

---

**Modifikation motorischer Lernprozesse durch Instruktionen**  
Wirksamkeit von Analogien und Bewegungsregeln

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades Dr. phil.  
am Institut für Bewegungswissenschaften und Sport der Universität Flensburg

vorgelegt von  
Nele Tielemann  
geb. 28.02.1980, Hamburg

Gutachter:

Prof. Dr. phil. Dr. phil. Markus Raab, Institut für Bewegungswissenschaften und Sport,  
Universität Flensburg

Prof. Dr. rer. nat. Frank Hänsel, Institut für Sportwissenschaft, Technische Universität  
Darmstadt

Flensburg, 14.01.2008

---

---

Nele Tielemann

**Modifikation motorischer Lernprozesse durch Instruktionen**  
Wirksamkeit von Analogien und Bewegungsregeln

---

## Danksagung

Vorab möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich in den gesamten drei Jahren hilfreich unterstützten und ohne die sich die Arbeit nicht so entwickelt hätte, wie sie jetzt vor Ihnen liegt. Ich bedanke mich für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit bei dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft für die einjährige Forschungsförderung (BISp; 070708/06-07). Ich danke der Universität Flensburg für das dreijährige Landesgraduiertenstipendium wie auch für die Reise- und Sachkosten. Ich danke dem International Office der Universität Flensburg für die Reisekosten nach Hong Kong, Sydney und Griechenland wie auch dem Wissenschaftlichen Komitee der asp 2005 und FEPSAC 2007. Des Weiteren danke ich dem DTTB und besonders dem Sportdirektor Dirk Schimmelpfennig, der Internatstrainerin Dana Weber, dem Trainer Stephan Schulte-Kellinghaus und René Storck für die Kooperation. Ich danke den Examenskandidaten Hauke Ahlers, Jörn Köppen, Jasmin Jager und Finn Gerberding, den Projektteilnehmern des Instituts für Bewegungswissenschaften und Sport (IBUS) und allen Versuchspersonen von vpn01a bis exp15r. Ich danke den studentischen Hilfskräften Christian Lempertz, Kathrin Clausen, Anna Christiansen, Arne Warnke, Andre Arnold, Mayte Vogel und Björn Schlapkohl für die Testdurchführung und Datenanalyse. Ebenso danke ich Rosi Gerlich und Diana Gabereder für die Unterstützung im Sekretariat. Ein weiterer Dank geht an das IBUS der Universität Flensburg für den Optimismus und das Vertrauen. Ein großes Dankschön geht an Mirka Tielemann, Hajo Schmidt-Traub und Andrea Dietrich-Theuerkauf, die den vorliegenden Text in der Endphase durch konstruktive Kritik verbesserten.

Ich danke meiner Familie, meinen Freunden und vor allem meiner besten Freundin Jane Zboralsi und meinem Freund Björn Schlapkohl für jegliche Unterstützung, Geduld und Zuspriechung. Ich danke der Arbeitsgruppe *e-motion eleven* mit Andre Arnold, Hilke Zastrow, Klaus Gärtner, Christian Lempertz und Jörn Köppen für die wundervolle Zeit während unserer wöchentlichen Sitzungen und im Büro.

Mein größter Dank gilt meinem Doktorvater Markus Raab. Ich danke Markus für die optimale Betreuung innerhalb der drei Jahre, in denen er mich in kaltes Wasser hat springen lassen, mich lenkte, aber nicht steuerte, mir - wenn es sein musste - täglich zur Seite stand, mir Verantwortung und Vertrauen überließ, mich zum Verzweifeln und Lachen brachte. Ich danke Markus für die durchweg angenehme Atmosphäre während unserer Sitzungen, Kongresse und Gruppentreffen, die mir in der Form jetzt schon fehlen werden!

---

---

## Vorwort

Analogien sind ein geläufiges Mittel zur Veranschaulichung und Vermittlung von Bewegungsabläufen. Sie galten bislang als nicht oder nur wenig erforschbar. Mit dieser Untersuchung wird der Versuch unternommen, die Wirkung von Analogien, wenn diese als Instruktionen beim Erlernen von Bewegungen im Sport eingesetzt werden, zu erforschen. Das Buch gliedert sich in einen theoretischen Teil, der verschiedene Instruktionsformen unterscheidet und ihre Wirkungsweise mit unterschiedlichen Lernprozessen in Beziehung setzt. Ausgangslage dieser Beschreibungen ist das bereits in die Forschung eingeführte Modell SMART (*Situation Model of Anticipated response consequences in Tactical decision*), das im Lauf der Arbeit angepasst und sowohl für Anfänger als auch Leistungssportler im Tischtennis weiterentwickelt wird (*SAMRTIES - Situation Model of Anticipated response consequences in Tactical decision In Expertise Standard*). Der umfangreiche Teil des Buches beinhaltet eine Metaanalyse zur Wirkung von Instruktionen im Sport und eine empirische Forschungsreihe. Die Forschungsreihe besteht aus mehreren Vor- und Hauptuntersuchungen. Die Ergebnisse zeigen eindrucksvoll, dass es gelingt, die direkte Wirkung von Analogieinstruktionen und anderen Instruktionsformen im Sport empirisch auch auf der Ebene von Leistungsparametern oder der Kinematik zu untersuchen. Ein zentrales Ergebnis besteht darin, zu zeigen, dass eine spezifische Instruktionen nicht per se besser oder schlechter ist als eine andere Instruktionsform, sondern dass dies davon abhängig ist, welche Parameter betrachtet werden und welche Vorerfahrung eine Versuchsperson oder ein Sportler mitbringt. Analogieinstruktion wirken demnach besser bei Anfängern; Instruktionen, die sich auf die Steuerung von Bewegungen beziehen, wirken besser bei Leistungssportlern. Frau Tielemann ist mit dieser Arbeit ein erster, aber sehr ernst zu nehmender Nachweis gelungen, dem es zu wünschen ist, dass er neben preisgekrönten Anerkennungen in der sportpsychologischen Fachwissenschaft auch eine praktische Umsetzung erfährt.

Köln, April 2008

Professor Dr. Dr. Markus Raab,  
Deutsche Sporthochschule Köln  
Abteilung Leistungspsychologie

---

## Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Forschungsansätze und empirische Befunde .....</b>	<b>10</b>
	2.1 Explizite und implizite motorische Lernprozesse.....	10
	2.2 Modell „SMART“ .....	12
	2.3 Instruktionen im Sport .....	15
	2.3.1 Analogien und Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln .....	15
	2.3.2 Studien zu motorischen Lernprozessen durch Analogien und Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln.....	16
	2.4 Tischtennis .....	22
	2.4.1 Technik: Der Vorhand-Topspin .....	22
	2.4.2 Techniktraining .....	25
	2.4.3 Taktik: Die Entscheidungen.....	26
	2.4.4 Taktiktraining.....	27
	2.4.5 Rahmentrainingskonzeption des DTTB.....	28
	2.5 Zusammenfassung .....	30
<b>3</b>	<b>Fragestellung und Hypothesen .....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>Metaanalyse .....</b>	<b>38</b>
	4.1 Methode .....	39
	4.2 Ergebnisse .....	46
	4.3 Diskussion.....	51
<b>5</b>	<b>Empirische Forschungsreihe .....</b>	<b>53</b>
	5.1 Methodik.....	53
	5.1.1 Design .....	53
	5.1.2 Stichprobe .....	54
	5.1.3 Apparaturen und Materialien .....	57
	5.1.4 Versuchsaufbau .....	60
	5.1.5 Versuchsdurchführung .....	62
	5.1.6 Datenanalyse .....	68
	5.1.7 Voruntersuchungen .....	77
	5.2 Ergebnisse .....	83
	5.2.1 Verbalisierbares Wissen.....	83
	5.2.2 Trefferleistung.....	87
	5.2.3 Bewegungsmerkmale .....	93
	5.3 Diskussion.....	117

---

---

5.3.1	Methodische Aspekte.....	117
5.3.2	Hypothesen .....	118
5.3.3	Studie I.....	121
5.3.4	Studie II.....	123
5.3.5	Studie III .....	124
5.3.6	Von SMART zu SMARTIES.....	125
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>127</b>
<b>7</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>128</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>129</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>135</b>
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>137</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>139</b>

## 1 Einleitung

Für Sporttrainer sind Instruktionen die zentralen Vermittlungstechniken (Hodges & Franks, 2002) und werden als unverzichtbare Bestandteile der Trainingspraxis betrachtet (Hänsel, 2003). Allgemein wird unter Instruktion Folgendes verstanden:

*„Instruktion läßt sich als Inbegriff jener Handlungen und Maßnahmen umschreiben, die darauf gerichtet sind, die Bedingungen, Prozesse und Ergebnisse des Lernens kollektiv, differentiell oder individuell zu optimieren“ (Weinert, 1996, S. 37f).*

Die Effektivität unterschiedlicher Instruktionen wurde bislang trotz der Bedeutsamkeit in Bezug auf das motorische Lernen nur unzureichend wissenschaftlich fundiert (Haase & Hänsel, 1996; Magill, 1998; Schmidt & Lee, 2005). Im motorischen Lernen werden Instruktionen unter anderem in *Analogieinstruktionen* oder *Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln* unterschieden. Analogien beziehen sich auf den Aspekt Bildhaftigkeit und werden zugleich als metaphorische Instruktionen zusammengefasst. Bewegungsregeln beinhalten klassische Instruktionen in Form von Sollwertbeschreibungen (Liao & Masters, 2001). Ein Beispiel für eine Analogie wäre im Tischtennis für den Vorhand-Topspin, den Schläger so zu führen, als ob man vor einem General salutieren würde. Bildliche Vorstellungen im Sinne von Analogien gehören zum Alltag sportlicher Anleitung zur Maximierung der Leistungsfähigkeit. Sie gestalten die Sportpraxis und werden intuitiv eingesetzt. Trotz der zugeschriebenen positiven Effekte von Analogien sind empirische und theoretische Analysen in Bezug auf das motorische Lernen nicht sehr zahlreich (Hänsel, 2002). Zudem stellt Volger (1999) fest, dass eine Klärung des Metapherbegriffs in der Sportwissenschaft noch aussteht. Im vorliegenden Text wird unter Analogien<sup>1</sup> Folgendes verstanden:

*„Ganz allgemein kann man Metaphern als eine verbale Äußerung auffassen, bei der eine bildhafte Übertragung von einem Bedeutungszusammenhang zu einem anderen nahegelegt wird. Damit soll beim Lernenden eine bildhafte Vorstellung der Bewegung evoziert werden, die dann als Vorlage für eine andersartige Bewegungsausführung dienen kann.“ (Hänsel, 2003, S. 273).*

Zudem existieren in allen Sportarten Sollwertvorstellungen von Bewegungen, die durch instruierte Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln vermittelt werden (Hänsel, 2002). Beispielsweise erhalten rechtshändige Tischtennispieler bei der Durchführung des Vorhand-Topspin die Instruktionen, die Füße schräg zur Grundlinie zu stellen, das rechte Bein zurückzunehmen, den Schlagansatz seitlich neben dem Körper in Hüfthöhe zu

---

<sup>1</sup> Im Verlauf dieser Publikation werden die Begriffe Metaphern und Analogien zusammengefasst.

---

beginnen, den Schläger durch eine unterstützende Drehbewegung des Rumpfes von hinten-unten nach vorne-oben zu führen und den Ball nicht „voll“ zu treffen, sondern zu „streifen“ (vgl. DTTB, 2001b). Bewegungsregeln gelten zur Lernoptimierung in der Praxis als die üblichen Instruktionsformen. Bisherige Untersuchungen zum Einsatz von Bewegungsregeln bestehen in der Praxis (Hodges & Franks, 2002 für einen Überblick) und Forschung (Munzert & Mauer, 2007).

Das Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, der Fragestellung nachzugehen, ob die motorische Leistung von Anfängern und Experten<sup>2</sup> im Tischtennis durch eine einzelne instruierte Analogie oder durch mehrere Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln verbessert wird.

Ausgangspunkt der konzipierten Studien ist der Grundgedanke, dass die Wirksamkeit von Analogien und Bewegungsregeln beim Bewegungslernen unterschiedlich ist. Es besteht die bislang wenig überprüfte Annahme, dass Analogieinstruktionen implizite und Bewegungsregelninstruktionen explizite Lernprozesse aktivieren. Bei impliziten Lernprozessen werden die Bewegungen überwiegend automatisiert durchgeführt, es werden daher keine bewussten Regelrepräsentationen vorausgesetzt (Kibele, 2003). Bei expliziten Lernprozessen hingegen entwickelt sich deklaratives Wissen, welches in Wenn-Dann-Regeln abgelegt wird (Raab, 2001). Charakteristische Merkmale impliziter Lernprozesse sind neben dem Nicht-Verbalisieren-Können von zugrunde liegenden Regeln, beispielsweise die Stabilität bei Doppelaufgaben und eine größere Vergessensresistenz (Kibele, 2003). Beim expliziten Lernen beziehen sich die Merkmale auf das weitaus bessere Verbalisieren von Bewegungsabläufen und eine Ausführungsbeeinträchtigung durch zusätzliche Störeinflüsse (vgl. Masters, 2000 für einen Überblick).

Erste Hinweise, dass die Instruktionwahl maßgeblich die impliziten und expliziten Lernprozesse beeinflusst, zeigen Untersuchungen beim Fertigkeitserwerb (vgl. Liao & Masters, 2001; Masters, Poolton, Maxwell & Raab, in Druck; Poolton, Masters & Maxwell, 2006) und beim Erlernen von taktischen Entscheidungen (vgl. Raab, 2001; Raab & Johnson, 2007). Das Modell SMART (Situation Model of Anticipated Response consequences in Tactical decisions; Raab, 2001) veranschaulicht empirisch, wie einfache Heuristiken die implizite und explizite Optionsauswahl beschreiben können. Es wird gezeigt, dass die Entscheidungen nicht nur vom impliziten oder expliziten Lernprozess abhängen, sondern die jeweilige situationsspezifische Komplexität der Entscheidungswahl maßgeblich ist. Darüber hinaus zeigen Liao und Masters (2001), dass eine analogieinstruierte Gruppe<sup>3</sup> über charakteristische Merkmale des impliziten Lernens verfügt. Poolton et al. (2006) demonstrieren zudem, dass in der Lernphase eine implizite

---

<sup>2</sup> Zur Verbesserung der Lesbarkeit werden in dieser Publikation Personenbeschreibungen in der männlichen Form verwendet, gemeint sind in allen Fällen Frauen und Männer.

<sup>3</sup> Im Folgenden Analogiegruppe

Gruppe, die mit einer Analogie instruiert wird, und eine explizite Gruppe, die sechs Schritt-für-Schritt-Regeln erhält, keine signifikanten Unterschiede in der Trefferleistungen aufweisen. Bei einer zusätzlichen Entscheidungsaufgabe bleibt die Leistung der impliziten Gruppe gegenüber der explizit instruierten Bewegungsregelgruppe<sup>4</sup> konstant. Es gilt in diesem Forschungsprojekt, die Ergebnisse der zuletzt genannten Studien zu *überprüfen* (konzeptionelle Replikation) und zu *erweitern*. Die Erweiterung in diesem Forschungsbereich liegt erstens in der neuartigen Verbindung der Erfassung der Trefferleistung mit Bewegungsanalysen. Zweitens wird in dem vorliegenden Forschungsprojekt die Verbindung von Technik- und Taktikentscheidungsstraining im Tischtennis kontrolliert. Drittens überträgt das Projekt den Forschungsinhalt auf den Leistungssport. Dieses Projekt wurde mit Forschungsmitteln des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) unter der Kennziffer 070708/06-07 gefördert und mit der Unterstützung des Deutschen Tischtennisbundes (DTTB) durchgeführt.

Nach der Einleitung werden in dem Kapitel 2 Forschungsansätze und empirische Befunde dargestellt und erläutert. Kapitel 3 beschreibt die grundsätzlichen Ziele der einzelnen Hauptstudien. Zusätzlich werden Fragestellungen und Hypothesen genannt. Auf die Ausführung einer Metaanalyse (Kapitel 4) folgt die empirische Forschungsreihe im Bereich der Novizen und Experten (Kapitel 5). In dem Kapitel 6 wird der Forschungsinhalt zusammengefasst. Kapitel 7 beschreibt den Ausblick der Forschungsreihe und überträgt ihn auf die Sportpraxis. Abschließend folgt das Literatur-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis (Kapitel 8 – 10) wie auch der Anhang.

---

<sup>4</sup> Im Folgenden Bewegungsregelgruppe

---

## 2 Forschungsansätze und empirische Befunde

### 2.1 Explizite und implizite motorische Lernprozesse

Es gibt unterschiedliche Formen des Lernens. Zwei günstige Methoden sind das implizite und explizite Lernen (Masters, 2000 für einen Überblick). Implizites Lernen beinhaltet den Lernvorgang, der vom Lernenden nicht bewusst wahrgenommen wird. Bei impliziten Lernprozessen werden Bewegungen vornehmlich automatisiert, das heißt ohne bewusste Handlungsregulation durchgeführt. Eine explizite Regelrepräsentation wird nicht vorausgesetzt (Kibele, 2003; Liao & Masters, 2001; Poolton et al., 2006). Es findet ein beiläufiges und unaufgefordertes Lernen und Nutzen von Regelmäßigkeiten statt. Lernen als Veränderungen im Verhalten, die auf Erfahrungen zurückgehen, erfolgt ohne Einsicht oder verbalisierbare Erkenntnisse. In diesem Zusammenhang wird in der Literatur oftmals die Lernart des inzidentellen oder beiläufigen Lernens genannt, bei dem neben den einzuprägenden Inhalten noch weitere Inhalte aufgefasst und verinnerlicht werden. Der Gegenpart zum impliziten und inzidentellen Lernen ist das explizite und intentionelle Lernen, welches absichtlich, bewusst und zielgerichtet erfolgt. Es basiert auf deklarativem Wissen und wird in bestimmten Wenn-Dann-Regeln abgelegt (Raab, 2001). Explizites Lernen beinhaltet ein überlegtes Vorgehen beim Lösen von Problemen, das Entwickeln von Problemlösestrategien durch überlegtes Generieren wie auch das Testen von Hypothesen. Zugrunde liegende Regelmäßigkeiten können in diesem Zusammenhang verbalisiert werden (Liao & Masters, 2001; Masters, 2000). Das folgende Zitat verdeutlicht ein Beispiel des impliziten beziehungsweise expliziten Lernens.

*„For instance, in language comprehension and production, native speakers learn through immersion, naturally picking up cues and proper syntax, grammar, semantics, and so forth. In contrast, learning a language from foreign textbooks or courses often results in more explicit study of linguistic structures, rules, and exception.“* (Raab & Johnson, 2007).

Liao und Masters (2001) zeigen in ihrer Untersuchung signifikante Merkmale des impliziten Lernens bei Analogien. In ihrer Analyse verbalisieren die implizite und Analogiegruppe signifikant weniger Regeln und Mechanismen als die Bewegungsregelgruppe. Reber (1989) zeigt in einer Untersuchung zur Rechtschreibung, dass implizites Lernen durch nicht verbalisierbares Wissen und durch eine gewisse Robustheit gegen das Vergessen gekennzeichnet ist. Dieses führt zu der Annahme, dass Wissen, welches durch explizites Lernen erworben wird, dem Bewusstsein zugänglich ist und demnach auch artikuliert werden kann. Nach Hayes und Broadbent (1988) wird beim expliziten Lernen der „abstrakte Arbeitsspeicher“ des kognitiven Subsystems bei Störaufgaben überladen, was zur Beeinträchtigung der geforderten Aufgabe führt. Beim

impliziten Lernen hingegen vermuten sie, dass der „abstrakte Arbeitsspeicher“ durch Störaufgaben nicht beeinträchtigt wird und es zu geringerer Interferenz kommt. Poolton et al. (2006) demonstrieren in einer Untersuchung, dass bei der Kopplung einer Bewegungsaufgabe und einer Entscheidungsaufgabe die explizite Lerngruppe in der motorischen Bewegungsausführung einbricht, wohingegen die Ausführung der impliziten Gruppe stabil bleibt (siehe auch bei Transferaufgaben: Maxwell, Masters, Kerr & Weedon, 2001). Poolton et al. (2006) vermuten, dass beim expliziten Lernen die Bewegungsregeln bewusst im Gedächtnis gespeichert werden. Durch die zusätzliche Entscheidungsaufgabe wird das Gedächtnis mit deklarativem Wissen überlastet und die motorische Aufgabe nicht wirksam verarbeitet. Die implizite Gruppe, die mit einer Analogie instruiert wird, arbeitet nicht intentional und zeigt sich deshalb robust in der Bewegungsausführung. Ein ergänzender Erklärungsversuch von Liao und Masters (2001) beschreibt, dass eine Analogie als ein einzelnes Bild gespeichert wird und dadurch das Gedächtnis bei einer kognitiven Zusatzaufgabe nicht negativ beeinflusst. In einer weiteren Untersuchung replizieren Masters et al. (in Druck) die Ergebnisse und analysieren zusätzlich die Schlagbewegung bei niedrigen und hochkomplexen Entscheidungsaufgaben. Die Ergebnisse zeigen in der impliziten Gruppe, die mit einer Analogie instruiert wird, keine kinematischen Veränderungen bei den Entscheidungsaufgaben. Eine explizite Gruppe, die sechs Schritt-für-Schritt-Regeln erhält, zeigt demgegenüber Veränderungen in der Kinematik. Bei hochkomplexen Entscheidungsaufgaben sinkt die Bewegungsgeschwindigkeit, womit die Bewegungsvariabilität steigt (Masters et al., in Druck).

*“From a practical point of view, the suggested benefits of implicit learning are meaningful in motor learning. One would expect sports coaches, for examples, to look favourably on teaching methods that bring about longer-lasting skill and robust responses under time pressure. Furthermore, the robustness of skilled learned implicitly should make implicit learning more appealing in modern sporting arenas, since motor skill are often performed in anxiety-provoking competitions.” (Liao & Masters, 2001, S. 308).*

## 2.2 Modell „SMART“

Im Folgenden wird das Modell SMART erläutert und der Bezug zur Untersuchung dargelegt (Situation Model of Anticipated Response consequences in Tactical decisions; Raab, 2001). Das Modell SMART beschreibt Lern- und Entscheidungsprozesse mit Top-down- und Bottom-up-Prozessen. Außerdem wird die Zusatzannahme der Interaktion der Lernprozesse mit der Komplexität der Entscheidungssituation ergänzt.

Zusammengefasst beschreibt SMART, was und wie taktisch und technisch gelernt werden soll. Nach dem Konzept geschieht dieses mit zwei Lernprozessen. Erstens wird der implizite Bottom-up-Prozess, der primär die Wahrnehmungsseite beschreibt, und zweitens der explizite Top-down-Prozess, der die selbst und fremd instruierte Zielbildung darstellt. Beide Prozesse interagieren in Abhängigkeit der Entscheidungskomplexität unterschiedlich. Entscheidungsprozesse werden dabei so gestaltet, dass die Lernprozesse durch die Lernsituation ermöglicht werden. Das Repertoire an Strategien und Entscheidungsheuristiken wird durch das formale Training verursacht und durch situationsspezifisch verschiedene Entscheidungsregeln zur Lösung der Aufgabe herangezogen.

Das Modell wird an einer Forschungsreihe im Bereich der Sportspiele verdeutlicht (Raab, 2001). Diese beinhaltet vier Experimente im Basketball, Handball und Volleyball. Die Ergebnisse zeigen, dass implizite und explizite Strategien zur Entscheidungsauswahl nicht per se gut oder schlecht sind, sondern in Abhängigkeit der Situation zu vorhersagbaren Entscheidungsqualitäten führen (Raab, 2001). SMART wurde dementsprechend in ein Praxis-Modell übersetzt, welches die Anwendung verschiedener Strategien situationsspezifisch ermöglicht: „Suche nach Möglichkeiten, Anforderungen und Regeln im Taktiktraining“. Mit der Konzeption strategischer Kompetenzen gelingt es erstmals, die oft nebeneinander diskutierten Konzepte von Strategien, taktischen Fähigkeiten und taktischen Fertigkeiten in einem Modell auch auf der Prozessebene zu beschreiben (vgl. Hohmann, Lames & Letzelter, 2003; Kröger & Roth, 1999). Beispielsweise könnte die Strategie im Tischtennis, mit taktischen Fertigkeiten „einen kurzen Ball zu spielen“ und taktischen Fähigkeiten „die Lücke zu erkennen“ in Heuristiken abgebildet werden (vgl. Raab & Gigerenzer, 2005).

Die Abbildung 1 veranschaulicht das modifizierte Modell SMART. Dabei gliedern sich die Lernprozesse in implizite Bottom-up- und explizite Top-down-Prozesse. Die Lernprozesse stehen in enger Verbindung zur Komplexität der Entscheidungsaufgabe. Die Entscheidungsaufgaben beziehen sich auf Wenn-Dann-Antizipationsregeln unterschiedlicher Komplexität und stehen wiederum in enger Relation zu den Verhaltenskonsequenzen. Die Vorhersage dieses Modells ist, dass bestimmte Situationskonstellationen zu bestimmten Handlungen führen, und zwar moderiert durch implizite beziehungsweise explizite Lernprozesse.

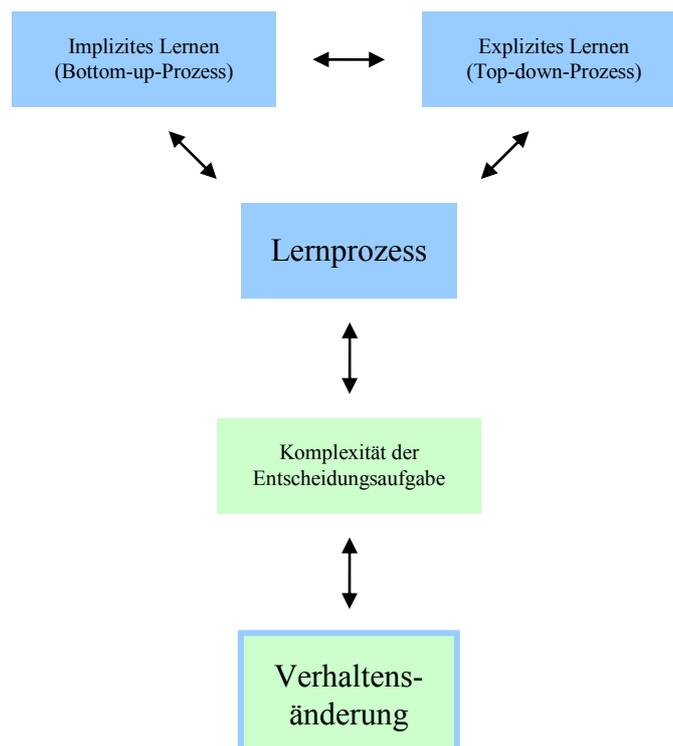


Abbildung 1: Modifiziertes Modell SMART

Weitere Modelle zum taktischen Verhalten differenzieren Schnabel, Harre und Borde (1994) in handlungstheoretische (Roth, 1989; Roth & Hossner, 1999), kybernetisch-spieltheoretische (Born, 1994; Miethling & Perl, 1985) und neurobiologische Konzeptionen. Dabei handelt es sich überwiegend um Phasenmodelle. Gemeinsam ist den Modellen, dass sie nahezu ausschließlich die kognitive Steuerung von Entscheidungen beschreiben. Dazu berücksichtigen sie kaum die wahrnehmungsgesteuerte Komponente von Entscheidungsprozessen. Lernerfahrungen werden an dieser Stelle selten beachtet. Die Konzeption der vorliegenden empirischen Forschungsreihe wird ausschließlich auf der Grundlage des Modells SMART basieren. SMART vereint kognitive und wahrnehmungsgesteuerte Komponenten.

Das Modell SMART dient zur Anwendung in den Sportspielen. Im Gegensatz dazu soll im Rahmen dieser Arbeit das Modell auf das Bewegungslernen übertragen werden. Grundsätzlich wird bereits in SMART angenommen das implizite und explizite motorische Lernprozesse Verhaltensveränderungen hervorrufen. Im Folgenden werden die impliziten Lernprozesse mit Hilfe von Analogien und die expliziten Lernprozesse mit Hilfe von Bewegungsregeln dargestellt. Zudem soll neben dem Faktor der situationspezifischen Komplexität von Entscheidungsaufgaben ein weiterer Faktor herangezogen werden, der das Modell auf der experimentellen Ebene erweitert. Bei dem Faktor handelt es sich um den Expertisegrad des Sportlers. Mit der Erweiterung des

Modells wird der Frage nachgegangen, ob die unterschiedlichen Lernprozesse ebenso eine Abhängigkeit zum Leistungsstand der Anfänger oder Experten zeigen?

Für den weiteren Verlauf werden im folgenden Kapitel 2.3 Analogien und Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln als mögliche Instruktionen im Sport beschrieben und Forschungen dargestellt. Weiterhin wird im Kapitel 2.4 das Taktikentscheidungs- wie auch das Techniktraining in Bezug auf die gewählte Sportart Tischtennis beschrieben. Für die empirische Umsetzung im Kapitel 5 werden, wie beschrieben, instruierte Analogien für das implizite und Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln für das explizite Lernen herangezogen. Die Entscheidungen unterschiedlicher Komplexität werden mit Wenn-Dann-Regeln dargelegt. Der Expertisegrad gliedert sich in Tischtennis-Anfänger und -Experten. Die Verhaltenskonsequenz wird mittels der abhängigen Variablen in drei Studien überprüft.

## 2.3 Instruktionen im Sport

Im Mittelpunkt dieser Forschungsarbeit stehen die zwei Instruktionsbegriffe Analogien und Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln, die im weiteren Verlauf erläutert werden.

### 2.3.1 Analogien und Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln

*“Analogies are traditionally used in, for example, artificial intelligence, education and sport. Although they provide a verbal representation of the task to be executed, it would appear that they rely very little on the manipulation of explicit verbal information or rules. This suggests that they may invoke mechanisms of action or behaviour akin to implicit processes [...]. The function of the analogy is to integrate the complex rule structure of the to-be-learned skill in a simple biomechanical metaphor that can be reproduced by the learner.” (Liao & Masters, 2001, S. 308).*

Ringelband (1992) nennt zudem zwei wirksame Funktionen für Analogien: Sie gestalten Informationen konkreter und handhabbarer (Konkretisierungsfunktion) und ordnen neue Informationen in ein bereits bestehendes Schema ein (Strukturierungsfunktion). Mickler (1997) verbindet mit der Anwendung von Analogien eine Kommunikationserleichterung im Training. Seiner Meinung nach wird die individuelle Grob- und Feinvorstellung einer Bewegung maximiert. Experimentelle Untersuchungen zu Analogien innerhalb des motorischen Lernens liegen von Maurus (1996), Schlundt und Loosch (1996), Mickler (1997), Gröben (2000), Liao und Masters (2001), Hänsel (2002), Poolton et al. (2006), Koejidiker, Oudejeans und Beek (2007) und Masters et al. (in Druck) vor. Tabelle 1 in Kapitel 2.3.2 gibt einen Überblick der aufgezählten Studien wieder. Die bisherigen Untersuchungen zum Einsatz von Analogien im Sport zeichnen sich zum Teil durch wenig theoretisch abgeleitete Erklärungen aus. So wurde beispielsweise die Frage, ob und wie Analogien zu besseren Lernleistungen führen könnten, kaum untersucht. Als gemeinsame Erklärungspunkte dienen entweder die bildhafte Evozierung von Bewegungspräsentationen (Hänsel, 2003) oder die leichtere Verarbeitung der Informationen sowie die damit reduzierte Überlastung des Arbeitsgedächtnisses (Masters et al., in Druck). Viele Autoren fordern eine theoretische Fundierung und eine Erhöhung der internen Validität der Studien (vgl. Hänsel, 2003; Masters et al., in Druck).

Zur Lernoptimierung werden in der Praxis oftmals instruierte Bewegungsregeln eingesetzt. Es handelt sich um Informationen, die vor der Bewegungsausführung gegeben werden (DTTB Lehrplan, 2001b). Die Inhalte von Bewegungsregeln sind sportartspezifisch und unterscheiden sich zum Beispiel in der internalen und externalen Aufmerksamkeitsfokussierung (Wulf & Prinz, 2001), der Vermittlung von physikalischen Bewegungsprinzipien und der initialen Orientierung der Bewegungsausführung (Krafteinsatz, Genauigkeit oder Geschwindigkeit; Hänsel, 2002). Göhner (1992)

---

verwendet Bewegungsanweisungen zur schnellen Vermittlung von Bewegungsvorstellung und direkten Umsetzung in die Praxis. Sie bewirken in kurzer Zeit ein optimales Ergebnis in sportlichen Leistungsgruppen, beispielsweise wie in der Schule oder im Verein. Bisherige Untersuchungen zum Einsatz von Bewegungsregeln zeigen einen vermehrten Einsatz in der Praxis (Hodges & Franks, 2002 für einen Überblick) und Forschung (vgl. Munzert & Mauer, 2007).

### **2.3.2 Studien zu motorischen Lernprozessen durch Analogien und Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln**

Im Folgenden wird der aktuelle Stand der Literatur zum Thema motorische Lernprozesse durch Analogien und Bewegungsregeln dargestellt. Empirische Forschungen zu Bewegungsregeln werden an dieser Stelle nur aufgelistet, wenn der Zusammenhang zwischen Analogien und Bewegungsregeln demonstriert wird.

Maurus (1996) untersucht in einem Mehrgruppenvergleich den Nutzen von Analogien anhand des Pedalofahrens. Die Analogiegruppe weist eine optimale Haltungs- und Armbewegung auf und kann bis zum Lernende deutlich flüssiger fahren als eine Bewegungsregelgruppe. In einer zweiten Untersuchungsreihe wird die Variabilität der Bewegungshandlung überprüft, indem die Versuchsteilnehmer mit dem Pedalo eine künstliche Rampe überfahren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Analogiegruppe im Gegensatz zur Bewegungsregelgruppe die zuvor erworbene Beweglichkeit während des Fahrens besser aufrechterhalten kann.

In einer Laboruntersuchung analysieren Schlundt und Loosch (1996) das skitypische Problem des abrupten Wechsels der Untergründe „normaler Untergrund“, „Tiefschnee“ und „Eis“. Dabei werden die Versuchsteilnehmer in eine Analogiegruppe und in eine Gruppe, die nach den physikalischen Prinzipien instruiert wird, geteilt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Analogiegruppe eine durchschnittlich bessere Leistung im Sturz- und Lageverhalten zeigt als die Gruppe, die mit Hilfe des physikalischen Prinzips instruiert wird. Ausschließlich in der Transferaufgabe erzielt die letztgenannte Gruppe eine bessere Leistung im Lageverhalten.

Mickler (1997) untersucht den Nutzen von Metaphern zur Erfassung der internen Repräsentation im Skisprung. Ziel dieser Untersuchung ist zum einen die Anhäufung von unterschiedlichen Analogien einer Technik und zum anderen die Erfassung der effektiven Veränderung beim Bewegungslernen. Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der persönlich erfassten Analogien, die Trainer auf die individuelle Vorstellung der Athleten eingehen können. Die Athleten können eigene Fehler in der Bewegung benennen und korrigieren. Mickler fasst aufgrund der Ergebnisse die folgenden vier Vorteile von Analogien zusammen: erstens die Erleichterung der Kommunikation, zweitens die Nutzung individueller Vorstellungen, drittens die Erzeugung einer Grobvorstellung sowie viertens die Nutzung der visuellen, auditiven und kinästhetische Submodalitäten.

Gröben (2000) untersucht die Effektivität von Instruktionen anhand einer Abschwung-Weitsprungbewegung an Turnringen. Es wird das Ziel verfolgt, die Bewegungsweite zu maximieren. Dabei werden die Versuchsteilnehmer in vier Gruppen geteilt: eine Analogiegruppe, eine abstrakt analytische Gruppe, die Instruktionen zu den physikalischen Prinzipien erhält, eine zielorientierte Gruppe und eine Kontrollgruppe. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Gruppen ihre Sprungweite im Lernverlauf signifikant verbessern. Die Analogiegruppe weist darüber hinaus die beste Leistung im Retentionstest auf.

In dem Experiment von Liao und Masters (2001) werden eine explizite und implizite Gruppe sowie eine Analogiegruppe beim Erlernen des Topspin-Vorhandschlages im Tischtennis untersucht. Die Versuchsteilnehmer der expliziten Gruppe erhalten in der Lernphase 12 Schritt-für-Schritt-Regeln. Die Analogiegruppe bekommt die Instruktion, den Schläger über die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks zu führen. Die implizite Gruppe erhält keine Instruktion, sondern die zusätzliche Doppelaufgabe, zufällige Buchstaben zu generieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Analogiegruppe und die implizite Gruppe signifikant weniger Wissen verbalisieren können als die explizite Gruppe. Zudem zeigen sie, dass die explizite Gruppe im Gegensatz zu den anderen Gruppen in der Transferleistung signifikant in ihrer motorischen Leistung einbricht. Demzufolge leiten die Autoren ab, dass Analogielernen über charakteristische Merkmale des impliziten Lernens verfügt, in dem beide Gruppen weniger explizites Wissen über die geforderte Bewegung generieren können, jedoch in ihrer motorischen Leistung bei zusätzlichen Transferaufgaben stabil bleiben.

Hänsel (2002) untersucht das Erlernen des Handgelenk- und Armeinsatzes beim Positionswurf im Basketball. In der Studie werden vier unterschiedlich instruierte Gruppen untersucht, die in Bezug auf eine modalitätsspezifische Endkodierung und eine Fokussierung der Aufmerksamkeit variiert werden. Bei den Gruppen handelt es sich um eine propositional-externe, propositional-interne, analog-externe und analog-interne Gruppe. Die abhängigen Variablen beziehen sich auf die Bewegungsrealisierung, das Bewegungsergebnis und die Anzahl der Treffer. Die Ergebnisse zeigen, dass analoge Instruktionen in allen Bereichen zu einer Verbesserung der Leistung führen. Dieses gilt für die Bewegungsergebnisse und Trefferzahl bei einer internen Fokussierung und für die Bewegungsrealisation bei einer externen Fokussierung. Bei der Bewegungsrealisation wirkt zudem die poropsitional-interne Instruktion leistungssteigernd.

Poolton et al. (2006) untersuchen eine explizite Gruppe mit Hilfe von sechs Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln und eine implizite Gruppe mit Hilfe einer Analogie. Sie differenzieren nach einer Lernphase des Vorhand-Topspins im Tischtennis zwischen einer hohen (*high complexity*) und geringen (*low complexity*) Entscheidungsaufgabe. Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die explizite Bewegungsregelgruppe mehr Regeln und Mechanismen zum Vorhand-Topspin verbalisieren kann. Gruppenunterschiede bei der Trefferleistung werden in diesem Zusammenhang nur

---

sichtbar, wenn Entscheidungsaufgaben mit hoher Komplexität gekoppelt werden. Die implizite Gruppe zeigt eine größere Wirksamkeit bei hohen Komplexitätsaufgaben. Die explizite Lerngruppe kann demgegenüber nicht wirksam zwischen einer motorischen Aufgabe und zusätzlichen Entscheidungsaufgaben wechseln und bricht in der Leistung ein.

In einer Untersuchung von Koejdiker et al. (2007) werden vier Gruppen unterschiedlich instruiert, um den Vorhand-Topspin im Tischtennis zu lernen. Bei den Gruppen handelt es sich um eine implizite und explizite Lerngruppe. Die dritte und vierte Lerngruppe unterscheiden sich bezüglich der Aufmerksamkeitsfokussierung in eine external fokussierte Gruppe, in der die Fokussierung auf den Bewegungseffekt gelegt wird, und in eine internale fokussierte Lerngruppe, in der die Fokussierung auf die Bewegung selbst gerichtet wird. Nach einer Lernphase wurde die Bewegungsleistung mit einer Doppelaufgabe und einer Druckbedingung gekoppelt. Die Ergebnisse zeigen, dass die explizite Gruppe signifikant mehr Regeln und Mechanismen zum Vorhand-Topspin verbalisieren kann als die weiteren Gruppen. Unter zusätzlichen Druckbedingungen nimmt die Trefferleistung der expliziten Gruppe ab, wobei die Leistung der impliziten Gruppe steigt. Bei der Zweitaufgabe bleibt die Leistung der impliziten Gruppe im Gegensatz zu den anderen Gruppen stabil. Die Autoren gehen davon aus, dass die Anhäufung von zu vielen expliziten Bewegungsregeln zur Lernaufgabe die Bewegung bei Doppelaufgaben und Drucksituationen schwächt. Nicht die Aufmerksamkeitsfokussierung, sondern die Ansammlung von expliziten Bewegungsregeln würde demnach die Robustheit der motorischen Lernaufgabe bei Druckbedingungen hemmen.

Ein Forschungsprogramm von Wulf (2007) beschreibt, dass sich motorische Lernprozesse zumeist in internale und externale Fokussierungen differenzieren lassen. Vorteile des externalen gegenüber dem internalen Fokus sieht die Autorin beispielsweise in der Automatisierung der Bewegungskontrolle und in der damit effektiveren Bewegungsdurchführung. Wulf weist darauf hin, dass Analogien ebenfalls die Aufmerksamkeit von der Bewegung ablenken, wie es impliziten Lernprozessen nachgesagt wird (Liao & Masters, 2001; Masters, 2000). Einen positiven Effekt bei der Verwendung von Analogien sehen Wulf und Prinz (2000) darin, dass Analogien

*„den Lernenden zum einen eine Zielvorstellung geben, und zum anderen aber auch von der eigenen Bewegungsausführung ablenken, d. h. kritische Beobachtungen und bewusste Kontrolle der eigenen Bewegung unterdrücken.“* (Wulf & Prinz, 2000, S. 295f).

In einer weiteren Studie (Masters et al., in Druck) werden die Ergebnisse von Poolton et al. (2006) repliziert, wobei zusätzlich zwei Transferaufgaben das Design erweitern und die Kinematik analysiert wird. Die Bewegungsanalyse dient zur Überprüfung der Bewegungseigenschaften der jeweiligen Lerngruppen und untersucht inwiefern die Entscheidung die Bewegung beeinflusst. Die Ergebnisse der Bewegungsanalyse zeigen

innerhalb der impliziten Gruppe keine Veränderung bei geringeren und hohen Komplexitätsaufgaben. Innerhalb der expliziten Gruppe bleibt die Leistung ausschließlich während der geringen Komplexität stabil. Bei einer hohen Komplexitätsaufgabe sinkt die Geschwindigkeit, wodurch die Bewegungsveränderlichkeit steigt.

Tabelle 1 zeigt eine Zusammenfassung über die im Punkt 2.3 beschriebenen Forschungen zum impliziten und expliziten Lernen wie auch zu Analogien. Hierbei beziehen sich die ersten sechs Untersuchungen auf das implizite versus das explizite Lernen, wobei die letzten drei Untersuchungen Analogien implizieren. Die folgenden sechs Studien untersuchen den Effekt von Analogien.

Tabelle 1: Forschungsüberblick zum expliziten und impliziten Lernen und zu Analogien

<b>Forschungs- inhalt</b>	<b>Autor</b>	<b>Paradigma/ Bewegung</b>	<b>Ergebnisse</b>
Explizites vs. implizites Lernen	Hayes & Broadbend, 1988	Planungsaufgabe	Das „kognitive Subsystem“ wird bei Störaufgaben des expliziten Lernens überladen. Beim impliziten Lernen kommt es zu keinen Interferenzen.
Explizites vs. implizites Lernen	Reber, 1989	Künstliche Grammatik	Implizites Lernen ist durch nicht verbalisierbares Wissen und eine gewisse Robustheit gegen das Vergessen gekennzeichnet.
Explizites vs. implizites Lernen	Maxwell et al., 2001	Putten im Golf	Die explizite Gruppe bricht, im Gegensatz zu einer impliziten Gruppe, in der Testphase bei einer Zweitaufgabe signifikant ein.
Explizites vs. implizites Lernen/ Analogien	Liao & Masters, 2001	Vorhand-Topspin im Tischtennis	Analogielernen besitzt charakteristische Merkmale vom impliziten Lernen und eine hohe Stabilität in der Bewegungsausführung bei Störaufgaben. Eine explizite Lerngruppe kann Regeln optimaler verbalisieren.
Explizites vs. implizites Lernen/ Analogien	Poollton et al., 2006	Vorhand-Topspin im Tischtennis	Implizite (mittels Analogien) und explizite Lerngruppen zeigen keine signifikanten Unterschiede beim Erlernen einer motorischen Bewegung. Bei der Verbindung von Störfaktoren fällt die explizite Gruppe in ihrer Leistung ab, während die implizite Gruppe stabil bleibt.
Explizites vs. implizites Lernen/ Analogien	Masters et al., in Druck	Vorhand-Topspin im Tischtennis	Die implizite Gruppe bleibt im Gegensatz zur expliziten Gruppe bei Entscheidungsaufgaben mit einer hohen Komplexität stabil. Die Geschwindigkeit und Beschleunigung des Schlages der Analogiegruppe ist größer.
Analogien	Maurus, 1996	Pedalofahren	Die Analogiegruppen fahren im Gegensatz zu den Bewegungsregelgruppen flüssiger, zeigen eine günstigere Haltung und Armbewegung, weisen eine höhere Motivation auf und bewältigen die Transferaufgabe erfolgreicher.
Analogien	Schlundt & Losch, 1996	Sturz- und Lageverhalten beim Skifahren	Eine Analogiegruppe zeigt im Gegensatz zu einer Bewegungsregelgruppe im Sturz- und Lageverhalten bessere, jedoch in der Transferaufgabe schlechtere Ergebnisse.
Analogien	Mickler, 1997	Skispringen	Die Athleten können mit der Nutzung von Analogien die internen Repräsentationen verbessern.
Analogien	Gröben, 2000	Anschwung- Absprungbewe-	Eine abstrakt analytische, Zielorientierte- und Analogiegruppe verbessern ihre Sprungweite.

---

		gung beim Schaukelringen	Die Analogiegruppe erzielt den höchsten Wert während des Behaltenstests.
Analogien	Hänsel, 2002	Korbwurf im Basketball	Analogien zeigen einen Vorteil für den direkten Leistungseffekt. Dieser bezieht sich auf einen internen Fokus bei den Bewegungsergebnissen und der Trefferzahl wie auch auf einen externen Fokus bei der Bewegungsrealisation.
Analogien	Koejdiker et al., 2007	Vorhand- Topspin im Tischtennis	Die Anhäufung von zu vielen expliziten Bewegungsregeln zur Lernaufgabe in der Bewegungsregelgruppe, im Gegensatz zur Analogiegruppe, schwächt die Bewegung bei Doppelaufgaben und Drucksituationen.

---

## **2.4 Tischtennis**

Die Untersuchungssportart ist Tischtennis. Es existieren grundlegende Studien zu diesem Forschungsinhalt (Koejidiker et al., 2007; Liao & Masters, 2001; Masters et al., in Druck; Poolton et al., 2006) sowie abgeschlossene Projekte mit dem DTTB (Roth/Raab, VF0408/07/02/2000-2001). Im Folgenden wird die verwendete Technik „Vorhand-Topspin“ und die Taktik „Entscheidungen“ beschrieben. Weiterhin wird eine Forschungsübersicht zum Technik- und Taktiktraining im Tischtennis gegeben sowie das Forschungsprofil erläutert. Abschließend wird die Rahmenkonzeption des DTTB definiert und auf den Forschungszusammenhang bezogen.

### **2.4.1 Technik: Der Vorhand-Topspin**

Die Sollvorgabe von Techniken unterliegt national und international unterschiedlichen Vorstellungen. So kann die Haltung und Stellung eines asiatischen Spielers grundsätzlich von der eines deutschen Spielers abweichen. Im Spitzensport resultiert aus dieser Variabilität eine individuelle Spielfertigkeit und -praxis. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Technik des Vorhand-Topspins. Im Folgenden wird der Soll-Wert nach den Leitlinien des DTTB (2001b) dargestellt. Auf den Abbildungen 2 bis 4 ist der Profispieler Timo Boll abgebildet. Die Abbildungen werden von links nach rechts gelesen und wurden für die Darstellung eines rechtshändigen Spielers gespiegelt (DTTB, 2001b, S. 58).

Der wichtigste Schlag im offensiv-orientierten Spiel lässt sich in zwei Arten teilen: Erstens der Vorhand-Topspin auf Unterschnitt. Der Ball wird an dieser Stelle mit mehr Rotation, jedoch weniger Tempo gespielt. Zweitens der Vorhand-Topspin auf Überschnitt. Der Ball wird mit mehr Tempo und weniger Rotation gespielt. Die Technikausführung des Schlages lässt sich in drei Phasen teilen:

### 1. Ausholphase (Abbildung 2)

- Bewegung der Beine: Die Füße stehen schräg zur Grundlinie, wobei das rechte Bein weiter hinten steht. Das Körpergewicht befindet sich auf dem hinteren Bein.
- Bewegung des Rumpfes: Die rechte Schulter und Hüfte drehen sich verstärkt nach hinten, wobei die Schulter mit der Drehung leicht absinkt.
- Bewegung von Arm und Schläger: Bei einem Topspin auf Unterschnitt wird der Schläger bis auf Höhe des rechten Knies zurückgeführt. Der Schläger wird dabei nahezu geschlossen. Bei einem Topspin auf Überschnitt wird der Schläger bis auf Höhe der rechten Hüfte gezogen und dabei geschlossen. Der Arm ist an dieser Stelle fast gestreckt.



Abbildung 2: Ausholphase des Vorhand-Topspins (DTTB, 2001b, S. 59)

### 2. Schlagphase (Abbildung 3)

- Bewegung der Beine: Das Körpergewicht verlagert sich vom hinteren auf das vordere Bein.
- Bewegung des Rumpfes: Es folgt eine aktive Rumpfdrehung nach links.
- Bewegung von Arm und Schläger: Der Schläger und Unterarm wird durch einen explosiven Ellenbogen- und Handgelenkeinsatz nach vorne oben beschleunigt. Der Schläger befindet sich auf einer Ebene, wobei der Ball möglichst am höchsten Punkt der Flugbahn getroffen wird.



Abbildung 3: Schlagphase des Vorhand-Topspins (DTTB, 2001b, S. 59)

### 3. Ausschwingphase (Abbildung 4)

- Bewegung der Beine: Das Körpergewicht befindet sich auf dem linken Bein.
- Bewegung des Rumpfes: Die Schulter und Hüfte wird bis auf eine Ebene, parallel zur Grundlinie, weitergedreht.
- Bewegung von Arm und Schläger: Der Unterarm wird abgewinkelt und der Schläger sollte bis auf Stirnhöhe ausschwingen. Der Ellbogen befindet sich in Schulterhöhe.



*Abbildung 4: Ausschwingphase des Vorhand-Topspins (DTTB, 2001b, S. 59)*

Die Vermeidung von Fehlerbildungen, besonders innerhalb der Arm- und Schlägerbewegung, sind nach Angaben des Bundestrainers Dirk Schimmelpfennig elementare Voraussetzungen im Anfänger- und Spitzensport (14.09.2006, Frankfurt).

## **2.4.2 Techniktraining**

### ***2.4.2.1 Forschungsübersicht***

Die Grundbausteine des Techniktrainings sind die Aneignungs-, Anwendungs- wie auch die Verbesserungsphase von Teilelementen der Bewegung. Bei Betrachtung der Sportspiele bietet das Techniktraining einen vielfach begründeten Stellenwert (Roth, 2005b). Wissenschaftliche Beiträge zum Techniktraining im Tischtennis sind jedoch sehr selten. Die meisten Untersuchungen dienen nicht der Verbesserung der Sportart, sondern werden aufgrund der funktionalen Möglichkeiten der Messbarkeit gewählt. Die tischtennisspezifischen Bewegungen sind im Labor optimal zu untersuchen. Es können viele Bewegungen in kurzer Zeit unter klar definierten räumlichen Gegebenheiten gemessen werden. Tischtennis wird dabei beispielsweise in motorischen Lernexperimenten (Maurer, 2003; Roth, 1989; Sorensen, Ingvaldsen & Whiting, 2001; Szymanski, 1997; Wollny 2002), in der Wahrnehmungspsychologieforschung (Bootsma, Houbiers, Whiting & van Wieringen, 1991) und im Bereich der Antizipation und Reaktion (Ernst, 1994; Ripoll, 1989; Ripoll & Fleurance, 1988) untersucht. Einige wenige Studien zu Analysen der Tischtennisbewegungen wurden beispielsweise experimentell von Tyldesley (1981), Kasai und Mori (1998), Rodrigues, Vickers und Williams (2002), Raab und Bert (2003), Iino, Mori und Kojima (2007) sowie von Sheppard und Françios-Xavier (2007) realisiert.

Bislang haben die meisten der oben zitierten Untersuchungen keinen Effekt auf Rahmentrainingspläne im Tischtennisport. Eine Ausnahme stellt die Untersuchung zum Techniktraining im Tischtennis von Raab und Bert (2003) dar. Die Untersuchung beschäftigt sich mit der Optimierung einzelner Techniken und vor allem den Übergängen zwischen den Techniken (Roth/Raab BISp VF0408/07/02/2000-2001). Es wurden Diagnoseverfahren erstellt, geprüft und verbessert sowie in ein Interventionstechnikprogramm integriert. Schließlich galt es, eine zielgerichtete Trainingsmaßnahme zur Optimierung der Technikübergänge zu gestalten und zu evaluieren.

### ***2.4.2.2 Untersuchungsprofile***

Nach Einschätzung des Bundestrainers Dirk Schimmelpfennig gehört der Vorhand-Topspin zu den wichtigsten Schlägen im offensiv-orientierten Spiel (14.09.2006, Frankfurt). Eine häufige Fehlerquelle des Vorhand-Topspins besteht - seiner Meinung nach - im Handgelenk- und Unterarmeinsatz. Aufgrund dessen wird in allen Studien der Vorhand-Topspin als Untersuchungstechnik verwendet. In Studie III im Leistungssport werden die Instruktionen gezielt auf den Handgelenk- und Unterarmeinsatz beim Vorhand-Topspin gerichtet (14.09.2006, Frankfurt).

---

Im Techniktraining lassen sich drei klassische Bereiche unterscheiden. Es gliedert sich in das Technikerwerbstraining (Neulernen), das Technikanwendungstraining (Stabilisieren, Variieren) und das technische Ergänzungstraining (vgl. Martin, Carl & Lehnertz, 1991). Der Schwerpunkt der Studien I und II liegt im Technikerwerbstraining mit Anfängern. In Studie III liegt die Aufmerksamkeit auf der Optimierung und Stabilisierung bereits gelernter Techniken bei Tischtennisleistungssportlern (siehe Kapitel 5).

### **2.4.3 Taktik: Die Entscheidungen**

*Die Zielsetzungen im taktischen Spiel sind eigene Stärken und Schwächen des Gegners auszuspielen wie auch dessen Stärken beziehungsweise dessen „Spiel“ nicht zu ermöglichen (DTTB, 2003).*

Diese Zielsetzung ist im Tischtennis von der Spielsituation und Anzahl von Spielvariationen abhängig. Dazu gehört erstens ein hoher Aufwand an kognitiven Prozessen der Wahrnehmung und Entscheidungen (Schmidt, 1980), zweitens die Antizipation (Martin et al., 1991) und drittens die Konzentration.

Der Schwerpunkt dieses Forschungsprozesses liegt im Entscheidungstraining. Das Entscheidungstraining sollte nach Lehrplan von Beginn an integriert werden. Der DTTB-Rahmentrainingsplan legt den Schwerpunkt zur Verbesserung der Entscheidungsfähigkeit in das Training zur Platzierung, Geschwindigkeit, Rotation und Flughöhe des Balles (Lehrplan DTTB, 2003).

#### *Platzierung*

Die Bälle müssen vom Spieler sehr präzise gespielt und platziert werden. Das Ziel ist es, den Gegner in die Position zu bringen, aus der er nicht seine besten Schläge zurückspielen kann. Grundsätzlich werden innerhalb der Platzierung zwei Arten unterschieden. Die Platzierung in die Breite ermöglicht eine parallele oder diagonale Platzierung. Die Platzierung sollte möglichst so geschehen, dass sich der Gegner zum Ball bewegen muss. In diesem Fall muss der Spieler den Ball in die Ecken oder in die Körpermitte spielen. Die Körpermitte ist der Bereich, für den ein Spieler entscheiden muss, ob er mit Vorhand oder Rückhand spielen möchte. Während der Platzierung in die Tiefe können die Bälle kurz oder lang gespielt werden. Dieses gilt vor allem für die Aufschläge, Schupfbälle, Blockbälle und Topspins. Nach Möglichkeit sollte man in der Tiefe variieren, um dem Gegner das Spiel zu erschweren.

#### *Geschwindigkeit*

Die Geschwindigkeit wird häufig mit der Schlaghärte beschrieben. Es gilt das Prinzip, je schneller die Bälle geschlagen werden, desto weniger Zeit hat der Gegner, um mit einem erfolgreichen Schlag zu antworten. Die Technik muss beim schnellen Spiel optimal erfolgen. Die Einschätzung beruht auf Spielerfahrungen. Mit der Variation der

Ballgeschwindigkeit verhindert man, dass der Gegner die Initiative des Spielverlaufes übernimmt.

### *Rotation*

Die Ballrotation gehört zu den wichtigsten taktischen Mitteln. Es gibt viele Möglichkeiten die Ballrotation versteckt zu variieren und damit die Geschwindigkeit und Flughöhe zu verändern. Um den Gegner zu täuschen, können mit unterschiedlich starkem Handgelenkeinsatz oder mit unterschiedlichen Balltreffpunkten versteckte Rotationswechsel gespielt werden.

### *Flughöhe*

Die Veränderung der Flughöhe ist eine weitere Variationsmöglichkeit. Die Flughöhe steht überwiegend in Verbindung mit dem Rotationswechsel.

## **2.4.4 Taktiktraining**

### **2.4.4.1 Forschungsübersicht**

*„Manche Sache braucht nicht nur die richtigen Gedanken, sondern auch den richtigen Zeitpunkt“ (Roth, 2005a).*

Taktisches Training beinhaltet Spielaufgaben, welche frei und eigenständig zu lösen sind. Roth spricht auch von der konkreten Durchführbarkeit von impliziten oder expliziten Lernprozessen und Vereinfachungsstrategien. Das Taktiktraining lässt sich nach Roth (2005a) in drei Bereiche teilen: die Prozessmodelle des Entscheidungshandelns (Heckhausen, 1980; Kuhl, 1983; Raab, 2001; Riepe, 1993; Roth, 1991), die Vermittlungsmethoden (Griffin, Mitchell & Oslin, 1997; Raab, 2001) und die Diagnostik (Perl, 2001). Die drei Bereiche des Taktiktrainings sind bislang vielmehr unabhängig als integrativ erforscht worden. Eine Ausnahme ist das Modell SMART (Raab, 2001; siehe Kapitel 2.2). Wie in Kapitel 2.2 zusammengefasst, beschreibt das Modell auf der Prozessebene taktische Fähigkeiten und Fertigkeiten. Untersuchungen im Basketball, Handball und Volleyball zeigten implizite und explizite Strategien zur Entscheidungsauswahl in Abhängigkeit der situationsspezifischen Komplexität.

Forschungsprogramme zum Entscheidungshandeln im Tischtennis zeigen, dass implizites und explizites Lernen wie auch die Komplexität von Entscheidungsaufgaben die motorische Leistung beeinflussen (Masters et al., in Druck; Poolton et al., 2006; siehe Kapitel 2.1).

### **2.4.4.2 Untersuchungsprofil**

Nach Einschätzung des Bundestrainers Dirk Schimmelpfennig ist das schnelle und gezielte Entscheiden im Tischtennis ein grundlegender Faktor (14.09.2006, Frankfurt). In

---

den Forschungsstudien wird aufgrund dessen das Entscheidungstraining integriert und überprüft. Dabei sollen die im Modell SMART verwendeten Lernprozesse mit den Entscheidungsaufgaben gekoppelt werden.

In Studie I und II zum Erwerbstraining erfolgt die Entscheidungsaufgabe in Abhängigkeit von der Ballplatzierung. Die zwei Zielfelder werden während der Entscheidungsaufgaben in die Breite platziert. Demnach können die Bälle in paralleler oder diagonaler Richtung gespielt werden. Bei den Entscheidungsaufgaben wird zusätzlich zwischen einer hohen und niedrig komplexen Aufgabe unterschieden. In Studie III zum Anwendungs- und Ergänzungstraining wird die Platzierung wie auch die Ballannahme variiert. Die Platzierung der Bälle erfolgt ebenfalls, während hoch und niedrig komplexen Entscheidungsaufgaben, in die Breite. Die Ballannahme erfolgt durch drei unterschiedliche Zuspielvarianten (Blockball, Schupfball und Topspin). Bei den Zuspielvarianten handelt es sich um Techniken, die jeweils eine unterschiedliche Geschwindigkeit, Rotation und Flughöhe beinhalten. Der Versuchsteilnehmer muss bezüglich der Zuspieltechniken entscheiden, wie er auf den Schlag präzise und platziert reagiert (siehe Kapitel 5).

#### **2.4.5 Rahmentrainingskonzeption des DTTB**

Die Zielperspektive des DTTB-Rahmentrainingskonzeptes für das Nachwuchstraining ist unter anderem der langfristige und entwicklungsgerechte Leistungsaufbau von Kreativspielern. Dazu gehören erstens die technischen Fertigkeiten und Fähigkeiten, zweitens die koordinativen und konditionellen Fähigkeiten und drittens die psychischen Fertigkeiten und Fähigkeiten (DTTB, 2003). Eine optionale Spielfähigkeit eines umfassenden Aktionsrepertoires soll durch die DTTB-Rahmenkonzeption gefördert werden.

Das DTTB-Rahmenkonzept strukturiert die Rahmentrainingspläne im Jugendbereich in fünf Trainingsstufen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Trainingsstufen des DTTB-Rahmenkonzeptes.

Trainingsstufe	1	2	3a	3b	4	5
Zielrichtung	Grundausbildung	Grundlagen-training	Aufbau-training I	Aufbau- II, Leistungs-training	(Hoch-) Leistungs-training	Hochleistungs-training
Altersstufe	6-7 Jahre	8-9 Jahre	10-12 Jahre	13-15 Jahre	16-17 Jahre	17-18 Jahre
Einheiten/ Woche (E/W)	3 E/W	4-5 E/W	4-5 E/W	6-10 E/W	8-12 E/W	8-12 E/W

Dieses Forschungsprojekt bezieht sich ausschließlich auf die Förderstufen 1 (Studie I und II), 3b und 4 (Studie III).

In der Förderstufe 1 *Grundausbildung (FS1)* steht die Schulung von peripherem Sehen und die Platzierung über 0.5 bis 1.5 Stunden.

In den Förderstufen 3b und 4 sind die Jugendlichen nach dem Rahmenkonzeptionsplan im Bundeskadertraining mit sechs bis 12 Stunden wöchentlich integriert. Eine Trainingseinheit beträgt zwei bis fünf Stunden. Die Technik- und Entscheidungsfertigkeiten können in einem differenzierten Training gezielt verbessert werden. Im *Aufbautraining II mit Leistungstraining* sind die Trainingsinhalte auf 40 % Taktik-, 30 % Technik- und 30 % Konditionstraining verteilt. Die Verbesserung der taktischen Fertigkeiten und Fähigkeiten basiert auf einem gezielten Training zur optimalen Selbstregulation und Wahrnehmung, wie beispielsweise das ideale Einsetzen der Techniken und Aufschläge wie auch die Entwicklung von Strategien. Im *Hoch- und Leistungstraining* basieren die Inhalte zu 50 % auf Taktikelementen. Unter anderem sollen Stress und psychischer Druck im Training erhöht werden.

Auf der Grundlage des Rahmentrainingsplanes werden als technische Inhalte der Arm- und Handgelenkeinsatz des Vorhand-Topspin und als taktische Inhalte die Entscheidungen im Spiel ausgewählt. Über neue Erkenntnisse zur Effektivität von Instruktionen und zur Verbindung von Technik- und Taktiktraining kann der Rahmentrainingsplan erweitert werden. Dies bietet Trainern die Möglichkeit, bestimmte Trainingseffekte gezielt zu erreichen.

## 2.5 Zusammenfassung

Das explizite und implizite Lernen stellen zwei günstige Methoden des Lernens dar. Bei zusätzlichen Störfaktoren kommt es in der expliziten Lerngruppe überwiegend zu einem Ausführungseinbruch der motorischen Leistung. Die Ausführung der impliziten Lerngruppe bleibt dagegen stabil. Weiterhin wird gezeigt, dass Analogien signifikante Merkmale des impliziten Lernens aufweisen (Liao & Masters, 2001). Überwiegend ist der Stand der Forschung zu Instruktionen (Hänsel, 2002; Magill, 1993; Schmidt & Lee, 2005) wie auch zu Analogien und Bewegungsregeln (Liao & Masters, 2001; siehe Tabelle 1) empirisch von geringer experimenteller Kontrolle geprägt. Welchen Einfluss Analogieinstruktionen auf motorische Lernprozesse zeigen, untersuchten bislang Liao und Masters (2001), Poolton et al. (2006) und Masters et al. (in Druck). Gemeinsam ist den Studien, dass überwiegend Ergebnisse auf der Ebene der Trefferleistungen und auf der Ebene von Novizen Ergebnisse berichtet wurden. Das Technik- und Taktiktraining im Tischtennis wurde bislang unzureichend erforscht und in den DTTB-Rahmentrainingsplan integriert. Die Zielperspektive des DTTB-Rahmentrainingskonzeptes sieht einen langfristigen und entwicklungsgemäßen Leistungsaufbau von Kreativspielern vor. In Bezug auf das Taktiktraining bedeutet es, die situationsspezifischen Möglichkeiten im Entscheidungstraining zu berücksichtigen. Folglich sollten wissenschaftlich fundierte Elemente zur effektiven Bewegungs- und Leistungsverbesserung integriert werden. Diese sollten anschließend strategisch in die Rahmentrainingspläne eingegliedert werden.

In der vorliegenden Arbeit sollen aufgrund dessen folgende Einzelziele realisiert werden:

1. Ein meta-analytisches Verfahren zur Erfassung unterschiedlicher Untersuchungen von Analogien im Sport und die Ableitung der Effekte von Analogien im Gegensatz zu Bewegungsregeln.
2. Die Erstellung einer empirischen Forschungsreihe zur Überprüfung der Effektivität von Analogien und Bewegungsregeln beim Bewegungslernen.
3. Die Darstellung der Bewegungsstruktur im Tischtennis.
4. Die Verbindung von Technik- und Taktiktraining im Tischtennis.
5. Die Übertragung der empirischen Forschungsreihe auf den Leistungssport im Tischtennis.
6. Die Eingliederung der Ergebnisse in den Tischtennis-Rahmentrainingsplan.

### 3 Fragestellung und Hypothesen

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick zum Forschungsvorhaben und fasst die jeweilige Fragestellung zusammen. Anschließend werden die Hypothesen formuliert. Die Forschungsreihe gliedert sich in eine Metaanalyse, drei Voruntersuchungen und drei Hauptstudien (siehe auch Abbildung 5).

In der Metaanalyse werden Untersuchungen von Analogien im Sport erfasst und Zusammenhänge abgeleitet (Kapitel 4). Zudem soll gezeigt werden, wie die Effekte von Analogien im Gegensatz zu Bewegungsregeln einzuordnen sind. *Es wird der Fragestellung nachgegangen, ob Analogien in den herangezogenen Untersuchungen einen positiveren Effekt beim Bewegungslernen im Vergleich zu expliziten Bewegungsregeln zeigen.*

Zu Beginn der empirischen Forschungsreihe werden drei Voruntersuchungen durchgeführt, um instrumentelle (A) und inhaltliche Umsetzungen zu Analogien (B) und Bewegungsregeln (C) zu überprüfen und anzupassen (Kapitel 5.1.7). Dabei kontrolliert Pilotstudie A den experimentellen Aufbau, die Messgenauigkeit und Versuchsdurchführung. Pilotstudie B besteht aus zwei Teilen. Erstens wird die Art, Häufigkeit und Nützlichkeit bereits verwendeter Analogien bei nationalen Leistungstrainern erfragt. Zweitens wird die Effektivität der drei relevantesten Analogien überprüft. Pilotstudie C kontrolliert die vom DTTB (2001) benutzten Instruktionsanweisungen für das Erlernen des Vorhand-Topspins.

In Studie I werden Tischtennisanfänger untersucht (Kapitel 5). Nach einer Lernphase des Vorhand-Topspins soll die Wirksamkeit der Lernleistung überprüft werden. Anschließend wird die Stabilität der Bewegungsleistung während eines Behaltens-, Transfer- und zwei Entscheidungstests kontrolliert. Es ergibt sich die Fragestellung: *Zeigen Novizen bei der Verwendung einer einzelnen Analogie im Vergleich zu zehn Schritt-für-Schritt-Regeln eine bessere motorische Leistung, wenn nach einer Lernphase die Bewegung transferiert und mit Entscheidungsaufgaben gekoppelt wird (Liao & Masters, 2001)?*

In Studie II wird das Ziel verfolgt, bereits in der Lernphase das Techniktraining mit dem Taktikentscheidungsstraining zu verbinden (Kapitel 5). Anschließend wird die Wirksamkeit und Stabilität der Lernleistung wie in Studie I überprüft. Hieraus erfolgt die Fragestellung: *Zeigt die Analogiegruppe im Vergleich zur Bewegungsregelgruppe bereits in der Lernphase eine bessere motorische Leistung?*

In Studie III werden technische und inhaltliche Variablen auf den Leistungssport übertragen (Kapitel 5). Dabei soll die Stabilität der Bewegung des Vorhand-Topspins überprüft und die Effektivität der Leistung bei Entscheidungsaufgaben langfristig verbessert werden. Gleichzeitig soll durch den Einsatz verschiedener

Zuspielmöglichkeiten die Spielvariabilität gefördert werden. Hieraus schließt sich die folgende Fragestellung an: *Verbessern Tischtennisleistungssportler nach einem gezielten vierwöchigen Technik- und Taktiktraining ihre motorische Leistung mit Hilfe von Analogien oder Bewegungsregeln besser?*



Abbildung 5: Forschungsüberblick

Aus den Fragestellungen ergeben sich für die Metaanalyse und die empirische Forschungsreihe folgende Hypothesen. Die Hypothesen werden in der empirischen Forschungsreihe nach den abhängigen Variablen „verbalisierbares Wissen“, „Trefferleistung“ und „Bewegungsvariabilität“ sortiert.

## **Metaanalyse**

### *Hypothese A*

Es wird in *Hypothese A* angenommen, dass der Effekt von Analogien bei Bewegungsergebnissen, wie die Trefferleistung, gegenüber dem verbalisierbaren Wissen hoch ist. Diese Hypothese basiert zum einen auf der Annahme, dass die Analogiegruppe im Gegensatz zur Bewegungsregelgruppe eine bessere Trefferleistung bei zusätzlichen Entscheidungsaufgaben zeigt (Liao & Masters, 2001; Poolton et al., 2006). Zum anderen soll die Bewegungsregelgruppe im Vergleich zur Analogiegruppe mehr Regeln und Mechanismen verbalisieren können (Liao & Masters, 2001; Poolton et al., 2006).

### *Hypothese B*

*Hypothese B* beinhaltet die Annahme, dass es einen durchgehend positiven Effekt von Analogien bezüglich der verschiedenen Sportarten gibt. Diese Hypothese basiert auf den Untersuchungsergebnissen von Gröben (2000), Hänsel (2002), Koedijker et al. (2007), Liao und Masters (2001), Masters et al. (in Druck), Poolton et al. (2006) sowie Schlund und Loosch (1996; siehe Kapitel 2.3.2). Die Autoren zeigten einen positiven Lerneffekt bei der Verwendung von instruierten Analogien. Die Ergebnisse der Untersuchungen beziehen sich auf unterschiedliche sportbezogene Bewegungsleistungen.

### *Hypothese C*

*Hypothese C* geht in der Testphase von einem stärkeren Effekt auf Analogien aus, als in der Lernphase. Liao und Masters (2001) und Masters et al. (in Druck) zeigen in ihren Untersuchungen eine langfristig bessere Leistung einer impliziten Analogiegruppe, die nach der Lernphase bei zusätzlichen Aufgaben in der Testphase stabil bleibt. Charakteristische Merkmale impliziter Lernprozesse sind die Stabilität bei Doppelaufgaben und eine größere Vergessensresistenz.

## **Empirische Forschungsreihe**

### *Verbalisierbares Wissen*

#### *Hypothese 1 (Anzahl der generierten Antworten)*

In allen drei Studien wird in *Hypothese 1* angenommen, dass eine Bewegungsregelgruppe signifikant mehr Wissen zur Bewegungssteuerung verbalisieren kann als eine

Analogiegruppe. Liao und Masters (2001) verdeutlichen in ihrer Untersuchung dazu, dass eine Analogiegruppe charakteristische Merkmale des impliziten Lernens aufweist, indem sie signifikant weniger Regeln und Mechanismen verbalisieren kann als eine Bewegungsregelgruppe.

### **Trefferleistung**

#### *Hypothese 2 (Lernphase)*

In *Hypothese 2a* wird postuliert, dass in *Studie I* innerhalb der Lernphase keine signifikanten Unterschiede bei der Analogie- und Bewegungsregelgruppe in der Trefferleistung erwartet werden (Poolton et al., 2006). Als Grenze für die Annahme der Nullhypothese gilt eine Test-Power über .80 bei einem Alpha von .25.

*Hypothese 2b* nimmt in *Studie II* an, dass bei der Verbindung von Technik- und Taktikentscheidungstraining die Analogiegruppe eine bessere Trefferleistung als die Bewegungsregelgruppe zeigt. Diese Hypothese wurde bislang nicht untersucht. Sie stützt sich jedoch auf die Annahmen von Poolton et al. (2006), die von einem Leistungseinbruch bei zusätzlichen Entscheidungsaufgaben in einer Bewegungsregelgruppe ausgehen.

*Hypothese 2c* bezieht sich auf den Posttest in *Studie III*. Es wird angenommen, dass die Bewegungsregelgruppe nach der Lernphase eine bessere Trefferleistung als die Analogiegruppe zeigt. Diese Hypothese ist neu und wurde bislang im Tischtennisleistungssport nicht überprüft. In diesem Zusammenhang zeigen jedoch Beilock und Carr (2001) in einer Untersuchung zum Golf folgende Ergebnisse. Eine Expertengruppe präsentiert bessere Leistungen, wenn sie auf die Bewegung bezogene explizite Instruktionen erhält (internale Aufmerksamkeitsfokussierung), im Gegensatz zu Instruktionen, die die Aufmerksamkeit von der Bewegung weg lenken (externale Aufmerksamkeitsfokussierung). Eine Untersuchung von Wulf (2007) zeigt dem Gegenüber eine bessere Leistung von Experten, wenn sie Instruktionen mit einer externen Aufmerksamkeitsfokussierung erhalten. Die *Hypothese 2c* stützt sich auf die Untersuchung von Beilock und Carr (2001), da die Ergebnisse mit den Annahmen der Bundestrainer des DTTB übereinstimmen (15.11.2006, Düsseldorf).

#### *Hypothese 3 (Testphase)*

In der *Hypothese 3* wird in allen Studien erwartet, dass bei zusätzlichen Entscheidungsaufgaben die Trefferleistung in der Analogiegruppe stabil bleibt. Die Leistung der Bewegungsregelgruppe bricht demgegenüber ein. Poolton et al. (2006) argumentieren, dass die Analogiegruppe im Gegensatz zur Bewegungsregelgruppe bei Zusatzaufgaben störungsresistenter ist.

### **Bewegungsmerkmale**

#### *Hypothese 4 (Bewegungsamplitude und -geschwindigkeit)*

---

Innerhalb der *Hypothese 4* wird in allen Studien angenommen, dass die Bewegungsamplitude und -geschwindigkeit über den Lernverlauf in beiden Gruppen zunimmt (Masters et al., in Druck). In der zitierten Arbeit wird eine gleichmäßige Veränderung der Kinematik über den Lernverlauf erwartet.

#### *Hypothese 5 (Principal Component Analysis)*

In der *Hypothese 5* wird in allen Studien angenommen, dass bei einer hohen Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung die Komponentenanzahl steigt (Raab & Bert, 2003). Bei einer hohen Geschwindigkeit sind mehr Komponenten zur Erklärung der Bewegung notwendig (Daffertshofer, Lamoth, Meijer & Beek, 2004; Post, Daffertshofer & Beek, 2000; vgl. 5.1.6).

#### *Hypothese 6 (Winkelanalyse)*

In der *Hypothese 6a* wird in Studie I und II erwartet, dass die Analogiegruppe einen größeren Winkel  $\alpha$  und somit eine stärker nach oben geführte Bewegung zeigt als die Bewegungsregelgruppe (siehe Abbildung 6). Diese Hypothese ist neu und kann aus bisheriger Forschung nicht abgeleitet werden. Sie wird aufgrund der bildhaften Beschreibung der Analogie entwickelt („Versuche den Vorhand-Topspin so zu schlagen, als wenn du den Schläger über die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks ziehst“, vgl. Abbildung 12).

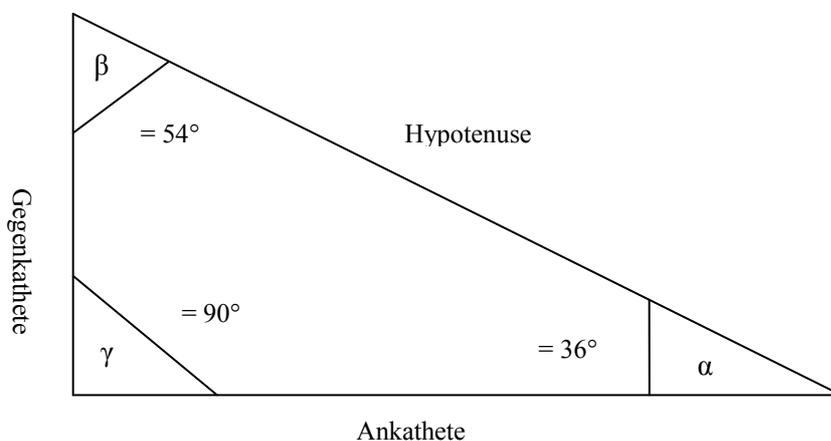


Abbildung 6: Rechtwinkliges Dreieck

In der *Hypothese 6b* wird in Studie III angenommen, dass die Analogien „Diskus“, „Soldat“ und „Streicheln“ einen Einfluss auf den Bewegungsablauf zeigen und sich signifikant voneinander unterscheiden. Diese Hypothese ist neu und wurde bislang im

Tischtennisleistungssport nicht überprüft. In Studie I und II deuten Analogien darauf hin, dass die Instruktion die Vorwärtsbewegung des Vorhand-Topspins beeinflusst und verändert (vgl. Kapitel 5.2.3 und 5.3.2).

---

## 4 Metaanalyse

Die Metaanalyse ermöglicht eine vollständig replizierbare und unverzerrte Befundevaluation zu einem Forschungsbereich und liefert eine quantitative Analyse der Befundvariabilität (für einen Überblick siehe Cooper & Hedges, 1994; Fricke & Treinies, 1985; Lipsey & Wilson, 2001). Hierbei werden die bereits vorliegenden empirischen Einzelergebnisse inhaltlich homogener Primärstudien erfasst und Zusammenhänge abgeleitet (vgl. Beelmann & Bliesener, 1994; Bös, Hänsel & Schott, 2004; Rustenbach, 2003). Darüber hinaus können Integrationsbefunde potenzieller Forschungslücken aufgedeckt werden. Auf Fehlentwicklungen kann hingewiesen werden (Rustenbach, 2003). Meta-analytische Anwendungen bestehen überwiegend in den Sozialwissenschaften, Medizin und Psychologie wie auch in der Physik (Rustenbach, 2003). Nachteile der Metaanalyse liegen beispielsweise in dem Uniformitätsproblem (Äpfel-und-Birnen-Problem) und der Studienauswahl (Wiemeyer, 1998). Insgesamt scheint die Einschätzung der Metaanalysen „gesichert“ wie auch vorteilhaft (vgl. Drinkmann, 1990, S. 37) und wird innerhalb der Wissenschaft eingesetzt (für ein Beispiel siehe Ashford, Davids & Bennett, 2007; Cooper & Hedges, 1994; Lipsey & Wilson, 2001; Mann, Williams, Ward & Janelle, 2007; Wiemeyer, 1998).

Das Ziel dieses Kapitels ist es, die Ergebnisse unterschiedlicher Untersuchungen von Analogien im Sport zu erfassen und Zusammenhänge abzuleiten. Es soll gezeigt werden, wie die Effekte von Analogien im Gegensatz zu Bewegungsregeln einzuordnen sind. Zusätzlich wird verdeutlicht, in welchen Bereichen der Analogieforschung Lücken vorhanden sind, die es im Rahmen noch ausstehender Untersuchungen zu schließen gilt. Es wird in der folgenden Analyse angenommen, dass in den herangezogenen Untersuchungen ein positiver Effekt von Analogien im Vergleich zu expliziten Bewegungsregeln besteht. Diese Annahme wird aufgrund der im Punkt 2.3 beschriebenen Forschungsergebnisse angenommen. Anzuführen ist jedoch, dass der Untersuchungsschwerpunkt von Analogien innerhalb der Sportwissenschaft gering ist.

## 4.1 Methode

Das meta-analytische Verfahren unterteilt sich in acht Phasen der Vorbereitung und Durchführung, die in Abbildung 7 wiedergegeben werden.

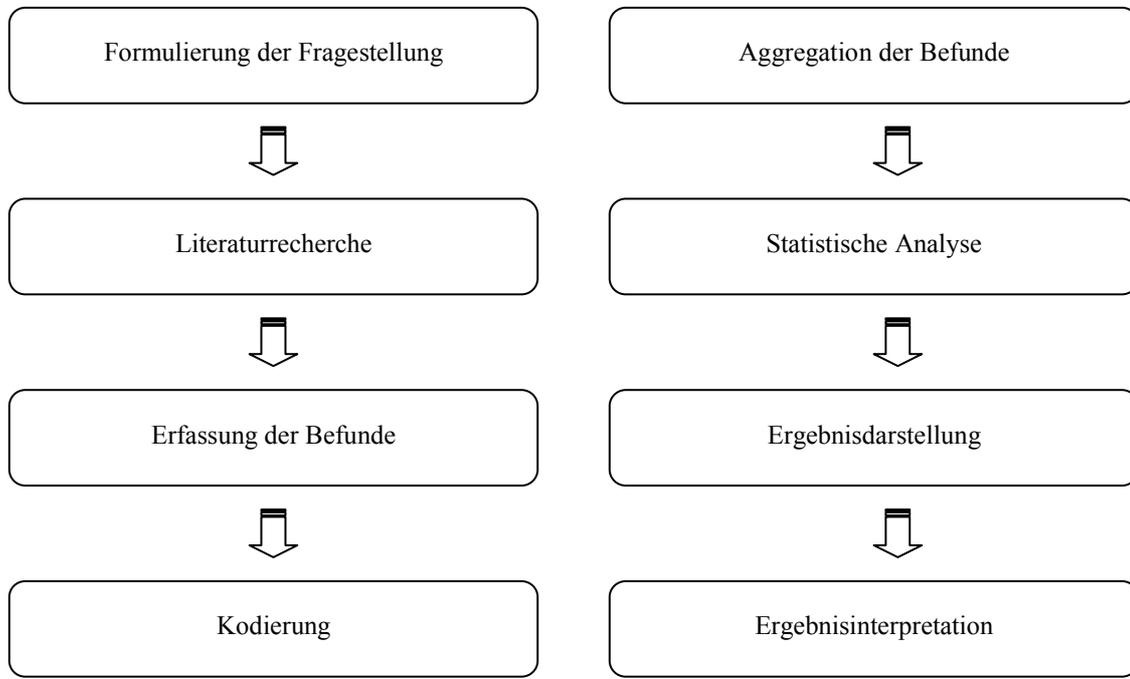


Abbildung 7: Strategisches Vorgehen einer Metaanalyse

Im nachstehenden Abschnitt werden die acht Punkte des strategischen Vorgehens zur inhaltlich besseren Lesbarkeit in fünf Phasen zusammengefasst und detailliert beschrieben (siehe auch Wiemeyer, 1998):

1. Formulierung der Fragestellungen
2. Literaturrecherche sowie systematische Erfassung der empirischen Primärbefunde
3. Kodierung und Bewertung inhaltlicher sowie methodischer Studienmerkmale
4. Aggregation der Primärbefunde und statistische Analyse
5. Dokumentation und Interpretation der Ergebnisse

### **1. Formulierung der Fragestellung**

Zu Beginn wird eine möglichst erschöpfende Erfassung der Studien durchgeführt. Im Anfangsstadium beruht sie auf einer groben Fragestellung. Erst nach Erfassung der Literatur lassen sich später spezifische Fragestellungen formulieren. Die allgemeine Fragestellung lautet: Wie wirken Analogien im Vergleich zu Bewegungsregeln beim Bewegungslernen? Zeigt die Analogiegruppe im Gegensatz zur Bewegungsregelgruppe bei den jeweiligen Moderatorvariablen einen positiven Effekt?

## ***2. Literaturrecherche sowie systematische Erfassung der empirischen Primärbefunde***

Für die Erfassung der empirischen Befunde werden ausschließlich veröffentlichte Texte verwendet (Ashford et al., 2007), die zum einen den Effekt von Analogien im Sport untersuchen und zum anderen statistische Angaben beinhalten. Die gesammelten Texte erstrecken sich über eine Zeitperiode von 37 Jahren (Kreidler, 1970 – Koedijker et al., 2007). Die Datensuche beschränkt sich auf folgende Datenquellen: BISp-Datenbanken (mit inbegriffen *SPOLIT*, *SPOFOR*, *SPOMEDIA*), *SPORTIF*, *SPONET* und nationale wie auch internationale Zeitschriften (zum Beispiel *Journal of Sports Sciences* und Zeitschrift für *Sportpsychologie*) und Bücher. Als Suchbegriffe werden „Analogien“ und „Metaphern“ verwendet. Insgesamt können 52 Veröffentlichungen gesammelt werden. Hierbei handelt es sich um die Untersuchungsschwerpunkte des motorischen Lernens (siehe Schlund & Loosch, 1996), der Grammatik (siehe Reber, 1989), der Problemlöseparadigmen (für ein Beispiel Ringelband, 1992), des Lesenlernens (siehe Axelrod, 1979), des Vokabellernens (siehe Ignoffo, 1980), der Vermittlung von Wissen (siehe Ausubel, Novak & Hanesian, 1978) wie auch Sprache und Kommunikation (siehe Wieden & Hubmayer, 1983). 22 Veröffentlichungen beschäftigen sich mit Analogien im motorischen Lernen, wobei davon acht Untersuchungen ausschließlich theoriegeleitet sind und eine Darstellung über die Verwendung von Analogien im Sport wiedergeben. Sechs weitere Untersuchungen der 22 Studien beinhalten empirische Forschungen, jedoch ohne statistische Angaben und werden daher ebenfalls von dem meta-analytischen Verfahren ausgeschlossen (siehe Pedalofahren: Maurus, 1996; Skispringen: Mickler, 1997). Für die Durchführung der Metaanalyse werden insgesamt acht Untersuchungen verwendet, die für die oben genannte Fragestellung relevant sind und die statistischen Kriterien erfüllen. Eine Metaanalyse über standardisierte Forschungen kann mit acht Studien auskommen. Eine erschöpfende Beurteilung der Wirkung hingegen erfordert mehr Studien. Aufgrund dessen dient dieses meta-analytische Verfahren ausschließlich der Analyse und nicht tief greifender Beurteilung. Bei den acht Veröffentlichungen handelt es sich um Folgende (vgl. Tabelle 3):

Tabelle 3: Ausgewählte Veröffentlichungen als Grundlage der Metaanalyse

Nr.	Autoren	Jahr	Sportart
1	Schlund & Loosch	1996	Skifahren
2	Gröben	2000	Turnen
3	Liao & Masters, Studie I	2001	Tischtennis
4	Liao & Masters, Studie II	2001	Tischtennis
5	Hänsel	2002	Basketball
6	Poolton, Masters & Maxwell	2006	Tischtennis
7	Koedijker, Oudejeans & Beek	2007	Tischtennis
8	Masters, Poolton, Maxwell & Raab	in Druck	Tischtennis

### **3. Kodierung und Bewertung inhaltlicher sowie methodischer Studienmerkmale**

Im nächsten Schritt erfolgt die Kodierung der Primärbefunde. Hierbei werden alle nötigen Informationen kodiert, die zur Berechnung eines meta-analyzierbaren statistischen Kennwerts erforderlich sind (Ashford et al., 2007; Cooper & Hedges, 1994; Lipsey & Wilson, 2001; Wiemeyer, 1998). Fehlen dabei nötige Informationen, kann es zum Ausschluss der Studie kommen (Rustenbach, 2003). Für die Kodierung, Aufbereitung und anschließende Analyse der meta-analytischen Daten stehen heutzutage eine Reihe von speziellen Softwarelösungen zur Verfügung. In der folgenden Untersuchung wird das Programm „Comprehensive Meta Analysis Version 2.0“ verwendet.

Die Kodierung umfasst folgende Schritte: Zu Beginn wird eine Kode-Liste erstellt, die folgende Kodierungsmerkmale beinhaltet. Die Kodierungsmerkmale sind überwiegend aus der Literatur abgeleitet (vgl. Wiemeyer, 1998):

1. Nummer der Studie
2. Autorenname
3. Erscheinungsjahr
4. Testungsort (Kontinent)
5. Sportart
6. Gruppenanzahl
7. Labor- oder Felduntersuchung
8. Vorhandener Instruktionsscheck (beispielsweise Fragebogen und Interviews)
9. Leistungsgrad (Anfänger, Experten)
10. Nennung der abhängigen Variablen

11. Anzahl der unabhängigen Variablen
12. Anzahl der abhängigen Variablen
13. Statistische Informationen ( $p$ -Wert)
14. Mittelwerte, Standardabweichung,  $F$ - und  $t$ -Statistiken
15. Effektgrößen (*Cohens d*)

Die Kodierungsmerkmale werden anschließend kodiert. Dabei können die Kodierungsmerkmale

1. aufgelistet, zum Beispiel der „Autorenname“ und die „Statistischen Informationen“,
2. summiert, zum Beispiel die „Versuchspersonenanzahl“ und die „Anzahl der abhängigen Variablen“, oder
3. einzelnen Nummern zu geordnet werden, zum Beispiel bei der Moderatorvariablen „Sportart“: Rückschlagsportarten = 1, Ballsportarten = 2, sonstige Sportarten = 3 oder bei der Moderatorvariablen „Vorhandener Instruktionsscheck“: ja = 1, nein = 2.

Der erstellte Kodeplan gibt somit einen inhaltlichen Überblick der Untersuchungen wieder. In den folgenden Tabellen 4 und 5 werden die Kodierungsmerkmale 1 - 12 dargestellt. Statistische Berechnungen können aus den Tabellen 6 - 9 entnommen werden.

*Tabelle 4: Kodierungsmerkmale und Moderatorvariablen 1 – 7 der Metaanalyse*

<b>Nr.</b>	<b>Autoren</b>	<b>Jahr</b>	<b>Kontinent</b>	<b>Sportart</b>	<b>n: Gruppe</b>	<b>Labor/Feld</b>
1	Schlund & Loosch	1996	Europa	Tischtennis	2	Feld
2	Gröben	2000	Europa	Sonstige	4	Labor
3	Liao & Masters, Studie I	2001	Europa	Tischtennis	3	Labor
4	Liao & Masters, Studie II	2001	Europa	Tischtennis	4	Labor
5	Hänsel	2002	Europa	Basketball	4	Feld
6	Poolton et al.	2006	Asien	Tischtennis	2	Labor
7	Koedijker et al.	2007	Europa	Tischtennis	4	Labor
8	Masters et al.	in Druck	Asien	Tischtennis	2	Labor



Tabelle 5: Kodierungsmerkmale und Moderatorvariablen 8 – 12 der Metaanalyse

Nr.	Autoren	Instruktions- scheck	Leistungs- grad	Abhängige Variable	n: UV	n: AV
1	Schlund & Loosch	ja	Anfänger	1. Bewegungs- ergebnis	2	2
2	Gröben	ja	Anfänger	1. Bewegungs- ergebnis	2	3
3	Liao & Masters, Studie I	ja	Anfänger	1. Bewegungs- ergebnis 2. Wissen	2	2
4	Liao & Masters, Studie II	ja	Anfänger	1. Bewegungs- ergebnis 2. Wissen	2	2
5	Hänsel	ja	Anfänger	1. Bewegungs- ergebnis	4	3
6	Poolton et al.	ja	Anfänger	1. Bewegungs- ergebnis 2. Wissen	2	3
7	Koedijker et al.	ja	Anfänger	1. Bewegungs- ergebnis 2. Wissen	2	3
8	Masters et al.	ja	Anfänger	1. Bewegungs- ergebnis 2. Wissen	2	3

#### 4. Aggregation der Primärbefunde und statistische Analyse

Als Analyseeinheit werden Effektstärken untersucht. Die Effektstärken werden direkt im „Comprehensive Meta Analysis Version 2.0“ berechnet und gespeichert. Dabei werden die Studiennummern, Autorennamen, Anzahl der Versuchspersonen und die *F*-/*t*-Werte angegeben. Auf der Grundlage dieser Daten berechnet das Metaanalyse-Programm den standardisierten Mittelwertunterschied und den Hodges *g*-Wert mit den jeweiligen Standardfehlern.

Im folgenden Schritt werden die positiven oder negativen Effektrichtungen festgelegt und eine Hauptanalyse mit allen Studien und Effekten berechnet. Die Effekte werden in die abhängigen Variablen „verbalisierbares Wissen“ und „Bewegungsergebnis“ unterteilt. Anschließend folgt die Bildung von weiteren Moderatorvariablen, die hinsichtlich der abhängigen Variablen „Bewegungsergebnisse“ analysiert werden. Dazu werden die Effekte strukturiert (Mann et al., 2007). Um das Abhängigkeitsproblem beim Vorliegen mehrerer Effektstärken einer abhängigen Variablen innerhalb einer Studie zu umgehen, werden diese zuvor durch Mittelwertbildung zu jeweils einer Effektstärke zusammengefasst (vgl. Wiemeyer, 1998).

---

Die Ergebnisdarstellung unterteilt sich in ein *fixed effect analysis*-Modell (Voraussetzung von festen gemeinsamen Populationseffekten) und ein *random effect analysis*-Modell (Voraussetzung von zufallsverteilten Populationseffekten; Wiemeyer, 1998). In der Ergebnisdarstellung werden ausschließlich die Daten der „*random effect analysis*“ angegeben, da es sich um zufallsverteilte Effekte handelt. Dabei wird die Signifikanz des Populationseffektes überprüft ( $z$ - und  $p$ -Wert) und das Konfidenzintervall von 95 % mit dem Standardfehler, der Varianz und dem geringsten und höchsten Limit angegeben. Ebenso wird die Heterogenität ( $Q$ - und  $p$ -Wert) geprüft (siehe auch Bös et al., 2004 für einen Überblick und Mann et al., 2007 für die Anwendung).

---

## 4.2 Ergebnisse

Der letzte Schritt besteht darin, abzuschätzen, wie groß die durchschnittlichen Effekte der betrachteten Studien sind und wie sich die Effekte der Kodierungsmerkmale unterscheiden.

## 5. Dokumentation und Interpretation der Ergebnisse

### Hauptanalyse

Die Analyse beinhaltet acht Studien mit 33 Effekten. Die Effekte beziehen sich auf die abhängigen Variablen „verbalisierbares Wissen“ und „Bewegungsergebnis“ (Mann et al., 2007). Der Haupteffekt von Analogien im Gegensatz zu Bewegungsregeln verdeutlicht im Mittel einen Populationseffekt von  $\varepsilon = 2.55$  (95% CI 1.37 – 3.73), der signifikant ist ( $z = 4.24$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.60 und die Varianz bei 0.36. Die Varianzen der Effektgrößen sind heterogen ( $Q(32) = 834.02$ ;  $p < .001$ ). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein positiver Effekt von Analogien vorhanden ist, jedoch die Varianzen der Studien heterogen sind (siehe Tabelle 6). Aufgrund dessen werden zuerst die abhängigen Variablen einzeln analysiert.

Tabelle 6: Ergebnisse der Hauptanalyse

Hauptanalyse			random effect analysis						
			Effektstärke und 95% Konfidenzintervall						Heterog.
Merkmale	Studien	Effekte	ES	z	SE	Var.	Min.	Max.	Q
Gesamtanalyse	8	33	2.55	4.24***	0.60	0.36	1.37	3.73	834.02 ***

Bemerkung: Heterog. = Heterogenität, ES = Effektstärke, SE = Standardfehler, Var. = Varianz, Min. = geringstes Limit, Max. = höchstes Limit, \* =  $p < .05$ , \*\* =  $p < .01$ , \*\*\* =  $p < .001$

### Abhängige Variable

Die Analyse der Moderatorvariablen „abhängige Variable“ bezieht sich auf die Gegenüberstellung der Bewegungsergebnisse und des verbalisierbaren Wissens. Die Bewegungsergebnisse beinhalten beispielsweise die Trefferleistung. Das verbalisierbare Wissen umfasst Regeln und Mechanismen einer Technik, die von dem Versuchsteilnehmer verbalisiert werden können. Ziel dieser Analyse ist es, die Effekte von Analogien im Gegensatz zur Bewegungsregelgruppe herauszuarbeiten. Es wird in *Hypothese A* angenommen, dass der Effekt von Analogien bei den Bewegungsergebnissen

gegenüber dem verbalisierbaren Wissen hoch ist (Liao & Masters, 2001; Poolton et al., 2006). Innerhalb der Analyse wird die Variable Bewegungsergebnisse mit der Ziffer „1“ und die Variable verbalisierbares Wissen mit der Ziffer „2“ kodiert.

Die Analyse beinhaltet acht Studien mit 13 Effekten. Dabei handelt es sich um acht Effekte bei den Bewegungsergebnissen und fünf Effekte beim verbalisierbaren Wissen. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf die Gesamtanalyse. Hier liegt der Populationseffekt bei  $\varepsilon = 1.58$  (95% CI 0.22 – 2.93) und ist signifikant ( $z = 2.28$ ;  $p < .05$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.69 und die Varianz bei 0.48. In der folgenden Analyse werden die abhängigen Variablen einzeln analysiert. Hier liegt der Populationseffekt der Bewegungsergebnisse bei  $\varepsilon = 3.56$  (95% CI 2.25 – 4.87) und ist signifikant ( $z = 5.33$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.67 und die Varianz bei 0.45. Der negative Populationseffekt des verbalisierbaren Wissens liegt bei  $\varepsilon = -1.44$  (95% CI -1.96 – -0.93) und ist signifikant ( $z = -5.50$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.26 und die Varianz bei 0.07. Die Varianzen aller Effektgrößen sind heterogen ( $Q(12) = 48.57$ ;  $p < .001$ ; für einen Überblick siehe Tabelle 7). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Analogien bei Bewegungsergebnissen einen positiven Effekt bewirken. Im Gegensatz dazu ist der Effekt beim verbalisierbaren Wissen negativ. Die Hypothese kann somit bestätigt werden.

Tabelle 7: Ergebnisse der Moderatorvariablen „abhängige Variable“

Abhängige Variable		random effect analysis							Heterog.
		Effektstärke und 95% Konfidenzintervall							
Merkmale	Studien	Effekte	ES	z	SE	Var.	Min.	Max.	Q
Gesamtanalyse	8	13	1.58	2.28*	0.69	0.48	0.22	2.93	
Bewegungsergebnis	8	8	3.56	5.33***	0.67	0.45	2.25	4.87	48.57***
Verbalisierbares Wissen	5	5	-1.44	-5.50***	0.26	0.07	-1.96	-0.93	

Bemerkung: Heterog. = Heterogenität, ES = Effektstärke, SE = Standardfehler, Var. = Varianz, Min. = geringstes Limit, Max. = höchstes Limit, \* =  $p < .05$ , \*\* =  $p < .01$ , \*\*\* =  $p < .001$

Im Folgenden werden weitere Moderatorvariablen gebildet, die den Effekt von Analogien ausschließlich auf der Ebene der Bewegungsergebnisse kontrollieren. Bei den Moderatorvariablen handelt es sich um die „Sportart“ und die „Lern- und Testphase“.

### *Sportart*

Diese Analyse untersucht die Effektstärke von Analogien bei unterschiedlichen Sportarten. Zusätzlich soll ein sportartübergreifender Überblick gegeben werden. Es wird in *Hypothese B* angenommen, dass es einen durchgehend positiven Effekt von Analogien bezüglich der verschiedenen Sportarten gibt. Innerhalb der Kodierung werden drei mögliche Optionen festgehalten: Rückschlagsportarten werden mit „1“, Ballsportarten mit „2“ und sonstige Sportarten mit der Ziffer „3“ kodiert.

Die Analyse beinhaltet acht Studien mit acht Effekten. Hierbei handelt es sich um fünf Effekte der Rückschlagsportarten, einen Effekt der Ballsportart und zwei Effekte der sonstigen Sportarten. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf die Gesamtanalyse. Hier liegt der geschätzte Populationseffekt bei  $\varepsilon = 3.56$  (95% CI -2.25 – 4.87) und ist signifikant ( $z = 5.33$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.67 und die Varianz bei 0.45. Weitergehend werden die Sportarten einzeln analysiert. Hier liegt der signifikante Populationseffekt der Rückschlagspiele bei  $\varepsilon = 4.07$  (95% CI 2.00 – 6.14;  $z = 3.85$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 1.06 und die Varianz bei 1.12. Der etwas geringere Populationseffekt der sonstigen Sportarten liegt bei  $\varepsilon = 3.25$  (95% CI 1.73 – 4.77) und ist ebenso signifikant ( $z = 4.18$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.78 und die Varianz bei 0.60. Der geringste Populationseffekt liegt bei den Ballsportarten bei einem Wert von  $\varepsilon = 2.68$  (95% CI 0.97 – 4.38;  $z = 3.07$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.87 und die Varianz bei 0.76. Die Varianzen aller Effektgrößen sind homogen ( $Q(7) = 1.04$ ;  $p > .05$ ). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der höchste Effekt von Analogien im Gegensatz zu Bewegungsregeln in dieser Analyse bei den Rückschlagsportarten liegt. Zusätzlich lässt sich vorsichtig postulieren, dass der positive Effekt von Analogien über die Sportarten hinweg stabil ist und somit die Hypothese bestätigt wird (siehe Tabelle 8). Es muss jedoch erneut darauf verwiesen werden, dass es sich innerhalb dieser Metaanalyse um eine geringe Anzahl von Effekten handelt und die Ergebnisse daher nur eine Tendenz andeuten.

Tabelle 8: Ergebnisse der Moderatorvariablen „Sportart“

Sportart	random effect analysis								Heterog.
	Effektstärke und 95% Konfidenzintervall								
Merkmale	Studien	Effekte	ES	z	SE	Var.	Min.	Max.	Q
Gesamtanalyse	8	8	3.56	5.33***	0.67	0.45	2.25	4.87	
Rückschlagsportart	5	5	4.07	3.85***	1.06	1.12	2.00	6.14	
Ballsportart	1	1	2.68	3.07***	0.87	0.76	0.97	4.38	1.04
Sonstige Sportart	2	2	3.25	4.18***	0.78	0.60	1.73	4.77	

Bemerkung: Heterog. = Heterogenität, ES = Effektstärke, SE = Standardfehler, Var. = Varianz, Min. = geringstes Limit, Max. = höchstes Limit, \* =  $p < .05$ , \*\* =  $p < .01$ , \*\*\* =  $p < .001$

### Lern- und Testphase

Diese Analyse bezieht sich auf die Gegenüberstellung der Lern- und Testphase. Ziel ist es, die unterschiedlichen Effekte innerhalb der Lern- und Testphase bei der Analogiegruppe im Vergleich zur Bewegungsregelgruppe herauszuarbeiten. Es wird in *Hypothese C* angenommen, dass der Effekt von Analogien innerhalb der Testphase stärker ist als innerhalb der Lernphase. Innerhalb der Analyse wird die Lernphase mit der Ziffer „1“ und die Testphase mit der Ziffer „2“ kodiert.

Die Analyse beinhaltet acht Studien mit 14 Effekten. Dabei handelt es sich um acht Effekte bezüglich der Lernphase und sechs Effekte der Testphase. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf die Gesamtanalyse. Hier liegt der signifikante Populationseffekt bei  $\varepsilon = 2.75$  (95% CI 1.76 – 3.74;  $z = 5.44$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.51 und die Varianz bei 0.26. Anschließend werden die Lern- und Testphase einzeln analysiert. Hier liegt der Populationseffekt der Lernphase bei  $\varepsilon = 4.75$  (95% CI 3.03 – 6.47) und ist signifikant ( $z = 5.41$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.88 und die Varianz bei 0.77. Der Populationseffekt der Testphase ist deutlich kleiner, jedoch signifikant und liegt bei  $\varepsilon = 0.93$  (95% CI 0.40 – 1.46;  $z = 3.41$ ;  $p < .001$ ). Der Standardfehler liegt bei 0.27 und die Varianz bei 0.07. Die Varianzen aller Effektgrößen sind heterogen ( $Q(13) = 17.28$ ;  $p < .001$ , siehe Tabelle 9). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Analogien innerhalb der Lern- und Testphase einen positiven Effekt bewirken. In der Testphase ist entgegen der Annahme der Effekt größer. Es kann also vorsichtig abgeleitet werden, dass Analogien in der Lern- wie auch in der Testphase einen stabilen und positiven Effekt zeigen. Um die Varianzen innerhalb der Studien zu homogenisieren, könnte die Testphase in weitere Moderatorvariablen geteilt werden, wie beispielsweise in

einen Retentions-, Transfer- und Entscheidungstest. Diese Analyse wird im Folgenden nicht berechnet, da die Anzahl der Effekte weiter reduziert werden müsste und die Aussagekraft damit weiter sinken würde.

Table 9: Ergebnisse der Moderatorvariablen „Lern- und Testphase“

<b>Lern- und Testphase</b>		<b>random effect analysis</b>							
		Effektstärke und 95% Konfidenzintervall							Heterog.
Merkmale	Studien	Effekte	<i>ES</i>	<i>z</i>	<i>SE</i>	<i>Var.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Q</i>
Gesamtanalyse	8	14	2.75	5.44***	0.51	0.26	1.76	3.74	
Lernphase	8	8	4.75	5.41***	0.88	0.77	3.03	6.47	17.28***
Testphase	6	6	0.93	3.41***	0.27	0.07	0.40	1.46	

Bemerkung: Heterog. = Heterogenität, ES = Effektstärke, SE = Standardfehler, Var. = Varianz, Min. = geringstes Limit, Max. = höchstes Limit, \* =  $p < .05$ , \*\* =  $p < .01$ , \*\*\* =  $p < .001$

### 4.3 Diskussion

Ziel der Metaanalyse war es, die Ergebnisse unterschiedlicher Untersuchungen zu Analogien im Sport zusammenzufassen und einen Überblick zu gewinnen, wie die Effekte von Analogien im Gegensatz zu Bewegungsregeln einzuordnen sind. Der Untersuchungsschwerpunkt ist in der Sportwissenschaft sehr gering. Es können nur acht Studien mit maximal 33 Effekten analysiert werden. Aufgrund dessen dient dieses meta-analytische Verfahren ausschließlich der Analyse und nicht tief greifender Beurteilung.

Die Ergebnisse der *Hauptanalyse* zeigen, dass bei acht Studien und 33 Effekten ein positiver Effekt von Analogien vorhanden ist, jedoch die Varianzen der Studien heterogen sind. Aufgrund dessen werden Moderatorvariablen gebildet.

Die Moderatorvariable „*abhängige Variable*“ überprüft den Effekt von Analogien bei den Bewegungsergebnissen und dem verbalisierbaren Wissen innerhalb der einzelnen Untersuchungen. Es wird in *Hypothese A* angenommen, dass der Effekt von Analogien ausschließlich bei den Bewegungsergebnissen hoch ist. Die Analyse bestätigt, mit einem positiven Effektwert für die Bewegungsergebnisse und einen negativen Wert für das verbalisierbare Wissen, die Hypothesen und die Ergebnisse weiterer Studien (für ein Beispiel Liao & Masters, 2001; Poolton et al., 2006).

Innerhalb der Moderatorvariablen „*Sportart*“ bestehen drei Kodierungsgruppen: Rückschlagsportarten, Ballsportarten und sonstige Sportarten. Diese Analyse untersucht die Effektstärke von Analogien bei unterschiedlichen Sportarten. Zusätzlich soll ein sportartübergreifender Überblick gegeben werden. Es wird in *Hypothese B* angenommen, dass es einen durchgehend positiven Effekt von Analogien in den verschiedenen Sportarten gibt. Die Ergebnisse bestätigen die Hypothese und zeigen zudem innerhalb der Rückschlagsportarten die meisten Untersuchungen so wie den höchsten Effekt. Es lässt sich vorsichtig ableiten, dass der positive Effekt von Analogien in dieser Analyse über die Sportarten hinweg stabil und somit unabhängig von einer Sportart ist. Diese Tendenz verdeutlicht jedoch auch, dass weitere Untersuchungen vor allem in den Ballsportarten wie beispielsweise Basketball, Fußball, Handball und Volleyball durchgeführt werden müssen, um eine sachliche Aussage darüber treffen zu können.

Die Moderatorvariable „*Lern- und Testphase*“ überprüft in *Hypothese C* die Annahme, ob der Effekt von Analogien innerhalb der Testphase stärker ist als innerhalb der Lernphase. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Analogien innerhalb der Lern- und Testphase einen positiven Effekt bewirken. Die Hypothese kann nicht bestätigt werden, da in der Lernphase der Effekt größer ist als in der Testphase. Es kann mit Bedacht abgeleitet werden, dass Analogien in der Lern- wie auch in der Testphase Vorzüge beim Bewegungslernen zeigen.

*Weitere Ergebnisse* zeigen, dass zum einen der Effekt von Analogien im Zuge neuer Untersuchungen in der Sportwissenschaft konstant bleibt beziehungsweise weiter

---

zunimmt. Zum anderen steigt die Anzahl der Untersuchungen nach der Jahrhundertwende. Ebenso existieren mit einer Ausnahme ausschließlich Untersuchungen zu Novizen.

Zusammenfassend existieren nur wenige Untersuchungen zu dem Forschungsinhalt. Dabei zeigt sich überwiegend ein positiver Effekt von Analogien im Gegensatz zu Bewegungsregeln.

In der *Zukunft* sollte infolgedessen, erstens die empirische Lücke von Analogien verkleinert werden. Zweitens sollte eine einheitliche Begriffsbestimmung von Analogien festgelegt werden. Drittens gilt es den Untersuchungseffekt auf unterschiedliche Sportarten und (viertens) auf höhere Leistungsniveaus zu generieren.

## **5 Empirische Forschungsreihe**

### **5.1 Methodik**

Studie I bis III wie auch Vorstudie A bis C besitzen einen überwiegend identischen, methodischen Aufbau. Zur Vereinfachung wird dieser im Folgenden vorangestellt. Abweichungen werden jeweils gesondert beschrieben.

#### **5.1.1 Design**

Die Konzeption basiert auf Vergleichsstudien im Tischtennis (Liao & Masters, 2001; Masters et al., in Druck; Poolton et al., 2006) sowie aktuellen (Raab/Tielemann 070708/06-07) und abgeschlossenen (Roth/Raab, VF0408/07/02/2000-2001) Projekten mit dem DTTB. Bei den unabhängigen Variablen handelt es sich um die „Gruppe“ und die „Messwiederholung“. Die abhängigen Variablen sind das „verbalisierbare Wissen“, die „Trefferleistung“ und die „Bewegungsmerkmale“ (Liao & Masters, 2001; Poolton et al., 2006; Raab, Masters & Maxwell, 2005).

Studie I und II beinhalten ein zweifaktorielles Design mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung. Der Lernprozess des Vorhand-Topspins wird in einer Analogie-, Bewegungsregel- und Kontrollgruppe überprüft (Liao & Masters, 2001; Poolton et al., 2006). Die Funktion der Kontrollgruppe dient zur Überprüfung der Ergebnisse, insbesondere der Lernprozesse. Anschließend werden in einem Retentionstest die abhängigen Variablen bezüglich des Behaltens überprüft. Weiterhin wird die Bewegungsaufgabe transferiert und mit Entscheidungsaufgaben gekoppelt (Liao & Masters, 2001; Poolton et al., 2006). Die Entscheidungsaufgaben unterscheiden sich bezüglich einer hohen und niedrigen Komplexität. Es wird das Ziel verfolgt, die Komplexität von Entscheidungen zu differenzieren, da Analogien besonders bei komplexen Anforderungen von Vorteil sind (Poolton et al., 2006).

Studie III beinhaltet ein zweifaktorielles Design mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung. Durch einen Prätest wird der aktuelle Leistungsstand einer Expertengruppe ermittelt. In einer vierwöchigen, kontrollierten Trainingsphase instruieren Bundestrainer zwei Versuchsgruppen entweder mit Analogien oder Bewegungsregeln zum Handgelenk beziehungsweise Unterarmeinsatz beim Vorhand-Topspin. Eine Kontrollgruppe wird in diesem Design ausgeschlossen, da die Versuchsteilnehmeranzahl deutlich geringer ist als in Studie I und II. Anschließend wird in einem Posttest der derzeitige Leistungsstand bezüglich der abhängigen Variablen erhoben. Zur Überprüfung der Lernleistung folgt nach 15 Wochen ein Retentionstest.

## 5.1.2 Stichprobe

### *Studie I*

An der Hauptstudie nehmen 56 Sportstudierende der Tischtenniskurse des Instituts für Bewegungswissenschaften und Sport der Universität Flensburg teil. Bei den Versuchsteilnehmern handelt es sich jeweils um 28 weibliche und männliche Rechtshänder, die 21 bis 42 Jahren alt sind ( $M = 25$ ,  $SD = 4.6$ ). Es werden keine langjährigen Tischtennis-Vereinsspieler rekrutiert und die potentiellen Einflussfaktoren aus anderen Sporterfahrungen innerhalb eines Fragebogens erfasst. Die Teilnehmer werden randomisiert in eine Analogie- ( $n = 24$ ), Bewegungsregel- ( $n = 22$ ) und Kontrollgruppe ( $n = 10$ ) geteilt.

### *Studie II*

An der Untersuchung nehmen 60 weitere Sportstudierende der Tischtennisanfängerkurse des Instituts für Bewegungswissenschaften und Sport der Universität Flensburg teil. Dabei handelt es sich um 29 weibliche und 31 männliche Rechtshänder im Alter von 19 bis 42 Jahren ( $M = 25$ ,  $SD = 3.9$ ). Es wurden keine langjährigen Tischtennis-Vereinsspieler rekrutiert und die potentiellen Einflussfaktoren aus anderen Sporterfahrungen innerhalb eines Fragebogens erfasst. Die Teilnehmer werden innerhalb der jeweiligen Studien randomisiert und auf eine Analogie- ( $n = 20$ ), Bewegungsregel- ( $n = 20$ ) oder Kontrollgruppe ( $n = 20$ ) verteilt.

### *Studie III*

Es werden innerhalb der Studie III Leistungsnachwuchsspieler des DTTB untersucht. Die Spieler des C- und B-Bundeskaders wohnen überwiegend im Tischtennisinternat Düsseldorf beim Olympiastützpunkt (OSP). Insgesamt werden 15 Leistungssportler im Alter von 10 und 17 Jahren untersucht ( $M = 13.9$ ,  $SD = 2.5$ ). Zehn weibliche und fünf männliche Versuchsteilnehmer werden in eine Analogie- ( $n = 8$ ) und in eine Bewegungsregelgruppe ( $n = 7$ ) geteilt. Tabelle 10 zeigt die Personenmerkmale der Gruppen.

Tabelle 10: Deskriptive Individualmerkmale der Leistungssportler

Vpn-Nr.	Gruppe	Alter (Jahre)	Geschlecht	Trainings- erfahrung
1	Regeln	15	weiblich	3-6 Jahre
2	Regeln	13	weiblich	3-6 Jahre
3	Analogie	10	männlich	3-6 Jahre
4	Analogie	15	weiblich	1-3 Jahre
5	Analogie	12	weiblich	3-6 Jahre
6	Analogie	12	männlich	1-3 Jahre
7	Analogie	12	männlich	3-6 Jahre
8	Analogie	15	weiblich	1-3 Jahre
9	Analogie	17	männlich	6-9 Jahre
10	Analogie	10	weiblich	1-3 Jahre
11	Regeln	17	weiblich	6-9 Jahre
12	Regeln	17	weiblich	6-9 Jahre
13	Regeln	17	weiblich	6-9 Jahre
14	Regeln	13	weiblich	6-9 Jahre
15	Regeln	14	männlich	6-9 Jahre

Die Einteilung der Analogie- beziehungsweise Bewegungsregelgruppe wird zu Beginn nach Einschätzungen der Trainer umgesetzt. Hierbei handelt es sich um bereits bestehende Trainingsgruppen. Es wird keine neue randomisierte Zuteilung gewählt, da das vierwöchige Training in das reguläre Training eingegliedert werden soll. Weiterhin sollen organisatorische Probleme ausgeschlossen werden. Es ist zu bedenken, dass sich die Trainingsgruppen zu der Zeit stetig in aktiver Wettkampfvorbereitung befinden und eine Trainingsgruppenspaltung unmöglich erscheint. Die Spieler der Bewegungsregelgruppe sind durchschnittlich zwei Jahre älter als in der Analogiegruppe und trainieren durchschnittlich länger. Tabelle 11 stellt den aktuellen Trainingsumfang der einzelnen Sportler dar.

Tabelle 11: Trainingsumfang der Leistungssportler

Vpn-Nr.	Gruppe	Trainingsbelastung		Trainer	Trainingsort
		Std./Tag	Tage/Woche		
1	Regeln	4	4	Trainer 1	OSP
2	Regeln	4	4	Trainer 1	OSP
3	Analogie	2	2	Trainer 2	OSP
4	Analogie	2	2	Trainer 2	OSP
5	Analogie	4	4	Trainer 2	OSP
6	Analogie	2	2	Trainer 2	OSP
7	Analogie	3	3	Trainer 2	OSP
8	Analogie	4	4	Trainer 2	OSP
9	Analogie	3	3	Trainer 2	OSP
10	Analogie	2	2	Trainer 2	OSP
11	Regeln	4	4	Trainer 1	OSP
12	Regeln	4	4	Trainer 1.	OSP
13	Regeln	4	4	Trainer 1	OSP
14	Regeln	4	4	Trainer 1	OSP
15	Regeln	4	4	Trainer 1	OSP

### 5.1.3 Apparaturen und Materialien

Die für die Erfassung der Bewegungsdaten und der Trefferleistung benötigten Apparaturen wurden bereits in vorherigen Forschungsprojekten verwendet (Raab et al., 2005). Zu den verwendeten Apparaturen und Materialien gehören die Folgenden:

#### 1. Ballmaschine Typ TTmatic 500

Die Bälle werden in den Voruntersuchungen und in den Studien I und II von einer Ballmaschine eingespielt. Die Ballgeschwindigkeit mit 60 Bällen pro Minute und die Anzahl der Bälle sind bei jedem Versuchsteilnehmer identisch.

#### 2. Standardschläger mit eingebautem Mikrofon

In den Voruntersuchungen und in den Studien I und II benutzt jeder Versuchsteilnehmer den gleichen Standardschläger. Innerhalb des Holzgriffes wird ein Mikrofon montiert, welches mit dem Messsystem verkabelt ist. Insgesamt kann jeder Ballkontakt im dreidimensionalen Raum zum Zeitpunkt  $t$  festgehalten werden.

In Studie III handelt es sich um ein Offensiv-Holz mit Kontrolleigenschaften und einem griffigen Angriffsbelag mit einer Schwammstärke von 2.0 mm. Ebenso wird in das Holz des Griffes ein Mikrofon montiert. Die Auswahl des Schlägers legte die Bundestrainerin Dana Weber fest (Oktober 2006, Telefonat).

#### 3. Lichtschranke

Für die Auswertung der kinematischen Daten wird eine Lichtschranke an der Ballmaschine eingesetzt. Die Lichtschranke codiert den Zeitpunkt, wenn ein Ball die Ballmaschine verlässt. Somit wird der Beginn der Vorwärtsbewegung in der Datenmatrix gekennzeichnet (siehe Kapitel 5.1.6).

#### 4. Tischtennistisch KETTLER und JOOLA

Der Tischtennistisch beinhaltet ein Festnetz. Ihre Größen entsprechen dem Turniermaß: 274 x 152.5 x 76 cm.

#### 5. 3D-Bewegungsanalyse-Messsystem der Firma Zebris Medizintechnik des Typs CMS-HS

Das Messsystem besteht aus einem Messaufnehmer MA-HS, einem Computer und sieben Mikrofonen.

Die Mikrofone befinden sich an der spielenden Hand (Handwurzelknochen außen), am Ellenbogen, Schulterknochen, auf der Rückhandseite des Schlägers und am Tisch (siehe Abbildung 8). Das Mikrofon am Tisch dient als Referenzmarker zur

Analyse der Bewegungsparameter. Dabei handelt es sich um den Vergleich der Bewegungspunkte in Relation zum Referenzpunkt außerhalb der Bewegung (vgl. Bootsma & van Wieringen, 1988). Die von den Mikrofonen abgegebenen Signale werden von dem Messaufnehmer empfangen und aufgezeichnet. Der Messaufnehmer verfügt über drei getrennt voneinander arbeitende Ultraschallsender, die 50 Signale pro Sekunde (50 Hz) senden. Folglich kann die Entfernung zu den einzelnen Mikrofonen wie auch die exakten Raumkoordinaten im dreidimensionalen Raum bestimmt werden.



*Abbildung 8: Messaufnehmer des Messsystems Zebris*

## 6. Messelektronische Zielfelder

Für die Erfassung der Trefferleistung werden zwei messelektronische Zielfelder verwendet. Die Zielfelder sind quadratisch und 50 mal 50 cm groß. Sie sind jeweils in drei Zonen unterteilt und werden auf die Ecken des Tisches gelegt. Die Treffererfolge werden elektronisch codiert (siehe Kapitel 5.1.6. und Abbildung 9).



*Abbildung 9: Elektronische Zielfelder auf den Tischhälften*

## 7. Bälle

Insgesamt werden 230 weiße und 230 orangefarbene Bälle eingesetzt. Drei violette und drei grüne Bälle dienen zusätzlich als Markerbälle.

## 8. Eimer

Fünf Eimer werden zum Einsammeln und Sortieren der Bälle verwendet. In Studie III wird zusätzlich ein Eimerhalter für das Balleimertraining eingesetzt.

#### 9. Eierpappe

Eine Eierpappe wird für die Entscheidungsaufgabe II in der ersten Studie verwendet, in der die Bälle nach einer bestimmten Sequenz eingespielt werden.

#### 10. Sonstiges

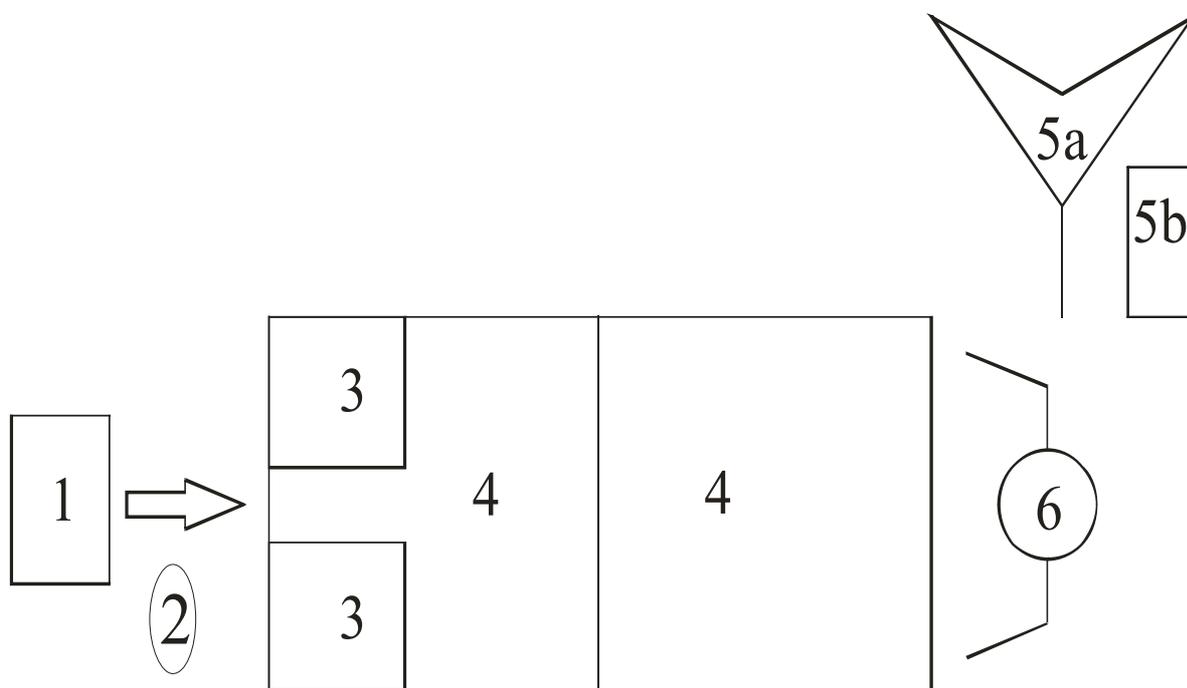
Ein Computer, Bildschirm, Tastatur und eine Maus gehören zur digitalen Aufnahme der Treffer- und Bewegungsdaten.

---

### 5.1.4 Versuchsaufbau

#### *Studie I und II*

Die Vorstudien, Studie I und Studie II beinhalten den gleichen Versuchsaufbau (siehe Abbildung 10). Die Versuchsperson steht auf der rechten Seite des Tisches. Das Bewegungsmesssystem wird so positioniert, dass die rechte Armbewegung optimal aufgenommen werden kann. Die gegenüberliegende Ballmaschine spielt die Bälle über die Tischtennisfläche ein. Die Lichtschranke richtet sich direkt auf das rechte Spielloch der Ballmaschine. Die gegenüberliegende Ballmaschine spielt die Bälle über die Tischtennisfläche ein. Die Lichtschranke richtet sich direkt auf das rechte Spielloch der Ballmaschine. Die zwei elektronischen Zielfelder liegen in der Testphase überwiegend auf den Ecken des Tisches. In der Lernphase liegt ein einzelnes am mittleren Ende der Platte.



Legende:

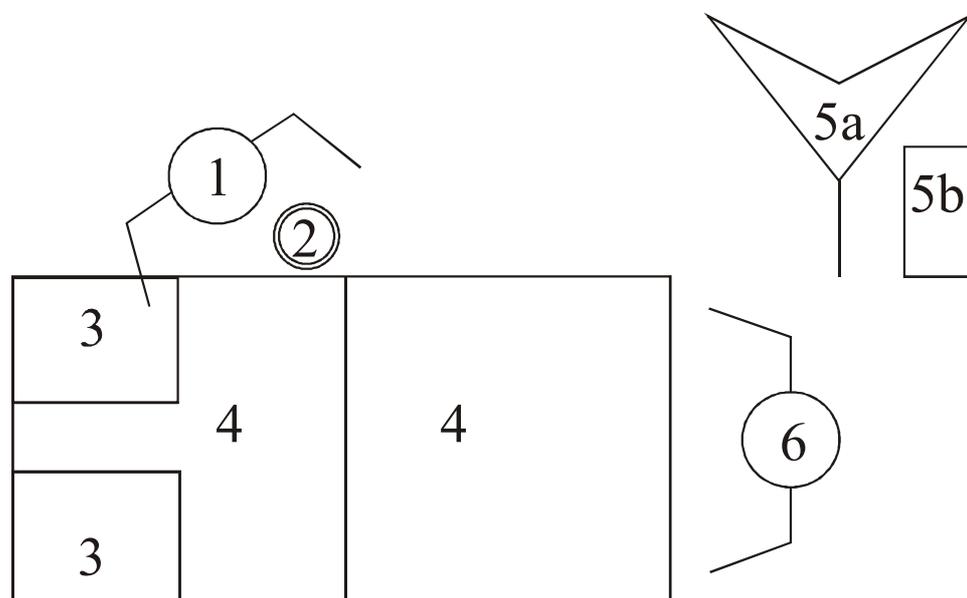
- 1 = Ballmaschine
- 2 = Lichtschranke
- 3 = elektronische Zielfelder
- 4 = Tisch
- 5 = Messsystem Zebris (a) mit Rechner (b)
- 6 = Versuchsteilnehmer

*Abbildung 10: Versuchsaufbau der Studie I und II*

### Studie III

Ein Unterschied zur Studie III liegt im Zuspiel der Bälle, da keine Ballmaschine eingesetzt wird. Um eine realistische und variable Spielsituation zu konstruieren, erfolgt das Zuspiel der Bälle in einem Balleimertraining (DTTB, 2001a). Im Balleimertraining beträgt die Belastungszeit ca. 12 Sekunden ohne Unterbrechung. Die Zuspielfrequenz liegt bei etwa 0.7 bis 0.8 Sekunden. Die Pausenlänge beträgt etwa 30 Sekunden (DTTB, 2001a). Die Bälle werden von den Trainern eingespielt. Diese Einspielmethode wurde von den Bundestrainern festgelegt (14.09.2006, Frankfurt).

Der Balleimertrainer steht links neben dem Tisch und spielt die Bälle zur linken Seite auf die rechte Spielhand ein. Zur Verdeutlichung zeigt Abbildung 11 den Aufbau der Studie III.



Legende:

- 1 = Zuspieler
- 2 = Balleimer
- 3 = elektronische Zielfelder
- 4 = Tisch
- 5 = Messsystem Zebris (a) mit Rechner (b)
- 6 = Versuchsteilnehmer

Abbildung 11: Versuchsaufbau der Studie III

### 5.1.5 Versuchsdurchführung

#### Studie I

Der Versuchsteilnehmer wird begrüßt und über die generellen Ziele der Studie informiert. Nachdem der Versuchsteilnehmer einen Personenfragebogen ausgefüllt und die freiwillige Teilnahme an der Untersuchung bestätigt hat, wird er mit den Mikrofonen verkabelt. Dem Versuchsteilnehmer werden die Trefferfelder und die Punkteverteilung erläutert. Je nach Gruppenzugehörigkeit bekommt die Versuchsperson die Instruktionen zum Vorhand-Topspin. Die Analogiegruppe erhält die Analogie „Versuche den Vorhand-Topspin so zu schlagen, als wenn du den Schläger über die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks ziehst“ (Liao & Masters, 2001). Zusätzlich wird ihm die Abbildung eines rechtwinkligen Dreiecks präsentiert (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12: Analogieinstruktion

Die Bewegungsregelgruppe erhält zehn Schritt-für-Schritt-Regeln und eine Abbildung, die das Leitbild des Vorhand-Topspins darstellt (Dober, 2004; Abbildung 13). Die Teilnehmer der Kontrollgruppe erhalten keine Instruktionen, sondern ausschließlich die Abbildung 13 zur visuellen Sollwertvorstellung.

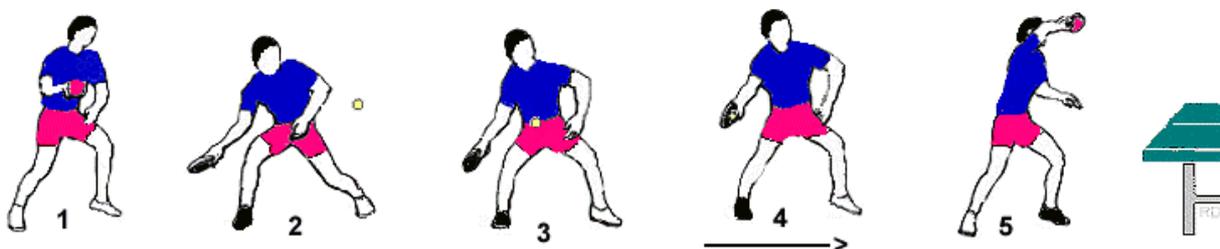


Abbildung 13: Leitbild des Vorhand-Topspins (Dober, 2004)

Die *Lernphase* beginnt mit einem Vortest zur Gewöhnung an die Geschwindigkeit und Platzierung der Bälle mit zehn Bällen. Anschließend werden sechs Blöcke mit jeweils 50

Bällen gespielt, wobei die Instruktionen nach jedem Block wiederholt werden. Während einer zehnmütigen Spielpause füllt der Teilnehmer einen Fragebogen zur Ermittlung des Bewegungswissens aus. In der anschließenden *Testphase* folgen ein Retentionstest, ein Transfertest und zwei Entscheidungstests. Im Retentionstest werden 50 Bälle auf ein mittleres Zielfeld gespielt. Ab dem Transfertest befinden sich zwei Trefferfelder auf der linken und rechten Ecke des Tisches. Im Transfertest soll der Versuchsteilnehmer jeweils 20 Bälle auf ein linkes und rechtes Zielfeld spielen. Der Testleiter zählt die Bälle und instruiert den Versuchsteilnehmer nach einem vereinbarten Signal, die Zielseite zu wechseln. Die Anfangsseite links/rechts wird permutiert, um einen möglichen Carry-over-Effekt zu kontrollieren. In den Entscheidungstests wird der Versuchsteilnehmer instruiert, orange Bälle nach links und weiße Bälle nach rechts zu schlagen. Innerhalb des Entscheidungstests I mit geringer Komplexität folgen 40 Bälle in derselben Sequenz OOWOWW (O = orangefarbener Ball, W = weißer Ball). Im Entscheidungstest II besteht eine hohe Komplexität und die 40 Bälle folgen zufällig. Der Teilnehmer ist nicht über diesen Sachverhalt informiert. Nach der Testphase wird der Versuchsteilnehmer von den Mikrofonen gelöst und füllt abschließend einen Fragebogen zur Motivationsüberprüfung und zum Verständnis der Instruktion aus. Zur Veranschaulichung ist in Abbildung 14 der Versuchsablauf dargestellt.

### ***Studie II***

Der Versuchsablauf der Studie II entspricht dem Ablauf der Studie I mit zwei Ausnahmen.

1. Der Versuchsteilnehmer erhält in der Lernphase technische und taktische Instruktionen. Nach einem Vortest mit 10 Bällen folgen insgesamt drei Technik- und drei Taktikblöcke mit jeweils 50 Bällen im Wechsel. Während des Technikblocks erhält der Versuchsteilnehmer die gleichen Instruktionen wie in Studie I. Im Taktikblock bekommt der Versuchsteilnehmer die Entscheidungsaufgabe: „Spiele orangefarbene Bälle nach links und weiße Bälle nach rechts“ (vgl. Abbildung 14).
2. Eine weitere Veränderung gegenüber Studie I betrifft die Entscheidungsaufgabe mit hoher Komplexität. Diese wurde in Studie II erhöht. Die Instruktion bleibt die gleiche, jedoch werden zusätzlich fünf grüne und violette Bälle zufällig mit den weißen und orangefarbenen Bällen gemischt. Der Teilnehmer soll nach einem Markerball die Farbseite wechseln. So werden nicht mehr orangefarbene Bälle nach links und weiße Bälle nach rechts, sondern orangefarbene Bälle nach rechts und weiße Bälle nach links geschlagen.

<b>Vorbereitung</b>		
1. Begrüßung und Einweisung des Probanden 2. Teil 1 des Fragebogens 3. Mikrofone werden am Spielarm befestigt 4. Systemcheck und Kalibrierung		
<b>Testung</b>		
Start der Messaufnahme		
<b>Lernphase</b>		<b>Ballanzahl</b>
Vortest:		10 Bälle
Studie I:	Instruktionen zur Technik	6 x 50 Bälle
Studie II:	Instruktionen zur Technik und Taktikentscheidungsaufgaben	6 x 50 Bälle
<b>Pause</b>	Teil 2 des Fragebogens	
<b>Testphase</b>		
Retentionstest:		50 Bälle
Transfertest:		40 Bälle
Entscheidungstest:		
	Geringe Komplexität:	40 Bälle
	Hohe Komplexität:	40 Bälle
Ende der Messaufnahme		
<b>Nachbereitung</b>		
1. Speicherung der kinematischen Daten 2. Mikrofone werden von dem Probanden gelöst 3. Teil 3 des Fragebogens 4. Verabschiedung		

Abbildung 14: Versuchsablauf der Studien I und II

**Studie III**

Jeder Versuchsteilnehmer wird einzeln getestet, bekommt einen Personenfragebogen ausgehändigt und wird anschließend mit den Ultraschallmikrofonen verkabelt. Der Fragebogen beinhaltet Fragen zum aktuellen Gefühls- und Motivationszustand, zu persönlichen Daten und dem individuellen Trainingsumfang. Der Versuchsteilnehmer wird instruiert, die Bälle mit dem Vorhand-Topspin in einem 1-zu-1-Rhythmus im Links-Rechts-Wechsel auf die Trefferfelder zu platzieren. Zu Beginn werden in einem Vortest zehn Bälle zum Einspielen geschlagen. Die Testphase erfolgt durch fünf verschiedene Zuspielmöglichkeiten mit jeweils fünf mal zehn Bällen:

1. Block: Schupfball
2. Block: Blockball
3. Block: Topspin
4. Block: Schupf-, Blockball und Topspin in zufälliger Reihenfolge
5. Block: zufällige Zuspielarten wie in Block 4, gekoppelt mit zusätzlichen Entscheidungsaufgaben

Die Versuchsperson reagiert in allen Spielsituationen mit einem Topspinschlag und muss ihn je nach Rotation, Flughöhe, sowie Fluggeschwindigkeit unterschiedlich spielen. In den letzten beiden Blöcken wird ein zusätzliches Entscheidungstraining integriert. Der Versuchsteilnehmer muss im Block 4 auf die zufällig zugespielten Bälle reagieren. Dieses implementiert eine geringe Komplexität der Entscheidungsaufgabe. In Block 5 mit hoher Komplexität muss er zusätzlich weiße Bälle nach rechts und orangefarbene Bälle nach links spielen. In den vier Wochen zwischen dem *Prä- und Posttest* wird das Balleimertraining zum Vorhand-Topspin in Verbindung mit den jeweiligen Instruktionen zum Handgelenk- und Unterarmeinsatz in das reguläre Bundeskadertraining integriert. Die Bundestrainer und der Cheftrainer Dirk Schimmelpfennig verwenden innerhalb der Trainingsphase die gemeinsam zusammengestellten Analogien beziehungsweise Bewegungsregeln und führen ein Trainingstagebuch (15.11.2006, Düsseldorf; siehe Tabelle 12 und 13).

*Tabelle 12: Instruktionen der Analogiegruppe*

<b>Zuspiel</b>	<b>Instruktionen</b>
Schupfball	„Diskus“ Versuche so zu schlagen, als wenn du einen Diskus wirfst.
Blockball	„Soldatengruß“ Versuche so zu schlagen, als wenn du ein Soldat wärst und den General grüßt.
Topspin	„Streicheln“ Versuche so zu schlagen, als wenn du über einen Pezziball streicheln würdest.

*Tabelle 13: Instruktionen der Bewegungsregelgruppe*

<b>Zuspiel</b>	<b>Instruktionen</b>
Schupfball	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nimm den rechten Fuß zurück, so dass die Füße leicht schräg zur Grundlinie stehen.</li> <li>2. Streck deinen Arm beim Ausholen, so dass sich der Schläger in Höhe des rechten Knies befindet.</li> <li>3. Bring den Schläger mit einem explosiven Unterarm- beziehungsweise Handgelenkeinsatz bis zur Stirn.</li> <li>4. Triff den Ball in der Nähe des höchsten Punktes seiner Flugbahn.</li> <li>5. Achte auf eine aktive Rumpfdrehung zur Unterstützung der Gewichtsverlagerung vom rechten auf das linke Bein.</li> </ol>
Blockball	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nimm den rechten Fuß zurück, so dass die Füße leicht schräg zur Grundlinie stehen.</li> <li>2. Streck deinen Arm beim Ausholen, so dass sich der Schläger in Hüfthöhe befindet.</li> <li>3. Bring den geschlossenen Schläger mit einem explosiven Unterarm- beziehungsweise Handgelenkeinsatz bis zur Stirn.</li> <li>4. Triff den Ball in der aufsteigenden Phase vor dem höchsten Punkt seiner Flugbahn.</li> <li>5. Achte auf eine aktive Rumpfdrehung zur Unterstützung der Gewichtsverlagerung vom rechten auf das linke Bein.</li> </ol>
Topspin	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nimm den rechten Fuß zurück, so dass die Füße leicht schräg zur Grundlinie stehen.</li> <li>2. Streck deinen Arm zur Seite, so dass die Schlägerspitze zur Seite zeigt.</li> <li>3. Schlag den Ball mit einer kurzen, schnellen und explosiven Bewegung des Unterarms und des Handgelenks.</li> <li>4. Triff den Ball in der aufsteigenden Phase seiner Flugbahn.</li> <li>5. Achte auf eine aktive Rumpfdrehung zur Gewichtsverlagerung vom rechten auf das linke Bein.</li> </ol>

Der Retentionstest folgt nach 15 Wochen und beinhaltet den identischen Versuchsablauf wie im Prä- und Posttest (siehe Abbildung 15).

<b>Vorbereitung</b>	
1. Begrüßung und Einweisung des Probanden 2. Teil 1 des Fragebogens 3. Mikrofone werden am Spielarm befestigt 4. Systemcheck und Kalibrierung 5. Einspielen der Bälle	
<b>Testung</b>	
Start der Messaufnahme	
<b>Block und Zuspieltechnik</b>	<b>Ballanzahl</b>
Block 1: Topspin auf Schupfball	5 x 10 Bälle
Block 2: Topspin auf Blockball	5 x 10 Bälle
Block 3: Topspin auf Topspin	5 x 10 Bälle
Block 4: Topspin auf Mix aus Block 1-3	5 x 10 Bälle
Block 5: Topspin auf Mix aus Block 1-3 mit Entscheidungsaufgaben	5 x 10 Bälle
Ende der Messaufnahmen	
<b>Nachbereitung</b>	
1. Speicherung der kinematischen Daten 2. Mikrofone werden von dem Probanden gelöst 3. Teil 2 des Fragebogens 4. Verabschiedung	

Abbildung 15: Versuchsablauf der Studie III

### 5.1.6 Datenanalyse

Als Auswertungsverfahren wird eine Varianzanalyse mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung inklusive einer Post-hoc-Analyse nach Scheffé verwendet (vgl. Bös et al., 2004). Das Maß für die Bestimmung der praktischen Bedeutsamkeit des experimentellen Effekts ist die Effektstärke, die nach der Konvention von Cohen gewählt wird. Hierbei beinhaltet eine hohe Effektstärke  $\eta^2 = .80$ , eine mittlere Effektstärke  $\eta^2 = .50$  und eine kleine Effektstärke  $\eta^2 = .20$ . Zur Überprüfung der Hypothesen wird die Irrtumswahrscheinlichkeit auf 5 % festgelegt (vgl. Bös et al., 2004).

Das *verbalisierbare Wissen* im Sinne von Regeln und Mechanismen zum Vorhand-Topspin wird nach der Lernphase mit Hilfe eines Fragebogens ermittelt. Die Antworten des Versuchsteilnehmers werden fünf Kategorien zugeordnet. Diese beziehen sich auf die Fuß-/Beinstellung, Körperstellung, Körpergewichtverlagerung, Armbewegung und Schlägerhaltung. Die Regeln und Mechanismen werden von zwei unabhängigen Experten ausgewertet. Um die Zuverlässigkeit der Experten zu überprüfen, wird die Inter-Rater-Reliabilität mittels der Anzahl der generierten Bewegungsregeln berechnet.

Zur Erfassung der *Trefferleistung* werden zwei quadratische, messelektronische Zielfelder eingesetzt (vgl. Poolton et al., 2006). Die Zielfelder werden mittels einer elektronischen Schaltung an ein Schnittsystem des Messsystems Zebris geschaltet. Dabei wird der beim Aufprall eines Tischtennisballes erzeugte Schallimpuls vom Sensor in einen Spannungsimpuls im mV-Bereich umgewandelt. Bei der Aufnahme der Bewegungsdaten werden mit Hilfe des Messsystems Zebris die digitalen Eingänge gespeichert. Beim Export der Datensätze in eine ASCII-Datei erscheinen die Eingänge in einer Extraspalte binär codiert. Neben den Treffern werden die Ballkontakte am Schläger und die Lichtschranke an der Ballmaschine aufgezeichnet. Somit kann parallel zu der Bewegungsaufnahme der Trefferzeitpunkt, sein Wert, der Schläger- und Lichtschrankenkontakt in einem Abstand von 20 ms festgehalten werden. Die Abbildung 16 und Tabelle 14 zeigen die Unterteilung der Zielfelder und die Kodierungen der digitalen Eingänge.

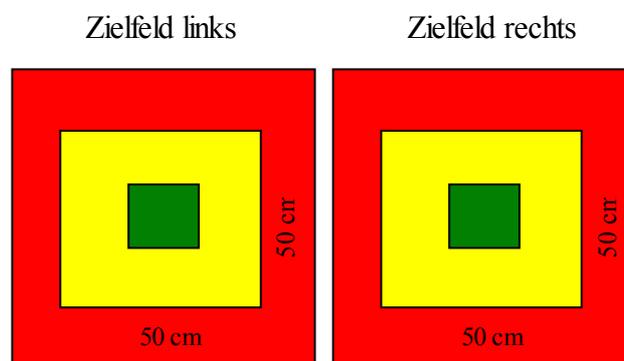


Abbildung 16: Unterteilung der Zielfelder

Tabelle 14: Kodierung der digitalen Eingänge

Zielfeld	Schalter	Wert
links innen	1	1
links Mitte	2	2
links außen	3	4
rechts innen	4	8
rechts Mitte	5	16
rechts außen	6	32
Schläger	7	64
Lichtschanke	8	128

Die Zielfelder sind in drei quadratische Zonen unterteilt. Dabei ergibt ein Ballkontakt auf der roten Zone einen Punkt, auf der gelben Zone zwei Punkte und auf der grünen Zone drei Punkte. Ausschließlich die Treffer, die auf ein elektronisches Zielfeld treffen, werden gewertet, automatisch im Computer aufgezeichnet und in Rohdaten ausgewertet. Die Trefferdaten werden zur Normierung z-transformiert. Treten Ausreißer oder Extremwerte auf, erfolgt eine Outlier-Reduktion über Windsoring. Dabei werden alle Werte über der zweifachen Standardabweichung für jede Versuchsperson durch die zweifache Standardabweichung ersetzt. Die Outlier-Reduktion traf in den Studien in weniger als 2 % der Fälle auf. Sie ergibt in den Ergebnissen keine signifikanten Veränderungen. Im Rahmen der Datenanalyse werden aufgrund dessen die Rohwerte verwendet.

Die *Schläger- und Armbewegung* wird mit Hilfe von drei Analyseverfahren dargestellt. Dabei wird erstens die Amplitude und Geschwindigkeit der Bewegung berechnet (Masters et al., in Druck), zweitens eine *Principle Component Analysis* (PCA; Berthouze & Lungarella, 2004; Daffertshofer, Lamoth, Meijer & Beek, 2004; Huys, Daffertshofer & Beek, 2004; Raab et al., 2005) und drittens eine Winkelanalyse durchgeführt. Diese Verfahren orientieren sich an bereits erfolgreich angewendeten Auswertungsprozeduren (Berthouze & Lungarella, 2004; Daffertshofer et al., 2004; Huys et al., 2004; Masters et al., in Druck; Raab et al., 2005).

### ***Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung***

Mit Hilfe der Lichtschranke an der Ballmaschine und eines Sensors am Schläger wird der Zeitpunkt wie auch die Raumkoordinaten der Vorwärtsbewegung aufgenommen. Dabei spiegelt die Lichtschranke den Anfang und der Schläger-Ball-Kontakt das Ende der Bewegung wider. Zu Beginn wird jeder Schlag pro Mikrofon auf der x-, y-, z-Ebene, pro Block und Versuchsperson errechnet. Dabei handelt es sich um maximal 480 Schläge und sechs Mikrofone. Die z-Richtung entspricht der Auf- und Abbewegung im Raum, die x-Achse spiegelt die Bewegung nach links und rechts wider und die y-Achse entsprechend der Bewegung nach vorn und hinten (vgl. Raab & Bert, 2001). Anschließend wird die

Amplitude und Geschwindigkeit berechnet (vgl. Masters et al., in Druck; Sorensen et al., 2001). Die Gruppenunterschiede innerhalb der Amplitude und Geschwindigkeit werden mit einer ANOVA berechnet. Abbildung 17 stellt die gemessene Vorwärtsbewegung exemplarisch dar (vgl. Sorensen et al., 2001).

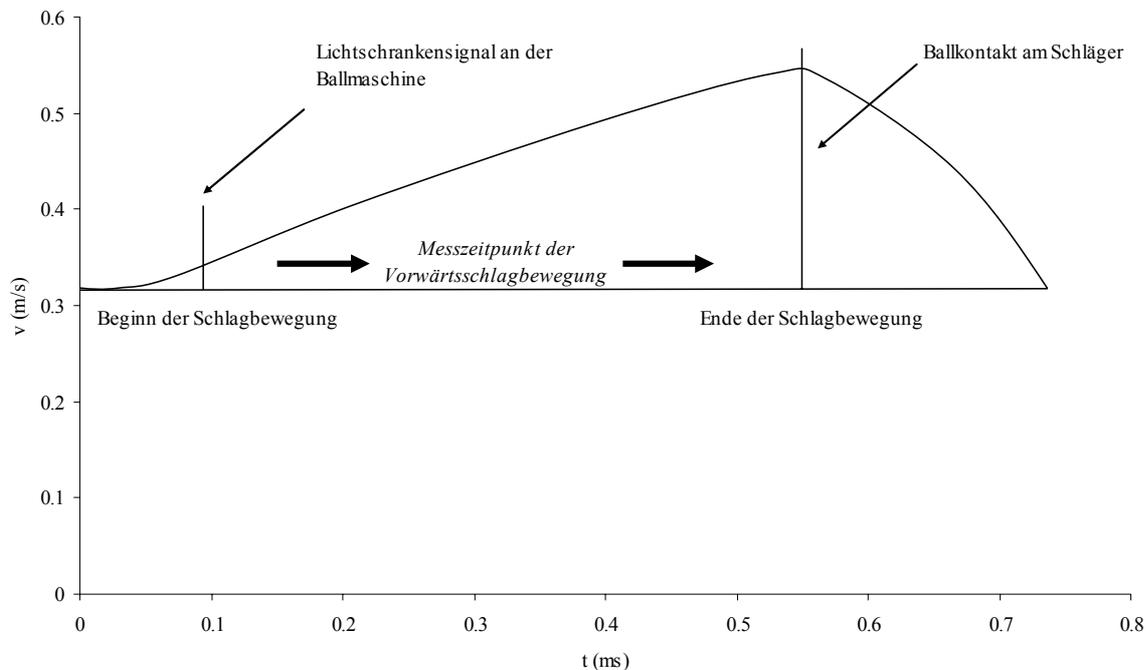


Abbildung 17: Exemplarische Darstellung der gemessenen Vorwärtsschlagbewegung in Studie I und II

Die Datenanalyse der Studie III unterscheidet sich im Messzeitpunkt der Bewegungsanalyse. In Studie I und II wird die Arm- und Schlägerbewegung mittels einer Lichtschranke an der Ballmaschine und eines Sensors am Schläger gemessen. In Studie III wird anstatt der Ballmaschine und Lichtschranke das Balleimertraining gewählt (vgl. Raab & Bert, 2001). Aufgrund dessen wird der Zeitpunkt wie auch die genaue Position der Ausholbewegung wie folgt festgehalten. Als Bewegungsbeginn wird der Umkehrpunkt beziehungsweise der niedrigste Punkt auf der y-Achse gewählt. Das Ende der Bewegung ist wie in Studie I und II der Messsensor am Schläger (vgl. Raab & Bert, 2001; siehe Abbildung 18).

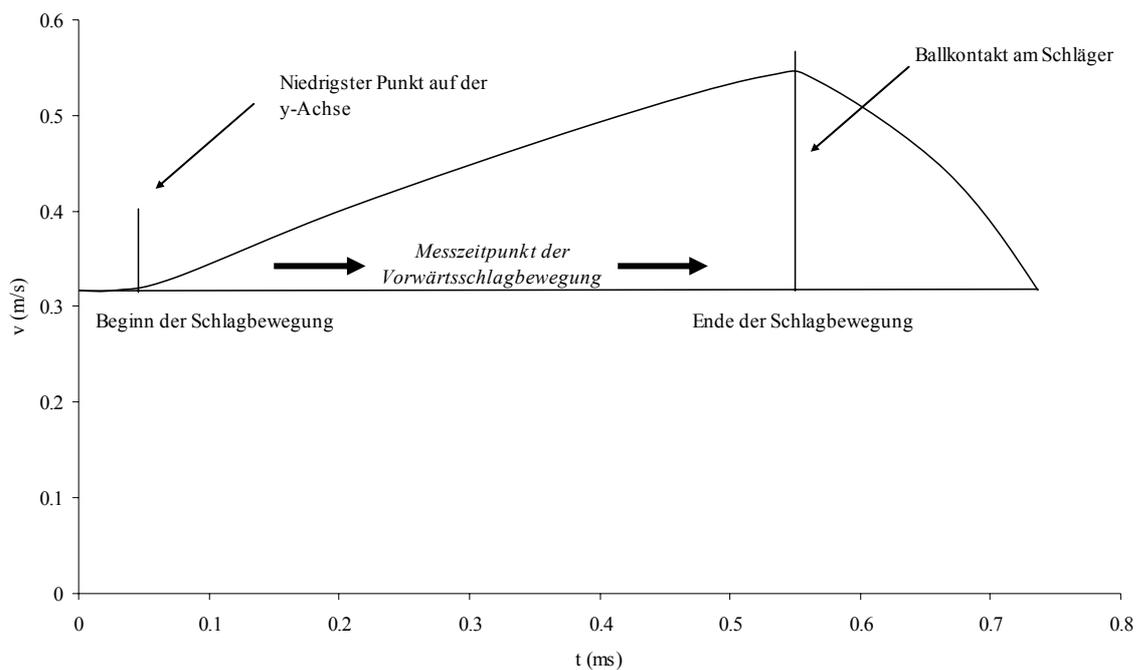


Abbildung 18: Exemplarische Darstellung der gemessenen Vorwärtsschlagbewegung in Studie III

### **Principal Component Analysis**

Der Abschnitt wird im Folgenden in drei Bereiche geteilt. Erstens wird das Grundprinzip der Principal Component Analysis erläutert, zweitens das prinzipielle Vorgehen beschrieben und drittens der konkrete Ablauf innerhalb dieser Untersuchung erklärt.

1. Die Principal Component Analysis (PCA) ist eine häufig genutzte Methode aus dem Bereich der Datenreduktion. Sie wird zur Reduzierung und Strukturierung von hochdimensionalen Datensätzen zu einzelnen Komponenten eingesetzt (Bös et al., 2004). Innerhalb der kinematischen Analyse können, neben der Datenreduktion, aussagekräftige Parameter zum Vergleich verschiedener Bewegungsmuster abgeleitet werden (Daffertshofer et al., 2004). Die PCA wurde in der hier angewandten Form bereits durchgeführt (vgl. Arnold, Raab & Tieleman, in Revision; Berthouze & Lungarella, 2004; Daffertshofer et al., 2004; Huys et al., 2004; Raab et al., 2005). Nachteile der PCA sind unter anderem die eingeschränkte Erfassung bei komplexen, nicht linearen Zusammenhängen und die nicht eindeutige Interpretation der Hauptkomponenten. Dies muss nach Daffertshofer et al. (2004) noch in weiteren Analysen geklärt werden.

2. Grundsätzlich werden reale Daten mit einem linearen Zusammenhang verwendet, wie die Vorwärtsbewegung des Arms beim Vorhand-Topspin (Abbildung 19, Bild 1). Ziel ist es, aus den Daten Komponenten zu gewinnen, die unabhängig voneinander sind. Dazu

wird zu Beginn eine orthogonale Regression durchgeführt, in der die Beziehung zwischen den Variablen festgestellt wird. Bildlich gesehen kommt es zu einer Rotation des Koordinatensystems. Die erste Achse wird so rotiert, dass sie maximale Varianz aufklärt (Abbildung 19, Bild 2). Die Fehlerquadrate werden dabei senkrecht zur neuen Achse minimalisiert (Abbildung 19, Bild 3). Diese orthogonale Regression wird bei der Suche nach einer zweiten Achse wiederholt. Dabei gilt als Voraussetzung, dass die Achsen senkrecht zueinander stehen müssen, da die Information unabhängig sein sollte (Abbildung 19, Bild 4). Die neuen Achsen (Abbildung 19, Bild 5) stellen die erste Hauptkomponente mit neuen Koordinaten dar (Abbildung 19, Bild 6). Bei der Suche nach neuen Hauptkomponenten nimmt der Informationsgehalt in der Regel rapide ab. Die Abbildung 19 verdeutlicht den eben beschriebenen Ablauf exemplarisch. Zur Darstellung des prinzipiellen Vorgehens wurden abstrakte Daten gewählt.

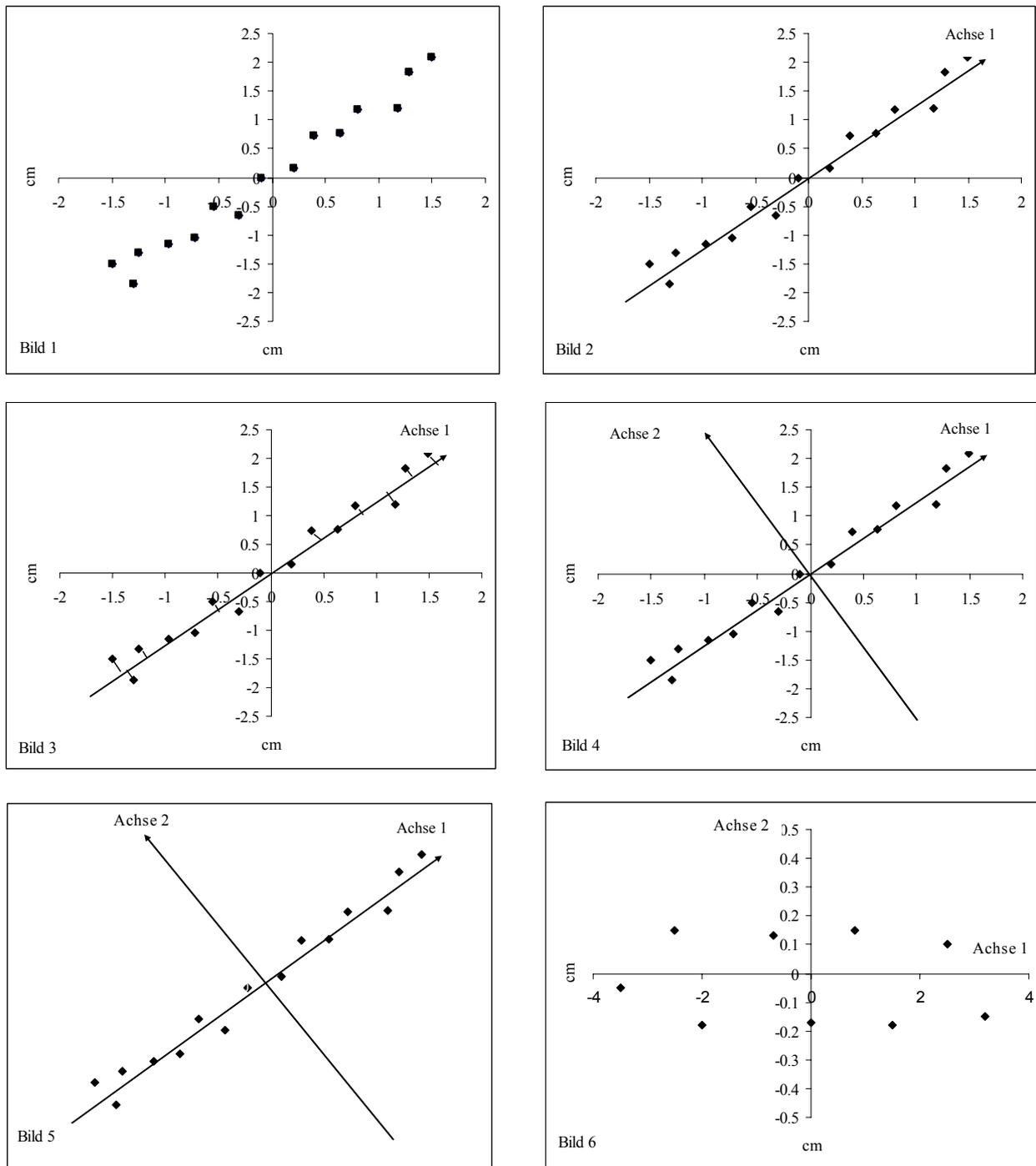


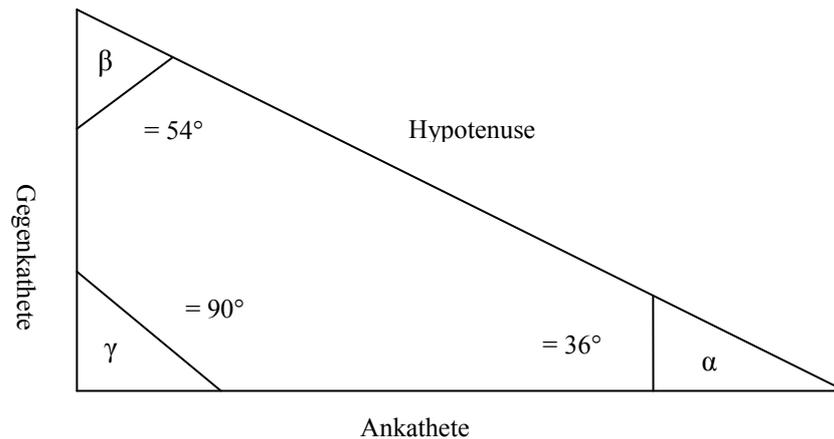
Abbildung 19: Exemplarisches Vorgehen der PCA

3. Innerhalb dieser Untersuchung wird die PCA mittels einer explorativen Hauptkomponentenanalyse durchgeführt (SPSS; vgl. Raab et al., 2005). Bei den Daten handelt es sich um die Bewegungspunkte der Mikrofone am Arm und Schläger. Zunächst

wird für jeden Schlag eine Hauptkomponentenanalyse berechnet. Die Komponenten beschreiben eine „Erklärte Varianz“, die darüber Auskunft gibt, zu wie viel Prozent die Bewegungspunkte miteinander korrelieren. Dabei werden ausschließlich Komponenten mit einem Eigenwert über eins in die weitere Analyse einbezogen (vgl. Huys et al., 2004). Anschließend werden die Bewegungspunkte der Komponenten festgehalten. Die Bewegungspunkte laden auf einer Komponente mit größer gleich .05 (vgl. Huys et al., 2004). Es ergibt sich eine reduzierte Anzahl von Komponenten, mit denen aussagekräftige Parameter abgeleitet werden können. Hierbei werden Bewegungszusammenhänge, wie beispielsweise die Bewegungspunkte die innerhalb einer Bewegung miteinander korrelieren, erklärt (Daffertshofer et al., 2004). Die Ergebnisdarstellung ergibt sich zum einen aus der Anzahl der Komponenten und zum anderen aus einer Korrelation mit der Amplitude und Geschwindigkeit (Daffertshofer et al., 2004). Die Aussagekraft der Anzahl der Komponenten einer Bewegung beschreibt die Qualität und Kontrolle der Bewegung. Bei einer hohen Geschwindigkeit sind beispielsweise mehr Komponenten zur Erklärung der Bewegung notwendig (Daffertshofer et al., 2004; Post et al., 2000). Die Bewegungsvariabilität der Armbewegung sollte somit von Beginn bis Ende der Bewegung gering sein. In diesem Zusammenhang wird von einem eingefrorenem Bewegungszustand gesprochen („freezing“; Vereijken, van Emmerik, Whiting & Newell, 1992). Die Bewegungsvariabilität ist in einem eingefrorenen Bewegungszustand gering und die Bewegung kontrollierter. Des Weiteren werden die Anzahl der Bewegungsmerkmale, beziehungsweise Mikrofone in einer Komponente berichtet. Dabei wird ausschließlich auf die Hauptkomponente eingegangen. Die Hauptkomponente ist die erste Komponente, die errechnet wird. Die erklärte Varianz und damit auch die Aussagekraft der zweiten Komponente nehmen überwiegend rapide ab.

### ***Winkelanalyse***

Innerhalb der Testung erhält die Analogiegruppe das Bild eines rechtwinkligen Dreiecks. Die Winkel des Dreiecks beinhalten die Größen: Winkel  $\alpha = 36^\circ$ ,  $\beta = 54^\circ$  und  $\gamma = 90^\circ$ . Die Versuchsteilnehmer der Analogiegruppe werden instruiert, den Schläger entlang der Hypotenuse zu führen. Per Definition beschreibt die Hypotenuse die längste Gerade und befindet sich gegenüber dem rechten Winkel. Die Ankathete und Gegenkathete schließen den rechten Winkel ein. Diese Winkel dienen als Referenzwert innerhalb dieser Analyse (siehe Abbildung 20).



*Abbildung 20: Rechtwinkliges Dreieck*

In der Analyse wird der minimale und maximale Punkt der Schlagbewegung berechnet und mit einer Geraden verbunden. Diese Gerade bildet die Hypotenuse ab. Die Gegen- und Ankathete bilden den rechten Winkel  $\gamma$ . Der minimale und maximale Wert spiegelt auf der y- Achse die Vor- und Rückbewegung und auf der z-Achse die Auf- und Abbewegung wider (siehe Abbildung 21).

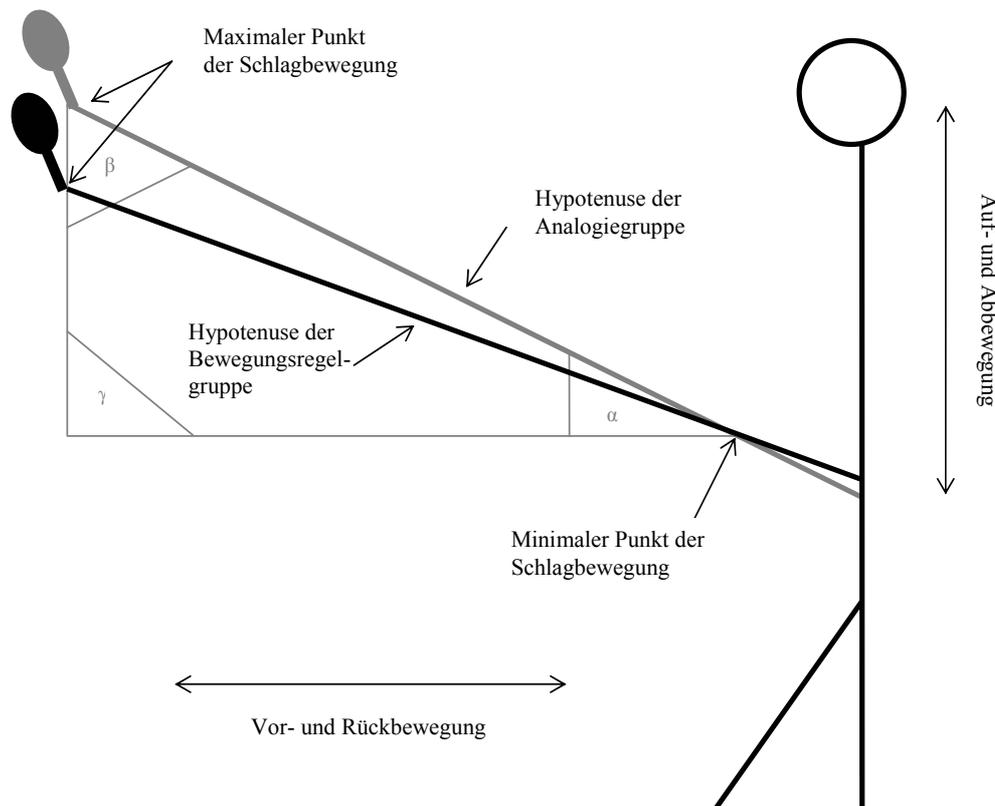


Abbildung 21: Erwartete Bewegungsänderung dargestellt am rechtwinkligen Dreieck

Wenn die Bewegung, wie angenommen, weiter nach oben geführt werden soll, muss sich der Winkel  $\alpha$  zwischen der Hypotenuse und Ankathete vergrößern. Die Gruppenunterschiede werden mit einem  $t$ -Test untersucht (Bös et al., 2004), in dem der minimale und maximale Wert der Gruppen verglichen wird. Des Weiteren werden die Winkel mit den Referenzwerten des Bildes verglichen und analysiert. Für die Bewegungsanalysen werden 20 Versuchspersonen (zehn Versuchspersonen pro Instruktionsgruppe) in Studie I und II verwendet.

In Studie III wird die Schlägerbewegung einer Versuchsperson zusätzlich an einer Einzelfallanalyse demonstriert. Die exemplarische Einzelfallanalyse hat das Ziel, die zentralen Bewegungsmerkmale eines Leistungsspielers zu untersuchen (vgl. Raab & Bert, 2001). Dabei gilt es, die Bewegungsmerkmale der drei unterschiedlichen Analogien „Diskus“, „Soldat“ und „Streicheln“ im Posttest zu vergleichen. Die Versuchsperson 3a der Analogiegruppe wird für die Analyse gewählt (vpn3a). Das Kriterium liegt ausschließlich in der Gruppenzugehörigkeit. Die Einzelfallanalyse wird in reduzierter Form ebenfalls für alle anderen Spieler durchgeführt. Allerdings werden sie hier nur durch die graphische Darstellung der Winkelanalyse beigelegt.

### **5.1.7 Voruntersuchungen**

Im Folgenden werden drei Voruntersuchungen dargestellt. Sie untersuchen instrumentelle (A) wie auch inhaltliche Umsetzungen zu Analogien (B) und Bewegungsregeln (C). Dabei kontrolliert Pilotstudie A den experimentellen Aufbau, die Messgenauigkeit und Versuchsdurchführung. Pilotstudie B besteht aus zwei Teilen. Erstens wird die Art, Häufigkeit und Nützlichkeit bereits verwendeter Analogien bei nationalen Leistungstrainern erfragt. Zweitens wird die Effektivität der drei relevantesten Analogien gemessen. Pilotstudie C überprüft die vom DTTB (2001) benutzten Instruktionsanweisungen für das Erlernen des Vorhand-Topspins.

---

### **5.1.7.1 Instrumentelle Pilotstudie**

#### *Pilotstudie A*

Die instrumentelle Pilotstudie dient der Optimierung von Apparaturen und Materialien. Die Optimierung bezieht sich auf die Erstellung der Fragebögen, die Einstellung der Codierungen und Apparaturen, die Erstellung eines Anleitungsskriptes für den Versuchsablauf, die Anlegung eines Aufbauskiptes der Apparaturen, die Überprüfung der Messgenauigkeit der Bewegungsaufnehmer sowie der Trefferfelder und das Erstellen verschiedener Makros für die Vereinfachung der Datenauswertung.

Pilotstudie I beinhaltet ein 2 x 7 Design mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung. Es werden 20 Versuchspersonen ( $M = 24$ ,  $SD = 2.83$ ) in eine Analogie- und Bewegungsregelgruppe geteilt. Anschließend wird die Lernleistung in einer Lernphase mit sechs mal 50 Bällen und einem Retentionstest mit 40 Bällen untersucht.

Nach Durchführung der Pilotstudie A konnte der Versuchsaufbau und -ablauf optimiert werden. Der endgültige Aufbauplan ist der Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15: Aufbauplan der Apparaturen

<b>Apparaturen Aufbau</b>	
Tischtennisplatte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elektronische Zielfelder mittig beziehungsweise rechts/links</li> <li>2. Netz mittig</li> <li>3. Abstand zu der Fensterraumwand: 158 cm , 235 cm, 98 cm, 143 cm</li> </ol>
Messsystem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 60° Neigung</li> <li>2. 92.2 cm Mittelstangenlänge</li> <li>3. Abstand zu der Fensterraumwand: Fuß I: 67 cm; Fuß II: 33 cm; Fuß III: 11 cm; Fuß IV: 46 cm</li> </ol>
Messpunkte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. M1 – Tischtennistisch hinten/mittig</li> <li>2. M2 – Tischtennisschläger hinten links</li> <li>3. M3 – Tischtennisschläger hinten oben</li> <li>4. M4 – Tischtennisschläger hinten rechts</li> <li>5. M5 – Handwurzelknochen außen</li> <li>6. M6 – Ellenbogen</li> <li>7. M7 – Schulterknochen</li> </ol>
Ballmaschine	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rechte Schussseite</li> <li>2. Platzierung zu den Raumwänden: 79 cm, 171 cm, 127 cm</li> <li>3. Lichtschranke an der rechten Schussseite der Ballmaschine befestigt</li> </ol>
Bälle	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 230 weiße Bälle</li> <li>2. 230 orangefarbene Bälle</li> <li>3. Drei violette und drei grüne Bälle</li> </ol>
Sonstiges	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fünf Eimer zum Sammeln der Bälle</li> <li>2. Eine Eierpappe zum Sortieren der Bälle</li> <li>3. Ein Standardschläger</li> </ol>

### 5.1.7.2 Inhaltliche Voruntersuchungen

Die inhaltlichen Voruntersuchungen unterteilen sich in Pilotstudie B und C.

#### *Pilotstudie B: Analogien*

Das Ziel dieser Untersuchung ist die Überprüfung der inhaltlichen Relevanz von Analogien anhand des Vorhand-Topspins im Tischtennis. Es werden Analogien von Nationaltrainern inhaltlich beurteilt und anschließend in einer Effektivitätsstudie überprüft.

Pilotstudie B beinhaltet zwei Untersuchungsmethoden: Als Erstes wird in einem Fragebogen die Häufigkeit und Nützlichkeit verwendeter Analogien zum Vorhand-Topspin im Tischtennis bei elf nationalen Leistungstrainern ermittelt ( $M = 32.3$ ,  $SD = 8.84$ ). Zweitens wird in einem  $3 \times 7$  Design mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung die Effektivität von drei Analogien ermittelt. 30 Versuchsteilnehmer ( $M = 24.7$ ,  $SD = 2.07$ ) werden in eine Pezziball-, Kapitäns- oder Hypotenusegruppe geteilt. Ihre Trefferleistung wird in einer Lernphase mit sechs mal 50 Bällen und einem Retentionstest mit 40 Bällen überprüft.

Die Durchführung der Pilotstudie verdeutlicht folgende Ergebnisse. In der Fragebogenstudie wird die Pezziball-Analogie neben vier weiteren Analogien von 76 % der Trainer als die Beste beurteilt. Auf die Frage, welche Analogie - neben den bereits genannten - von Ihnen verwendet wird, nennen die Trainer mit sechs von elf Nennungen die Kapitäns-Analogie. In der Effektivitätsstudie werden drei Analogien zum Vorhand-Topspin untersucht. Bei den auserwählten Analogien handelte es sich um folgende:

- Pezziball-Analogie: Versuche so zu schlagen, als ob du einen Pezziball streicheln würdest (positiv bestätigte Analogie des Fragebogens).
- Kapitäns-Analogie: Versuche so zu schlagen, als ob du vor einem General salutierst (mehrmals neu vorgeschlagene Analogie innerhalb des Fragebogens).
- Hypotenuse-Analogie: Versuche so zu schlagen, als ob du den Schläger über die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks ziehst (beschriebene und überprüfte Analogie von Liao & Masters, 2001).

Beim Vergleich der Analogien zeigt eine ANOVA einen signifikanten Lern- ( $F(2, 27) = 70.74$ ;  $p < .05$ ), jedoch keinen Gruppeneffekt ( $F(2, 27) = 1.23$ ;  $p > .05$ ). Die Pezziball- und Hypotenuse-Analogie zeigen deskriptiv die besten Trefferleistungen (Pezziball:  $M = 21.1$ ,  $SD = 7.1$ ; Hypotenuse:  $M = 21.0$ ,  $SD = 5.3$ ; Kapitän:  $M = 16.3$ ,  $SD = 3.3$ ). Im Retentionstest bricht die Leistung deskriptiv ein, jedoch ohne signifikanten Gruppenunterschied ( $F(2, 27) = .27$ ;  $p > .05$ ).

Die analysierten Analogien führen zu einem Lernerfolg und werden in den Hauptstudien für den Vergleich instruierter Bewegungsregeln versus Analogien bei Anfängern und Experten verwendet.

*Pilotstudie C: Bewegungsregeln*

Das Ziel der Pilotstudie C ist, die Effektivität von unterschiedlich instruierten Bewegungsregeln zu prüfen. Die Zusammenstellung der Bewegungsregeln basiert auf dem Lehrplan des Vorhandschlages Topspin im Tischtennis. Es bestehen diverse Regeln für Körperhaltung, Fußstellung, Armposition und Schlägerbewegung (DTTB, 2001b).

Pilotstudie C beinhaltet ein 2 x 7 Design mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung. Die Studie überprüft die Effektivität der Bewegungsregeln für die Anwendung des Vorhand-Topspins. Es werden 24 Versuchsteilnehmer ( $M = 24.6$ ,  $SD = 1.58$ ) in zwei Bewegungsregelgruppen geteilt. Die Trefferleistung wird in einer Lernphase mit sechs mal 50 Bällen und einem Retentionstest mit 40 Bällen untersucht. Bei den Bewegungsregeln handelt es sich um folgende:

## Gruppe 1:

Wenn ich den Vorhand-Topspin schlagen will, muss ich

- die Füße schräg zur Grundlinie stellen,
- das rechte Bein zurücknehmen,
- den Schlagansatz deutlich neben dem Körper in Hüfthöhe beginnen,
- den Schläger durch eine stützende Drehbewegung des Rumpfes von hinten nach vorn-oben führen und
- den Ball nicht „voll“ treffen, sondern streifen (vgl. DTTB, 2001b).

## Gruppe 2:

Wenn ich den Vorhand-Topspin schlagen will, muss ich

- die Füße mehr als schulterbreit auseinandernehmen, wobei der linke Fuß näher am Tisch steht,
- das Körpergewicht beim Schlagen vom hinteren auf das vordere Bein verschieben,
- den Schläger von hinten nach vorne ziehen,
- den Ellenbogen hinter und unter dem Schläger halten und
- die Ellenbogenbewegung für den Spin nutzen.

Die Ergebnisse verdeutlichen einen signifikanten Lern- ( $F(1, 22) = 19.29$ ;  $p < .01$ ), jedoch keinen Gruppeneffekt ( $F(1, 22) = .04$ ;  $p > .05$ ). Die Bewegungsregelgruppe I zeigt deskriptiv die besten Trefferleistungen (Bewegungsregelgruppe I:  $M = 12$ ,  $SD = 5$ ; Bewegungsregelgruppe II:  $M = 10$ ,  $SD = 5$ ). Im Retentionstest bricht die Leistung deskriptiv ein ( $F(1, 22) = 4.64$ ;  $p < .05$ ), jedoch ohne signifikante Gruppenunterschiede ( $F(1, 22) = .12$ ;  $p > .05$ ).

---

Die analysierten Bewegungsregeln führen zu einem Lernerfolg. Die Bewegungsregeln des DTTB (2001b) werden in den Hauptstudien für den Vergleich instruierter Bewegungsregeln versus Analogien bei Anfängern und Experten verwendet.

## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Verbalisierbares Wissen

#### *Hypothese 1*

In allen drei Studien wird in *Hypothese 1* angenommen, dass eine Bewegungsregelgruppe signifikant mehr Wissen zur Bewegungssteuerung verbalisieren kann als eine Analogiegruppe. Liao und Masters (2001) verdeutlichen in ihrer Untersuchung dazu, dass eine Analogiegruppe charakteristische Merkmale des impliziten Lernens aufweist, indem sie signifikant weniger Regeln und Mechanismen verbalisieren kann als eine Bewegungsregelgruppe.

#### *Studie I*

Eine ANOVA zeigt einen signifikanten Gruppenunterschied ( $F(2, 53) = 6.14; p < .05$ ), womit die *Hypothese 1* bestätigt werden kann. Die Bewegungsregelgruppe kann im Durchschnitt mehr Regeln wiedergeben als die Analogie- und Kontrollgruppe (Bewegungsregelgruppe:  $M = 4, SD = 1.2$ ; Analogiegruppe:  $M = 2.6, SD = 1.5$ ; Kontrollgruppe:  $M = 3.2, SD = 1.2$ ). Die Analogie- und Kontrollgruppe unterscheiden sich nicht signifikant in der Anzahl der genannten Regeln ( $p > .05$ ). Zur Veranschaulichung dient die Abbildung 22 mit den Mittelwerten und Standardfehlern der generierten Regeln. Die Inter-Rater-Reliabilität der Experten liegt bei  $r = .94; p < .05$ .

Innerhalb der Fragebogenerhebung werden weitere Aspekte, wie beispielsweise das Tischtennis-Theoriewissen, überprüft. Die Ergebnisse zeigen keine Wissensunterschiede zwischen den Gruppen ( $t[53] = 3.25; p > .05$ ). Ebenso gibt es keine signifikanten Gruppenunterschiede innerhalb der Motivation ( $t[53] = .25; p > .05$ ) und des Verständnisses der Instruktionen ( $t[53] = 1.23; p > .05$ ). Die Instruktionen werden von 70 % aller Versuchsteilnehmer als sehr gut verwendbar bewertet. Dabei handelt es sich um 75 % der Analogie- und 65 % Regelgruppe.

---

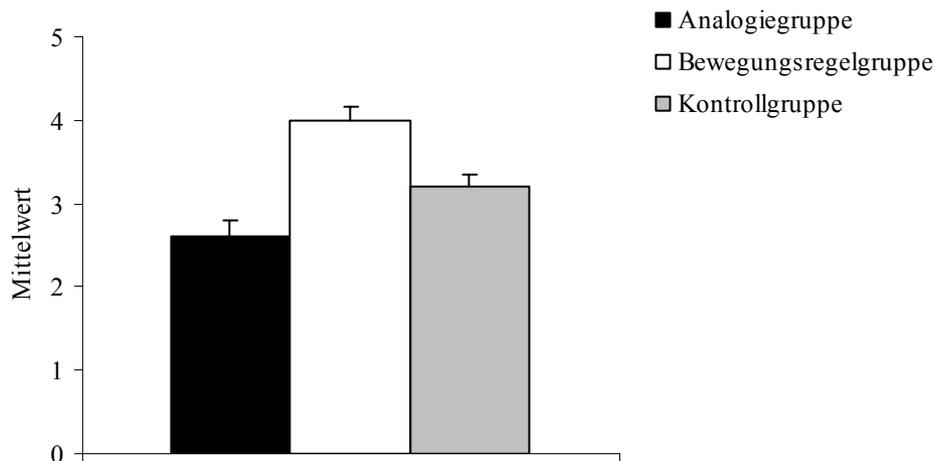


Abbildung 22: Verbalisierbares Wissen der Studie I (Mittelwert und Standardfehler)

### Studie II

Eine ANOVA zeigt einen signifikanten Gruppenunterschied ( $F(2, 57) = 34.5; p < .05$ ). Die Bewegungsregelgruppe ( $M = 5.7, SD = 1.5$ ) kann im Mittel mehr Regeln und Mechanismen wiedergeben als die Analogie- ( $M = 2.5, SD = 1.0$ ) und Kontrollgruppe ( $M = 3.5, SD = 1.2$ ; siehe Abbildung 23). Die *Hypothese 1* kann bestätigt werden. Die Inter-Rater-Reliabilität zur Überprüfung der Zuverlässigkeit der Experten befindet sich bei  $r = .91; p < .05$ .

In den weiteren Analysen der Fragebogenerhebung ergeben sich keine Unterschiede in den Tischtennis-Vorerfahrungen, weshalb ein einseitiger Wissensvorteil auszuschließen ist ( $t[57] = -.48; p > .05$ ). Ebenso gibt es keine signifikanten Gruppenunterschiede bei der Motivation ( $t[57] = -.29; p > .05$ ) und dem Instruktionsverständnis ( $t[57] = 1.16; p > .05$ ). Die Instruktionen werden durchschnittlich von 85 % der Versuchsteilnehmer als sehr gut verwendbar bewertet (90 % der Analogie- und 80 % der Bewegungsregelgruppe).

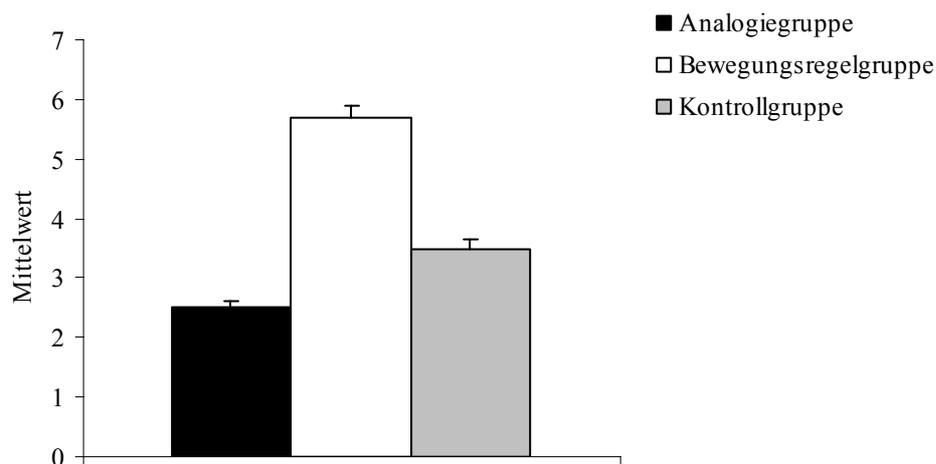


Abbildung 23: Verbalisierbares Wissen der Studie II (Mittelwert und Standardfehler)

### Studie III

Eine ANOVA mit dem Faktor Gruppe zeigt, dass sich die Gruppen im Prätest nicht signifikant unterscheiden ( $F(1, 13) = 0.01; p > .05$ ). Dies steht im Gegensatz zum Post- ( $F(1, 13) = 12.35; p < .05$ ) und Retentionstest ( $F(1, 13) = 5.30; p < .05$ ), in denen die Bewegungsregelgruppe signifikant mehr Regeln verbalisieren kann (vgl. Abbildung 24). Die *Hypothese 1* wird ebenso im Leistungssport bestätigt. Die Inter-Rater-Reliabilität der Experten liegt im Prätest bei  $r = .94; p < .01$ , im Posttest bei  $r = .96; p < .01$  und im Retentionstest bei  $r = .78; p < .05$ .

In der Fragebogenanalyse werden zusätzlich die Motivation und das Verständnis der Instruktionen überprüft. Die Ergebnisse zeigen keine signifikanten Gruppenunterschiede bezüglich der Motivation ( $t[13] = -1.03; p > .05$ ). Die Instruktionen haben die Versuchsteilnehmer nicht überfordert ( $t[13] = -1.27; p > .05$ ).

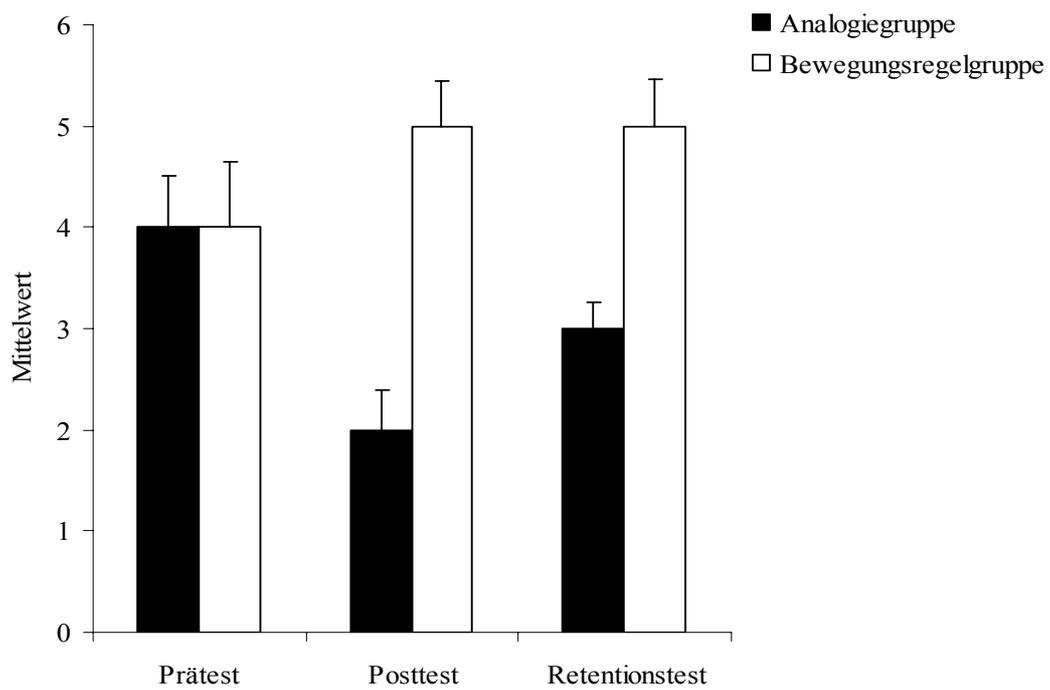


Abbildung 24: Verbalisierbares Wissen der Studie III (Mittelwert und Standardfehler)

## 5.2.2 Trefferleistung

### *Hypothese 2a*

In *Hypothese 2a* wird postuliert, dass in *Studie I* innerhalb der Lernphase keine signifikanten Unterschiede bei der Analogie- und Bewegungsregelgruppe in der Trefferleistung erwartet werden (Poolton et al., 2006). Als Grenze für die Annahme der Nullhypothese gilt eine Test-Power über .80 bei einem Alpha von .25.

### *Studie I*

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung zeigt in der Lernphase einen signifikanten Blockunterschied ( $F(2, 53) = 128.76; p < .05; \eta^2 = .75$ ) wie auch Gruppeneffekt ( $F(2, 53) = 9.35; p < .05; \eta^2 = .28$ ). Die Gruppen unterscheiden sich zu Beginn nicht ( $F(2, 53) = 2.47; p < .05$ ). Eine Post-hoc-Analyse (Scheffé) zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen der Analogie- und Bewegungsregelgruppe ( $p > .05$ ), sondern ausschließlich zur Kontrollgruppe ( $p < .05$ ). *Hypothese 2a* kann bestätigt werden. Eine Poweranalyse zeigt zudem eine Testpower von .845, bei Alpha .25 und  $n = 46$ . Abbildung 25 stellt die relative Trefferanzahl der Gruppen über die Blöcke dar.

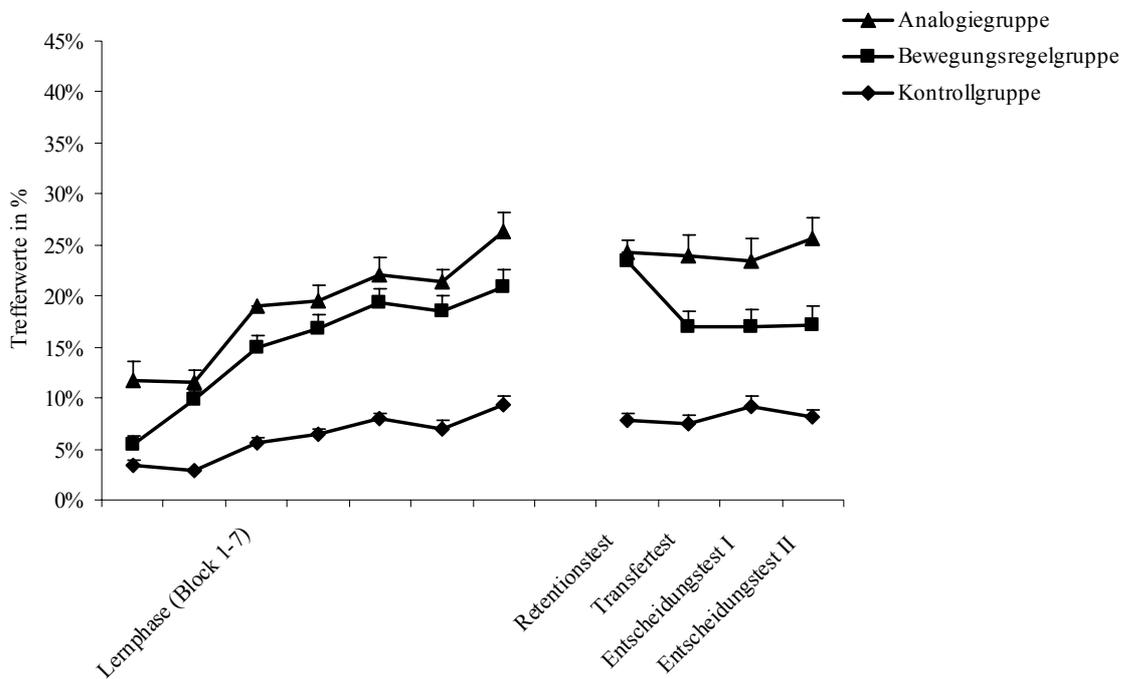


Abbildung 25: Trefferanzahl in der Lern- und Testphase der Studie I (Mittelwert und Standardfehler in %)

## Hypothese 2b

*Hypothese 2b* erwartet in der Studie II, dass bei der Verbindung von Technik- und Taktikentscheidungstraining die Analogiegruppe eine bessere Trefferleistung als die Bewegungsregelgruppe zeigt. Diese Hypothese wurde bislang nicht untersucht. Sie stützt sich auf die Annahmen von Poolton et al. (2006), die von einem Leistungseinbruch bei zusätzlichen Entscheidungsaufgaben in einer Bewegungsregelgruppe ausgehen.

### Studie II

Die Ergebnisse der ANOVA mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung bestätigen *Hypothese 2b*. Die Analyse ergibt in der Lernphase einen signifikanten Block- ( $F(2, 57) = 291.62; p < .05; \eta^2 = .84$ ) und Gruppeneffekt ( $F(2, 57) = 12.96; p < .05; \eta^2 = .30$ ) wie auch eine signifikante Interaktion ( $F(2, 57) = 10.11; p < .05; \eta^2 = .26$ ). Die Gruppen unterscheiden sich zu Beginn nicht ( $F(2, 57) = 2.63; p > .05$ ). Die Analogiegruppe ( $M = 48.3, SD = 6.6$ ) trifft im Mittel besser als die Bewegungsregel- ( $M = 30.7, SD = 5.1$ ) und Kontrollgruppe ( $M = 27.7, SD = 6.4$ ). Eine Post-hoc-Analyse (Scheffé) zeigt ab dem vierten Block einen signifikanten Unterschied ( $p < .05$ ; vgl. Abbildung 26).

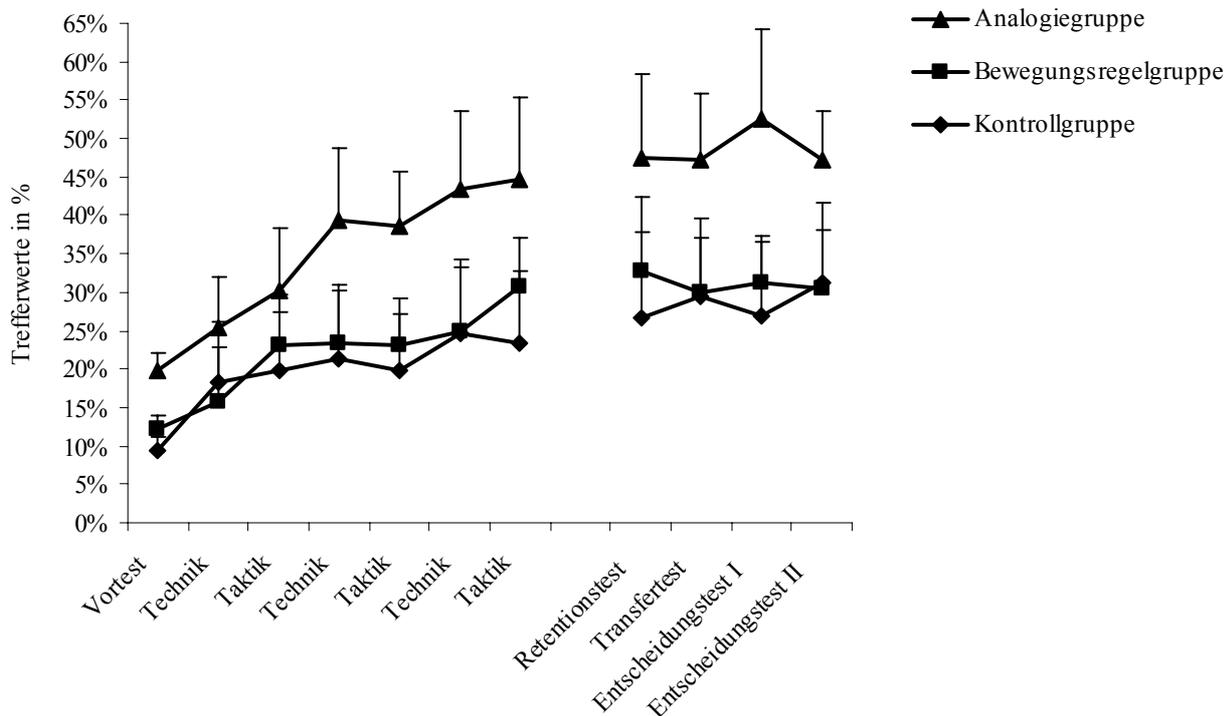


Abbildung 26: Trefferanzahl in der Lern- und Testphase der Studie II (Mittelwert und Standardfehler in %)

### ***Hypothese 2c***

*Hypothese 2c* bezieht sich auf den Posttest in Studie III. Es wird angenommen, dass die Bewegungsregelgruppe nach der Lernphase eine bessere Trefferleistung als die Analogiegruppe zeigt. Diese Hypothese ist neu und wurde bislang im Tischtennisleistungssport nicht überprüft. In diesem Zusammenhang zeigen jedoch Beilock und Carr (2001) in einer Untersuchung zum Golf folgende Ergebnisse. Eine Expertengruppe präsentiert bessere Leistungen, wenn sie auf die Bewegung bezogene explizite Instruktionen erhält (internale Aufmerksamkeitsfokussierung), im Gegensatz zu Instruktionen, die die Aufmerksamkeit von der Bewegung weg lenken (externale Aufmerksamkeitsfokussierung). Eine Untersuchung von Wulf (2007) zeigt dem Gegenüber eine bessere Leistung von Experten, wenn sie Instruktionen mit einer externen Aufmerksamkeitsfokussierung erhalten. Die *Hypothese 2c* stützt sich auf die Untersuchung von Beilock und Carr (2001), da die Ergebnisse mit den Annahmen der Bundestrainer des DTTB übereinstimmen (15.11.2006, Düsseldorf).

### ***Studie III***

Vom Prä- zum Posttest zeigt eine ANOVA mit dem Faktor Gruppe einen signifikanten Gruppeneffekt, der auch durch die Kovariante „Prätest“ signifikant bleibt (siehe Abbildung 27 und Tabelle 16). Die Bewegungsregelgruppe trifft signifikant besser als die Analogiegruppe. Die *Hypothese 2c* wird bestätigt. Der Faktor Messwiederholung zeigt zudem keinen signifikanten Lerneffekt. Eine Begründung für den ausbleibenden Lerneffekt kann zum einen ein Deckeneffekt sein. Bei einem hohen Leistungsniveau ist eine Leistungsverbesserung nicht zwangsläufig zu erreichen. Dazu kann ein gezielter Trainingszeitraum von vier Wochen zu kurz sein. Zum anderen setzten die Versuchsteilnehmer während der Untersuchungsphase ihr Individualtraining fort.

Weitere Analysen zeigen, dass die Leistung im Retentionstest deskriptiv einbricht, wobei sich die Gruppen nicht unterscheiden. Die Bewegungsregelgruppe erreicht hierbei durchschnittlich eine höhere Trefferzahl, bricht jedoch deskriptiv im Retentionstest stärker ein (siehe Tabelle 16 und Abbildung 27).

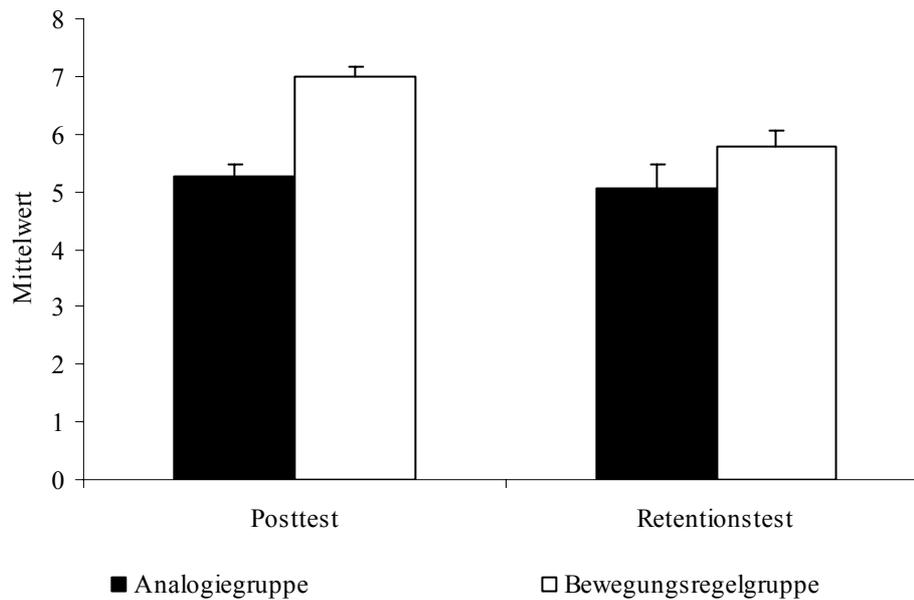


Abbildung 27: Trefferanzahl des Post- und Retentionstests der Studie III (Mittelwert und Standardfehler)

Tabelle 16: Trefferleistung der Studie III ( $F$ -,  $p$ - und  $n^2$ -Wert)

Prä- zum Posttest				Post- zum Retentionstest			
Effekt	$F$	$p$	$n^2$	Effekt	$F$	$p$	$n^2$
Blockeffekt	0.67	> .05	.05	Blockeffekt	2.86	> .05	.24
Gruppeneffekt	27.32	< .01	.70	Gruppeneffekt	4.00	> .05	.31

### **Hypothese 3**

In *Hypothese 3* wird in allen Studien erwartet, dass bei zusätzlichen Entscheidungsaufgaben die Trefferleistung in der Analogiegruppe stabil bleibt. Die Leistung der Bewegungsregelgruppe bricht demgegenüber ein (Poolton et al., 2006).

#### *Studie I*

Eine ANOVA mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung zeigt vom letzten Block der Lernphase bis zu den jeweiligen Entscheidungsblöcken einen signifikanten Block- und Gruppeneffekt. Die Trefferleistung sinkt in den Entscheidungstests, wobei die Leistung der Bewegungsregelgruppe signifikant stärker einbricht (vgl. Abbildung 25 und Tabelle 17). Die *Hypothese 3* kann bestätigt werden. Zudem sind im Transfertest die Block- und Gruppenunterschiede nicht signifikant, wobei eine Tendenz sichtbar ist. Die Kontrollgruppe bleibt während der Lern- und Testphase auf einem niedrigen Lernniveau und stagniert in der Testphase (Block 3:  $M = 8.3$ ,  $SD = 6.2$ ; Block 7:  $M = 13.9$ ,  $SD = 10.5$ ; Block 9:  $M = 11.2$ ,  $SD = 9.2$ ). Eine Post-hoc-Analyse (Scheffé) zeigt zudem, dass sich die Trefferleistungen der Bewegungsregel- und Kontrollgruppe in der Testphase nicht signifikant unterscheiden ( $p > .05$ ). Anders verhalten sich die Trefferleistungen der Analogiegruppe, die signifikant besser trifft als die Kontrollgruppe ( $p < .05$ ).

*Tabelle 17: Trefferleistung der Studie I (F-, p- und n<sup>2</sup>-Wert)*

Block	Blockeffekt			Gruppeneffekt			Interaktion		
	F	p	n <sup>2</sup>	F	p	n <sup>2</sup>	F	p	n <sup>2</sup>
Block 2 - 7 (Lernphase)	50.53	< .05	.49	9.58	< .05	.27	2.78	> .05	.10
Block 7 - Transfer	3.38	= .07	.07	2.89	= .09	.06	1.90	> .05	.04
Block 7 - Entscheidung I	26.44	< .05	.38	4.11	< .05	.09	1.41	> .05	.04
Block 7 - Entscheidung II	17.96	< .05	.29	4.23	< .05	.09	1.60	> .05	.04

#### *Studie II*

Eine ANOVA mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung zeigt vom letzten Block der Lernphase bis zum Transfertest einen signifikanten Block- und Gruppeneffekt. Vom Ende der Lernphase bis zum Entscheidungstest I wird kein Blockeffekt, jedoch ein Gruppeneffekt deutlich. Beim zweiten und komplexeren Entscheidungstest zeigt eine ANOVA einen signifikanten Block- und Gruppeneffekt. Eine Post-hoc-Analyse (Scheffé) zeigt, dass die Analogiegruppe in den Transfer- ( $p < .05$ ) und Entscheidungsblöcken ( $p < .05$ ) signifikant besser trifft als die Bewegungsregel- und Kontrollgruppe, wobei sich diese nicht unterscheiden ( $p > .05$ ; vgl. Abbildung 26 und Tabelle 18). Die *Hypothese 3* wird bestätigt.

Tabelle 18: Trefferleistung der Studie II (F-, p- und n<sup>2</sup>-Wert)

Block	Blockeffekt			Gruppeneffekt			Interaktion		
	F	p	n <sup>2</sup>	F	p	n <sup>2</sup>	F	p	n <sup>2</sup>
							10.1		
Block 2 – 7 (Lernphase)	291.62	< .05	.84	12.96	< .05	.31	0	< .05	.30
Block 7 - Transfer	8.78	< .05	.13	11.51	< .05	.30	2.26	> .05	.07
Block 7 - Entscheidung I	3.79	> .05	.06	14.59	< .05	.34	0.45	> .05	.02
Block 7 - Entscheidung II	5.59	< .05	.10	11.77	< .05	.30	2.65	> .05	.10

### Studie III

Eine ANOVA mit den Faktoren Gruppe und Messwiederholung zeigt in der Trefferleistung bei zusätzlichen Entscheidungsaufgaben über die Testzeitpunkte einen signifikanten Effekt (vgl. Tabelle 19). Die Bewegungsregelgruppe zeigt in beiden Blöcken bei unterschiedlicher Komplexität der Entscheidungsaufgabe eine durchgehend bessere Trefferleistung. Im Retentionstest verdeutlichen die Ergebnisse, dass die Leistung der Analogiegruppe trotz eines Gruppeneffektes deskriptiv stabil bleibt, wobei die Leistung der Bewegungsregelgruppe deskriptiv einbricht. *Hypothese 3* kann im Leistungssport nicht aufrechterhalten werden.

Tabelle 19: Trefferleistung innerhalb der Entscheidungsblöcke 4 und 5 der Studie III (F-, p- und n<sup>2</sup>-Wert)

Testzeitpunkt	Effekt	F	p	n <sup>2</sup>
Block 4 alle Messzeitpunkte	Blockeffekt	5.53	< .05	.38
	Gruppeneffekt	14.36	< .05	.62
Block 5 alle Messzeitpunkte	Blockeffekt	1.24	> .05	.12
	Gruppeneffekt	8.83	< .05	.50
Block 4 Prä- zum Posttest	Blockeffekt	4.60	< .05	.23
	Gruppeneffekt	62.80	< .01	.84
Block 5 Prä- zum Posttest	Blockeffekt	0.57	> .05	.05
	Gruppeneffekt	14.37	< .01	.55
Block 4 Post- zum Retentionstest	Blockeffekt	2.75	> .05	.23
	Gruppeneffekt	3.70	> .05	.29
Block 5 Post- zum Retentionstest	Blockeffekt	1.40	> .05	.14
	Gruppeneffekt	4.00	> .05	.31

### 5.2.3 Bewegungsmerkmale

#### *Hypothese 4*

Innerhalb der *Hypothese 4* wird in allen Studien angenommen, dass die Bewegungsamplitude und -geschwindigkeit über den Lernverlauf in beiden Gruppen signifikant zunimmt (Masters et al., in Druck). In der zitierten Arbeit wird eine gleichmäßige Veränderung der Kinematik über den Lernverlauf erwartet.

#### *Studie I*

Eine ANOVA ergibt in der Lernphase jeweils einen Blockeffekt, womit *Hypothese 4* bestätigt werden kann. Die Gruppenunterschiede der Bewegungsamplitude und -geschwindigkeit sind nicht signifikant (siehe Tabelle 20). Tabelle 21 zeigt zusätzlich die gemittelte Geschwindigkeit und Amplitude der Armbewegung hinsichtlich der Mikrofone 2 - 7 in der x-, y- und z-Ebene. Dieses Muster deutet darauf hin, dass die Schläge im Lernverlauf mit mehr Druck, d. h. mit erhöhter Geschwindigkeit gespielt werden und an Konstanz gewinnen (Masters et al., in Druck).

*Tabelle 20: Gruppen- und Blockunterschied für die Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung in der Lernphase der Studie I (F- und p-Wert)*

<b>Geschwindigkeit</b>						
Block	Gruppeneffekt			Blockeffekt		
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>
Block 2-7 x- Ebene	0.02	> .05	.00	9.69	< .05	.41
Block 2-7 y- Ebene	0.35	> .05	.03	9.95	< .05	.42
Block 2-7 z- Ebene	0.68	> .05	.05	4.34	< .05	.24
<b>Amplitude</b>						
Block	Gruppeneffekt			Blockeffekt		
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>
Block 2-7 x- Ebene	0.30	> .05	.02	8.96	< .05	.37
Block 2-7 y- Ebene	0.09	> .05	.01	10.45	< .05	.41
Block 2-7 z- Ebene	0.20	> .05	.02	4.51	< .05	.23

Tabelle 21: Geschwindigkeit und Amplitude der einzelnen Mikrofone in der x-, y- und z-Ebene in Studie I (Mittelwert und Standardabweichung)

<b>Geschwindigkeit</b>	<b>x-Ebene, ms<sup>-1</sup></b>	<b>y-Ebene, ms<sup>-1</sup></b>	<b>z-Ebene, ms<sup>-1</sup></b>	<b>Mikrofon</b>
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.74 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.84 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.84 <i>SD</i> = 0.03	M2 - M4 = Schläger
Testphase	<i>M</i> = 0.68 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.81 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.74 <i>SD</i> = 0.01	M2 - M4 = Schläger
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.59 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.65 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.43 <i>SD</i> = 0.04	M2 - M4 = Schläger
Testphase	<i>M</i> = 0.55 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.68 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.44 <i>SD</i> = 0.03	M2 - M4 = Schläger
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.57 <i>SD</i> = 0.09	<i>M</i> = 0.74 <i>SD</i> = 0.13	<i>M</i> = 0.76 <i>SD</i> = 0.15	M5 = Handgelenk
Testphase	<i>M</i> = 0.49 <i>SD</i> = 0.12	<i>M</i> = 0.58 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.62 <i>SD</i> = 0.10	M5 = Handgelenk
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.41 <i>SD</i> = 0.05	<i>M</i> = 0.48 <i>SD</i> = 0.05	<i>M</i> = 0.33 <i>SD</i> = 0.03	M5 = Handgelenk
Testphase	<i>M</i> = 0.36 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.48 <i>SD</i> = 0.06	<i>M</i> = 0.32 <i>SD</i> = 0.03	M5 = Handgelenk
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.34 <i>SD</i> = 0.08	<i>M</i> = 0.59 <i>SD</i> = 0.15	<i>M</i> = 0.49 <i>SD</i> = 0.11	M6 = Ellenbogen
Testphase	<i>M</i> = 0.22 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.37 <i>SD</i> = 0.05	<i>M</i> = 0.27 <i>SD</i> = 0.03	M6 = Ellenbogen
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.21 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.34 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.20 <i>SD</i> = 0.04	M6 = Ellenbogen
Testphase	<i>M</i> = 0.17 <i>SD</i> = 0.05	<i>M</i> = 0.31 <i>SD</i> = 0.07	<i>M</i> = 0.15 <i>SD</i> = 0.05	M6 = Ellenbogen
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.24 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.34 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.35 <i>SD</i> = 0.06	M7 = Schulterknochen
Testphase	<i>M</i> = 0.19 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.25 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.22 <i>SD</i> = 0.05	M7 = Schulterknochen
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.18 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.27 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.19 <i>SD</i> = 0.05	M7 = Schulterknochen
Testphase	<i>M</i> = 0.18 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.27 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.19 <i>SD</i> = 0.04	M7 = Schulterknochen

<b>Amplitude</b>	<b>x-Ebene, cm</b>	<b>y-Ebene, cm</b>	<b>z-Ebene, cm</b>	<b>Mikrofon</b>
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	$M = 42.39$ $SD = 4.87$	$M = 51.06$ $SD = 5.43$	$M = 47.12$ $SD = 5.39$	M2 - M 4 = Schläger
Testphase	$M = 42.50$ $SD = 3.71$	$M = 53.05$ $SD = 4.40$	$M = 46.81$ $SD = 5.18$	M2 - M 4 = Schläger
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	$M = 49.05$ $SD = 4.96$	$M = 47.24$ $SD = 3.98$	$M = 32.72$ $SD = 2.82$	M2 - M 4 = Schläger
Testphase	$M = 51.18$ $SD = 3.39$	$M = 51.35$ $SD = 3.40$	$M = 35.90$ $SD = 1.81$	M2 - M 4 = Schläger
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	$M = 33.31$ $SD = 3.69$	$M = 45.34$ $SD = 3.77$	$M = 43.58$ $SD = 6.02$	M5 = Handgelenk
Testphase	$M = 29.31$ $SD = 2.97$	$M = 38.40$ $SD = 0.54$	$M = 36.68$ $SD = 2.29$	M5 = Handgelenk
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	$M = 36.96$ $SD = 5.07$	$M = 35.51$ $SD = 4.04$	$M = 27.47$ $SD = 4.65$	M5 = Handgelenk
Testphase	$M = 38.32$ $SD = 2.01$	$M = 36.17$ $SD = 2.84$	$M = 28.94$ $SD = 1.24$	M5 = Handgelenk
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	$M = 23.20$ $SD = 2.50$	$M = 39.68$ $SD = 4.74$	$M = 33.65$ $SD = 2.73$	M6 = Ellenbogen
Testphase	$M = 18.61$ $SD = 1.81$	$M = 31.90$ $SD = 6.41$	$M = 22.78$ $SD = 3.01$	M6 = Ellenbogen
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	$M = 33.4$ $SD = 6.67$	$M = 24.19$ $SD = 4.18$	$M = 18.27$ $SD = 5.73$	M6 = Ellenbogen
Testphase	$M = 24.18$ $SD = 1.54$	$M = 22.17$ $SD = 2.49$	$M = 16.79$ $SD = 2.29$	M6 = Ellenbogen
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	$M = 14.95$ $SD = 3.17$	$M = 20.98$ $SD = 3.71$	$M = 21.77$ $SD = 4.59$	M7 = Schulterknochen
Testphase	$M = 13.64$ $SD = 1.80$	$M = 17.35$ $SD = 2.77$	$M = 14.51$ $SD = 3.09$	M7 = Schulterknochen
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	$M = 21.58$ $SD = 6.35$	$M = 19.18$ $SD = 1.23$	$M = 16.92$ $SD = 2.72$	M7 = Schulterknochen
Testphase	$M = 25.93$ $SD = 1.05$	$M = 19.56$ $SD = 1.04$	$M = 18.41$ $SD = 1.77$	M7 = Schulterknochen

*Studie II*

Eine ANOVA mit den Faktoren Gruppe und Block zeigt innerhalb der Lernphase einen signifikanten Blockeffekt für die Bewegungsamplitude und -geschwindigkeit. Gruppeneffekte sind überwiegend nicht signifikant (siehe Tabelle 22). In Tabelle 23 wird sichtbar, dass die Geschwindigkeit über den Lernverlauf nicht schneller wird, sondern die Versuchsteilnehmer im Mittel mehr Zeit benötigen. Der Topspin-Schlag wird bei der Verbindung von Technik und Taktikentscheidungsaufgaben mit geringerer Geschwindigkeit und höherer Amplitude gespielt und gewinnt somit an Konstanz. Die *Hypothese 4* kann bezüglich der Amplitude bestätigt werden.

*Tabelle 22: Gruppen- und Blockunterschied für die Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung in der Lernphase der Studie II (F- und p-Wert)*

<b>Geschwindigkeit</b>						
Block	Gruppeneffekt			Blockeffekt		
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>
Block 2-7 x- Ebene	4.38	> .05	.35	22.84	< .01	.74
Block 2-7 y- Ebene	15.16	< .05	.68	21.40	< .01	.75
Block 2-7 z- Ebene	3.41	> .05	.33	9.53	< .01	.58
<b>Amplitude</b>						
Block	Gruppeneffekt			Blockeffekt		
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>
Block 2-7 x- Ebene	6.08	< .05	.47	25.61	< .01	.79
Block 2-7 y- Ebene	1.21	> .05	.15	14.53	< .01	.68
Block 2-7 z- Ebene	2.93	> .05	.30	17.25	< .01	.71

Tabelle 23: Geschwindigkeit und Amplitude der einzelnen Mikrofone in der x-, y- und z-Ebene in Studie II (Mittelwert und Standardabweichung)

<b>Geschwindigkeit</b>	<b>x-Ebene, ms<sup>-1</sup></b>	<b>y-Ebene, ms<sup>-1</sup></b>	<b>z-Ebene, ms<sup>-1</sup></b>	<b>Mikrofon</b>
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.61 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.40 <i>SD</i> = 0.05	<i>M</i> = 0.44 <i>SD</i> = 0.03	M2 - M4 = Schläger
Testphase	<i>M</i> = 0.61 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.45 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.41 <i>SD</i> = 0.06	M2 - M4 = Schläger
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.53 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.48 <i>SD</i> = 0.05	<i>M</i> = 0.36 <i>SD</i> = 0.03	M2 - M4 = Schläger
Testphase	<i>M</i> = 0.47 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.54 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.36 <i>SD</i> = 0.03	M2 - M4 = Schläger
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.43 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.38 <i>SD</i> = 0.06	<i>M</i> = 0.31 <i>SD</i> = 0.02	M5 = Handgelenk
Testphase	<i>M</i> = 0.43 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.41 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.29 <i>SD</i> = 0.04	M5 = Handgelenk
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.36 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.46 <i>SD</i> = 0.06	<i>M</i> = 0.28 <i>SD</i> = 0.04	M5 = Handgelenk
Testphase	<i>M</i> = 0.38 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.53 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.29 <i>SD</i> = 0.03	M5 = Handgelenk
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.23 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.43 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.17 <i>SD</i> = 0.02	M6 = Ellenbogen
Testphase	<i>M</i> = 0.24 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.45 <i>SD</i> = 0.01	<i>M</i> = 0.15 <i>SD</i> = 0.02	M6 = Ellenbogen
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.23 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.50 <i>SD</i> = 0.08	<i>M</i> = 0.18 <i>SD</i> = 0.02	M6 = Ellenbogen
Testphase	<i>M</i> = 0.22 <i>SD</i> = 0.01	<i>M</i> = 0.58 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.17 <i>SD</i> = 0.02	M6 = Ellenbogen
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.10 <i>SD</i> = 0.01	<i>M</i> = 0.15 <i>SD</i> = 0.01	<i>M</i> = 0.10 <i>SD</i> = 0.01	M7 = Schulterknochen
Testphase	<i>M</i> = 0.10 <i>SD</i> = 0.01	<i>M</i> = 0.16 <i>SD</i> = 0.01	<i>M</i> = 0.10 <i>SD</i> = 0.01	M7 = Schulterknochen
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	<i>M</i> = 0.16 <i>SD</i> = 0.01	<i>M</i> = 0.27 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.16 <i>SD</i> = 0.01	M7 = Schulterknochen
Testphase	<i>M</i> = 0.17 <i>SD</i> = 0.02	<i>M</i> = 0.37 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.20 <i>SD</i> = 0.01	M7 = Schulterknochen

<b>Amplitude</b>	<b>x-Ebene, cm</b>	<b>y-Ebene, cm</b>	<b>z-Ebene, cm</b>	<b>Mikrofon</b>
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	$M = 50.30$ $SD = 2.49$	$M = 32.21$ $SD = 4.92$	$M = 34.83$ $SD = 2.24$	M2 - M 4 = Schläger
Testphase	$M = 50.23$ $SD = 3.34$	$M = 36.13$ $SD = 1.92$	$M = 32.72$ $SD = 4.39$	M2 - M 4 = Schläger
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	$M = 43.33$ $SD = 2.44$	$M = 37.78$ $SD = 4.3$	$M = 28.46$ $SD = 2.76$	M2 - M 4 = Schläger
Testphase	$M = 38.10$ $SD = 2.45$	$M = 39.83$ $SD = 1.77$	$M = 26.28$ $SD = 2.09$	M2 - M 4 = Schläger
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	$M = 34.25$ $SD = 1.87$	$M = 30.48$ $SD = 5.47$	$M = 24.33$ $SD = 1.47$	M5 = Handgelenk
Testphase	$M = 34.65$ $SD = 1.95$	$M = 32.83$ $SD = 1.62$	$M = 22.03$ $SD = 2.77$	M5 = Handgelenk
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	$M = 27.98$ $SD = 2.21$	$M = 34.61$ $SD = 5.31$	$M = 21.53$ $SD = 3.35$	M5 = Handgelenk
Testphase	$M = 28.56$ $SD = 1.21$	$M = 38.6$ $SD = 1.71$	$M = 20.61$ $SD = 1.82$	M5 = Handgelenk
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	$M = 16.80$ $SD = 1.10$	$M = 32.55$ $SD = 2.65$	$M = 12.51$ $SD = 1.21$	M6 = Ellenbogen
Testphase	$M = 17.68$ $SD = 1.20$	$M = 34.92$ $SD = 1.04$	$M = 10.76$ $SD = 1.43$	M6 = Ellenbogen
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	$M = 15.31$ $SD = 1.17$	$M = 36.61$ $SD = 5.01$	$M = 12.47$ $SD = 1.99$	M6 = Ellenbogen
Testphase	$M = 14.93$ $SD = 1.10$	$M = 38.29$ $SD = 1.33$	$M = 11.40$ $SD = 1.31$	M6 = Ellenbogen
<b>Analogiegruppe</b>				
Lernphase	$M = 7.62$ $SD = 0.86$	$M = 11.81$ $SD = 1.07$	$M = 7.62$ $SD = 0.60$	M7 = Schulterknochen
Testphase	$M = 7.94$ $SD = 0.85$	$M = 13.09$ $SD = 1.29$	$M = 7.73$ $SD = 0.75$	M7 = Schulterknochen
<b>Bewegungsregelgruppe</b>				
Lernphase	$M = 10.28$ $SD = 0.90$	$M = 18.03$ $SD = 2.51$	$M = 10.23$ $SD = 0.71$	M7 = Schulterknochen
Testphase	$M = 10.26$ $SD = 0.55$	$M = 21.05$ $SD = 1.42$	$M = 11.99$ $SD = 0.98$	M7 = Schulterknochen

*Studie III*

Eine ANOVA mit den Faktoren Gruppe und Block zeigt vom Prä- zum Posttest keinen signifikanten Blockeffekt für die Bewegungsamplitude und -geschwindigkeit. Die *Hypothese 4* kann nicht bestätigt werden. Tendenziell nimmt die Bewegungsgeschwindigkeit der Analogiegruppe ab und die der Bewegungsregelgruppe zu. Eine Begründung für den ausschließlich tendenziellen Effekt kann, wie in *Hypothese 2c* erläutert, ein Deckeneffekt sein.

Weitere Analysen verdeutlichen, dass Gruppeneffekte bezüglich der Geschwindigkeit auf der z-Ebene und bezüglich der Amplitude auf der x-Ebene signifikant sind (siehe Tabelle 24). Tabelle 25 und 26 zeigen zusätzlich die gemittelte Geschwindigkeit und Amplitude der Armbewegung über die drei Testzeitpunkte.

*Tabelle 24: Gruppen- und Blockunterschied für die Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung in der Studie III (F- und p-Wert)*

Block	<b>Geschwindigkeit</b>					
	Gruppeneffekt			Blockeffekt		
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>
Prä- zum Posttest x- Ebene	1.15	> .05	.09	0.64	> .05	.05
Prä- zum Posttest y- Ebene	3.43	> .05	.22	0.01	> .05	.00
Prä- zum Posttest z- Ebene	7.29	< .05	.38	0.44	> .05	.04
Block	<b>Amplitude</b>					
	Gruppeneffekt			Blockeffekt		
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>
Prä- zum Posttest x- Ebene	9.49	< .05	.44	0.63	> .05	.05
Prä- zum Posttest y- Ebene	1.11	> .05	.09	0.13	> .05	.01
Prä- zum Posttest z- Ebene	1.32	> .05	.10	0.19	> .05	.02

Tabelle 25: Geschwindigkeit der einzelnen Mikrofone in der x-, y- und z-Ebene in Studie III (Mittelwert und Standardabweichung)

Geschwindigkeit	x-Ebene, ms <sup>-1</sup>	y-Ebene, ms <sup>-1</sup>	z-Ebene, ms <sup>-1</sup>	Mikrofon
<b>Prätest</b>				
Analogiegruppe	<i>M</i> = 0.76 <i>SD</i> = 0.11	<i>M</i> = 0.40 <i>SD</i> = 0.18	<i>M</i> = 0.82 <i>SD</i> = 0.22	M2 - M4 = Schläger
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 0.78 <i>SD</i> = 0.33	<i>M</i> = 0.46 <i>SD</i> = 0.18	<i>M</i> = 1.02 <i>SD</i> = 0.35	M2 - M4 = Schläger
Analogiegruppe	<i>M</i> = 0.80 <i>SD</i> = 0.26	<i>M</i> = 0.41 <i>SD</i> = 0.25	<i>M</i> = 0.74 <i>SD</i> = 0.25	M5 = Handgelenk
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 0.83 <i>SD</i> = 0.28	<i>M</i> = 0.70 <i>SD</i> = 0.10	<i>M</i> = 0.86 <i>SD</i> = 0.22	M5 = Handgelenk
Analogiegruppe	<i>M</i> = 0.30 <i>SD</i> = 0.19	<i>M</i> = 0.08 <i>SD</i> = 0.01	<i>M</i> = 0.25 <i>SD</i> = 0.15	M6 = Ellenbogen
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 0.16 <i>SD</i> = 0.15	<i>M</i> = 0.07 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.16 <i>SD</i> = 0.14	M6 = Ellenbogen
Analogiegruppe	<i>M</i> = 0.23 <i>SD</i> = 0.23	<i>M</i> = 0.10 <i>SD</i> = 0.10	<i>M</i> = 0.19 <i>SD</i> = 0.23	M7 = Schulterknochen
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 0.14 <i>SD</i> = 0.13	<i>M</i> = 0.07 <i>SD</i> = 0.04	<i>M</i> = 0.11 <i>SD</i> = 0.10	M7 = Schulterknochen
<b>Posttest</b>				
Analogiegruppe	<i>M</i> = 0.56 <i>SD</i> = 0.37	<i>M</i> = 0.21 <i>SD</i> = 0.16	<i>M</i> = 0.53 <i>SD</i> = 0.41	M2 - M4 = Schläger
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 1.12 <i>SD</i> = 0.84	<i>M</i> = 0.53 <i>SD</i> = 0.25	<i>M</i> = 1.29 <i>SD</i> = 0.45	M2 - M4 = Schläger
Analogiegruppe	<i>M</i> = 0.53 <i>SD</i> = 0.40	<i>M</i> = 0.21 <i>SD</i> = 0.19	<i>M</i> = 0.49 <i>SD</i> = 0.44	M5 = Handgelenk
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 0.91 <i>SD</i> = 0.37	<i>M</i> = 0.43 <i>SD</i> = 0.19	<i>M</i> = 0.94 <i>SD</i> = 0.24	M5 = Handgelenk
Analogiegruppe	<i>M</i> = 0.21 <i>SD</i> = 0.15	<i>M</i> = 0.07 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.19 <i>SD</i> = 0.13	M6 = Ellenbogen
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 0.26 <i>SD</i> = 0.30	<i>M</i> = 0.08 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.22 <i>SD</i> = 0.23	M6 = Ellenbogen
Analogiegruppe	<i>M</i> = 0.18 <i>SD</i> = 0.13	<i>M</i> = 0.07 <i>SD</i> = 0.03	<i>M</i> = 0.12 <i>SD</i> = 0.10	M7 = Schulterknochen
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 0.39 <i>SD</i> = 0.70	<i>M</i> = 0.17 <i>SD</i> = 0.26	<i>M</i> = 0.35 <i>SD</i> = 0.68	M7 = Schulterknochen
<b>Retentionstest</b>				
Analogiegruppe	<i>M</i> = 0.61 <i>SD</i> = 0.24	<i>M</i> = 0.20 <i>SD</i> = 0.11	<i>M</i> = 0.79 <i>SD</i> = 0.26	M2 - M4 = Schläger

Bewegungsregelgruppe	$M = 1.17$ $SD = 0.19$	$M = 0.39$ $SD = 0.08$	$M = 1.31$ $SD = 0.69$	M2 - M4 = Schläger
Analogiegruppe	$M = 0.76$ $SD = 0.43$	$M = 0.22$ $SD = 0.14$	$M = 0.79$ $SD = 0.39$	M5 = Handgelenk
Bewegungsregelgruppe	$M = 1.03$ $SD = 0.32$	$M = 0.34$ $SD = 0.09$	$M = 0.97$ $SD = 0.34$	M5 = Handgelenk
Analogiegruppe	$M = 0.36$ $SD = 0.26$	$M = 0.13$ $SD = 0.03$	$M = 0.32$ $SD = 0.24$	M6 = Ellenbogen
Bewegungsregelgruppe	$M = 0.41$ $SD = 0.13$	$M = 0.12$ $SD = 0.03$	$M = 0.34$ $SD = 0.09$	M6 = Ellenbogen
Analogiegruppe	$M = 0.53$ $SD = 0.52$	$M = 0.11$ $SD = 0.08$	$M = 0.36$ $SD = 0.33$	M7 = Schulterknochen
Bewegungsregelgruppe	$M = 0.34$ $SD = 0.53$	$M = 0.10$ $SD = 0.09$	$M = 0.20$ $SD = 0.29$	M7 = Schulterknochen

Tabelle 26: Amplitude der einzelnen Mikrofone in der x-, y- und z-Ebene in Studie III  
(Mittelwert und Standardabweichung)

<b>Amplitude</b>	<b>x-Ebene, ms<sup>-1</sup></b>	<b>y-Ebene, ms<sup>-1</sup></b>	<b>z-Ebene, ms<sup>-1</sup></b>	<b>Mikrofon</b>
<b>Prätest</b>				
Analogiegruppe	<i>M</i> = 110.58 <i>SD</i> = 21.04	<i>M</i> = 53.25 <i>SD</i> = 15.54	<i>M</i> = 114.02 <i>SD</i> = 19.19	M2 - M4 = Schläger
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 90.39 <i>SD</i> = 17.31	<i>M</i> = 51.25 <i>SD</i> = 15.40	<i>M</i> = 114.90 <i>SD</i> = 15.51	M2 - M4 = Schläger
Analogiegruppe	<i>M</i> = 111.27 <i>SD</i> = 12.44	<i>M</i> = 52.15 <i>SD</i> = 12.34	<i>M</i> = 101.28 <i>SD</i> = 14.734	M5 = Handgelenk
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 97.49 <i>SD</i> = 16.80	<i>M</i> = 41.74 <i>SD</i> = 11.78	<i>M</i> = 97.934 <i>SD</i> = 22.84	M5 = Handgelenk
Analogiegruppe	<i>M</i> = 62.27 <i>SD</i> = 28.36	<i>M</i> = 13.13 <i>SD</i> = 2.80	<i>M</i> = 52.85 <i>SD</i> = 24.98	M6 = Ellenbogen
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 28.72 <i>SD</i> = 29.08	<i>M</i> = 9.62 <i>SD</i> = 5.96	<i>M</i> = 28.85 <i>SD</i> = 30.48	M6 = Ellenbogen
Analogiegruppe	<i>M</i> = 33.47 <i>SD</i> = 32.10	<i>M</i> = 12.84 <i>SD</i> = 9.79	<i>M</i> = 30.37 <i>SD</i> = 33.08	M7 = Schulterknochen
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 24.70 <i>SD</i> = 19.74	<i>M</i> = 9.33 <i>SD</i> = 6.05	<i>M</i> = 18.56 <i>SD</i> = 15.76	M7 = Schulterknochen
<b>Posttest</b>				
Analogiegruppe	<i>M</i> = 113.89 <i>SD</i> = 31.24	<i>M</i> = 45.94 <i>SD</i> = 25.22	<i>M</i> = 98.80 <i>SD</i> = 27.09	M2 - M4 = Schläger
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 93.44 <i>SD</i> = 42.57	<i>M</i> = 47.05 <i>SD</i> = 15.58	<i>M</i> = 115.19 <i>SD</i> = 12.29	M2 - M4 = Schläger
Analogiegruppe	<i>M</i> = 102.65 <i>SD</i> = 28.31	<i>M</i> = 41.51 <i>SD</i> = 19.97	<i>M</i> = 88.25 <i>SD</i> = 24.36	M5 = Handgelenk
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 78.85 <i>SD</i> = 22.86	<i>M</i> = 36.81 <i>SD</i> = 12.31	<i>M</i> = 84.14 <i>SD</i> = 18.57	M5 = Handgelenk
Analogiegruppe	<i>M</i> = 68.26 <i>SD</i> = 41.68	<i>M</i> = 27.15 <i>SD</i> = 22.91	<i>M</i> = 57.55 <i>SD</i> = 34.13	M6 = Ellenbogen
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 25.38 <i>SD</i> = 19.83	<i>M</i> = 9.01 <i>SD</i> = 4.99	<i>M</i> = 21.82 <i>SD</i> = 15.60	M6 = Ellenbogen
Analogiegruppe	<i>M</i> = 58.25 <i>SD</i> = 41.20	<i>M</i> = 21.50 <i>SD</i> = 16.03	<i>M</i> = 38.25 <i>SD</i> = 27.20	M7 = Schulterknochen
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 31.23 <i>SD</i> = 40.25	<i>M</i> = 14.05 <i>SD</i> = 14.25	<i>M</i> = 26.16 <i>SD</i> = 39.04	M7 = Schulterknochen
<b>Retentionstest</b>				
Analogiegruppe	<i>M</i> = 100.00 <i>SD</i> = 16.07	<i>M</i> = 32.60 <i>SD</i> = 7.19	<i>M</i> = 119.22 <i>SD</i> = 13.93	M2 - M4 = Schläger
Bewegungsregelgruppe	<i>M</i> = 113.26 <i>SD</i> = 13.10	<i>M</i> = 35.45 <i>SD</i> = 6.33	<i>M</i> = 117.34 <i>SD</i> = 11.56	M2 - M4 = Schläger

Analogiegruppe	$M = 96.07$ $SD = 20.12$	$M = 28.78$ $SD = 6.14$	$M = 98.04$ $SD = 17.95$	M5 = Handgelenk
Bewegungsregelgruppe	$M = 81.66$ $SD = 13.77$	$M = 26.42$ $SD = 4.76$	$M = 72.49$ $SD = 12.68$	M5 = Handgelenk
Analogiegruppe	$M = 64.35$ $SD = 41.60$	$M = 19.02$ $SD = 5.89$	$M = 56.93$ $SD = 40.01$	M6 = Ellenbogen
Bewegungsregelgruppe	$M = 54.92$ $SD = 7.60$	$M = 10.54$ $SD = 1.73$	$M = 43.72$ $SD = 4.17$	M6 = Ellenbogen
Analogiegruppe	$M = 113.97$ $SD = 19.69$	$M = 60.07$ $SD = 52.55$	$M = 85.61$ $SD = 16.14$	M7 = Schulterknochen
Bewegungsregelgruppe	$M = 44.50$ $SD = 48.81$	$M = 11.56$ $SD = 7.67$	$M = 26.13$ $SD = 25.07$	M7 = Schulterknochen

Weitere Analysen verdeutlichen, dass die Bewegungsregelgruppe im Posttest eine signifikant höhere Geschwindigkeit am Schläger und Handgelenk zeigt. Im Retentionstest werden die Ergebnisse des Posttests mit einer signifikant höheren Geschwindigkeit am Schläger und einer tendenziell höheren Geschwindigkeit an Handgelenk sowie Ellenbogen bestätigt (siehe Tabelle 27).

*Tabelle 27: Gruppenunterschied für die Geschwindigkeit der Mikrofone in Studie III (F- und p-Wert)*

Mikrofon	Prätest		Posttest		Retentionstest	
	$F$	$p$	$F$	$p$	$F$	$p$
2 - 4 Schläger	2.81	> .05	6.34	< .05	12.06	< .05
5 Handgelenk	0.92	> .05	4.66	< .05	1.14	> .05
6 Ellenbogen	2.17	> .05	0.14	> .05	0.06	> .05
7 Schulter	0.77	> .05	0.84	> .05	0.35	> .05

### **Hypothese 5**

In *Hypothese 5* wird in allen Studien angenommen, dass bei einer hohen Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung die Komponentenanzahl zunimmt (Raab & Bert, 2003). Komponenten einer Bewegung sind dreidimensionale Teilmerkmale, die die Qualität und Kontrolle der Bewegung beschreiben. Bei einer hohen Geschwindigkeit sind mehr Komponenten zur Erklärung der Bewegung notwendig (Daffertshofer et al., 2004; Post et al., 2000). Die Bewegungsvervariabilität der Armbewegung sollte somit von Beginn bis Ende der Bewegung gering sein.

#### *Studie I*

Eine Korrelation zwischen Geschwindigkeit und Komponentenanzahl bestätigt (in der Lernphase) am Schläger- (Block 2:  $r = .65$ ;  $p < .01$ , Block 6:  $r = .55$ ;  $p < .05$ ), Handgelenk- (Block 3:  $r = .58$ ;  $p < .05$ , Block 6:  $r = .59$ ;  $p < .05$ ), Ellenbogen- (Block 2:  $r = .58$ ;  $p < .05$ , Block 6:  $r = .74$ ;  $p < .05$ ) und Schulterbereich (Block 3:  $r = .90$ ;  $p < .05$ ) die *Hypothese 5*. In der Testphase gibt es keine signifikanten Korrelationen.

Eine Korrelation zwischen der Amplitude und den Komponenten bestätigt über den Lern- und Testverlauf am Schläger (beispielsweise Block 6:  $r = .57$ ;  $p < .05$ , Block 11:  $r = .54$ ;  $p < .05$ ) wie auch am Handgelenk (beispielsweise Block 6:  $r = .55$ ;  $p < .05$ , Block 11:  $r = .54$ ;  $p < .05$ ), Ellenbogen (beispielsweise Block 6:  $r = .53$ ;  $p < .05$ , Block 9:  $r = .49$ ;  $p < .05$ ) und an der Schulter (beispielsweise Block 6:  $r = .51$ ;  $p < .05$ , Block 11:  $r = .46$ ;  $p < .05$ ) die *Hypothese 5*. Eine Korrelation in der Bewegungsregelgruppe zeigt vor allem im Schulterbereich eine hohe Bewegungsamplitude bei einer hohen Komponentenzahl.

Zusätzlich ergibt die Datenreduktionsmethode zur Berechnung der Hauptkomponenten (PCA), dass die Analogie-, Bewegungsregel- und Kontrollgruppe am Anfang und Ende der Lernphase im Mittel 1.7 Komponenten aufweisen ( $SD$ : Analogiegruppe = 0.1; Bewegungsregelgruppe = 0.1; Kontrollgruppe = 0). Eine erweiterte Analyse der Komponentenstruktur zeigt, dass diese durchschnittlich aus vier bis fünf Bewegungspunkten beziehungsweise Mikrofonen besteht (Analogie-:  $M = 4$ ,  $SD = 0.1$ , Bewegungsregel- und Kontrollgruppe:  $M = 5$ ,  $SD = 0.2$  und  $SD = 0.1$ ). Überwiegend benachbarte Bewegungspunkte bilden Komponenten ab, wie beispielsweise die drei Schlägerpunkte und den Handwurzelknochen.

#### *Studie II*

Eine Korrelation zwischen der Geschwindigkeit und Komponentenanzahl bestätigt die *Hypothese 5* während der Vor-/Rückbewegung am Handgelenk (Block 7:  $r = .49$ ;  $p < .05$ ), Ellenbogen (Block 10:  $r = .44$ ;  $p < .05$ ) und tendenziell an der Schulter (Block 3:  $r = .4$ ;  $p = .09$ ).

Die Amplitude und Komponente zeigen über den Lern- und Testverlauf während der Vor-/Rückbewegung eine signifikante Korrelation. Beide Gruppen zeigen hierbei eine negative

Korrelation. Demnach steigt die Komponentenanzahl, wenn der Unterarm (Schläger, Handgelenk und Ellenbogen) zu stark nach hinten gezogen wird (beispielsweise Block 2 Schläger:  $r = -.49$ ;  $p < .05$ ; Block 4 Handgelenk:  $r = -.45$ ;  $p < .05$ ).

In der PCA ergibt sich eine Änderung der Komponenten in der Lernphase von initial 1.7 ( $SD = 0.1$ ) auf terminal 1.5 Komponenten ( $SD = 0$ ). Die Bewegung wird über den Lernverlauf kontrollierter. Die Varianz der ersten Komponente liegt durchschnittlich bei 75.5 ( $SD = 1.6$ ), wohingegen die zweite Komponente auf eine Varianzerklärung von 26.5 ( $SD = 0.4$ ) sinkt. Im Durchschnitt besteht die Hauptkomponente aus 5.1 Bewegungspunkten beziehungsweise Mikrofonen ( $SD = 0.1$ ; Analogiegruppe und Bewegungsregelgruppe:  $M = 5$ ,  $SD = 0.1$ ; Kontrollgruppe:  $M = 5.3$ ,  $SD = 0.2$ ). Auch in Studie II bilden überwiegend benachbarte Bewegungspunkte eine Komponente ab, wie beispielsweise die drei Schlägerpunkte, den Handwurzelknochen und Ellenbogen.

### Studie III

Geschwindigkeit und Komponentenanzahl korrelieren im Prä- und Retentionstest nicht signifikant. Im Posttest korreliert die Geschwindigkeit und Komponentenanzahl in der Analogiegruppe signifikant am Schläger (Schläger:  $r = .71$ ;  $p < .05$ ) und tendenziell am Handgelenk (Handgelenk:  $r = .65$ ;  $p = .08$ ). Wenn demnach die Geschwindigkeit der Schlägerbewegung im Posttest hoch ist, steigt die Komponentenanzahl. Eine Korrelation zwischen Amplitude und Komponentenzahl zeigt keine signifikanten Ergebnisse. Die *Hypothese 5* kann demnach nur in der Analogiegruppe bezüglich der Geschwindigkeit bestätigt werden.

Im Folgenden werden weitere Ergebnisse der PCA zusammengefasst. Die Analogiegruppe weist im Posttest durchschnittlich eine geringere Komponentenanzahl als im Prätest auf, wobei diese im Retentionstest weiter sinkt. In der Bewegungsregelgruppe bleibt die Komponentenanzahl vom Prä- zum Posttest stabil, steigt jedoch im Retentionstest rapide an (siehe Tabelle 28).

Tabelle 28: Komponentenanzahl in Studie III

Testzeitpunkt	Analogiegruppe		Bewegungsregelgruppe	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Prätest	1.68	0.11	1.56	0.04
Posttest	1.52	0.01	1.56	0.04
Retentionstest	1.38	0.16	1.72	0.17

Innerhalb der Entscheidungsblöcke 4 und 5 zeigt die PCA einen Anstieg der Komponentenzahl in beiden Gruppen. Durch zusätzliche Entscheidungsaufgaben scheinen die Freiheitsgrade der Bewegung nicht „einzufrieren“ und es folgt keine gleichmäßige Bewegung. Sie scheint vielmehr unkontrolliert zu werden. Innerhalb der ersten drei

Blöcke ist dieser Effekt in Abwesenheit taktischer Elemente nicht zu erkennen. Die Komponentenanzahl bleibt sogar überwiegend stabil oder nimmt ab. In Bezug auf die Strukturen der einzelnen Komponenten weist die erste Komponente eine durchschnittliche Varianzerklärung von 75.0 (SD = 2.9) auf, wohingegen die zweite Komponente auf eine Varianzerklärung von 24.3 (SD = 1.9) sinkt. Im Durchschnitt besteht die Hauptkomponente aus 5.1 Bewegungspunkten beziehungsweise Mikrofonen (SD = 0.2; siehe Tabelle 29). Überwiegend benachbarte Bewegungspunkte bilden eine Komponente ab. Die Analogiegruppe weist im Posttest durchschnittlich eine höhere Anzahl in Komponente 1 als im Prätest auf, wobei diese im Retentionstest wieder sinkt. Auch in der Bewegungsregelgruppe steigt im Posttest die Anzahl der Mikrofone in Komponente 1, bleibt jedoch im Retentionstest stabil.

*Tabelle 29: Bewegungspunkte der Hauptkomponente in Studie III (Mittelwert und Standardabweichung)*

<b>Testzeitpunkt</b>	<b>Analogiegruppe</b>		<b>Bewegungsregelgruppe</b>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Prätest	5.19	0.12	4.83	0.15
Posttest	5.24	0.10	5.20	0.19
Retentionstest	4.96	0.20	5.21	0.20

**Hypothese 6a**

In *Hypothese 6a* wird in Studie I und II erwartet, dass die Analogiegruppe einen größeren Winkel  $\alpha$  und somit eine stärker nach oben geführte Bewegung zeigt als die Bewegungsregelgruppe (siehe Abbildung 6). Diese Hypothese ist neu und kann aus bisheriger Forschung nicht abgeleitet werden. Sie wird aufgrund der bildhaften Beschreibung der Analogie entwickelt (vgl. Abbildung 12). Ein *t*-Test untersucht die Gruppenunterschiede bezüglich des minimalen und maximalen Wertes der Schlagbewegung auf der y- und z-Achse. Zusätzlich werden die Winkel mit denen des Referenzwertes verglichen.

*Studie I*

Der *t*-Test zeigt bei den minimalen und maximalen Werten der Schlagbewegung keinen signifikanten Gruppenunterschied in der Lern- und Testphase (siehe Tabelle 30). Ebenso gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten Lern- und Testphase. Beim Vergleich der Winkel der Gruppen und den Referenzwerten des vorgebenden Bildes (Winkel  $\alpha = 36^\circ$ ,  $\beta = 54^\circ$  und  $\gamma = 90^\circ$ ) wird deutlich, dass erstens der Winkel  $\alpha$  in der Analogiegruppe größer ist als in der Bewegungsregelgruppe. Zweitens ist die Differenz zu dem Winkel  $\alpha$  des vorgegebenen Bildes geringer (siehe Tabelle 31). Die Ergebnisse spiegeln sich in der Lern- und Testphase wider. Die zuletzt genannten Ergebnisse bestätigen die *Hypothese 6a*. Abbildung 28 verdeutlicht die Vorhandbewegung der Analogie- und Bewegungsregelgruppe innerhalb der Lernphase, dargestellt an einem rechtwinkligen Dreieck.

*Tabelle 30: Gruppenunterschied des minimalen und maximalen Wertes der Schlagbewegung in Studie I (t- und p-Wert)*

<b>y-Achse</b>				<b>z-Achse</b>			
Testzeitpunkt	Wert	<i>t</i>	<i>p</i>	Testzeitpunkt	Wert	<i>t</i>	<i>p</i>
Lernphase	minimaler W.	-0.27	> .05	Lernphase	minimaler W.	-1.01	> .05
	maximaler W.	0.28	> .05		maximaler W.	0.43	> .05
Testphase	minimaler W.	0.29	> .05	Testphase	minimaler W.	-0.67	> .05
	maximaler W.	0.41	> .05		maximaler W.	0.40	> .05

Tabelle 31: Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  in Studie I

Lernphase		
	Analogiegrupp	Bewegungsregelgrupp
Winkel	e	e
$\gamma$	90°	90°
$\alpha$	29°	19°
$\beta$	61°	71°
Testphase		
	Analogiegrupp	Bewegungsregelgrupp
Winkel	e	e
$\gamma$	90°	90°
$\alpha$	26°	20°
$\beta$	64°	70°

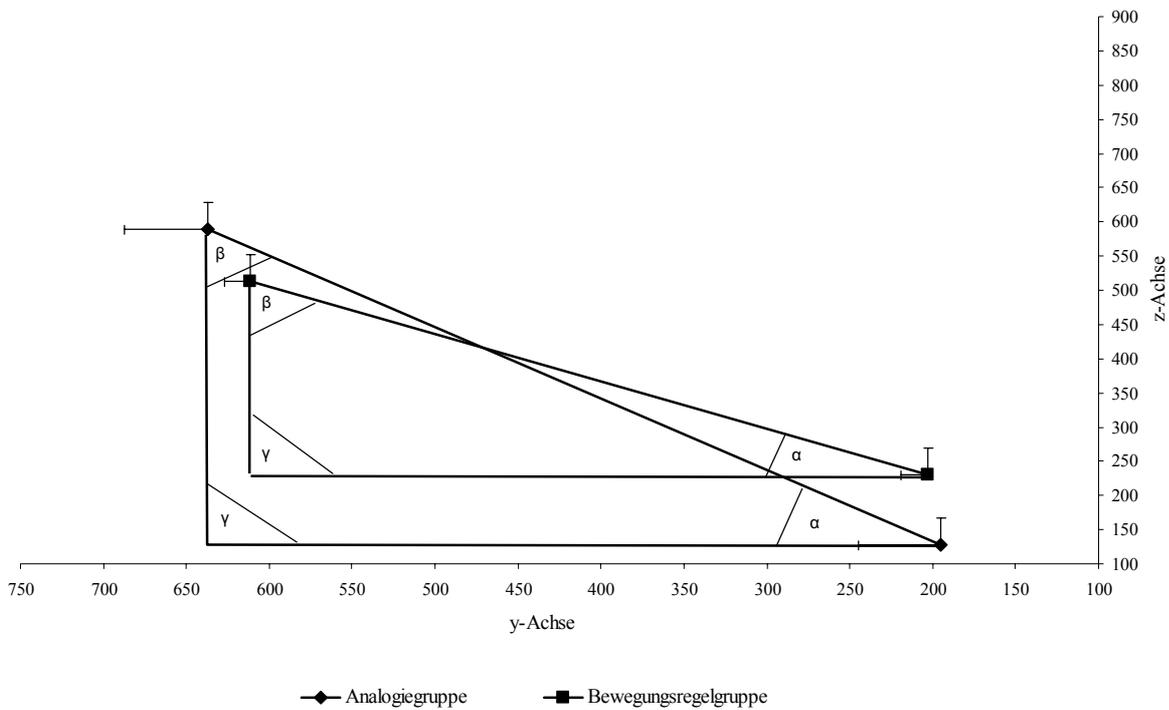


Abbildung 28: Vorhandbewegung, dargestellt an einem rechtwinkligen Dreieck in Studie I (Mittelwert und Standardfehler)

*Studie II*

Ein *t*-Test zeigt bei den minimalen und maximalen Werten der Schlagbewegung überwiegend keine signifikanten Gruppenunterschiede in der Lern- und Testphase (siehe Tabelle 32). Eine Ausnahme stellt der minimale Wert auf der z-Achse in der Lern- und Testphase dar. Hierbei liegt der minimale Wert als Ausgangspunkt der Schlagbewegung bei der Analogiegruppe signifikant weiter unten als in der Bewegungsregelgruppe (siehe Abbildung 29). Bezüglich der Lern- und Testphase ergibt ausschließlich der minimale Wert ein signifikanten Blockeffekt ( $t [18] = 6.93$ ;  $p < .05$ ). Beim Vergleich der Winkel der Untersuchungsgruppen mit den Referenzwerten (Winkel  $\alpha = 36^\circ$ ,  $\beta = 54^\circ$  und  $\gamma = 90^\circ$ ) ergeben sich folgende Ergebnisse. Der Winkel  $\alpha$  der Analogiegruppe ist im Gegensatz zur Bewegungsregelgruppe größer. Außerdem ist die Differenz zu den Referenzwerten geringer (siehe Tabelle 33 und Abbildung 29). Diese Ergebnisse spiegeln sich in der Lern- und Testphase wider und bestätigen die *Hypothese 6a* sowie die Resultate der Studie I.

*Tabelle 32: Gruppenunterschied des minimalen und maximalen Wertes der Schlagbewegung in Studie II (t- und p-Wert)*

<b>y-Achse</b>				<b>z-Achse</b>			
Testzeitpunkt	Wert	<i>t</i>	<i>p</i>	Testzeitpunkt	Wert	<i>t</i>	<i>p</i>
Lernphase	minimaler W.	0.31	> .05	Lernphase	minimaler W.	-2.53	< .05
	maximaler W.	0.07	> .05		maximaler W.	-0.87	> .05
Testphase	minimaler W.	0.33	> .05	Testphase	minimaler W.	-2.60	< .05
	maximaler W.	0.58	> .05		maximaler W.	-0.74	> .05

*Tabelle 33: Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  in Studie II*

<b>Lernphase</b>		
	Analogiegrupp	Bewegungsregelgrupp
Winkel	e	e
$\gamma$	90°	90°
$\alpha$	32°	22°
$\beta$	58°	68°
<b>Testphase</b>		
	Analogiegrupp	Bewegungsregelgrupp
Winkel	e	e
$\gamma$	90°	90°
$\alpha$	25°	17.50°
$\beta$	65°	72.50°

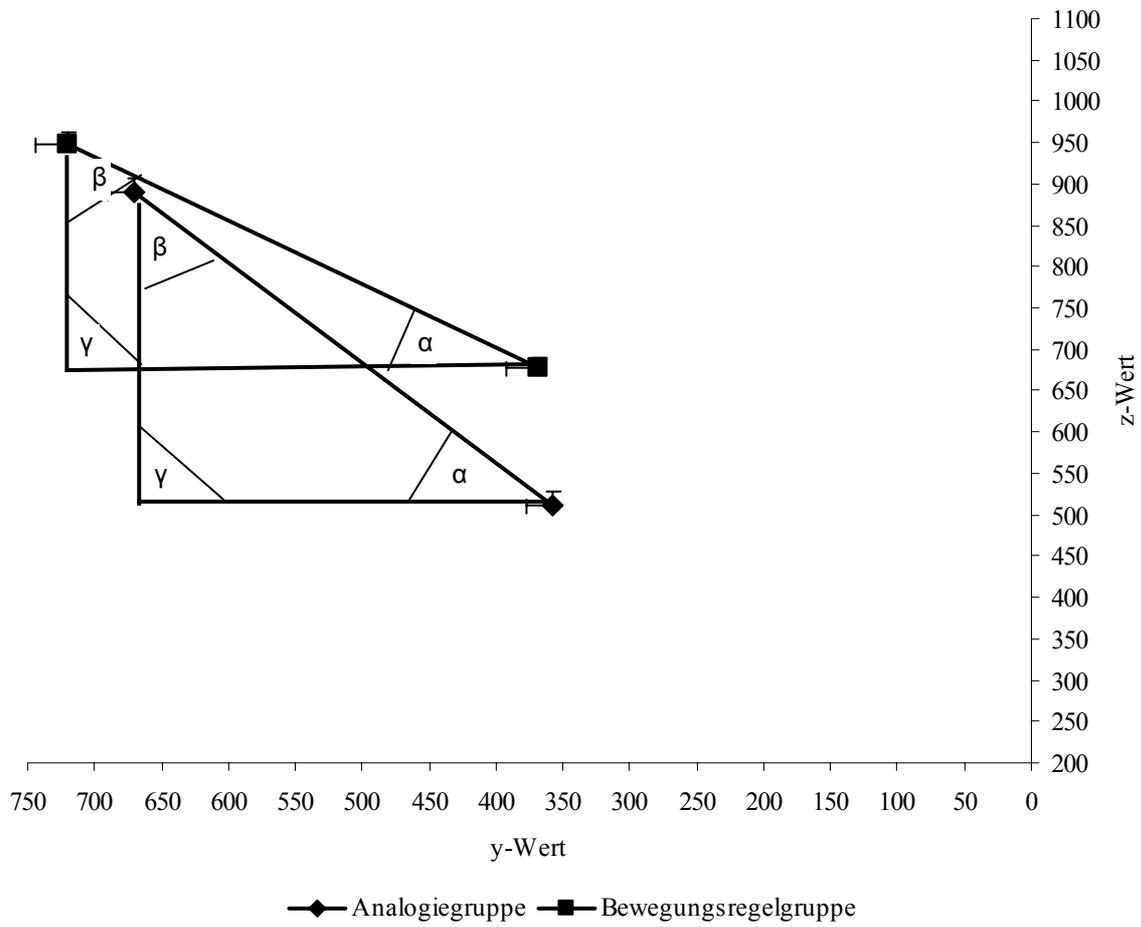


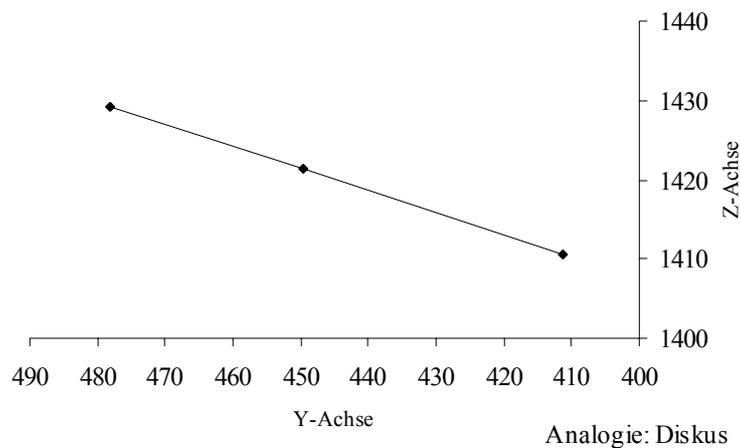
Abbildung 29: Vorhandbewegung, dargestellt an einem rechtwinkligen Dreieck in Studie II (Mittelwert und Standardfehler)

### **Hypothese 6b**

In der *Hypothese 6b* wird in Studie III angenommen, dass die Analogien „Diskus“, „Soldat“ und „Streicheln“ einen Einfluss auf den Bewegungsablauf haben und sich signifikant voneinander unterscheiden. Diese Hypothese ist neu und wurde bislang im Tischtennisleistungssport nicht überprüft.

Die Analyse wird im Folgenden an einem exemplarischen Einzelfall demonstriert. Hierzu wird die Schlagbewegung der vpn3a der Analogiegruppe verwendet. Es werden die Schlagbewegungen der ersten drei Technikblöcke im Posttest dargestellt. Die letzten zwei Blöcke beinhalten Taktikaufgaben und werden aus der Analyse ausgeschlossen. Anschließend werden die Schläge mit einem *t*-Test verglichen.

Im ersten Block wird durchgehend ein Schupfball eingespielt. Die Versuchsperson der Analogiegruppe soll den Vorhand-Topspin so schlagen, als ob sie einen Diskus wirft. Die Bewegung der vpn3a beginnt auf der y-Achse bei 410 cm und auf der z-Achse bei 1410 cm. Die Bewegung verläuft gradlinig und endet auf der y-Achse bei 480 cm und auf der z-Achse bei 1430 cm (siehe Abbildung 30).



*Abbildung 30: Schlägerbewegung nach der Analogie „Diskus“ in Studie III*

Im zweiten Block wird die Versuchsperson der Analogiegruppe durchgehend mit einem Blockball angespielt. Die Versuchsperson erhält die Analogie, den Vorhand-Topspin so zu schlagen, als ob als sie vor einem General salutieren würde. Die Bewegung der vpn3a beginnt auf der y-Achse bei 426 cm und auf der z-Achse bei 1294 cm. Die Bewegung verläuft zu Beginn gradlinig mit einer Beugung am Ende und endet auf der y-Achse bei 463 cm und auf der z-Achse bei 1316 cm (siehe Abbildung 31).

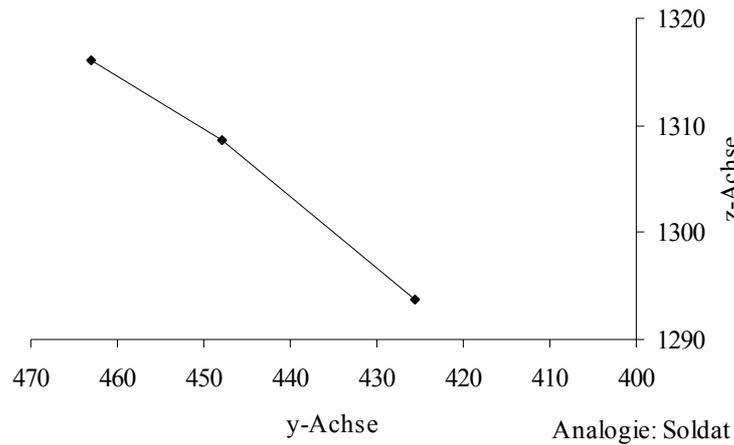


Abbildung 31: Schlägerbewegung nach der Analogie „Soldat“ in Studie III

Im dritten Block wird die Versuchsperson durchgehend mit einem Topspin angespielt. Die Versuchsperson erhält die Analogie den Vorhand-Topspin so zu schlagen, als ob sie über einen Pezziball streicheln würde. Die Bewegung der vpn3a beginnt auf der y-Achse bei 413 cm und auf der z-Achse bei 1265 cm. Der Schlag gleicht einer runden Bewegung und endet auf der y-Achse bei 480 cm und auf der z-Achse bei 1293 cm (siehe Abbildung 32).

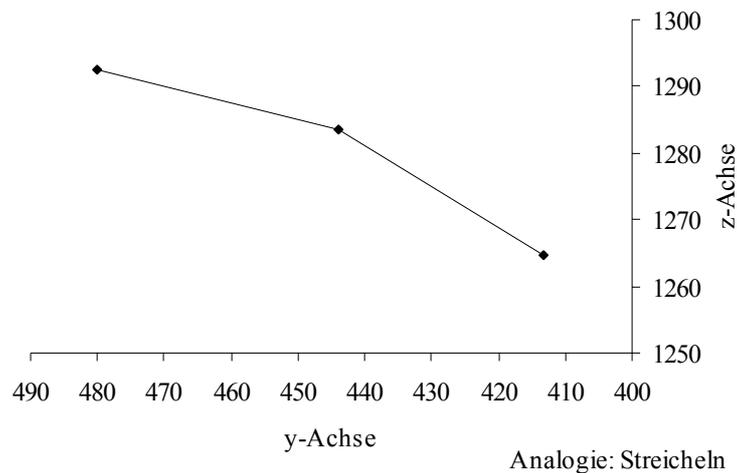


Abbildung 32: Schlägerbewegung nach der Analogie „Streicheln“ in Studie III

Ein  $t$ -Test zeigt, dass sich die drei unterschiedlichen Bewegungen auf der z-Achse signifikant voneinander unterscheiden (siehe Tabelle 34). Auf der y-Achse unterscheiden sich ausschließlich die „Diskus-“ und „Soldatenbewegung“ signifikant voneinander. Zusammenfassend kann die Hypothese 6b am Beispiel einer Einzelfallanalyse bestätigt werden.

Tabelle 34: Blockunterschied der Schlägerbewegungen „Diskus“, „Soldat“ und „Streicheln“ in Studie III

y- Achse			z- Achse		
Blöcke	$t$	$p$	Blöcke	$t$	$p$
„Diskus“ vs. „Soldat“	-18.80	< .05	„Diskus“ vs. „Soldat“	31.49	< .01
„Diskus“ vs. „Streicheln“	-1.78	> .05	„Diskus“ vs. „Streicheln“	26.43	< .01
„Soldat“ vs. „Streicheln“	-0.03	> .05	„Soldat“ vs. „Streicheln“	15.65	< .05

Im Folgenden werden weitere Ergebnisse der Winkelanalyse dargestellt.

Ein *t*-Test vergleicht den gemittelten minimalen und maximalen Wert innerhalb der Testzeitpunkte. Die Ergebnisse zeigen im Prä- und Retentionstest keine signifikanten Unterschiede. Im Posttest unterscheiden sich die Gruppen beim maximalen Wert auf der *y*-Achse signifikant voneinander (siehe Tabelle 35).

*Tabelle 35: Gruppenunterschied des minimalen und maximalen Wertes der Schlagbewegung in Studie III (t- und p-Wert)*

<b>y-Achse</b>				<b>z-Achse</b>			
Testzeitpunkt	Wert	<i>t</i>	<i>p</i>	Testzeitpunkt	Wert	<i>t</i>	<i>p</i>
Prätest	minimaler W.	2.00	> .05	Prätest	minimaler W.	0.11	> .05
	maximaler W.	0.26	> .05		maximaler W.	-0.99	> .05
Posttest	minimaler W.	-1.36	> .05	Posttest	minimaler W.	-0.85	> .05
	maximaler W.	-2.33	< .05		maximaler W.	-1.11	> .05
Retentionstest	minimaler W.	-0.52	> .05	Retentionstest	minimaler W.	-0.34	> .05
	maximaler W.	-0.92	> .05		maximaler W.	-0.49	> .05

Der Vergleich der Winkel ergibt folgende Ergebnisse. Im Prätest unterscheidet sich der Winkel  $\alpha$  zwischen den Gruppen um  $2^\circ$  (siehe Tabelle 36). Im Posttest verändert sich die Bewegung. Der Winkel  $\alpha$  vergrößert sich in beiden Gruppen. In der Analogiegruppe nimmt der Winkel  $\alpha$  um  $6^\circ$  und innerhalb der Bewegungsregelgruppe um  $7^\circ$  zu. Der Gruppenunterschied liegt bei  $1^\circ$ . Im Retentionstest sinkt der Winkel  $\alpha$  um  $4^\circ$  in der Analogiegruppe und um  $1^\circ$  in der Bewegungsregelgruppe. Damit unterscheiden sich die Gruppen um  $2^\circ$ . Zusammenfassend ist der Winkel  $\alpha$  der Analogiegruppe zu jedem Testzeitpunkt tendenziell größer. Beide Gruppen verändern ihre Bewegung nach der vierwöchigen Trainingsphase, indem der Winkel  $\alpha$  zunimmt und die Bewegung steiler wird. Im Retentionstest bleibt der Winkel in der Bewegungsregelgruppe annähernd stabil, wobei der Winkel der Analogiegruppe sich verkleinert (siehe Abbildung 33).

Tabelle 36: Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  in Studie III

<b>Prätest</b>		
	Analogiegrupp	Bewegungsregelgrupp
Winkel	e	e
$\gamma$	90°	90°
$\alpha$	15°	13°
$\beta$	75°	77°
<b>Posttest</b>		
	Analogiegrupp	Bewegungsregelgrupp
Winkel	e	e
$\gamma$	90°	90°
$\alpha$	21°	20°
$\beta$	69°	70°
<b>Retentionstest</b>		
	Analogiegrupp	Bewegungsregelgrupp
Winkel	e	e
$\gamma$	90°	90°
$\alpha$	17°	19°
$\beta$	73°	71°

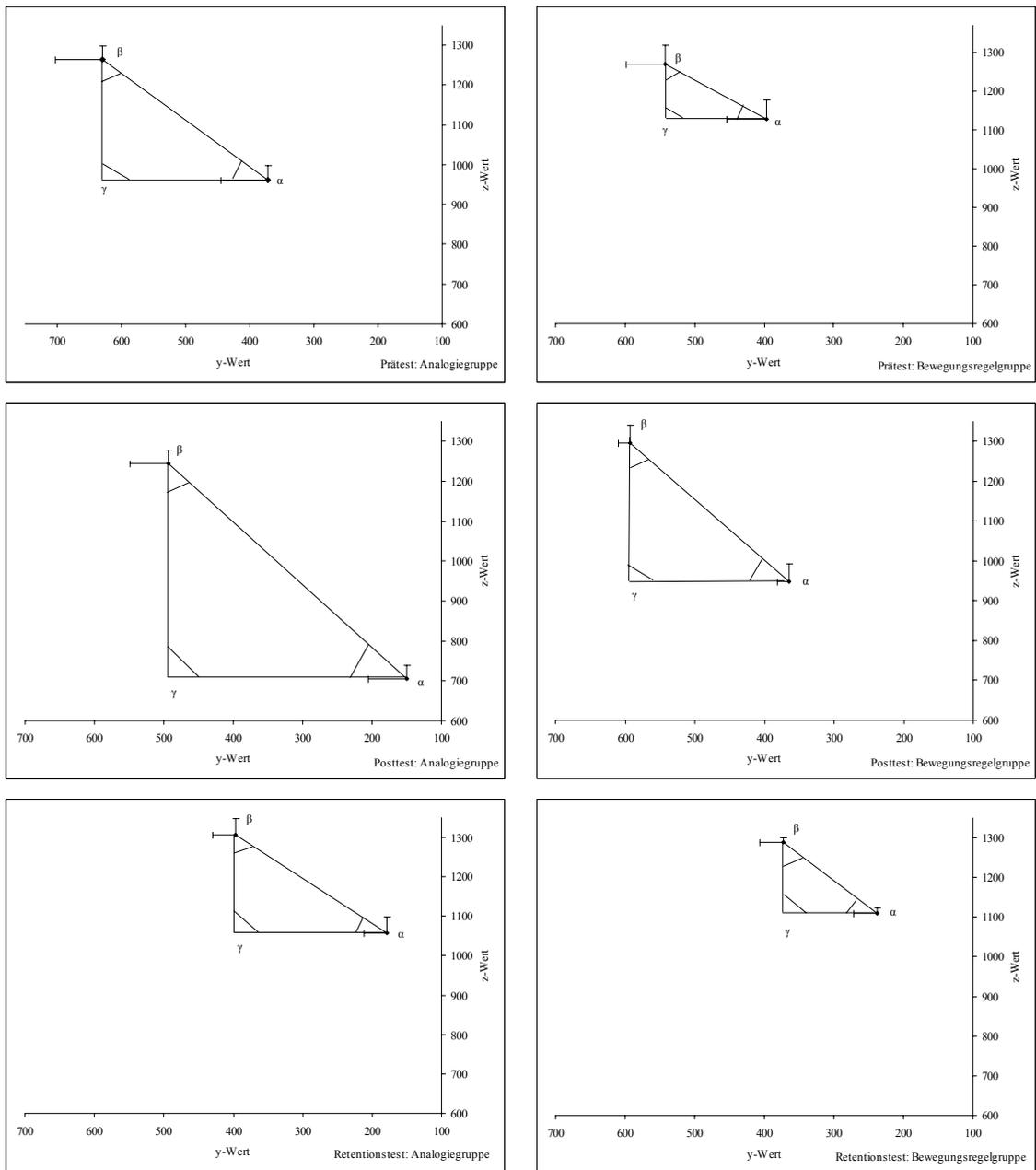


Abbildung 33: Vorhandbewegung, dargestellt an einem rechtwinkligen Dreieck in Studie III (Mittelwert und Standardfehler)

## 5.3 Diskussion

Das Forschungsprojekt basiert auf dem Modell SMART und bezieht sich auf die Fragestellung, ob die motorische Leistung von Anfängern und Experten im Tischtennis durch eine einzelne instruierte Analogie oder durch mehrere Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln verbessert wird. Es gilt in dieser Arbeit Ergebnisse zu *überprüfen* und zu *erweitern* (vgl. Liao & Masters, 2001; Masters et al., in Druck; Poolton et al., 2006 für einen Überblick). Das Innovative dieser Arbeit liegt erstens in der neuartigen Verbindung von Trefferleistung mit Bewegungsanalysen. Zweitens wird ein Schwerpunkt auf die Verbindung von Technik- und Taktikentscheidungstraining gelegt und drittens die motorische Leistung von Experten überprüft. Im Rahmen der Diskussion soll auf folgende Gesichtspunkte eingegangen werden. Zu Beginn werden methodische Aspekte der Studien I bis III erörtert und produktive Verbesserungsvorschläge gegeben (Kapitel 5.3.1). Anschließend werden die aufgestellten Hypothesen (siehe Kapitel 3) zusammengefasst und die Ergebnisse diskutiert (Kapitel 5.3.2). Es folgt eine Ableitung der Ergebnisse auf die einzelnen Studien. Er werden in diesem Zusammenhang neue Erkenntnisse berichtet und zukünftige Forschungsschwerpunkte abgeleitet (Kapitel 5.3.3 - Kapitel 5.3.5). Am Ende wird das Modell SMART diskutiert und aufgrund der Ergebnisse erweitert (Kapitel 5.3.6).

### 5.3.1 Methodische Aspekte

Alle verwendeten methodischen Aspekte haben sich als zuverlässig erwiesen und konnten wie geplant eingesetzt werden. Zukünftige Forschungen sollten jedoch folgende Punkte aufgreifen. Dieses betrifft unter anderem die Apparaturen und Materialien der Studien. Beispielsweise könnte das Format der Zielfelder in weiteren Untersuchungen umgestaltet werden. Dieser Aspekt bezieht sich vor allem auf den Leistungssport. Innerhalb dieser Studien wird das Zielfeld in drei Zonen geteilt. Trifft ein Ball die mittlere Zone, so wird dieser mit der höchsten Punktzahl kodiert. Leistungssportler zielen, wenn sie in die Breite spielen, üblicherweise auf die Linie des Tisches, was die Ballannahme erschweren soll. Die Leistungssportler mussten sich bezüglich der Codierung der Zielfelder umstellen. Die Bundestrainer sahen darin eine weitere Präzisionsaufgabe. Eine Verbesserung in diesem Sinne wäre es, ein Zielfeld zu entwickeln, das auf der Linie am Eckenrand die höchste Punktzahl erhält. Je mehr der Ball in der Mitte des Tisches auftrifft, desto weniger Punkte werden kodiert. Ein weiterer Aspekt wäre die Entwicklung einer kompatiblen Lichtschranke. Ziel wäre es, die Lichtschranke im Balleimertraining einzusetzen. Weiterhin wäre der Einsatz eines Bewegungsmesssystems ohne Verkabelungen der Mikrofone zu empfehlen. Die Versuchsteilnehmer bestätigten zwar keine Beeinträchtigung, jedoch ist eine größere Schlagfreiheit anzunehmen. Bei einer Sportart mit mehr Bewegungsraum wären die Mikrofone mit der Verkabelung nur begrenzt einsetzbar.

---

Ein weiterer Aspekt wäre die Erweiterung des Designs der Studie III. Das Design basiert auf einem Prä-, Post- und Retentionstest. Weiteren Untersuchungen wäre ein zweiter Retentionstest zur Überprüfung der Lernleistung zu empfehlen. Weiterhin sollte, wenn möglich, eine Kontrollgruppe im Leistungssport integriert werden. In dieser Untersuchung wurde der Einsatz ausgeschlossen. Die Anzahl von 15 Versuchsteilnehmern konnte nicht maximiert werden und hätte bei einer weiteren Gruppe die Aussagekraft der Effekte verringert.

### **5.3.2 Hypothesen**

#### ***Verbalisierbares Wissen***

##### *Hypothese 1 (Anzahl der generierten Antworten)*

In allen Studien wird in *Hypothese 1* angenommen, dass eine Bewegungsregelgruppe signifikant mehr Wissen zur Bewegungssteuerung verbalisieren kann als eine Analogiegruppe (Liao & Masters, 2001).

Die Ergebnisse können in Studie I und II repliziert werden. In Studie III zeigt die Bewegungsregelgruppe nach einer gezielten Trainingsphase im Post- und Retentionstest mehr Wissen zum Vorhand-Topspin als die Analogiegruppe. Die *Hypothese 1* kann somit bestätigt werden. Zusätzlich kann die Argumentation von Liao und Masters (2001) auf den Leistungssport übertragen werden. Zudem zeigen die Ergebnisse, dass die Kontrollgruppe in Studie I und II durchschnittlich mehr Regeln verbalisiert als die Analogiegruppe. Die Befunde deuten auf die Unabhängigkeit vom expliziten Wissen der Analogiegruppe hin.

#### ***Trefferleistung***

##### *Hypothese 2 (Lernphase)*

In *Hypothese 2a* wird postuliert, dass in *Studie I* innerhalb der Lernphase keine signifikanten Unterschiede bei der Analogie- und Bewegungsregelgruppe in der Trefferleistung erwartet werden (Poolton et al., 2006). Als Grenze für die Annahme der Nullhypothese gilt eine Test-Power über .80 bei einem Alpha von .25.

In Studie I unterscheiden sich die Analogie- und Bewegungsregelgruppe in der Lernphase nicht signifikant. Ein direkter Vergleich der beiden Gruppen in der Lernphase zeigt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = .07$ . Dieser Wert liegt unter dem festgelegten Alpha-Kriterium von .25, so dass sich die Gruppen weder signifikant unterscheiden noch die Null-Hypothese verlässlich aufrechterhalten werden kann. Eine Poweranalyse ergibt zudem eine Testpower von .855 bei  $n = 46$ . Poolton et al. (2006) und Masters et al. (in Druck) zeigten in ihren Untersuchungen keine Gruppenunterschiede in der Lernphase. Deren Ergebnisdarstellungen beinhalteten weder ein Kriterium des Alpha-Werts noch eine Poweranalyse. Zusätzlich unterscheiden sich die  $p$ -Werte bei  $p = .67$  und  $p = .42$

deutlich von den Werten der Studie I. Um Spekulationen zu vermeiden, wird das Ergebnis nicht weiter interpretiert.

*Hypothese 2b* nimmt in Studie II an, dass bei der Verbindung von Technik- und Taktikentscheidungsstraining die Analogiegruppe eine bessere Trefferleistung als die Bewegungsregelgruppe zeigt.

Die Ergebnisse der Analogiegruppe zeigen ab dem vierten Block eine signifikant bessere Trefferleistung als die Bewegungsregel- und Kontrollgruppe. Somit wird *Hypothese 2b* bestätigt. Die Leistung der Bewegungsregelgruppe bricht im Lernverlauf nicht ein, jedoch ist die Trefferleistung signifikant schlechter. Zusätzliche Taktikentscheidungsaufgaben können demnach im Technikerwerbstraining bei der Anwendung von Analogien befürwortet werden. Bei der Verwendung von Bewegungsregeln kann die Verbindung von Technik- und Taktikentscheidungsstraining nicht empfohlen werden. Die Ansammlungen von Bewegungsregeln könnten das Gedächtnis mit deklarativem Wissen überlasten, sodass die motorische Aufgabe nicht wirksam verarbeitet werden kann (Hayes & Broadbent, 1988; Liao & Masters, 2001; Poolton et al., 2006).

*Hypothese 2c* bezieht sich auf den Posttest in Studie III. Es wird angenommen, dass die Bewegungsregelgruppe nach der Lernphase eine bessere Trefferleistung als die Analogiegruppe zeigt.

Die Ergebnisse des Posttestes zeigen eine signifikant bessere Trefferleistung der Bewegungsregelgruppe und bestätigen *Hypothese 2c*. Die Ergebnisse von Beilock und Carr (2001) lassen sich demnach auf diese Studie übertragen, wenn der interne Aufmerksamkeitsfokus mit explizitem Lernen und der externe Aufmerksamkeitsfokus mit implizitem Lernen gleichgesetzt wird. Gegensätzlich zu diesen Ergebnissen argumentiert Wulf (2007). Sie empfiehlt zwar instruierte Analogien für die externe Aufmerksamkeitsfokussierung, um von der Bewegung abzulenken. Jedoch zeigt sie in den Untersuchungen zum motorischen Lernen bei Anfängern und Experten einen externalen Vorteil bei der Aufmerksamkeitsfokussierung. Um weitere Diskussionen führen zu können, muss der Forschungsschwerpunkt erneut aufgegriffen werden. Dazu könnte zum einen die Studie III repliziert werden und zum anderen ein 4-Gruppen-Design entworfen werden, welches die Effekte von Instruktionen in einer impliziten, expliziten, externalen und internalen Gruppe überprüft.

### *Hypothese 3 (Testphase)*

In der *Hypothese 3* wird in allen Studien erwartet, dass bei zusätzlichen Entscheidungsaufgaben die Trefferleistung in der Analogiegruppe stabil bleibt.

Die Ergebnisse der Studie I und Studie II bestätigen *Hypothese 3*. Die Anfänger der Analogiegruppe zeigen im Gegensatz zur Bewegungsregelgruppe eine stabilere Trefferleistung. In Studie III kann *Hypothese 3* nicht bestätigt werden. Die Experten der

---

Bewegungsregelgruppe treffen bei zusätzlichen Entscheidungsaufgaben signifikant besser. Die Annahmen von Liao und Masters (2001), Poolton et al. (2006) und Masters et al. (in Druck), die einen Leistungseinbruch bei der Bewegungsregelgruppe, nicht aber bei der Analogiegruppe feststellen, können somit nicht auf den Leistungssport übertragen werden. Auffällig ist jedoch das Ergebnis, dass im Retentionstest die Leistung der Bewegungsregelgruppe gegenüber der Analogiegruppe deskriptiv stärker einbricht. Das Ergebnis eines weiteren Retentionstest wäre an dieser Stelle hilfreich.

#### *Hypothese 4 (Bewegungsamplitude und -geschwindigkeit)*

Innerhalb der *Hypothese 4* wird in allen Studien angenommen, dass die Bewegungsamplitude und -geschwindigkeit über den Lernverlauf in beiden Gruppen signifikant zunimmt (Masters et al., in Druck).

In Studie I und Studie II steigt die Amplitude der Bewegung im Lernverlauf signifikant an. Die Geschwindigkeit der Bewegung nimmt in Studie I zu und in Studie II, entgegen der *Hypothese 4*, signifikant ab. In Studie III steigen die Geschwindigkeit und die Amplitude der Bewegung nicht signifikant an. *Hypothese 4* kann bezüglich der Bewegungsamplitude in Studie I und II bestätigt werden. In Bezug auf die Geschwindigkeit der Bewegung kann *Hypothese 4* ausschließlich in der Studie I angenommen werden. Die Geschwindigkeitssenkung in Studie II kann mit der zusätzlich zu bewältigenden taktischen Aufgabe begründet werden. Der ausbleibende Effekt in Studie III wird, wie in *Hypothese 2c*, mit einem Deckeneffekt erklärt. Bei einem hohen Leistungsniveau ist eine Leistungsverbesserung nicht zwangsläufig zu erreichen. Dazu kann ein gezielter Trainingszeitraum von vier Wochen zu kurz sein.

#### *Hypothese 5 (Principal Component Analysis)*

In der *Hypothese 5* wird in allen drei Studien angenommen, dass bei einer hohen Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung die Komponentenanzahl steigt (Raab & Bert, 2003).

Die Ergebnisse der Studie I, II und III bestätigen überwiegend auf der Ebene der Bewegungsgeschwindigkeit *Hypothese 5*. Demzufolge sind bei einer hohen Geschwindigkeit mehr Komponenten zur Erklärung der Bewegung notwendig. Eine geringere Anzahl von Komponenten gestaltet das Beobachten der Bewegung genauer und kann beispielsweise Bewegungszusammenhänge erklären, indem dargestellt wird, welche Gelenkpunkte innerhalb einer Bewegung miteinander korrelieren (Raab et al., 2005; Berthouze & Lungarella, 2004; Newell, Lui & Mayer-Kress, 2005). Daffertshofer et al., 2004 würden in diesem Zusammenhang von einem „eingefrorenen Zustand“ der Bewegung sprechen (vgl. Kapitel 6.6.6).

### *Hypothese 6 (Winkelanalyse)*

In *Hypothese 6a* wird in Studie I und II erwartet, dass die Analogiegruppe einen größeren Winkel  $\alpha$  und somit eine stärker nach oben geführte Bewegung zeigt als die Bewegungsregelgruppe (siehe Abbildung 14).

Die Ergebnisse zeigen in beiden Studien überwiegend keinen signifikanten Gruppen- und Blockunterschied. In Studie II ergibt ausschließlich der minimale Wert auf der z-Achse einen signifikanten Gruppen- und Blockunterschied. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass der Ausgangspunkt der Schlagbewegung der Analogiegruppe signifikant weiter unten liegt als in der Bewegungsregelgruppe.

Beim Vergleich der Winkel mit den Referenzwerten, verdeutlichen die Ergebnis in beiden Studien, dass der Winkel  $\alpha$  in der Analogiegruppe größer und der Unterschied zu den Referenzwerten geringer ist. Die *Hypothese 6a* kann somit bestätigt werden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine Instruktion mit dem Bild einer Hypotenuse die Vorwärtsbewegung des Vorhand-Topspins beeinflusst und verändert.

In der *Hypothese 6b* wird in Studie III angenommen, dass die Analogien „Diskus“, „Soldat“ und „Streicheln“ einen Einfluss auf den Bewegungsablauf zeigen und sich signifikant voneinander unterscheiden.

Die Ergebnisse bestätigen *Hypothese 3c* auf Ebene der Auf- und Abbewegung am Beispiel einer Einzelfallanalyse. Die Analogien verändern den Ablauf der Bewegung signifikant unterschiedlich. Innerhalb der Vor- und Rückbewegung war der Unterschied allerdings nur zum Teil signifikant. Beim Vergleich der Schlagbewegungswinkel zeigt die Analogiegruppe zu jedem Testzeitpunkt einen größeren Winkel  $\alpha$ . Beide Gruppen verändern ihre Bewegung nach der vierwöchigen Trainingsphase. Der Winkel  $\alpha$  nimmt zu und die Bewegung wird steiler. Im Retentionstest bleibt der Winkel in der Bewegungsregelgruppe annähernd stabil. Dagegen verkleinert sich der Winkel der Analogiegruppe.

### **5.3.3 Studie I**

Ziel der Untersuchung ist es, den Einfluss von Instruktionen auf das motorische Lernen bei Anfängern im Tischtennis zu überprüfen, wenn nach einer Lernphase des Vorhand-Topspins die Bewegung transferiert und mit Entscheidungen gekoppelt wird.

Es wurde repliziert, dass Analogien charakteristische Merkmale des impliziten Lernens beinhalten (vgl. Liao & Masters, 2001) und die Analogiegruppe eine signifikant stabilere Trefferleistung zeigt, wenn zusätzliche Entscheidungsaufgaben gekoppelt werden (Poolton et al., 2006). Die Bewegung der Analogiegruppe ist gegenüber der Bewegungsregelgruppe in der Geschwindigkeit schneller (Masters et al., in Druck). Bei einer zu hohen Geschwindigkeit steigt die Komponentenanzahl (Raab & Bert, 2001).

---

Zusätzliche Bewegungsanalysen zeigen, dass die Analogiegruppe eine steilere Schlagbewegung zeigt.

*Neue Erkenntnisse* dieser Untersuchung sind, dass bei der abhängigen Variablen „verbalisierbares Wissen“ die Kontrollgruppe im Mittel nur gering von der Analogiegruppe abweicht, obwohl diese keine Instruktion erhielt. Ebenso ist neu, dass sich die Komplexität der Entscheidungsaufgaben nur gering unterscheiden. Dies steht im Gegensatz zu den Untersuchungen von Poolton et al. (2006). In der Studie II werden die Aspekte aufgegriffen, indem erneut eine Analogie-, Bewegungsregel- und Kontrollgruppe bezüglich des verbalisierbaren Wissens verglichen wird. Zusätzlich sollen die Entscheidungsaufgaben differenziert werden, sodass ein Unterschied zwischen geringer und hoher Komplexität deutlich wird. Weitere Analysen zur Bewegungsgeschwindigkeit zeigen, dass in der Lern- und Testphase die Analogiegruppe eine überwiegend höhere Geschwindigkeit zeigt. Das deutet darauf hin, dass die Analogiegruppe bei einer besseren Trefferleistung eine schnellere Armbewegung vorgibt. Im Transfer- und Entscheidungstest zeigen beide Gruppen eine negative Abhängigkeit der Geschwindigkeit zur Trefferzahl. Dies kann eine abnehmende Treffergenauigkeit durch eine stressinduzierte Zunahme an der Bewegungsgeschwindigkeit implizieren. Der Ellenbogenbereich stellt in beiden Gruppen einen kritischen Bereich der Bewegung dar. Zieht der Ellenbogen zu schnell in die Schlagposition, treffen die Anfänger schlechter.

*Zukünftige Forschungen* sollten drei Ansätze verfolgen. Erstens sollten aufgrund der Ergebnisse dieser Studie verstärkt Kontrollgruppen eingebunden werden, da diese beispielsweise beim verbalisierbaren Wissen ähnliche Befunde wie die Analogiegruppe aufzeigen. Zweitens sollten zukünftige Forschungen die Manipulation der Entscheidungsaufgaben differenzieren, da Studie I und bisherige Studien mit Entscheidungsaufgaben in Teilbereichen nicht übereinstimmen. Möglicherweise sind die divergierenden Ergebnismuster auf den Einsatz verschiedener Entscheidungsaufgaben zurückzuführen. Beispielsweise finden sich in der psychologischen impliziten Lernforschung Studien, die die Komplexität der Aufgaben nur durch Strukturierung des Aufgabenmaterials erwirken (wie in dieser Studie ebenfalls eingesetzt). Da bei motorischen Lernaufgaben unter Anfängern die Aufmerksamkeit vermutlich auch auf der Bewegungskontrolle liegt, könnten Differenzierungen in den Entscheidungsaufgaben von diesen Effekten stärker beeinflusst sein als bei kognitiven Aufgaben. Zusätzliche Manipulationen der Komplexität der Aufgaben und längere Testphasen könnten mögliche Erklärungen liefern. Ein dritter Untersuchungsaspekt wäre die Parallelisierung des Technik- und Taktikentscheidungsstrainings in der Lernphase. Zu prüfen wäre dabei eine mögliche Überlegenheit der Analogiegruppe bereits in der Lernphase.

Zusammenfassend wird in der ersten Studie gezeigt, dass Instruktionen das Lernen beeinflussen und in spezifischer Form unterschiedlich auf Anfänger wirken. Die geforderte Begriffsklärung von Analogien (Volger, 1999) lässt sich in diesem Sinne einschränken, so dass für die *Praxis* Analogieinstruktionen für das Erlernen einer

Bewegung dann vorzuziehen sind, wenn die Bewegung stabil unter verschiedenen Lernbedingungen angewendet werden soll.

### 5.3.4 Studie II

Das Ziel dieser Untersuchung ist eine Überprüfung und Erweiterung der Forschungsergebnisse der Studie I. Es soll der Frage nachgegangen werden, ob die Analogie- oder Bewegungsregelgruppe eine stabilere Treffer- und Bewegungsleistung zeigt, wenn bereits in der Lernphase Entscheidungsaufgaben eingebunden werden. Hierzu sollen das Technik- und Taktikentscheidungsstraining in der Lernphase verbunden und die resultierenden Bewegungsmerkmale gemessen werden.

Die Ergebnisse verdeutlichen bereits in der Lernphase eine stabilere und bessere Trefferleistung der Analogiegruppe. Bezüglich des verbalisierbaren Wissens zeigt die Bewegungsregelgruppe die beste Leistung, wohingegen sich die Analogie- und Kontrollgruppe, wie in Studie I, nicht voneinander unterscheiden (Liao & Masters, 2001). Die Bewegungsanalyse zeigt einen größeren Winkel  $\alpha$  und somit eine steilere Bewegung wie auch eine langsamere Schlagbewegung der Analogiegruppe im Gegensatz zur Bewegungsregelgruppe.

*Neue Erkenntnisse* dieser Untersuchung sind, dass sich die Komplexität der Entscheidungsaufgaben unterscheiden. In Studie I konnte dieser Effekt nicht dargestellt werden. Aufgrund dessen wurde die Komplexität in Studie II erhöht und ein Blockunterschied sichtbar (Poolton et al., 2006). Zusätzlich liefert Studie II neue Erkenntnisse bezogen auf die Gesamtzeit der Ausholbewegung. Die Analogiegruppe zeigt eine signifikant langsamere Ausholbewegung als die anderen Gruppen ( $F(2, 28) = 62.29$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .8$ ; Analogiegruppe:  $M = 784.0$ ;  $SD = 57.0$ , Bewegungsregelgruppe:  $M = 740.5$ ;  $SD = 179.4$  und Kontrollgruppe:  $M = 571.0$ ;  $SD = 106.8$ ). Die in Studie I entworfene Begriffsklärung „Für die Praxis sind Analogieinstruktionen für das Erlernen einer Bewegung dann vorzuziehen, wenn die Bewegung stabil unter verschiedenen Lernbedingungen angewendet werden soll“ kann bestätigt und erweitert werden (siehe Kapitel 5.3.3). Bei der Verbindung von Technik- und Taktikentscheidungsstraining ist die Verwendung von Analogien dann effektiv, wenn zu Beginn eine langsame, stabile und somit kontrollierte Bewegung implementiert wird.

In *zukünftigen Forschungen* sollte der Ansatzpunkt verfolgt werden, die gefundenen Effekte auf den Leistungssport zu übertragen. Alle bisherigen Studien wurden mit mittleren Leistungsstufen oder Anfängern realisiert (siehe Studie III; Raab/Tielemann BISp 070708/06-07).

Wie von Roth (2005a) gefordert, trägt die Forschung zusammenfassend einen Teil dazu bei, das Technik- mit dem Taktiktraining zu verbinden. Zudem wird die empirische und theoretische Analyse von Instruktionen und Analogien im motorischen Lernen

---

aufgegriffen (Hänsel, 2002; Munzert, 1997). Es wird gezeigt, dass Instruktionen das Lernen bei Tischtennisanfängern unterschiedlich beeinflussen. Analogien wirken leistungsstabiler bei Entscheidungsaufgaben, wenn diese mit in das Techniktraining integriert oder anschließend in einer Testphase überprüft werden (Poolton et al., 2006).

### **5.3.5 Studie III**

Ziel dieser Untersuchung ist es, das Technik- und Taktiktraining beim deutschen Tischtennisnachwuchs in Kooperation mit dem DTTB zu untersuchen. Es soll der Fragestellung nachgegangen werden, ob sich die Leistung von Experten effektiver mit Analogien oder Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln steigern lässt. Dabei handelt es sich um Instruktionen zum Handgelenk- und Unterarmeinsatz beim Vorhand-Topspin in Abhängigkeit von unterschiedlichen Zuspielmöglichkeiten.

Die Bewegungsregelgruppe zeigt nach einer vierwöchigen Trainingsphase eine bessere Trefferleistung mit einer schnelleren Bewegungsgeschwindigkeit als die Analogiegruppe. Auch bei Entscheidungsaufgaben wurde das Ergebnis bestätigt. Zudem kann die Bewegungsregelgruppe mehr Wissen zu den Mechanismen des Vorhand-Topspins verbalisieren.

*Weitere Ergebnisse* der Untersuchung zeigen, dass sich beide Gruppen über den Trainingszeitraum nicht signifikant verbessern. Eine mögliche Begründung ist in der für den Leistungssport zu geringen Verbesserungszeit von vier Wochen zu sehen (Deckeneffekt). Zudem wurde parallel das reguläre Technik-, Taktik- und Individualtraining durchgeführt, um anstehende Wettkämpfe erfolgreich bestreiten zu können. Dies könnte die Testleistung beeinflusst haben. Vom Post- zum Retentionstest bricht die Leistung in beiden Gruppen nur tendenziell ein. Die Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant, wobei die Bewegungsregelgruppe deskriptiv stärker einbricht. Für weitere Schlussfolgerungen wäre ein zweiter Retentionstest notwendig. So könnte geklärt werden, ob es sich um eine Tendenz eines stärkeren Leistungseinbruchs der Bewegungsgruppe oder um einen nicht nur zufälligen Unterschied handelt.

*Für die Zukunft* sind drei wesentliche Punkte hervorzuheben. Erstens wäre es sinnvoll, im Verlauf einen weiteren Retentionstest durchzuführen. Dabei könnte die langfristige Entwicklung des Lernprozesses überprüft werden. Leider konnte dies im Rahmen des Forschungsprojektes nicht realisiert werden, da die Leistungsgruppen des DTTB nicht mehr zur Verfügung standen. Zweitens sollte die Komplexität der Entscheidungsaufgaben bei Leistungssportlern erhöht werden. Innerhalb dieser Untersuchung wurde kein Unterschied bezüglich der Entscheidungskomplexität sichtbar. Drittens wäre es wünschenswert, den Untersuchungsansatz auf andere Leistungssportarten ausweiten zu können.

Zusammenfassend zeigt Studie III, dass Instruktionen das Lernen von Experten beeinflussen und unterschiedlich wirken. Ebenso verdeutlicht die Untersuchung, dass Experten nicht wie Anfänger mit impliziten Analogien, sondern explizit mit Hilfe von Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln ihre Treffer- und Bewegungsleistung effektiver verbessern.

### 5.3.6 Von SMART zu SMARTIES

Das Modell SMART beschreibt Lern- und Entscheidungsprozesse mit expliziten Top-down- und impliziten Bottom-up-Prozessen. Außerdem wird die Zusatzannahme der Interaktion der Lernprozesse mit der Komplexität der Entscheidungssituation ergänzt. Die Ergebnisse der Forschungsreihe von Raab (2001) verdeutlichen, dass implizite und explizite Strategien zur Entscheidungsauswahl nicht per se gut oder schlecht sind, sondern in Abhängigkeit der Situation zu vorhersagbaren Entscheidungsqualitäten führen (Raab, 2001). Die Konzeption der vorliegenden empirischen Forschungsreihe basiert auf der Grundlage des Modells SMART. Jedoch dient sie nicht, wie das Modell SMART, zur Anwendung in den Sportspielen. Im Rahmen dieser Arbeit soll das Modell auf das Bewegungslernen übertragen werden. Es ist das Ziel, die impliziten Lernprozesse mit Hilfe von Analogien und die expliziten Lernprozesse mit Hilfe von Bewegungsregeln zu untersuchen. Zudem soll neben dem Faktor der situationsspezifischen Komplexität von Entscheidungsaufgaben der Faktor der Expertise herangezogen werden. Mit der Erweiterung des Modells wird der Frage nachgegangen, ob die unterschiedlichen Lernprozesse ebenso eine Abhängigkeit zum Leistungsstand der Anfänger oder Experten zeigen?

Zusammenfassend werden instruierte Analogien für das implizite und Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln für das explizite Lernen herangezogen. Die Entscheidungsaufgaben unterliegen unterschiedlicher Komplexität und werden mit Wenn-Dann-Regeln dargelegt. Der Expertisegrad gliedert sich in Tischtennis-Anfänger und -Experten. Die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes bestätigen in drei Untersuchungen eine Interaktion zwischen impliziten wie auch expliziten *Lernprozessen und Entscheidungsaufgaben*. Die Abhängigkeit zur *Komplexität* bei Entscheidungsaufgaben kann in Studie II bestätigt werden. In Studie I und III wird die hohe Komplexität von den Trainern als zu gering interpretiert. Wichtig erscheint jedoch in diesem Zusammenhang, dass implizite und explizite Strategien zur Entscheidungsauswahl nicht nur von der Komplexität der Aufgabe abhängen, sondern ebenso der Leistungsgrad des Spielers entscheidend ist. Die Ergebnisse zeigen, dass die motorischen Leistungen besser sind, wenn Anfänger impliziten und Experten expliziten Lernprozessen ausgesetzt werden.

Abbildung 34 verdeutlicht die Erweiterung des Modells SMART aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Forschungsreihe. Zwischen dem impliziten und expliziten Lernprozess besteht eine Interaktion. Für die Lernprozesse werden an dieser Stelle Analogien

---

beziehungsweise Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln verwendet. Die Lernprozesse unterliegen zwei weiteren Wechselbeziehungen. Diese liegen zum einen in der Komplexität von Entscheidungsaufgaben und zum anderen im Leistungsstand des Spielers. Beide Faktoren stehen weitergehend in enger Relation zu der Verhaltenskonsequenz. In diesem Sinne wird das Modell SMART (Situation Model of Anticipated Response consequences in Tactical decisions) in das Modell SMARTIES (Situation Model of Anticipated Response consequences in Tactical decisions In Expertise Standard) erweitert.

*Für die Zukunft* sollte an dieser Stelle überprüft werden, ob die Komplexität der Entscheidungsaufgabe ebenso vom Leistungsgrad der Sportler abhängig ist.

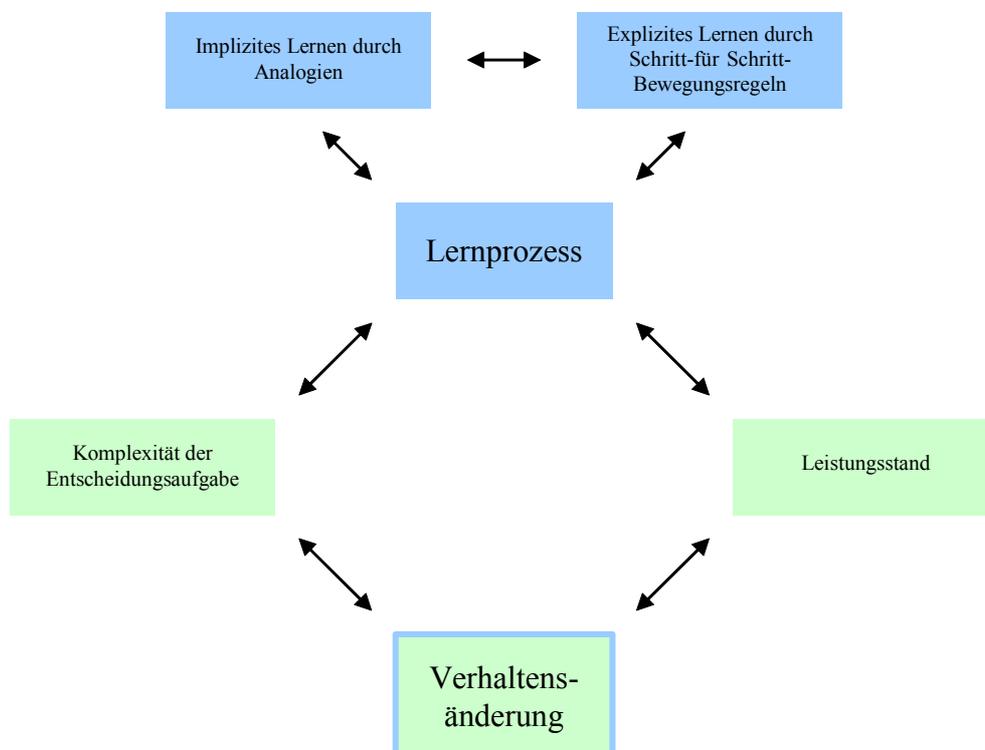


Abbildung 34: Modell SMARTIES

## 6 Zusammenfassung

Der Einfluss von Instruktionen auf das motorische Lernen bei Anfängern und Experten ist in der Sportwissenschaft unzureichend fundiert. Das Forschungsprojekt basiert auf dem Modell SMART und bezieht sich auf die Fragestellung, ob die motorische Leistung von Anfängern und Experten im Tischtennis durch eine einzelne instruierte Analogie oder durch mehrere Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln verbessert wird. Erste Hinweise sollen an dieser Stelle *überprüft* und *erweitert* werden (vgl. Liao & Masters, 2001; Masters et al., in Druck; Poolton et al., 2006). Grundsätzlich wird in dem vorliegenden Forschungsprogramm angenommen, dass Analogieinstruktionen zu besseren motorischen Leistungen bei Anfängern und Bewegungsregeln zur Leistungssteigerung bei Experten führen.

Zusammenfassend realisiert das Forschungsprogramm erstens ein meta-analytisches Verfahren. Untersuchungen von Analogien im Sport werden zusammengefasst und ein positiver Effekt von Analogien im Gegensatz zu Bewegungsregeln abgeleitet. Zweitens trägt das Forschungsprojekt einen Teil dazu bei, die empirische und theoretische Analyse von Instruktionen und Analogien in Bezug auf das motorische Lernen innerhalb der Sportwissenschaft zu vertiefen (vgl. Hänsel, 2002; Munzert, 1997). Die Ergebnisse des Forschungsprogramms zeigen, dass Instruktionen das Lernen effektiv beeinflussen und je nach Instruktion unterschiedlich auf Anfänger und Experten wirken. Analogien zeigten bereits Vorzüge bezüglich der Konkretisierungsfähigkeit (Ringelband, 1992), der Kommunikation (Mickler, 1997) oder der Stabilität der motorischen Leistung bei Entscheidungsaufgaben (Masters et al., in Druck). Das erweiterte Modell SMARTIES zeigt zudem einen Leistungsvorteil, wenn Analogien bei Anfängern instruiert werden. Eine positive Verhaltensänderung erfolgt durch die Aktivierung des impliziten Lernprozesses. Drittens wird der Untersuchungsschwerpunkt auf den Leistungssport übertragen. SMARTIES verdeutlicht an dieser Stelle eine bessere motorische Leistung, wenn Experten mit Hilfe von Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln instruiert werden. Dieses spiegelt die Vorteile des impliziten Lernens bei Anfängern (Liao & Masters, 2001) wie auch die Vorzüge der internalen Aufmerksamkeitsfokussierung bei Experten wider (Beilock & Carr, 2001). Das Modell SMART kann in dem Sinne erweitert werden, dass motorische Lernprozesse neben der Komplexität von Entscheidungen zusätzlich vom Leistungsgrad abhängig sind. Viertens zeigt die Bewegungsanalyse eine neue Forschungsmöglichkeit in der Sportmotorik. Fünftens geben die Studien einen Einblick in die Verbindung von Technik- und Taktiktraining, welche über die Arbeiten von Raab (2001) und Roth (1989) hinausgehen und den DTTB-Rahmentrainingsplan erweitern sollen.

## 7     **Ausblick**

Der Rahmentrainingsplan des DTTB sieht unter anderem einen langfristigen und entwicklungsgemäßen Leistungsaufbau von Kreativspielern vor. Mit den neuen Erkenntnissen, dass im Leistungssport Schritt-für-Schritt-Bewegungsregeln und bei Anfängern Analogien für die gezielte Umsetzung Leistungsvorteile zeigen, soll *für die Zukunft* der Rahmentrainingsplan mit Hilfe des DTTB erweitert werden. Es soll den Trainern die Möglichkeit geboten werden, frühzeitig gezielte Trainingseffekte zu erreichen. Es wäre als weitere Forschungsstrategie interessant, die vorgestellten Ergebnisse auf eine langfristige Nachwuchsbetreuung im Anfänger- und Fortgeschrittenenbereich zu übertragen. Weiterhin bleibt es zukünftiger Forschung und Praxis überlassen, welche Ähnlichkeiten und Differenzen der Instruktionen und Lernprozesse sich langfristig als wissenschaftlich und für die Anwendung praktikabel erweisen. Ziel weiterer Forschung könnte es sein, ähnliche Instruktionen für unterschiedliche Lernprozesse zu entwickeln, um Trainern eine greifbare Hilfestellung für die Auswahl von Instruktion zu ermöglichen. Ebenso sei es in weiteren Forschungen zu begrüßen, die Effekte von Instruktionen auf andere Sportarten zu übertragen.

## 8 Literaturverzeichnis

- Arnold, A., Raab, M. & Tielemann, N. (in Revision). Implizites motorisches Lernen durch externale Aufmerksamkeitsfokussierungen? E-Journal Bewegung und Training.
- Ashford, D., Davids, K. & Bennett, S. (2007). Developmental effects influencing observational modelling: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 25, 547-558.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, N. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt; Rinehart and Winston.
- Axelrod, J. (1979). Word analogies: an overlook reading aid. *Reading horizons*, 19, 232-234.
- Beelmann, A. & Bliesener, T. (1994). Aktuelle Probleme und Strategien der Meta-Analyse. *Psychologische Rundschau*, 45, 211-233.
- Beilock, S. L. & Carr, T. H. (2001). On the fragility of skilled performance: What governs choking under pressure? *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 701-725.
- Berthouze, L., & Lungarella, M. (2004). Motor skill acquisition under environmental perturbations: On the necessity of alternate freezing and freeing of degrees of freedom. *Adaptive Behavior*, 12, 47-63.
- Bootsma, R. J., Houbiers, M. H. J., Whiting, H. T. A. & van Wieringen, P. C. W. (1991). Acquiring an attacking forehand drive: The effects of static and dynamic environmental conditions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62, 276-284
- Bootsma, R.J. & van Wieringen, P.C.W. (1988). Visual control of an attacking forehand drive in table-tennis. In O.G. Meijer & K. Roth (Hrsg.), *Complex Movement Behaviour: The motor-action controversy* (S. 189-199). North Holland: Elsevier Science Ltd.
- Born, A. (1994). Taktisches Handeln und Taktiktraining – Organisationsebenen und Organisationsprinzipien. In R. Brack, A. Hohmann & H. Wieland (Hrsg.) *Trainingssteuerung* (231-237). Stuttgart.
- Bortz, J. & Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin: Springer.
- Bös, K., Hänsel, F. Schott, N. (2004). *Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft*. Planung – Auswertung – Statistik. Hamburg: Czwalina.
- Cooper, H. & Hedges, L. V. (1994). *The Handbook of Research Synthesis*. New York: Russell Sage.
- Daffertshofer, A., Lamoth, C. J. C., Meijer, O. G. & Beek, P. J. (2004). PCA in studying coordination and variability: A tutorial. *Journal of Clinical Biomechanics*, 19, 415-428.
- Drinkmann, A. (1990). *Methodenkritische Untersuchungen zur Metaanalyse*. Weinheim: Deutscher Studienverlag.

- DTTB (Hrsg.). (2001a). *Tischtennis Lehrplan 2000: Balleimertraining*. Frankfurt a. M.: Eigenverlag DTTB.
- DTTB (Hrsg.). (2001b). *Tischtennis Lehrplan 2000: Schlagtechnik und Beinarbeit*. Frankfurt a. M.: Eigenverlag DTTB.
- DTTB (Hrsg.). (2003). *Rahmentrainingsplan Tischtennis des DTTB*. Frankfurt a. M.: Eigenverlag DTTB.
- Dober, R. (2004). Tischtennis in der Schule. Schlagtechniken - Grundschnläge. Verfügbar unter: <http://www.sportunterricht.de/tischtennis/topspaetab.html>. [31.01.2004].
- Ernst, M. (1994). *Wahrnehmung, Antizipation und Reaktion im Tischtennis*. Trainerbrief, 4, 6-25.
- Fricke, R. & Treinies, G. (1985). *Einführung in die Meta-Analyse*. Bern: Huber.
- Göhner, U. (1992). *Bewegungslehre des Sports*. Teil 1: Die sportlichen Bewegungen. Schorndorf: Hofmann.
- Griffin, L. A., Mitchell, S. A. & Oslin, J. L. (1997). *Teaching Sport Concepts and Skills: A Tactical Games Approach Champaign*. Illinois.: Human Kinetics.
- Gröben, B. (2000). Sprache als Medium – Wirkdimensionen verbaler Instruktionen im Bewegungsunterricht. In H. Altenberger, A. Hotz, U. Hanke & K. Schmitt (Hrsg.), *Medien und Sport – zwischen Phänomen und Virtualität* (S. 50-66). Schorndorf: Hofmann.
- Haase, H. & Hänsel, F. (1996). Psychologische Aspekte des Techniktrainings. *Leistungssport*, 26, 47-51.
- Hänsel, F. (2002). *Instruktionspsychologie motorischen Lernens*. Frankfurt am Main: Lang.
- Hänsel, F. (2003). Instruktionen. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft – Bewegungslehre* (S. 265-280). Schorndorf: Hofmann.
- Hayes, N. A. & Broadbent, D. E. (1988). Two modes of learning for interactive tasks. *Cognition*, 28, 249-276.
- Heckhausen, H. (1980). Ein kognitives Motivationsmodell und die Verankerung von Motivkonstrukten. In: H. Lenk (Hrsg.), *Handlungstheorien interdisziplinär*, (S. 283-252). München: Fink.
- Hodges, N. J. & Franks, I. M. (2002). Modelling coaching practice: The role of instruction and demonstration. *Journal of Sports Sciences*, 20, 793-811.
- Hohmann, A. & Lames, M. (2005). Trainings- und Wettspielanalyse. In: A. Hoffmann, M. Kolb & K. Roth (Hrsg.), *Handbuch Sportspiel*. (S. 376-394). Schorndorf: Hofmann.
- Hohmann, A.; Lames, M. & Letzelter, M. (2003). Trainingswissenschaft und Trainingslehre – Popper und die Russen. *Leistungssport*. 33, 1, 5-10.
- Huys, R., Daffertshofer, A. & Beek, P. J. (2004). Multiple time scales and multiform dynamics in learning to juggle. *Motor Control*, 8, 188-212.

- Ignoffo, M. F. (1980). The thread of thought: analogies as a vocabulary method. *Journal of Reading*, 23, 519-521.
- Iino, Y., Mori, T. & Kojima, T. (2007). Contribution of upper limb rotations to racket velocity in table tennis backhands against topspin and backspin. *Journal of Sports Sciences*, 26, 287-293.
- Kasai, J. & Mori, T. (1998). A qualitative 3D analysis of forehand strokes in table tennis. In: A. Lees, M. Reilly, I. Maynard & M. Hughes (Hrsg.). *Science and racket sports II* (S. 201-205). London: E & FN Spon.
- Kibele, A. (2003). Implizites Lernen. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch für Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (S. 243-261). Schorndorf: Hofmann.
- Koejidikier, J. M., Oudejeans R. R. D. & Beek P. J. (2007). Explicit rules and direction of attention in learning and performing the table tennis forehand. *International Journal of Sport Psychology*, 38, 227-244.
- Kreidler, H. (1970). Richtige Voraussetzung, angemessene Analogie?. *Die Leibeseziehung*, 9, 313-314.
- Kröger, C. & Roth, K. (1999). *Ballschule: Ein ABC für Spielanfänger*. Schorndorf: Hofmann.
- Kuhl, J. (1983). Leistungsmotivation: Neue Entwicklungen aus modelltheoretischer Sicht. In: H. Thoma (Hrsg.), *Psychologie der Motive. Themenbereich C: Motivation und Emotion* (S. 505-624). Göttingen: Hogrefe.
- Liao, C. M. & Masters, R. S. W. (2001). Analogy learning: A means to implicit motor learning. *Journal of Sports Sciences*, 19, 307-319.
- Lipsey, M. W. & Wilson, D. B. (2001). *Practical Meta-Analysis*. Thousand Oaks: Sage.
- Magill, R. A. (1998). Knowledge is more than we can talk about: implicit learning in motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and sport*, 69, 2, 104-110.
- Mann, D. T. Y., Williams, M. Ward, P. & Janelle C. M. (2007). Perceptual-Cognitive Expertise in Sport: A Meta-Analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29, 457-478.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1991). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Masters, R. S. W. (2000). Theoretical Aspects of implicit learning in sports. *International Journal of Sport Psychology*, 31, 530-541.
- Masters, R. S. W., Poolton, J. M., Maxwell, J. P. & Raab, M. (in Druck). Implicit motor learning and complex decision making in time constrained environments. *Journal of Motor Behavior*.
- Maurer, H. (2003). Effektivität von beidseitigem Üben beim Erlernen der Rückhand-Kontertechnik im Tischtennis. *Electronical Journal: Motor Control and Motor Learning* (ites.com).
- Maurus, P. (1996). *Vergleichende Untersuchungen zu metaphorischen Instruktionen beim Bewegungslernen*. Sankt Augustin: Academia Verlag.
-

- Maxwell, J. P., Masters, R. S. W. & Kerr, E. & Weedon, E. (2001). The implicit benefit of learning without errors. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54, 1049-1069.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (2007). *Bewegungslehre Sportmotorik*. Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischen Aspekt. Aachen: Meyer & Meyer.
- Mickler, W. (1997). Die Nutzung von Metaphern zur Erfassung interner Repräsentationen im Skisprung. In J. R. Nitsch, H. de Marées & J. Mester (Hrsg.), *Techniktraining* (S. 501-521). Schorndorf: Hofmann.
- Miethling, W.-D. & Perl, J. (1985). Entwicklung optimaler Strategien am Beispiel von Badminton und Tennis. *Sportwissenschaft* 15, 170-182.
- Munzert, J. (1997). *Sprache und Bewegungsorganisation*. Untersuchungen zur Selbstinstruktion beim Bewegungslernen. Schorndorf: Hofmann.
- Munzert, J. & Maurer, H. (2007). Instruktionen, Übung, Feedback – Schlüsselvariablen auf dem Weg zur motorischen Expertise. In N. Hagemann, M. Tietjens & B. Strauß (Hrsg.), *Psychologie der sportlichen Höchstleistung*. (S. 192-217). Göttingen: Hogrefe.
- Newell, K. M., Lui, Y. T. & Mayer-Kress, G. (2005). Learning in the brain-computer interface: insights about degrees of freedom and degeneracy from a landscape model of motor learning. *Cognitiv Processing*, 6, 37-47.
- Perl, J. (2001). DyCoN: *Ein neuer Ansatz zur Modellierung und Analyse von Sportspielprozessen mit Hilfe neuronaler Netze* (unveröffentlichtes Manuskript).
- Poolton, J. M., Masters, R. S. W. & Maxwell, J. P. (2006). The influence of analogy learning on decision making in table tennis: Evidence from behavioural data. *Psychology of Sport & Exercise*, 7, 677-688.
- Post, A., Daffertshofer, A. & Beek, P. J. (2000). Principal components in three-ball cascade juggling. *Biological Cybernetics*, 82, 143-152.
- Raab, M. (2001). SMART. *Techniken des Taktiktrainings – Taktiken des Techniktrainings*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Raab, M. & N. Bert (2003). *Techniktraining im Tischtennis: Intervention und Evaluation*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Raab, M. & Gigerenzer, G. (2005). Intelligence as smart heuristics. In: R. J. Sternberg, J. Davidson, & J. Pretz (Eds.), *Cognition and intelligence* (S. 188-207). Cambridge: Cambridge University Press.
- Raab, M. & Johnson, J. G. (2007). Expertise-Based Differences in Search and Option-Generation Strategies. *Journal of Experimental Psychology*. 13, 158-170.
- Raab, M., Masters R. S. W. & Maxwell, J. P. (2005). Improving the “how” and “what” decisions of elite table tennis players. *Human Movement Science*, 24, 89-99.
- Reber, A. S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 219-235.
- Riepe, L. (1993). *Taktiklernen und Medien*. Eine empirische Untersuchung im Basketball. Hamburg: Czwalina.

- Ringelband, O. (1992). *Denken in komplexen Analogien: Empirische Untersuchungen zu differentialpsychologischen Aspekten und zur Trainierbarkeit*. Hamburg: Bundeswehr Universität.
- Ripoll, H. (1989). Uncertainty and visual strategies in table tennis. *Perceptual and Motor Skills*, 68, 507-512.
- Ripoll, H. & Fleurance, P. (1988). What does keeping one's eye on the ball mean? *Ergonomics*, 31, 1647-1654.
- Rodrigues, S. T., Vickers, J. N. & Williams, A. M. (2002). Head, eye and arm coordination in table tennis. *Journal of Sports Sciences*, 20, 187-200.
- Roth, K. (1989). *Taktik im Sportspiel*. Hoffmann: Schorndorf.
- Roth, K. (1991). Entscheidungsverhalten im Sportspiel. *Sportwissenschaft*, 21, 229-246.
- Roth, K. (1996). *Techniktraining im Spitzensport*. Alltagstheorien erfolgreicher Trainer. Köln: Sport und Buch Strauss.
- Roth, K. (2005a). Taktiktraining. In: A. Hohmann, M. Kolb & K. Roth (Hrsg.). *Handbuch Sportspiel* (S. 342-349). Schorndorf: Hofmann.
- Roth, K. (2005b). Techniktraining. In: A. Hohmann, M. Kolb & K. Roth (Hrsg.). *Handbuch Sportspiel* (S. 335-341). Schorndorf: Hofmann.
- Roth, K. & Hossner E.- J. (1999). Die funktionalen Betrachtungsweisen. In K. Roth & K. Willimczik (Hrsg.). *Bewegungswissenschaft* (127-226). Hamburg.
- Rustenbach, S. J. (2003). *Metaanalyse*. Eine anwendungsorientierte Einführung. Bern: Huber.
- Schlundt, W. & Loosch, E. (1996). Zur Wirkung metaphorischer und physikalischer Instruktionen auf das Lernen von Skianfängern. In R. Daus, K. Blischke, F. Marschall & H. Müller (Hrsg.), *Kognition und Motorik* (S. 251-255). Hamburg: Czwalina.
- Schmidt, R. F. (1980) *Grundriss der Sinnensphysiologie*. Berlin: Springer.
- Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (2005). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. Illinois: Human Kinetics.
- Schnabel, G., Harre, D. & Borde, A. (1994). *Trainingswissenschaft*. Berlin.
- Sheppard, A. & Françios-Xavier, L. (2007). Expertise and the control of interception in table tennis. *European Journal of Sport Science*, 7, 213-222.
- Sorensen, V., Ingvaldsen, R. P. & Whiting, H. T. A. (2001). The application of coordination dynamics to the analysis of discrete movements using table-tennis as a paradigm skill. *Biological Cybernetics*, 85, 27-38.
- Szymanski, B. (1997). *Techniktraining in den Sportspielen – bewegungszentriert oder situationsbezogen?* Hamburg: Czwalina.
- Tyldesley, D. A. (1981). Motion prediction and movement control in fast ball games. In: I. M. Cockerill & W. W. MacGillivray (Eds.), *Vision and Sport*. (S. 91-115). Cheltenham: Stanley Thornes.
-

- Vereijken, B., van Emmerik, R. E. A., Whiting, H. T. A., Newell, K. M. (1992). Free(z)ing Degrees of Freedom in Skill Acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 24, 133-142.
- Volger, B. (1999). Über den Umgang mit Metaphern beim Lehren und Lernen von Bewegungen. In B. Heinz & R. Laging (Hrsg.), *Bewegungslernen in Erziehung und Bildung* (S. 121-129). Hamburg: Czwalina.
- Weinert, F. E. (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Serie Pädagogische Psychologie, Bd. 2: Psychologie des Lernens und der Instruktionen* (S. 1-48). Göttingen: Hogrefe.
- Wieden, W. & Hubmayer, K. (1983). Sport als Metapherspender im Englischen und Deutschen. *Salzburger Beiträge zum Sport unserer Zeit*, 9, 90-121.
- Wiemeyer, J. (1998). Schlecht üben, um gut zu lernen? Narrativer und meta-analytischer Überblick zum Kontext-Interferenz-Effekt. *Psychologie und Sport*, 3, 82-105.
- Wollny, R. (2002). *Motorische Entwicklung in der Lebensspanne: Wann lernen und optimieren manche Menschen Bewegungen besser als andere?* Schorndorf: Hofmann.
- Wulf, G. (2007). *Attention and Motor Skill Learning*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wulf, G. & Prinz, W. (2000). Bewegungslernen und Instruktionen. Zur Effektivität ausführung- und effektbezogener Aufmerksamkeitsfokussierungen. *Sportwissenschaft*, 3, 289-296.
- Wulf, G. & Prinz, W. (2001). Directing attention to movements effects enhances learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 648-660.

## 9 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Modifiziertes Modell SMART .....	13
Abbildung 2: Ausholphase des Vorhand-Topspins (DTTB, 2001b, S. 59) .....	23
Abbildung 3: Schlagphase des Vorhand-Topspins (DTTB, 2001b, S. 59) .....	23
Abbildung 4: Ausschwingphase des Vorhand-Topspins (DTTB, 2001b, S. 59) .....	24
Abbildung 5: Forschungsüberblick .....	33
Abbildung 6: Rechtwinkliges Dreieck .....	36
Abbildung 7: Strategisches Vorgehen einer Metaanalyse.....	39
Abbildung 8: Messaufnehmer des Messsystems Zebris.....	58
Abbildung 9: Elektronische Zielfelder auf den Tischhälften .....	58
Abbildung 10: Versuchsaufbau der Studie I und II.....	60
Abbildung 11: Versuchsaufbau der Studie III.....	61
Abbildung 12: Analogieinstruktion.....	62
Abbildung 13: Leitbild des Vorhand-Topspins (Dober, 2004) .....	62
Abbildung 14: Versuchsablauf der Studien I und II.....	64
Abbildung 15: Versuchsablauf der Studie III.....	67
Abbildung 16: Unterteilung der Zielfelder .....	68
Abbildung 17: Exemplarische Darstellung der gemessenen Vorwärtsschlagbewegung in Studie I und II .....	70
Abbildung 18: Exemplarische Darstellung der gemessenen Vorwärtsschlagbewegung in Studie III .....	71
Abbildung 19: Exemplarisches Vorgehen der PCA.....	73
Abbildung 20: Rechtwinkliges Dreieck .....	75
Abbildung 21: Erwartete Bewegungsveränderung dargestellt am rechtwinkligen Dreieck .....	76
Abbildung 22: Verbalisierbares Wissen der Studie I (Mittelwert und Standardfehler).....	84

---

Abbildung 23: Verbalisierbares Wissen der Studie II (Mittelwert und Standardfehler) ....	85
Abbildung 24: Verbalisierbares Wissen der Studie III (Mittelwert und Standardfehler)...	86
Abbildung 25: Trefferanzahl in der Lern- und Testphase der Studie I (Mittelwert und Standardfehler in %)	87
Abbildung 26: Trefferanzahl in der Lern- und Testphase der Studie II (Mittelwert und Standardfehler in %)	88
Abbildung 27: Trefferanzahl des Post- und Retentionstests der Studie III (Mittelwert und Standardfehler)	90
Abbildung 28: Vorhandbewegung, dargestellt an einem rechtwinkligen Dreieck in Studie I (Mittelwert und Standardfehler)	108
Abbildung 29: Vorhandbewegung, dargestellt an einem rechtwinkligen Dreieck in Studie II (Mittelwert und Standardfehler)	110
Abbildung 30: Schlägerbewegung nach der Analogie „Diskus“ in Studie III	111
Abbildung 31: Schlägerbewegung nach der Analogie „Soldat“ in Studie III	112
Abbildung 32: Schlägerbewegung nach der Analogie „Streicheln“ in Studie III	113
Abbildung 33: Vorhandbewegung, dargestellt an einem rechtwinkligen Dreieck in Studie III (Mittelwert und Standardfehler)	116
Abbildung 34: Modell SMARTIES	126

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Forschungsüberblick zum expliziten und impliziten Lernen und zu Analogien	20
Tabelle 2: Trainingsstufen des DTTB-Rahmenkonzeptes. ....	29
Tabelle 3: Ausgewählte Veröffentlichungen als Grundlage der Metaanalyse .....	41
Tabelle 4: Kodierungsmerkmale und Moderatorvariablen 1 – 7 der Metaanalyse .....	42
Tabelle 5: Kodierungsmerkmale und Moderatorvariablen 8 – 12 der Metaanalyse .....	44
Tabelle 6: Ergebnisse der Hauptanalyse.....	46
Tabelle 7: Ergebnisse der Moderatorvariablen „abhängige Variable“ .....	47
Tabelle 8: Ergebnisse der Moderatorvariablen „Sportart“ .....	49
Tabelle 9: Ergebnisse der Moderatorvariablen „Lern- und Testphase“ .....	50
Tabelle 10: Deskriptive Individualmerkmale der Leistungssportler .....	55
Tabelle 11: Trainingsumfang der Leistungssportler .....	56
Tabelle 12: Instruktionen der Analogiegruppe.....	65
Tabelle 13: Instruktionen der Bewegungsregelgruppe.....	66
Tabelle 14: Kodierung der digitalen Eingänge.....	69
Tabelle 15: Aufbauplan der Apparaturen .....	79
Tabelle 16: Trefferleistung der Studie III (F-, p- und $n^2$ -Wert) .....	90
Tabelle 17: Trefferleistung der Studie I (F-, p- und $n^2$ -Wert) .....	91
Tabelle 18: Trefferleistung der Studie II (F-, p- und $n^2$ -Wert).....	92
Tabelle 19: Trefferleistung innerhalb der Entscheidungsblöcke 4 und 5 der Studie III (F-, p- und $n^2$ -Wert) .....	92
Tabelle 20: Gruppen- und Blockunterschied für die Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung in der Lernphase der Studie I (F- und p-Wert).....	93
Tabelle 21: Geschwindigkeit und Amplitude der einzelnen Mikrofone in der x-, y- und z-Ebene in Studie I (Mittelwert und Standardabweichung) .....	94
Tabelle 22: Gruppen- und Blockunterschied für die Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung in der Lernphase der Studie II (F- und p-Wert) .....	96

Tabelle 23: Geschwindigkeit und Amplitude der einzelnen Mikrofone in der x-, y- und z-Ebene in Studie II (Mittelwert und Standardabweichung) .....	97
Tabelle 24: Gruppen- und Blockunterschied für die Geschwindigkeit und Amplitude der Bewegung in der Studie III (F- und p-Wert).....	99
Tabelle 25: Geschwindigkeit der einzelnen Mikrofone in der x-, y- und z-Ebene in Studie III (Mittelwert und Standardabweichung).....	100
Tabelle 26: Amplitude der einzelnen Mikrofone in der x-, y- und z-Ebene in Studie III (Mittelwert und Standardabweichung).....	102
Tabelle 27: Gruppenunterschied für die Geschwindigkeit der Mikrofone in Studie III (F- und p-Wert) .....	103
Tabelle 28: Komponentenanzahl in Studie III .....	105
Tabelle 29: Bewegungspunkte der Hauptkomponente in Studie III (Mittelwert und Standardabweichung).....	106
Tabelle 30: Gruppenunterschied des minimalen und maximalen Wertes der Schlagbewegung in Studie I (t- und p-Wert) .....	107
Tabelle 31: Winkel $\alpha$ , $\beta$ und $\gamma$ in Studie I .....	108
Tabelle 32: Gruppenunterschied des minimalen und maximalen Wertes der Schlagbewegung in Studie II (t- und p-Wert).....	109
Tabelle 33: Winkel $\alpha$ , $\beta$ und $\gamma$ in Studie II.....	109
Tabelle 34: Blockunterschied der Schlägerbewegungen „Diskus“, „Soldat“ und „Streicheln“ in Studie III.....	113
Tabelle 35: Gruppenunterschied des minimalen und maximalen Wertes der Schlagbewegung in Studie III (t- und p-Wert).....	114
Tabelle 36: Winkel $\alpha$ , $\beta$ und $\gamma$ in Studie III.....	115

## **Anhang**

### **Selbstständigkeitserklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die beiliegende Promotionsarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde anderweitig noch nicht als Dissertation eingereicht. Die dem angestrebten Verfahren zugrunde liegende Promotionsordnung ist mir bekannt.

Nele Tielemann,

Flensburg, den 14.01.2008