildeten Oberbegriffe (Absprung, Rotation vorbereiten, Rotation, Landung) sind räumlich voneinander getrennt, chronologisch geordnet und bilden die einzelnen Bewegungsphasen gut ab. Sie dienen offenbar der Lösung spezifischer Teilprobleme (Energetisierung, Impulseinleitung, Rotation).

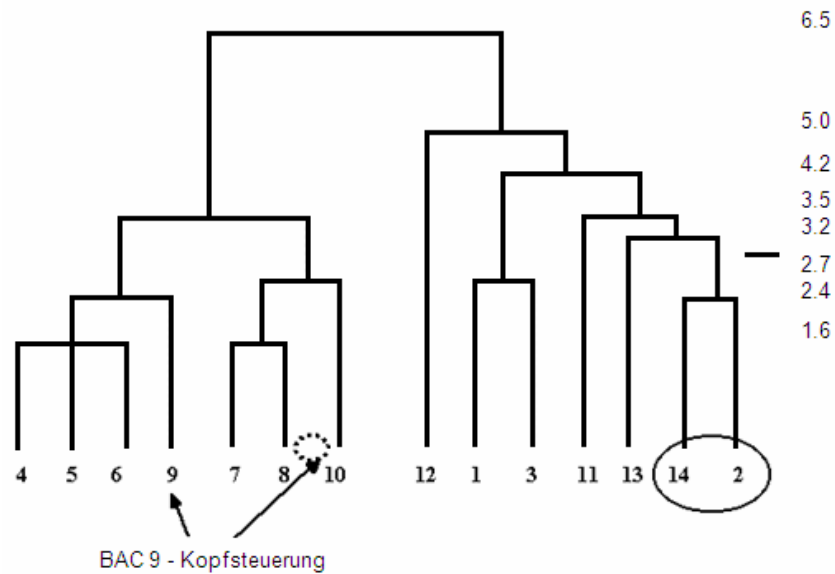


Abbildung 3: Dendrogramm eines Anfängers. In der Darstellung sind die falschen Zuordnungen des BAC 9 sowie der BACs 14 und 2 hervorgehoben (siehe Text für weitere Erläuterungen).

Dagegen wurden bei Anfängern teilweise unzweckmäßige Substrukturen ermittelt. Wie in Abbildung 3 ersichtlich wird, findet sich bei dieser kognitiven Struktur eines Anfängers (Versuchsperson 7) die Kopfsteuerung (BAC 9) einem Konzept-Cluster zugeordnet, das der Rotationsvorbereitung entspricht. Der Kopfsteuerung kommt aber innerhalb der Rotationsphase eine funktionale Bedeutung zu. Ebenso auffällig ist, dass die BACs 14 und 2 nur geringe Distanzen innerhalb der Bewegungsrepräsentation aufweisen. Während das BAC 14 Knie-Hüftgelenk die Landungsphase abschließt, ist das BAC 2 Tiefgehen für die Ausführung der Anfahrtsphase wichtig. Offensichtlich wurden hier stärker Oberflächenmerkmale und keine funktionalen Prinzipien für die Klassifikation der BACs genutzt. Beide Konzepte beschreiben zwar translatorische Merkmalsdimensionen, haben aber praktisch keine bedeutsame funktionale oder zeitlich-sequentielle Beziehung zueinander. Die kognitive Verkopplung dieser Knotenpunkte innerhalb der Bewegungsrepräsentation geht mit gut beobachtbaren Fehlern in der Bewegungskonzeption einher. Ein wesentlicher Fehler auf dieser Lernstufe der Bewegung (Stufe der Grobkoordination) ist es, die Kopfdrehung zu früh einzuleiten und/oder das Tiefgehen in der Anfahrtsphase zu flüchtig auszuführen. Die hier angedeutete Strukturierung und Dimensionierung von Bewegungskonzepten eines Anfängers unterscheidet sich signifikant von der kognitiven Bewegungsarchitektur eines Experten mit variabler Verfügbarkeit der Helikopter-Technik. Im weiteren Lernprozess werden solche Strukturen auch

hinsichtlich der zeitlichen Bewegungssteuerung präziser und es treten beachtenswerte qualitative Veränderungen auf. Mit Hilfe des Invarianzmaßes ( $\eta$ ) der SDA-M konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den kognitiven Strukturen von Experten und Laien ermittelt werden. Die Ähnlichkeitsprüfung der Strukturen innerhalb der Expertengruppe ergab eine Invarianz ( $\eta \geq \eta_{krit}$ ) der Expertenstruktur bei Sportlern, die über 6 Jahre den Helikopter ausführen ( $n=5$ ).

In einer weiteren Untersuchung haben wir versucht, die Zusammenhänge zwischen der kognitiven Repräsentation einer Bewegung und ihrer Ausführung empirisch zu ermitteln (Schack, 2003b). Gegenstand der Untersuchung war wiederum eine Rotationsbewegung, genauer ein Salto mit unterschiedlicher Anzahl von Schraubenbewegungen im freien Flug nach Absprung vom Trampolin im Kunstturnen. Es wurden je nach verfügbarem Können 5 Gruppen zu je 6 Personen gebildet und jeweils die kognitive Repräsentation dieser Bewegung mittels SDA-M ermittelt und die Bewegungsausführung über Video und ein Bewegungsanalysesystem erfasst. Der Bein-Rumpf-Winkel wurde zum Abflugzeitpunkt vom Trampolin gemessen. Wenn wir die euklidischen Distanzen der beiden Konzepte *Absprung* und *Oberkörpervorlage* mit dem beobachteten Winkel in Beziehung setzen ergibt sich folgendes Bild.

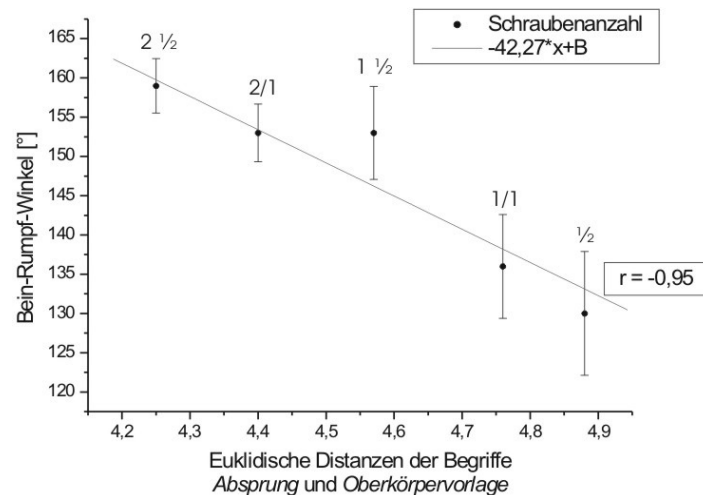


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Bewegungsausführung und den euklidischen Distanzen zweier für die Bewegungsausführung wichtigen Konzepte. Die Korrelation beträgt  $r = -.95$  (vgl. im Detail Schack, 2003b).

Es wird empirisch ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der euklidischen Distanz der BACs *Absprung* und *Oberkörpervorlage* und dem gemessenen

*Bein-Rumpf-Winkel* nachweisbar ( $r = -.95$ ). Je höher die Anzahl der Schrauben, desto größer muss der Arm-Rumpf-Winkel werden. Je geringer die Distanz zwischen den Begriffen, desto enger sind sie im Bewegungsgedächtnis repräsentiert. Die Distanz dieser beiden BACs wird als wichtiges Kriterium angesehen, da die kinetische Energie des Absprunghes und die Oberkörpervorlage wichtige biomechanische Größen für die Schraubenbewegung darstellen. Je größer die Anzahl der Schraubenbewegungen, desto stärker muss die Energieübertragung auf die Oberkörpervorlage sein. Offensichtlich sind für diese Art der Bewegungssteuerung strukturelle Aspekte (euklidische Distanzen) von Bewegungsrepräsentationen bedeutsam. Nach diesen Ergebnissen sind die biomechanischen Parameter einer Bewegung auch direkt in der mentalen Repräsentationsstruktur enthalten.

#### **4 Emotionale Repräsentation der Bewegungseffizienz**

Für eine willkürliche Bewegungsregulation ist es nicht allein wesentlich, dass bewegungsrelevante Informationen gespeichert und Bewegungsmöglichkeiten repräsentiert werden. Weiterhin wichtig ist, dass reizseitig einlaufende Informationen hinsichtlich ihrer intentionalen Relevanz beurteilt werden. Diese Bewertungsprozesse sind, wie bereits erwähnt, emotional attribuiert. Dabei werden emotionale Prozesse aber selbst zu Informationen über die Effizienz der Bewegung. Die Hypothese ist also, dass Emotionen nicht allein einen gefühlsmäßigen Ausdruck bilden, sondern insbesondere einen bewegungs- bzw. handlungsbezogenen Status repräsentieren.

Die Zusammenhänge zwischen Bewegung und Emotionen wurden zunächst weniger komplex gesehen und dabei wahrscheinlich bisher am stärksten anhand von Angst untersucht. In den 70er und 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts erlebte das Phänomen Angst geradezu einen Boom an Zuwendung in der bewegungswissenschaftlichen und sportpsychologischen Forschung (Überblick: Schack, 1997). Die Thematisierung von Bewegungsangst und die Suche nach wirksamen Angstreduktionstechniken gerieten zu Brennpunkten empirischer Untersuchungen. Dabei stand zunächst im angloamerikanischen, wie im deutschen Sprachraum die Thematik Angst, Leistung und Lernen im Mittelpunkt wissenschaftlichen Interesses. Auf der Basis spezifischer theoretischer Annahmen (vgl. Spielberger, 1972; Hackfort, 1987) differenzierte sich die Forschung zu Sport- und Bewegungsangst in den 70er bis 90er Jahren des letzten Jahrhunderts zunehmend aus. In den Anwendungsfeldern Leistungssport, Schulsport, Risikosport und Rehabilitation konzentrierte sich das Forschungsinteresse nicht mehr nur auf den Zusammenhang von Angst und Leistung, sondern auch auf den bewegungshemmenden Effekt von Angst, den Verlauf des Vorstartzustandes, auf Bedingungen der Angstentstehung und auf die Entwicklung von Diagnose- und Interventionsverfahren (vgl. Allmer & Bielefeld, 1982; Hackfort & Schwenkmezger, 1993; Hackfort & Spielberger, 1989;

Kleine, 1990; Landers, 1980; Schack, 1997; Weinberg, 1990 u.a.). Es ist dennoch zweckmäßig, die Aufmerksamkeit des Lesers für die weiteren Ausführungen zunächst auf den Zusammenhang von Angst und Leistung innerhalb der Bewegungsregulation zu lenken.

In einer beinahe klassischen Arbeit haben Martens und Landers (1969) den Zusammenhang von Angst und motorischen Lernprozessen untersucht. Sie konnten bei einer komplexen motorischen Aufgabe zeigen, dass ängstliche Personen beim Bewegungslernen größere Probleme (operationalisiert über die Anzahl der Fehler) haben als nicht-ängstliche Versuchspersonen. Weiterhin wurde in ihrer Untersuchung deutlich, dass der Leistungsunterschied zwischen beiden Extremgruppen mit dem Lernfortschritt in weiteren Übungswiederholungen abnimmt. Etwa nach der Hälfte der Sitzungen (fünf von zehn) hatten sich die Bewegungsleistungen beider Gruppen angenähert. Diese und weitere Studien legten nahe, die Zusammenhänge zwischen Angst und Leistung genauer zu untersuchen.

Die stärkere Berücksichtigung von Emotionen im Bewegungslernen führte spätestens ab Anfang der 70er Jahre zu der Annahme kurvilinearere Zusammenhänge zwischen Angst und Leistung. Dabei erfreute sich insbesondere die Annahme eines umgekehrt-U-förmigen-Zusammenhanges ( $\cap$ ) zwischen Erregung und Leistung einer zunehmenden Popularität. Diese Beziehung, die von Yerkes und Dodson (1908) erstmalig in Tierversuchen aufgezeigt werden konnte, besagt, dass ein Erregungsanstieg bis zu einem optimalen Ausprägungsgrad mit einem Anstieg der Leistung einhergeht, während eine weitere Erhöhung der Erregung zu einem Leistungsabfall führt. Es finden sich viele Studien, die diese kurvilineare Beziehung zwischen Angst und Leistung zunächst zu unterstützen scheinen (vgl. Klavara, 1978). Eine genauere Betrachtung des methodischen Vorgehens legt allerdings Zweifel an der Validität der empirischen Forschung und der daraus abgeleiteten Aussagen nahe (vgl. hierzu insbesondere Neiss, 1988; Kleine & Schwarzer, 1991).

Inhaltliche Probleme beim Umgang mit der umgekehrten U-Funktion ergeben sich teilweise daraus, dass der Zusammenhang unikausal als Wirkung der Erregung auf Leistungseffekte interpretiert wird. Es wird aber kein Zusammenhang und schon gar keine Wirkung erklärt, sondern nur ein Zusammenhang als nicht-monotone Funktion beschrieben (vgl. Nitsch, 1981). Man könnte aus der umgekehrten U-Funktion auch ableiten, dass die Athleten mit den besten Leistungen auch optimal erregt (oder motiviert) sind, während die schlechteren Athleten entweder in einem apathischen oder übererregten Zustand verharren. Solche und weitere Aussagen, die sich aus der umgekehrten U-Funktion ableiten lassen, sind damit möglicherweise wahr und dennoch trivial. Die Popularität dieser Annahme ergibt sich wohl in erster Linie daraus, dass sie sich als eindeutig didaktogen (praktisch gut für Lehr- und Trainingszwecke nutzbar) erweist.

Da eine Reihe von Studien zum Zusammenhang von Angst und Bewegungsleistung scheinbar widersprüchliche Resultate brachten, soll an dieser Stelle wieder auf den strukturfunktionalen Zusammenhang von Emotionen zu Prozessen und Strukturen Mentaler Kontrolle hingewiesen werden (vgl. Schack, 2000). So bleibt bei einer alleinigen Fokussierung auf Angstphänomene beispielsweise offen, worin die Ursachen für identische Leistungen bei unterschiedlichen Angstaussprägungen zu suchen sind. Hier stellt sich die Frage, welche Interaktionen zwischen Angst und Leistung vorliegen und insbesondere wie diese moderiert werden. So wird gut vorstellbar, dass mit einer erhöhten Erregung auch andere Prozesse der Zielsetzung, Kontrolle oder spezifische Meidungstendenzen angeregt werden, als bei einer vergleichsweise geringen Aktivierung.

Die Funktionskomponenten Mentaler Kontrolle arbeiten hauptsächlich über den Einsatz von sprachlichen Strategien zur zielorientierten Kontrolle des Verhaltens. Insbesondere, wenn Schwierigkeiten im Handlungsvollzug auftreten, wird es erforderlich, Strategien einzusetzen, die für die Aufrechterhaltung Mentaler Kontrolle funktional nutzbar sind. Solche inner-sprachlichen Strategien unterstützen die Abschirmung und Realisierung einer Intention und damit die individuelle Handlungskompetenz. Ein Beispiel für eine solche Strategie wäre etwa eine zielgerichtete und lernaktive Bewältigung von Misserfolgen.

In einer Reihe empirischer Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass das Fehlen solcher inner-sprachlicher Strategien zu einer Beeinträchtigung Mentaler Kontrolle im Bewegungsvollzug führt. Es könnte aus dieser Sicht auch angenommen werden, dass die Bewegungen von Sportlern nicht nur beeinträchtigt sind, weil diese momentan Angst haben, sondern präziser, dass sie Angst haben, weil ihre Mentale Kontrolle funktional beeinträchtigt ist. Sie bewerten und erleben das Nichtverfolgen-Können selbstgesteckter Ziele als spezifisches Defizit. Bewegungsangst kann so nicht nur als Ursache, sondern ebenso konsequent als Folge einer Bewegungsunterbrechung angesehen werden.



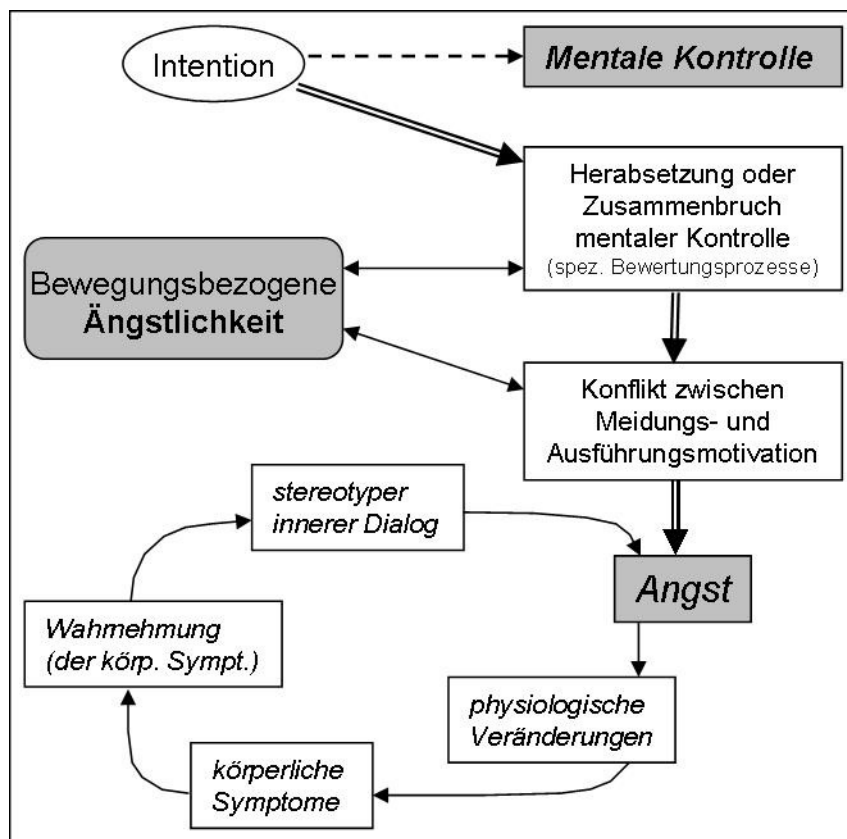


Abbildung 5: Zusammenhänge zwischen Mentaler Kontrolle, bewegungsbezogener Ängstlichkeit und Sportangst: Die Aufrechterhaltung von Sportangst stellt sich als sog. Teufelskreis dar (vgl. Schack, 1997).

Für einen Sportler kann sich hier ein *Teufelskreis* zwischen vergangenen Misserfolgen im Sport, der momentanen Bedeutsamkeit einer Situation, den physiologischen Reaktionen, die in der Situation auftreten sowie den Gedanken über diese Reaktion und entsprechend stereotypen Formen der inneren Sprache ergeben. Angst entsteht und verstärkt sich, weil unter diesen Bedingungen keine Konzentration auf die Bewegung, sondern eine alleinige Konzentration auf die dysfunktionalen Begleiterscheinungen von Angstzuständen erfolgt (vgl. Abb. 5).

Diese Überlegungen werden durch verschiedene Studien gestützt. Danach zeigen empirische Untersuchungen zu konstruktthematischen Zusammenhängen zwischen Angst und Bewegungskontrolle (Schack, 1997, S. 108 ff), dass

ein statistisch gesicherter negativer Zusammenhang zwischen der sprachlich vermittelten Strategiebildung von Sportlern und verschiedenen Dimensionen sport- und bewegungsbezogener Angst besteht. Sportler, die sich bewegungsbezogene Selbstanweisungen geben, haben (nach diesen Untersuchungen) weiterhin signifikant weniger Angst (in Bewegungssituationen) als Sportler, die dies nicht tun.

In feldexperimentellen Untersuchungen wurde den postulierten strukturfunktionalen Zusammenhängen von Angst und Bewegungskontrolle genauer nachgegangen (Schack, 1997). In einem Versuchs-Kontrollgruppen- Design kam ein sprachlich vermitteltes Strategietraining bei der Versuchsgruppe zum Einsatz. Ziel dieses Trainings war es, Funktionskomponenten Mentaler Kontrolle zu implementieren und dadurch schließlich auch Angst zu reduzieren. Die Ergebnisse dieser und weiterer Untersuchungen (vgl. Schack, 2000) zeigen, dass die Entwicklung von Funktionskomponenten Mentaler Kontrolle zu einer signifikanten Reduktion von Bewegungsangst und einer Verbesserung der Bewegungseffizienz führt. Diese Ergebnisse liefern aus unserer Sicht Hinweise für die Zweckmäßigkeit der eingangs geschilderten Modellannahmen. Durch eine stärkere Beachtung strukturfunktionaler Zusammenhänge zwischen Kognition, Emotion und willkürlicher Bewegungsregulation könnte die Bewegungswissenschaft insbesondere dann profitieren, wenn sich eine solche Perspektive in empirischen Fragestellungen wieder findet.

## **5 Forschungsperspektiven**

Die hier dargelegten modelltheoretischen Überlegungen zur Organisation und Kontrolle von Bewegungen stellen einen weiteren Schritt zu einer integrativen Perspektive in der Bewegungswissenschaft dar (vgl. weiterhin u.a. Bernstein, 1996; Meinel & Schnabel, 2007; Nitsch, 2000). Dabei sind eine Reihe beachtenswerter Zugänge zu spezifischen Funktionskomponenten der Bewegung (z.B. Effenberg, 2003; Weigelt, Cohen & Rosenbaum, 2007; Weigelt, Rosenbaum, Hülshorst & Schack, 2008) noch nicht ausreichend integriert. Das muss in weiteren Schritten erfolgen. Allerdings scheint es aus unserer Sicht schon jetzt für die weitere Etablierung der Bewegungswissenschaft angebracht zu sein, neben der Entwicklung neuer experimenteller Paradigmen und den damit verbundenen empirischen Aussagen, eine Diskussion übergreifender Modelle zu stellen. Diese Diskussion anzuregen, war das Ziel des vorliegenden Beitrages.

Für die künftige Forschung erscheint es zweckmäßig, die funktionale Interaktion emotionaler und kognitiver Strukturkomponenten bei der Bewegungsorganisation und beim Bewegungslernen stärker zu beachten. Eine solcherart integrative Perspektive bringt Forschungsperspektiven und experimentelle Paradigmen zusammen, die in der Regel nur in vollkommen separierten Theorien und

Forscherguppen genutzt werden. Interessante Zugänge für eine diesbezüglich integrative Forschungsperspektive finden sich u.a. in handlungstheoretischen Ansätzen innerhalb der Problemlöseforschung. Dort werden kognitive und emotionale Strukturkomponenten der Handlungsorganisation in ihrer Wechselwirkung modelliert und empirisch untersucht (Schaub, 2001; Starker & Dörner, 1997). Wenn man davon ausgeht, dass während des Bewegungslernens Bewegungsprobleme auf unterschiedlichen Komplexitätsstufen zu lösen sind, dann sollten sich hier interessante Möglichkeiten für neue Formen der Modellierung o.g. Interaktionen ergeben. Weitere interessante Zugänge liefert die aktuelle Robotikforschung, bei der nicht nur kognitive Komponenten von Bewegungsorganisation und Interaktion wesentlich sind, sondern auch die Verknüpfung emotionaler und kognitiver Aspekte von Kommunikation und Handlung zunehmend an Bedeutung gewinnt.

### Literatur

- Allmer, H. & Bielefeld, J. (1982). *Sportlehrerverhalten*. Schorndorf: Hofmann.
- Anochin, P.K. (1967). *Das funktionelle System der physiologischen Architektur des Verhaltensaktes* (Bd. 1). Jena: Gustav Fischer.
- Bernstein (Bernštejn), N.A. (1947). *O postrojenii dviženij* (Über den Aufbau der Bewegungen). Moskva: Medgiz.
- Bernstein, N.A. (1996). On dexterity and it's development. In M.L. Latash & M.T. Turvey (Eds.), *Dexterity and its development*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Boschker, M.S.J. (2001). *Action-based imagery: On the nature of mentally imagined motor actions*. Amsterdam: IFKB.
- Effenberg, A.O. (2003). Unbewusste Wahrnehmungsfunktionen bei der Bewegungsregulation. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungslehre* (S. 197-217). Schorndorf: Hoffmann.
- Goschke, T. (1996). Wille und Kognition: Zur funktionalen Architektur der intentionalen Handlungssteuerung. In J. Kuhl & H. Heckhausen (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Motivation und Emotion* (Bd.4, S. 583-663). Göttingen: Hogrefe.
- Gröben, B. (1995). Wie sag´ ich´s meinem Kinde – zur Gestaltung der Bewegungsanweisung im Sportunterricht. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 36, 59-64.
- Hackfort, D. (1987). *Theorie und Analyse sportbezogener Ängstlichkeit: Ein situationsanalytischer Ansatz*. Schorndorf: Hofmann.

- Hackfort, D. & Schwenkmezger, P. (1993). Anxiety. In R. Singer, M. Murphey & L.K. Tennant (Eds.), *Handbook of research on Sport psychology* (pp. 328-364). New York: Mc Millan.
- Hackfort, D. & Spielberger, C.D. (Eds.) (1989). *Anxiety in Sports. An International Perspektive*. New York: Hemisphere.
- Hoffmann, J. (1986). *Die Welt der Begriffe – Psychologische Untersuchungen zur Organisation des menschlichen Wissens*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Klavora, P. (1978). An attempt to derive inverted-U curves based on the relationship between anxiety and athletic performance. In D.M. Landers & R.W. Christina (Eds.), *Psychology of motor behavior and sport* (pp. 369-377). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kleine, D. (Ed) (1990). Anxiety in sports and exercise (special issue). *Anxiety Research*, 2 (4).
- Kleine, D. & Schwarzer, R. (1991). Angst und sportliche Leistung: eine Meta-Analyse. *Sportwissenschaft*, 21 (1), 9-28.
- Kneehans, E, Randecker, R. & Schack, T. (2000). Structure and Organisation of Knowledge about Extreme-Rotations in Winter- and Aquatic Sports. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 22, 60-61.
- Lander, H.-J. (1987). *Über das Verhältnis von Kognition, Emotion, Motivation aus allgemeinspsychologischer Sicht*. [Akademie für Ärztliche Fortbildung, Fachkommission Klinische Psychologie (Hrsg.)]. Postgraduales Studium Klinische Psychologie. Berlin: Druckkombinat Robeson.
- Landers, D.M. (1980). The arousal-performance relationships revisited. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 77-90.
- Martens, R. & Landers, D.M. (1969). Effect of anxiety, competition, and failure on performance of a complex motor task. *Journal of Motor Behavior*, 1, 1-10.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (1987). *Bewegungslehre – Sportmotorik* (8. Auflage). Berlin: Volk und Wissen.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (2007). *Bewegungslehre – Sportmotorik* (11. überarbeitete und erweiterte Auflage). Toronto: Meyer & Meyer.
- Munzert, J. (1997). *Sprache und Bewegungsorganisation: Untersuchungen zur Selbstinstruktion beim Bewegungslernen* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, Bd.114). Schorndorf: Hofmann.
- Munzert, J. (2001). Vorstellung und Bewegung. In J.R. Nitsch & H. Allmer (Hrsg.), *Denken, Sprechen, Bewegen* (S. 41-56). Köln: bps.

- Neiss, R. (1988). Reconceptualizing arousal: Psychobiological states in motor performance. *Psychological Bulletin*, 103, 345-366.
- Nitsch, J.R. (1981). Streßtheoretische Modellvorstellungen. In J.R. Nitsch (Hrsg.), *Stress. Theorien, Untersuchungen, Maßnahmen* (S. 52-160). Bern: Huber.
- Nitsch, J. (2000). Handlungstheoretische Grundlagen der Sportpsychologie In H. Gabler, J.R. Nitsch & R. Singer (Hrsg.), *Einführung in die Sportpsychologie: Teil 1 Grundthemen* (3. Aufl., S. 43-164). Schorndorf: Hofmann.
- Restat, J. (1999). *Kognitive Kinästhetik. Die modale Grundlage des amodalen räumlichen Wissens*. Lengerich: Pabst.
- Schack, T. (1997). *Ängstliche Schüler im Sport – Interventionsverfahren zur Entwicklung der Handlungskontrolle*. Schorndorf: Hofmann.
- Schack, T. (1999). Relation of Cognitive Representation and Performance in Extreme-Surfing. In I. Wachsmuth & B. Jung (Hrsg.), *KogWis99 Proceedings der 4. Fachtagung für Kognitionswissenschaft. vom 28. September – 1. Oktober 1999 in Bielefeld* (S. 207-212). Sankt Augustin: Infix.
- Schack, T. (2000). Handeln zwischen Angst und Kontrolle. In D. Hackfort, J. Munzert & R. Seiler (Hrsg.), *Handeln im Sport als handlungspsychologisches Modell* (S. 153-184). Heidelberg: Asanger.
- Schack, T. (2001). Zugänge zu einer Kognitiven Architektur von Bewegungshandlungen. In J.R Nitsch, & H. Allmer (Hrsg.), *Denken, Sprechen, Bewegen* (S 84-92). Köln: bps.
- Schack, T. (2003a). Kognition und Emotion. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft – Bewegungslehre* (S. 313-330). Schorndorf: Hofmann.
- Schack, T. (2003b). The relationship between motor representation and biomechanical parameters in complex movements – towards an integrative perspective of movement science. *European Journal of Sportscience*, 2, 1-13.
- Schack, T. (2004). The cognitive architecture of complex movement. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2, 403-438.
- Schack, T. (2007). Repräsentation und Bewegungssteuerung – die kognitiv-perzeptuelle Perspektive. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 14(3), 104-113.
- Schack, T. & Bar-Eli, M. (2007). Psychological factors in technical preparation. In Blumenstein, B., Lidor, R., & Tenenbaum, G. (Eds.), *Psychology of sport training* (pp. 62-103). Oxford, UK: Meyer & Meyer Sport.
- Schack, T. & Hackfort, D. (2007). An action theory approach to applied sport psychology. In G. Tenenbaum & R. C. Eklund (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* (3rd Edition) (pp. 332-351). NJ: Wiley.

- Schack, T. & Heinen, T. (2000). Mental Training based on Mental Representation. In B.A. Carlsson, U. Johnson & F. Wetterstrand (Eds.), *Sport Psychology Conference in the New Millennium-a dynamic research-practise perspective* (pp. 333-337). Sweden: Halmstadt University
- Schack, T., Heinen, T. & Randecker, R. (2001). Zur Mentalen Repräsentation von Rotationsbewegungen im Ski alpin / Freestyle. In J.R Nitsch, & H. Allmer (Hrsg.), *Denken, Sprechen, Bewegen* (S. 148-153). Köln: bps.
- Schack, T., Kneehans, E. & Lander, H. J. (2001). Methodische Zugänge zur Struktur-Dimensionalen Analyse Mentaler Repräsentationen. In J. Nitsch & H. Allmer (Hrsg.), *Denken, Sprechen, Bewegen*. (S. 144-148). Köln: bps.
- Schack, T., Whitmarsh, B., Pike, R. & Redden, C. (2005). Routines. In J. Taylor & G. Wilson (Eds.), *Applying Sport Psychology:Four Perspectives* (p. 137-150), Champaign: Human Kinetics.
- Schaub, H. (2001). *Persönlichkeit und Problemlösen: Persönlichkeitsfaktoren als Parameter eines informationsverarbeitenden Systems*. Weinheim: Beltz.
- Spielberger, C.D. (1972). Anxiety as an emotional state. In C.D. Spielberger (Ed.), *Anxiety: Current trends in theory and research* (Vol. 1, pp. 23-49). New York: Academic Press.
- Starker, U. & Dörner, D. (1997). Kognitive, emotionale und motivationale Determinanten des Handelns und die Prognose ihrer Wirksamkeit. In R.H. Kluwe (Hrsg.), *Strukturen und Prozesse intelligenter Systeme* (S. 233-253). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Thomas, K.T. & Thomas, J.R. (1994). Developing Expertise in Sport: The relation of Knowledge and Performance. *International Journal of Sport Psychology*, 25, 295-312.
- Yerkes, R.M. & Dodson, J.D. (1908). The relationship of strength of stimulus to rapidity of habit formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459-482.
- Weigelt, M., Cohen, R., & Rosenbaum, D.A. (2007). Returning home: locations rather than postures are recalled in human object manipulation. *Experimental Brain Research*, 179, 191-198.
- Weigelt, M., Rosenbaum, D.A., Hülshorst, S. & Schack, T. (2008). Motor planning under dual task conditions: The effects of grasp comfort and grasp sequence on movement selection. *Manuscript under revision*.
- Weinberg, R.S. (1990). Anxiety and motor performance: Where to from here? *Anxiety Research*, 2, 227-242.
- Wiemeyer, J. (1994). *Interne Bewegungsrepräsentation*. Köln: bps.

Wulf, G. (2007). *Attention and motor skill learning*. Champaign: Human Kinetics.

Wulf, G. & Prinz, W. (2000). Bewegungslernen und Instruktionen: Zur Effektivität Ausführungs- vs. Effektbezogener Aufmerksamkeitsfokussierungen. *Sportwissenschaft*, 30(3), 289-297.

Wulf, G., Weigelt, M., Poulter, D., & McNevin, N.H. (2003). Attentional focus on supra-postural tasks affects balance learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A (7), 1191-1211.

### **Verfasser**

**Thomas Schack**, Prof. Dr., AB Neurokognition und Bewegung – Biomechanik, Universität Bielefeld

**Tino Stöckel**, Institut für Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig

**Matthias Weigelt**, Dr., AB Neurokognition und Bewegung – Biomechanik, Universität Bielefeld