

**Thomas Heinen**

# Mentale Repräsentationen und Kinematik von Bewegungen

Ein interdisziplinärer Ansatz zur Analyse  
strukturfunktionaler Zusammenhänge der  
Bewegungsorganisation

**Doktorarbeit / Dissertation**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2005 Diplom.de  
ISBN: 9783832491598

**Thomas Heinen**

# **Mentale Repräsentationen und Kinematik von Bewegungen**

**Ein interdisziplinärer Ansatz zur Analyse strukturfunktionaler Zusammenhänge der Bewegungsorganisation**



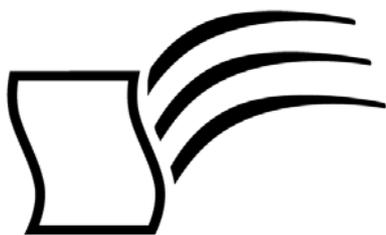
---

Thomas Heinen

# Mentale Repräsentationen und Kinematik von Bewegungen

*Ein interdisziplinärer Ansatz zur Analyse  
strukturfunktionaler Zusammenhänge der Bewegungsorganisation*

**Dissertation / Doktorarbeit  
Deutsche Sporthochschule Köln  
Fachbereich Geistes- und Sozialwissenschaften  
Institut für Psychologie  
Abgabe März 2005**



***Diplom.de***

Diplomica GmbH ———  
Hermannstal 119k ———  
22119 Hamburg ———

Fon: 040 / 655 99 20 ———  
Fax: 040 / 655 99 222 ———

agentur@diplom.de ———  
www.diplom.de ———

ID 9159

Heinen, Thomas Dipl. Sportwiss.:

Mentale Repräsentationen und Kinematik von Bewegungen ·

Ein interdisziplinärer Ansatz zur Analyse strukturfunktionaler Zusammenhänge der Bewegungsorganisation

Hamburg: Diplomica GmbH, 2005

Zugl.: Deutsche Sporthochschule Köln, Dissertation / Doktorarbeit, 2005

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomica GmbH

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2005

Printed in Germany

## Lebenslauf

---

### Persönliche Angaben

Dipl.-Sportwiss. Thomas Heinen  
- Sportpsychologie (bdp) -  
- Sportphysiotherapie (nas) -  
Schützheide 28  
52223 Stolberg

Tel. 02402 / 936530  
email: [tom.heinen@t-online.de](mailto:tom.heinen@t-online.de)

geb. am 16.03.1978 in Aachen

ledig

Eltern: Heinen, Bert (Dachdeckermeister, † 18.03.1999)  
Heinen, Anna Maria (Hausfrau)



### Ausbildung

1984 bis 1988: Gemeinschaftsgrundschule 52223 Stolberg (Rhld.)  
1988 bis 1997: Goethe-Gymnasium 52223 Stolberg (Rhld.)  
1997: Allgemeine Hochschulreife

### Wehrdienst

1997 bis 1998: Grundwehrdienst an der TSH/FSHT (Technische Schule und Fachschule des Heeres für Technik) in Aachen.

### Hochschulstudien

SS 1998 bis WS 2001/02: Studium der Sportwissenschaften (Diplom) an der Deutschen Sporthochschule Köln; Schwerpunkt im Hauptstudium: Training und Leistung.

15.01.2002: Abschluss des Studiums der Sportwissenschaften an der Deutschen Sporthochschule Köln als Diplom-Sportwissenschaftler. Note der Diplomprüfung: sehr gut (1.4); Note der Diplomarbeit: sehr gut (1.0) .

SS 1999 bis WS 2001/02: Studium der Physik (Sek II) an der Universität zu Köln.

SS 2002 bis WS 2004/05: Promotionsstudium an der Deutschen Sporthochschule Köln.

Seit WS 2002/03: Studium der Psychologie (Diplom) an der Universität zu Köln.

### Weitere fach- bezogene Studien

April bis Oktober 2001: Fortbildung „Sportpsychologie im Leistungssport“ (120 UE). Abschluss des Curriculums am 13.12.2001.

Sept. /Okt. 2003 und März 2004: Fortbildung in Sportphysiotherapie (200 UE). Abschluss der Fortbildung am 19.03.2004.

### Weitere Ausbildung

- Praktika 17. bis 28.01.1994: Schulpraktikum Gemeinschaftsgrundschule Breinig.
- Trainertätigkeit 1998 bis 2005: Trainer/Übungsleiter der Förderturnriege Mädchen beim Turnerbund 1893 Breinig e.V.
- Seit 2001: Mitglied und Trainertätigkeit im Turncamp-Trainerteam des Deutschen Turnerbundes (DTB) und seit 2000 Dozententätigkeiten bei verschiedenen Trainerfortbildungen.
- 03.07.2001: Trainer-C-Lizenz Gerätturnen  
28.08.2001: Trainer-C-Lizenz Trampolinturnen  
01.03.2002: Trainer-B-Lizenz Gerätturnen Frauen
- 2002/2003: Trainertätigkeit im Turnstützpunkt Krefeld.  
2004/2005: Trainertätigkeit im Turnstützpunkt G.V. Balans Kerkrade.

### Sonstige berufliche Entwicklung und praktische Tätigkeit

- April bis Dezember 2001: Studentische Hilfskraft am Psychologischen Institut der Deutschen Sporthochschule Köln in der Projektarbeitsgruppe ProMent bei Dr. Thomas Schack.
- 12.12.2001 bis 31.01.2002: Vertretungsunterricht im Fach Sport am Elly-Heuss-Knapp-Gymnasium in Duisburg-Marxloh.
- 15.03.2002 bis 31.12.2002: Wissenschaftliche Hilfskraft am Psychologischen Institut der Deutschen Sporthochschule Köln.
- 17.03.2003 bis 17.04.2003: Wissenschaftliche Hilfskraft am Psychologischen Institut der Deutschen Sporthochschule Köln.
- Januar bis März 2001: Erstellung eines computergestützten Erholungsfragebogens für die Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Allmer am Psychologischen Institut der DSHS Köln.
- SS 2002 – WS 2004/05: Lehrbeauftragter für Gerätturnen am Institut für Motorik und Bewegungstechnik (vormals Institut für Individualsport) der Deutschen Sporthochschule Köln.
- WS 2002/03 und WS 2004/05: Lehrbeauftragter für Psychologie am Psychologischen Institut der Deutschen Sporthochschule Köln.
- Seit Dez. 2003: Fachwart für Gerätturnen im Stolberger Stadtverband.
- April 2003 – Ende März 2005: Graduiertenstipendiat an der Deutschen Sporthochschule Köln.
- SS 2005 und WS 2005/06: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Psychologischen Institut der Deutschen Sporthochschule Köln (Vertretung von PD Dr. T. Schack).

**Auszeichnungen /  
Förderungen**

05.06.2002: Toyota-Förderpreis für die beste Diplomarbeit 2001 an der Deutschen Sporthochschule Köln.

05.06.2002: Sonderpreis der Deutschen Sporthochschule Köln für ein besonders effektives Studium.

24.04.2003: Gewährung eines hochschulinternen Graduiertenstipendiums der Deutschen Sporthochschule Köln von April 2003 bis Ende März 2005.

29.07.2004: Erster Platz beim Posterwettbewerb der Empiriepraktiken des Sommersemesters 2004 am Psychologischen Institut der Universität zu Köln.

30.06.2005: Gewinn des 1. DSHS-Nachwuchspreises, gefördert durch den Kölner Gymnasial- und Stiftungsfonds (Preisgeld: 1.250 €).

23.09.2005: Dritter Platz beim DVS-Nachwuchspreis im Rahmen des 17. sportwissenschaftlichen Hochschultages vom 22.09.-24.09.2005 in Leipzig (Preisgeld: 250 €).

Gez. Thomas Heinen, Dezember 2005.

---

### Eidesstattliche Versicherung

Hierdurch versichere ich an Eides Statt: Ich habe diese Arbeit selbstständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen angefertigt. Sie hat noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen. Wörtlich übernommene Textstellen, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht worden.

Köln, den 16.03.2005

Gez. Dipl.-Sportwiss. Thomas Heinen

---

## Danksagung

Es erscheint nur angebracht einer Reihe wundervoller Menschen zu danken, die für das Zustandekommen dieser Arbeit jeweils ihren ganz eigenen Beitrag geleistet haben.

Allen voran möchte ich meinen beiden Betreuern Herrn PD Dr. Thomas Schack und Herr Prof. Dr. Gert-Peter Brüggemann für die Unterstützung, das Vertrauen in selbstständiges Arbeiten und einem *learning for life and science* danken. Nicht weniger Dank möchte ich den Herrn Professoren Henning Allmer und Jürgen Nitsch (em.), stellvertretend für das Psychologische Institut der Deutschen Sporthochschule Köln für eine optimale institutionelle Unterstützung aussprechen.

Anregende Diskussionen im Rahmen des Forschungsbereichs ergaben sich mit Frank Engel, Kostas Velentzas, Wolfgang Engel, Katja Bruschi, Hedi Richter, Kurt Knirsch, PD Dr. Adamantios Arampatzis, Dr. Franz Mechsner, Dr. Swantje Scharenberg. Die drei Erstgenannten stehen dabei stellvertretend für die Arbeitsgruppe NKAB am Psychologischen Institut der DSHS Köln. Für Hilfe bei der Datenauswertung bin ich Kostas Velentzas zu Dank verpflichtet. Redaktionelle Unterstützung beim Fertigstellen der Arbeit erhielt ich von Katja Bruschi, Monika Kohnen, Eva Geburzi, Richard Spiegelberg, Stephanie Hewing, Pia Vinken und Sonja Kishinami.

Die Untersuchungen der Arbeit wären nicht zu Stande gekommen ohne Unterstützung durch die Trainer/-innen unterschiedlicher Vereine: Evelyn Maier, Melitta Maier, Wolfgang Emonts, Andreas Kaldenbach, Jan Bremen, Veronika Mielke, Uschi Klein, Stephan Flockenhaus, Norbert Hilke und Matthias Lompa.

Stellvertretend für alle untersuchten Sportler und Sportlerinnen in dieser Arbeit möchte ich ganz besonders Pia Vinken, Monika Kohnen und Sonja-Dewi Tandi meinen Dank aussprechen.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei der Sporthochschule Köln für die Gewährung eines Graduiertenstipendiums.

Eine besondere Widmung gilt noch meiner Mutter Annemarie Heinen und meiner Großmutter Maria Rüttgers, die selbst in schwierigen Zeiten immer an mich geglaubt haben.

---

Für Herrn Bert Heinen (1936-1999).

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Problemstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zugänge zur Struktur sportlicher Bewegungen</b>	<b>6</b>
2.1	Einleitung . . . . .	6
2.2	Beschreibungsebenen sportlicher Bewegungen . . . . .	7
2.2.1	Qualitative Beschreibungsebene . . . . .	7
2.2.2	Quantitative Beschreibungsebene . . . . .	8
2.2.3	Semi-Quantitative Beschreibungsebene . . . . .	9
2.3	Zum Strukturbegriff sportlicher Bewegungen . . . . .	10
2.3.1	Definition sportlicher Bewegungsaufgaben über die Spezifizierung einer allgemeinen Grundstruktur . . . . .	10
2.3.2	Aufspaltung der sportlichen Bewegung in grundlegende Elemente mit ihren Relationen . . . . .	13
2.4	Bewegungsanalytische Zugänge von sportlichen Bewegungen unter strukturellen und funktionalen Gesichtspunkten . . . . .	16
2.4.1	Phasenstrukturen sportlicher Bewegungen . . . . .	17
2.4.2	Deterministische Modelle der Bewegungsstruktur . . . . .	25
2.4.3	Indeterministische Modelle der Bewegungsstruktur . . . . .	31
2.4.4	Prozessorientierte Analysen sportlicher Bewegungen . . . . .	33
2.4.5	Modellsimulation . . . . .	35
2.4.6	Zusammenfassung . . . . .	37
2.5	Stabilitäts- und Variabilitätseigenschaften der Bewegungsstruktur . . . . .	38
2.5.1	Charakterisierung des Problemfeldes . . . . .	38
2.5.2	Variabilitätsphänomene unter bewegungsanalytischer Perspektive . . . . .	40
2.6	Zusammenfassung und Ausblick auf integrative Perspektiven . . . . .	52
<b>3</b>	<b>Mentale Bewegungsrepräsentationen und ihr Bezug zur Bewegungsstruktur</b>	<b>56</b>
3.1	Einleitung . . . . .	56
3.2	Modellansatz einer kognitiven Architektur von Bewegungshandlungen . . . . .	56
3.2.1	Antizipative Bewegungskontrolle . . . . .	57
3.2.2	Architektur der Bewegungen . . . . .	58
3.3	Mentale Repräsentationen von komplexen Bewegungen . . . . .	59
3.3.1	Charakterisierung des Problemfeldes . . . . .	60
3.3.2	Aufbau Mentaler Bewegungsrepräsentationen . . . . .	61
3.3.3	Repräsentation biomechanischer Größen . . . . .	68
3.3.4	Aufbau und Veränderung Mentaler Repräsentationen im motorischen Lernprozess . . . . .	78

3.4	Methodische Zugänge der Bezugsetzung von Bewegungsrepräsentationen und bewegungsstrukturellen Aspekten . . . . .	82
3.4.1	Direkte Bezugsetzungen . . . . .	82
3.4.2	Indirekte Bezugsetzungen . . . . .	85
3.5	Zusammenfassung . . . . .	86
<b>4</b>	<b>Ableitung eines integrativen Ansatzes zur Bearbeitung sportlicher Bewegungen unter funktionsanalytischem Aspekt</b>	<b>88</b>
4.1	Einleitung . . . . .	88
4.2	Grundannahmen des Ansatzes . . . . .	88
4.3	Forschungsmethodisches Vorgehen . . . . .	91
4.3.1	Untersuchungen . . . . .	91
4.3.2	Erfassung mentaler Bewegungsrepräsentationen (SDA-M) . . . . .	92
4.3.3	Erfassung bewegungsstruktureller Parameter (AViP) . . . . .	113
4.3.4	Verknüpfung von Bewegungsstruktur und mentaler Repräsentation . . . . .	117
4.4	Zusammenfassung und Praxisbezug . . . . .	119
<b>5</b>	<b>Mentale Repräsentationen im Gerätturnen (Untersuchungen 1 bis 3)</b>	<b>121</b>
5.1	Einleitung . . . . .	121
5.2	Beschreibung der ausgewählten Bewegungsaufgabe . . . . .	122
5.3	Untersuchung 1: Differentielle Analyse mentaler Repräsentationen von Rotationsbewegungen im Gerätturnen I (Experten, Novizen und Nichtturner) . . . . .	124
5.3.1	Fragestellung und Hypothesenableitung . . . . .	124
5.3.2	Methode . . . . .	125
5.3.3	Ergebnisdarstellung und Diskussion . . . . .	128
5.3.4	Zusammenfassung und Praxisbezug . . . . .	138
5.4	Untersuchung 2: Differentielle Analyse mentaler Repräsentationen von Rotationsbewegungen im Gerätturnen II (Trainer und Sportstudierende) . . . . .	139
5.4.1	Fragestellung und Hypothesenableitung . . . . .	139
5.4.2	Methode . . . . .	140
5.4.3	Ergebnisdarstellung und Diskussion . . . . .	142
5.4.4	Zusammenfassung . . . . .	156
5.5	Untersuchung 3: Differentielle Analyse mentaler Repräsentationen von Rotationsbewegungen im Gerätturnen in einem Trainer/-innen – Turner/-innen Vergleich . . . . .	157
5.5.1	Fragestellung und Hypothesenableitung . . . . .	157
5.5.2	Methode . . . . .	158
5.5.3	Ergebnisdarstellung und Diskussion . . . . .	159
5.5.4	Zusammenfassung . . . . .	163
5.6	Zusammenfassung zu den Untersuchungen 1-3 . . . . .	164
<b>6</b>	<b>Mentale Repräsentationen und Bewegungskinematik im Gerätturnen (Untersuchungen 4 bis 6)</b>	<b>165</b>
6.1	Einleitung . . . . .	165
6.2	Untersuchung 4: Differentielle Analyse kinematischer Parameter bei Saltoflügen im Gerätturnen (Datenbeschaffung) . . . . .	166
6.2.1	Fragestellung und Hypothesenableitung . . . . .	166
6.2.2	Methode . . . . .	167

6.2.3	Ergebnisdarstellung und Diskussion . . . . .	174
6.2.4	Zusammenfassung . . . . .	198
6.3	Untersuchung 5: Generierung eines Vorhersagemodells für kinematische Parameter auf der Basis mentaler Repräsentationsdaten im Gerätturnen (SDA-M-KiN-Modell) . . . . .	199
6.3.1	Fragestellung und Hypothesenableitung . . . . .	199
6.3.2	Methode . . . . .	200
6.3.3	Ergebnisdarstellung und Diskussion . . . . .	201
6.3.4	Zusammenfassung . . . . .	215
6.4	Untersuchung 6: Evaluation des SDA-M-KiN-Vorhersagemodells . . . . .	217
6.4.1	Fragestellung und Hypothesenableitung . . . . .	217
6.4.2	Methode . . . . .	218
6.4.3	Ergebnisdarstellung und Diskussion . . . . .	219
6.4.4	Zusammenfassung . . . . .	228
6.5	Zusammenfassung zu den Untersuchungen 4 bis 6 . . . . .	229
<b>7</b>	<b>Mentale Repräsentationen und Bewegungskinematik im Volleyball (Untersuchungen 7 bis 9)</b>	<b>230</b>
7.1	Einleitung . . . . .	230
7.2	Beschreibung der ausgewählten Bewegungsaufgabe . . . . .	231
7.3	Untersuchung 7: Differentielle Analyse kinematischer Parameter bei Angriffshandlungen im Volleyball - Datenbeschaffung . . . . .	233
7.3.1	Fragestellung und Hypothesenableitung . . . . .	233
7.3.2	Methode . . . . .	235
7.3.3	Ergebnisdarstellung und Diskussion . . . . .	238
7.3.4	Zusammenfassung . . . . .	247
7.4	Untersuchung 8: Generierung eines Vorhersagemodells für kinematische Parameter auf der Basis Mentaler Repräsentationsdaten im Volleyball (SDA-M-KiN-Modell) . . . . .	248
7.4.1	Fragestellung und Hypothesenableitung . . . . .	248
7.4.2	Methode . . . . .	249
7.4.3	Ergebnisdarstellung und Diskussion . . . . .	250
7.4.4	Zusammenfassung . . . . .	258
7.5	Untersuchung 9: Evaluation des SDA-M-KiN-Vorhersagemodells . . . . .	259
7.5.1	Fragestellung und Hypothesenableitung . . . . .	259
7.5.2	Methode . . . . .	260
7.5.3	Ergebnisdarstellung und Diskussion . . . . .	261
7.5.4	Zusammenfassung . . . . .	267
7.6	Zusammenfassung zu den Untersuchungen 7-9 . . . . .	268
<b>8</b>	<b>Gesamtdiskussion und Ausblick</b>	<b>270</b>
8.1	Theoretische und methodische Bezugsetzungen . . . . .	270
8.2	Empirische Aufgaben . . . . .	272
8.3	Praktische Konsequenzen . . . . .	275
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung der Arbeit</b>	<b>276</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>281</b>

# 1 Problemstellung

*„Die Wissenschaft kann die letzten Rätsel der Natur nicht lösen. Und das ist so, weil wir letztlich selbst ein Teil des Rätsels sind, das wir zu lösen versuchen.“*

Max Planck

Die Bewegungsausführung eines geübten Sportlers kann einen Beobachter in vielfältiger Art und Weise faszinieren. Die hohe Flexibilität und scheinbare Leichtigkeit die man wahrnimmt, wenn ein Turner einen doppelten Salto oder ein Volleyballer einen erfolgreichen Angriffsschlag ausführt wirft vielfältige Fragestellungen im Kontext der motorischen Kontrolle und der beobachtbaren Bewegungsausführung auf. Wie organisiert der Sportler seine Bewegung? Welche Strategien setzt er ein? Wie nutzt er dabei biomechanische Zusammenhänge und Parameter? etc.

Unterschiedliche Wissenschaftsdisziplinen versuchen Antworten auf diese Fragen aus ebenso unterschiedlichen Perspektiven zu geben (z.B. Jeannerod, 2004; Latash, 1998). So findet bspw. in der Sportpsychologie und Bewegungswissenschaft seit langer Zeit schon eine (paradigmatische) Diskussion um Ansätze zur motorischen Kontrolle statt (*motor-approach* vs. *action-approach*; Schack & Tenenbaum, 2004; Schmidt & Wrisberg, 2000). Weiterhin findet sich eine ausführliche Diskussion über fehlende Verbindungen zwischen Biomechanik und verschiedenen Feldern der Motorikforschung (etwa Pressing, 1998; Rosenbaum, 1991). Bei den Diskussionen innerhalb bewegungswissenschaftlicher Forschung wird dabei zumeist eine Abgrenzung von biomechanischen Aspekten der Bewegungsorganisation und der kognitiven Kontrolle der Bewegungen vorgenommen. Mit anderen Worten: *Biomechanische Aspekte (Parameter) bleiben häufig bei der Betrachtung kognitiver Aspekte der Bewegungsorganisation ausgeklammert (oder werden qualitativ neben ihnen interpretiert) und umgekehrt.*

Die gezielte Betrachtung macht allerdings auch deutlich, dass sich zunehmend neuartige Ansätze zur Beschreibung und Erklärung motorischer Kontrolle von Bewegungen entwickeln. Sie betonen die Zielgerichtetheit von Bewegungen, die Wichtigkeit antizipierter Bewegungseffekte und die zentrale Rolle mentaler Bewegungsrepräsentationen (Hoffmann, Stoecker & Kunde, 2004; Mechsner, 2004; Schack, 2004; Schack & Tenenbaum, 2004). Mit ihnen wird zu dem eine systematische Suche nach Verbindungen zwischen biomechanischer Organisation und motorischer Steuerung der Bewegung als aktuell notwendiger Schritt angesehen (Schack, 2003; Schack & Heinen, 2003). Aus dieser Sicht sind für eine integrativ angelegte Bewegungswissenschaft neben komplexen und übergreifenden Modellen auch methodische Ansätze unerlässlich, die Bezugsetzungen zwischen verschiedenen Disziplinen ermöglichen. Das ist allein deshalb erforderlich, da das Bewegungssystem nach Bernstein

(1967) über Freiheitsgrade verfügt, welche in der Regel zugunsten der Lösung der aktuellen Bewegungsaufgabe kontrolliert werden müssen. Der sich bewegende Sportler ist dabei an die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Umwelt gebunden. Damit werden explizite Kontrollstrategien notwendig, die es dem Sportler erlauben sich trotz physikalisch aufgezwungener Einschränkungen erfolgreich zu bewegen (Kalveram, 2004). Die Koordination motorischer Aktivitäten vollzieht sich also funktional über die Steuerung eines komplex strukturierten Bewegungssystems. Aus dieser Perspektive werden für eine integrative Bewegungswissenschaft sowohl Informationen über die biomechanischen *constraints* des Systems (Latash, 1998a; Zatsiorsky, 1998) als auch Informationen über die motorischen Einheiten benötigt (Schack, 2004). Dazu ist es notwendig einen Ansatz zur integrativen Analyse sportlicher Bewegungen vor dem Hintergrund der Zusammenführung kognitiver Repräsentation und biomechanischer Organisation der Bewegungen vorzulegen.

Neben theoretischen und methodischen Überlegungen ist aber noch ein wesentlicher Bezug zur Sportpraxis bedeutsam. Für eine verantwortungsvolle Weiterbildung von Trainern unterschiedlicher Sportarten, werden Aussagen zur Nutzung von kognitiven Merkmalen im Techniktraining an unterschiedlichen Stellen gefordert (Kassat, 1998; Knirsch, 2003; Neumaier & Krug, 2003). Die dazu notwendige Informationsbasis kann einzig durch Untersuchungen mittels entsprechend fundierter Methoden bereitgestellt werden. Die Optimierung von Lehr-Lern-Prozessen liegt dabei unmittelbar auf der Hand.

Mit den bisherigen Ausführungen sind bereits wesentliche Aufgaben und Problembereiche der vorliegenden Arbeit skizziert. Für die Problembearbeitung sind folgende Aspekte zu berücksichtigen und aufeinander abzustimmen:

1. Zugänge zur Bewegungsstruktur aus stärker biomechanischer Perspektive sind entsprechend zu berücksichtigen. Dabei sind Strukturelemente der Zugänge und ihre jeweiligen Relationen zueinander zu betrachten (z.B. Ballreich, 1996; Göhner, 1992; Kassat, 1995; Schiebl, 2000; Schöllhorn, 1996). Ein wesentliches Anliegen besteht dabei darin, die Ansätze hinsichtlich ihrer Einsichten in bewegungsstrukturelle Aspekte zu analysieren. Die Ausarbeitung muss sich dabei auf solche Zugänge zur Struktur sportlicher Bewegungshandlungen konzentrieren, die sich in der Biomechanik und Bewegungswissenschaft etabliert haben und neben strukturellen auch funktionale Aspekte der Bewegungsausführung berücksichtigen. Dabei sind ergänzend Variabilitäts- und Stabilitätserscheinungen der Bewegungsstruktur zu diskutieren.
2. Wird eine Ebene der biomechanischen Organisation der Bewegung von einer Ebene der mentalen Repräsentation unterschieden (Schack, 2002, 2003), dann sind zur kognitiven Kontrolle von Bewegungen definierte Einheiten nötig, die in bestimmter Relation zueinander stehen. Aufbauend auf Aspekten der Bewegungsstruktur geht es also

um die Identifizierung von Einheiten und deren funktionaler Fächerung in Repräsentationsstrukturen. Dabei wird der Ansatz der *perzeptuell-kognitiven Kontrolle* bzw. der *kognitiven Architektur von Bewegungen* zu Grunde gelegt (Schack & Tenenbaum, 2004). Die Entwicklung einer theoretischen Perspektive zur Abbildung biomechanischer Parameter innerhalb der Bewegungsrepräsentation ist dabei von wesentlicher Bedeutung.

3. Die tatsächliche Bezugsetzung zwischen bewegungsstrukturellen Aspekten und mentalen Repräsentationen kann nur in Abstimmung mit Schritten im empirisch - methodischen Bereich geschehen.

Es ist zweckmäßig im Hinblick auf einen integrativen Zugang und vor dem Hintergrund der bisher skizzierten Problemstellung auf Seiten der Ebene mentaler Repräsentationen eine Methode zur Untersuchung begrifflicher (konzeptueller) Strukturen einzusetzen (Split-Paradigma). Dieser Zugang erlaubt explizite Aussagen zur Strukturierung von Bewegungsrepräsentationen im Langzeitgedächtnis. Weiterhin ist auf der Ebene der beobachtbaren Bewegungsausführung ein Zugang zur Bewegungsstruktur zu wählen, welcher Aussagen zu strukturellen und funktionalen Gesichtspunkten der Bewegung liefert. Damit ist die Perspektive a priori als funktionsanalytisch zu kennzeichnen. Darauf aufbauend ist sowohl aus theoretischer als auch methodischer Sicht ein empirischer Ansatz zu entwickeln, der eine Bezugsetzung zwischen bewegungsstrukturellen Parametern und mentalen Repräsentationen erlaubt. Im empirisch-methodischen Teil sind daher folgende Schritte durchzuführen:

- 3a. Es sind Untersuchungen anzulegen, welche Aussagen zur Strukturierung mentaler Bewegungsrepräsentationen im Langzeitgedächtnis und deren Zusammenhang zur Expertise und Bewegungsausführung ermöglichen. Falls sich Repräsentationen mit zunehmendem Experteniveau in ihrer Variationsbreite einschränken, sollte das in der Bewegungsausführung sichtbar werden. Dabei kann weiterhin die Frage gestellt werden, ob sich zum einen Unterschiede in der Bewegungsrepräsentation zwischen Sportlern (Experten und Novizen) und Nichtsportlern zeigen und zum Anderen ob auch Personen mit sportwissenschaftlicher Ausbildung (Trainer und Sportstudierende) über unterschiedliche Repräsentationen verfügen. Abschließend wäre (auch im Hinblick auf die Sportpraxis) zu fragen, in wieweit Trainer mit ihren Sportlern über strukturell ähnliche Repräsentationen verfügen.
- 3b. Falls die biomechanische Organisation von Bewegungen in Abhängigkeit der zu Grunde liegenden Repräsentationen geschieht, dann müssten sich Bezugsetzungen zwischen biomechanischen Parametern und Daten mentaler Repräsentationen auf empirischen Wege ermitteln lassen. Zur Beantwortung dieser Fragen ist, wie oben bereits

kurz angedeutet, ein empirisch-methodisches Vorgehen zu etablieren, das Aussagen zur Abbildung biomechanischer Parameter innerhalb der mentalen Repräsentation von Bewegungen liefert. Vor dem Hintergrund der anzulegenden Untersuchungen aus 3a sind damit weitere Untersuchungen verbunden. Diese müssten zunächst Aussagen zu strukturellen Aspekten der Bewegungsausführung zulassen (Steuerstrategien, Variabilitätsaspekte etc.) bevor darauf aufbauend empirische Bezüge zwischen der Ebene mentaler Repräsentationen und der Ebene der beobachtbaren Bewegungsausführung hergestellt werden könnte. Die empirischen Bezüge sind in einem Modell zu kondensieren, welches einer Evaluation zu unterziehen ist.

Mit der Umsetzung der empirisch-methodischen Schritte (3a und 3b) sind grundsätzliche Aussagen zum kognitiven Aufbau und zur Bezugsetzung von kognitiver Kontrolle und biomechanischer Organisation von Bewegungen zu erwarten.<sup>1</sup> Die Problemstellung abschließend werden die einzelnen Arbeitsschritte präzisiert:

**Kapitel 2** beginnt mit einer Darstellung des ersten theoretischen Inhaltsbereichs der vorliegenden Arbeit, nämlich Zugängen zur Struktur sportlicher Bewegungen. Nach einem Einstieg in Beschreibungsebenen wird der Strukturbegriff sportlicher Bewegungen konkretisiert. Darauf aufbauend findet eine umfangreiche Diskussion etablierter bewegungsanalytischer Zugänge zu sportlichen Bewegungen unter strukturellen und funktionalen Gesichtspunkten statt. Das Kapitel endet mit einer Betrachtung von Variabilitäts- und Stabilitätsphänomenen der Bewegungsstruktur und der Darstellung erster integrativer Perspektiven im Rahmen des Strukturverständnisses.

**Kapitel 3** widmet sich dem zweiten theoretischen Inhaltsbereich der vorliegenden Arbeit. Mit Bezug zu den Ausführungen in Kapitel 2 sollen Fragen der Repräsentation von Bewegungsabläufen und ihr Bezug zur Bewegungsstruktur genauer behandelt werden. Dabei wird insbesondere einem Modellansatz zur kognitiven Architektur von Bewegungshandlungen (Schack, 2002) Aufmerksamkeit geschenkt. Eingebettet in diesen Modellansatz werden mentale Repräsentationen in ihrem perzeptuell-kognitiven Aufbau und ihrem Bezug zu biomechanischen Größen, genauer: deren Abbildung, dargestellt. Die Darstellung der Entwicklung und Veränderung mentaler Repräsentationen soll sich an unterschiedlichen Phasen der Fertigkeitserwerbungsorientierung orientieren.

Mit der abschließenden Betrachtung methodologischer Aspekte der Bezugsetzung von Bewegungsrepräsentationen und bewegungsstrukturellen Aspekten in Kapitel 3 findet der Übergang in **Kapitel 4** statt. Hier wird aufbauend auf den theoretischen und methodischen Aspekten aus Kapitel 2 und 3 ein integrativer Ansatz zur Bearbeitung sportlicher Bewe-

---

<sup>1</sup>Auf Grund der Ergebnisse der empirischen Bezugsetzung zwischen mentalen Repräsentationen und kinematischen Parametern könnte darüber hinaus ein grundlegendes Problem handlungstheoretischer Überlegungen weiter erschlossen werden. Dabei handelt es sich um die sog. Diskrepanz zwischen physikalischer und phänomenaler Welt (vgl. Nitsch & Munzert, 1997).

gungen entwickelt, welcher in insgesamt neun Untersuchungen kondensiert wird. Nach der Konkretisierung der eigenen Untersuchungen werden die Untersuchungsansätze zur Erfassung der Struktur mentaler Repräsentationen und der Bewegungskinematik dargestellt. Die Verknüpfung der beiden Datenpools wird in einem eigenen Abschnitt thematisiert. Das Kapitel endet mit der Darstellung des Praxisbezugs des eigenen Ansatzes.

In **Kapitel 5** werden die Untersuchungen 1 bis 3 dargestellt. Als Bewegungsaufgabe wurde der turnerische Salto vorwärts am Minitrampolin gewählt. Im ersten Experiment werden Turner/-innen (Experten und Novizen) und Nichtturner/-innen hinsichtlich der Strukturierung mentaler Repräsentationen analysiert und miteinander verglichen und mit der tatsächlichen Bewegung interpretativ in Beziehung gesetzt. In Untersuchung 2 werden Aspekte der mentalen Strukturierung bei Personen mit sportwissenschaftlicher Ausbildung (Trainer/-innen und Sportstudierende) thematisiert. In Untersuchung 3 wird die Frage nach der strukturellen Ähnlichkeit mentaler Repräsentationen in einem Vergleich von Trainer/-innen mit ihren Turner/-innen gestellt und diskutiert.

In **Kapitel 6** werden bei derselben Bewegungsaufgabe Aspekte der Bewegungsstruktur und der Bezugsetzung zwischen mentalen Repräsentationen und kinematischen Parametern empirisch hinterfragt. Untersuchung 4 dient dabei primär der Beschreibung bewegungsstruktureller (kinematischer) Aspekte bei turnerischen Saltoflügen. In Untersuchung 5 findet die theoretische und methodische Verknüpfung von Daten mentaler Repräsentationen und Daten der Bewegungsstruktur statt. Spezifische Modelle zur Vorhersage kinematischer Parameter auf der Basis mentaler Repräsentationen werden entwickelt. Dabei wird in erster Linie der Frage nachgegangen inwieweit die strukturelle Abbildung kinematischer Parameter innerhalb der mentalen Repräsentation empirisch nachweisbar wird. Zur Qualitätsprüfung des so generierten Modells findet in Untersuchung 6 eine Evaluation an einer weiteren Stichprobe statt.

Parallel zu Kapitel 6 wird in **Kapitel 7** das gleiche Vorgehen angewandt. In diesem Kapitel kann entschieden werden, ob sich funktionale Bezüge zwischen bewegungsstrukturellen Aspekten und mentalen Repräsentationen empirisch auch beim frontalen Angriffsschlag im Volleyball nachweisen lassen.

In **Kapitel 8** wird es möglich differenzierte Bezüge zwischen den empirischen Befunden der Forschungskomplexe und den theoretischen Annahmen herzustellen. Weiterhin wird auf Perspektiven und künftige Schritte empirischer Forschung eingegangen, welche durch den entwickelten integrativen Ansatz eröffnet werden. Praktische Konsequenzen werden vor dem Hintergrund der empirischen Befunde diskutiert.

Die Arbeit schließt in **Kapitel 9** mit einer zusammenfassenden Darstellung der theoretischen Ansätze und empirischen Studien die Arbeit ab.

## 2 Zugänge zur Struktur sportlicher Bewegungen

*„Es wird jedoch immer deutlicher, daß die Natur einen anderen Plan verfolgt. Ihre Grundgesetze beherrschen die Welt wie wir sie wahrnehmen, keineswegs unmittelbar; sie schaffen vielmehr eine Grundlage, von der wir uns kein geistiges Bild machen können, ohne Unwesentliches hineinzubringen.“*

Paul Dirac

### 2.1 Einleitung

Sportliche Bewegungen werden durch ein funktionales Zusammenspiel verschiedener Systeme realisiert. Das soll einleitend anhand eines Beispiels erläutert werden. Abbildung 2.1 zeigt, dass die an der Bewegung beteiligten Systeme über *Konvergenzebenen* (grau unterlegt in Abb. 2.1) miteinander in Beziehung stehen. Auf jeder dieser Ebenen spielen verschiede-

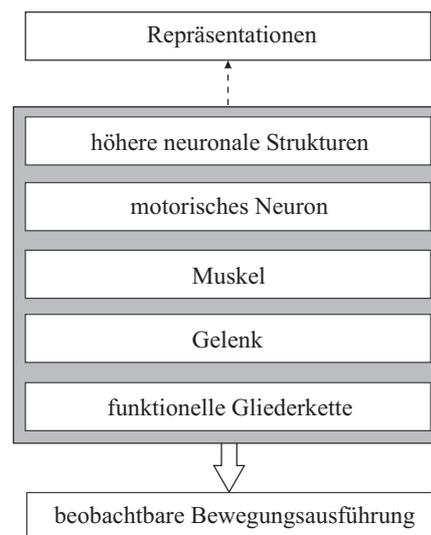


Abb. 2.1: Schematische Darstellung der an der Motorik beteiligten Systeme (grau unterlegt). Als Resultat des Zusammenspiels der grau unterlegten Konvergenzebenen kann die beobachtbare Bewegungsausführung gesehen werden. Aus psychologischer Sichtweise sind für die Bewegungssteuerung noch Repräsentationen von Bedeutung (erweitert nach Gollhofer, Gruber & Bruhn, 2003; Winter, 1990).

ne Komponenten zusammen und werden hinsichtlich ihres Effektes summativ wirksam. So geht die Nettobilanz aus Erregungs- und Hemmungsprozessen auf Seiten der motorischen Neurone als Aktivierung in den Muskel ein. Die Summation aller um ein Gelenk wirksamer Muskeln kann als Nettodrehmoment im betreffenden Gelenk bestimmt werden. Das Resultat des Zusammenspiels der Konvergenzebenen ist die beobachtbare Bewegungsausführung welche in vorliegender Arbeit ein zentraler Betrachtungsgegenstand ist. Aus Sichtweise der

Biomechanik kann sie in Termen der Physik beschrieben werden. Aus einer (sport-) psychologischen Sichtweise sind Bezüge zu (internen) Repräsentationen von wesentlicher Bedeutung für das Verständnis der Bewegungssteuerung (Kap. 3).

Im Mittelpunkt des Interesses der weiteren Ausführungen stehen komplexe sportliche Bewegungen. Sie sind zielgerichtet und werden willkürlich ausgeführt. Sie müssen erlernt werden und es sind Körper- und Segmentbewegungen zur Ausführung nötig (Magill, 2001). Nach einem Einstieg in Beschreibungsebenen von Bewegungen (Abschn. 2.2) soll ein definitorischer Ausgangspunkt für den Strukturbegriff sportlicher Bewegungen festgelegt werden (Abschn. 2.3). Zugänge zur Beschreibung und Ordnung von sportlichen Bewegungen aus struktureller Sicht werden in Abschnitt 2.4 vorgelegt. Abschnitt 2.5 stellt Variabilitäts- und Stabilitätsaspekte dar, die sich in beobachtbaren Bewegungen finden lassen. Das Kapitel endet mit einer Zusammenfassung (Abschn. 2.6).

## **2.2 Beschreibungsebenen sportlicher Bewegungen**

Bevor der eigentliche Strukturbegriff bearbeitet wird, scheint eine Darstellung der Beschreibungsebenen von sportlichen Bewegungen angebracht. Diese Darstellung soll deutlich machen, welche prinzipiellen Sichtweisen bei strukturellen Aspekten der Bewegung eingenommen werden können. Eine *qualitative* (Abschn. 2.2.1) und eine *quantitative* Beschreibungsebene (2.2.2) mit je eigenen Beschreibungsmerkmalen können voneinander unterschieden werden. In neuerer Zeit setzen sich immer stärker auch *hybride* Ansätze durch, die versuchen eine Integration von qualitativen und quantitativen Sichtweisen herzustellen. (2.2.3).<sup>1</sup>

### **2.2.1 Qualitative Beschreibungsebene**

Um sportliche Bewegungen in ihrer Ganzheitlichkeit zu erfassen, wurden von Meinel (1960, 1971) sog. *qualitative Bewegungsmerkmale* definiert. Dazu zählen bspw. der Bewegungsrhythmus, der Bewegungsfluss oder die Bewegungsgenauigkeit. Bewegungen werden aus qualitativer Sicht nicht durch eine Anhäufung von Kennwerten und Kennwertverläufen gesehen, sondern es wird versucht, den *Charakter* des Bewegungsverlaufs in seiner Qualität zu erfassen. Qualitative Bewegungsmerkmale beziehen sich daher zumeist auf die Wahrnehmung der Bewegungsausführung durch einen Beobachter (Röthig, 1996; Loosch, 1999). Auf Seiten dieses Beobachters muss ein großes Erfahrungswissen um die (qualitative) Struktur der beobachteten Bewegung vorliegen, um sie in ihrer Ganzheitlichkeit zu erfassen und (insbesondere) zu bewerten. Damit ergibt sich aber auch ein potentieller Nachteil in der qua-

---

<sup>1</sup>Wie wichtig diese erste Unterscheidung in quantitative und qualitative Beschreibungsebene ist, sieht man auch in der modernen Psychologie. Hier wird vom quantitativem und qualitativem *Paradigma* gesprochen und ganze Lehrbücher sind der einen oder anderen Tradition verschrieben (Bortz & Döring, 2003).

litativen Bewegungsbeobachtung. Sie ist häufig stark dem subjektiven Eindruck unterlegen. Zwei unterschiedliche Beobachter können ein gleiches Merkmal bei der gleichen Bewegung ganz unterschiedlich wahrnehmen. Zudem können Beschreibungsmerkmale aus qualitativer Sicht in einer Sportart mehrdeutig belegt sein und so in der Kommunikation zwischen zwei Beobachtern zu Missverständnissen führen (Ballreich & Preiß, 2000). Moderne Ansätze der Bewegungsanalyse versuchen zwar teilweise die Ganzheitlichkeit der Bewegung auch quantitativ zu erfassen, die messtechnische Bearbeitung qualitativer Bewegungsmerkmale ist oftmals jedoch äußerst aufwendig und kann in der Regel nicht den wahrgenommenen Eindruck der Bewegungsausführung bzw. deren Struktur wiedergeben (Ballreich & Preiß, 2000; Loosch, 1999). Der Ansatz der klassischen Phasengliederung nach Meinel & Schnabel (1998; Abschn. 2.4.1) könnte als ein solch qualitativer Zugang zur sportlichen Bewegung charakterisiert werden.

### 2.2.2 *Quantitative Beschreibungsebene*

Während von einer qualitativen Beschreibungsebene her versucht wird, die Ganzheitlichkeit einer Bewegung zu erfassen, summiert die *quantitative Beschreibungsebene* die physikalischen Größen, mit Hilfe derer z.B. Orts- und Zeitparameter, Geschwindigkeiten oder Winkel in bestimmten Abschnitten der Bewegung beschrieben werden (Loosch, 1999). Auch wenn komplexe Parameter-Zeit-Verläufe gemessen werden können (sog. Prozessorientierung; Jaitner, 2002; Schöllhorn, 1996), findet dennoch häufig eine Fokussierung auf bestimmte zeitdiskrete Ausprägungen von Beschreibungsmerkmalen statt (sog. Produktorientierung; Brüggemann, 1983). Quantitative Beschreibungsmerkmale können temporaler, kinematischer oder dynamischer Art sein (Preiß, 1996). Zeitliche Merkmale stellen dabei das *Fundament* einer bewegungsstrukturellen Betrachtung dar. Darauf aufbauend werden dann zumeist kinematische (z.B. Geschwindigkeiten in translatorischen und rotatorischen Bewegungen) und dynamische (z.B. Kräfte in translatorischen und rotatorischen Bewegungen) gemessen (oder berechnet) und dem Zeitverlauf der Bewegung zugeordnet. Im Kontext einer *quantitativ-kinematischen* Bewegungsbeschreibung würden auf dieser Ebene somit alle Parameter subsumiert, die sich mit der Geometrie der Bewegung befassen (Donskoi, 1975). Auf der quantitativen Beschreibungsebene wird die Bewegung messbar und die Beschreibungsmerkmale können je nach Fragestellung nahezu beliebig umfangreich ausgewählt werden. Mit Hilfe verschiedener statistischer Methoden, können Aussagen zu quantitativ-strukturellen Aspekten der untersuchten Bewegung gemacht werden. Die quantitative Ebene bietet im biomechanischen Kontext einen zentralen Betrachtungsstandpunkt, die Bewegung im Außenaspekt zu erfassen (Loosch, 1999). Empirische wie sportpraktische Vorteile sind darin zu sehen, dass mit Hilfe entsprechender Messmethoden eine sehr gute Festlegung der unterschiedlichen Parameterausprägungen von Bewegungen gelingt und

diese direkt zur Trainingssteuerung genutzt werden können (Soll-Vorgaben, Güte des Bewegungsablaufes etc.). Es muss jedoch wie oben darauf hingewiesen werden, dass es mit Hilfe quantitativer Methoden kaum möglich ist, die Ganzheitlichkeit der Bewegung zu erfassen und damit den Wahrnehmungseindruck eines Beobachters wiederzugeben. Die sog. deterministische Modellierung der Bewegung (Abschn. 2.4.2) ist als rein quantitativer Ansatz bei der Analyse sportlicher Bewegungen zu verstehen.

### 2.2.3 *Semi-Quantitative Beschreibungsebene*

Aus der bisherigen Darstellung des quantitativen und qualitativen Zugangs lässt sich ableiten, dass sich die qualitative und quantitative Beschreibungsebene nicht gegenseitig ausschließen. Im sportpraktischen wie auch im empirischen Vorgehen kann sich eine *Mischstrategie* in der Beurteilung sportlicher Bewegungsabläufe bewähren. Dieser Ansatz wird auch qualitativ-quantitativ, hybrid oder semi-quantitativ genannt. Entsprechend bietet es sich an, dann von einer semi-quantitativen Beschreibungsebene zu sprechen. Diese Ebene integriert dabei zumeist Informationen aus qualitativer und quantitativer Sicht *unter einem Zweckspekt* (Mechling & Effenberg, 1999). Die Struktur der Bewegung wird also im Hinblick auf das *Bewegungsziel* aus einer Mischperspektive betrachtet. Diese Mischstrategie wird auch an verschiedenen Stellen empfohlen (Ballreich & Preiß, 2000; Loosch, 1999), da im sportlichen Training häufig die reine quantitative Beurteilung sehr zeitaufwendig und oftmals nicht möglich ist. Ballreich & Preiß (2000) konnten bspw. in einer Vergleichsstudie zeigen, dass Zeitmerkmale und Geschwindigkeitsmerkmale bei relativ langsamen Bewegungen gut geschätzt werden können. Andere Parameter (Länge, Winkel etc.) konnten nur mit sehr geringer Übereinstimmung zwischen dem gemessenen Realwert von einer Gruppe von Beobachtern geschätzt werden. Daraus leiten die Autoren die Forderung ab, prinzipiell quantitative Merkmale im Lernprozess als Entscheidungsgrundlage heran zu ziehen, diese aber immer mit der qualitativen Bewegungsbeurteilung zu verknüpfen und daraus Handlungsanweisungen bzw. Methodiken abzuleiten. Für die vorliegende Arbeit erscheint es also sinnvoll zu sein auch hybride Ansätze der Bewegungsbeschreibung und -beobachtung zu verfolgen, da diese eine Verknüpfung zwischen dem Gesamteindruck der Bewegung und einzelner Parameterwerte herstellen können.

Neben der Sportwissenschaft (Krug, 2004) wird auch in der modernen Motorikforschung häufig eine hybride Betrachtungsebene eingenommen (exemplarisch siehe etwa Broderick & Newell, 1999: Koordinationsmuster beim Ballprellen; Gottlieb, 2001: ballistische impact-Bewegungen; Shim, Latash & Zatsiorsky, 2003; Latash & Jaric, 2002 sowie States & Wright, 2001: manipulative Bewegungen; Schomaker & Plamondon (1990): Handschrift; Toussaint, Commisaris, Dieen, Reijnen, Praet & Beek, 1995: Gewichtheben). Dabei geht es neben der

Fixierung auf wenige Beschreibungsparameter zumeist um die (qualitative) Beschreibung und Aufklärung von Zusammenhängen (und Mechanismen) zwischen beschreibenden Parametern und der Kontrolle der Parameter in Bezug auf die Lösung der Bewegungsaufgabe. Der Ansatz des Funktionsphasenkonzeptes nach Göhner (1992) könnte bspw. als solch ein eigenständiger, hybrider Ansatz beim analytischen Zugang zur Bewegungsstruktur charakterisiert werden (Abschn. 2.4.1).

### ***2.3 Zum Strukturbegriff sportlicher Bewegungen***

Nachdem im vorhergehenden Abschnitt eine erste Unterscheidung in Beschreibungsebenen der sportlichen Bewegung vorgenommen wurde, ist es im Folgenden zweckmäßig, sportliche Bewegung unter strukturellen Aspekten zu verstehen und zu diskutieren. Die Wahl der Beschreibungsebene sagt a priori nur wenig über strukturelle Aspekte der Bewegung aus, da mit der Beschreibungsebene ganz unterschiedliche bewegungsanalytische Zugänge verbunden sein können. Bevor im Abschnitt (2.4) auf etablierte bewegungsanalytische Zugänge zu einer Struktur der sportlichen Bewegung eingegangen wird, ist es vorweg sinnvoll, strukturelle Aspekte sportlicher Bewegungen zu thematisieren. Schritt 1 ist dabei die Definition sportlicher Bewegungsaufgaben über die Spezifizierung einer allgemeinen Grundstruktur (Abschn. 2.3.1). Im zweiten Schritt soll dann ein Verständnis der sportlichen Bewegung selber unter struktureller Sichtweise dargestellt werden (Abschn. 2.3.2).

#### ***2.3.1 Definition sportlicher Bewegungsaufgaben über die Spezifizierung einer allgemeinen Grundstruktur***

Zur Definition sportlicher Bewegungen über die Spezifizierung einer allgemeinen Grundstruktur, ist es zunächst notwendig, die sportliche *Bewegungsaufgabe* als zentrale Begrifflichkeit zu verstehen und diese zu spezifizieren. Bernstein hat schon 1947 darauf hingewiesen, dass es Sinn macht von der sog. *Bewegungsaufgabe* zu sprechen, da Bewegungsfertigkeiten „keine stabile[n] effektorische[n] Formel[n] irgendeiner Reihenfolge von Nerven - Muskelimpulsen“ sind (rezitiert aus Bernstein, 1996, S. 7). Es geht vielmehr darum einen *Weg* zu finden, der es einem erlaubt, die gestellte Bewegungsaufgabe zu *lösen*. Die Begriffsvielfalt in der sportwissenschaftlichen Literatur ist dabei weit reichend. So gibt es etwa die Begrifflichkeit des *Technikleitbildes*, welches als personenunabhängiges *optimales* Lösungsverfahren einer sportlichen Bewegungsaufgabe verstanden wird (Neumaier & Krug, 2003). Eine Anpassung des Technikleitbildes an personenabhängige Voraussetzungen und Fähigkeiten wird *Zieltechnik* genannt.<sup>2</sup> Wie auch immer die tatsächliche Bezeichnung ist, es kann

---

<sup>2</sup>In der amerikanischen Motorikliteratur wird der hier benutzte Begriff des Technikleitbildes im weiteren Sinne als *motor skill* oder *action* bezeichnet. Zieltechnik wird dort *movement* genannt (Magill, 2001). Die

festgehalten werden, dass sich im Sport eine Reihe von (Bewegungs-) Aufgaben stellen, die mittels eines motorischen Verfahrens zu lösen sind (Grosser, Brüggemann & Zintl, 1986). Je nach sportlicher Disziplin spielen ganz unterschiedliche Faktoren in ebenso unterschiedlicher Gewichtung bei der Definition der eigentlichen Aufgabe eine wesentliche Rolle. Göhner (1979, 1987 & 1992) legt dazu einen Ansatz vor, der jede sportliche Bewegung durch die Konkretisierung unterschiedlicher Faktoren hinreichend charakterisieren kann. Durch seinen Ansatz werden Rahmen- und Ausgangsbedingungen für eine weitere Analyse der sportlichen Bewegung(-saufgabe) festgelegt. Dabei soll im folgenden jede Nennung der Begrifflichkeit der sportlichen Bewegung auch gleichzeitig ihren Aufgabencharakter implizieren. Der Ausgangspunkt ist dabei, dass sportliche Bewegungen immer zielbezogen sind und eine geeignete Steuerung des Bewegungsapparates zur Zielerreichung verlangen.

Die Bewegungsaufgabe kann sich sportart- und situationsspezifisch stellen. Aus dieser Sichtweise heraus trägt Göhner 5 Faktoren zusammen, die in ihrem Zusammenhang als *allgemeine Grundstruktur* aller sportlichen Bewegungsaufgaben verstanden werden können (Göhner, 1992; Abb. 2.2). Durch sie wird eine erste Klassifikation von Bewegungshandlung-

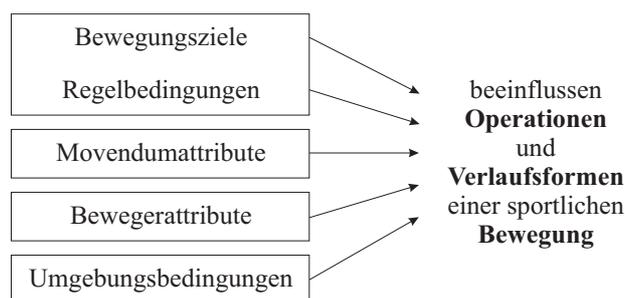


Abb. 2.2: Grundstruktur der sportlichen Bewegungsaufgabe nach Göhner (1979, 1987 & 1992).

---

gen aufgrund unterschiedlicher Ausprägungen der in Abbildung 2.2 dargestellten Systemkomponenten möglich. Die Systemkomponenten

- Bewegungsziel,
- Bewegungsregeln,
- Movendum (Bewegungsobjekt),
- Beweger (Bewegungssubjekt) und der
- Bewegungsraum

---

grundlegende Idee bleibt jedoch erhalten: Unterschiedliche Personen können unterschiedliche Bewegungstechniken einsetzen um das gleiche Bewegun-

definieren in ihrem Zusammenspiel die Bewegungsaufgabe. Bei genauerer Betrachtung wird der starke Bezug zu handlungstheoretischen Positionen deutlich (Haywood & Getchell, 2001; Nitsch & Munzert, 1997). Jedoch liegt dem Ansatz von Göhner eine für die Sportpraxis differenziertere Binnengliederung zu Grunde. Die einzelnen Komponenten sollen im folgenden kurz charakterisiert werden.

Es wurde bereits festgestellt, dass Bewegungsleistungen im Sport stets durch bestimmte Ziele definiert sind. *Resultatsorientierte Ziele* (etwa möglichst hoch zu springen) können von *verlaufsorientierten Zielen* (etwa einen Salto möglichst schön zu turnen) unterschieden werden (Grosser, Brüggemann & Zintl, 1986). Somit können hier im Groben zunächst zwei Klassen von Bewegungsaufgaben unterschieden werden. Bei sog. Formbewegungen geht es darum, die „Realisierung einer bestimmten Form der Bewegung selbst“ vorzunehmen (Sobotka, 1974). Zweckorientierte Bewegungen haben es zum Ziel, das Bewegungsobjekt instrumentell einzusetzen. Bewegungsziele sind eng geknüpft an Regelbedingungen. In den meisten Sportarten ist das Erbringen von Bewegungsleistungen durch Regeln (positiv wie negativ) beeinflusst. Beispielsweise erlaubt die Regel eines Sprungbretteinsatzes im Turnen ganz bestimmte Bewegungsleistungen, die ohne ein Sprungbrett nicht möglich wären. So ergibt sich häufig ein Wechselspiel aus biomechanischer Notwendigkeit und ästhetischer Wirksamkeit, welches eng an die Regelbedingungen gekoppelt ist. Hochmuth (1982) bemerkt dazu, dass die Bewegungsvorschriften mitunter auch das Ziel verfolgen, die klassischen Bewegungsabläufe zu erhalten.<sup>3</sup> Das *Movendum* (oder das Bewegungsobjekt) wird immanent mit der sportlichen Bewegung assoziiert. Das heißt, dass beim Bewegen stets auch eine raum-zeitliche Verschiebung eines Objektes stattfindet. In der Leichtathletik finden sich häufig Wurfobjekte, die zum *Movendum* deklariert werden. Beim Turnen ist das *Movendum* der Athlet selber. Hier wird bereits der Bezug zur Systemkomponente des Bewegers deutlich. Der sich bewegende Mensch wird immer einen Bezug zur Bewegungsausführung besitzen, selbst wenn diese teilweise fremdgesteuert (z.B. beim Fallschirmspringen) ist. In manchen Fällen wird er selbst zum *Movendum*, in anderen Fällen zum Beweger des *Movendums*. Abschließend muss noch berücksichtigt werden, dass jede sportliche Bewegungsaufgabe in einem bestimmten Raum statt findet, welcher die Bewegungsaufgabe entscheidend beeinflussen kann (z.B. fällt es einem häufig leichter sich schnell in Luft, als in Wasser zu bewegen). Göhner (1992) fasst die Gemeinsamkeiten sportlicher Bewegungsaufgaben wie folgt zusammen:

„Das Gemeinsame aller sportlichen Bewegungsaufgaben lässt sich somit darauf zurückführen, dass stets ein materielles *Movendum* von einem Beweger in

---

<sup>3</sup>Dieses Ziel wurde bspw. in neuerer Zeit konsequent bei der Entwicklung des Sprungtisches im Gerätturnen verfolgt. Es haben Diskussionen darüber statt gefunden, die Oberfläche des Tisches mit hoher Elastizität zu konstruieren, um neue Bewegungsmöglichkeiten erschließen zu können. Am Ende der Diskussionen stand jedoch fest, keine stark elastische Oberfläche zuzulassen, sondern im Wesentlichen die Elastizitätseigenschaften des bisher verwendeten Sprungpferdes zu erhalten (Schweizer, 2002).

einem spezifischen Bewegungsraum unter Einhaltung von Regeln auf ein Bewegungsziel hin bewegt wird“ (Göhner, 1992; S.40).

Es wird deutlich, dass die Grundstrukturierung sportlicher Bewegungsaufgaben im Hinblick auf das Bewegungsziel vorgenommen wurde. Damit ist häufig eine Außenperspektive verbunden, da sich das Bewegungsziel i.d.R. durch Beobachtung erschließt. Aspekte der Innenperspektive können im Systemelement des Bewegers verankert werden. Auf diese wird an einer späteren Stelle einzugehen sein (Kap. 3).

Der Vorschlag von Göhner (1979, 1987 & 1992) kann als ein Versuch verstanden werden, sportliche Bewegungsaufgaben zu spezifizieren und dadurch von anderen Bewegungsaufgaben abzugrenzen. Spezifische andere Klassifizierungsansätze sportlicher Bewegungen gibt es in großer Anzahl in der vorliegenden Literatur (z.B. Adams, 1971; Brüggemann, 1989, 1994b; Gentile, 1972, 2000; Hochmuth, 1982; Rieling, 1967; Leuchte, 1993; Ludwig, 1994; Magill, 2001; Poulton, 1957; Sobotka, 1974). Manche der Ansätze sind sportartübergreifend, andere sind sportartspezifisch. Ihnen allen liegt die Idee zu Grunde, sportliche Bewegungen voneinander abzugrenzen und über die Herstellung dieser Ähnlichkeits- bzw. Unähnlichkeitsbeziehungen Aussagen über die Ziele und die Ausführung einer sportlichen Bewegung zu treffen. Es wird in dieser Arbeit auf den Ansatz von Göhner fokussiert, da er sowohl einen sportartübergreifenden als auch sportartspezifischen Zugang darstellen kann und dabei nichts an Flexibilität bei der Betrachtung der jeweiligen sportlichen Bewegungsaufgabe verliert. Wenngleich die o.a. Differenzierung der allgemeinen Grundstruktur einer sportlichen Bewegungsaufgabe trivial erscheinen mag, so hat die wissenschaftliche Bearbeitung sportlicher Bewegungsaufgaben doch nichts an Aktualität verloren. In der Triade aus motorischem Lernen, motorischer Kontrolle und motorischer Entwicklung stellt die sportliche Bewegungsaufgabe (genauer: deren Lösung) einen Komplex dar, den es zu verstehen gilt. Nach der Spezifizierung der allgemeinen Grundstruktur einer sportlichen Bewegungsaufgabe in diesem Abschnitt erscheint es daher sinnvoll, im folgenden Abschnitt auf *strukturelle Aspekte* der Bewegungsaufgabe einzugehen (Abschn. 2.3.2) und diese im Hinblick auf mögliche analytische Zugänge zu diskutieren (Abschn. 2.4). Mit anderen Worten: Der vorgestellte Ansatz charakterisiert die untersuchte Bewegungsaufgabe in ihren Rahmen- und Ausgangsbedingungen. Weitere strukturelle Betrachtungen sollen Einsichten in den Aufbau der Bewegung selber liefern.

### 2.3.2 *Aufspaltung der sportlichen Bewegung in grundlegende Elemente mit ihren Relationen*

Sportliche Bewegungen sind sehr komplexe Gebilde (Göhner, 1992) und können im Problemkreis zwischen *Struktur und Funktion* angesiedelt werden. Bereits 1967 wies Rieling darauf hin, dass die Zergliederung einer Bewegung in ihre *Bestandteile* (Elemente oder Teil-

bewegungen) ein erster notwendiger Schritt zum Verständnis der Bewegung (und damit zur Aufklärung ihrer Struktur) ist. Ein zweiter notwendiger Schritt war nach Rieling darin zu sehen, die *Beziehungen* zwischen den Elementen der Bewegung zu erfassen, um so den ganzheitlichen Charakter von Bewegungen zu erhalten und zu durchdringen. An dieser Sichtweise hat sich bis heute im Wesentlichen nichts geändert. Die Bewegungslehre des Sports sieht weiterhin eine Aufgabe darin, praktikable Ansätze zur Strukturierung und Binnengliederung von Bewegungen vorzulegen. Meinel & Schabel (1998) bemerken dazu:

„Durch die Aufhellung der Struktur eines Objektes [des sportlichen Bewegungsablaufes] wird es [er] als System gekennzeichnet und von anderen Systemen abgehoben“ (S.77).

Unter der Struktur einer sportlichen Bewegung versteht man die Relationen, die die Elemente dieser Bewegung miteinander verbinden (Mechling, 1992). Diesem zunächst definitorischen Ausgangspunkt liegen zwei zentrale Begriffe zu Grunde. Zum einen geht es bei der Definition um *Relationen*, also Beziehungen, die innerhalb einer sportlichen Bewegung Bestand haben. Zum anderen geht es um strukturelle *Elemente* dieser Bewegung, die über eben diese Relationen miteinander verknüpft sind (siehe auch Schiebl, 2000). Diese Form der Zergliederung einer sportlichen Bewegung ist Ausgangspunkt für viele bewegungsanalytische Konzepte. Daran knüpft sich die konzeptabhängige Wahl der Strukturelemente und in dessen Folge eine perspektivenabhängige Wahl der Relationen zwischen den Elementen an. Vom Standpunkt der beobachtbaren Bewegungsausführung her gesehen, handelt es sich bei den Strukturelementen oftmals um physikalisch beschreibbare Elemente.

Neben der Betrachtung von Strukturelementen und Relationen erscheint es zunehmend sinnvoll, auch *funktionale Aspekte* der Bewegungsstruktur zu betrachten. Der sich bewegende Mensch kann als dynamisches und adaptives System charakterisiert werden (Haken & Haken-Krell, 1994). Vom Standpunkt einer integrativen Bewegungswissenschaft ist es daher höchst interessant zu erkennen, dass Struktur und Funktion bei menschlichen Bewegungen eng miteinander verflochten sind (Mechling, 1992). Besonders im sportlichen Kontext sind die meisten Bewegungen zielbezogen (Göhner, 1992). Die Relationen der strukturellen Elemente der jeweiligen Bewegung werden in Abhängigkeit des Bewegungsziels zwischen den Elementen und zum Bewegungsziel differieren. Manche Elemente können funktional direkt, andere können indirekt mit dem Bewegungsziel in Verbindung stehen. Sie können weiterhin direkt oder indirekt mit anderen Elementen in Verbindung stehen, die ihrerseits wieder einen bestimmten Bezug zum Bewegungsziel hin aufweisen. Diese komplexen Zusammenhänge zwischen den Strukturelementen stellen ein regelrechtes *Gefüge von Relationen und Elementen* dar. Aus Sichtweise der Kinematik (als Feld der Biomechanik) könnte das bspw. bedeuten, dass man von einer *kinematischen Struktur* der Bewegung sprechen könnte. Die Strukturelemente und ihre Relationen einer Bewegung würden dabei in Termen der Kinematik beschrieben. Das genannte Relationsgefüge würde dann zu einem kinematischen *Pa-*

*rametergefüge* (Krug, 2004; Schack & Heinen, 2003).

Der Ansatz zur Erfassung der Struktur von Bewegungen ist im Prinzip nicht neu. Bereits 1975 legte Donskoi einen Versuch vor, Bewegungen in ihrer Struktur zu erfassen. Diesem Ansatz wohnt die Sichtweise inne, Bewegungshandlungen als komplexe *Bewegungssysteme* zu verstehen. Damit verbunden ist die bereits genannte prinzipielle Zergliederung der Bewegung (des Bewegungssystems) in Subsysteme unterschiedlicher Ordnungen, die einer hierarchischen Organisation unterliegen. Die Subsysteme ihrerseits bestehen zumeist aus bestimmten Elementen, die untereinander in Wechselbeziehung (innere Wechselwirkungen) stehen. Zudem findet Bewegung immer im Kontext äußerer Einflüsse statt. Diese sind als äußere Wechselwirkungen des Systems zu verstehen. Alle diese Verbindungen und Verhältnisse sind gesetzmäßig. Das heißt aber nicht, dass sie konstant sind, sondern veränderlich (Donskoi, 1975). Diese Veränderlichkeit ist jedoch wiederum gesetzmäßig. Dieses ist die erste Sichtweise, nämlich die vom Gesamtsystem über die Subsysteme auf die Elemente der Subsysteme. Aus umgekehrter Perspektive entwickelt sich aus dem Zusammenspiel der Elemente das jeweilige Subsystem und aus dem Zusammenspiel der Subsysteme das jeweilige Bewegungssystem in seiner Ganzheitlichkeit. So werden bspw. neue Bewegungsquantitäten möglich (die koordinierte Aktion der Streckmuskeln des Beines macht erst einen Absprung möglich). Die Bewegungsstruktur ist nach Donskoi (1975) mehrstufig. Jedes Untersystem hat seine eigene Binnenstruktur, die in die allgemeine Bewegungsstruktur eingeschlossen ist (Abb. 2.3). Es lassen sich eine Reihe von Strukturseiten (Substrukturen) finden, die für sich genommen in ihrer Eigenheit als isolierte Module sowohl aus der theoretischen Perspektive, als auch aus empirischer Perspektive bearbeitet werden können. Mit direktem Bezug zur Bewegungsstruktur kann die sog. kinematische und die dynamische Struktur sowie die Informationsstruktur gesehen werden. Während die kinematische Struktur die Bewegung nach der Form und dem Charakter in Raum und Zeit beschreibt, betrachtet man bei der dynamischen Struktur die Ursachen des Bewegungsablaufes (Donskoi, 1975). Informationsstrukturen beschreiben alle Vorgänge der Steuerung und Regelung bei der Bewegungsausführung, die im Wesentlichen auf neuronaler Ebene ablaufen. Neben diesen speziellen Subsystemen der Bewegungsstruktur gibt es nach Donskoi (1975) noch verallgemeinerte Strukturen (z.B. die Phasenstruktur), die wiederum die bereits dargestellten Strukturen integrieren können und nahe zum Gesamtcharakter der Bewegungshandlung stehen. So zeigt z.B. die Phasenstruktur des Bewegungssystems die Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Bewegungsphasen auf, die sich durch die Integration von kinematischen, dynamischen und informationalen Strukturen ergeben. Mit dem Ansatz Donskois (1975) wird sowohl ein Blick auf isolierte Bereiche der Bewegungsstruktur als auch auf ihre Gesamtheit möglich.

Nach Festsetzung des definitorischen Ausgangspunktes der Struktur sportlicher Bewegungen, der Darstellung unterschiedlicher Betrachtungsweisen und der Spezifizierung der

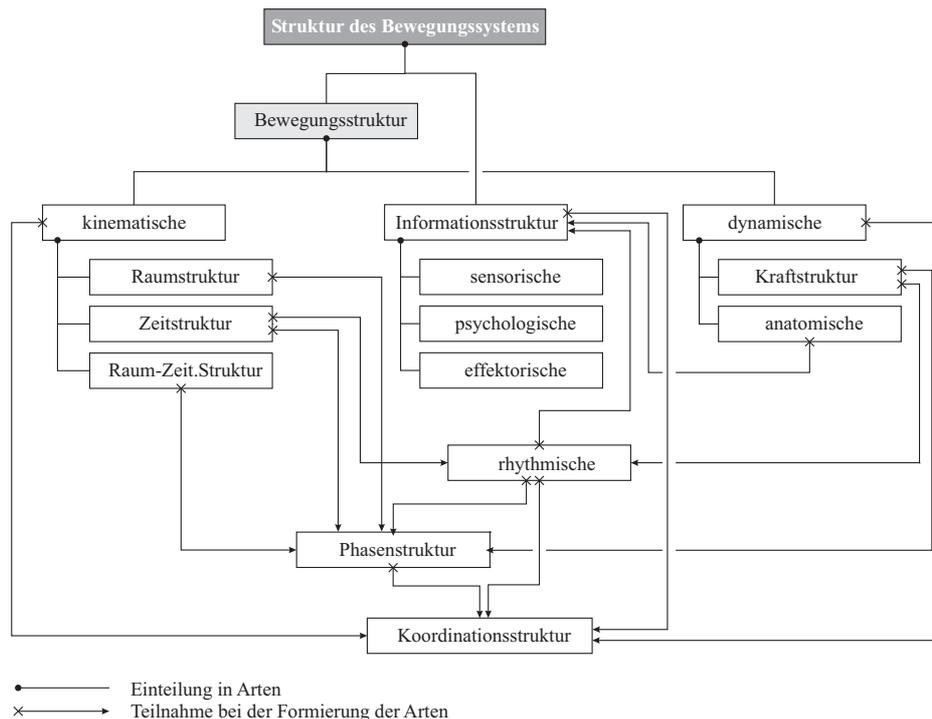


Abb. 2.3: Vielfalt der Strukturen eines Bewegungssystems aus einer eher biomechanischen Sichtweise (nach Donskoi, 1975). Unter dem Begriff der Art ist hier eine Substruktur innerhalb der Bewegungsstruktur zu verstehen.

Begrifflichkeiten für den Sport, wird es nun notwendig sein, auf analytische Zugänge zur Struktur sportlicher Bewegungen einzugehen. Dabei sollen vor allem solche Ansätze Betrachtung finden, die sich im Laufe der Zeit aus sportpraktischer und aus bewegungswissenschaftlicher Sicht etabliert haben.

#### 2.4 Bewegungsanalytische Zugänge von sportlichen Bewegungen unter strukturellen und funktionalen Gesichtspunkten

In Anlehnung an den vorigen Abschnitt sollen in diesem Abschnitt bewegungsanalytische Zugänge von sportlichen Bewegungsaufgaben unter strukturellen und funktionalen Gesichtspunkten dargestellt und diskutiert werden. Um einen Vergleich zwischen den bewegungsanalytischen Ansätzen möglich zu machen, werden nach o.a. Ausführungen die *Strukturelemente* und *Relationen* sowie die *Beschreibungsebene* der jeweiligen Ansätze herausgearbeitet (siehe auch Schiebl, 2000). Weiterhin soll die Aussagekraft des jeweiligen Ansatzes insbesondere vor dem Hintergrund eines funktionalen Verständnisses der Bewegungsstruktur und im Kontext des sportpraktischen Nutzens diskutiert werden. Neben klassischen Ansätzen zur *phasenbezogenen Gliederung* sportlicher Bewegungen (Abschn. 2.4.1) werden auch verschiedene weitere etablierte Ansätze (Abschn. 2.4.2, 2.4.3, 2.4.4, 2.4.5) zu besprechen sein.

### 2.4.1 *Phasenstrukturen sportlicher Bewegungen*

Modelle von Phasenstrukturen werden im Sport häufig genutzt, wenn es darum geht, eine erste Strukturierung des *Ablaufes* einer Bewegungshandlung herzustellen. Eine Bewegungsphase stellt bei diesem Vorgehen immer einen Geschehensabschnitt innerhalb der Bewegung dar (Göhner, 1992). Etablierte Ansätze der Zerlegung des Bewegungsablaufes in Phasen werden in folgender Reihenfolge bearbeitet: 1. die Gliederung in exakte Zeitphasen, 2. die klassische Phasengliederung nach Meinel & Schnabel (1998), 3. die Gliederung in Funktionsphasen nach Göhner (1992) und 4. die Durchdringung der konstitutiven Bewegungsstruktur nach Kassat (1995).

#### *Exakte Zeitphasen*

Die Begrifflichkeit des *Bewegungsablaufes* impliziert bereits eine erste mögliche Binnengliederung, nämlich die Zerlegung in *exakte Zeitphasen* (Ballreich & Kuhlow, 1986; Göhner, 1992). Damit ist die Zergliederung der Bewegung in solche Abschnitte gemeint, die zeitlich eindeutig definiert werden können. Die Festlegung der Phasen basiert dabei zumeist auf weitergehenden Überlegungen zur Bewegungsmechanik. Die Strukturierung einer Bewegung in exakte Zeitphasen kann dabei nahezu beliebig verfeinert werden. Ein Vorteil der Gliederung ist, dass bei entsprechender methodischer Ausstattung (z.B. Hochfrequenzvideo oder Kraftmessungen), der Beginn und das Ende einer Zeitphase mit einer sehr hohen Genauigkeit gemessen werden kann. Als weiterer Vorteil ist zu sehen, dass sportliche Bewegungen in ihrem Ablauf in fast beliebiger Weise durch Zeitphasen strukturiert werden können. Es ist dabei auch nicht ausgeschlossen, dass eine Zeitphase sich über mehrere andere Zeitphasen oder Teile davon erstreckt, wenn das Untersuchungsziel dieses notwendig macht. Auch wenn diese Art der Untergliederung zu formal exakten Ergebnissen führt, müssen diese Ergebnisse nicht unbedingt inhaltlich bedeutsam sein.

Um gewisse funktionale Aspekte mit in die Analyse einfließen zu lassen, werden Bewegungen häufig zunächst in *gestützte* und *ungestützte* Phasen untergliedert (Donskoi, 1975). Diese Grobstrukturierung ist von Vorteil, da in beiden Phasentypen ganz bestimmte physikalische Gesetze gelten, die als Relationen in weiteren Bewegungsstruktur-bezogenen Analyseschritten zur Anwendung kommen können. So zeichnet sich eine gestützte Phase immer durch den Einfluss von Reaktionskräften aus, die auf den sich bewegenden Körper wirken. In ungestützten Phasen sind bestimmte Bewegungsgrößen konstant (Drehimpuls, horizontale Geschwindigkeit etc.) da außer der Gravitation keine externen Kräfte und Momente auf den Sportler wirken.

Die Definition der Zeitphasen geschieht jedoch zunächst in abstrakter Weise. Erst bezogen auf ein untersuchtes Probandenkollektiv können durch die Definition der Zeitphasen