

**Psychischer Druck, Aufmerksamkeitslenkung und
sportliche Leistung**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Philosophie des Fachbereichs Psychologie und Sportwissenschaft
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Heiko Maurer

aus Gießen

2007

Dekan: Prof. Dr. Joachim Clemens Brunstein

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Jörn Munzert

2. Berichterstatter: PD Dr. Hermann Müller

Tag der Disputation: 04.09.2007

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Druck und sportliche Leistung	12
2.1	<i>Choking under Pressure</i>	12
2.2	<i>Zusammenhang von Druck und motorischer Leistung</i>	14
3	Erklärungsansätze für Leistungseinbußen in Drucksituationen	17
3.1	<i>Historischer Überblick</i>	17
3.2	<i>Distraction Theories</i>	20
3.3	<i>Explicit Monitoring Theories</i>	22
3.3.1	Ausführungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung	22
3.3.2	Internale und externale Aufmerksamkeitslenkung	25
3.3.3	Aufmerksamkeit und Handlungskontrolle	29
3.3.4	Aufmerksamkeitslenkung in Drucksituationen	37
3.4	<i>Neuromotor Noise Theory</i>	41
3.5	<i>Fazit</i>	45
4	Druck und Veränderungen der Bewegungsausführung	47
4.1	<i>Free(z)ing degrees of freedom</i>	47
4.2	<i>Faktoren der Trefferleistung</i>	53
4.3	<i>Studien zur Veränderung des Bewegungsverhaltens in Drucksituationen</i>	58
4.4	<i>Fazit</i>	60
5	Untersuchung I – Druck und Aufmerksamkeitslenkung	62
5.1	<i>Untersuchungsziele</i>	62
5.2	<i>Hypothesen</i>	63
5.3	<i>Untersuchungsmethodik</i>	63
5.3.1	Bewegungsaufgabe	63
5.3.2	Versuchspersonen	64
5.3.3	Versuchsplan	64
5.3.4	Versuchsaufbau	65
5.3.5	Versuchsablauf	66
5.3.6	Datenerfassung	68
5.3.7	Datenanalyse	71
5.3.8	Angaben zu den statistischen Analysen	75
5.4	<i>Ergebnisse</i>	76
5.4.1	Angaben zu den Treatmentbedingungen	76
5.4.2	Trefferleistung	77
5.4.3	Kinematische Daten	79
5.4.4	Post-hoc-Analysen und Einzelfallbetrachtungen	83
5.5	<i>Diskussion</i>	85

6	Untersuchung II – Vertrautheit des Aufmerksamkeitsfokus	90
6.1	<i>Untersuchungsziele</i>	90
6.2	<i>Hypothesen</i>	91
6.3	<i>Untersuchungsmethodik</i>	91
6.3.1	Versuchspersonen	92
6.3.2	Versuchsplan	92
6.3.3	Versuchsaufbau	92
6.3.4	Versuchsablauf	92
6.3.5	Datenerfassung	93
6.4	<i>Ergebnisse</i>	94
6.4.1	Angaben zu den Aufmerksamkeitsbedingungen	94
6.4.2	Trefferleistung	95
6.4.3	Kinematische Daten	97
6.5	<i>Diskussion</i>	98
7	Zusammenfassung und Ausblick	101
8	Literatur	105
	Anhang	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umgekehrte U-Hypothese (Woodman & Hardy, 2001, p. 293).....	17
Abbildung 2: Ergebnisse der Studie von Castaneda und Gray (2007, p. 70). Dargestellt sind die Daten der wenig geübten (<i>less-skilled</i>) und hochgradig geübten (<i>highly-skilled</i>) Baseball-Spieler in einer Kontroll- und den vier Aufmerksamkeitsbedingungen. Weitere Erläuterungen werden im Text vorgenommen.	28
Abbildung 3: Hypothetisches Schema der antizipativen Steuerung zielgerichteten Verhaltens (Hoffmann, 1993a, S. 46).	30
Abbildung 4: Hierarchische Strukturierung von Antizipationen bei der Planung, Ausführung und Kontrolle einer Folge von Verhaltensakten beim Modell der antizipativen Verhaltenskontrolle (Hoffmann, 1993a, S. 246).	32
Abbildung 5: Winkel-Winkel-Plots bei der Ausführung des Basketball-Freiwurfs für sechs Spielerinnen mit zunehmender Basketball-Erfahrung. Dabei ist der Ellbogenwinkel auf der Abszisse und der Handwinkel auf der Ordinate abgetragen (Button et al., 2003, p. 264).	50
Abbildung 6: Idealisierte Winkelgeschwindigkeits-Zeit-Verläufe im Hüft-, Schulter- und Ellbogengelenk bei Schlagwurfbewegungen (Menzel, 1992, S. 4).	52
Abbildung 7: Exemplarische Winkelgeschwindigkeits-Zeit-Verläufe bei einem Basketball-Freiwurf in den einzelnen Gelenken. Dargestellt ist die Streckbewegung von der Wurfauslage bis zum Verlassen des Balles der Hand.	52
Abbildung 8 a-c: Treffermenge (grau, hellgrau Ringberührung) und hypothetische Abwurfmenge beim Basketball-Freiwurf (Reiser, 2004, S. 24). Veranschaulicht werden die Nutzung der Faktoren „Stabilität des Abwurfbereichs“ (a), „Größe der Streuung“ (b) und „aufgabendienliche Kovariation“ (c). Ausführliche Erläuterungen erfolgen im Text.	55
Abbildung 9: Design von Untersuchung I. Hervorgehoben sind die beiden Serien, die in die Auswertungen einbezogen werden.	65
Abbildung 10: Schematischer Versuchsaufbau mit der Kamera zur Erfassung der Bewegung in der Wurfebene (1) und den beiden Kameras zur Erfassung des Ballfluges (2, 3) sowie des Aufnahmerechners.	66
Abbildung 11: Videometrische Erfassung der Bewegung in der Wurfebene anhand der an den Gelenken angebrachten Marker.	68
Abbildung 12: Beispielhafter Verlauf des Handgelenks in der Wurfebene. P_{\min} : Beginn der Streckbewegung in der Wurfauslage, P_{\max} : Ende der Streckbewegung, Ball hat die Hand verlassen.	69
Abbildung 13 A-B: Flugkurven einer Wurfserie bis zum Durchschneiden der Ringebene. Dargestellt sind die parabelförmigen Flugkurven in der Wurfebene (A) und die lineare seitliche Abweichung (B) für eine Serie mit 20 Würfeln.	70

Abbildung 14 A-B: Empirisch bestimmte Flugkurven (A) und neu berechnete Flugkurven nach Aufhebung der spezifischen Kopplungen innerhalb der Würfe (B).	73
Abbildung 15: Zustandsangstwerte (+SD) in Baseline- und Treatmentserie (DG = Druck-Gruppe, IG = Internal-Gruppe, EG = External-Gruppe).	76
Abbildung 16: Darstellung der Trefferleistung innerhalb der einzelnen Bedingungen anhand der mittleren Rangdaten.	78
Abbildung 17: Mittlere Korrelationswerte (Fisher-Z-Werte) (+SD) der Winkelverläufe in Knie- und Schultergelenk.	80
Abbildung 18: Mittlere Korrelationswerte (Fisher-Z-Werte) (+SD) der Winkelverläufe in Ellbogen- und Handgelenk.	80
Abbildung 19 A-D: Ausgewählte Winkel-Winkel-Verläufe für Ellbogen- und Handwinkel für jeweils eine Wurfserie von vier Spielerinnen.	81
Abbildung 20: Veränderung der Ausführungsvariabilität (+SD) von der Baseline zur Treatmentserie (operationalisiert durch die kovariationsbereinigte Ergebnisvariabilität ErwEV).	81
Abbildung 21: Veränderung bei der Nutzung aufgabendienlicher Kovariation (+SD) von der Baseline- zur Treatmentbedingung.	82
Abbildung 22 A-D: Veränderungen von der Baseline- zur Druckbedingung für die 10 Spielerinnen der Druck-Gruppe. Ansteigende Werte verdeutlichen einen Anstieg der Zustandsangst (A), der Trefferleistung (B), der Ausführungsvariabilität (C), jedoch ein Rückgang aufgabendienlicher Kovariation (D).	84
Abbildung 23: Angaben der Spielerinnen, wie gut die Fokussierung auf den jeweiligen Aspekt gelungen ist (1 = sehr gut, 10 = gar nicht).	94
Abbildung 24: Angaben der Spielerinnen, ob der jeweilige Aufmerksamkeitsfokus als störend wahrgenommen wurde (1 = gar nicht, 10 = sehr).	94
Abbildung 25: Darstellung der Trefferleistung innerhalb der Aufmerksamkeitsbedingungen anhand der mittleren Rangdaten.	96
Abbildung 26: Trefferleistung in den Aufmerksamkeitsbedingungen in Abhängigkeit der bevorzugten Aufmerksamkeitsrichtung.	97
Abbildung 27: Ausführungsvariabilität (+SD) in den unterschiedlichen Aufmerksamkeitsbedingungen (operationalisiert durch die kovariationsbereinigte Ergebnisvariabilität ErwEV).	97
Abbildung 28: Kovariation der Abwurfparameter (+SD) in den verschiedenen Aufmerksamkeitsbedingungen.	98
Abbildung 29: Kalibrierungssystem mit 24 Messpunkten zur Erfassung des Ballfluges beim Freiwurf.	118
Abbildung 30: Mittlere Eintrittspunkte der Flugkurven in die Ringebene für die Baseline-Serie der 30 Spielerinnen in Untersuchung I. Der Kreis beschreibt den Ring, die x-Richtung stellt die Wurfrichtung dar.	119

Abbildung 31: Hervorgehoben ist der Eintrittsbereich für Flugkurven des Ballmittelpunktes in die Ringebene, bei dem ein Wurf mit einem Eintrittswinkel von 40° zu einem Treffer ohne Ringberührung führt. Der äußere Kreis beschreibt den Ring, der innere Kreis hat den Radius Korbradius minus Ballradius. 120

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung von Arbeiten, die kinematische Veränderungen der Bewegungsausführung in Situationen mit erhöhtem Ausführungsdruck bzw. erhöhter Angst untersuchen.	59
Tabelle 2: Aufgeführt sind die Koeffizienten a_0 , a_1 und a_2 der Polynome zweiter Ordnung, durch die sich die in Abbildung 14 gezeigten Flugkurven beschreiben lassen. Links sind die Koeffizienten der empirisch ermittelten Originalflugkurven dargestellt. Für die Berechnung der neuen Flugkurven werden die gleichen Koeffizienten in einer neuen Zusammensetzung genutzt.	74
Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen [$^\circ$] der Bewegungsumfänge in den einzelnen Gelenken.	79
Tabelle 4: Angaben der Spielerinnen über häufig und selten genutzte Aufmerksamkeitsfokussierungen bei der Ausführung des Freiwurfs. In Klammern sind die Häufigkeiten der Nennungen aufgeführt.	94
Tabelle 5: Genauigkeit der Schätzung der kovariationsbereinigten Ergebnisvariabilität ErwEV bei zunehmender Häufigkeit der Durchführung des Permutationsverfahrens.	122

1 Einleitung

„Perl versagen Nerven in Schluss-Sekunde“¹ – Überschriften und Kommentare wie diese sind regelmäßig in Sportteilen der Tageszeitungen zu finden. Ganz offensichtlich sind wichtige Wettkampfsituationen für Athleten mit einem besonderen „Druck“ verbunden. Für die Medien, viele Zuschauer aber auch Sportlerinnen und Sportler besteht der besondere Reiz gerade in diesen kritischen Wettkampfsituationen. Während sich einige Sportler dadurch auszeichnen, auch in solch wichtigen Wettkampfsituationen einen „kühlen Kopf zu bewahren“, sind viele andere Athleten dafür bekannt, in diesen Situationen nicht ihre optimalen Leistungen abrufen zu können. Letztere werden häufig als „Trainingsweltmeister“ bezeichnet (z. B. Barkhoff, 2002; Marahrens & Keil, 2004).

Im Wettkampfsport ist das Erbringen guter Leistungen in wichtigen Wettkampfsituationen von großer Bedeutung. Folglich sind Leistungseinbrüche in Drucksituationen – im Englischsprachigen hat sich für dieses Phänomen der Begriff *choking under pressure* etabliert – von großem Interesse in der sportpsychologischen Forschung. Dies spiegelt sich auch in einer langen Forschungstradition wider, in der versucht wird, physiologische und psychologische Faktoren sowie Persönlichkeitsmerkmale zu identifizieren, die mit der Erbringung motorischer Leistungen in Verbindung stehen. Beispielhaft sei an dieser Stelle die auf Yerkes und Dodson (1908) zurückgehende klassische umgekehrte-U-Hypothese genannt (vgl. Abschnitt 3.1), die in einer Vielzahl sportpsychologischer Arbeiten aufgegriffen wurde. Dabei ist jedoch anzumerken, dass viele dieser Arbeiten zwar leistungsbeeinflussende Faktoren beschreiben, die für das Verständnis des *choking under pressure*-Phänomens erforderlichen internen Prozesse und leistungsmindernden Wirkmechanismen dabei jedoch häufig nicht spezifiziert und geprüft werden.

Erst in den letzten Jahren wurden vermehrt Untersuchungen durchgeführt, die sich den internen Prozessen widmen, durch die Leistungseinbußen in Drucksituationen verursacht werden. Im Zentrum der Überlegungen steht dabei ein auf Baumeister (1984) zurückgehender Erklärungsansatz mit der Grundannahme, dass es in besonders wichtigen Situationen zu einer Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess kommt und daraus bei hochgradig geübten Fertigkeiten eine Störung der automatisierten Ausführung resultiert. Zur Unterstützung dieser Hypothese werden zumeist indirekte Belege aus Studien zur Wirkung unterschiedlicher Aufmerksamkeitsbedingungen

¹ Gießener Anzeiger, 15.01.2007, Überschrift eines Berichts über ein Basketballspiel.

herangezogen. So lässt sich zeigen, dass sich bei geübten Fertigkeiten schlechtere Leistungen unter solchen Bedingungen ergeben, die eine Hinwendung der Aufmerksamkeit zum Ausführungsprozess erfordern (z. B. Beilock, Carr, MacMahon & Starkes, 2002a). Eine Studie von Gray (2004) liefert direkte Evidenzen für die Annahme, dass die erhöhte Bedeutung einer Situation zu einer Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess führt.

Aber auch in den neueren Arbeiten zur negativen Wirkung einer ausführungsbetonten Aufmerksamkeitslenkung wird meist nicht weiter spezifiziert, welche Veränderungen der Bewegungsausführung sich daraus ergeben und wie diese zu einer Beeinträchtigung der Leistung führen. Erste Hinweise ergeben sich aus Studien, die mittels Elektromyographie (EMG) die Muskelaktivität bei der Ausführung der Bewegung untersuchen. Bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsausführung zeigt sich hierbei ein Anstieg der Aktivität in der ausführenden Muskulatur. Dieses „Versteifen“ der Gliedmaßen kann als verminderte Nutzung von Freiheitsgraden im Bewegungsvollzug (Bernstein, 1967; Vereijken, van Emmerik, Whiting & Newell, 1992) interpretiert werden, um eine erhöhte Kontrolle der Bewegung zu erreichen. Aber auch hier bleibt zunächst die Frage offen, wie dadurch das Bewegungsergebnis negativ beeinflusst wird. Ergebnisse von Hossner (2004; siehe auch Ehrlenspiel, 2001) geben hierzu einen Hinweis. Einhergehend mit einer Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsausführung und einem Anstieg der muskulären Aktivität zeigt sich eine Abnahme kompensatorischer Prozesse. Sie untersuchen die Gelenkstellungen bei der Ausführung des Basketball-Freiwurfs und können zeigen, dass die einzelnen Gelenke so aufeinander abgestimmt werden, dass im Endpunkt der Bewegungskette hohe Konstanz resultiert. Durch eine Abnahme solcher kompensatorischen Prozesse könnten größere Ungenauigkeiten im Bewegungsergebnis entstehen.

Damit sind die zentralen Fragen der hier vorliegenden Arbeit umrissen: Durch welche Ursachen können Leistungseinbußen bei Aufgaben mit hohen Genauigkeitsanforderungen in sportlichen Drucksituationen erklärt werden und welche kinematischen Veränderungen der Bewegungsausführung sind damit verbunden?

Bei der Bearbeitung dieser Fragen werden im folgenden Kapitel zunächst grundlegende Begriffe spezifiziert und die Befundlage zu Leistungseinbußen in bedeutsamen Situationen dargestellt. In Kapitel 3 werden vorliegende Erklärungsansätze für dieses Phänomen diskutiert. Im Vordergrund steht dabei der oben beschriebene Ansatz, bei dem eine

Störung der automatisierten Ausführung durch einen ausführungsbezogenen Aufmerksamkeitsfokus angenommen wird. Es folgt eine Darstellung vorliegender Ergebnisse und eine Einordnung in Überlegungen zur Funktion der Aufmerksamkeit im Rahmen der Handlungskontrolle.

Will man verstehen, wie aus den kognitiven Prozessen Leistungseinbußen im Bewegungsergebnis resultieren, so ist – wie oben deutlich wurde – eine Erweiterung der Betrachtungen auf den Ausführungsprozess erforderlich. Dazu wird in Kapitel 4 zunächst das Freiheitsgrade-Konzept von Bernstein (1967) dargestellt, auf das sich zahlreiche Autoren im hier vorliegenden Kontext beziehen. Für Bernstein (1967) besteht die zentrale Schwierigkeit bei der Bewegungskontrolle in der Koordination des vielgliedrigen menschlichen Bewegungsapparates. Dabei wird angenommen, dass zu Beginn des Lernprozesses, aber auch in Abhängigkeit der Aufgabenanforderungen, die Zahl der zu kontrollierenden Freiheitsgrade eingeschränkt werden kann, indem z. B. einzelne Gelenke fixiert werden. Hierdurch lassen sich Vorhersagen für kinematische Veränderungen der Bewegungsausführung ableiten. Allerdings ist es schwierig, deren Auswirkungen auf das Bewegungsergebnis zu quantifizieren. Aus diesem Grund wird in Abschnitt 4.2 als Erweiterung der Betrachtungen ein von Müller (2001) eingeführtes Konzept aufgegriffen. Dabei werden Faktoren unterschieden, auf die sich Leistungsveränderungen bei Aufgaben mit hohen Genauigkeits- und Konstanzanforderungen zurückführen lassen. Zudem werden Methoden bereitgestellt, die es ermöglichen, deren Einfluss auf das Bewegungsergebnis zu quantifizieren.

Kapitel 5 und 6 umfassen den empirischen Teil der Arbeit. Dabei werden die Wirkungen von erhöhtem Druck und verschiedenen Aufmerksamkeitsbedingungen auf das Bewegungsergebnis und kinematische Aspekte der Bewegungsausführung untersucht. Im Unterschied zu den bisher vorliegenden Arbeiten wird hier ein feldnahes Vorgehen gewählt. Dies spiegelt sich nicht nur in der Wahl der Bewegungsaufgabe (Basketball-Freiwurf) und der Versuchspersonen (U16/U18-Kaderspielerinnen) wider, sondern auch in der Durchführung der Untersuchungen im Rahmen von Kadermaßnahmen und der Gestaltung feldnaher Druck- und Aufmerksamkeitsbedingungen.

Abschließend erfolgt in Kapitel 7 eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Arbeit und ein Ausblick auf mögliche Weiterführungen.

2 Druck und sportliche Leistung

2.1 Choking under Pressure

Zur Beschreibung des Phänomens suboptimaler Leistungen in wichtigen Wettkampfsituationen wird häufig der Begriff *choking under pressure* verwendet. Das Verb *choking* – alltagssprachlich als ersticken, verkümmern, dämpfen oder hindern genutzt – wird von Baumeister und Showers (1986, p. 362) in hier vorliegendem Kontext definiert als „... the occurrence of suboptimal performance under pressure conditions [...] if one can reasonably certain that the performer could have done better. [...] Additionally, it is inherent in the definition of choking that the performer wants to perform well ...“. Damit werden explizit Leistungsverschlechterungen ausgenommen, die z. B. durch motivationale Aspekte verursacht werden.

Unter Druck (*pressure*) verstehen die Autoren „the presence of situational incentives for optimal, maximal, or superior performance“ (Baumeister & Showers, 1986, p. 362). Als mögliche Faktoren zur Steigerung der Bedeutung einer Situation werden die Möglichkeit von Belohnung oder Bestrafung, die Anwesenheit von Zuschauern, Wettkampfbedingungen, die Wichtigkeit einer zu erbringenden Leistung oder die Erwartung negativer Konsequenzen diskutiert (Baumeister & Showers, 1986; Strauß, 1997).

Das Konstrukt Druck beschreibt damit lediglich die hohe Bedeutung, die ein Athlet seiner Leistung in einer entsprechenden Situation zuschreibt. Dabei bleibt zunächst unklar, welche Reaktionen beim Athleten mit einer solchen Situation verbunden sind und wie Druck operationalisiert werden kann. Bei einem Blick in die Literatur zeigen sich in diesem Zusammenhang eine meist unklare Begriffsverwendung und ein häufig synonymem Gebrauch der Begriffe Druck, Angst, Stress und Aktivierung (vgl. Woodman & Hardy, 2001; Zaichkowsky & Baltzell, 2001), sodass zunächst eine kurze Abgrenzung der Begriffe vorgenommen wird.

Der Begriff Stress wird in der Regel sehr weit gefasst und beschreibt Situationen, die mit erhöhten Anforderungen an eine Person verbunden sind (Woodman & Hardy, 2001). Meist wird angenommen, dass eine kognitive Bewertung der Stresssituation darüber entscheidet, wie diese wahrgenommen wird. Bei der kognitiv-transaktionalen Theorie von Lazarus (1966, 1991) wird von einer Ereigniseinschätzung (*primary appraisal*) und einer Ressourceneinschätzung (*secondary appraisal*) ausgegangen. Daraus

resultiert eine Bewertung, die eher als Herausforderung, Bedrohung oder Schaden eingestuft wird. Angst resultiert dann, wenn die Stresssituation als Bedrohung wahrgenommen wird.

Auch beim Angstbegriff sind weitere Differenzierungen erforderlich. Zunächst ist grundsätzlich zwischen Angst als Zustand (*state anxiety*) und als Persönlichkeitseigenschaft (Ängstlichkeit, *trait anxiety*) zu unterscheiden. Dabei zeigt sich, dass hochhängstliche Personen in bedrohlichen Situationen mit einem stärkeren Anstieg der Zustandsangst reagieren. Weiterhin wird Angst als mehrdimensionales Konstrukt verstanden, wobei mindestens zwei Dimensionen beschrieben werden. In der Regel werden eine kognitive Komponente (Besorgnis) und eine somatische Komponente unterschieden. Letztere beschreibt die Wahrnehmung physiologischer Veränderungen wie Schweißbildung, Herzklopfen oder muskuläre Anspannung. Häufig wird diese somatische Komponente mit der physiologischen Erregtheit (*arousal*) gleich gesetzt, zum Teil werden hier aber auch weitere Differenzierungen vorgenommen, auf die hier aber nicht weiter eingegangen wird (vgl. Stöber & Schwarzer, 2000; Woodman & Hardy, 2001; Zaichkowsky & Baltzell, 2001). Der von Martens, Burton, Vealey, Bump und Smith (1990) eingeführte Fragebogen zur Bestimmung der Zustandsangst in Wettkampfsituationen (*Competitive State Anxiety Inventory 2, CSAI-2*) umfasst drei unabhängige Subskalen. Zusätzlich zu den bereits erwähnten Komponenten wird das Selbstvertrauen (*self-confidence*) erfragt.

Die beschriebenen Zusammenhänge lassen sich wie folgt zusammenfassen: In sportlichen Wettkampfsituationen liegen häufig Bedingungen vor, die zu einer gesteigerten Bedeutung der Leistung führen. Damit ergibt sich eine Stresssituation, die in Abhängigkeit der kognitiven Bewertung sowohl als Herausforderung als auch als Bedrohung wahrgenommen werden kann. Im letztgenannten Fall resultiert daraus ein Anstieg der Zustandsangst, was sich in den einzelnen Komponenten der Angst widerspiegelt. Druck beschreibt damit also ein übergeordnetes, eher allgemeines Konstrukt. In vielen vorliegenden Arbeiten zum *choking under pressure*-Phänomen wird nicht spezifiziert, ob mit der erhöhten Bedeutung der Leistung in einer Drucksituation die Annahme verbunden ist, dass diese als belastend wahrgenommen wird und zu einer Angstreaktion führt. Nicht für alle der in Kapitel 3 diskutierten Erklärungsansätze erscheint dies zwingend erforderlich. Wie später deutlich werden wird, führt es jedoch zu Schwierigkeiten bei der experimentellen Bearbeitung des Phänomens, wenn das Vorliegen einer Druckbedingung nicht durch geeignete Instrumente kontrolliert werden kann. Hierfür eignet sich

die Erfassung der Zustandsangst, wofür etablierte Fragebögen zur Verfügung stehen. Wenn im Folgenden von Druck oder Drucksituationen gesprochen wird, dann wird immer von einer als belastend wahrgenommenen und zu einem Anstieg der Zustandsangst führenden Situation ausgegangen. Dies dient nicht nur der Spezifizierung und Operationalisierung des Druckkonstruktes, sondern erscheint auch mit Blick auf das Praxisphänomen im Wettkampfsport angemessen, wenn mit einer Leistung in einer kritischen Situation zum Teil beträchtliche Konsequenzen verbunden sind und der Athlet unter starker Beobachtung steht.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass sich die Wahrnehmung von Drucksituationen in Abhängigkeit der sportlichen Erfahrung verändern kann. So können Mellalieu, Hanton und O'Brien (2004) zeigen, dass Athleten mit mehr Erfahrung Angstsymptome in Wettkampfsituationen stärker positiv interpretieren und unterstützend wahrnehmen. Dieses Ergebnis deutet auch auf eine Schwierigkeit bei der Untersuchung des *choking under pressure*-Phänomens hin. Die experimentelle Erzeugung entsprechender Drucksituationen dürfte sich bei erfahrenen Wettkampfsportlern hierdurch schwierig gestalten. Dies könnte auch der Grund für die Ergebnisse einer eigenen Studie (Maurer, 2007) sein, die im Rahmen einer Kadersichtungsmaßnahme des Deutschen Pétanque Verbandes durchgeführt wurde. Die Aufgabe bestand darin, eine neun Meter entfernte Zielkugel mit der im Pétanque üblichen Schusstechnik zu treffen (20 Versuche). Obwohl die Leistung ein Kriterium für die Aufnahme in den Bundeskader darstellte und damit von hoher Bedeutung sein sollte, zeigten sich im Vergleich zu einer Baselinebedingung weder ein Anstieg der Zustandsangst noch eine Verschlechterung der Leistung.

2.2 Zusammenhang von Druck und motorischer Leistung

Das Ziel dieses Abschnitts besteht darin, das dem Leser aus eigenen Erfahrungen oder zumindest medialen Darstellungen bekannte Phänomen des Versagens unter Druck mit Daten zu belegen. Dabei werden an dieser Stelle lediglich Ergebnisse zum Zusammenhang von Druck und motorischer Leistung dargestellt. Erst in Kapitel 3 wird auf mögliche Erklärungsansätze eingegangen. Nach den Darstellungen im vorherigen Abschnitt können hier auch Studien einbezogen werden, die sich explizit mit dem Zusammenhang von Angst und motorischer Leistung befassen. Allerdings beschäftigt sich der Großteil der Studien zur Thematik Angst und Leistung mit kognitiven Aufgaben. Kleine und Schwarzer (1991) finden 50 Studien, die sich mit Angst und sportlicher Leistung be-

schäftigen und nutzen diese für eine Meta-Analyse. Auch wenn dabei sehr unterschiedliche Sportarten, Situationen und methodische Vorgehensweisen genutzt werden, finden sie insgesamt einen durchweg negativen Zusammenhang von Angst und sportlicher Leistung. Dabei zeigt sich, dass Leistungseinbußen bei sportlichen Aufgaben vor allem mit einem Anstieg der Besorgniskomponente einhergehen.

Im Folgenden werden die Betrachtungen auf solche Studien beschränkt, die den Zusammenhang von Druck und motorischer Leistung bei koordinativ dominierten Aufgaben mit hohen Genauigkeitsanforderungen untersuchen. Auch hier sind bei den vorliegenden Studien meist Leistungsverschlechterungen bei erhöhtem Druck zu beobachten. Häufig werden in den Studien allerdings wenig geübte Aufgaben genutzt. So finden Masters (1992), Lewis und Lindner (1997) sowie Beilock und Carr (2001) die vermuteten Leistungseinbußen bei erhöhtem Ausführungsdruck beim Putten im Golf nach einer kurzen Übungsphase. Bei Baumeister (1984, Experiment 5) zeigt sich der *choking*-Effekt bei einer für die Versuchspersonen neuartigen bimanuellen Manipulationsaufgabe („*roll-up game*“) nur in der Tendenz, bei einer Felduntersuchung (Experiment 6) anhand eines Videospiele dagegen deutlich. Auch bei Higuchi (2000) ergeben sich Leistungseinbußen in einer Drucksituation bei der Ausführung einer Unterhand-Wurfaufgabe mit der nicht-dominanten Hand.

Es liegen jedoch auch Studien vor, die mit erfahrenen Athleten durchgeführt wurden. Gray (2004, Experiment 3) findet in einer Untersuchung mit Baseballspielern anhand einer halbvirtuellen Schlagaufgabe einen deutlichen Einfluss einer Druckbedingung. Wang, Marchant, Morris und Gibbs (2004) führen eine Untersuchung mit 66 erfahrenen Basketballspielern durch, wobei diese in einer Drucksituation, verbunden mit einem Anstieg der Zustandsangst, geringere Trefferleistungen beim Freiwurf erzielen. Auch bei Jackson, Ashford und Norsworthy (2006, Experiment 1) zeigt sich bei einer Dribbling-Aufgabe mit erfahrenen Hockeyspielern ein Leistungsrückgang unter Druck. In zwei weiteren Studien werden Vergleiche von Trainings- und Wettkampfleistungen vorgenommen. Dandy, Brewer und Tottman (2001) finden bei Basketballspielern deutlich geringere Trefferleistungen bei Freiwürfen in Wettkampfspielen im Vergleich zu einer Trainingssituation. Kivimäki (1995) berichtet schlechtere Leistungen in einer Prüfungssituationen bei 101 Violinen-Studierenden im Vergleich zu vorausgehenden Übungseinheiten.

Es ist jedoch auch zu erwähnen, dass sich in einigen Studien – trotz einem Anstieg der Zustandsangst – keine Leistungsverschlechterungen unter Druckbedingungen ergeben. Higuchi, Imanaka und Hatayama (2002) finden dieses Ergebnis bei der Ausführung einer halbvirtuellen Schlagaufgabe mit einem eingelenkigen Hebel, Mullen und Hardy (2000) mit erfahrenen Golfspielern beim Putten. Auch bei Liao und Masters (2002, Experiment 2, Kontrollgruppe) zeigt sich dieser Zusammenhang beim Basketball-Freiwurf nicht. Es ist auch zu vermuten, dass weitere unveröffentlichte Arbeiten vorliegen, die den weithin akzeptierten negativen Zusammenhang von Druck und motorischer Leistung nicht nachweisen können. An dieser Stelle ist anzumerken, dass in der vorliegenden Arbeit nicht davon ausgegangen wird, dass erhöhter Druck in allen Fällen zu Leistungseinbußen führt. Es ist unstrittig, dass der Zusammenhang von Aufgaben-, Situations- und Persönlichkeitsvariablen moderiert wird, wie dies im folgenden Kapitel noch deutlich werden wird. Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht in der Beschreibung allgemeiner Mechanismen, die auftretenden Leistungseinbußen in Drucksituationen zugrunde liegen.

3 Erklärungsansätze für Leistungseinbußen in Drucksituationen

Drucksituationen

3.1 Historischer Überblick

Bedingungen für die Erbringung optimaler Leistungen sind in der psychologischen Forschung schon lange von großem Interesse. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über einige einflussreiche Forschungsrichtungen gegeben, die Einflussfaktoren auf motorische Leistungen beschreiben.

Eine Reihe klassischer Theorien stellen Leistungsveränderungen in Abhängigkeit der physiologischen und psychologischen Aktiviertheit (*arousal*) dar. Dabei ist die auf tierexperimentelle Studien von Yerkes und Dodson (1908) zurückgehende und später von Broadhurst (1957) aufgegriffene umgekehrte-U-Hypothese der wohl einflussreichste Ansatz. Sie wurde in sehr vielen Bereichen psychologischer Forschung aufgegriffen und zur Erklärung sowohl kognitiver als auch motorischer Leistungen herangezogen. Dabei wird ein Zusammenhang zwischen körperlicher Aktiviertheit und Leistungsfähigkeit derart postuliert, dass ein mittleres Aktiviertheitsniveau zu optimalen Leistungen führt, wohingegen bei geringer oder hoher Aktivierung lediglich suboptimalen Leistungen resultieren (vgl. Abbildung 1). Die umgekehrte-U-Hypothese wurde in der Folge weiter ausdifferenziert und beispielsweise auf unterschiedliche Fertigkeiten (z. B. koordinativ vs. konditionell geprägte Fertigkeiten), Athletentypen (z. B. gering vs. hoch ängstliche Personen) und auch andere Konstrukte wie Angst oder Stress übertragen (vgl. Landers & Arent, 2001).

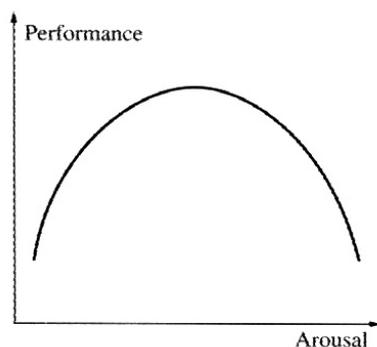


Abbildung 1: Umgekehrte U-Hypothese (Woodman & Hardy, 2001, p. 293).

Trotz Schwierigkeiten bei der Operationalisierung physiologischer Aktiviertheit und dem häufig unklaren Gebrauch der Konstrukte Angst, Aktiviertheit, Stress und Druck lässt sich festhalten, dass der postulierte Zusammenhang zwischen Aktiviertheit und Leistung in einer Reihe von Untersuchungen gezeigt werden konnte (vgl. Zaichkowsky & Baltzell, 2001; Woodman & Hardy, 2001). Bei allen Erweiterungen und Ausdifferenzierungen bleibt jedoch der wesentliche Kritikpunkt an diesen Modellen bestehen – sie liefern keine Erklärung dafür, wie körperliche Aktiviertheit die Leistung beeinflusst und bleiben damit auf einer beschreibenden Ebene, die kaum zum Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen beiträgt. Auch alternative Konzepte, die von optimalen Zonen körperlicher Aktiviertheit oder emotionaler Zustände für die Erbringung guter Leistungen ausgehen, unterliegen dieser Einschränkung. Ein sehr bekanntes Zonenmodell ist das von Hanin (1978, 2000) entwickelte Konzept der *Zone of Optimal Functioning (ZOF)*. Dabei wird davon ausgegangen, dass es sportarten- und personenspezifische optimale Zonen für die Leistungserbringung gibt. Für die Bestimmung dieser Zonen werden häufig die Zustandsangst, zum Teil aber auch weitere emotionale Zustände (z. B. Hanin & Syrjä, 1995) genutzt.

Große Beachtung in der psychologischen Forschung fanden in den letzten Jahrzehnten Persönlichkeitsvariablen, die die Leistungserbringung in kritischen Situationen beeinflussen. Auch dieser Forschungsbereich wird hier nur kurz angerissen, wobei die Argumente in Abschnitt 3.3.4 zum Teil noch einmal aufgegriffen werden. Wie bereits in Abschnitt 2.1 erwähnt, wird die Stärke einer Angstreaktion in kritischen Situationen wesentlich durch die Persönlichkeitseigenschaft Angst (*trait anxiety*) bestimmt. Ein weiteres Merkmal, das im Zusammenhang von Druck und motorischer Leistung häufig diskutiert wird, ist die Selbstaufmerksamkeit (*dispositional self-consciousness*), wobei weiter zwischen privater und öffentlicher Selbstaufmerksamkeit unterschieden wird. Private Selbstaufmerksamkeit beschreibt Aufmerksamkeitsprozesse, die sich auf die eigenen internen Zustände und Prozesse beziehen. Bei öffentlicher Selbstaufmerksamkeit beziehen sich diese auf die äußere Erscheinung oder Verhaltensweisen, die von anderen Menschen beobachtet werden können (Schwarzer, 2000). Zum Zusammenhang von Selbstaufmerksamkeit und Leistungserbringung in Drucksituationen liegen unterschiedliche Befunde vor (vgl. Abschnitt 3.3.4), meist zeigt sich jedoch bei Personen mit stark ausgeprägter Selbstaufmerksamkeit ein deutlicher Anstieg der Angst in Drucksituationen (Saboonchi & Lundh, 1997; Wang et al., 2004).

Eine andere häufig genutzte Unterscheidung betrifft Handlungskontrollprozesse in kritischen Situationen. Kuhl (1992, 1994) beschreibt in seiner Theorie der Handlungskontrolle zwei Kontrollmodi: Lage- und Handlungsorientierung. Bei der Handlungsorientierung sind die kognitiven Prozesse auf das Erreichen eines angestrebten Soll-Zustandes ausgerichtet. Im Unterschied dazu steht bei der Lageorientierung die Analyse der zurückliegenden, aktuellen und zukünftigen Situation im Vordergrund. Häufig zeigt sich ein Nachteil bei Personen mit Disposition zur Lageorientierung in belastenden Situationen (vgl. Beckmann & Strang, 1991). Sahre (1991) findet beispielsweise bei handlungsorientierten Basketballspielern, dass diese in kritischen Wettkampfsituationen eher angemessene Verhaltensweisen zeigen und Korbchancen ausnutzen als lageorientierte Spieler.

Abschließend sei an dieser Stelle mit der sozialpsychologisch orientierten *social facilitation*-Forschung eine weitere traditionsreiche Forschungsrichtung genannt, die bereits durch Triplett (1898) begründet wurde. Diese beschäftigt sich mit dem Einfluss von Zuschauern auf die Erbringung kognitiver sowie motorischer Leistungen. Strauß (1999, 2002) nimmt detaillierte Zusammenstellungen der Ergebnislage bei motorischen Aufgaben vor, wobei sich ein differenziertes Bild zeigt. Die Anwesenheit von Zuschauern wirkt bei Aufgaben mit konditionellem Anforderungscharakter (z. B. Mittel- und Langstreckenlauf) meist unterstützend. Dagegen finden sich häufig negative Effekte bei Aufgaben mit hohen koordinativen Anforderungen. In Abhängigkeit der Erwartungen der Zuschauer und der Athleten kann die Anwesenheit unterstützender Zuschauer auch einen erhöhten Leistungsdruck erzeugen und sich so leistungsmindernd auswirken.

Im Folgenden werden Erklärungsansätze aufgegriffen, die das *choking*-Phänomen aus dem Blickwinkel motorischer Kontrollprozesse beschreiben. Dabei werden zunächst in den Abschnitten 3.2 und 3.3 zwei konkurrierende Erklärungsrichtungen dargestellt, die auf Aufmerksamkeitsprozessen beruhen. Diese werden von Beilock und Carr (2001) als *Distraction Theories* bzw. *Explicit Monitoring Theories* bezeichnet. In Abschnitt 3.4 wird mit der *Neuromotor Noise Theory* ein Ansatz erläutert, der unabhängig von Aufmerksamkeitsprozessen Veränderungen des Bewegungsverhaltens in Stresssituationen beschreibt.

3.2 Distraction Theories

Eine Erklärungsrichtung für suboptimale Leistungen in Situationen hoher Bedeutsamkeit bezieht sich auf die Störung von Aufmerksamkeitsprozessen, die für eine erfolgreiche Ausführung einer Aufgabe erforderlich sind. Solche Störungen könnten dazu führen, dass erforderliche Informationen nicht zur Verfügung stehen oder nicht angemessen verarbeitet werden können. Es sind verschiedene Prozesse denkbar, die einer solchen Ablenkung von relevanten Informationen zugrunde liegen können. Baumeister und Showers (1986) stellen die folgenden beiden in den Vordergrund: (1.) Eine weniger selektive Wahrnehmung führt zu einem Anstieg der zu verarbeitenden Informationsmenge, sodass für die Verarbeitung der relevanten Informationen keine ausreichenden Kapazitäten zur Verfügung stehen. (2.) Die aufgenommene Informationsmenge bleibt gleich, jedoch wird der Aufmerksamkeitsfokus auf irrelevante Informationen gerichtet. Dieser Mechanismus wurde insbesondere von Sarason (z. B. Sarason, 1960) geprägt und von Wine (1971) aufgegriffen. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei Personen mit hoher Angst in Testsituationen selbstevaluierende Prozesse wirksam werden, die die Aufmerksamkeitskapazitäten benötigen. Dies führt dann zu einer Behinderung bei bzw. Ablenkung von der Verarbeitung von aufgabenrelevanten Informationen. Ein weiterer möglicher Mechanismus (3.) geht auf Easterbrook (1959) zurück. Aufgrund eines umfassenden Literaturüberblicks gelangt er zu der Folgerung, dass es mit zunehmender emotionaler Aktivierung zu einer Verengung bei der Aufnahme und Verarbeitung von Umweltreizen kommt. Dies kann anfangs zu einer Leistungssteigerung führen, indem der Aufmerksamkeitsfokus auf aufgabenrelevante Informationen reduziert wird und irrelevante Informationen ausgeblendet werden. Eine weitere Verengung des Fokus kann jedoch auch dazu führen, dass aufgabenrelevante Informationen nicht mehr verarbeitet werden können und Leistungseinbußen resultieren. Easterbrook (1959) beschreibt damit ebenfalls eine umgekehrt-U-förmige Leistungsentwicklung (vgl. Abschnitt 3.1) und liefert einen möglichen kognitiven Erklärungsmechanismus.

Die dargestellten Erklärungsansätze nehmen Störungen von Aufmerksamkeitsprozessen an, die dazu führen, dass erforderliche Informationen nicht zur Verfügung stehen bzw. nicht angemessen verarbeitet werden. Diese Erklärungsrichtung ist insbesondere für solche Situationen geeignet, in denen Aufmerksamkeitsprozesse für eine erfolgreiche Ausführung von hoher Bedeutung sind (Lewis & Linder, 1997; Beilock & Carr, 2001). Im Sport ist dies bei offenen Fertigkeiten der Fall, die eine Anpassung der Ausführung an wechselnde Umweltbedingungen erfordern. Beispiele dafür sind Spielsportarten, bei

denen Aufmerksamkeitsprozesse für die Erfassung des Spielgeschehens – wie etwa der Positionen von Mit- und Gegenspielern und des Balles – erforderlich sind. Allerdings muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass keine empirischen Arbeiten vorliegen, die die oben beschriebenen Mechanismen bei offenen motorischen Fertigkeiten überprüfen. Untersuchungen zur Beeinflussung kognitiver Leistungen stützen jedoch die Annahme einer reduzierten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses in belastenden Situationen (Schmader & Johns, 2003; Beilock, Kulp, Holt & Carr, 2004b).

Für die Erklärung von Leistungseinbußen bei geschlossenen Fertigkeiten wird eine Ablenkung der Aufmerksamkeit von der Aufgabe dagegen als wenig angemessen erachtet (Lewis & Linder, 1997; Beilock & Carr, 2001; Gray, 2004). Bei diesen Fertigkeiten bleiben die Umweltbedingungen weitgehend stabil und vorhersagbar, sodass die Bedeutung freier Aufmerksamkeitsressourcen weniger leistungsbestimmend sein sollte. Diese Überlegung ist gut vereinbar mit den Vorhersagen gängiger Lernphasenmodelle (z. B. Anderson, 1982; Fitts & Posner, 1967), die der aufmerksamen Zuwendung bei der Ausführung geschlossener Fertigkeiten in Abhängigkeit des Lernstadiums unterschiedliche Bedeutung zuschreiben. Während zu Beginn des Lernprozesses eine aufmerksame Zuwendung zur Ausführung erforderlich ist, können diese nach extensiver Übung und Erreichen einer automatisierten Ausführung auch ohne Zuwendung der Aufmerksamkeit realisiert werden. Diese Vorhersagen wurden in einer Reihe von Untersuchungen mit Hilfe des Doppelaufgabenparadigmas bestätigt (Beilock et al., 2002a; Gray, 2004; für eine kritische Betrachtung Blichke, 2001).

Folglich erscheinen die *Distraction Theories* weniger plausibel für hochgradig geübte geschlossene Fertigkeiten wie etwa den Basketball-Freiwurf. An dieser Stelle sei aber auch erwähnt, dass neben der Aufnahme von Umweltreizen noch weitere Funktionen aufmerksamer Kontrolle denkbar sind (vgl. Abschnitt 3.3.3) und aus dieser Perspektive Leistungseinbußen aufgrund einer Störung ausführungsbezogener Aufmerksamkeitsprozesse plausibel erscheinen.

Ein alternativer Erklärungsansatz aus dem Bereich der Aufmerksamkeitstheorien wird im folgenden Abschnitt dargestellt.

3.3 Explicit Monitoring Theories

Im Unterschied zu den *Distraction Theories* gehen Erklärungsansätze aus dem Bereich der *Explicit Monitoring Theories* davon aus, dass die Aufmerksamkeit in Drucksituationen auf den Ausführungsprozess gelenkt wird und dies zu einer Leistungsverschlechterung führen kann. Diese Erklärung für *choking under pressure* wurde erstmals von Baumeister (1984) formuliert. Ebenso wie bei Vertretern der *Distraction Theories* stellt der Ausgangspunkt für diese Hypothese bei Baumeister die Beobachtung dar, dass in Drucksituationen selbstevaluierende Prozesse zunehmen. Während jedoch die *Distraction Theories* darauf basieren, dass die selbstevaluierenden Prozesse erforderliche Aufmerksamkeitsressourcen binden bzw. Verarbeitungsprozesse stören, vermutet Baumeister gerade den umgekehrten Mechanismus, nämlich eine Störung durch Hinwendung der Aufmerksamkeit zum Ausführungsprozess. Baumeister (1984, p. 618) beschreibt die Annahmen für diesen Erklärungsansatz wie folgt:

According to this model, situational demands for excellent performance (i.e., pressure) causes the individual to attend consciously to his or her internal process of performance and this consciousness disrupts that process and harms the performance.

Die vorliegenden empirischen und theoretischen Argumente für diesen Mechanismus werden in den folgenden Abschnitten dargestellt. Sie ergeben sich zu einem großen Teil aus Arbeiten, die sich unabhängig von Drucksituationen mit dem Einfluss von Aufmerksamkeitsprozessen auf Ausführungs- und Lernleistungen motorischer Fertigkeiten beschäftigen. Nur in wenigen Arbeiten werden Aufmerksamkeitsprozesse direkt in Drucksituationen untersucht.

3.3.1 Ausführungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung

Baumeister (1984) verwendet in seinen Untersuchungen eine für die Versuchspersonen neuartige bimanuelle Manipulationsaufgabe. Die Aufgabe besteht darin, mit den Händen zwei Stäbe so zu bewegen, dass eine auf den Stäben liegende Kugel in Zielfelder gelangt. Es zeigten sich sowohl dann suboptimale Leistungen, wenn die Versuchspersonen instruiert wurden, die Aufmerksamkeit auf die Bewegungen der Hände zu lenken, als auch dann, wenn eine Wettkampfsituation erzeugt wurde. Dies nutzt Baumeister als Hinweis auf gleiche leistungsbeeinflussende Prozesse in beiden Situationen.

Die Annahme, dass suboptimale Leistungen durch eine ausführungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung verursacht werden, wird von Baumeister (1984) erstmals für Drucksitu-

tuationen beschrieben. Sie wird jedoch schon vorher im Kontext von Lern- und Automatisierungsprozessen formuliert. In Abschnitt 3.2 wurden bereits Lernphasenmodelle erwähnt, die der Aufmerksamkeit im Lernverlauf unterschiedliche Bedeutung beimessen. Diese beschreiben die qualitativen Unterschiede von Bewegungsausführungen im Lernprozess als Resultat unterschiedlicher Informationsverarbeitungsprozesse. Dabei wird angenommen, dass langsame und wenig fließende Bewegungen zu Beginn des Lernprozesses eine aufmerksam kontrollierte „Schritt für Schritt“-Ausführung widerspiegeln. Durch zunehmende Automatisierung durch extensive Übung (häufig auch als Prozeduralisierung beschrieben) resultiert eine scheinbar mühelose, schnelle und fließende Bewegungsausführung. Eine Zuwendung der Aufmerksamkeit ist dann nicht mehr erforderlich, sie kann auf andere Aspekte (z. B. die Position der Mitspieler) gelenkt werden (vgl. Fitts & Posner, 1967; Schneider & Fisk, 1983; Gentile, 1972). Verschiedene Autoren (z. B. Schneider & Fisk, 1983; Kimble & Perlmutter, 1970; Deikman, 1969; Langer & Imber, 1979) beschreiben, dass eine Zuwendung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsausführung dann zu einer Störung dieser automatisierten Prozesse führt.

In einigen neueren Studien werden die Vorhersagen dieser Modelle anhand von sportmotorischen Aufgaben überprüft. Danach sollte zu Beginn des Lernprozesses eine aufmerksame Ausführung hilfreich sein, dies jedoch zu einer Störung automatisierter Fertigkeiten führen. In diesen Untersuchungen wird die Leistung bei der Aufmerksamkeitslenkung auf den Ausführungsprozess und bei der Fokussierung auf irrelevante Reize in der Umwelt ermittelt. Beides wird erreicht, indem zusätzlich zur Bewegungsausführung Zweitaufgaben ausgeführt werden, durch die die Aufmerksamkeit auf die entsprechenden Aspekte gelenkt wird. Beilock, Bertenthal, McCoy und Carr (2004a) verwenden dieses Vorgehen in einer Experten-Novizen-Studie beim Golf-Put. In der ausführungsbezogenen Bedingung sollten die Versuchspersonen darauf achten, den Schlägerkopf geradlinig nach vorne zu führen und im Treffpunkt des Balles laut *straight* zu sagen. In der zweiten Bedingung sollte bei der Ausführung der Golf-Aufgabe eine Tonsequenz hinsichtlich eines Zieltones überwacht werden. Dabei zeigten die Golf-Novizen bessere Leistungen bei der Fokussierung auf den Schlägerkopf, die Golf-Experten erzielten hingegen bessere Leistungen bei gleichzeitiger Überprüfung der Tonsequenz. Vergleichbare Ergebnisse finden Beilock et al. (2002a) auch bei einer Fußball-Dribbling-Aufgabe und Gray (2004) bei einer virtuellen Baseball-Schlag-aufgabe. Ford, Hodges und Williams (2005) können weiterführend zeigen, dass die

negative Wirkung ausführungsbezogener Aufmerksamkeit bei Experten unabhängig von der aufgabenbezogenen Relevanz des fokussierten Bewegungsaspektes ist. So zeigten Fußball-Experten bei einer Dribbling-Aufgabe im Vergleich zu einer Baseline-Bedingung schlechtere Leistungen sowohl bei der Fokussierung auf den Fuß (relevanter Aspekt) als auch bei der Aufmerksamkeitslenkung auf den Arm (irrelevanter Aspekt). Dagegen erzielten die Novizen nur schlechtere Leistungen bei der für die Aufgabe irrelevanten Aufmerksamkeitslenkung auf den Arm und der Doppelaufgabenbedingung. Die Autoren interpretieren das Ergebnis so, dass eine Fokussierung auf den Ausführungsprozess bei hochgradig geübten Fertigkeiten unabhängig von der Relevanz des fokussierten Aspektes eine Deprozeduralisierung bewirkt.

Masters (1992) erweitert diese Sichtweise um Wissensaspekte und nimmt an, dass Leistungseinbußen in Drucksituationen vor allem dann auftreten, wenn bei den ausführenden Personen explizites (verbalisierbares) Wissen über die Bewegungsausführung vorliegt. Er geht davon aus, dass regelhaftes Wissen über die Bewegungsausführung genutzt wird, um die Bewegung in wichtigen Situationen unter aufmerksamer Kontrolle auszuführen (*conscious processing*). Masters (1992) und Hardy, Mullen und Jones (1996) überprüfen diese Hypothese ebenfalls beim Erlernen des Golf-Puts. Die Versuchspersonen führten an vier aufeinander folgenden Tagen jeweils 100 Übungsversuche unter verschiedenen Bedingungen durch. Am fünften Tag wurde durch finanziellen Anreiz und Videoaufnahmen ein erhöhter Ausführungsdruck erzeugt. Eine Gruppe übte unter Doppelaufgabenbedingungen, was den Erwerb expliziten Wissens verhindern sollte und konnte die Leistung auch am letzten Tag unter den erhöhten Druckbedingungen noch steigern. Dagegen führte das Üben bei instruierten Ausführungsregeln zu besseren Lernleistungen, allerdings konnte die Leistung am letzten Tag nicht mehr gesteigert werden. Masters (1992) interpretiert diese Ergebnisse als Bestätigung für seine Hypothese, dass explizites Wissen in Drucksituationen für eine kontrollierte Ausführung genutzt wird und hierdurch automatisierte Prozesse gestört werden. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Lernverläufe unter implizit- und explizit-Übungsbedingungen muss dieses Ergebnis jedoch mit Vorbehalt betrachtet werden.

Zusammenfassend entsprechen die Untersuchungen mit Hilfe des Doppelaufgabenparadigmas den erwarteten Zusammenhängen zwischen Aufmerksamkeitslenkung und motorischer Leistung. Bei gut geübten Fertigkeiten ist eine Lenkung der Aufmerksamkeit auf deren Ausführung nicht erforderlich und wirkt sogar leistungsmindernd. Wenn in Drucksituationen eine Hinwendung zum Ausführungsprozess stattfindet, dann lassen

sich damit Leistungseinbußen erklären, wie dies von Baumeister (1984) vorgeschlagen und einer Reihe von Autoren (z. B. Masters, 1992; Masters, Polman & Hammond, 1993; Hardy, 1996; Lewis & Linder, 1997; Mullen & Hardy, 2000; Beilock & Carr, 2001) aufgegriffen wurde. Bei den dargestellten Studien ist jedoch anzumerken, dass lediglich unterschieden wird, ob die Bewegungskontrolle aufmerksam kontrolliert wird oder nicht. Worauf die Aufmerksamkeit gelenkt werden sollte, um eine erfolgreiche Ausführung zu gewährleisten, bleibt dabei offen. Im folgenden Abschnitt werden Untersuchungen dargestellt, die dieser Frage nachgehen.

3.3.2 Internale und externale Aufmerksamkeitslenkung

Angestoßen vor allem durch Studien aus der Arbeitsgruppe um Gabriele Wulf wurden in den letzten Jahren zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, die sich mit der Wirkung unterschiedlicher Aufmerksamkeitslenkungen beschäftigen. Dabei wird der Frage nachgegangen, auf welche Aspekte die Aufmerksamkeit gelenkt werden sollte, um das Erlernen von Bewegungsfertigkeiten zu unterstützen und deren erfolgreiche Ausführung zu erreichen. In den Arbeiten wird zwischen *interner* und *externer* Aufmerksamkeitslenkung unterschieden. Während unter einem internen Fokus verstanden wird, dass die Aufmerksamkeit auf die Bewegungen des Körpers gerichtet ist, erfolgt bei einem externen Fokus die Lenkung der Aufmerksamkeit auf damit verbundene Effekte in der Umwelt (Wulf & Prinz, 2001; Wulf, 2007). In einer Reihe von Untersuchungen sowohl anhand von Laboraufgaben (z. B. Wulf, Höß & Prinz (1998) beim Schwingen auf einem Ski-Simulator; Wulf & McNevin (2003) bei Balancieraufgaben) als auch in feldnahen Situationen (z. B. Wulf, Lauterbach & Toole (1999) beim Pitch-Schlag im Golf; Wulf, McConnel, Gärtner & Schwarz (2002) bei Volleyball-Aufschlägen oder Fußball-Schussbewegungen) wird gezeigt, dass ein externer Aufmerksamkeitsfokus im Vergleich zu einem internen Fokus zu besseren Lern- und Ausführungsleistungen führt. Beispielsweise wird in einer Untersuchung von Zachry et al. (2005) die Wirkung unterschiedlicher Aufmerksamkeitsbedingungen auf die Leistung beim Basketball-Freiwurf untersucht. Dabei sollten Versuchspersonen mit mäßiger Basketball-Erfahrung ihre Aufmerksamkeit entweder auf das Abklappen des Handgelenks (interner Fokus) oder auf den Korb (externer Fokus) lenken. Dabei zeigten sich bessere Leistungen bei der Fokussierung auf den Korb.

Zur Erklärung des external-Vorteils beim Erwerb und der Ausführung motorischer Fertigkeiten wird häufig die *constrained action*-Hypothese angeführt (Wulf, McNevin

& Shea, 2001a). Dabei wird angenommen, dass bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf Effekte der Bewegung außerhalb des Körpers automatisierte motorische Kontrollprozesse wirksam werden können. Dagegen sollen diese bei einer Fokussierung auf die Bewegungsausführung gestört werden. Die *constrained action*-Hypothese wird noch einmal im folgenden Abschnitt aufgegriffen. Eine kritische Diskussion ist bei Zentgraf (2006) sowie Ehrlenspiel und Maurer (2007) zu finden.

Der Großteil der Untersuchungen zur Wirkung internaler und externaler Aufmerksamkeitslenkungen bezieht sich auf die Beeinflussung motorischer Lernprozesse sowie der Ausführungsleistung in frühen Lernphasen. Nur wenige Studien untersuchen die für die vorliegende Arbeit besonders wichtige Frage, wie die Leistung bei geübten Fertigkeiten durch entsprechende Aufmerksamkeitsfokussierungen beeinflusst wird. In der bereits erwähnten Studie von Zachry et al. (2005) zeigen sich etwas bessere Leistungen bei der Nutzung eines externalen Aufmerksamkeitsfokus. Perkins-Ceccato, Passmore und Lee (2003) finden eine vom Könnensniveau abhängige Wirkung internaler und externaler Aufmerksamkeitsfokussierungen. Bei ihnen erzielten Golf-Experten (Handicap 0-8) stabilere Leistungen beim Pitch-Schlag bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf das Ziel. Weniger gute Golfer (Handicap 20-36) erbrachten dagegen eine konstantere Leistung bei einem internalen Fokus (auf die Schlagbewegung und den erforderlichen Krafteinsatz). Landin und Macdonald (1990) untersuchen die Wirkung bewegungs- und zielbezogener Aufmerksamkeitslenkungen anhand der Ausführung eines Überkopfschlages bei erfahrenen Tennisspielerinnen. Diese erzielten bessere Trefferleistungen bei der Fokussierung auf kritische Bewegungsaspekte als bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf das Erreichen des Zielfeldes.

Gegenüberstellung der Ansätze von Beilock und Wulf

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien zur Wirkung unterschiedlicher Aufmerksamkeitsbedingungen auf die motorische Leistung durchgeführt. Nach der Darstellung der wesentlichen Ergebnisse im vorliegenden und vorangegangenen Abschnitt werden hier noch einmal die unterschiedlichen Annahmen und Vorhersagen der beiden dominierenden Forschungslinien gegenübergestellt (vgl. auch Castaneda & Gray, 2007).

In einer Reihe von Arbeiten wird als Ursache aufmerksamkeitsbedingter Leistungseinbußen eine ausführungsbezogene Fokussierung (*skill focused attention*) angenommen. Dieser Ansatz ist geprägt durch Studien aus der Arbeitsgruppe um Sian Beilock (z. B. Beilock & Carr, 2001; Beilock et al., 2002a; Beilock, Wierenga & Carr, 2002b; Beilock

et al., 2004a), wird aber auch von anderen Autoren aufgegriffen und fortgeführt (z. B. Gray, 2004; Ford et al., 2005; Jackson et al., 2006). Vor dem Hintergrund gängiger Lernphasenmodelle gehen diese von einer Prozeduralisierung motorischer Fertigkeiten durch extensive Übung aus. Es wird angenommen, dass durch eine ausführungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung – unabhängig ob auf Bewegungen der Gliedmaßen oder auf körperexterne Aspekte wie die Bewegung eines Schlägers – eine Deprozeduralisierung erfolgt und daraus Leistungseinbußen resultieren. Gute Leistungen werden dann erwartet, wenn die Aufmerksamkeit auf Umweltreize gerichtet ist, die die Ausführung nicht direkt betreffen und die prozeduralisierte Fertigkeit „ungestört“ ausgeführt werden kann. Meist wird nicht weiter spezifiziert, auf welche Art von Umweltreizen die Aufmerksamkeit gelenkt werden sollte, um die prozeduralisierte Ausführung zu gewährleisten. Castaneda und Gray (2007) erwarten dies sowohl bei einer Lenkung der Aufmerksamkeit auf irrelevante Reize (z. B. Geräusche der Zuschauer) als auch bei einer Fokussierung auf der Bewegung zeitlich nachfolgende Effekte (z. B. die Flugbahn eines Balles). Zur Prüfung dieser Annahmen werden Doppelaufgabenbedingungen genutzt, durch die die Aufmerksamkeit entweder auf den Ausführungsprozess (z. B. die Bewegung des Schlägerkopfes beim Putten) oder auf irrelevante Umweltreize (z. B. Tonsequenzen) gelenkt wird. In den Untersuchungen wird die von den Lernphasenmodellen vorhergesagte Interaktion von Lernstadium und Aufmerksamkeitslenkung bestätigt.

Die zweite Forschungslinie ergibt sich aus zahlreichen Arbeiten um Gabriele Wulf (vgl. im Überblick: Wulf & Prinz, 2001; Wulf, 2007). Dabei wird angenommen, dass Leistungseinbußen durch eine Störung automatisierter Kontrollprozesse entstehen, wenn die Aufmerksamkeit auf die Bewegungen des Körpers gelenkt wird (z. B. auf die Hände), die Ausführung dagegen unterstützt wird, wenn damit einhergehende Effekte außerhalb des Körpers (z. B. die Bewegungen eines Schlägers) fokussiert werden. Von einer Störung der Kontrollprozesse durch eine bewegungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung wird im Unterschied zum obigen Ansatz unabhängig vom Lernstadium ausgegangen. Ein wesentlicher methodischer Unterschied besteht darin, dass in den Wulf-Studien die Lenkung der Aufmerksamkeit durch Instruktionen und nicht durch Doppelaufgaben erfolgt.

In einer aktuellen Studie von Castaneda und Gray (2007) wird versucht, die unterschiedlichen Vorhersagen der beiden Ansätze anhand einer halbvirtuellen Baseball-Schlagaufgabe zu prüfen. Dabei wurden vier unterschiedliche Doppelaufgaben genutzt, um die Aufmerksamkeit auf die jeweiligen Aspekte zu lenken. In der *Skill/Internal-*

Bedingung musste nach der Ausführung angegeben werden, ob beim Ertönen eines Zieltones während der Ausführung die Hände ab- oder aufwärts geführt wurden. Bei der *Skill/External*-Bedingung bezog sich diese Abfrage auf die Bewegung des Schlägers. In einer *Environmental/External*-Bedingung sollte nach der Ausführung eine Einschätzung bezüglich der Flugrichtung des geschlagenen Balles gegeben werden und bei der *Environmental/Irrelevant*-Bedingung sollte entschieden werden, ob während der Ausführung ein hoher oder niedriger Ton zu hören war. Alle Bedingungen wurden von sehr erfahrenen (*highly-skilled*) und wenig erfahrenen (*less-skilled*) Baseball-Spielern absolviert. Zur Beschreibung der Leistung diente ein baseballspezifisches Fehlermaß, bei dem die zeitliche Differenz zwischen dem Passieren des Balles am Abschlagbereich und dem Erreichen des niedrigsten Punktes in der Schlägerbewegung genutzt wird. Die Ergebnisse der einzelnen Bedingungen sind in Abbildung 2 dargestellt.

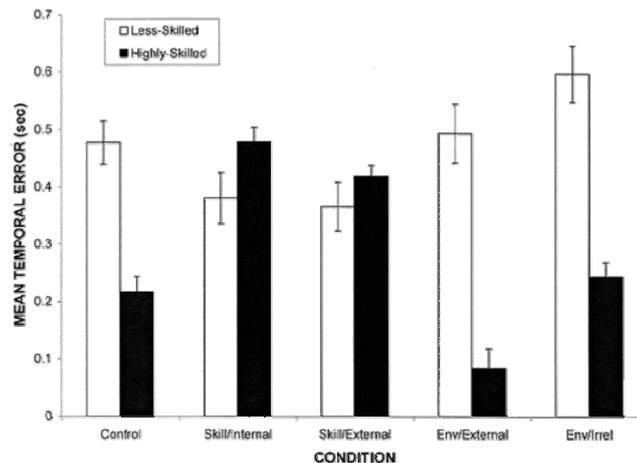


Abbildung 2: Ergebnisse der Studie von Castaneda und Gray (2007, p. 70). Dargestellt sind die Daten der wenig geübten (*less-skilled*) und hochgradig geübten (*highly-skilled*) Baseball-Spieler in einer Kontroll- und den vier Aufmerksamkeitsbedingungen. Weitere Erläuterungen werden im Text vorgenommen.

In der Kontrollbedingung, in der die Baseball-Aufgabe ohne zusätzliche Zweitaufgabe und spezifische Instruktionen ausgeführt wurde, zeigen sich erwartungsgemäß bessere Leistungen der erfahrenen Spieler im Vergleich zu den weniger erfahrenen Athleten. Die Ergebnisse der Aufmerksamkeitsbedingungen sind mit keinem der beiden Ansätze vollständig vereinbar. Insgesamt zeigt sich die nur vom Beilock-Ansatz vorhergesagte könnensabhängige Wirkung der Aufmerksamkeitsbedingungen – während die hochgradig geübten Spieler in den *Environmental*-Bedingungen bessere Leistungen als in den *Skill*-Bedingungen erzielen, ergibt sich bei den wenig geübten Spielern das umgekehrte Ergebnis. Dagegen werden die besseren Leistungen der *Skill/External*- im Vergleich zur *Skill/Internal*-Bedingung für die hochgradig geübten Spieler, sowie der Vorteil der

Environmental/External- im Vergleich zur *Environmental/Irrelevant-*Bedingung bei beiden Gruppen nur vom Wulf-Ansatz vorhergesagt. Auf eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse wird an dieser Stelle verzichtet. Es lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse der hochgradig geübten Spieler gut mit den Vorhersagen der *Explicit Monitoring Theories* vereinbar sind – die Fokussierung auf den Ausführungsprozess führt im Vergleich zur *Control-* und den *Environmental-*Bedingungen zu schlechteren Leistungen. Die besten Leistungen ergeben sich dann, wenn die Aufmerksamkeit auf einen zu erzielenden Bewegungseffekt gelenkt wird.

3.3.3 Aufmerksamkeit und Handlungskontrolle

Die in den letzten Abschnitten dargestellten Arbeiten zur Aufmerksamkeitslenkung nutzen unterschiedliche methodische Herangehensweisen, sehr verschiedene Fertigkeiten und unterschiedlich geübte Versuchspersonen. Zudem ergeben sich zum Teil widersprüchliche Ergebnisse. Zur besseren Einordnung der bisherigen Ergebnisse ist daher eine stärker theoriegeleitete Betrachtung erforderlich, die sich der Frage nach der Bedeutung der Aufmerksamkeit im Rahmen der Handlungskontrolle widmet.

Zur Erklärung der besseren Lern- und Ausführungsleistungen bei externaler Aufmerksamkeitslenkung im Vergleich zu einem internalen Fokus wird in den Arbeiten der Wulf-Gruppe (z. B. Wulf et al., 2001a; Wulf, Shea & Park, 2001b) die *Constrained Action-*Hypothese formuliert. Dabei wird angenommen, dass automatische Kontrollprozesse gestört werden, wenn eine Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsausführung erfolgt. Wulf und Prinz (2001) stellen bei der Begründung dieses Ansatzes den Bezug zum *common coding-*Ansatz von Prinz (1990, 1997) und der *ideo-motorischen* (IM) Hypothese her. Die IM-Hypothese wurde bereits in zahlreichen klassischen Arbeiten des 19. Jahrhunderts formuliert (u. a. Herbart, 1816; James, 1890; für einen historischen Überblick: Stock & Stock, 2004). Das IM-Prinzip versucht auf einfache Weise zu erklären, wie zielgerichtetes Verhalten möglich wird. Dabei wird angenommen, dass Bewegungshandlungen in Form ihrer sensorischen Konsequenzen repräsentiert sind und die Vorstellung der angestrebten sensorischen Konsequenzen die entsprechende Bewegung aktiviert. Dafür ist es erforderlich, dass Assoziationen zwischen Bewegungsausführungen und den damit konsistent einhergehenden sensorischen Effekten erlernt werden. Solche sensorischen Effekte können sowohl körpernah (z. B. die taktilkinästhetischen Empfindungen eines sich bewegenden Effektors) als auch körperfern (z. B. das Aufleuchten einer Lampe nach Betätigung des Lichtschalters) sein (Prinz, 1997;

Kunde, 2006). Die IM-Hypothese sagt voraus, dass nach dem Erwerb derartiger Bewegungs-Effekt-Assoziationen alleine die Vorstellung des angestrebten Effektes ausreicht, um diejenige Bewegung zu aktivieren, die diesen Effekt erfahrungsgemäß verlässlich erzeugt. Danach ist also die Vorwegnahme eines zeitlich nachfolgenden Effektes die Grundlage für die Ausführung einer Handlung.

Die Grundidee, dass das Erzielen von Handlungseffekten für die Aktivierung der motorischen Aktionen verantwortlich ist, wurde in einer Reihe von neueren Arbeiten aufgegriffen und experimentell gestützt (Hoffmann, 1993a; Prinz, 1997; Hommel, Müsseler, Aschersleben & Prinz, 2001; Kunde, Koch & Hoffmann, 2004; Rieger, 2004; Drost, Rieger, Brass, Gunter & Prinz, 2005; für einen Überblick Kunde, 2006). In Hoffmanns (1993a) Modell der antizipativen Verhaltenskontrolle wird die oben beschriebene Vorwegnahme der Handlungseffekte als Antizipation von Verhaltenskonsequenzen bezeichnet. Hoffmann stellt aber heraus, dass die Antizipation der Verhaltenskonsequenzen nur dann erfolgreich sein kann, wenn die Ausgangsbedingungen berücksichtigt werden, die der Bewegungsausführung zugrunde liegen. Danach ist es also nicht ausreichend, wenn wie oben beschrieben Bewegungs-Effekt-Assoziationen erworben werden. Erfolgreiches Bewegungsverhalten ist nur dann möglich, wenn Situations-Bewegungseffekt-Assoziationen vorliegen, d. h. ein Wissen darüber, unter welchen Ausgangsbedingungen welche Bewegungen zu den gewünschten Effekten führen (vgl. Hoffmann, 1993a; Hossner, 2004). Dieser Zusammenhang wird von Hoffmann in Abbildung 3 verdeutlicht. Danach ist neben der Antizipation des zu erreichenden Zielzustandes auch eine Antizipation der Eigenschaften des Ausgangszustandes erforderlich, bei denen das Verhalten auch zu den erwarteten Konsequenzen führt. Hossner (2004) veranschaulicht dies am Beispiel des Skispringers, bei dem eine perfekte Absprungbewegung nicht zu einem gelungenen Sprung führt, wenn der Springer nicht den optimalen Zeitpunkt für die Absprungbewegung am Schanzentisch erwischt.

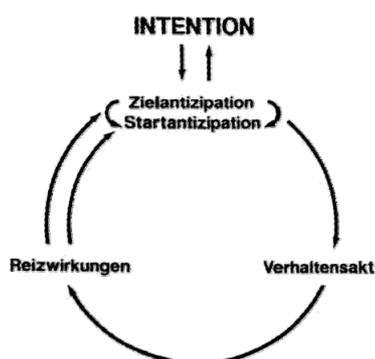


Abbildung 3: Hypothetisches Schema der antizipativen Steuerung zielgerichteten Verhaltens (Hoffmann, 1993a, S. 46).

Erweitert man den dargestellten Zusammenhang auf komplexes Bewegungsverhalten, dann zeigt sich eine sequenzielle Abfolge von Verhaltensakten, bei denen die Konsequenzen jedes Verhaltensschrittes zugleich die Ausgangsbedingungen für den folgenden Schritt darstellen. Stellen sich bei aufeinander folgenden Verhaltensakten mit hoher Verlässlichkeit die antizipierten Effekte ein, die dann die Ausgangsbedingungen für den nächsten Verhaltensakt darstellen, dann können diese zu Ereignisketten zusammengefasst werden (Greenwald, 1970; Hoffmann, 1993a; Hossner, 2004). In diesem Fall ist die Antizipation des finalen Effektes ausreichend für das sichere Erreichen des intendierten Ziels. Besteht hingegen an einigen Stellen der Ereigniskette Unsicherheit über das Erreichen der antizipierten Konsequenzen, dann sollten die tatsächlich erreichten Handlungskonsequenzen und Ausgangsbedingungen an diesen Stellen kontrolliert werden. Es entsteht hierdurch eine hierarchische Strukturierung von Effektantizipationen, wie dies in Abbildung 4 dargestellt ist. Die beiden beschriebenen Fälle lassen sich anhand der folgenden sportlichen Beispiele veranschaulichen: Beim 100m-Sprint können die einzelnen Sprintschritte als Folge von Verhaltensakten aufgefasst werden, die von erfahrenen Sprintern – bei in der Regel gleich bleibenden Umweltbedingungen – mit hoher Sicherheit ausgeführt werden können. In diesem Fall sollte die Antizipation des zu erreichenden Zieles hinreichend für das erfolgreiche Zurücklegen der Strecke sein und es ist nicht erforderlich, jeden Zwischenschritt zu antizipieren. Dagegen ergeben sich auch bei der Ausführung eines eingeübten Spielzuges wie dem Tempogegenstoß im Handball an einigen Stellen Unsicherheiten über das Erreichen der antizipierten Effekte (etwa das Fangen des Balles bei ungenauem Zuspiel) oder das Vorliegen entsprechender Ausgangsbedingungen (kann noch ein Gegenspieler die Wurfaktion behindern?). In diesem Fall ist es unumgänglich, das Erreichen der Zwischeneffekte und das Vorliegen von Ausgangsbedingungen an den Stellen erhöhter Unsicherheit zu kontrollieren. Dabei ergibt sich die angesprochene hierarchische Strukturierung der Verhaltenskette (vgl. Abbildung 4).

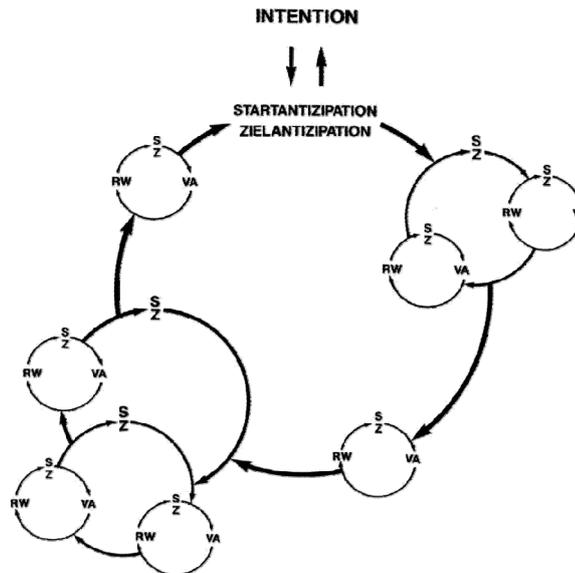


Abbildung 4: Hierarchische Strukturierung von Antizipationen bei der Planung, Ausführung und Kontrolle einer Folge von Verhaltensakten beim Modell der antizipativen Verhaltenskontrolle (Hoffmann, 1993a, S. 246).

Wie lässt sich nun die Aufmerksamkeit im dargestellten theoretischen Rahmen verorten? Hoffmann (1993b) – wie auch eine Vielzahl anderer Autoren (für einen Überblick: Neumann, 1996) – unterscheidet zwischen unwillkürlicher und willkürlicher Aufmerksamkeit. Er geht davon aus, dass bei der antizipativen Verhaltenskontrolle eine unwillkürliche Lenkung der Aufmerksamkeit auf erfahrungsgemäß verhaltensrelevante Reize erfolgt. Diese unwillkürlichen Aufmerksamkeitsprozesse laufen in der Regel unbewusst ab und erwecken damit den Anschein, dass eine Bewegung „automatisch“ ausgeführt wird und dafür keine Aufmerksamkeit mehr erforderlich ist. Zusätzlich kann die Aufmerksamkeit auch willkürlich auf beliebige Handlungsaspekte gelenkt werden. Wenn also von *explicit monitoring* (Beilock & Carr, 2001) oder *conscious processing* (Masters, 1992) gesprochen wird, dann sind offensichtlich solche willkürlichen Aufmerksamkeitsprozesse gemeint. Erfolgt eine willkürliche Fokussierung der Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Bewegungsdetail – weil dies vom Trainer instruiert wurde oder weil der Athlet dies für die erfolgreiche Ausführung als wichtig erachtet – dann sollte dies die Antizipation des fokussierten Effektes implizieren und damit direkt verhaltenswirksam werden. Es erscheint plausibel, dass willkürliche Aufmerksamkeitsprozesse dann zu erfolgreichem Handeln führen, wenn sie sensorischen Konsequenzen gelten, die erfolgreiches Verhalten auch tatsächlich begleiten (vgl. Hoffmann, 1993b, S. 115).

Betrachtet man nun sportliche Fertigkeiten hinsichtlich funktionaler Aufmerksamkeitsstrategien, so lassen sich einige Folgerungen ableiten und zuvor beschriebene Ergebnisse einordnen. Dies gilt beispielsweise für die in Abschnitt 3.3.1 beschriebene könnensabhängige Wirkung der Aufmerksamkeitslenkung. Bei hochgradig geübten geschlossenen Fertigkeiten ist eine Fokussierung auf Zwischeneffekte nicht erforderlich. Zu Beginn des Lernprozesses kann es jedoch erforderlich sein, auf Zwischeneffekte zu fokussieren, um das Erreichen des finalen Effektes zu gewährleisten. Dabei ist jedoch auch zu bedenken, dass sportliche Aufgaben im Gegensatz zu vielen Alltagsfertigkeiten oft gerade dadurch gekennzeichnet sind, dass das Erreichen des finalen Handlungseffekts äußerst schwierig und mit hoher Unsicherheit verbunden ist. Letztlich besteht darin der Reiz vieler sportlicher Fertigkeiten. Beispielsweise können beim Basketball kleinste Abweichungen in Abwurfgeschwindigkeit oder -winkel dazu führen, dass das Ziel nicht erreicht wird. In diesen Fällen könnte es sinnvoll sein, auf Zwischeneffekte einer Handlungskette zu fokussieren, wenn hierdurch die Unsicherheit für das Erreichen des finalen Handlungsziels verringert werden kann.

Die in den Arbeiten von Wulf (im Überblick: Wulf, 2007) propagierte Fokussierung auf zu erzielenden Effekte einer Bewegung geht ebenfalls aus dem beschriebenen theoretischen Rahmen hervor. Eine solche Fokussierung kann als Effektantizipation verstanden werden und sollte damit zur Aktivierung des motorischen Musters führen, das diesen Effekt erfahrungsgemäß herstellt. Es bleibt jedoch offen, warum die von Wulf geforderte Fokussierung auf externale Aspekte einer Bewegungsausführung (z. B. die Bewegung des Schlägers) günstiger sein sollte als die Fokussierung auf internale Aspekte (z. B. die Bewegung der Arme). In beiden Fällen erfolgt eine Fokussierung auf Zwischeneffekte einer Handlungskette. Dabei ist anzunehmen, dass bei einem internalen Fokus stärker interozeptive sensorische Informationen und bei einem externalen Fokus stärker exterozeptive sensorische Informationen antizipiert werden. Eine mögliche Ursache könnte folglich darin bestehen, dass bei vielen der untersuchten Aufgaben exterozeptive Aspekte (z. B. der raum-zeitlichen Verlauf der Bewegung) von besonderer Bedeutung sind. Möglicherweise gelingt es – insbesondere bei wenig geübten Aufgaben – auch leichter visuelle Effekte einer Bewegung zu antizipieren, als die mit der Bewegung einhergehenden interozeptiven Informationen, also das „Bewegungsgefühl“.

Negative Wirkung ausführungsbezogener Aufmerksamkeitslenkung

Bisher geht aus dem theoretischen Rahmen noch kein Mechanismus hervor, durch den sich eine Ausführungsverschlechterung ableiten lässt, wenn – ohne dass dies aufgrund erhöhter Unsicherheit erforderlich ist – eine Fokussierung auf Zwischeneffekte einer Bewegungsausführung erfolgt. Viele der vorliegenden Arbeiten zum *explicit monitoring*-Ansatz nennen eher allgemeine Erklärungen. Baumeister (1984) beschreibt, dass die bewusste Zuwendung zum Ausführungsprozess diesen unterbricht bzw. behindert und so die Leistung beeinflusst. Masters (1992) sowie Masters, Polman und Hammond (1993) führen eine Reihe von Autoren an, die beschreiben, dass bewusste Kontrolle die Ausführung automatisierter Fertigkeiten stört. Als Ursache wird hier die Deprozeduralisierung der automatisierten Fertigkeit oder eine Interferenz bewusster Kontrollprozesse mit automatisierten Ausführungsprozessen genannt. Beilock und Carr (2001) und Beilock et al. (2002a) nehmen an, dass die bewusste Kontrolle der Ausführung zum Aufbrechen der Kontrollstrukturen führen, die eine schnelle und flüssige Ausführung ermöglichen. Die einzelnen Ausführungseinheiten müssen dann separat aktiviert und ausgeführt werden. Dies soll einerseits zu einer Verlangsamung der Ausführung führen und andererseits dazu, dass an den „Bruchstellen“ Fehler und Ungenauigkeiten entstehen können, die bei der prozeduralisierten Ausführung nicht auftreten. Sie nehmen an, dass hierdurch die schlechteren Leistungen entstehen.

Hossner (2004) vermutet vor dem Hintergrund des oben beschriebenen theoretischen Rahmens, dass durch die Fokussierung auf Zwischeneffekte einer Handlungskette – er beschreibt diese als Knotenpunkte der Bewegungsausführung – eine erhöhte Kontrolle induziert wird. Dazu werden zwei mögliche Mechanismen vorgeschlagen. (1.) Bei Bewegungen ohne zeitliche Einschränkungen kann das Erreichen der antizipierten Effekte im fokussierten Knotenpunkt überprüft werden, indem das Eintreffen der proprio- und exterozeptiven sensorischen Informationen „abgewartet“ wird, um diese mit den antizipierten Konsequenzen zu vergleichen. Dies sollte zu einer Verlangsamung der Bewegungsausführung im fokussierten Zwischeneffekt führen. Dieser Mechanismus könnte der oft beschriebenen Beobachtung zugrunde liegen, dass die Bewegung zu Beginn des Lernprozesses wenig fließend ausgeführt und scheinbar aus Einzelbewegungen „zusammengesetzt“ wird. (2.) Als weiteren Mechanismus schlägt er eine erhöhte Kontrolle der Gelenkwinkel vor. Dazu wird die Idee „eingefrorener“ Freiheitsgrade (vgl. Abschnitt 4.1) aufgegriffen. Er nimmt an, dass eine erhöhte Kontrolle der Bewegungsausführung durch stärkere Kokontraktionen der ausführenden Muskulatur erreicht

werden soll. Hossner (2004) vermutet aber auch, dass durch dieses „Versteifen“ der Gliedmaßen kompensatorische Prozesse behindert werden, die zum Erreichen hoher Genauigkeitsleistungen beitragen (vgl. Abschnitt 4.2). In zwei Untersuchungen wurde der Zusammenhang von ansteigender Muskelaktivität bei Fokussierung eines Knotenpunktes und der damit einhergehenden Abnahme verschiedener Kompensationsprozesse überprüft und bestätigt. Temporale Kompensationen – also die Abstimmung benötigter Zeitintervalle für einzelne Teilbewegungen auf das Erreichen konstanter Gesamtzeiten – standen im Mittelpunkt einer Untersuchung anhand einer Laboraufgabe (Hossner, 2004, 2002a). Dagegen wurden posturale Kompensationen – also das Ausgleichen von Abweichungen in einer Gelenkposition durch eine Haltungsanpassung in distalen Gelenken der Bewegungskette mit dem Ziel hoher Konstanz im Endglied – am Beispiel des Basketball-Freiwurfs überprüft (Hossner, 2004, 2002b). Dabei wird allerdings nicht untersucht, ob daraus auch erhöhte Streuungen der Flugkurven und schlechtere Trefferleistungen resultieren.

Mit der beschriebenen Knotenpunkt-Hypothese wird ein funktionaler Wirkmechanismus von Aufmerksamkeitslenkung auf der Ebene motorischer Kontrollprozesse beschrieben und es wird spezifiziert, wie daraus Leistungsveränderungen resultieren können. Der Ansatz erhält Unterstützung aus neueren Studien zur Wirkung ausführungbezogener Aufmerksamkeitslenkung auf die Muskelaktivität. Vance et al. (2004) finden ebenfalls höhere Aktivitäten der Armmuskulatur bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf Armbewegungen unter Zusatzgewicht (Biceps-Curls) im Vergleich zur Fokussierung auf das Zusatzgewicht. Weiterhin wurden die Bewegungen unter internalem Fokusbedingungen langsamer ausgeführt, wenn die Bewegungsgeschwindigkeit freigestellt war. Auch Zachry et al. (2005) finden in ihrer Untersuchung zum Basketball-Freiwurf höhere Aktivitäten der Armmuskulatur bei internaler Fokussierung (auf die Bewegung des Handgelenkes) im Vergleich zu einem externalen Fokus (auf den Korb). Sie interpretieren die erhöhte Muskelaktivität bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess ebenfalls als Einfrieren von Freiheitsgraden.

Funktionen aufmerksamer Kontrolle

Nun wird noch einmal die Frage aufgegriffen, welche Funktionen der Aufmerksamkeitslenkung bei der Handlungskontrolle zukommen können. Dabei ist zunächst anzumerken, dass der Aufmerksamkeitsbegriff zur Beschreibung sehr unterschiedlicher Phänomene und empirischer Befunde herangezogen wird. Folglich kann nicht von

einem einheitlichen Aufmerksamkeitsbegriff mit allgemeinen Mechanismen ausgegangen werden. Vielmehr liegen eine Vielzahl „lokaler“ Aufmerksamkeitstheorien mit eingeschränktem Geltungsbereich und zugehöriger funktionaler Mechanismen vor (vgl. Neumann, 1996). Eine weithin akzeptierte und in den Abschnitten 3.2 und 3.3.1 ange-deutete Funktion der Aufmerksamkeit besteht in der Selektion von Umweltreizen, um ein angemessenes Verhalten in der Umwelt zu gewährleisten. Dieser Aspekt wird von Neumann (1992, 1996) als „Informationsselektion zur Handlungssteuerung“ bezeichnet. Vor dem Hintergrund des hier entwickelten theoretischen Rahmens lassen sich weitere Annahmen über mögliche Funktionen willkürlicher Aufmerksamkeitslenkung bei der Handlungskontrolle formulieren. Eine wesentliche Funktion im Rahmen der Handlungskontrolle ergibt sich aus der Annahme, dass die Antizipation zu erzielender Bewegungseffekte zur Aktivierung der entsprechenden motorischen Aktion führt, die diese hervorbringt. Erfolgt also eine Fokussierung auf einen Bewegungsaspekt, so kann dies als Effektantizipation verstanden werden und sollte der Ansteuerung dieses Effektes dienen.

Ein weiterer funktionaler Mechanismus ergibt sich aus den Darstellungen zur hierarchischen Struktur sequenzieller Verhaltensakte in Verbindung mit den Überlegungen und Ergebnissen von Hossner (2004; siehe auch Ehrlenspiel, 2001). Danach wird durch die Lenkung der Aufmerksamkeit auf Zwischeneffekte einer Handlungskette überprüft, ob die antizipierten Effekte auch tatsächlich erreicht wurden und die Handlungskette fortgesetzt werden kann. Zudem wird postuliert, dass über ein Ansteigen muskulärer Kokontraktionen eine stärkere Kontrolle der Bewegungsausführung induziert wird.

Im Rahmen von Überlegungen zur Handlungskontrolle in Drucksituationen erscheint eine weitere Funktion der Aufmerksamkeitslenkung von Bedeutung, die bereits auf Hennig (1925) zurückgeht und von Neumann (1992, 1996) als „Verhaltenshemmung“ bezeichnet wird. Danach dient die Lenkung der Aufmerksamkeit auf Reize einer Handlung auch zur Hemmung konkurrierender Handlungen. Hierdurch soll beispielsweise verhindert werden, dass dieselben Effektoren zugleich für unvereinbare Aufgaben eingesetzt werden (Problem der Effektorrekrutierung) und dass versucht wird, eine intendierte Handlung auf unterschiedliche Arten auszuführen (Problem der Parameterspezifikation). Entsprechend sehen die Vertreter einer handlungsorientierten Sichtweise von Aufmerksamkeit (Allport, 1987; Neumann, 1987; van der Heijden, 1990) die sensorische Selektion – und als Folge die Begrenzung der Aufmerksamkeitskapazität – als

einen funktionalen Mechanismus, um koordiniertes Handeln zu gewährleisten. Empirische Hinweise für diese verhaltenshemmende Funktion ergeben sich z. B. daraus, dass die auf unerwartete Reize folgende Orientierungsreaktion während einer Handlungsausführung weniger stark ausgeprägt ist (vgl. Neumann, 1992). Damit lässt sich die Brücke zu einem weiteren Phänomen schlagen, das häufig als *inattentional blindness* bezeichnet wird. Hierbei zeigt sich, dass durch die Aufmerksamkeitslenkung auf eine Aufgabe andere gleichzeitig ablaufende Handlungen häufig nicht bewusst wahrgenommen werden. Beispielsweise hatten die Versuchspersonen in einer Studie von Simons und Chabris (1999) die Aufgabe, zwei Dreiertteams beim Passen eines Balles zu beobachten und die Anzahl der Pässe eines der Teams zu zählen. Viele Versuchspersonen bemerkten dabei nicht, dass während der Aufgabe eine als Gorilla verkleidete Person ins Bild lief und sich zwischen den Spielern bewegte. Vor diesem Hintergrund erscheint es plausibel, dass eine Fokussierung der Aufmerksamkeit auf eine Bewegungsaufgabe auch der Abschirmung vor konkurrierenden Reizen dient. Dies könnte gerade in Wettkampfsituationen von Bedeutung sein, um etwa störende Zuschauereinflüsse zu verringern oder negative Gedanken über mögliche Konsequenzen der eigenen Leistungen zu verhindern.

3.3.4 Aufmerksamkeitslenkung in Drucksituationen

In den letzten Abschnitten wurden Ergebnisse dargestellt, die zeigen, dass die Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess häufig zu Leistungseinbußen führt. Im Folgenden werden nun Studien aufgegriffen, die nachzuweisen versuchen, dass in Drucksituationen diese Hinwendung der Aufmerksamkeit zur Bewegungsausführung erfolgt. Insgesamt liegen nur sehr wenige Studien vor, die dies direkt in Drucksituationen untersuchen. Zudem ist es schwierig, zwischen den in Abschnitt 3.2 beschriebenen Ablenkungstheorien und dem von Baumeister (1984) vorgeschlagenen Ansatz zu trennen. Eine Aufmerksamkeitslenkung auf die Ausführung der Bewegung kann auch eine Ablenkung von anderen aufgabenrelevanten Aufmerksamkeitsprozessen implizieren. Zur Trennung der beiden Mechanismen wird bei Lewis und Lindner (1997) die zusätzliche Ausführung einer kognitiven Zweitaufgabe beim Golf-Put in einer Drucksituation genutzt. Dieser Vorgehensweise liegt folgende Überlegung zugrunde: Ist die Hinwendung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess die Ursache für Leistungsverschlechterungen, so sollte dies durch die Bindung der Aufmerksamkeit mittels der kognitiven Zweitaufgabe verhindert werden. Dagegen ist eine Leistungsverschlechterung

rung zu erwarten, wenn Ablenkung die Ursache von *choking* ist. Lewis und Lindner (1997) finden bessere Leistungen in der Drucksituation bei gleichzeitiger Ausführung der Zweitaufgabe, was auf die Beeinflussung der Leistung durch ausführungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung hindeutet. Ein methodisches Problem bei dieser Vorgehensweise besteht allerdings darin, dass die Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Zweitaufgabe auch zu einer Ablenkung von der Drucksituation führen kann. Um diese mögliche Konfundierung auszuschließen, müsste geprüft werden (z. B. durch die Erfassung der Zustandsangst), ob die Versuchspersonen trotz Ausführung der kognitiven Zweitaufgabe einen erhöhten Ausführungsdruck wahrnehmen. Da diese Konfundierung in der beschriebenen Untersuchung nicht geprüft wurde, bleibt das Ergebnis nur bedingt aussagekräftig.

Baumeister (1984) leitet zusätzliche Evidenzen für den von ihm postulierten Zusammenhang aus der Erfassung der Neigung zur Selbstaufmerksamkeit (*dispositional self-consciousness*) ab, die mit Hilfe der *Self-Consciousness Scale* von Fenigstein, Scheier und Buss (1975) erfasst wurde (vgl. Abschnitt 3.1). Dabei zeigten Versuchspersonen, die zur Beobachtung eigener Handlungen neigen, in der Drucksituation bessere Leistungen, als Personen bei denen diese Eigenschaft nur gering ausgeprägt ist. Für Baumeister (1984) stellt dieses Ergebnis ein weiteres Indiz für seine Hypothese dar. Er erwartet, dass der Mechanismus insbesondere bei solchen Personen zu einer Beeinflussung der Leistung führt, die ihre eigenen Handlungen normalerweise kaum explizit beobachten. Dagegen sollte ein ausführungsbezogener Aufmerksamkeitsfokus bei Personen mit hoher Neigung zur Selbstaufmerksamkeit der Normalfall sein und hierdurch kein zusätzlicher negativer Effekt entstehen. An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass die Forschungslage in diesem Punkt widersprüchlich ist und der Großteil der Arbeiten den umgekehrten Zusammenhang findet. Beispielsweise zeigen bei Brockner (1979) und Wang et al. (2004) gerade die Personen schlechte Leistungen unter Druck, bei denen die Neigung zur Selbstaufmerksamkeit stark ausgeprägt ist. Auch Masters et al. (1993) gehen davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit für Leistungseinbußen in Drucksituationen steigt, wenn Personen zu einer bewussten Ausführungskontrolle neigen. Zur Erfassung dieses Merkmals entwickeln sie die aus 20 Items bestehende *Reinvestment Scale*, die auch 12 Items aus der oben erwähnten *Self-Consciousness Scale* von Fenigstein et al. (1975) enthält. In einer Reihe von Untersuchungen zeigt sich der erwartete negative Zusammenhang hoher Ausprägungen bei der *Reinvestment Scale*

und suboptimaler Leistungen in Drucksituationen (Masters et al., 1993; Chell, Graydon, Crowley & Child, 2003; Jackson et al., 2006; Maxwell, Masters & Poolton, 2006).

Lewis und Lindner (1997) sowie Beilock und Carr (2001) nutzen in ihren Untersuchungen Trainingsbedingungen, durch die eine erhöhte Selbstaufmerksamkeit provoziert werden soll. Hierdurch soll eine Gewöhnung an solche Bedingungen erzielt und Leistungseinbußen in Drucksituationen vermieden werden. Dazu wurden die Versuchspersonen während der Übungsphase mit dem Hinweis gefilmt, dass die Aufnahmen später von Sportpsychologen und Trainern ausgewertet werden. In beiden Untersuchungen zeigten sich in einer anschließenden Testphase im Unterschied zu Kontrollgruppen keine Leistungseinbußen in einer Drucksituation. Mit Bezug auf die oben beschriebenen Überlegungen von Baumeister (1984) interpretieren die Autoren dieses Ergebnis als Unterstützung für den *explicit monitoring*-Ansatz. Allerdings finden Liao und Masters (2002) das gegenteilige Ergebnis in einer Untersuchung zum Basketball-Freiwurf. Die Versuchspersonen wurden in einer Übungsphase (100 Würfe) explizit aufgefordert, ihre Aufmerksamkeit auf die Ausführung der Bewegung zu lenken und zeigten in einer anschließenden Drucksituation – im Gegensatz zu einer Kontrollgruppe – Leistungseinbußen.

Insgesamt sind diese Studien aus verschiedenen Gründen schwierig zu interpretieren. Neben den unterschiedlichen genutzten Fertigkeiten (Golf-Put, Freiwurf) bleibt unklar, ob in den ersten beiden Untersuchungen durch die Übungsbedingungen tatsächlich eine Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsausführung provoziert wurde. Möglicherweise erfolgte durch die Präsenz der Videokamera und die angekündigte Evaluation lediglich eine Gewöhnung an einen erhöhten Ausführungsdruck und die anschließende Druckbedingung wurde nicht mehr als solche wahrgenommen. Da sowohl in der Trainingsbedingung als auch in der Drucksituation kein Manipulationscheck durchgeführt wurde, lässt sich diese Frage nicht beantworten. Weiterhin umfassen alle drei Untersuchungen lediglich eine Trainingseinheit. Mit Blick auf die Sportpraxis erscheint es unwahrscheinlich, dass der negative Effekt der postulierten Aufmerksamkeitslenkung in so kurzer Zeit eliminiert werden kann. Auch im sportlichen Training wird zur Technikoptimierung die Aufmerksamkeit immer wieder auf spezifische Aspekte der Bewegungsausführung gelenkt, was nicht automatisch zu einer Vermeidung des *choking*-Effektes führt. Zudem müsste genauer spezifiziert werden, wie eine mögliche Gewöhnung an eine ausführungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung die postulierten negativen Leistungseffekte verhindern kann. Hier schlagen lediglich Lewis und Lindner (1997)

zwei mögliche Erklärungen vor, die jedoch nicht weiter geprüft wurden: (1.) Es könnte eine Gewöhnung an das phänomenale Erleben selbstevaluierender Prozesse eintreten, sodass dies in Drucksituationen keine ungewohnte Situation darstellt. (2.) Die selbstevaluierenden Prozesse könnten ebenfalls eine Automatisierung erfahren und dann möglicherweise die automatisierte Bewegungskontrolle nicht mehr stören. Insgesamt tragen die dargestellten Trainingsstudien jedoch nur wenig zur Klärung der Frage bei, durch welche Prozesse die Leistung in Drucksituationen beeinflusst wird.

Direkte Evidenzen für den Zusammenhang von Aufmerksamkeitslenkung und motorischer Leistung und der Rolle dieses Zusammenhangs in Drucksituationen ergeben sich aus Untersuchungen von Gray (2004), bei denen ebenfalls Doppelaufgaben genutzt wurden. Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Untersuchungen wurden die Doppelaufgaben jedoch nicht zur Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus eingesetzt, sondern zur Erfassung der aktuellen Aufmerksamkeitsrichtung. In den Untersuchungen führten erfahrene Baseball-Spieler Schlagbewegungen mit einem virtuellen Ball aus. Während der Schlagbewegung ertönte an einem variierenden Zeitpunkt für 80 ms ein Ton mit einer Frequenz von 250 oder 500 Hz. Nach der Schlagbewegung sollten die Versuchspersonen entweder einschätzen, ob die Schlagbewegung während des Tones gerade abwärts oder aufwärts ausgeführt wurde (*skill-focused dual-task*) oder ob ein hoher oder niedriger Ton zu hören war (*extraneous dual-task*). Bei einem weiteren Drittel der Versuche war keine Reaktion auf den Ton erforderlich. Die Abfragen wurden randomisiert nach Beendigung der Schlagbewegung durchgeführt, sodass sich die Spieler nicht darauf einstellen konnten. Während also die ausführungsbezogene Doppelaufgabe eng mit der Schlagausführung in Verbindung steht, ist die Einschätzung der Tonhöhe unabhängig vom Ausführungsprozess. Dabei geht Gray davon aus, dass eine Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Schlagausführung mit guten Leistungen in der ausführungsbezogenen Doppelaufgabe einhergehen sollte und dies die Ausführung der automatisierten Schlagbewegung negativ beeinflusst. Umgekehrt wird angenommen, dass die Lenkung der Aufmerksamkeit auf Aspekte in der Umwelt mit guten Leistungen in der nicht-ausführungsbezogenen Doppelaufgabe und guten Ausführungsleistungen einhergehen. Entsprechend dieser Annahmen kann Gray (2004, Experiment 2) zeigen, dass Schlagserien mit hohen Fehlerraten bei der Schlagbewegung mit guten Leistungen in der ausführungsbezogenen Doppelaufgabe einhergehen. Dagegen zeigt sich der erwartete positive Zusammenhang von Schlagleistung und Leistung in der nicht-ausführungsbezogenen Doppelaufgabe nicht, was vom Autor auf Deckeneffekte bei der

Doppelaufgabe zurückgeführt wird. In einer weiterführenden Studie (Experiment 3) kann zudem festgestellt werden, dass die Einführung einer Drucksituation zu besseren Einschätzungen bei der ausführungsbezogenen Doppelaufgabe und Leistungsverschlechterungen bei der Baseball-Aufgabe führt.

Die von Gray (2004) eingeführte Methode stellt eine Möglichkeit dar, um die tatsächliche Aufmerksamkeitslenkung im Ausführungsprozess zu erfassen. Die Ergebnisse der dargestellten Studien liefern direkte Hinweise für den in den *Explicit Monitoring Theories* postulierten Aufmerksamkeitsmechanismus.

3.4 Neuromotor Noise Theory

Die in den letzten Abschnitten dargestellten Aufmerksamkeitstheorien nähern sich dem *choking*-Phänomen aus einer kognitiven Perspektive. Die hier beschriebene *Neuromotor Noise Theory (NNT)* beschreibt Bewegungsverhalten unter Einbeziehung mechanischer Eigenschaften und Adaptionsmechanismen des motorischen Systems und kann damit wichtige Erweiterungen bisheriger Betrachtungen liefern. Ausführlich dargestellt wird die Theorie bei van Galen und van Huygevoort (2000). Es liegen eine Reihe weiterer Arbeiten vor, die eine Prüfung der Annahmen und Vorhersagen der Theorie vornehmen (van Galen, van Doorn & Schomaker, 1990; van Galen & Schomaker, 1992; van Galen & De Jong, 1995; van Gemmert & van Galen, 1997, 1998; van Galen, Müller, Meulenbroek & Gemmert, 2002; Meulenbroek, van Galen, Hulstijn, Hulstijn & Bloemsaat, 2005).

Die Vorhersagen der NNT wurden bisher nur für kleinräumige Zielbewegungen formuliert und überprüft, um beispielsweise die Ursachen für den zu beobachtenden Geschwindigkeits-Genauigkeits-Abgleich bei Zielbewegungen zu beschreiben. Es wird jedoch ein allgemeiner Mechanismus beschrieben, der auch in anderen Situationen von Bedeutung sein sollte. Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Beobachtung, dass motorisches Verhalten immer mit Ungenauigkeiten verbunden ist. Bereits bei Woodworth (1899) wird die Beobachtung formuliert, dass das Ausmaß der Bewegungsungenauigkeiten in enger Verbindung mit der Ausführungsgeschwindigkeit steht. Dieser Geschwindigkeits-Genauigkeits-Abgleich wird später von Fitts (1954) mathematisch beschrieben. Als Ursache für die Ungenauigkeiten im motorischen Verhalten wird meist „neuromotorisches Rauschen“ (*neuromotor noise*) angenommen (Fitts, 1954; Meyer, Abrams, Kornblum, Wright & Smith, 1988). Dabei wird „neuromotorisches Rauschen“

als Sammelbegriff für alle Ungenauigkeiten verstanden, die auf unterschiedlichen Ebenen des motorischen Systems – von kortikalen Verarbeitungsprozessen bis hin zur Aktivierung motorischer Einheiten – entstehen (De Jong & van Galen, 1997). Die Auswirkungen des neuromotorischen Rauschens auf die Bewegungsausführung lässt sich beispielsweise anhand des Frequenzspektrums von Bewegungstrajektorien nachweisen (van Galen et al., 1990; van Galen & Schomaker, 1992). In diesen Untersuchungen wurden Bewegungen mit einem Stift auf einem Digitalisierungsbrett durchgeführt. Dabei zeigen sich zu jeder Zeit hochfrequente Schwankungen in den erzeugten Bewegungstrajektorien, die auf das neuromotorische Rauschen zurückgeführt werden. Die resultierenden Ungenauigkeiten im Bewegungsverhalten lassen sich aber auch im Alltag beobachten, wenn man beispielsweise versucht einen Faden durch ein Nadelöhr zu führen oder auch einfach die Hand ganz ruhig zu halten.

Weiterhin wird davon ausgegangen, dass der Rauschanteil im motorischen Signal durch physische, biomechanische und psychologische Faktoren beeinflusst wird. Auch dieser Zusammenhang ist aus Alltagssituationen bekannt, wenn von der sprichwörtlichen „zittrigen Hand“ in besonders wichtigen, aufregenden oder emotionalen Situationen gesprochen wird. Dies führt zum zentralen Aspekt der NNT, wonach Regulationsmechanismen zur Verfügung stehen, um die Ungenauigkeiten im motorischen Verhalten auf die Erfordernisse der Aufgabe anpassen zu können. Die Theorie sagt voraus, dass diese Regulation über eine Anpassung biomechanischer Parameter der Gliedmaßen erreicht wird. Für eine solche Anpassung sind prinzipiell verschiedene Parameter denkbar (van Galen & De Jong, 1995; van Galen, Hendriks & De Jong, 1996). So kann beispielsweise das Trägheitsmoment des Effektors verändert werden, indem die Gelenkwinkel angepasst oder auch die Masse durch Einbeziehung anderer Gegenstände (z. B. Unterdrücken eines Tremors durch Festhalten an einem Gegenstand) verändert wird. Auch eine Anpassung der Viskosität der beteiligten Muskulatur ist denkbar. Als entscheidend wird von den Autoren jedoch der Parameter Gliedmaßensteifigkeit (*limb stiffness*) angesehen. Dabei ergibt sich die Gliedmaßensteifigkeit als Produkt der statischen Muskelaktivität und einem konstanten Verstärkungsfaktor. Die statische Muskelaktivität wird durch Kokontraktionen der antagonistischen Muskulatur der Gliedmaßen erzeugt und beschreibt die muskuläre Grundaktivität, die keine Veränderung des Bewegungszustandes bewirkt. Davon unterschieden wird die dynamische Muskelaktivität, also die darüber hinaus erzeugten Kräfte der agonistischen Muskulatur, die zu einer Veränderung des Bewegungszustandes führen (vgl. van Galen & De Jong, 1995). Wie

oben dargestellt besteht also ein lineares Verhältnis zwischen Gliedmaßensteifigkeit und der muskulären Aktivität. Dagegen wird angenommen, dass die zufälligen Fluktuationen bei der Kraftproduktion – und damit das neuromotorische Rauschen – in einem Quadratwurzelverhältnis mit den erzeugten Kräften steht. D. h. also, dass die durch die Muskulatur erzeugten Kräfte schneller ansteigen als das damit einhergehende motorische Rauschen (van Galen & De Jong, 1995). Damit wird ein einfacher Filtermechanismus beschrieben, durch den die Endpunktvariabilität bei Zielbewegungen durch eine Erhöhung muskulärer Kokontraktionen erreicht werden kann.

Unterstützung für die NNT ergibt sich aus unterschiedlichen Richtungen. In Simulationsrechnungen anhand eines eingelenkigen Armmodells konnten van Galen und De Jong (1995) die für Zielbewegungen vorhergesagte geringere Endpunktvariabilität bei höherer Gliedmaßensteifigkeit bestätigen. Das Ansteigen muskulärer Kokontraktionen und damit der Gliedmaßensteifigkeit bei erhöhten Genauigkeitsanforderungen ist aber auch in realen Situationen und bei komplexen Zielbewegungen zu beobachten. So können Gribble, Mullin, Cothros und Matter (2003) zeigen, dass Zielbewegungen auf kleinere Ziele mit stärkeren Kokontraktionen der Armmuskulatur verbunden sind. Dies geht einher mit einer abnehmenden Variabilität der Bewegungstrajektorien und einer geringeren Endpunktvariabilität. Entsprechend der Vorhersagen der NNT kann in einer Reihe von Untersuchungen nachgewiesen werden, dass auch erhöhte Stressbelastungen ganz unterschiedlicher Art zu einem Anstieg der muskulären Aktivität führen. Dabei ist anzumerken, dass der Stressbegriff von den Autoren sehr allgemein verwendet wird und neben psychisch belastenden Situationen auch solche umfasst, die mit erhöhtem Verarbeitungsaufwand einhergehen. Beispielsweise kann dies bei der Ausführung unter Zeitdruck (van Galen & van Huygevoort, 2000), bei erhöhter Geräuschkulisse (Meulenbroek et al., 2005) oder auch bei hohem kognitiven Verarbeitungsaufwand durch Doppelaufgabenbedingungen (van Galen & van Huygevoort, 2000; van Galen et al., 2002) oder durch Transformationsanforderungen (van Den Heuvel, van Galen, Teulings & van Gemmert, 1998) gezeigt werden.

Wie bereits beschrieben, wird die *Neuromotor Noise Theory* für kleinräumige Zielbewegungen formuliert und bisher auch nur in diesem Kontext geprüft. Allerdings lassen sich Ergebnisse und Zusammenhänge aus anderen Bereichen plausibel in diese Betrachtungsweise integrieren. So finden auch Weinberg und Hunt (1976, 1978) bei ängstlichen Personen stärkere Kokontraktionen in der Armmuskulatur nach negativem Feedback bei

der Ausführung einer Wurfaufgabe. Helin (1988) untersucht die Muskelaktivität im Trapezius bei professionellen Tänzern. Auch hier veränderte sich die Muskelaktivität in Abhängigkeit der psychischen Belastungen vor, während und nach der Aufführung. Auch allgemein wird das Ansteigen der Muskelaktivität als ein Indikator für zunehmende Aktiviertheit (*arousal*) beschrieben (Zaichkowsky & Baltzell, 2001). Wie in Abschnitt 3.1 erläutert, wird in den klassischen Beschreibungen der Leistungsentwicklung in bedeutsamen Situationen ein zu starker Anstieg der Aktiviertheit als Ursache für Leistungsverschlechterungen gesehen. Die NNT liefert damit – zumindest für kleinräumige Zielbewegungen – eine Beschreibung, aus der sich die umgekehrt-U-förmige Aktiviertheits-Leistungs-Beziehung ableiten und erklären lässt. Im Gegensatz zu vielen anderen Überlegungen lassen sich hiermit also auch Leistungssteigerungen erklären. Niedrige und mittlere Stressbelastungen können durch eine Anpassung der Muskelsteifigkeit kompensiert und sogar überkompensiert werden und so zu einer Erhöhung der Ausführungsgenauigkeit führen. Bei einem zu starken Anstieg des neuromotorischen Rauschens kann dieses jedoch nicht mehr durch eine Anpassung der Gliedmaßensteifigkeit kompensiert werden und es kommt zu einer Abnahme der Genauigkeitsleistungen (van Galen & van Huygevoort, 2000).

Vor dem Hintergrund der *Neuromotor Noise Theory* könnte das sprichwörtliche Verkrampfen in psychisch belastenden Situationen ein Filtermechanismus darstellen, der verhindern soll, dass das in solchen Situationen erhöhte neuromotorische Rauschlevel zu erhöhten Ungenauigkeiten im Bewegungsvollzug führt. Hier stellt sich jedoch die Frage, ob und wenn ja wie sich dieser funktionale Wirkmechanismus bei der Ausführung sportlicher Bewegungen leistungsmindernd auswirken sollte. Während bei der NNT das Versteifen der Muskelaktivität zumindest anfangs zu höheren Zielgenauigkeitsleistungen führen sollte, wird im Rahmen der in Abschnitt 3.3.3 beschriebenen Ergebnisse und Überlegungen von Hossner (2004; siehe auch Ehrlenspiel, 2001) das umgekehrte Ergebnis vorhergesagt. Eine Erklärung dafür könnte in der Unterschiedlichkeit der untersuchten Aufgaben liegen. Das Versteifen eines Effektors kann hilfreich sein, um motorisches Rauschen im Endpunkt des Effektors zu vermeiden. Bei Aufgaben, bei denen ein komplexes Zusammenspiel der einzelnen Gelenke und Extremitäten erforderlich ist, könnte sich dies jedoch auch durch eine Reduktion kompensatorischer Prozesse negativ auswirken.

3.5 Fazit

In den letzten Abschnitten ist deutlich geworden, dass es verschiedene Erklärungsansätze für Leistungsveränderungen in Drucksituationen gibt, die das Phänomen zum Teil aus sehr unterschiedlichen Perspektiven betrachten. Auch wenn bisher nur der *explicit monitoring*-Ansatz intensiv empirisch bearbeitet wurde, kann doch angenommen werden, dass es nicht *den einen* Mechanismen gibt, der zu einer Beeinflussung der Leistung in Wettkampfsituationen führt. In Abhängigkeit der Aufgabenanforderungen (z. B. offene vs. geschlossene Fertigkeiten) und der individuellen Reaktion auf belastende Situationen sind unterschiedliche Einflüsse denkbar. Für die Ausführung geschlossener Fertigkeiten stellen die *Explicit Monitoring Theories* eine plausible Erklärungsrichtung dar. Mit der in Abschnitt 3.3.3 dargestellten Knotenpunkt-Hypothese (Hossner, 2004; Ehrlenspiel, 2001) wird ein Mechanismus vorgeschlagen, der Hinweise darauf gibt, wie ausführungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung den Ausführungsprozess beeinträchtigt. Mit der *Neuromotor Noise Theory* wird ein Mechanismus beschrieben, der unabhängig von Aufmerksamkeitsprozessen zu ähnlichen Vorhersagen – nämlich stärkere Kokontraktionen in der ausführenden Muskulatur – führt. Die beiden Erklärungsansätze nähern sich dem Phänomen zwar aus sehr unterschiedlicher Perspektive, schließen sich jedoch nicht aus. Auch die aufmerksame Kontrolle von Bewegungen kann einen erhöhten Verarbeitungsaufwand darstellen und die Ursache für stärkeres neuromuskuläres Rauschen sein. Bisher liegen nur sehr wenige Arbeiten vor, die versuchen, Erklärungsansätze für Leistungsverschlechterungen mit Überlegungen zu funktionalen Mechanismen der motorischen Kontrolle verknüpfen.

Zur Beeinflussung der Leistung durch ausführungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung wurden in Abschnitt 3.3 zahlreiche Untersuchungen und Überlegungen beschrieben, die diesen Ansatz aus unterschiedlichen Perspektiven stützen. Trotzdem sind auch hier noch Forschungsdefizite zu verzeichnen. So liegen bisher nur wenige Studien vor, die zeigen, dass dieser Mechanismus Leistungseinbußen in Drucksituationen verursacht und die spezifisch diesen Erklärungsansatz gegen andere abgrenzen. Weiterhin muss einschränkend angemerkt werden, dass viele der beschriebenen Untersuchungen mit wenig geübten Fertigkeiten durchgeführt wurden. Es ist fraglich, ob sich diese Ergebnisse auf den für die Sportpraxis relevanteren Fall übertragen lassen, wenn Athletinnen und Athleten eine Sportart bereits sehr lange betreiben und ungleich größere Erfahrung mit der Aufgabe haben. Neben den offensichtlichen Unterschieden zwischen Experten und Novizen bezweifelt Ericsson (2003) die Übertragbarkeit klassische Lernphasenmodelle

für Expertenleistungen. Ericsson postuliert vielmehr, dass ein fehlender Zugang für aufmerksame Kontrollprozesse nur für Alltagstätigkeiten zutrifft. Dagegen arbeiten Experten im Training ständig an der Optimierung ihrer Bewegungstechniken und der Verfeinerung der zugrunde liegenden Bewegungsrepräsentationen. Dazu wird die Aufmerksamkeit häufig auf spezifische Bewegungsdetails gelenkt. Ericsson (2003) geht davon aus, dass durch die intensive kognitive Auseinandersetzung mit der Fertigkeit das Erreichen einer automatisierten und nicht mehr zugänglichen Bewegungsrepräsentation verhindert wird. In diesem Fall stellt sich die Frage, ob eine aufmerksame Hinwendung zur Bewegungsausführung ebenfalls Leistungseinbußen verursacht. Umso wichtiger erscheint es, entsprechende Fragestellungen mit hochgradig geübten Versuchspersonen zu untersuchen.

Bei vielen labororientierten Studien zur Aufmerksamkeitslenkung werden eher artifizielle Aufmerksamkeitsbedingungen genutzt. Es stellt sich daher die Frage nach der externen Validität. Beispielsweise wurden die Versuchspersonen bei Beilock et al. (2002a) bei der Ausführung einer Fußball-Dribblingaufgabe instruiert, genau darauf zu achten, ob sie den Ball mit der Fußinnen- oder Fußaußenseite berühren. Zusätzlich sollten sie dies jeweils beim Ertönen eines Zieltones verbal äußern. Hier ist zunächst unklar, welche Funktion dieser Aufmerksamkeitsfokus für die erfolgreiche Ausführung der Dribblingaufgabe haben soll. Hinzu kommt, dass die Fußball-Experten diesen Aufmerksamkeitsfokus in der Trainings- und Spielpraxis vermutlich nicht nutzen. Es erscheint fraglich, ob die im Vergleich zur Doppelaufgabenbedingung in dieser Situation schlechteren Leistungen der Fußball-Experten wirklich nur eine Folge der ausführungsbezogenen Aufmerksamkeitslenkung darstellten. Denkbar ist auch eine Ablenkung der Aufmerksamkeit von anderen wichtigen Informationen (wie die aktuelle Position im Slalomparcours), eine Störung spezifischer Funktionen von Aufmerksamkeit oder ein Einfluss durch eine sehr ungewohnte Aufmerksamkeitsstrategie. Auch Gray (2004) weist darauf hin, dass Experten während des langjährigen Übungsprozesses individuelle Aufmerksamkeitsstrategien entwickeln und dies die Untersuchung von Aufmerksamkeitsprozessen erschwert. Daraus lässt sich die Forderung ableiten, die vorliegenden Ergebnisse und vermuteten Zusammenhänge auch mit Experten und unter feldnahen Bedingungen zu prüfen.

4 Druck und Veränderungen der Bewegungsausführung

In Kapitel 3 wurden mögliche Erklärungsansätze für Leistungseinbußen in Drucksituationen diskutiert. Dabei wurde nur am Rande darauf eingegangen, durch welche Veränderungen der Bewegungsausführungen diese verursacht werden. Diese Frage wird im vorliegenden Kapitel vertiefend behandelt, wobei kinematische Aspekte der Bewegung im Vordergrund stehen. Obwohl viele Autoren hervorheben (z. B. Collins, Jones, Fairweather, Doolan & Priestley, 2001; Mullen & Hardy, 2000; Masters, 1992), dass die Analyse der Bewegungsausführung von besonderer Bedeutung für das Verständnis des *choking*-Phänomens ist, liegen dazu nur sehr wenige Untersuchungen vor.

Ausgangspunkt für die Überlegungen zu kinematischen Veränderungen ist das in Kapitel 3 in mehreren Zusammenhängen berichtete Ergebnis ansteigender Muskelaktivität. Dies zeigt sich in Situationen mit hoher Bedeutsamkeit (z. B. Weinberg & Hunt, 1976, 1978; Helin, 1988), bei erhöhten Aufgabenanforderungen (z. B. van Galen & van Huygevoort, 2000; Meulenbroek et al., 2005), aber auch bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess (Hossner, 2004; Vance et al., 2004; Zachry et al., 2005). Von den Autoren wird diese erhöhte Stiffness in der Regel als Einschränkung von Freiheitsgraden (Bernstein, 1967) interpretiert. Dieses Konzept wird in Abschnitt 4.1 eingeführt und mögliche Veränderungen der Bewegungsausführung beim Basketball-Freiwurf diskutiert. Dabei bleibt jedoch weitgehend offen, wie sich die erwarteten Veränderungen der Bewegungsausführung auf das Bewegungsergebnis auswirken. Aus diesem Grund wird in Abschnitt 4.2 zusätzlich ein von Müller (2001; siehe auch Müller & Sternad, 2004) eingeführtes Konzept aufgegriffen, bei dem sich Faktoren beschreiben und quantifizieren lassen, die zum Erreichen hoher Konstanzleistungen beitragen.

In Abschnitt 4.3 wird ein Überblick über die wenigen vorliegenden Studien zur Veränderung kinematischer Aspekte der Bewegungsausführung in Drucksituationen vorgenommen.

4.1 Free(z)ing degrees of freedom

Für Bernstein (1967) besteht die zentrale Eigenschaft menschlicher Bewegungen in der hohen Flexibilität, mit der sie ausgeführt werden können. Betrachtet man z. B. das Greifen einer Tasse, dann gibt es beliebig viele Gelenkkonfigurationen und Bewegungsbahnen – und damit redundante Freiheitsgrade – mit denen die Hand zum Ziel

geführt werden kann. Die Freiheitsgrade ergeben sich aus den Eigenschaften des menschlichen Bewegungsapparates, der aus einer Vielzahl von Gelenken und Muskeln besteht, die auf ganz unterschiedliche Weise zusammenwirken können, um eine Bewegungsaufgabe zu realisieren. Aus den vielen Freiheitsgraden des Bewegungsapparates erwächst jedoch nicht nur die Möglichkeit Bewegungen flexibel ausführen und hochgradig an gegebene Anforderungen anpassen zu können, sondern auch die Schwierigkeit diesen komplexen Bewegungsapparat zu kontrollieren. Entsprechend sieht Bernstein in der Kontrolle der redundanten Freiheitsgrade die zentrale Schwierigkeit bei der Bewegungskoordination.

The co-ordination of a movement is the process of mastering redundant degrees of freedom of the moving organ, in other words its conversion to a controllable system. More briefly, co-ordination is the organization of the control of the motor apparatus. (Bernstein, 1967, p. 127)

Bernstein (1967) beschreibt drei Stufen, die typischerweise im Laufe des Lernprozesses einer neuen Bewegungsaufgabe durchlaufen werden. (1.) Zu Beginn des Lernprozesses ist eine starke Reduktion der Freiheitsgrade des Bewegungsapparates zu beobachten, indem einige Gelenke fixiert werden. So wird die Kontrolle auf wenige Freiheitsgrade eingeschränkt, um eine erfolgreiche Lösung der Aufgabe erreichen zu können (Bernstein, 1967, p. 108). Entsprechend erscheinen Bewegungen zu Beginn des Lernprozesses oft steif und wenig fließend. (2.) Wird die Aufgabe in der Grobform bewältigt, so werden nach und nach die Fixierungen der Gelenke aufgehoben, mehr Freiheitsgrade genutzt und es kommt zu einer zunehmenden Ökonomisierung der Bewegung. Bernstein nimmt an, dass die höchste Koordinationsstufe (3.) dann erreicht ist, wenn die Bewegungen der verschiedenen Gelenke gut aufeinander abgestimmt sind und auch die bei der Bewegungsausführung auftretenden reaktiven Kräfte bei der Ausführung genutzt werden. So kommt es zu einer weiteren Ökonomisierung der Bewegung und die Ausführung erscheint bei hochgradig geübten Fertigkeiten mühelos und leicht.

In einer Reihe von Untersuchungen wird geprüft, ob sich im Lernprozess das von Bernstein vorhergesagte anfängliche Einschränken und dann sukzessive Freigeben von Freiheitsgraden zeigt. Angenommen werden dabei zwei Mechanismen zur Einschränkung vorhandener Freiheitsgrade. Zum einen das schon erwähnte Einschränken individueller Freiheitsgrade in Form einer Fixierung einzelner Gelenke, was sich in geringeren Bewegungsumfängen äußern sollte. Zum anderen kann eine Reduktion von Freiheitsgraden durch eine Kopplung multipler Freiheitsgrade erreicht werden, indem

einzelne Gelenke nicht unabhängig voneinander kontrolliert, sondern deren Bewegungen gekoppelt werden (Newell & van Emmerik, 1989; McDonald, van Emmerik & Newell, 1989; Vereijken et al., 1992). Dabei wird angenommen, dass Streck- und Beugebewegungen in den beteiligten Gelenken dann nicht unabhängig voneinander, sondern mit allen Gelenken gleichzeitig ausgeführt werden. Die Autoren operationalisieren dies durch hohe bivariate Korrelationen der Gelenkwinkelverläufe. Entsprechende Beobachtungen zeigen sich beispielsweise beim Erlernen slalomartiger Bewegungen auf einem Skisimulator (Vereijken et al., 1992; Vereijken, van Emmerik, Bongaardt, Beek & Newell, 1997), bei Schreibeübungen (Newell & van Emmerik, 1989), beim Volleyball-Aufschlag (Temprado, Della-Grasta, Farrell & Laurent, 1997) und auch bei Wurfbewegungen (Dartswurf: McDonald et al., 1989; Basketball-Freiwurf: Button, MacLeod, Sanders & Coleman, 2003).

Exemplarisch wird die häufig beschriebene Aufhebung der linearen Kopplung von Gelenkbewegungen im Lernverlauf anhand von Daten aus der Studie von Button et al. (2003) beim Basketball-Freiwurf veranschaulicht (Abbildung 5). Dargestellt sind dort Winkel-Winkel-Plots der Bewegungen von Ellbogen- (Abszisse) und Handgelenk (Ordinate) für sechs Spielerinnen mit unterschiedlichem Basketball-Können. Die Winkel-Winkel-Plots verdeutlichen, wie die Bewegungen der beiden Gelenke aufeinander abgestimmt sind. Dabei zeigt sich bei den wenig geübten Spielerinnen (z. B. *Participant 1*) eine eher lineare Kopplung der beiden Gelenkbewegungen, also eine gleichzeitige Streckung. Mit zunehmender Erfahrung und höherer Trefferleistung findet man dagegen einen eher U-förmigen Zusammenhang (insbesondere *Participant 6*). Dies bedeutet, dass zu Beginn der Ellbogenstreckung das Handgelenk zunächst gebeugt wird, und erst gegen Ende der Armstreckung eine schnelle Streckung im Handgelenk erfolgt. Dieses Koordinationsmuster entspricht dem typischen späten Abklappen des Handgelenks beim Freiwurf (vgl. Hagedorn, Niedlich & Schmidt, 1996; Menzel, 1992). Anhand der Abbildungen wird aber auch deutlich, dass die geübten Spielerinnen generell konsistentere Koordinationsmuster zeigen.

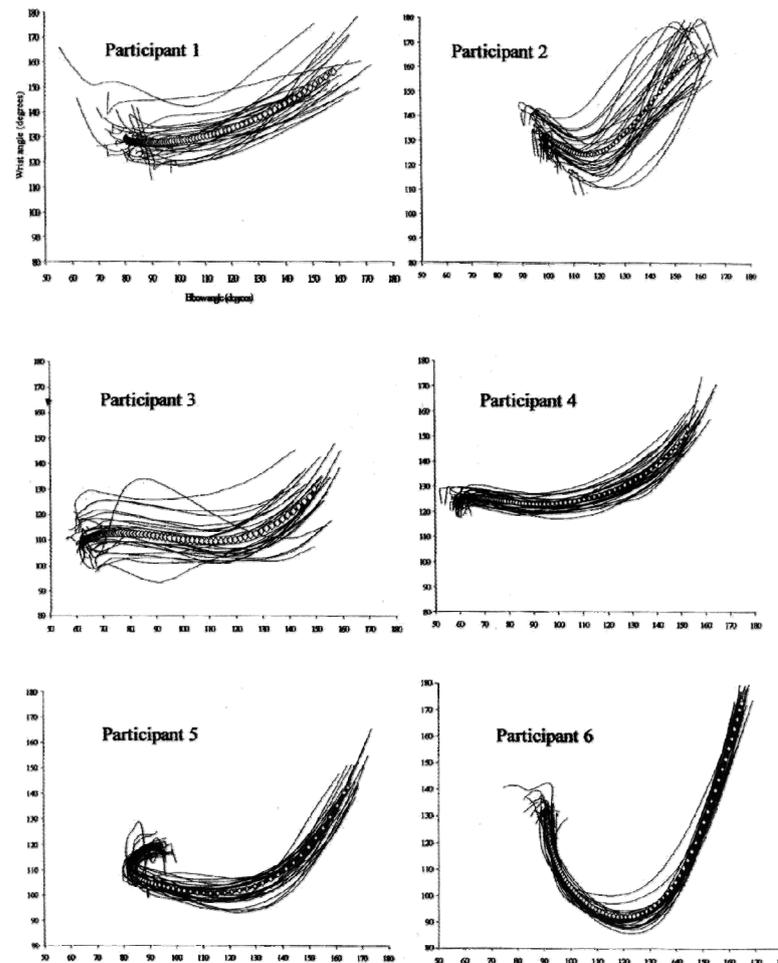


Abbildung 5: Winkel-Winkel-Plots bei der Ausführung des Basketball-Freiwurfs für sechs Spielerinnen mit zunehmender Basketball-Erfahrung. Dabei ist der Ellbogenwinkel auf der Abszisse und der Handwinkel auf der Ordinate abgetragen (Button et al., 2003, p. 264).

Einige Autoren nehmen an, dass ein Einschränken von Freiheitsgraden eher in den distalen Gelenken erfolgt und für die Bewegungsausführung dann stärker die proximalen Gelenke genutzt werden (Newell & van Emmerik, 1989; Vereijken et al., 1992; Steenbergen, Marteniuk & Kalbfleisch, 1995). Beispielsweise finden Steenbergen et al. (1995) bei Greifbewegungen einer Tasse mit der nicht-dominanten linken Hand geringere Bewegungsumfänge in den Gelenken des Armes und eine stärkere Nutzung des Oberkörpers im Vergleich zur Ausführung mit der dominanten Seite.

Es wird jedoch nicht nur angenommen, dass es im Lernverlauf zu einer sukzessiven Einbeziehung von Freiheitsgraden in den Bewegungsvollzug kommt, sondern auch, dass bei hohen situativen Anforderungen ein erneutes Einschränken (*re-freezing*) erfolgen kann. In der oben genannten Untersuchung von Steenbergen et al. (1995) zeigen sich z. B. die kleineren Bewegungsumfänge in den distalen Gelenken insbesondere

dann, wenn mit der Greifbewegung eine gefüllte Tasse gegriffen wird. In ähnlicher Weise nehmen eine Reihe von Autoren an (z. B. Mullen & Hardy, 2000; Collins et al., 2001; Higuchi et al., 2002), dass auch erhöhter psychischer Druck zu einem erneuten Einschränken von Freiheitsgraden führt. Vor dem Hintergrund der in Kapitel 3 beschriebenen Mechanismen könnte dies den Versuch widerspiegeln, die Bewegungsausführung in besonders wichtigen Situationen (aufmerksam) zu kontrollieren oder größere Ungenauigkeiten durch erhöhtes neuromuskuläres Rauschen zu vermeiden.

Bei den vorgenommenen Betrachtungen stellt sich die Frage, wie ein erneutes Einschränken von Freiheitsgraden das Bewegungsergebnis negativ beeinflusst. Hinweise darauf ergeben sich aus den Ergebnissen von Hossner (2004). Hier zeigt sich ein Ansteigen der Muskelaktivität bei der Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die Ausführung des Basketball-Freiwurfs, was als Einschränken von Freiheitsgraden interpretiert wird. Dies geht einher mit einer geringeren Abstimmung (Kovariation) der Gelenkpositionen im Hinblick auf das Erreichen hoher räumlicher Konstanz im Endglied der Bewegungskette. Eine ähnliche Beobachtung machen McDonald et al. (1989) in Abhängigkeit kinematischer Veränderungen beim Dartswurf. Sie finden ein Auflösen der linearen Kopplungen von Schulter-, Ellbogen- und Handgelenk und eine gleichzeitig geringer werdende Variabilität der Handtrajektorien. Dies deutet darauf hin, dass die Einzelbewegungen im Sinne einer konstanten Gesamtbewegung aufeinander abgestimmt werden, was als aufgabendienliche Kovariation (Müller, 2001) beschrieben wird. Die Bedeutung der aufgabenspezifischen Abstimmung der Einzelbewegungen für das Erreichen hoher Konstanzleistungen wird auch gestützt, wenn man berücksichtigt, dass die abnehmenden linearen Kopplungen der Gelenkbewegungen im Lernverlauf in der Regel mit höheren Genauigkeits- und Konstanzleistungen im Bewegungsergebnis einhergehen (McDonald et al., 1989; Temprado et al., 1997; Button et al., 2003).

Freezing beim Basketball-Freiwurf

Für die Betrachtung der Nutzung von Freiheitsgraden beim Freiwurf werden zunächst die grundlegenden Technikmerkmale beschrieben, die für eine erfolgreiche Ausführung von Bedeutung sind.

Ein wesentliches Technikmerkmal von Würfeln besteht darin, dass die beteiligten Segmente nacheinander eingesetzt werden. Zunächst erfolgt eine Beschleunigung in den großen Muskelgruppen der Beine und des Rumpfes und die Bewegung setzt sich dann distal bis zum Endglied der offenen Bewegungskette fort. In Abbildung 6 wird das

dadurch deutlich, dass die Winkelgeschwindigkeitsmaxima der beteiligten Gelenke von proximal nach distal nacheinander erreicht werden. Diese Ausführung ist aus biomechanischer Sicht aus mindestens zwei Gründen sinnvoll. Zum einen erfolgt durch den sequenziellen Einsatz der Gelenke eine Impulsübertragung auf distale Segmente, sodass diese auch ohne entsprechenden Muskeinsatz beschleunigt werden (vgl. Bartlett, 2000). Weiterhin resultiert daraus eine lange Beschleunigungsphase des Wurfgerätes, sodass die Abfluggeschwindigkeit mit vergleichsweise geringen Beschleunigungswerten erreicht werden kann (vgl. Menzel, 1992). Beide Aspekte sind insbesondere dann von Bedeutung, wenn maximale Abfluggeschwindigkeiten erforderlich sind. Aber auch bei Zielwürfen erscheint diese Technikausführung sinnvoll, da beide Aspekte dazu beitragen, dass die erforderlichen Abfluggeschwindigkeiten des Gerätes durch geringe Beschleunigungen erzielt werden können. Da der Einsatz höherer Kräfte auch mit größeren Ungenauigkeiten einhergeht (Carlton & Newell, 1993), kann dies zum Erreichen der hohen Genauigkeitsanforderungen beitragen. In Abbildung 7 sind reale Winkelgeschwindigkeits-Zeit-Verläufe für einen Basketball-Freiwurf von der Wurfauslage bis zum Verlassen des Balles der Hand dargestellt. Auch hier zeigt sich das Nacheinander der Streckbewegung zunächst in Knie und Hüfte, dann in Schulter und Ellbogen und abschließend im Handgelenk.

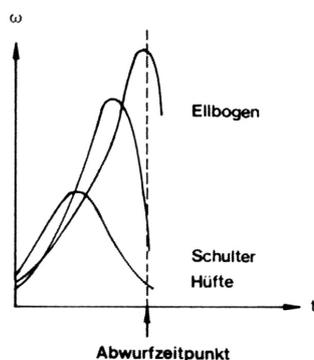


Abbildung 6: Idealierte Winkelgeschwindigkeits-Zeit-Verläufe im Hüft-, Schulter- und Ellbogengelenk bei Schlagwurfbewegungen (Menzel, 1992, S. 4).

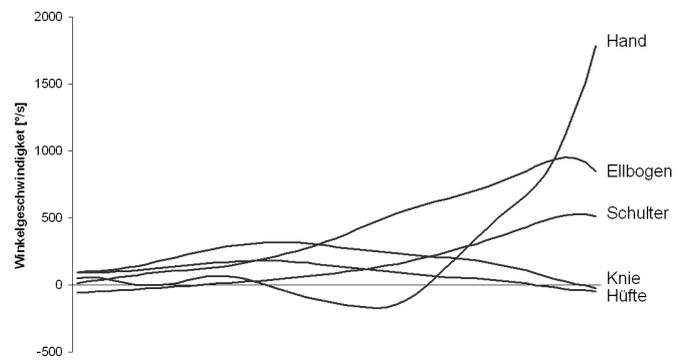


Abbildung 7: Exemplarische Winkelgeschwindigkeits-Zeit-Verläufe bei einem Basketball-Freiwurf in den einzelnen Gelenken. Dargestellt ist die Streckbewegung von der Wurfauslage bis zum Verlassen des Balles der Hand.

Im Folgenden werden die beiden Mechanismen zum Einschränken von Freiheitsgraden aufgegriffen. Eine vollkommene Fixierung einzelner Gelenke ist bei Wurfbewegungen schon aufgrund der biomechanischen Impulsübertragungen nicht zu erwarten. Der Mechanismus könnte aber zu geringeren Bewegungsumfängen in den Gelenken führen. Die Vermutung einiger Autoren, dass vornehmlich distale Gelenke fixiert werden und

eine Ausführung in proximalen Gelenken erfolgt, erscheint bei der Freiwurfbewegung fraglich. Da die Bewegung „von unten nach oben“ ausgeführt wird, ist es plausibler, dass Gelenke zu Beginn der Bewegungskette, also z. B. Knie- und Hüftgelenk, weniger stark genutzt werden.

Eine Kopplung der Gelenkbewegungen in der Form, dass Streck- und Beugebewegungen gleichzeitig ausgeführt werden, sollte sich beim Freiwurf insbesondere in den Gelenken bemerkbar machen, die bei der Freiwurfbewegung zeitlich nacheinander eingesetzt werden, also etwa im Vergleich der Bewegungen in Knie- und Schultergelenk oder in Ellbogen- und Handgelenk (vgl. Abbildung 7).

4.2 Faktoren der Trefferleistung

Die im letzten Abschnitt dargestellten Überlegungen und Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein erneutes Einschränken von Freiheitsgraden die Abstimmung der Gelenkbewegungen beeinträchtigt und dies zu geringerer Konstanz im Endglied der Bewegung führt. Dabei bleibt jedoch unklar, wie sich diese Veränderungen auf das Bewegungsergebnis, also z. B. die Trefferleistung beim Freiwurf auswirkt. Im vorliegenden Abschnitt wird ein Konzept von Müller (2001; siehe auch Müller & Sternad, 2004) eingeführt, das diese Lücke für Aufgaben mit hohen Genauigkeits- und Konstanzleistungen schließt.

Viele sportliche Fertigkeiten erfordern hohe Präzisionsleistungen, die zudem sehr konstant hergestellt werden müssen. Betrachtet man z. B. den Basketball-Freiwurf, dann ergeben sich hohe Präzisionsanforderungen durch die Entfernung des Spielers zum Korb. Der Ring befindet sich in einer Höhe von 3.05 m und der Ringmittelpunkt ist 4.225 m von der Freiwurflinie entfernt. Der Durchmesser des Ringes beträgt 45 cm und der des Balles etwa 24 cm. Die Genauigkeitsanforderungen sind allerdings noch höher, wenn man den Eintrittswinkel des Balles in den Ring berücksichtigt. Der volle Korbdurchmesser steht für das Eintreten in den Korb nur dann zur Verfügung, wenn der Ball senkrecht von oben in den Ring eintritt. Beispielsweise beträgt die maximale Ausdehnung des Eintrittsbereichs in Wurfrichtung bei einem Eintrittswinkel von 45° nur noch etwa 32 cm (vgl. auch Abbildung 31 in Anhang B). Für das Erzielen hoher Trefferquoten ist es zusätzlich erforderlich, dass die Flugkurven bei wiederholter Ausführung am Ring nur eine sehr geringe Streuung aufweisen.

Die Schwierigkeit bei der Realisierung der erforderlichen Genauigkeits- und Konstanzleistungen besteht darin, dass Bewegungsausführungen immer mit Ungenauigkeiten verbunden sind. Selbst nach sehr umfangreicher Übung können Bewegungen nicht in identischer Weise wiederholt werden (Bernstein, 1967; Newell & Corcos, 1993). Es stellt sich also die Frage, wie es trotz unvermeidbarer Ungenauigkeiten in der Bewegungsausführung gelingt, Bewegungsergebnisse sehr konstant herstellen zu können. Ein zentraler Aspekt stellt dabei die aufgabendienliche Kovariation von Ausführungsgrößen dar – Fluktuationen in einer Komponente werden durch Anpassungen in (einer) anderen ausgeglichen. Durch das von Müller (2001) eingeführte Konzept lassen sich insgesamt drei Faktoren unterscheiden, auf die Veränderungen der Ergebnisvariabilität vollständig zurückgeführt werden können. Hierdurch ergibt sich zum einen die Möglichkeit, übungsbedingte Veränderungen ergebnisrelevanter Größen zu beschreiben. Aber auch die Beeinflussung der Leistung etwa durch erhöhte Druckbedingungen lassen sich auf diese Ausführungsmerkmale zurückführen.

In Abbildung 8 (Reiser, 2004, S. 24) werden anhand einer Serie von Freiwürfen die Faktoren verdeutlicht, die prinzipiell zu einer Veränderung der Ergebnisvariabilität beitragen können². Genutzt wird dafür der Zusammenhang von Abwurfgeschwindigkeit und -winkel. Dargestellt sind zunächst alle Kombinationen, die zu einem Treffer (grau) bzw. zu einer Ringberührung (hellgrau) führen. Die einzelnen Punkte repräsentieren die Winkel-Geschwindigkeits-Kombinationen einer Serie von 10 Würfeln, mit denen der Ball die Hand verlässt. Eine Wurfbewegung führt also dann zu einem Treffer, wenn der zugehörige Punkt innerhalb der grauen Treffermenge liegt. Es gibt drei Möglichkeiten die Trefferleistung einer Serie von Würfeln zu verbessern. Die erste Möglichkeit besteht darin, die Stabilitätseigenschaften der Aufgabe optimal auszunutzen. In der Abbildung entspricht dies der Verschiebung der „Abwurf-Punktewolke“ in den Bereich, wo die graue Treffermenge am breitesten ist (Faktor „Stabilität des Abwurfbereichs“, Verschiebung von A nach B in Abbildung 8 a). Beim Freiwurf ist es z. B. aufgrund des oben dargestellten Zusammenhangs von Eintrittswinkel und Größe des Eintrittsbereichs günstig, eine hohe Flugkurve, also größere Abwurfwinkel zu wählen. Eine weitere Möglichkeit die Trefferleistung zu verbessern besteht darin, die Streuung der Ausführungsgrößen, also in diesem Beispiel von Abwurfwinkel und -geschwindigkeit zu

² An dieser Stelle handelt es sich aus Gründen der Anschaulichkeit um eine vereinfachte Darstellung. Dabei wird der Ballflug lediglich zweidimensional und bei festem Abwurfpunkt betrachtet. Die Zusammenhänge und Berechnungen sind aber nicht auf diesen Fall beschränkt.

verringern (Faktor „Größe der Streuung“). In Abbildung 8 b wird dies durch das Zusammenrücken der Punktwolke veranschaulicht. Schließlich besteht noch die Möglichkeit, die beiden Parameter so aufeinander abzustimmen, dass zu jedem Abwurfwinkel eine „passende“ Geschwindigkeit „gewählt“ wird, sodass deren Kombination zum Korberfolg führt (Faktor „aufgabendienliche Kovariation“). In Abbildung 8 c zeigt sich dies darin, dass die Form der Punktwolke auf die der Treffermenge angepasst wird.

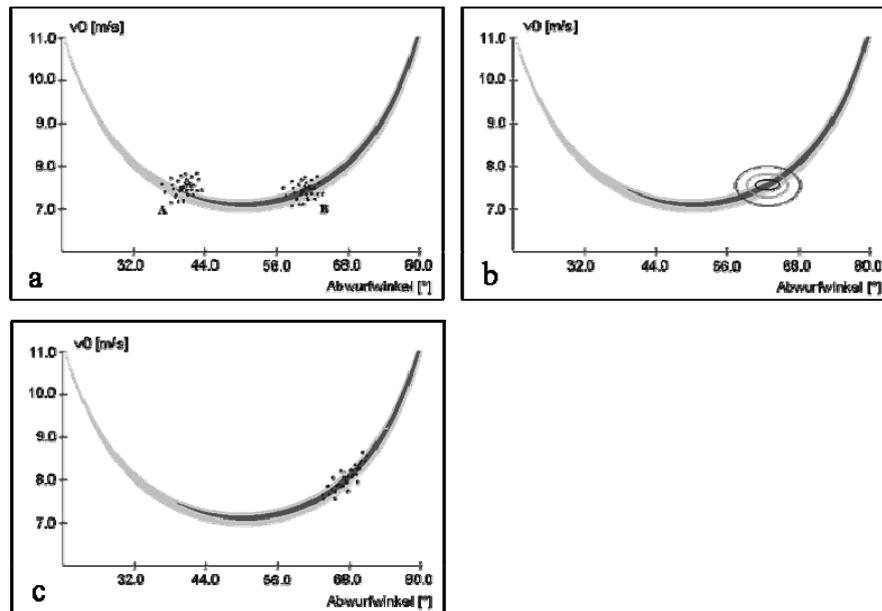


Abbildung 8 a-c: Treffermenge (grau, hellgrau Ringberührung) und hypothetische Abwurfmenge beim Basketball-Freiwurf (Reiser, 2004, S. 24). Veranschaulicht werden die Nutzung der Faktoren „Stabilität des Abwurfbereichs“ (a), „Größe der Streuung“ (b) und „aufgabendienliche Kovariation“ (c). Ausführliche Erläuterungen erfolgen im Text.

Untersuchungen anhand der Flugkurven beim Basketball-Freiwurf und beim Boule-Unterhandwurf zeigen erwartungsgemäß eine deutlich geringere Ergebnisvariabilität bei Experten als bei wenig geübten Personen (Reiser, Müller & Dausg, 1997a). Weiterhin kann durch aufgabendienliche Kovariation ein erheblicher Teil der Ausführungsvariabilität (60-80%) reduziert werden. Allerdings unterscheiden sich Experten und Novizen in der Nutzung dieses Faktors nur in geringem Maße. Dies deutet darauf hin, dass durch die Nutzung der freiwurftypischen Bewegungstechnik – selbst bei wenig geübten Spielern – schon ein hohes Maß an Kovariation von Abwurfwinkeln und -geschwindigkeiten sichergestellt wird. Dagegen ist bei den Experten eine deutlich geringe Variabilität in den Abwurfparametern zu finden, was ebenfalls zu einer geringen Streuung der Flugkurven am Ring beiträgt. Dies könnte wiederum auf eine stärkere Nutzung aufgabendienlicher Kovariation auf Gelenkebene im Sinne einer hohen Konstanz im Endglied der Bewe-

gung hindeuten, wie dies die Ergebnisse von Hossner (2004) bzw. McDonald et al. (1989) nahe legen.

Entsprechend dieser Erwartung zeigt sich aufgabendienliche Kovariation bei ganz verschiedenen Fertigkeiten und auf unterschiedlichen Ebenen der Ausführung. Eine ausführliche Zusammenstellung von Arbeiten zur Nutzung aufgabendienlicher Kovariation ist bei Müller (2001) zu finden. Im Folgenden werden beispielhaft einige Arbeiten aufgeführt, die verdeutlichen sollen, dass aufgabendienliche Kovariation auf ganz unterschiedlichen Ebenen zu beobachten ist. So kann Bootsma (1988) Kovariation temporaler Parameter bei Schlagbewegungen im Tischtennis nachweisen. Schlagdauer und Bewegungsbeginn werden so aufeinander abgestimmt, dass hohe Konstanz im Treffpunkt des Balles resultiert. Wie bereits beschrieben zeigen sich bei Hossner (2004) posturale Kompensationseffekte bei der Analyse der Körperhaltung bei der Basketball-Freiwurfbewegung. Basketball-Experten stimmen ihre Gelenkbewegungen so aufeinander ab, dass geringe Streuungen im Endpunkt der Bewegungskette entstehen. Eine Reihe von Untersuchungen von Zielwürfen finden Kovariation der Abwurfparameter des Wurfobjektes, sodass eine geringe Streuung im Ziel resultiert (Reiser et al., 1997a, 1997b; Müller & Loosch, 1999; Reiser, 2004).

Die dargestellten Ergebnisse zur Nutzung aufgabendienlicher Kovariation führen zu der Frage, wie diese Abstimmungen im Ausführungsprozess erzielt werden können. Wurf-, Stoß- und Schlagbewegungen sind von sehr kurzer Dauer. Aufgrund der zeitlichen Einschränkungen der menschlichen Informationsverarbeitung können die kompensatorischen Prozesse nicht oder zumindest nicht vollständig durch die Verarbeitung proprio- und exterozeptiver Rückmeldungen erklärt werden (vgl. Müller, 2001; Reiser, 2004). Reiser (2004) kann zeigen, dass im Lernverlauf zunehmend äquifinale Bewegungsabschnitte im Abwurfbereich realisiert werden. Darunter ist zu verstehen, dass über einen Bewegungsabschnitt nur solche Kombinationen von Abwurfwinkeln und -geschwindigkeiten vorliegen, die zum Ziel führen. Anschaulich würde dies in Abbildung 8 bedeuten, dass die bei der Bewegungsausführung realisierten Winkel-Geschwindigkeits-Kombinationen im Abwurfbereich in der grauen Treffermenge verlaufen und diese nicht nur kurz schneiden. Trotz nicht vermeidbarer Streuungen des Abwurfzeitpunktes und der Abwurfparameter kann so das Ziel mit hoher Sicherheit erreicht werden. Verlässt der Ball in einem solchen äquifinalen Bewegungsabschnitt die Hand, dann impliziert dies die hohe Abstimmung der Abwurfparameter. Dies liefert eine Erklärung dafür, wie bei

Zielwürfen ein hohes Maß aufgabendienlicher Kovariation der Abwurfparameter realisiert werden kann und hierdurch eine geringe Ergebnisvariabilität resultiert.

Damit ist es möglich, dass sich die Abnahme kompensatorischer Abstimmungen auf Gelenkebene gleich in zweifacher Hinsicht negativ auf den resultierenden Ballflug auswirkt. Zum einen sollten größere Streuungen der Abwurfparameter resultieren und zum anderen könnte es weniger gut gelingen, äquifinale Bewegungsbahnen anzusteuern und damit Kovariation der Abwurfparameter zu nutzen.

Für die Quantifizierung aufgabendienlicher Kovariation ist es erforderlich, die Aufgabe mathematisch zu modellieren, d. h. aus den Ausführungsgrößen das Bewegungsergebnis berechnen zu können. Aus diesem Grund eignen sich Wurf-, Schuss- oder Schlagbewegungen für entsprechende Berechnungen. Die Bewegungsausführung resultiert in der Flugbahn eines Objektes, die anhand des schiefen Wurfs gut beschrieben werden kann. Damit ist es möglich, aus den Ausführungsgrößen das Bewegungsergebnis zu bestimmen und die empirisch gefundene Ergebnisvariabilität (EmpEV) für wiederholte Ausführungen zu ermitteln. Durch ein von Müller (2001; Müller & Sternad, 2003) vorgeschlagenes Permutationsverfahren können die spezifischen Kopplungen innerhalb einer Serie von Ausführungen aufgelöst werden. Hierdurch wird es möglich, die aufgrund der Streuung der Ausführungsgrößen theoretisch zu erwartende Ergebnisvariabilität (ErwEV) ohne Ausnutzung des Faktors Kovariation zu bestimmen. Damit kann durch Gleichung (1) Kovariation für multiple nicht-lineare Zusammenhänge berechnet werden (Müller, 2001; Müller & Sternad, 2003).

$$R = \frac{EmpEV}{ErwEV} - 1 \quad (1)$$

Mithilfe des dargestellten Vorgehens lässt sich also bestimmen, wie sich Veränderungen auf der Ausführungsebene (z. B. Abwurfwinkel, -geschwindigkeit und -höhe) auf der Ergebnisebene (z. B. die Streuung der Flugkurven am Korb) auswirken. Anhand der Flugkurven wird zwar keine direkte Betrachtung der Bewegungsausführung vorgenommen, allerdings stellen sie die ergebnisrelevante Summe der vorausgegangenen Körperbewegungen dar (Müller, 2001, S. 114). Die Übertragung der Überlegungen auf die Koordination der Gelenke erfordert bei Ganzkörperbewegungen eine äußerst komplexe Modellierung.

Die kovariationsbereinigte, theoretisch zu erwartende Ergebnisvariabilität (ErwEV) stellt ein Maß zur Beschreibung der Ausführungsvariabilität dar. Der verallgemeinerte Kovariationskoeffizient R quantifiziert aufgabendienliche Kovariation auch für multiple nicht-lineare Zusammenhänge.

4.3 Studien zur Veränderung des Bewegungsverhaltens in Drucksituationen

Im Folgenden wird ein Überblick über die wenigen Arbeiten gegeben, die sich mit kinematischen Veränderungen bei erhöhtem Ausführungsdruck befassen. In Tabelle 1 sind entsprechende Studien aufgeführt, bei denen jedoch sehr unterschiedliche Aufgaben, Druckbedingungen und kinematische Parameter genutzt werden.

Bei Aufgaben ohne Zeitdruck (Klettern: Pijpers, Oudejans & Bakker, 2005; Gehen: Collins et al., 2001) ergibt sich bei erhöhter Zustandsangst (Ausführung in größeren Höhen) eine Ausführungsverlangsamung. Collins et al. (2001) finden zudem stärkere lineare Kopplungen für die unteren Extremitäten anhand der Winkelbeschleunigungsdaten beim Gehen, was als Einschränken von Freiheitsgraden interpretiert werden kann. Es liegen nur drei Studien vor, die sich auf Wurf- und Schlagbewegungen beziehen. Higuchi et al. (2002) nutzen eine virtuelle Schlagbewegung mit einem eingelenkigen Hebel und leichte elektrische Stimuli zur Erhöhung des Ausführungsdrucks. Es zeigen sich keine Veränderungen der Ausführungsleistungen, jedoch eine kleinere Ausholbewegung und geringere Variabilität im Umkehrpunkt der Bewegung und im Treffpunkt. Gray (2004) findet hingegen in einer wettkampfählichen Situation im Vergleich zu einer Baseline-Bedingung eine variabelere Bewegungsausführung bei Baseball-Schlagbewegungen mit einem virtuellen Ball. Bestimmt wurde hier das zeitliche Verhältnis von Aushol- und Schlagbewegung. Diese erhöhte Variabilität geht einher mit geringerer zeitlicher Präzision beim Treffen des Balles. Higuchi (2000) untersucht Veränderungen durch erhöhten Evaluationsdruck beim Unterhandzielwurf mit der nicht-dominanten Hand. In der Drucksituation zeigen sich größere Streuungen im Ziel in Verbindung mit einem konstanten Abwurfpunkt. Dagegen ergeben sich größere Streuungen bei Korrelationsberechnungen der Winkelgeschwindigkeits- und -beschleunigungsdaten, was als Hinweis für ein variabeleres Bewegungsmuster gewertet wird.

Tabelle 1: Zusammenstellung von Arbeiten, die kinematische Veränderungen der Bewegungsausführung in Situationen mit erhöhtem Ausführungsdruck bzw. erhöhter Angst untersuchen.

Autor(en)	Aufgabe	Druckbedingung	Befund
Beuter & Duda (1985) Beuter, Duda & Widule (1989)	Gehen über Hindernisse (N=9 Kinder) (N=14 Kinder)	Evaluationsdruck durch einen anwesenden Arzt	Qualitative Beschreibung der Hüft-, Knie- und Fußgelenksbewegungen; Unterschiede – die als weniger fließende Bewegung interpretiert werden – zeigen sich nur im Fußgelenk
Collins, Jones, Fairweather, Doolan & Priestley (2001)	Exp. 1: Gehen über zwei Balken (N=16)	Erhöhte Angst bei Ausführung in größerer Höhe (20m)	Kleinere und langsamere Schritte in der Höhe; Kreuzkorrelationsberechnungen der Winkelbeschleunigungsdaten von Sprung-, Knie- und Hüftgelenk ergeben stärkere Kopplungen der Gelenkbewegungen
	Exp. 2: Gewichtheben (Reisen) (N=7)	Wettkampf- vs. Trainingssituation	Schwierig zu interpretierende qualitative Beschreibung der Kreuzkorrelationsdaten weniger Versuche
Gray (2004)	Baseballschlag mit virtuellem Ball (je n = 6 erfahrende Spieler in Experimental- und Kontrollgruppe)	Wettkampfähnliche Situation mit finanziellem Anreiz	Bestimmt wurde das zeitliche Verhältnis von Aushol- und Schlagbewegung; Es zeigte sich eine deutlich höhere Variabilität dieses Verhältnisses verbunden mit abnehmender zeitlicher Präzision beim Treffen des Balles
Higuchi (2000)	Unterhandwurf mit der nicht-dominanten Hand (N=11)	Erhöhter Evaluationsdruck	Schlechtere Trefferleistung (AE); Erhöhte Variabilität (SD) der Korrelationen der Winkelgeschwindigkeitsverläufe von Schulter-, Ellbogen- und Handgelenk; Geringere Variabilität des Abwurfpunktes
Higuchi, Imanaka & Hata-yama (2002)	Virtuelle Schlagaufgabe mit eingelenkigem Hebelarm (N=14)	Leichter elektrischer Stimulus bei schlechten Leistungen	Keine Veränderung der Treffgenauigkeit (RMS-Fehler); Späterer Bewegungsbeginn, kleinere Ausholbewegung und konsistentere Bewegungsmuster
Mullen & Hardy (2000)	Golf-Put (N=18, Handicap 12-18)	Erhöhte Evaluation und Wettkampf mit finanziellem Anreiz	Unklare Ergebnisse sowohl für die Leistung als auch für die explorativen kinematischen Analysen
Pijpers, Oudejans & Bakker (2005)	Klettern an einer Indoor-Kletterwand (N=23)	Erhöhte Angst bei Ausführung in größerer Höhe (5m)	Längere Gesamtzeiten; Stärker abwägendes Verhalten (Zunahme explorativer Bewegungen); Verlangsamung der Bewegungsausführung (längere Zeitspannen zwischen den einzelnen Griff-Fixierungen)

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Collins et al. (2001) beim Gehen in großer Höhe stärkere lineare Kopplungen der Gelenkbewegungen in den unteren Extremitäten finden, was als Reduktion der genutzten Freiheitsgrade interpretiert werden kann. Ansonsten wird in den genannten Studien aber nicht geprüft, ob die Abstimmung einzelner Ausführungsgrößen durch erhöhten Ausführungsdruck beeinträchtigt wird. Die genutzten Variabilitätsmaße sind vor dem hier diskutierten Hintergrund schwierig zu interpretieren. Zum einen erfolgt keine Unterscheidung zwischen unkontrollierter Streuung und aufgabendienlicher Variabilität und zum anderen wird auch nicht geprüft, ob die veränderte Ausführungsvariabilität zu einer Beeinflussung der Ergebnisvariabilität führt.

4.4 Fazit

Aus den in Kapitel 3 dargestellten Erklärungsansätzen ergeben sich Hinweise darauf, wie Bewegungsausführungen durch Drucksituationen bzw. Aufmerksamkeitsprozesse beeinflusst werden und daraus Leistungseinbußen resultieren können. Unterschiedliche Ansätze beschreiben das Ansteigen muskulärer Kokontraktionen, was als Einschränkung von Freiheitsgraden interpretiert werden kann.

In Abschnitt 4.1 wird das von vielen Autoren aufgegriffene Freiheitsgradproblem von Bernstein (1967) eingeführt. Daraus lassen sich mögliche kinematische Veränderungen des Koordinationsmusters ableiten, nämlich geringere Bewegungsumfänge und stärkere lineare Kopplungen der Bewegungen verschiedener Gelenke. Quantitative Bezüge zu Leistungsveränderungen können dabei jedoch nicht hergestellt werden. Darin besteht der Vorteil des in Abschnitt 4.2 eingeführten Konzepts von Müller (2001), bei dem sich Faktoren bestimmen lassen, auf die Leistungsveränderungen bei Aufgaben mit hohen Konstanzanforderungen zurückgeführt werden können.

Die Koordination von Freiheitsgraden und die Nutzung aufgabendienlicher Kovariation stellen zwei ähnliche Betrachtungen von Bewegungsverhalten dar. Beide beziehen sich auf kinematische Aspekte der Bewegungsausführung und betrachten dabei die ergebnisbezogenen Abstimmungen einzelner Ausführungsgrößen. Die quantitative Bestimmung aufgabendienlicher Kovariation auf Gelenkebene ist jedoch bei Ganzkörperbewegungen nur schwer möglich, da hierfür eine sehr komplexe Modellierung der Bewegungsausführung erforderlich ist. Aus den möglichen Veränderungen der Bewegungsausführung lassen sich jedoch Erwartungen für die Beeinflussung der Faktoren formulieren, die anhand der Flugkurven quantitativ bestimmt werden können und die einen

direkten Einfluss auf die Ergebnisvariabilität haben. So sollte die Beeinträchtigung der Gelenkkoordination zu einer größeren Streuung der Abwurfparameter und einer gleichzeitig verringerten Nutzung aufgabendienlicher Kovariation der Abwurfparameter führen.

5 Untersuchung I – Druck und Aufmerksamkeitslenkung³

5.1 Untersuchungsziele

Suboptimale Leistungen bei hochgradig geübten sportlichen Fertigkeiten werden häufig durch unfunktionale Aufmerksamkeitsprozesse erklärt. Die Grundannahme besteht darin, dass durch eine Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess eine Störung der automatisierten Ausführung erfolgt. Dieser Zusammenhang wird im Rahmen der *Explicit Monitoring Theories* auch für Leistungseinbußen in Drucksituationen angenommen. In Abschnitt 3.3 wurden Untersuchungsergebnisse dargestellt, die diesen Erklärungsansatz aus unterschiedlichen Richtungen stützen.

Das primäre Ziel der vorliegenden Untersuchung besteht darin, die Vorhersagen der *Explicit Monitoring Theories* unter feldnahen Bedingungen anhand des Freiwurfs im Basketball zu prüfen. Diese sagen voraus, dass sich Leistungseinbußen sowohl durch erhöhten Ausführungsdruck als auch durch willentliche Aufmerksamkeitslenkung auf den Ausführungsprozess ergeben. Dagegen sollten sich keine negativen Auswirkungen zeigen, wenn die Aufmerksamkeit auf einen zu erzielenden externalen Bewegungseffekt – also etwa den resultierenden Ballflug oder das Erreichen des Korbes – gelenkt wird. Die feldnahe Überprüfung dieser Vorhersagen ist angebracht, da bei dem Großteil der in Kapitel 3 beschriebenen Untersuchungen wenig geübte Aufgaben verwendet und insbesondere eher artifizielle Aufmerksamkeitsbedingungen genutzt werden. Im Unterschied zu allen vorliegenden Studien werden bei der Gestaltung der Aufmerksamkeitsbedingungen in der vorliegenden Untersuchung individuelle Aufmerksamkeitsstrategien der Versuchspersonen berücksichtigt – es erfolgt eine Fokussierung auf ihnen vertraute und als wichtig erachtete Bewegungsaspekte. Dieser Vorgehensweise liegt die Überlegung zugrunde, dass die Aufmerksamkeit in wichtigen Situationen vermutlich auf solche Aspekte gelenkt wird, die für eine erfolgreiche Ausführung als wichtig erachtet werden. Zudem wird durch dieses Vorgehen sichergestellt, dass eine mögliche Beeinflussung der Leistung durch die Lenkung der Aufmerksamkeit nicht lediglich durch eine ungewohnte Aufgabe verursacht wird.

³ Diese Untersuchung wurde vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) gefördert unter dem Geschäftszeichen VF 07/10/68/2004.

Das zweite Ziel der Untersuchung besteht in der Analyse der Bewegungsausführung. Es wird der Frage nachgegangen, durch welche kinematischen Veränderungen sich etwaige Leistungseinbußen ergeben. Anhand der in Kapitel 4 vorgenommenen Betrachtungen wird ein Einschränken von Freiheitsgraden im Bewegungsvollzug und ein damit einhergehender Anstieg der Ausführungsvariabilität sowie eine Abnahme aufgabendienlicher Kovariationseffekte angenommen.

5.2 Hypothesen

Aufgrund der dargestellten Ergebnislage und theoretischen Ausführungen in Abschnitt 3.3 und Kapitel 4 lassen sich die folgenden Hypothesen formulieren:

- Hyp. 1.1* Es kommt zu einem Rückgang der Trefferleistung durch erhöhte Druckbedingungen und einen bewegungsbezogenen Fokus, nicht aber durch einen effektbezogenen Fokus.
- Hyp. 1.2* Es kommt zu einem Einschränken von Freiheitsgraden durch erhöhte Druckbedingungen und einen bewegungsbezogenen Fokus, nicht aber durch einen effektbezogenen Fokus. Dies sollte sich in der Abnahme der Bewegungsumfänge in einzelnen Gelenken (1.) und in höheren Korrelationen der Gelenkwinkelverläufe von Knie- und Schultergelenk bzw. Ellbogen- und Handgelenk (2.) zeigen.
- Hyp. 1.3* Es kommt zu einem Anstieg der Ausführungsvariabilität (ErwEV) durch erhöhte Druckbedingungen und einen bewegungsbezogenen Fokus, nicht aber durch einen effektbezogenen Fokus.
- Hyp. 1.4* Es zeigt sich ein Rückgang bei der Nutzung aufgabendienlicher Kovariation – also ein Anstieg des (negativen) Kovariationskoeffizienten R – durch erhöhte Druckbedingungen und einen bewegungsbezogenen Fokus, nicht aber durch einen effektbezogenen Fokus.

5.3 Untersuchungsmethodik

5.3.1 Bewegungsaufgabe

In der hier vorgestellten Untersuchung wird der Basketball-Freiwurf als Bewegungsaufgabe verwendet. Dieser zeichnet sich durch sehr hohe Genauigkeitsanforderungen aus

und stellt beim Basketball eine besonders bedeutsame Situation dar. Der gefoulte Spieler führt den Freiwurf aus und wird dabei von Mitspielern, Betreuern und Zuschauern beobachtet. Häufig versuchen die gegnerischen Zuschauer den Spieler durch Lärm oder das Schwenken von Gegenständen zu stören. Zudem werden aufgrund der günstigen und unbedrängten Schussposition hohe Trefferquoten erwartet, sodass der Freiwurf – insbesondere am Ende des Spiels und bei ausgeglichenem Spielstand – für die Spieler mit einem hohen Ausführungsdruck verbunden ist. Somit wird mit dem Freiwurf in dieser Untersuchung eine Bewegungsaufgabe gewählt, die auch in der Spielpraxis häufig auftritt und mit hohem Druck verbunden ist.

Der Freiwurf erweist sich aber auch aus anderen Gründen gut für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen. Durch die standardisierte Ausführungssituation können mögliche Veränderungen der Bewegungsausführung auf die Untersuchungsbedingungen zurückgeführt werden. Der Ballflug eignet sich zudem gut zur Quantifizierung der Ausführungsvariabilität und der aufgabendienlichen Kovariation (vgl. Abschnitt 4.2), wodurch leistungsrelevante kinematische Ausführungsmerkmale bestimmen lassen.

5.3.2 Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen jeweils 15 rechtshändige Spielerinnen des U16- und des U18-Kaders des Deutschen Basketball Bundes (DBB) teil ($M_{Alter} = 16.23$ Jahre, $SD_{Alter} = 1.43$ Jahre). Damit standen 30 hochgradig geübte Spielerinnen mit mehrjähriger Wettkampferfahrung ($M = 7.52$ Jahre, $SD = 2.04$ Jahre) zur Verfügung. Die Durchführung erfolgte am Olympiastützpunkt Rhein-Neckar in Heidelberg im Rahmen von zwei Vorbereitungslehrgängen auf die Europameisterschaften 2004.

5.3.3 Versuchsplan

Die Spielerinnen wurden quasi-randomisiert in eine Druck-Gruppe (DG), eine Internal-Gruppe (IG) und eine External-Gruppe (EG) eingeteilt (jeweils $n = 10$). Bei der Zuordnung wurde lediglich sichergestellt, dass die letzten beiden Spielerinnen jedes Teams nicht der Druck-Gruppe zugeordnet wurden. Der Grund hierfür besteht darin, dass zu diesem Zeitpunkt die Entscheidung über das Erreichen des vorgegebenen Teamziels (vgl. Abschnitt 5.3.5) schon gefallen sein kann und damit möglicherweise keine Druckbedingung mehr vorliegt.

Von jeder Spielerin wurden vier Wurfserien absolviert, wobei für die Auswertung lediglich die zweite und dritte genutzt wurde, die den Vergleich zwischen einer Baseline- und einer Treatmentbedingung ermöglichen. Der gesamte Ablauf ist im Überblick in Abbildung 9 dargestellt. Die erste Serie mit 15 Freiwürfen diente der Gewöhnung an die Untersuchungsbedingungen (Kameras, Rechner, Scheinwerfer, Marker, Versuchsleiter etc.). Die restlichen drei Serien umfassten jeweils 20 Würfe, wobei die letzte dazu diente, dass alle Spielerinnen den vom Trainer angekündigten Leistungstest (vgl. Abschnitt 5.3.5) absolvierten. Auf die Auswertung der letzten Serie bzw. die Durchführung aller Bedingungen von allen Spielerinnen wurde verzichtet, um zu erwartende Übertragungseffekte von Druck- auf Aufmerksamkeitsbedingungen und umgekehrt zu vermeiden.

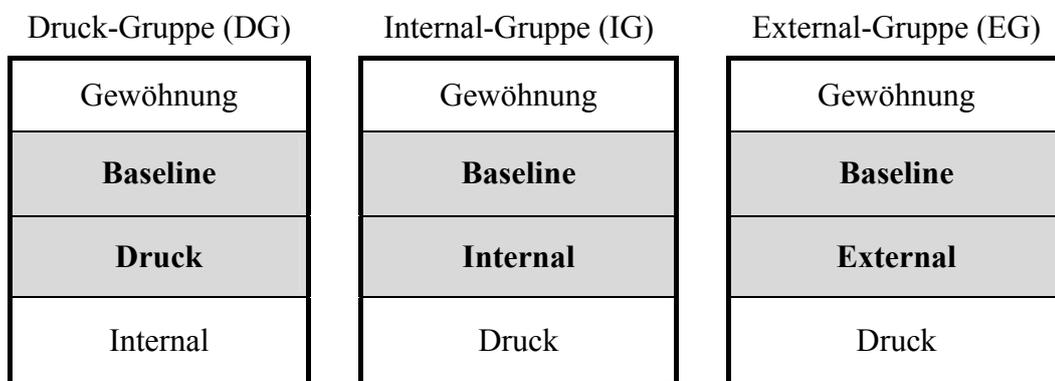


Abbildung 9: Design von Untersuchung I. Hervorgehoben sind die beiden Serien, die in die Auswertungen einbezogen werden.

5.3.4 Versuchsaufbau

Für die Untersuchung stand ein abgeteiltes Hallendrittel mit einer wettkampfgemäßen Standkorbanlage zur Verfügung. Für die vorgesehenen kinematischen Analysen wurde sowohl die Bewegungsausführung als auch der Ballflug videometrisch erfasst. Die Freiwurfbewegung wird im Wesentlichen in der Werfer-Korb-Ebene ausgeführt, sodass eine zweidimensionale Erfassung der Bewegung – bei einer erheblichen Reduktion des Auswerteaufwandes – angemessen erscheint. Für die Erfassung stand eine digitale Kamera (Basler A602fc) zur Verfügung, mit der bei voller Auflösung (654 x 490 Pixel) 100 Vollbilder pro Sekunde erfasst und direkt auf dem Auswerterechner gespeichert werden können. Diese Aufnahmefrequenz kann für die Bearbeitung der hier vorliegenden Fragestellungen als ausreichend betrachtet werden (vgl. Baumann, 1996). Die Kamera wurde im Abstand von 3,6 m zur Mitte der Freiwurflinie und in einer Höhe von 1,3 m neben den Spielerinnen auf der Wurfarmseite positioniert. Neben der Kamera

befanden sich vier 500 Watt-Lichtquellen. Hierdurch wurde sichergestellt, dass die für die Erfassung an den Gelenkpunkten angebrachten reflektierenden Marker im Videobild deutlich erkennbar sind.

Für die Bestimmung der Flugbahnen im Raum sind aufgrund der bekannten Eigenschaften des Ballfluges (vgl. Abschnitt 5.3.6) keine hohen Aufnahmefrequenzen erforderlich. Zur videometrischen Erfassung wurden zwei DV-Kameras (Panasonic NV-DS 60EG) genutzt. Eine Kamera wurde ca. 5 m hinter der Freiwurflinie und eine weitere im 90°-Winkel dazu seitlich neben der Wurfebene im Abstand von ca. 7 m positioniert. Eine Schwierigkeit bei der Erfassung des Ballfluges bestand in der Kalibrierung des großen und hohen Aufnahmeverolumens. Dies wurde durch ein 24-Punkt-Kalibrierungssystem gelöst, das an einem fahrbaren Gerüst angebracht war (vgl. Anhang A). Die Positionierung der Kameras und des Aufnahmerechners ist schematisch in Abbildung 10 dargestellt (Kamera 2 und 3).

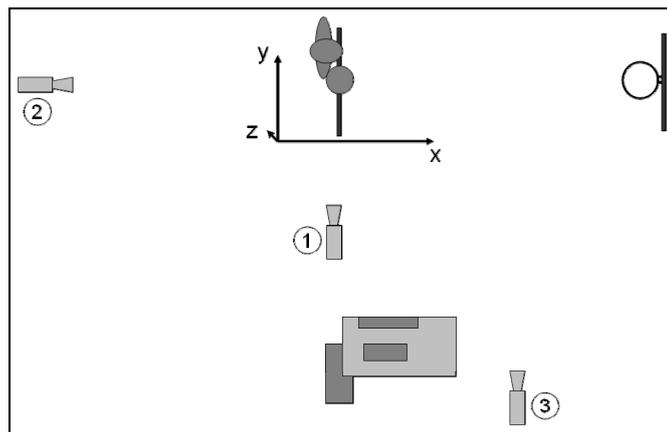


Abbildung 10: Schematischer Versuchsaufbau mit der Kamera zur Erfassung der Bewegung in der Wurfebene (1) und den beiden Kameras zur Erfassung des Ballfluges (2, 3) sowie des Aufnahmerechners.

5.3.5 Versuchsaufbau

Die Untersuchung wurde im Rahmen von jeweils einer Kadermaßnahme des U16- und des U18-Kaders des DBB durchgeführt. Vor Beginn der Untersuchung fand eine gemeinsame Besprechung mit den Spielerinnen, den Betreuern und dem Versuchsleiter statt. Dabei wurde angekündigt, dass im Rahmen des Trainingslehrgangs eine Untersuchung zur Biomechanik der Freiwurfbewegung durchgeführt wird und dazu jede Spielerin mehrere Wurfserien unter verschiedenen Bedingungen durchführen sollte.

Der eigentliche Versuchsablauf wurde von jeder Spielerin einzeln absolviert. Nach dem Anbringen der reflektierenden Marker (vgl. Abschnitt 5.3.6) wurden entsprechend der jeweiligen Versuchsgruppe vier Wurfserien in der in Abbildung 9 aufgeführten Reihenfolge ausgeführt. Im Anschluss an jede Wurfserie wurden die Spielerinnen aufgefordert, die *State*-Skala des State-Trait-Angstinventars (STAI) von Laux, Glanzmann, Schaffner und Spielberger (1981) auszufüllen. Dabei sollten sie angeben, welche Zustandsbeschreibung während der vorherigen Wurfserie am besten zutraf. Der gesamte Ablauf für eine Spielerin dauerte etwa 40 Minuten.

Baselinebedingung

Die erste Serie stellte für alle Spielerinnen eine Baselinebedingung dar, in der eine allgemeine Instruktion („Wirf einfach und versuche zu treffen.“) gegeben wurde.

Druckbedingung

Um in der Untersuchung eine realistische Drucksituation zu erzeugen, erfolgte in der anfänglichen Besprechung eine Vorgabe des Bundestrainers. Dieser teilte der Mannschaft mit, dass eine der Wurfserien als Leistungstest genutzt wird, um den aktuellen Leistungsstand des Kaders zu ermitteln. Als Ziel wurden 70% erfolgreiche Würfe in der entsprechenden Wurfserie vorgegeben und im Falle des Nichterreichens eine zusätzliche Konditionstrainingseinheit für den nächsten Tag angekündigt. Bei Erreichen der Vorgabe wurde zusätzlich eine Belohnung von 200 Euro für die Teamkasse ausgelobt.

Bewegungsbezogene (internale) Aufmerksamkeitsbedingung

Vor der Durchführung der bewegungsbezogenen Aufmerksamkeitsbedingung erfolgte jeweils eine Befragung (siehe Anhang E), welcher Aspekt der Wurfbewegung (z. B. die Armstreckung oder das Abklappen des Handgelenkes) von der Spielerin als besonders wichtig erachtet wird. Sie wurde dann aufgefordert, ihre Aufmerksamkeit bei der Ausführung der Würfe in der folgenden Serie gezielt auf diesen Bewegungsaspekt zu lenken. Das Ziel dieser Vorgehensweise bestand darin, dass die Aufmerksamkeit auf vertraute und als wichtig erachtete Bewegungsaspekte fokussiert wurde. Im Anschluss an die Wurfserie gab die Spielerin an, wie gut ihr die Fokussierung auf den angegebenen Bewegungsaspekt gelungen war.

Effektbezogene (externale) Aufmerksamkeitsbedingung

Vor der effektbezogenen Aufmerksamkeitsbedingung wurde die Spielerin befragt, auf welchen Effekt der Bewegung (z. B. den Ballflug oder das Erreichen des Korbes) sie bevorzugt fokussiert (siehe Anhang F). Anschließend wurde sie aufgefordert, diesen Aufmerksamkeitsfokus während der Ausführung der Würfe in der folgenden Serie zu nutzen und im Anschluss anzugeben, wie gut diese Fokussierung gelungen ist.

5.3.6 Datenerfassung

Erfassung der 2D-Bewegungsdaten

Die Erfassung der kinematischen Daten erfolgte mit dem Programm SIMI Motion 7.0. Dazu wurden an den Gelenken der Wurfarmseite (Knöchel-, Knie-, Hüft-, Schulter-, Ellbogen-, Hand- und Kleinfingergrundgelenk) reflektierende kugelförmige Marker angebracht. Die Marker wurden direkt auf der Haut bzw. beim Hüftmarker auf einer eng anliegenden Hose befestigt (vgl. Abbildung 11). Der Marker am Kleinfingergrundgelenk hatte einen Durchmesser von 14 mm, die an den anderen Gelenken von 23 mm. Die im Videobild kontrastreich hervortretenden Marker konnten zumeist mit dem automatischen Erfassungsmodus in SIMI Motion detektiert werden.



Abbildung 11: Videometrische Erfassung der Bewegung in der Wurfebene anhand der an den Gelenken angebrachten Marker.

Die 2D-Rohdaten wurden exportiert und alle weiteren Berechnungen mit eigenen Routinen (Visual Basic 6.0) durchgeführt. Die Rohdaten wurden zunächst einer Tiefpassfilterung 2. Ordnung unterzogen. Die Filterfrequenzen für die einzelnen Datenreihen wurden durch eine von Winter (1990, 2005) vorgeschlagene Methode bestimmt, die auf einer Residualanalyse der Rohdaten und gefilterten Daten bei unterschiedlichen Filterfrequenzen beruht. Die dabei ermittelten Eckfrequenzen lagen zwischen 6 Hz und 16 Hz.

Für die weiteren Analysen wurde die für das Bewegungsergebnis relevante Streckbewegung vor dem Verlassen des Balles der Hand genutzt. Die Bestimmung dieses Abschnitts erfolgte anhand der Bewegung des Handgelenks, das in der Wurfebene eine S-förmige Bahn beschreibt (vgl. Abbildung 12). Dabei ist zum Zeitpunkt des minimalen Wertes in horizontaler Richtung (P_{\min}) die Wurfauslage erreicht und die Hand befindet sich nahe an der Schulter. Beim Erreichen des Maximalwertes (P_{\max}) ist die Streckbewegung beendet und der Ball hat die Hand verlassen.

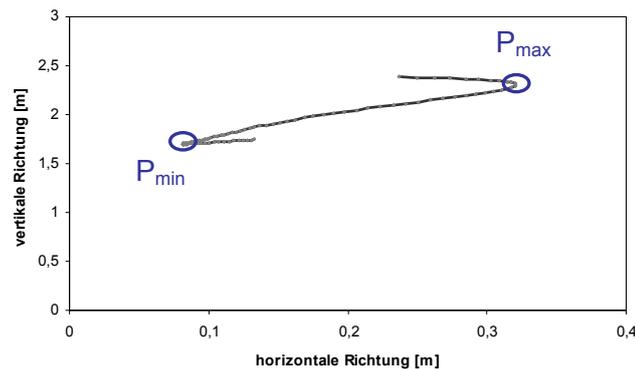


Abbildung 12: Beispielhafter Verlauf des Handgelenks in der Wurfebene. P_{\min} : Beginn der Streckbewegung in der Wurfauslage, P_{\max} : Ende der Streckbewegung, Ball hat die Hand verlassen.

Aus den gefilterten 2D-Daten der Marker an den Gelenkpunkten wurden die Winkelverläufe für Knie-, Hüft-, Schulter-, Ellbogen- und Handwinkel berechnet (vgl. Winter, 1990, 2005). Für eine Abschätzung der Messgenauigkeit bei der Erfassung der Bewegungsdaten siehe Anhang A.

Erfassung der 3D-Ballflugdaten

Zur Erfassung des Ballfluges wurden die Videoaufnahmen der Kameras 2 und 3 anhand des ersten Bildes synchronisiert, in dem der Ball sichtbar die Hand verlassen hat. Pro Wurf wurden dann aus beiden Perspektiven die Bildkoordinaten des Ballmittelpunktes manuell ermittelt und so über den gesamten Ballflug zehn Wertepaare bestimmt. Nach der Berechnung der 3D-Rohdaten mit SIMI Motion wurden diese exportiert und alle weiteren Berechnungen mit eigenen Programmroutinen (Visual Basic 6.0) durchgeführt. Die Ermittlung der Flugkurven im Raum erfolgte anhand von Regressionsberechnungen. Da der Ball in der Wurfebene (x - z -Ebene) – bei Vernachlässigung des Luftwiderstandes – eine parabelförmige Flugbahn beschreibt (vgl. Abbildung 13 A), wurden quadratische Regressionsberechnungen genutzt, um die Koeffizienten a_0 , a_1 und a_2 (Gleichung (2)) zu bestimmen. Die seitliche Abweichung der Flugbahn (in der x - y -

Ebene) stellt eine Gerade dar (vgl. Abbildung 13 B), sodass hier lineare Regressionsberechnungen zur Ermittlung von b_0 und b_1 (Gleichung (3)) durchgeführt wurden.

$$z = a_2x^2 + a_1x + a_0 \quad (2)$$

$$y = b_1x + b_0 \quad (3)$$

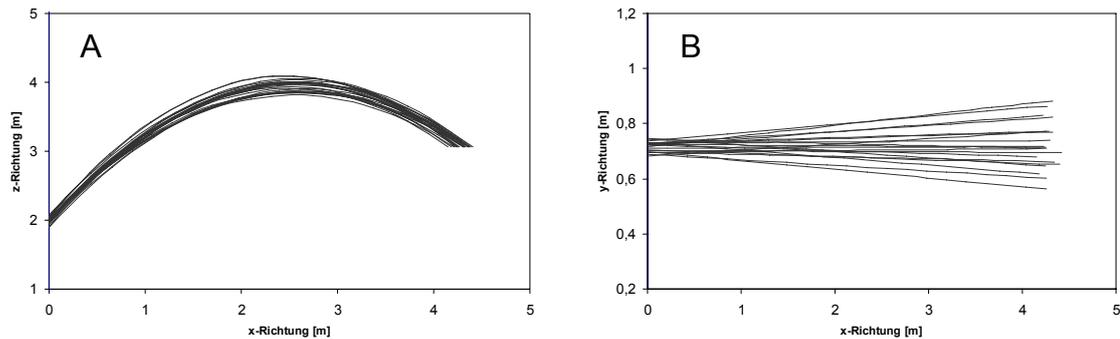


Abbildung 13 A-B: Flugkurven einer Wurfserie bis zum Durchschneiden der Ringebene. Dargestellt sind die parabelförmigen Flugkurven in der Wurfebene (A) und die lineare seitliche Abweichung (B) für eine Serie mit 20 Würfeln.

Mithilfe der Regressionsrechnungen werden also fünf Koeffizienten bestimmt, durch die die Flugkurven des Ballmittelpunktes im Raum vollständig beschrieben werden können. Für eine Abschätzung der Messgenauigkeit bei der Erfassung des Ballfluges siehe Anhang A.

Erfassung der Zustandsangst

Nach jeder Wurfserie wurde die Zustandsangst mit der *State*-Skala des STAI (Laux et al., 1981) erfasst, um zu prüfen, ob durch die Instruktionen eine erhöhte Drucksituation in der entsprechenden Serie erzeugt wurde. Die *State*-Skala des STAI besteht aus 20 Items, bei denen die Angaben auf einer Likert-Skala Werten von 1 bis 4 zugeordnet sind. Somit sind Ergebnisse zwischen 20 (geringe Zustandsangst) und 80 (sehr hohe Zustandsangst) möglich.

Erfassung der Trefferleistung

Zur Bestimmung der Wurfleistung wurde – in Anlehnung an das Vorgehen in anderen Studien (z. B. Hardy & Parfitt, 1991; Zachry et al., 2005) – jeder Wurf anhand der Videoaufnahmen des Ballfluges auf einer vierstufigen Ordinalskala bewertet. Dabei wurden drei Punkte für einen direkten Treffer ohne Ringberührung, zwei Punkte für

einen Treffer mit Ringberührung, einen Punkt für einen Fehlwurf mit Ringberührung und keinen Punkt für einen *air ball* gewertet.

Dieses Vorgehen wurde gewählt, da aufgrund der zeitlichen Rahmenbedingungen innerhalb der Kaderlehrgänge mit 20 Würfeln nur eine geringe Anzahl von Ausführungen unter den jeweiligen Bedingungen durchgeführt werden konnten. Die 4-fach gestufte Bewertung ermöglicht eine differenziertere Beurteilung der Wurfqualität als die dichotome Treffer-Fehlwurf-Bewertung. Dies erscheint auch aufgrund des hohen Leistungsniveaus der Kaderspielerinnen und der geringen Gruppengrößen sinnvoll. Aus den erzielten Punktwerten wurde für jede Serie ein Summenscore gebildet. Die Summenbildung bei kategorialen Daten kann aus messtheoretischer Sicht als kritisch erachtet werden, erscheint aber an dieser Stelle aus inhaltlichen Überlegungen angemessen zur Beschreibung der Trefferleistung.

Jeweils 600 der 1200 Würfe wurden von zwei unabhängigen Ratern bewertet. Zur Bestimmung der inter- und intra-Rater-Reliabilität wurden von beiden Ratern 50 zufällig ausgewählte Versuche ein zweites Mal beurteilt und 50 zufällig ausgewählte Versuche des anderen Raters bewertet. Dabei ergaben sich durchweg sehr hohe Übereinstimmungen (alle r -Werte $> .93$).

5.3.7 Datenanalyse

Einschränken von Freiheitsgraden

Anhand der 2D-Bewegungsdaten wird untersucht, ob erhöhte Druckbedingungen bzw. ein ausführungsbezogener Aufmerksamkeitsfokus zu einer verminderten Nutzung von Freiheitsgraden im Bewegungsvollzug führen. Dazu werden die beiden in Abschnitt 4.1 beschriebenen Möglichkeiten zur Einschränkung von Freiheitsgraden geprüft, also (1.) die Fixierung einzelner Gelenke und (2.) die lineare Kopplung der Bewegungen verschiedener Gelenke. Beide Aspekte werden anhand der Winkelverläufe in Knie-, Hüft-, Schulter-, Ellbogen- und Handgelenk untersucht.

Das Fixieren einzelner Gelenke sollte sich in geringeren Bewegungsumfängen zeigen. Dazu wurden für jeden Wurf die minimalen und maximalen Winkelstellungen für die fünf Gelenkwinkelverläufe bestimmt und jeweils die Differenz gebildet. Für jede Wurfserie wurde daraus der Mittelwert für den Bewegungsumfang der fünf Gelenke ermittelt.

Wie in Abschnitt 4.1 beschrieben, sollte sich eine stärkere Kopplung einzelner Freiheitsgrade insbesondere bei den Gelenken zeigen, die bei der Streckbewegung nacheinander eingesetzt werden. Aus diesem Grund wird im Folgenden zur Prüfung dieses Aspekts die Koordination von Knie- und Schultergelenk, sowie von Ellbogen- und Handgelenk betrachtet (vgl. auch Abbildung 7, S. 52). Dazu werden für jeden Wurf bivariate Korrelationen der Winkelverläufe von Knie- und Schulter- bzw. Ellbogen- und Handgelenk bestimmt. Um eine Beeinflussung des Korrelationskoeffizienten durch unterschiedlich viele Datenpunkte zu vermeiden (vgl. Sidaway, Heise & Schoenfelder-Zohdi, 1995), wird für die einzelnen Winkelverläufe eine zeitliche Normierung mittels linearer Interpolation vorgenommen. Für die anschließende Bestimmung von Serienmittelwerten werden die Daten einer Fisher-Z-Transformation unterzogen (Bortz, 2005, S. 218f.).

Ausführungsvariabilität und aufgabendienliche Kovariation

Die 3D-Ballflugdaten werden genutzt, um mit der Ausführungsvariabilität und der aufgabendienlichen Kovariation zwei ergebnisrelevante Faktoren zu quantifizieren, bei denen aufgrund der vermuteten Beeinträchtigung der Bewegungsausführung Veränderungen zu erwarten sind. Als Maß für die Ausführungsvariabilität wird die aufgrund der Streuung der Ausführungsgrößen zu erwartende Ergebnisvariabilität (ErwEV) genutzt. Die Bestimmung der aufgabendienlichen Kovariation erfolgt mithilfe des verallgemeinerten Kovariationskoeffizienten R für nicht-lineare multiple Zusammenhänge (Müller, 2001; Müller & Sternad, 2003).

Sowohl die empirische Ergebnisvariabilität (EmpEV) als auch die kovariationsbereinigte zu erwartende Ergebnisvariabilität (ErwEV) werden anhand der für die Flugkurven ermittelten Polynomkoeffizienten a_0 , a_1 , a_2 , b_0 und b_1 bestimmt, sodass eine Beeinflussung durch unterschiedliche Messfehler ausgeschlossen werden kann (vgl. Müller, 2001, S. 149).

Für die Berechnung von EmpEV und ErwEV ist ein Maß zur Bestimmung der Ergebnisvariabilität erforderlich, das die leistungsrelevanten Abweichungen vom Ziel möglichst gut erfasst. Dazu werden die Schnittpunkte der Flugkurven des Ballmittelpunktes mit der Ringebene berechnet und der bivariate variable Fehler (Hancock, Butler & Fischman, 1995) bestimmt. Allerdings werden dabei die Abweichungen in Wurfrichtung in Abhängigkeit des Eintrittswinkels der Flugkurve in die Ringebene stärker gewichtet. Die Berechnung dieses basketballspezifischen bivariaten variablen Fehlers

(BVE_{BB}) ist in Gleichung (4) dargestellt. Dabei beschreiben (x_i, y_i) die Koordinaten des Eintrittspunktes der i -ten Flugkurve in die Ringebe und (\bar{x}, \bar{y}) die des mittleren Eintrittspunktes in einer Serie von k Würfeln. Weiterhin stellt α_e den mittleren Eintrittswinkel der Flugkurven einer Wurfserie in die Korbebene dar. Die zugrunde liegenden Überlegungen für die Verwendung dieses Variabilitätsmaßes sind in Anhang B ausführlich erläutert.

$$BVE_{BB} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sin \alpha_e} \right)^2 + (y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

Für die Bestimmung des Kovariationskoeffizienten R ist es erforderlich, die kovariationsbereinigte Ergebnisvariabilität (ErwEV) zu bestimmen. Dies kann erreicht werden, indem die spezifischen Kopplungen der Ausführungsgrößen durch ein Permutationsverfahren (Müller, 2001; Müller & Sternad, 2003) aufgelöst und die Ergebnisvariabilität dann erneut bestimmt wird. Das Prinzip des Verfahrens wird im Folgenden anhand der Flugkurven von 10 Freiwürfen veranschaulicht, wobei die Betrachtungen zur Vereinfachung auf den zweidimensionalen Fall beschränkt werden. In Abbildung 14 A sind die Flugbahnen der 10 Originalwürfe dargestellt. Die zugehörigen Polynomkoeffizienten der 10 Flugkurven sind in Tabelle 2 auf der linken Seite aufgeführt. Aus den Koeffizienten werden die Schnittpunkte der Flugkurven mit der Ringebe berechnet und daraus die empirische Ergebnisvariabilität (EmpEV) ermittelt – im hier vorliegenden zweidimensionalen Fall wird dazu der variable Fehler (VE) genutzt.

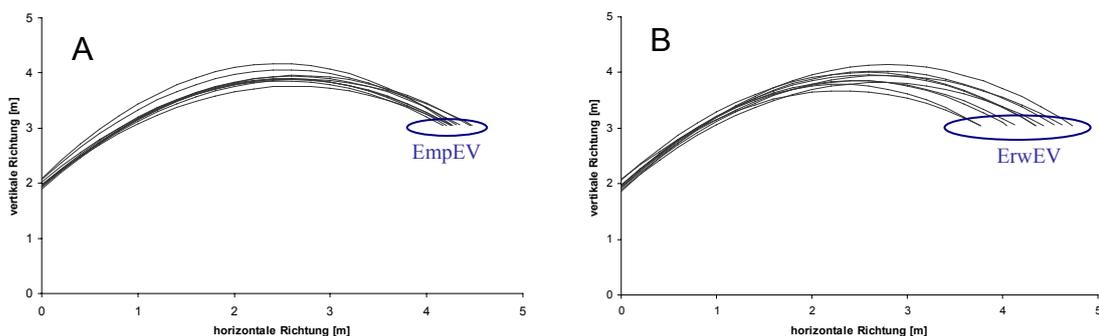


Abbildung 14 A-B: Empirisch bestimmte Flugkurven (A) und neu berechnete Flugkurven nach Aufhebung der spezifischen Kopplungen innerhalb der Würfe (B).

Tabelle 2: Aufgeführt sind die Koeffizienten a_0 , a_1 und a_2 der Polynome zweiter Ordnung, durch die sich die in Abbildung 14 gezeigten Flugkurven beschreiben lassen. Links sind die Koeffizienten der empirisch ermittelten Originalflugkurven dargestellt. Für die Berechnung der neuen Flugkurven werden die gleichen Koeffizienten in einer neuen Zusammensetzung genutzt.

	Originalflugkurven			Neu berechnete Flugkurven		
	a_2	a_1	a_0	a_2	a_1	a_0
Wurf 1	-0,303	1,534	1,966	-0,287	1,551	1,937
Wurf 2	-0,262	1,369	1,969	-0,262	1,420	1,898
Wurf 3	-0,296	1,523	1,936	-0,343	1,578	1,969
Wurf 4	-0,295	1,517	1,937	-0,264	1,463	1,919
Wurf 5	-0,287	1,538	1,898	-0,303	1,523	1,936
Wurf 6	-0,297	1,551	1,919	-0,296	1,538	1,966
Wurf 7	-0,343	1,691	2,084	-0,291	1,691	2,017
Wurf 8	-0,291	1,463	2,017	-0,313	1,534	1,973
Wurf 9	-0,264	1,420	1,973	-0,295	1,369	2,084
Wurf 10	-0,313	1,578	2,066	-0,297	1,517	2,066

Bei dem Permutationsverfahren werden für die Beschreibung der Flugkurven die gleichen Koeffizienten genutzt, allerdings werden diese nun zufällig kombiniert (siehe Tabelle 2, rechte Seite). Eine neue Flugkurve ergibt sich dann z. B. durch a_0 aus Wurf 4, a_1 aus Wurf 6 und a_2 aus Wurf 5. Damit erhält man wieder 10 Flugkurven, bei denen die spezifischen Abstimmungen der Abwurfparameter innerhalb der Würfe aufgelöst wurden (vgl. Abbildung 14 B). Die Ergebnisvariabilität der neu berechneten Flugkurven beschreibt die aufgrund der Streuung der Ausführungsgrößen zu erwartende Ergebnisvariabilität (ErwEV) ohne Ausnutzung des Faktors Kovariation.

Durch die einmalige Anwendung des Permutationsverfahrens erhält man jedoch keine verlässliche Beschreibung der kovariationsbereinigten Ergebnisvariabilität. Auch bei zufälliger Kombination der Ausführungsgrößen können sich kompensierende oder verstärkende Passungen ergeben. Für eine exakte Bestimmung von ErwEV ist es erforderlich, die mittlere Streuung aller möglichen Kombinationen der Ausführungsgrößen zu ermitteln. Bei der Anwendung auf den dreidimensionalen Fall (5 Ausführungsgrößen) und 20 Würfeln pro Bedingung sind dafür $20^5 = 3.200.000$ Permutationsdurchgänge erforderlich. Aufgrund des hohen Rechenaufwandes beschränkt man sich in der Regel auf eine Schätzung des Mittelwertes aller möglichen Kombinationen aufgrund einer zufälligen Auswahl von Permutationen. Im vorliegenden Fall werden 5000 Wiederholungen des Verfahrens genutzt, wodurch eine hohe Genauigkeit der Schätzung erwartet werden kann (vgl. Anhang C).

Zu unterscheiden sind also die empirisch ermittelte Ergebnisvariabilität (EmpEV, hier 9.79 cm) der Originalflugkurven und die aufgrund der Ausführungsvariabilität zu erwartende Ergebnisvariabilität (ErwEV, hier 40.73 cm). Im vorliegenden Fall erhält man $\text{EmpEV} < \text{ErwEV}$. Dies zeigt, dass die Ausführungsgrößen systematisch so aufeinander abgestimmt werden, dass hohe Konstanz im Bewegungsergebnis resultiert. Aus den ermittelten Variabilitätswerten lässt sich nun durch Gleichung (1) (vgl. Abschnitt 4.2) der Kovariationskoeffizient R für multiple nicht-lineare Zusammenhänge bestimmen (Müller, 2001; Müller & Sternad, 2003). Negative Werte geben nun an, dass die Ausführungsgrößen systematisch so aufeinander abgestimmt sind, dass hohe Ergebnis Konstanz resultiert. Anschaulich beschreibt der im vorliegenden Fall ermittelte Kovariationskoeffizient $R = -.76$, dass 76% der Ausführungsvariabilität durch Kovariation der Ausführungsparameter reduziert wurde.

$$R = \frac{\text{EmpEV}}{\text{ErwEV}} - 1 \quad (1)$$

Für die gruppenstatistischen Betrachtungen wird der Kovariationskoeffizient R einer Fisher-Z-Transformation unterzogen.

5.3.8 Angaben zu den statistischen Analysen

Die inferenzstatistischen Analysen wurden mit den Statistikpaketen SPSS 12.0 und R 2.4.1 durchgeführt. An einigen Stellen wird dabei auf nicht-parametrische Verfahren für die Auswertung der vorliegenden zweifaktoriellen Versuchsanlage zurückgegriffen, die auf dem nicht-parametrischen Marginalmodell (Brunner & Langer, 1999; Brunner, Demhof & Langer, 2002) basieren. Da diese nicht in den gängigen Statistikpaketen und -lehrbüchern enthalten sind, werden die Grundüberlegungen dieses Modells in Anhang D etwas näher beschrieben.

Allgemein wird zur Ablehnung der Nullhypothese ein α -Fehler-Niveau von 5 % gewählt. Bei der Prüfung von Voraussetzungen, bei denen die Beibehaltung der Nullhypothese wünschenswert ist, wird ein α -Fehler-Niveau von 20 % genutzt. Ausreichende Varianzhomogenität wird mit dem Levene-Test überprüft. Die Testung der Normalverteilungsvoraussetzung erfolgt mit dem Kolmogoroff-Smirnov-Anpassungstest mit Lilliefors-Schranken, den Bortz, Lienert und Boehneke (1990, S. 319ff.) für kleine Stichproben empfehlen.

5.4 Ergebnisse

In den nächsten Abschnitten erfolgt die Darstellung der Ergebnisse. Dabei werden zunächst Angaben zu den Treatmentbedingungen berichtet (Zustandsangst, Angaben zur Aufmerksamkeitslenkung). Im Anschluss erfolgt eine Prüfung der formulierten Veränderungshypothesen.

5.4.1 Angaben zu den Treatmentbedingungen

Veränderung der Zustandsangst

Die im Rahmen psychologischer Erfassungsinstrumente wie dem STAI verwendeten Ratingskalen werden in der Regel als intervallskaliert interpretiert (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 176), sodass die Bildung von Mittelwerten angemessen erscheint. Die mittleren Summenwerte im STAI sind für die einzelnen Bedingungen in Abbildung 15 dargestellt. Hier zeigt sich erwartungsgemäß ein deutlicher Anstieg der Zustandsangstwerte nur bei den Spielerinnen der Druck-Gruppe.

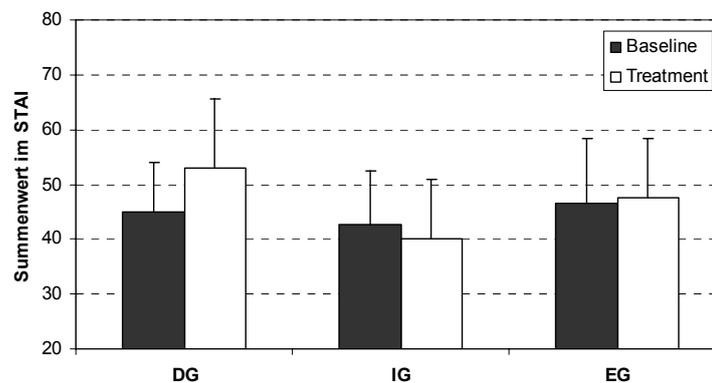


Abbildung 15: Zustandsangstwerte (+SD) in Baseline- und Treatmentserie (DG = Druck-Gruppe, IG = Internal-Gruppe, EG = External-Gruppe).

Bei der Prüfung der Voraussetzungen für die Durchführung einer Varianzanalyse zeigt sich in zwei der sechs Zellen eine Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung (IG-B: $p = .16$, IG-I: $p = .15$). Zwar reagiert die Varianzanalyse relativ robust auf Verletzungen ihrer Voraussetzungen, allerdings wird bei Verletzungen der Voraussetzungen bei kleinen Stichproben die Anwendung nicht-parametrischer Verfahren empfohlen (Bortz, 2005, S. 287). Diese Vorgehensweise erscheint bei einer Zellengröße von $n_i = 10$ Spielerinnen angemessen. Daher wird eine zweifaktorielle nicht-parametrische Analyse (vgl. Anhang D) mit den Faktoren Gruppe und Zustandsangst mit Messwiederholung auf dem Zustandsangstfaktor durchgeführt. Die erforderlichen Berechnungen

erfolgen mit dem Programm R. Dabei ergibt sich ein hochsignifikanter Interaktionseffekt für die Faktoren Gruppe und Zustandsangst ($F_{1,9,\infty} = 8.13, p < .001$). Einzelvergleiche innerhalb der Gruppen bestätigen die unterschiedlichen Ausprägungen der Zustandsangst bei der Druck-Gruppe ($F_{1,\infty} = 12.47, p < .001$). Innerhalb der Internal-Gruppe ergibt sich in der Tendenz ein Rückgang der Angstwerte ($F_{1,\infty} = 3.38, p = .07$). Dagegen zeigt sich kein bedeutsamer Unterschied bei der External-Gruppe ($F_{1,\infty} = .46, p = .49$).

Angaben zu den Aufmerksamkeitsbedingungen

Die Spielerinnen der Internal-Gruppe wurden vor der Aufmerksamkeitsbedingung befragt, welchen Aspekt der Freiwurfbewegung sie als besonders wichtig erachten. Von den zehn Spielerinnen nannten vier das Abklappen des Handgelenkes, drei die Armstreckung, zwei eine flüssige Gesamtbewegung und eine Spielerin die Beinstreckung. Nach der Durchführung der Wurfserie wurden die Spielerinnen befragt, wie gut ihnen die Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsausführung gelungen ist. Dabei gaben acht Spielerinnen an, dass ihnen dies „gut“ oder „sehr gut“ gelungen ist. Bei der Frage, ob die Konzentration auf den angegebenen Bewegungsaspekt ungewohnt war und bei der Ausführung behindert hat antworteten sechs Spielerinnen mit „etwas“ und vier mit „nein“. Weiterhin berichteten alle Spielerinnen, dass sie die Fokussierung auf den entsprechenden Bewegungsaspekt auch im Techniktraining nutzen und die Hälfte der Spielerinnen gab an, dass sie die Aufmerksamkeit auf den Aspekt lenken, wenn sie im Spiel einen sicheren Wurf ausführen möchten.

Bei der Befragung der Spielerinnen der External-Gruppe ergab sich ein ähnliches Bild. Von den zehn Spielerinnen bevorzugten fünf den Korb, drei den Ballflug und zwei den Ring. Sieben Spielerinnen berichteten, dass die Fokussierung auf den angegebenen Aspekt „gut“ gelungen ist, drei Spielerinnen gaben „weniger gut“ an. Die Frage, ob die Aufmerksamkeitsbedingung zu einer Störung der Ausführung geführt hat, antworteten sechs mit „nein“, jeweils zwei mit „etwas“ und „ja“. Auch hier gaben acht der zehn Spielerinnen an, dass sie diese Fokussierung häufiger im Training oder Wettkampf verwenden.

5.4.2 Trefferleistung

Bei der Bestimmung der Trefferleistung durch den in Abschnitt 5.3.6 erläuterten Trefferscore ist die Annahme gleicher Abstände zwischen den Merkmalsausprägungen nicht

gerechtfertigt, sodass eine sinnvolle Interpretation von Mittelwerten und Mittelwertunterschieden nicht sichergestellt werden kann. Aus diesem Grund werden zur Beschreibung der Trefferleistungen Rangmittelwerte genutzt und bei den statistischen Analysen auf nicht-parametrische Verfahren zurückgegriffen. Anhand von Abbildung 16 wird deutlich, dass die Druck-Gruppe in der Baseline-Bedingung hohe Ausgangsleistungen erreicht, aber erwartungsgemäß ein Rückgang des Trefferscores von der Baseline- zur Druckbedingung stattfindet. Dagegen ist unter den beiden Aufmerksamkeitsbedingungen jeweils ein Anstieg zu beobachten.

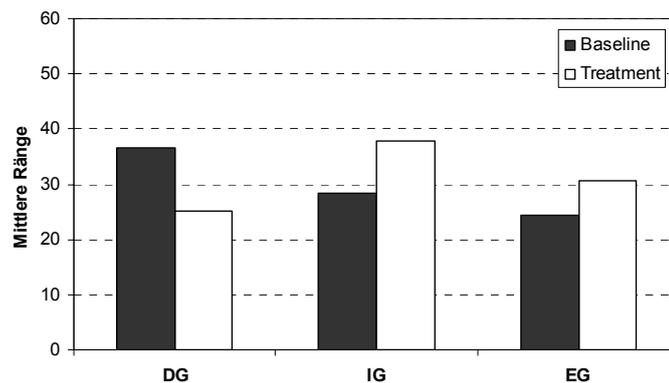


Abbildung 16: Darstellung der Trefferleistung innerhalb der einzelnen Bedingungen anhand der mittleren Rangdaten.

Ein Vergleich der erzielten Trefferscores in der Baseline-Bedingung durch einen Kruskal-Wallis-Test ergibt keine bedeutsamen Gruppenunterschiede ($H_2 = 2.68$, $p = .26$). Bei der nicht-parametrischen zweifaktoriellen Analyse mit den Faktoren Gruppe und Trefferleistung mit Messwiederholung auf dem Leistungsfaktor zeigt sich ein signifikanter Interaktionseffekt ($F_{1,9,\infty} = 4.36$, $p = .01$), jedoch kein bedeutsamer Haupteffekt (p -Werte $> .60$). Die Veränderung der Trefferleistung innerhalb der Druck-Gruppe verfehlt das Signifikanzniveau bei zweiseitiger Testung ($F_{1,\infty} = 3.32$, $p = .07$). Hier erscheint jedoch eine einseitige Testung angemessen, sodass sich ein signifikanter Rückgang der Trefferleistung von der Baseline- zur Druckserie ergibt. Bei der Internal-Gruppe zeigt sich ein signifikanter Zuwachs der Trefferleistung ($F_{1,\infty} = 4.48$, $p < .05$), bei der External-Gruppe dagegen nicht ($F_{1,\infty} = 1.35$, $p = .27$).

Damit kann Hypothese 1.1 nur zum Teil bestätigt werden. Die Ergebnisse der Druck- und der External-Gruppe entsprechen den Erwartungen. Dagegen zeigt sich bei der Internal-Gruppe eine signifikante Verbesserung der Trefferleistung.

5.4.3 Kinematische Daten

Bewegungsausführung

Zunächst werden die 2D-Daten der Bewegungsausführung dargestellt. Damit soll die Hypothese geprüft werden, dass Drucksituationen bzw. ein ausführungbezogener Aufmerksamkeitsfokus zu einer geringeren Nutzung von Freiheitsgraden im Bewegungsvollzug führen.

In Tabelle 3 sind die mittleren Bewegungsumfänge in den einzelnen Gelenken unter den verschiedenen Bedingungen dargestellt. Anhand der deskriptiven Daten zeigen sich zwar Unterschiede zwischen den Gruppen, jedoch durchweg keine Veränderungen zwischen den Baseline- und den Treatmentbedingungen. Auf eine statistische Prüfung mittels multivariater Varianzanalyse kann daher verzichtet werden. Damit ergibt sich also keine Verringerung der Bewegungsumfänge unter Druck- bzw. ausführungbezogener Aufmerksamkeitslenkung.

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen [°] der Bewegungsumfänge in den einzelnen Gelenken.

		Knie		Hüfte		Schulter		Ellbogen		Hand	
		<i>M</i>	<i>SD</i>								
DG	B	43.29	9.14	22.14	10.54	49.22	11.11	103.29	11.56	52.29	18.70
	D	43.27	8.25	22.51	10.21	49.94	11.08	103.50	11.51	52.28	17.39
IG	B	47.70	6.84	23.52	8.07	51.20	11.50	104.81	15.59	52.92	15.99
	I	48.07	6.24	23.93	7.23	50.82	10.64	104.24	14.56	54.56	16.76
EG	B	44.48	19.39	22.94	15.49	51.83	15.22	102.98	17.37	59.99	15.35
	E	44.57	20.28	22.51	15.96	51.01	15.09	101.45	17.66	58.61	15.02

In Abbildung 17 und Abbildung 18 werden die Ergebnisse der Korrelationsberechnungen zwischen den Winkelverläufen im Knie- und Schultergelenk sowie im Ellbogen- und Handgelenk veranschaulicht. Die dargestellten mittleren Fisher-Z-Werte entsprechen durchweg hohen Korrelationskoeffizienten (alle *r*-Werte > .83). Auch hier zeigen sich nur geringe Mittelwertunterschiede innerhalb der Gruppen, jedoch – insbesondere bei den Verläufen von Ellbogen- und Handgelenk – sehr hohe Streuungen, was auf individuell sehr unterschiedliche Technikausführungen hindeutet. Dies wird auch in Abbildung 19 deutlich, wo beispielhaft für vier Spielerinnen Winkel-Winkel-Plots für die Bewegungen im Ellbogen- und Handgelenk dargestellt sind.

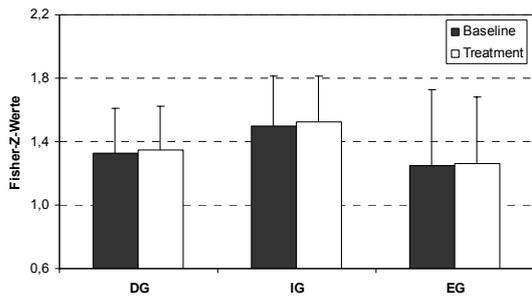


Abbildung 17: Mittlere Korrelationswerte (Fisher-Z-Werte) (+SD) der Winkelverläufe in Knie- und Schultergelenk.

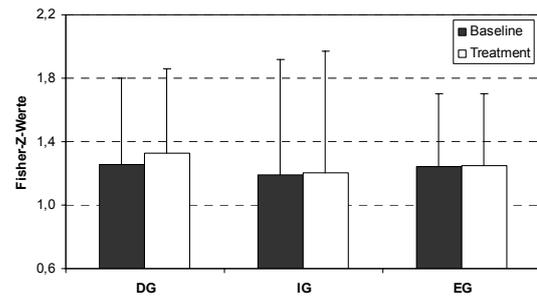


Abbildung 18: Mittlere Korrelationswerte (Fisher-Z-Werte) (+SD) der Winkelverläufe in Ellbogen- und Handgelenk.

Zur statistischen Prüfung werden zweifaktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren Gruppe und Kopplung durchgeführt. Die Prüfung der Voraussetzungen ergibt in beiden Fällen jeweils in einer Zelle unzureichende Normalverteilung, was aber – bei der Anzahl erforderlicher Tests und einem α -Fehler-Niveau von .20 – nicht überzufällig ist und toleriert wird. In beiden Fällen ergibt sich der erwartete Interaktionseffekt der beiden Faktoren nicht (F -Werte < 1). In der Tendenz zeigt sich ein Messwiederholungseffekt beim Zusammenhang von Knie- und Schultergelenk ($F_{1,27} = 3.07$, $p = .09$, $\eta^2 = .10$), nicht aber bei Ellbogen- und Handgelenk ($F_{1,27} = 1.98$, $p = .17$, $\eta^2 = .07$). Auch ein bedeutsamer Gruppeneffekt ist nicht zu finden (Knie-Schulter: $F_{2,27} = 1.39$, $p = .27$, $\eta^2 = .09$; Ellbogen-Hand: $F_{2,27} = .07$, $p = .94$, $\eta^2 = .01$). Bei post-hoc-Analysen ergibt sich jedoch für die Spielerinnen der Druck-Gruppe in der Tendenz ein Anstieg der linearen Kopplung von Ellbogen und Hand (Wilcoxon-Test: $Z_{10} = -1.48$, $p = .07$).

Hypothese 1.2 kann damit nicht bestätigt werden. Das Einschränken von Freiheitsgraden zeigt sich nicht in geringeren Bewegungsumfängen in den beteiligten Gelenken. Stärkere lineare Kopplungen ergeben sich nur in der Tendenz in der Druck-Gruppe und bei dem Zusammenhang von Ellbogen- und Handgelenksbewegung.

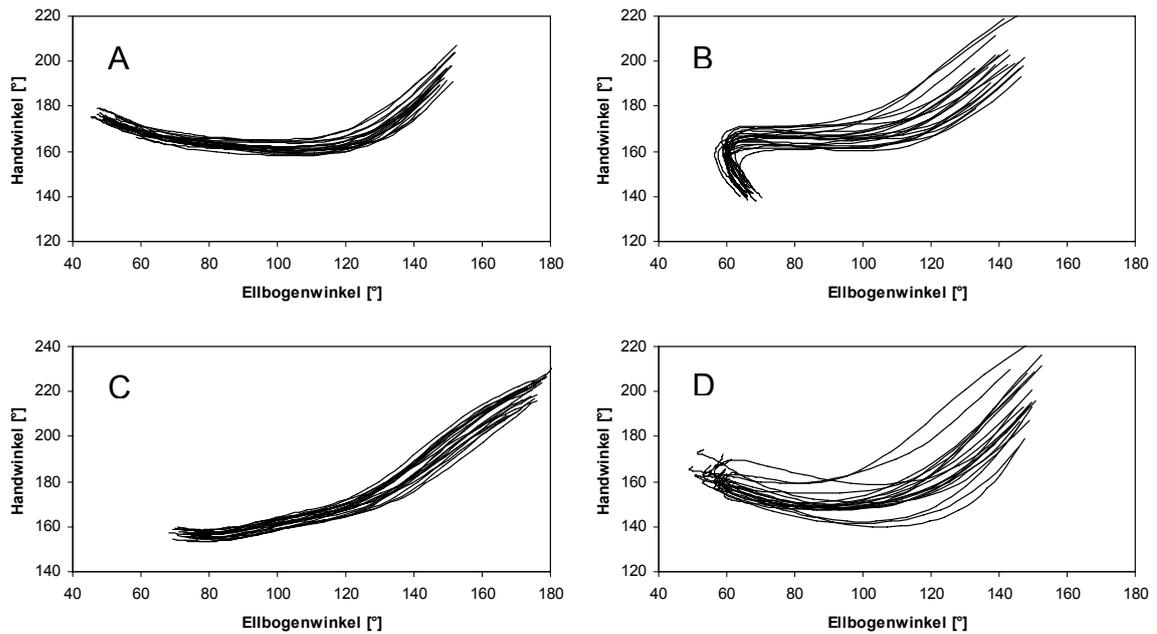


Abbildung 19 A-D: Ausgewählte Winkel-Winkel-Verläufe für Ellbogen- und Handwinkel für jeweils eine Wurfserie von vier Spielerinnen.

Ballflug

In Abbildung 20 ist die Veränderung der kovariationsbereinigten Ergebnisvariabilität ErwEV dargestellt, die ein Maß für die Ausführungsvariabilität der Bewegung darstellt. Dort zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen der Baseline- und der Treatment-Bedingung, jedoch etwas höhere Ausprägungen in der External-Gruppe.

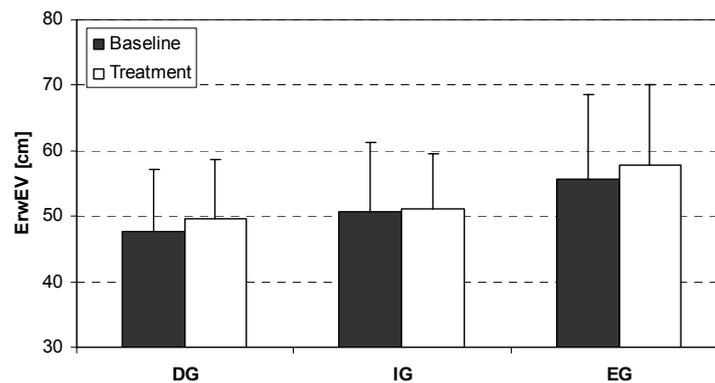


Abbildung 20: Veränderung der Ausführungsvariabilität (+SD) von der Baseline zur Treatmentserie (operationalisiert durch die kovariationsbereinigte Ergebnisvariabilität ErwEV).

Die Prüfung der Voraussetzungen für die Durchführung einer Varianzanalyse ergibt unzureichende Varianzhomogenität in der Treatmentserie und eine Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung in zwei Zellen. Aus diesem Grund wird eine nicht-parametrische zweifaktorielle Analyse mit den Faktoren Gruppe und Variabilität mit

Messwiederholung auf dem Variabilitätsfaktor durchgeführt. Dies ist auch deshalb angebracht, weil bei einer Spielerin der Druck-Gruppe (entgegen dem Trend) eine sehr deutliche Reduktion von ErwEV zu finden ist und die auf Rangdaten basierenden Auswertungen relativ robust gegenüber Ausreißern sind. Dabei zeigt sich die erwartete Interaktion der Faktoren Gruppe und Variabilität nicht ($F_{1,88,\infty} = .02, p = .98$). Es ergeben sich auch keine statistisch bedeutsamen Haupteffekte (Gruppe: $F_{1,97,\infty} = 1.55, p = .21$; Variabilität: $F_{1,\infty} = .77, p = .38$).

Damit kann Hypothese 1.3 nicht bestätigt werden. Es zeigt sich kein differentieller Anstieg der Ausführungsvariabilität in der Druck- und Internal-Gruppe.

In Abbildung 21 sind die mittleren Kovariationskoeffizienten (nach vorheriger Fisher-Z-Transformation) dargestellt. Diese beschreiben die Nutzung aufgabendienlicher Kovariation in den jeweiligen Serien. Auch hier zeigen die deskriptiven Daten nur geringe Mittelwertunterschiede zwischen den Bedingungen und zum Teil große Streuungen innerhalb der Gruppen.

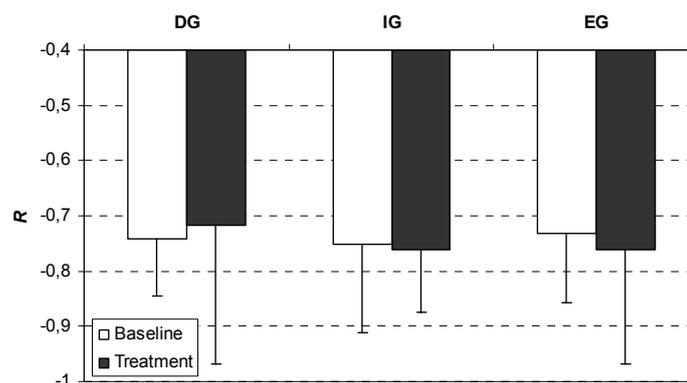


Abbildung 21: Veränderung bei der Nutzung aufgabendienlicher Kovariation (+SD) von der Baseline- zur Treatmentbedingung.

Bei den Daten zeigt sich ausreichende Normalverteilung und Varianzhomogenität, sodass eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Gruppe und Kovariation durchgeführt wird. Wie anhand der deskriptiven Daten zu erwarten, ergeben sich keine statistisch bedeutsamen Effekte (Interaktion: $F_{2,27} = .81, p = .46, \eta^2 = .06$; Gruppe: $F_{2,27} = .54, p = .59, \eta^2 = .04$; Kovariation: $F_{1,27} = .07, p = .79, \eta^2 = .01$).

Der erwartete Anstieg der Ausführungsvariabilität in der Druck- und der Internal-Gruppe zeigt sich nicht. Hypothese 1.4 kann folglich nicht bestätigt werden.

5.4.4 Post-hoc-Analysen und Einzelfallbetrachtungen

Bei den bisher durchgeführten Analysen auf Gruppenebene ergeben sich nicht die erwarteten kinematischen Veränderungen. Für eine detaillierte Betrachtung der Daten werden nun noch post-hoc Zusammenhangsanalysen und Einzelfallbetrachtungen – insbesondere für die Spielerinnen der Druck-Gruppe – vorgenommen. Dabei werden zunächst Rangkorrelationsberechnungen nach Spearman genutzt, um den Zusammenhang von Zustandsangst und Leistung sowie des Trefferscores und der ermittelten Ergebnisvariabilität zu ermitteln. Im Anschluss werden die Veränderungen ausgewählter Daten für die Spielerinnen der Druck-Gruppe dargestellt.

Zunächst lässt sich der erwartete negative Zusammenhang zwischen ansteigender Zustandsangst und der Abnahme der Trefferleistung bestätigen. Für alle Spielerinnen ($N = 30$) ergibt sich ein mittlerer negativer Zusammenhang ($r = -.64, p < .001$), betrachtet man lediglich die Spielerinnen der Druck-Gruppe ($n = 10$), so erreicht dieser nicht das Signifikanzniveau ($r = -.41, p = .24$).

In Abschnitt 5.2 wurden die Erwartungen formuliert, dass es durch erhöhten Ausführungsdruck zu einem Anstieg der Ausführungsvariabilität (ErwEV) und einem Rückgang bei der Nutzung aufgabendienlicher Kovariation kommt. Zur Bestimmung der aufgabendienlichen Kovariation wurde die Streuung der Flugkurven beim Durchschneiden der Ringebene (BVE_{BB}) genutzt. Dabei liegt die Annahme zugrunde, dass die einzelnen Ausführungsgrößen beim Freiwurf so aufeinander abgestimmt werden, dass geringe Ungenauigkeiten des Ballfluges am Ring resultieren und damit hohe Trefferleistungen einhergehen. Es gilt also zu prüfen, ob der Zusammenhang von geringer Ergebnisvariabilität und hoher Trefferleistung zutrifft. Dazu wird die Korrelation der ermittelten Trefferscores und der empirischen Ergebnisvariabilität (EmpEV) in den beiden Serien bestimmt. Hierbei bestätigt sich die erwartete Beziehung durch einen mittleren negativen Zusammenhang ($r = -.62, p < .001, n = 60$).

In Abbildung 22 A-D sind die Veränderungen von der Baseline- zur Druckbedingung für die Zustandsangst (A), den Trefferscore (B), die Ausführungsvariabilität (C) und den Kovariationskoeffizienten R (D) für die zehn Spielerinnen der Druck-Gruppe dargestellt.

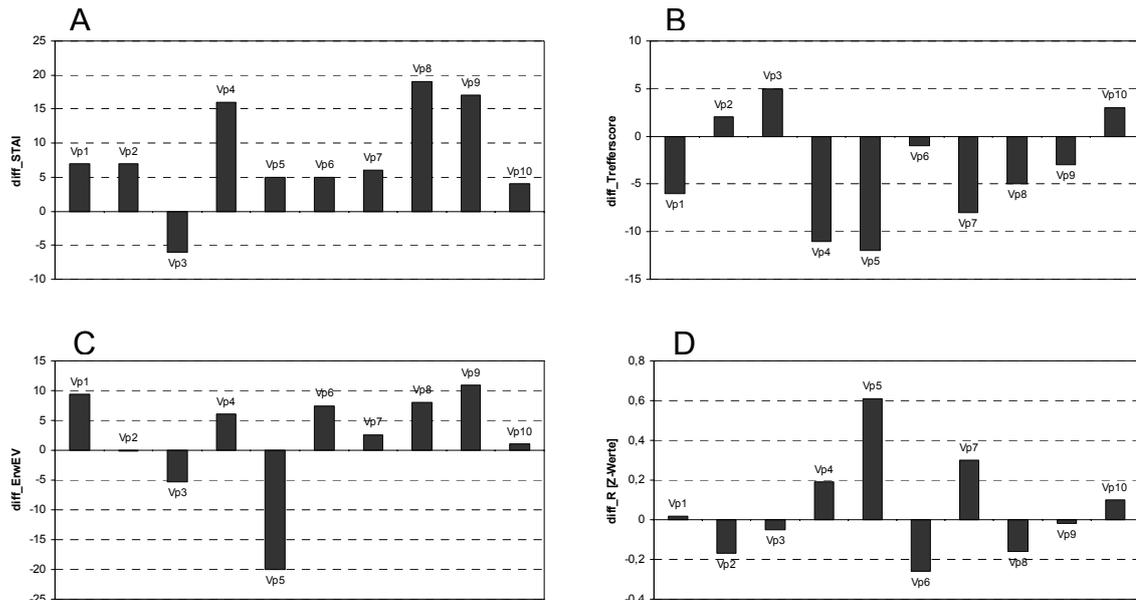


Abbildung 22 A-D: Veränderungen von der Baseline- zur Druckbedingung für die 10 Spielerinnen der Druck-Gruppe. Ansteigende Werte verdeutlichen einen Anstieg der Zustandsangst (A), der Trefferleistung (B), der Ausführungsvariabilität (C), jedoch ein Rückgang aufgabendienlicher Kovariation (D).

In Abbildung 22 A zeigt sich, dass die Druckbedingung bei neun der zehn Spielerinnen zu einem Anstieg der Zustandsangst führt, dies jedoch nicht bei allen Spielerinnen mit Leistungseinbußen einhergeht (Abbildung 22 B). Anhand von Abbildung 22 C wird deutlich, dass diese Verschlechterung der Trefferleistung – mit einer deutlichen Ausnahme – mit dem erwarteten Anstieg der Ausführungsvariabilität einhergeht. Die starke Reduktion von ErWEV bei Vp 5 hat bei einer Gruppengröße von $n = 10$ auch bei der Nutzung nicht-parametrischer Verfahren einen deutlichen Einfluss. Schließt man das Ergebnis von Vp 5 aus der Analyse aus, was auch aufgrund einer Ausreißeranalyse gerechtfertigt ist, dann lässt sich der erwartete Anstieg der Ausführungsvariabilität auch statistisch absichern (Wilcoxon-Test: $Z_9 = -2.07$, $p = .02$). Ein Rückgang bei der Nutzung aufgabendienlicher Kovariation zeigt sich auch bei den in Abbildung 22 D aufgeführten Einzelbetrachtungen der Spielerinnen nicht. Lediglich bei drei Spielerinnen gehen die Leistungseinbußen mit einer verringerten Abstimmung der Wurfparameter einher.

5.5 Diskussion

Die Ziele der vorliegenden Untersuchung bestehen in der feldnahen Überprüfung der Vorhersagen der *Explicit Monitoring Theories*, sowie der Analyse der kinematischen Veränderungen, aus denen die erwarteten Leistungseinbußen resultieren. Zunächst lässt sich die erfolgreiche Übertragung der Fragestellung auf die feldnahe Untersuchungssituation feststellen. Die Untersuchung wurde mit hochgradig geübten Kaderathletinnen im Rahmen von Vorbereitungsmaßnahmen auf die Europameisterschaften 2004 durchgeführt. In der Druck-Gruppe zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Zustandsangstwerte, sodass angenommen werden kann, dass durch die vom Bundestrainer formulierten Zielvorgaben bei den Spielerinnen eine realistische Drucksituation erzeugt werden konnte. Bei der Gestaltung der Aufmerksamkeitsbedingungen wurden individuelle Aufmerksamkeitsstrategien berücksichtigt und es erfolgte eine Fokussierung auf vertraute und als wichtig erachtete Ausführungsmerkmale (Internal-Gruppe) bzw. zu erzielende Bewegungseffekte (External-Gruppe). Der Großteil der Spielerinnen gab an, dass die Fokussierung auf den jeweiligen Aspekt gut gelungen ist und alle Spielerinnen berichteten, dass sie die Aufmerksamkeit auch in Trainings- und Wettkampfsituationen auf die jeweiligen Aspekte lenken. So kann auch hier von realistischen bewegungs- bzw. effektbezogenen Aufmerksamkeitsbedingungen ausgegangen werden, wie diese von den Spielerinnen auch in Trainings- und Wettkampfsituationen genutzt werden. Damit wird sichergestellt, dass mögliche Effekte nicht durch ungewohnte Ausführungsbedingungen verursacht werden. Weiterhin liegt die Vermutung nahe, dass die Spielerinnen in wichtigen Situationen die Aufmerksamkeit auf solche Aspekte lenken, die sie für die erfolgreiche Ausführung als wichtig erachten.

Überprüfung der Vorhersagen der Explicit Monitoring Theories

Während die Ergebnisse der Druck- und der External-Gruppe den Vorhersagen entsprechen, zeigt sich bei der Internal-Gruppe ein signifikanter Anstieg der Trefferleistung, was aufgrund der in Abschnitt 3.3 dargestellten Ergebnisse nicht zu erwarten war.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse in Abbildung 16 (S. 78) ist kritisch anzumerken, dass die Druck-Gruppe in der Baseline-Bedingung höhere Ausgangswerte erreicht als die Internal-Gruppe. Damit kann nicht ausgeschlossen werden, dass die gegenläufige Entwicklung der beiden Gruppen auch durch den sog. „Regression zur Mitte“-Effekt beeinflusst wird (vgl. dazu die Ausführungen bei Bortz & Döring, 2006, S. 554ff.). Die Resultate der External-Gruppe sprechen jedoch dafür, dass die Ergebnisse nicht ledig-

lich durch Regressionseffekte verursacht werden. Diese Gruppe weist in der Baseline-Bedingung die niedrigsten Ausgangsleistungen auf und erzielt keine bedeutsamen Veränderungen in der Treatmentbedingung, obwohl der effektbezogene Fokus aus dem Blickwinkel motorischer Kontrollprozesse von Vorteil sein sollte (vgl. Abschnitt 3.3).

Die Ergebnisse der Internal-Gruppe widersprechen der Annahme, dass ein ausführungbezogener Aufmerksamkeitsfokus per se zu einer Beeinträchtigung der Leistung führt. Aufgrund der gegenläufigen Entwicklung der Spielerinnen in der Druck- und der Internal-Gruppe kann angenommen werden, dass bei den Spielerinnen Leistungseinbußen in Drucksituationen nicht durch die Fokussierung auf vertraute und als wichtig erachtete Bewegungsaspekte verursacht werden. Hier ist es erforderlich, die beeinträchtigende Wirkung des ausführungbezogenen Aufmerksamkeitsfokus genauer zu spezifizieren.

An dieser Stelle lassen sich einige Vermutungen darüber angestellt, wie sich die positive Wirkung des ausführungbezogenen Fokus erklären lässt. Der wesentliche Unterschied zu anderen Untersuchungen besteht darin, dass eine Fokussierung auf vertraute und von den jeweiligen Spielerinnen als wichtig erachtete Bewegungsaspekte erfolgte. Im Rahmen der *Explicit Monitoring Theories* wird angenommen, dass häufig geübte Bewegungen automatisiert werden und die Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess die automatisierte Ausführung stört. Vor diesem Hintergrund ist eine von Lewis und Lindner (1997) vorgeschlagene Erklärung (vgl. auch Abschnitt 3.3.4) plausibel, wonach auch Aufmerksamkeitsprozesse eine Automatisierung erfahren können und dann nicht mehr zu einer Störung der automatisierten Fertigkeit führen. Lewis und Lindner sehen dies als mögliche Erklärung für den Befund, dass durch Trainingsbedingungen, die einen ausführungbezogenen Aufmerksamkeitsfokus provozieren sollen, Leistungseinbußen in Drucksituationen verhindert werden können. Häufig genutzte Aufmerksamkeitsstrategien könnten also in den Ausführungsprozess integriert werden, sodass dieser durch deren Nutzung nicht gestört wird. In eine andere Richtung geht ein Erklärungsansatz von Ericsson (2003) (vgl. Abschnitt 3.5). Er stellt das Zutreffen der klassischen Lernphasenmodelle in Frage, wenn häufig eine intensive kognitive Auseinandersetzung mit der Fertigkeit erfolgt, um diese z. B. im Training weiter zu optimieren. Ericsson (2003) nimmt an, dass hierdurch der Aufbau einer automatisierten und für kognitive Prozesse nicht mehr zugänglichen Bewegungsrepräsentation verhindert wird. Auch diese Erklärung erscheint plausibel, da die Verbesserung der Freiwurfs-technik und der Trefferquote ein grundlegendes Trainingsziel im Basketball darstellt.

Aber auch unabhängig von der Überlegung, dass durch die Fokussierung auf den Ausführungsprozess eine Störung der automatisierten Ausführung erfolgt, gibt es Erklärungsansätze für den Anstieg der Trefferleistungen in der Internal-Gruppe. So zeigt sich in der Tendenz ein Rückgang der Zustandsangstwerte von der Baseline- zur Internal-Bedingung (vgl. Abschnitt 5.4.1). Möglicherweise erhöht also die Fokussierung auf wichtige Ausführungsaspekte die Zuversicht der Spielerinnen, die Bewegungsaufgabe erfolgreich bewältigen zu können.

In Abschnitt 3.3.3 wurden aus dem Blickwinkel kontrolltheoretischer Überlegungen weitere mögliche Funktionen willkürlicher Aufmerksamkeitslenkung beschrieben, die zur Erklärung der Ergebnisse beitragen können. Insbesondere die aus der ideomotorischen Hypothese folgende Annahme, dass die Fokussierung auf einen zu erzielenden Bewegungsaspekt als Effektantizipation verstanden werden kann und dies zur Aktivierung der motorischen Aktion führt, die diesen Effekt hervorbringt, könnte hier von Bedeutung sein. Wenn beispielsweise beim Freiwurf das Abklappen des Handgelenks von besonderer Bedeutung ist und die Fokussierung auf diesen Aspekt dazu führt, dass er angemessen umgesetzt wird, dann kann daraus eine Flugkurve resultieren, die mit größerer Zuverlässigkeit zum Korberfolg führt.

Einschränkung von Freiheitsgraden

Das zweite Ziel der Untersuchung besteht darin, die kinematischen Veränderungen der Bewegungsausführung zu beschreiben, die die Leistung maßgeblich beeinflussen. In Kapitel 4 wurden zwei Betrachtungsebenen eingeführt, die in der vorliegenden Untersuchung genutzt wurden – das Freiheitsgrade-Konzept von Bernstein (1967) und die Betrachtung aufgabendienlicher Kovariationseffekte (Müller, 2001).

Ein Wiedereinschränken von Freiheitsgraden in Drucksituationen bzw. bei aufmerksamer Kontrolle der Bewegungsausführung sollte zu geringeren Bewegungsumfängen und einem Ansteigen der Korrelationen der Winkelverläufe führen. Diese Erwartungen können jedoch nicht bestätigt werden, was hypothesenbedingte als auch untersuchungsbedingte Ursachen haben kann und im Folgenden diskutiert wird.

Zum einen ist es möglich, dass die hier untersuchten Bedingungen nicht zu einem Einschränken von Freiheitsgraden in der erwarteten Form führen. Bernstein (1967) beschreibt im Lernverlauf drei Stufen bei der Koordination von Freiheitsgraden (vgl. Abschnitt 4.1). Von der ersten zur zweiten Stufe kommt es zu einem Auflösen der anfänglichen Einschränkungen und von der zweiten zur dritten Stufe zu einer weiteren

Ökonomisierung der Ausführung. Letzteres charakterisiert Bernstein durch das Ausnutzen der Eigenschaften des sich bewegenden Systems, wie etwa die Einbeziehung der bei der Ausführung auftretenden reaktiven Kräfte. Damit ist es möglich, dass das häufig als *Freezing* interpretierte Ansteigen muskulärer Kokontraktionen das Ausnutzen der „Systemeigenschaften“ beeinträchtigt, sich aber nicht im Bewegungsumfang und der Kopplung der Gelenke widerspiegelt. Damit ist auch die Frage zu stellen, welche Funktion das in Stresssituationen und bei bewegungsbezogener Aufmerksamkeitslenkung beobachtete Ansteigen muskulärer Kokontraktionen erfüllt. Möglicherweise dient dies nicht der Fixierung von Gelenken im Sinne eines Einschränkens von Freiheitsgraden, sondern der Anpassung der biomechanischen Eigenschaften des Effektors, wie dies in der *Neuromotor Noise Theory* vorgeschlagen wird (vgl. Abschnitt 3.4).

Zum anderen ist aus dem Blickwinkel der Untersuchungsgestaltung die Frage zu stellen, ob die Freiwurfbewegung geeignet ist, um ein mögliches Einschränken von Freiheitsgraden in der erwarteten Weise zu erfassen. Im Unterschied zu den von Collins et al. (2001) untersuchten Gehbewegungen bestehen beim Freiwurf deutliche Randbedingungen, die eine Veränderung der Ausführung nur bedingt zulassen. So ist es erforderlich, solche Abwurfgeschwindigkeiten zu erzielen, die überhaupt eine erfolgreiche Ausführung ermöglichen. Um die notwendigen Beschleunigungen zu gewährleisten ist es beispielsweise nicht möglich, die Anzahl der beteiligten Gelenke – und damit auch den Beschleunigungsweg – beliebig zu reduzieren. Der Nachweis von Veränderungen in der Bewegungsausführung einzelner Gelenke wird zusätzlich erschwert, weil die hohe Anzahl der beteiligten Gelenke und die Lösungsmöglichkeiten der Aufgabe ganz verschiedene Technikvarianten zulassen und sich damit Veränderungen auch in unterschiedlichen Merkmalen widerspiegeln können.

Ausführungsvariabilität und aufgabendienliche Kovariation

Bei den vermuteten Veränderungen von Bewegungsumfängen und Gelenkkopplungen bleibt offen, ob und wie die Leistung hierdurch beeinträchtigt wird. Anhand des resultierenden Ballflugs können leistungsrelevante Faktoren der Trefferleistung quantifiziert und damit die Betrachtungen der Gelenkbewegungen erweitert werden. Wenn es in Drucksituationen bzw. bei einem ausführungsbezogenen Aufmerksamkeitsfokus zu einer Beeinträchtigung der komplexen Abstimmung der Gelenke kommt, dann sollte dies zu größeren Streuungen der resultierenden Abwurfparameter (Hypothese 1.3) und damit einhergehend möglicherweise einer geringeren Ausprägung aufgabendienlicher

Kovariation (Hypothese 1.4) führen. Bei den gruppenstatistischen Analysen zeigen sich die erwarteten Interaktionseffekte nicht, sodass beide Hypothesen nicht bestätigt werden können. Die Leistungseinbußen innerhalb der Druck-Gruppe gehen jedoch erwartungsgemäß mit einem Anstieg der Ausführungsvariabilität einher. Die erwartete Verringerung bei der Nutzung aufgabendienlicher Kovariation zeigt sich hingegen nicht.

Auch bei der Interpretation der kinematischen Daten des Ballfluges sollte das methodische Vorgehen berücksichtigt werden. Zur Bestimmung der Ausführungsvariabilität sowie der Kovariation der Wurfparameter wurde die Ergebnisvariabilität – also die aus den Ausführungsgrößen ermittelte Streuung der Flugkurven am Ring (BVE_{BB}) – genutzt. Um dabei den spezifischen Anforderungen des Freiwurfs Rechnung zu tragen, wurden die Abweichungen der Flugkurven in Wurfrichtung entsprechend des Eintrittswinkels des Balles in die Ringebene stärker gewichtet, um eine hohe Übereinstimmung von Ergebnisvariabilität und Trefferleistung zu erreichen (vgl. die Darstellungen in Anhang B). Bei der Prüfung dieses Zusammenhangs ergibt sich ein hochsignifikanter, aber nur mittlerer Zusammenhang ($r = -.62, p < .001$). Dies zeigt, dass die Trefferleistung zwar durch die Ergebnisvariabilität beeinflusst, aber nicht zufrieden stellend erklärt werden kann. Die ermittelten Werte für die Ausführungsvariabilität und die Kovariation beschreiben also, wie stark diese zum Erreichen hoher Konstanz der Flugkurven am Ring beitragen. Letzteres hat zwar deutlichen Einfluss auf die Trefferleistung, beschreibt diese aber nicht vollständig. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass sich der erwartete negative Zusammenhang von Trefferleistung und der Ausprägung aufgabendienlicher Kovariation auf Gruppenebene nicht zeigt.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die von den *Explicit Monitoring Theories* vorhergesagten Leistungseinbußen durch eine Fokussierung auf die Bewegungsausführung unter den hier genutzten feldnahen Bedingungen nicht bestätigt werden können. Die genauen Ursachen für dieses in anderen Studien gefundene Ergebnis gilt es in weiteren Studien zu klären.

6 Untersuchung II – Vertrautheit des Aufmerksamkeitsfokus⁴

6.1 Untersuchungsziele

Im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit steht die Frage, durch welche Mechanismen Leistungseinbußen in Drucksituationen verursacht werden. Beim *explicit monitoring*-Ansatz wird angenommen, dass in wichtigen Situationen eine Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess erfolgt und daraus eine Störung der automatisierten Ausführung resultiert. In Untersuchung I wurde geprüft, ob sich in Drucksituationen und bei einer bewegungsbezogenen Aufmerksamkeitslenkung gleichermaßen Leistungsbeeinträchtigungen zeigen. In der bewegungsbezogenen Aufmerksamkeitsbedingung erfolgte eine Fokussierung auf solche Bewegungsmerkmale, die von den Spielerinnen als wichtig für die erfolgreiche Ausführung erachtet werden. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da es plausibel erscheint, dass die Aufmerksamkeit in wichtigen Situationen auf solche Aspekte gelenkt wird. Während sich erwartungsgemäß Leistungseinbußen durch erhöhten Druck ergeben, führte die Fokussierung auf die Bewegungsausführung zu besseren Leistungen im Vergleich zu einer Baseline-Bedingung. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Fokussierung auf die Ausführung hochgradig geübter Fertigkeiten nicht per se leistungsmindernd wirkt und wirft zum anderen die Frage auf, wodurch die vielfach gezeigte negative Wirkung bewegungsbezogener Aufmerksamkeitslenkungen verursacht wird.

In Abschnitt 5.5 wurden verschiedene Erklärungen für die nicht gefundenen Leistungseinbußen in der bewegungsbezogenen Aufmerksamkeitsbedingung diskutiert. Vor dem Hintergrund der *Explicit Monitoring Theories* könnte dies darauf zurückzuführen sein, dass häufig genutzte Aufmerksamkeitslenkungen in den Ausführungsprozess integriert werden und die automatisierte Ausführung durch deren Anwendung nicht gestört wird. Daraus ergibt sich die Hypothese, dass für eine Störung automatisierter Fertigkeiten nicht die Richtung der Aufmerksamkeitslenkung, sondern die Vertrautheit mit den Fokusbedingungen von entscheidender Bedeutung ist. In diesem Fall sollte sich eine Beeinträchtigung der Bewegungsausführung und der Leistung dann zeigen, wenn eine

⁴ Diese Untersuchung wurde vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) gefördert unter dem Geschäftszeichen VF 07/10/04/2005.

Fokussierung auf normalerweise nicht beachtete Aspekte erfolgt. Dieser Einfluss der Vertrautheit mit den Aufmerksamkeitsbedingungen wird in der vorliegenden Untersuchung geprüft. Dazu werden wiederum die individuellen Aufmerksamkeitsstrategien der Versuchspersonen bei der Ausführung des Freiwurfs berücksichtigt, um die vertrauten und nicht-vertrauten Aufmerksamkeitsbedingungen herzustellen.

Auch in Untersuchung II werden kinematische Analysen der Bewegungsausführung vorgenommen, um zu prüfen, durch welche Veränderungen sich die erwarteten Leistungseinbußen ergeben. Dabei erfolgt lediglich die Bestimmung der Ausführungsvariabilität und der Nutzung aufgabendienlicher Kovariation anhand der Flugkurven, da sich bei diesen Variablen ein direkter Bezug zum Bewegungsergebnis herstellen lässt. Die Betrachtung der Bewegungsumfänge und Gelenkkopplungen hat sich in Untersuchung I als wenig aussagekräftig erwiesen, sodass diese Analysen hier nicht weiter verfolgt werden.

6.2 Hypothesen

Aufgrund der dargestellten Überlegungen lassen sich die folgenden Hypothesen formulieren.

- Hyp. 2.1* Unabhängig von der Richtung der Aufmerksamkeitslenkung (bewegungs- vs. effektbezogen) kommt es zu Leistungseinbußen unter nicht-vertrauten Fokusbedingungen.
- Hyp. 2.2* Unabhängig von der Richtung der Aufmerksamkeitslenkung kommt es zu einem Anstieg der Ausführungsvariabilität unter nicht-vertrauten Fokusbedingungen.
- Hyp. 2.3* Unabhängig von der Richtung der Aufmerksamkeitslenkung kommt es zu einer geringeren Nutzung aufgabendienlicher Kovariation unter nicht-vertrauten Fokusbedingungen.

6.3 Untersuchungsmethodik

In der vorliegenden Studie wird ebenfalls der Basketball-Freiwurf als Bewegungsaufgabe und im Wesentlichen das gleiche methodische Vorgehen wie in Untersuchung I genutzt. Aus diesem Grund werden lediglich die Unterschiede der Untersuchungsmethodik im Vergleich zur ersten Studie ausführlich dargestellt.

6.3.1 Versuchspersonen

Als Versuchspersonen standen auch hier Spielerinnen der U16- und U18-Kader des DBB zur Verfügung. Die Studie wurde ein Jahr nach Untersuchung I im Rahmen von zwei Vorbereitungslehrgängen auf die Europameisterschaften 2005 durchgeführt. Insgesamt nahmen 23 Spielerinnen im Alter zwischen 14 und 18 Jahren ($M = 16.30$ Jahre, $SD = 1.29$ Jahre) teil, die über mehrere Jahre Wettkampferfahrung ($M = 7.85$ Jahre, $SD = 2.16$ Jahre) verfügten. Zehn Spielerinnen hatten bereits an der ersten Untersuchung teilgenommen.

6.3.2 Versuchsplan

Zur Prüfung der Hypothesen wurde ein 2x2-within-subject-Design mit den Faktoren Aufmerksamkeitsfokus (internal vs. external) und Vertrautheit des Aufmerksamkeitsfokus (hoch vs. gering) gewählt. Um systematische Einflüsse durch mögliche Reihungseffekte bei der Ausführung der Fokusbedingungen zu vermeiden, wurde die Reihenfolge der Durchführung permutiert. Aufgrund der Versuchspersonenzahl kamen 23 der 24 möglichen Abfolgen zum Einsatz, sodass systematische Reihungseffekte weitgehend ausgeschlossen werden können.

6.3.3 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau entsprach im Wesentlichen dem in Untersuchung I. Ein Unterschied bestand darin, dass für die Erfassung des Ballfluges ebenfalls zwei Kameras vom Typ Basler A602fc genutzt wurden, durch die eine Erfassung des Ballflugs mit einer Aufnahme Frequenz von 20 Hz erfolgte.

6.3.4 Versuchsablauf

Die Durchführung der Untersuchung erfolgte im Rahmen von zwei Kadermaßnahmen des DBB. Zu Beginn wurden die Spielerinnen in einer gemeinsamen Besprechung mit den Betreuern darüber informiert, dass im Rahmen des Trainingslehrgangs eine Untersuchung zur Aufmerksamkeitslenkung beim Freiwurf durchgeführt wird und dazu jede Spielerin mehrere Wurfserien unter verschiedenen Bedingungen absolvieren sollte.

Der eigentliche Untersuchungsablauf wurde mit jeder Spielerin einzeln durchgeführt. Nach einer Wurfserie zur Gewöhnung an die Untersuchungsbedingungen erfolgte die Festlegung der Aufmerksamkeitsbedingungen anhand eines Fragebogens (Anhang G).

Für die Bestimmung der Internal-Fokusbedingungen sollte die Spielerin den Bewegungsaspekt (z. B. das Abklappen des Handgelenks) angeben, auf den sie ihre Aufmerksamkeit bei der Ausführung des Freiwurfs bevorzugt lenkt und einen weiteren, auf den sie nie oder nur sehr selten fokussiert. Das gleiche Vorgehen wurde für die Festlegung der External-Aufmerksamkeitsbedingungen genutzt. Im Anschluss daran folgte jeweils eine aus 20 Würfeln bestehende Serie unter den vier Aufmerksamkeitsbedingungen. Nach jeder Serie gab die Spielerin auf einer 10-stufigen Ratingskala an, wie gut die Fokussierung auf den jeweiligen Aspekt gelungen ist und ob die Aufmerksamkeitslenkung als störend wahrgenommen wurde. Durch dieses Vorgehen sollte für die Spielerin deutlich werden, dass die Umsetzung der Aufmerksamkeitsbedingungen von Bedeutung ist und diese konsequent genutzt werden sollte. Nach der Durchführung der Aufmerksamkeitsbedingungen wurden weitere Aspekte zur Nutzung bewegungs- und effektbezogener Aufmerksamkeitsfokussierungen erfragt.

6.3.5 Datenerfassung

Erfassung der 3D-Ballflugdaten

Die Erfassung der kinematischen Daten erfolgte mit SIMI Motion 7.3. Die durchgeführten Berechnungen entsprechen mit kleinen Veränderungen denen der ersten Untersuchung. Bei der Erfassung des Ballfluges standen bei der Aufnahmefrequenz von 20 Hz in Abhängigkeit der Wurftechnik und damit der Flugdauer des Balles zwischen 13 und 23 Datenpunkte ($M = 18.2$, $SD = 1.8$) zur Verfügung, die für die Berechnungen der linearen und quadratischen Regressionen genutzt wurden (vgl. Abschnitt 5.3.6). Aufgrund technischer Schwierigkeiten bei der Datenerfassung konnten für die kinematischen Auswertungen nur die Daten von 20 der 23 Spielerinnen genutzt werden.

Erfassung der Trefferleistung

Die Erfassung der Leistung erfolgte mit der bereits in Untersuchung I verwendeten vierfach gestuften Bewertungsskala. Allerdings wurden die Bewertungen direkt während des Untersuchungsablaufs vorgenommen. Jeweils eine Serie pro Spielerin wurde von einer zweiten Person unabhängig bewertet. Die Bestimmung der inter-Rater-Reliabilität ergab durchweg hohe Übereinstimmungen der Ratings (r -Werte $> .90$).

6.4 Ergebnisse

6.4.1 Angaben zu den Aufmerksamkeitsbedingungen

Die Angaben zu den von den Spielerinnen häufig und selten fokussierten Aspekten sind in Tabelle 4 aufgeführt. In den Aufmerksamkeitsbedingungen erfolgte eine Fokussierung auf die angegebenen Aspekte.

Tabelle 4: Angaben der Spielerinnen über häufig und selten genutzte Aufmerksamkeitsfokussierungen bei der Ausführung des Freiwurfs. In Klammern sind die Häufigkeiten der Nennungen aufgeführt.

	vertraut	nicht-vertraut
Merkmale der Bewegungskörperausführung	Abklappen Handgelenk (6) Armstreckung (6) Flüssige Streckbewegung (6) Beinstreckung (2) Zusammenwirken Arme/Beine (1) Gewicht auf beiden Füßen (1) Ellbogen unter dem Ball (1)	Zusammenwirken Arme/Beine (6) Ellbogen unter dem Ball (6) Abdruck des Balles von der Hand (5) Beinstreckung (2) Armstreckung (2) Abklappen Handgelenk (1)
Externale Effekte der Bewegungskörperausführung	Korbmitte (6) Korb (5) Vorderer Korbrand (4) Ball fliegt durch den Korb (4) Hinterer Korbrand (2) Flugkurve (2)	Rechteck am Korb (10) Höchster Punkt der Flugkurve (5) Vorderer Korbrand (3) Flugkurve (3) Ball fliegt durch den Korb (2)

Die Angaben der Spielerinnen, wie gut die Lenkung der Aufmerksamkeit auf den jeweiligen Aspekt gelungen ist und ob dies als störend wahrgenommen wurde sind in Abbildung 23 und Abbildung 24 dargestellt.

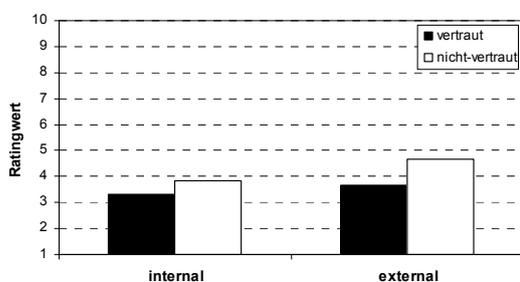


Abbildung 23: Angaben der Spielerinnen, wie gut die Fokussierung auf den jeweiligen Aspekt gelungen ist (1 = sehr gut, 10 = gar nicht).

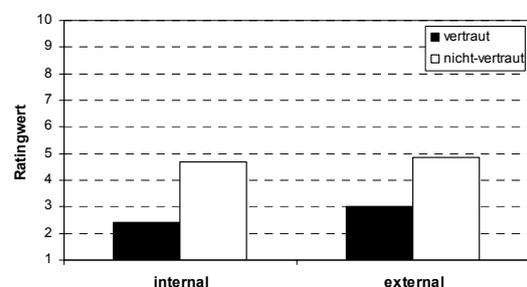


Abbildung 24: Angaben der Spielerinnen, ob der jeweilige Aufmerksamkeitsfokus als störend wahrgenommen wurde (1 = gar nicht, 10 = sehr).

Die statistische Prüfung der Ratings erfolgt anhand nicht-parametrischer zweifaktorieller Analysen mit Messwiederholung (vgl. Anhang D) und den Faktoren Aufmerksamkeitsfokus und Vertrautheit. Die nicht-parametrische Vorgehensweise wird gewählt, da bei beiden Einschätzungen eine unzureichende Normalverteilung der Daten gegeben ist (Kolmogoroff-Smirnov-Anpassungstest mit Lilliefors-Schranken). Bei den Angaben zur Umsetzung der Aufmerksamkeitsbedingungen ergibt sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Vertrautheit ($F_{1,\infty} = 4.48, p < .05$). Der Faktor Aufmerksamkeitsfokus ($F_{1,\infty} = 2.10, p = .15$) und die Interaktion der beiden Faktoren ($F_{1,\infty} = 0.33, p = .56$) verfehlen das Signifikanzniveau. Auch bei der Einschätzung der subjektiv wahrgenommenen Störung durch die Umsetzung der Aufmerksamkeitsbedingungen ergibt sich nur ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Vertrautheit ($F_{1,\infty} = 15.93, p < .001$), nicht aber für den Faktor Aufmerksamkeitsfokus ($F_{1,\infty} = 0.43, p = .51$) und die Interaktion der beiden Faktoren ($F_{1,\infty} = .80, p = .37$). Insgesamt zeigen diese Angaben, dass die vertrauten Aufmerksamkeitsfokussierungen zuverlässiger hergestellt werden können und nicht-vertraute Fokusbedingungen die Ausführung – unabhängig von der Aufmerksamkeitsrichtung – subjektiv weniger stören.

Alle Spielerinnen gaben an, dass ihnen die Lenkung der Aufmerksamkeit sowohl auf die Bewegungsausführung als auch auf Effekte der Bewegung aus Trainings- oder Wettkampfsituationen vertraut ist. Von den 23 Spielerinnen berichteten jedoch 18, ihre Aufmerksamkeit beim Freiwurf bevorzugt auf die Bewegungsausführung zu lenken, lediglich fünf gaben eine Bevorzugung eines effektbezogenen Fokus an.

6.4.2 Trefferleistung

Zur Veranschaulichung der Trefferleistungen in den verschiedenen Aufmerksamkeitsbedingungen werden wie in Untersuchung I die Ranginformationen der erzielten Treffercores genutzt. Anhand der in Abbildung 25 dargestellten Mittelwerte zeigen sich erwartungsgemäß bessere Leistungen unter den vertrauten Fokusbedingungen.

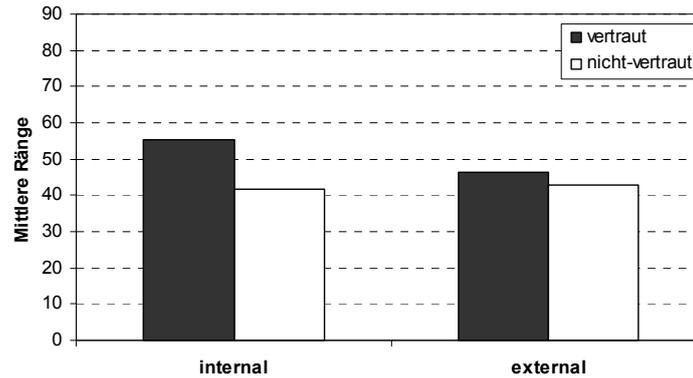


Abbildung 25: Darstellung der Trefferleistung innerhalb der Aufmerksamkeitsbedingungen anhand der mittleren Rangdaten.

Die nicht-parametrische zweifaktorielle Analyse mit Messwiederholung auf den Faktoren Aufmerksamkeitsfokus und Vertrautheit ergibt einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Vertrautheit ($F_{1,\infty} = 3.91$, $p < .05$). Dagegen ergibt sich kein statistisch bedeutsamer Einfluss des Faktors Aufmerksamkeitsfokus ($F_{1,\infty} = 1.56$, $p = .21$) und der Interaktion der beiden Faktoren ($F_{1,\infty} = .99$, $p = .32$). Anhand von Einzelvergleichen durch den Wilcoxon-Test zeigt sich jedoch nur unter den bewegungsbezogenen Aufmerksamkeitsbedingungen ein signifikanter Unterschied zwischen den vertrauten und nicht-vertrauten Bedingungen (internal: $Z_{23} = -1.89$, $p < .05$; external: $Z_{23} = -.34$, $p = .38$).

Damit kann Hypothese 2.1 nur zum Teil bestätigt werden. Die Ergebnisse der zweifaktoriellen Rangvarianzanalyse entsprechen den Erwartungen. Allerdings zeigt sich bei den durchgeführten Einzelvergleichen kein bedeutsamer Unterschied zwischen vertrauten und nicht-vertrauten External-Fokusbedingungen.

Eine mögliche Konfundierung der Ergebnisse könnte sich durch die unterschiedliche Bevorzugung bewegungs- und effektbezogener Aufmerksamkeitslenkungen ergeben. Von den 23 Spielerinnen gaben 18 an, ihre Aufmerksamkeit beim Freiwurf bevorzugt auf Aspekte der Bewegungsausführung zu lenken, nur fünf berichteten die Präferenz einer Fokussierung auf externale Bewegungseffekte. Es ist anzunehmen, dass die Spielerinnen in den meisten Fällen ihren bevorzugten Aufmerksamkeitsfokus nutzen, sodass die Vertrautheit mit diesem besonders hoch sein sollte. In Abbildung 26 sind die Trefferleistungen noch einmal für diese beiden Subgruppen separat dargestellt. Dabei ist anzumerken, dass die Ergebnisse der Spielerinnen mit der Bevorzugung eines externen Fokus aufgrund deren geringer Anzahl ($n = 5$) nur bedingt aussagekräftig sind und auf eine statistische Auswertung verzichtet wird. Die Ergebnisse deuten jedoch darauf

hin, dass sich Leistungseinbußen insbesondere bei einer Abweichung von der bevorzugten Aufmerksamkeitsstrategie ergeben.

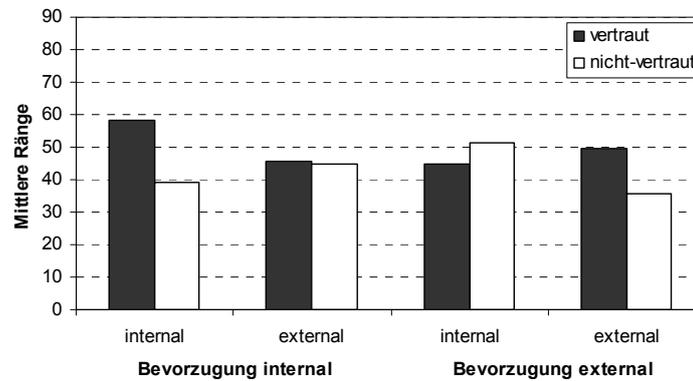


Abbildung 26: Trefferleistung in den Aufmerksamkeitsbedingungen in Abhängigkeit der bevorzugten Aufmerksamkeitsrichtung.

6.4.3 Kinematische Daten

In Abbildung 27 ist die kovariationsbereinigte Ergebnisvariabilität (ErwEV) als Maß für die Ausführungsvariabilität in den unterschiedlichen Aufmerksamkeitsbedingungen dargestellt. Aufgrund des Datenverlustes werden hier lediglich 20 Spielerinnen berücksichtigt. Auch auf eine Darstellung der Ergebnisse für die beiden Subgruppen mit internal- bzw. external-Präferenz wird verzichtet, da nur die Daten von drei Spielerinnen vorliegen, die den effektbezogenen Fokus bevorzugen.

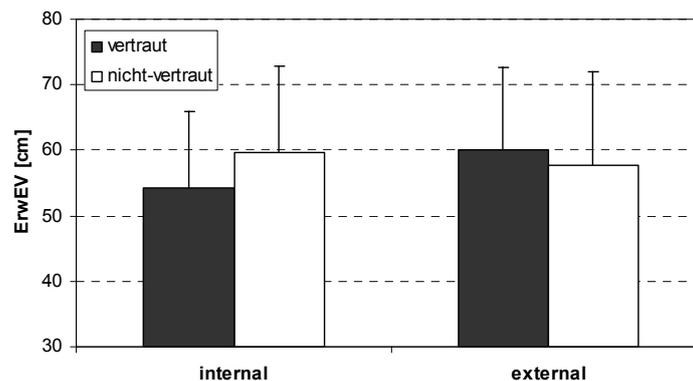


Abbildung 27: Ausführungsvariabilität (+SD) in den unterschiedlichen Aufmerksamkeitsbedingungen (operationalisiert durch die kovariationsbereinigte Ergebnisvariabilität ErwEV).

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ergibt keine bedeutsamen Haupteffekte (Vertraulichkeit: $F_{1,19} = .52, p = .48, \eta^2 = .03$; Fokus: $F_{1,19} = .65, p = .43, \eta^2 = .03$) und auch keine signifikante Interaktion der beiden Faktoren ($F_{1,19} = 1.78, p = .20, \eta^2 = .09$). Damit lässt sich Hypothese 2.2 nicht bestätigen. Eine post-hoc-Analyse ergibt

jedoch für die bewegungsbezogenen Aufmerksamkeitsbedingungen die erwartete geringere Ausführungsvariabilität für vertraute Bedingungen ($t = -1.81, p < .05$).

Das Ausmaß der Kovariation der Abwurfparameter in den verschiedenen Bedingungen ist – nach vorheriger Z-Transformation – in Abbildung 28 dargestellt.

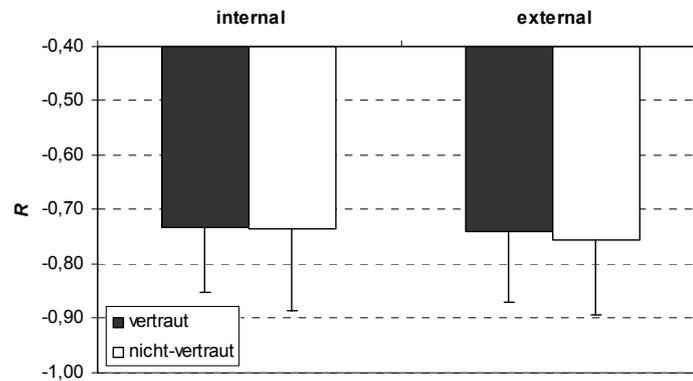


Abbildung 28: Kovariation der Abwurfparameter (+SD) in den verschiedenen Aufmerksamkeitsbedingungen.

Wie aufgrund der dargestellten Ergebnisse zu erwarten, ergeben sich bei der durchgeführten zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung keine bedeutsamen Effekte (Vertraulichkeit: $F_{1,19} = .64, p = .43, \eta^2 = .03$; Fokus: $F_{1,19} = 1.98, p = .18, \eta^2 = .10$; Interaktion: $F_{1,19} = .18, p = .67, \eta^2 = .01$). Folglich kann Hypothese 2.3 nicht bestätigt werden.

6.5 Diskussion

In der hier vorgestellten Studie werden die Ergebnisse aus Untersuchung I aufgegriffen. Im Unterschied zu anderen Arbeiten und den Annahmen der *Explicit Monitoring Theories* ergaben sich dort bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsausführung bessere Leistungen als in einer Baseline-Bedingung. Eine mögliche Erklärung könnte darin bestehen, dass häufig genutzte Aufmerksamkeitslenkungen – wie in Untersuchung I verwendet – in den Ausführungsprozess integriert werden und bei deren Anwendung keine Störung der automatisierten Ausführung resultiert. Daraus resultiert die Hypothese, dass nicht die Aufmerksamkeitsrichtung, sondern die Vertraulichkeit mit den Ausführungsbedingungen für die Störung der automatisierten Ausführung verantwortlich ist und die Leistungsverschlechterungen hervorruft.

Wie schon in Untersuchung I wird für die Bearbeitung der Fragestellung ein feldnahes Vorgehen gewählt. Als Stichprobe standen wiederum Spielerinnen der U16- und U18-

Kader des DBB zur Verfügung. Für die Festlegung vertrauter und nicht-vertrauter Aufmerksamkeitsbedingungen wurden die individuellen Aufmerksamkeitsstrategien der Spielerinnen erfragt. Dabei ist anzumerken, dass sowohl in den vertrauten als auch in den nicht-vertrauten Aufmerksamkeitsbedingungen eine Fokussierung auf wichtige Merkmale des Freiwurfs erfolgte und nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Bedingungen bestanden (z. B. Fokussierung auf das Abklappen des Handgelenkes vs. Fokussierung auf den Abdruck des Balles von der Hand).

Analyse der Trefferleistungen

Hypothese 2.1 kann nur zum Teil bestätigt werden. Bei der zweifaktoriellen Analyse zeigt sich erwartungsgemäß lediglich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Vertrautheit. Bei den durchgeführten Einzelvergleichen ergibt sich jedoch kein bedeutender Einfluss der Vertrautheit unter External-Bedingungen. Auch das Ergebnis, dass 18 der 23 Spielerinnen angaben, beim Freiwurf einen bewegungsbezogenen Aufmerksamkeitsfokus zu bevorzugen, deutet darauf hin, dass dies von den Spielerinnen nicht als negativ für die erfolgreiche Ausführung wahrgenommen wird, wie dies im Rahmen der *Explicit Monitoring Theories* und der *constrained action*-Hypothese angenommen wird. Wulf et al. (2001b) berichten das umgekehrte Ergebnis, nämlich die überwiegende Bevorzugung eines effektbezogenen Aufmerksamkeitsfokus bei der Ausführung einer wenig geübten Laboraufgabe (Stabilometer).

Um die Annahme abzusichern, dass eine Deprozederalisierung durch die Nutzung nicht-vertrauter Aufmerksamkeitsbedingungen erfolgt, sind allerdings noch weitere Studien erforderlich. Zum einen könnten für das gefundene Ergebnis auch andere Faktoren verantwortlich sein. So ist beispielsweise denkbar, dass die Ausführung unter nicht-vertrauten Bedingungen mit geringeren Selbstwirksamkeitsüberzeugung der Spielerinnen einhergehen und sich bereits hierdurch schlechtere Leistungen ergeben (Wilhelm & Büsch, 2006). Zum anderen könnte durch das Überwiegen der Bevorzugung des bewegungsbezogenen Fokus eine Konfundierung des Vertrauthheitsfaktors mit der bevorzugten Aufmerksamkeitsstrategie vorliegen. Es ist anzunehmen, dass die Spielerinnen in den meisten Fällen ihren favorisierten Aufmerksamkeitsfokus nutzen und bei diesem die Vertrautheit besonders hoch ist.

Analyse der kinematischen Daten

Die Hypothesen 2.2 und 2.3 können nicht bestätigt werden. Bei der Analyse der Ausführungsvariabilität und der aufgabendienlichen Kovariation ergeben sich keine statistisch bedeutsamen Haupteffekte für den Faktor Vertrautheit. Bei post-hoc-Analysen zeigt sich jedoch der erwartete Unterschied bei der Ausführungsvariabilität zwischen vertrauten und nicht-vertrauten internal-bewegungsbezogenen Fokusbedingungen.

Mögliche methodische Ursachen für das Ausbleiben der erwarteten Veränderungen wurden bereits in Abschnitt 5.5 diskutiert.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In der Sportpraxis ist immer wieder zu beobachten, dass Athleten in besonders wichtigen Situationen nur mäßige Leistungen erzielen. Dieses „Versagen unter Druck“ oder *choking under pressure* ist häufig bei solchen Fertigkeiten zu beobachten, die durch hohe koordinative Anforderungen geprägt sind. Im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit steht die Frage, wie sich solche Leistungseinbußen erklären lassen. Dabei werden zwei zentrale Fragen aufgegriffen: (1.) Wodurch werden die Leistungsveränderungen verursacht und (2.) welche kinematischen Veränderungen der Bewegungsausführung sind damit verbunden, aus denen dann die Leistungseinbußen resultieren? Während die erste Frage in den letzten Jahren in einer Reihe von Arbeiten aufgegriffen wurde, liegen bisher nur sehr wenige Studien vor, die auch den Ausführungsprozess untersuchen.

Bei der Bearbeitung der Frage nach den Ursachen ergeben sich drei plausible Erklärungsansätze, die Leistungseinbußen durch erhöhte Druckbedingungen auf der Ebene motorischer Kontrollprozesse zu erklären versuchen. Empirische Belege anhand sportmotorischer Fertigkeiten liegen jedoch nur für einen Erklärungsansatz vor. Diese wurde in den letzten Jahren von verschiedenen Autoren mit sehr ähnlichen Annahmen bearbeitet (z. B. Baumeister, 1984; Masters, 1992; Beilock & Carr, 2001; Gray, 2004; Jackson et al., 2006) und von Beilock und Carr (2001) unter dem Label *Explicit Monitoring Theories* zusammengefasst. Die Grundannahme besteht darin, dass in besonders wichtigen Situationen eine Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Ausführungsprozess erfolgt und hierdurch bei hochgradig geübten Fertigkeiten eine Störung bzw. Deprozeduralisierung der automatisierten Ausführung verursacht wird.

Dieser Erklärungsansatz wird durch Studien gestützt, bei denen sich bei geübten motorischen Fertigkeiten Leistungseinbußen durch eine ausführungsbezogene Aufmerksamkeitslenkung ergeben (z. B. Beilock et al., 2002a; Beilock et al., 2004a; Ford et al., 2005; Castaneda & Gray, 2007). Gray (2004) liefert zudem direkte Evidenzen für die Annahme, dass in Drucksituationen eine Hinwendung der Aufmerksamkeit zum Ausführungsprozess stattfindet. Damit stellt der *explicit monitoring*-Ansatz eine plausible Erklärung für das *choking*-Phänomen dar.

Im empirischen Teil der Arbeit erfolgt eine feldnahe Überprüfung der Vorhersagen der *Explicit Monitoring Theories* anhand des Basketball-Freiwurfs mit Nachwuchsspielerinnen der U16/U18-Kader des Deutschen Basketball Bundes. Die Ergebnisse von

Untersuchung I entsprechen nicht den Vorhersagen der *Explicit Monitoring Theories*. Im Vergleich zu einer Baseline-Bedingung ergeben sich zwar erwartungsgemäß Leistungseinbußen durch erhöhten Druck, jedoch zeigen die Spielerinnen Leistungsverbesserungen bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsausführung. Ein wesentlicher methodischer Unterschied zu den bisherigen Studien besteht darin, dass bei den Aufmerksamkeitsbedingungen eine Fokussierung auf individuell vertraute und als wichtig erachtete Aspekte erfolgte. Es erscheint plausibel, dass die Aufmerksamkeit in realen Drucksituationen auf solche Ausführungsmerkmale gelenkt wird, die von den Spielerinnen für die erfolgreiche Ausführung als wichtig erachtet werden. In Abschnitt 5.5 werden verschiedene mögliche Erklärungen für dieses Ergebnis diskutiert. Vor dem Hintergrund der *Explicit Monitoring Theories* besteht eine sinnvolle Erklärung darin, dass häufig genutzte Aufmerksamkeitslenkungen in den Ausführungsprozess integriert werden und diesen nicht stören. Daraus ergibt sich die Hypothese, dass die Störung der automatisierten Ausführung – unabhängig von der Richtung der Aufmerksamkeitslenkung – durch eine Fokussierung auf normalerweise nicht beachtete Aspekte verursacht wird. Die Ergebnisse von Untersuchung II stützen diese Annahme. Hier zeigen die Spielerinnen schlechtere Leistungen bei der Fokussierung auf normalerweise nicht beachtete Aspekte und es ergibt sich kein bedeutsamer Einfluss der Aufmerksamkeitsrichtung. Für die Absicherung dieses Ergebnisses sind allerdings noch weitere Studien erforderlich, um beispielsweise eine unterschiedliche Selbstwirksamkeitsüberzeugung unter vertrauten und nicht-vertrauten Bedingungen zu prüfen und den Einfluss der Bevorzugung bewegungs- und effektbezogener Aufmerksamkeitsstrategien zu kontrollieren.

Die Ergebnisse dieser Arbeit würden damit eine etwas andere Interpretation der vorliegenden Daten nahe legen. Während im Rahmen der *Explicit Monitoring Theories* die Richtung der Aufmerksamkeitslenkung für den Wechsel zwischen automatisierten und kontrollierten Prozessen verantwortlich gemacht wird, könnte die eigentliche Ursache die geringe Vertrautheit mit den experimentell genutzten ausführungbezogenen Fokusbedingungen sein.

Die Frage nach den kinematischen Veränderungen der Bewegungsausführung in Drucksituationen wurde bisher kaum bearbeitet. In Anlehnung an Bernstein (1967) nehmen eine Reihe von Autoren an (z. B. Mullen & Hardy, 2000; Collins et al., 2001; Higuchi et al., 2002), dass es bei erhöhten Druckbelastungen zu einem Einschränken von Freiheitsgraden kommt. In diese Richtung lässt sich auch das Ergebnis interpretieren, dass

sowohl in Drucksituationen (Weinberg & Hunt, 1976, 1978; Helin, 1988) als auch bei der Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsausführung (Vance et al., 2004; Zachry et al., 2005; Hossner, 2004) höhere Muskelaktivitäten in den Gliedmaßen zu beobachten sind. Ein Wiedereinschränken von Freiheitsgraden sollte zu kleineren Bewegungsumfängen in den Gelenken und höheren linearen Korrelationen der Gelenkwinkelverläufe verschiedener Gelenke führen (vgl. Vereijken et al., 1992).

Um zu prüfen, ob und wie sich diese vermutete Beeinträchtigung der Gelenkkoordination auf das Bewegungsergebnis auswirkt, wird ein von Müller (2001) eingeführtes Konzept aufgegriffen. Hierbei werden für Aufgaben mit hohen Konstanzanforderungen leistungsrelevante und quantifizierbare Faktoren beschrieben. Aus den Betrachtungen lässt sich die Erwartung ableiten, dass es in Drucksituationen zu einer größeren Streuung der Abwurfparameter sowie einer geringeren Nutzung aufgabendienlicher Kovariation kommt (vgl. Abschnitt 4.2). Beides sollte beim Freiwurf zu größeren Streuungen der Flugkurven am Ring und damit zu schlechteren Trefferleistungen führen.

Die erwarteten kinematischen Veränderungen der Bewegungsausführung können nur zum Teil bestätigt werden. Mögliche Ursachen dafür werden ausführlich in Abschnitt 5.5 diskutiert. Die durchgeführten post-hoc-Analysen und Einzelfallbetrachtungen ergeben jedoch teilweise Unterstützung für die vermuteten kinematischen Veränderungen in Drucksituationen. Hier zeigt sich in der Tendenz der erwartete Anstieg des korrelativen Zusammenhangs von Ellbogen- und Handgelenksbewegungen. Ebenso ergibt sich in der Druck-Gruppe ein Anstieg der Ausführungsvariabilität bei den Wurfparametern. Dies trägt zu einer größeren Streuung der Flugkurven am Ring und damit zu den Leistungseinbußen in der Druck-Bedingung bei.

Abschließend lässt sich festhalten, dass bei der Frage nach den Ursachen von Leistungseinbußen in Drucksituationen noch deutliche Forschungsdefizite zu verzeichnen sind. Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ergibt sich die Forderung, weiter zu spezifizieren, wie willkürliche Aufmerksamkeitslenkungen die motorische Leistung negativ beeinflussen. Dabei sollten stärker Überlegungen nach möglichen Funktionen von Aufmerksamkeit für die Handlungskontrolle (in Drucksituationen) berücksichtigt werden (vgl. Abschnitt 3.3.4). Es erscheint aber auch erforderlich, aufmerksamkeitsunabhängige Mechanismen aufzugreifen. Die in Abschnitt 3.4 dargestellte *Neuromotor Noise Theory* liefert dafür einen Ansatzpunkt.

Auch die Beschreibung kinematischer Veränderungen der Bewegungsausführung in Drucksituationen ist aus konzeptioneller und empirischer Sicht bisher nicht befriedigend. Der hier gewählte Ansatz, kinematische Veränderungen mit Bezug auf deren Wirkung auf das Bewegungsergebnis zu analysieren, sollte weiter verfolgt werden. Aufgrund des komplexen Verhaltens des Balles bei Berührungen des Rings besteht eine Schwierigkeit bei der Analyse des Freiwurfs in der Beschreibung der Leistung anhand der Flugkurven. Das in den vorliegenden Studien verwendete Maß zur Beschreibung der Ergebnisvariabilität steht nur in mittlerem Zusammenhang mit dem ermittelten Trefferscore. Weiterführende Überlegungen hierzu werden in Anhang B dargestellt. Ein weiteres Ziel sollte darin bestehen, die bisher auf den Ballflug beschränkten Betrachtungen ergebnisrelevanter Veränderungen auf die Bewegungen der Gelenke zu erweitern, um auch auf dieser Ebene ergebnisbezogene Abstimmungen der Bewegungen quantifizieren zu können.

Die Ergebnisse dieser Arbeit unterstreichen die Notwendigkeit in der anwendungsorientierten Forschung, die Erklärungen in feldnahen Bedingungen zu überprüfen. Dies dient der externen Validierung am Praxisphänomen und kann – wie im vorliegenden Fall – dazu beitragen, alternative Erklärungsrichtungen zu generieren.

8 Literatur

- Allport, D. A. (1987). Selection for action: Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp. 395-419). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89, 369-406.
- Barkhoff, H. (2002). "Trainingsweltmeister" und Wettkampftypen im Roll- und Eiskunstlauf. *Leistungssport*, 32, 11-18.
- Bartlett, R. (2000). Principles of throwing. In V. M. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in sport* (pp. 365-380). Oxford: Blackwell.
- Baumann, W. & Preiß, R. (1996). Biomechanische Meßverfahren. In R. Ballreich & W. Baumann (Hrsg.), *Grundlagen der Biomechanik des Sports* (S. 75-102). Stuttgart: Enke.
- Baumeister, R. F. (1984). Choking under pressure: Self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 46, 610-620.
- Baumeister, R. F. & Showers, C. J. (1986). A review of paradoxical performance effects: Choking under pressure in sports and mental tests. *European Journal of Social Psychology*, 16, 361-383.
- Beckmann, J. & Strang, H. (1991). Handlungskontrolle im Sport. *sportpsychologie*, 5(4), 5-10.
- Beilock, S. L., Bertenthal, B. I., McCoy, A. M. & Carr, T. H. (2004a). Haste does not always make waste: Expertise, direction of attention, and speed versus accuracy in performing sensorimotor skills. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 373-379.
- 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.
- Beilock, S. L., Carr, T. H., MacMahon, C. & Starkes, J. L. (2002a). When paying attention becomes counterproductive: Impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8, 6-16.
- Beilock, S. L., Kulp, C. A., Holt, L. E. & Carr, T. H. (2004b). More on the fragility of performance: Choking under pressure in mathematical problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 584-600.
- Beilock, S. L., Wierenga, S. A. & Carr, T. H. (2002b). Expertise, attention, and memory in sensorimotor skill execution: Impact of novel task constraints on dual-task performance and episodic memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A, 1211-1240.
- Bernstein, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press.
- Beuter, A. & Duda, J. L. (1985). Analysis of the arousal / motor performance relationship in children using movement kinematics. *Journal of Sport Psychology*, 7, 229-243.

- Beuter, A., Duda, J. L. & Widule, C. J. (1989). The effect of arousal on joint kinematics and kinetics in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60, 109-116.
- Blischke, K. (2001). Automatisierung einer Großmotorischen Kalibrierungsaufgabe durch Prozeduralisierung. *psychologie und sport*, 8, 19-38.
- Bootsma, R. J. (1988). *The timing of rapid interceptive actions. Perception-action coupling in the control and acquisition of skill*. Amsterdam: Free University Press.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bortz, J., Lienert, G. A. & Boehneke, K. (1990). *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. Berlin: Springer.
- Broadhurst, P. L. (1957). Emotionality and the Yerkes-Dodson law. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 345-352.
- Brockner, J. (1979). Self-esteem, self-consciousness, and task performance: Replications, extensions, and possible explanations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37, 447-461.
- Brunner, E., Demhof, S. & Langer, F. (2002). *Nonparametric analysis of longitudinal data in factorial experiments*. New York: Wiley.
- Brunner, E. & Langer, F. (1999). *Nichtparametrische Analyse longitudinaler Daten*. München: Oldenbourg.
- Brunner, E. & Munzel, U. (2002). *Nichtparametrische Datenanalyse: Unverbundene Stichproben*. Berlin: Springer.
- Brunner, E. & Puri, M. L. (2001). Nonparametric methods in factorial designs. *Statistical Papers*, 42, 1-52.
- Button, C., MacLeod, M., Sanders, R. & Coleman, S. (2003). Examining movement variability in the basketball free-throw action at different skill levels. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74, 257-269.
- Carlton, L. G. & Newell, K. M. (1993). Force variability and characteristics of force production. In K. M. Newell & D. M. Corcos (Eds.), *Variability and motor control* (pp. 15-36). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Castaneda, B. & Gray, R. (2007). Effects of focus of attention on baseball batting performance in players of differing skill levels. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29, 60-77.
- Chell, B. J., Graydon, J. K., Crowley, P. L. & Child, M. (2003). Manipulated stress and dispositional reinvestment in a wall-volley task: An investigation into controlled processing. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 435-448.
- Collins, D., Jones, B., Fairweather, M., Doolan, S. & Priestley, N. (2001). Examining anxiety associated changes in movement patterns. *International Journal of Sport Psychology*, 31, 223-242.

- Dandy, J., Brewer, N. & Tottman, R. (2001). Self-consciousness and performance decrements within a sporting context. *The Journal of Social Psychology*, *141*, 150-152.
- De Jong, W. P. & van Galen, G. P. (1997). Are speed-accuracy trade-offs caused by neuromotor noise, or not? *Behavioral and Brain Sciences*, *20*, 306-307.
- Deikman, A. J. (1969). Deautomatization and the mystic experience. In C. T. Tart (Ed.), *Altered states of consciousness*. New York: Wiley.
- Drost, U. C., Rieger, M., Brass, M., Gunter, T. C. & Prinz, W. (2005). Action-effect coupling in pianists. *Psychological Research*, *69*, 233-241.
- Easterbrook, J. A. (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review*, *66*, 183-201.
- Ehrlenspiel, F. (2001). Paralysis by analysis? A functional framework for the effects of attentional focus on the control of motor skills. *European Journal of Sport Science*, *1*, 1-11.
- Ehrlenspiel, F. & Maurer, H. (2007). Aufmerksamkeitslenkung beim sportmotorischen Lernen – Ein Überblicksartikel zwischen Empirie, Theorie und Perspektiven. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, *14*, 114-122.
- Ericsson, K. A. (2003). Development of elite performance and deliberate practice. In J. L. Starkes & K. A. Ericsson (Eds.), *Expert performance in sports: Advances in research on sport expertise* (pp. 49-83). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fenigstein, A., Scheier, M. F. & Buss, A. H. (1975). Public and private self-consciousness: Assessment and theory. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *43*, 522-527.
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, *47*, 381-391.
- Fitts, P. M. & Posner, M. I. (1967). *Human performance*. Belmont, CA: Brooks & Cole.
- Ford, P., Hodges, N. J. & Williams, M. A. (2005). Online attentional-focus manipulations in a soccer-dribbling task: Implications for the proceduralization of motor skills. *Journal of Motor Behavior*, *37*, 386-394.
- Gentile, A. M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, *17*, 3-23.
- Gray, R. (2004). Attending to the execution of a complex sensorimotor skill: Expertise differences, choking, and slumps. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *10*, 42-54.
- Greenwald, A. G. (1970). Sensory feedback mechanisms in performance control: With special reference to the ideo-motor mechanism. *Psychological Review*, *77*, 73-99.
- Gribble, P. L., Mullin, L. I., Cothros, N. & Matter, A. (2003). Role of cocontraction in arm movement accuracy. *Journal of Neurophysiology*, *89*, 2396-2405.
- Hagedorn, G., Niedlich, D. & Schmidt, G. J. (1996). *Das Basketball-Handbuch*. Reinbek: Rowohlt.
- Haggard, P. & Wing, A. M. (1990). Assessing and reporting the accuracy of position measurements made with optical tracking systems. *Journal of Motor Behavior*, *22*, 315-321.

- Hamilton, G. R. & Reinschmidt, C. (1997). Optimal trajectory for the basketball free throw. *Journal of Sports Sciences*, 15, 491-504.
- Hancock, G. R., Butler, M. S. & Fischman, M. G. (1995). On the problem of two-dimensional error scores: Methods and analyses of accuracy, bias, and consistency. *Journal of Motor Behavior*, 27, 241-250.
- Hanin, Y. L. (1978). A study of anxiety in sports. In W. F. Straub (Ed.), *An analysis of athlete behavior* (pp. 236-249). Ithaca, NY: Movement.
- Hanin, Y. L. (2000). *Emotions in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hanin, Y. L. & Syrjä, P. (1995). Performance affect in junior ice hockey players: An application of the individual zones of optimal functioning model. *The Sport Psychologist*, 9, 169-187.
- Hardy, L. (1996). Testing the predictions of the cusp catastrophe model of anxiety and performance. *The Sport Psychologist*, 10, 140-156.
- Hardy, L. & Parfitt, G. (1991). A catastrophe model of anxiety and performance. *British Journal of Psychology*, 82, 163-178.
- Helin, P. (1988). Activation in professional ballet dancers. *Physiology & Behavior*, 43, 783-787.
- Hennig, H. (1925). Die Untersuchung der Aufmerksamkeit. In E. Abderhalden (Hrsg.), *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. VI, Teil 3*. Berlin: Urban & Schwarzenberg.
- Herbart, J. F. (1816). *Lehrbuch zur Psychologie*. Königsberg: Unzer.
- Higuchi, T. (2000). Disruption of kinematic coordination in throwing under stress. *Japanese Psychological Research*, 42, 168-177.
- Higuchi, T., Imanaka, K. & Hatayama, T. (2002). Freezing degrees of freedom under stress: Kinematic evidence of constrained movement strategies. *Human Movement Science*, 21, 831-864.
- Hoffmann, J. (1993a). *Vorhersage und Erkenntnis*. Göttingen: Hogrefe.
- Hoffmann, J. (1993b). Aufmerksamkeit, Automatisierung und antizipative Verhaltenssteuerung. In R. Daus & K. Blischke (Hrsg.), *Aufmerksamkeit und Automatisierung in der Sportmotorik* (S. 97-120). St. Augustin: Academia.
- Hommel, B., Müsseler, J., Aschersleben, G. & Prinz, W. (2001). The theory of event coding (TEC): A framework for perception and action planning. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 849-937.
- Hossner, E.-J. (2002a). *Bewegende Ereignisse: Ein Versuch über die menschliche Motorik – Studie 8: Aufmerksamkeit, Muskelaktivität und temporale Kompensation*. Unveröffentlichte Habilitationsschrift, Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg.
- Hossner, E.-J. (2002b). *Bewegende Ereignisse: Ein Versuch über die menschliche Motorik – Studie 9: Aufmerksamkeit, Muskelaktivität und posturale Kompensation*. Unveröffentlichte Habilitationsschrift, Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg.
- Hossner, E.-J. (2004). *Bewegende Ereignisse*. Schorndorf: Hofmann-Verlag.

- Jackson, R. C., Ashford, K. J. & Norsworthy, G. (2006). Attentional focus, dispositional reinvestment, and skilled motor performance under pressure. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 28, 49-68.
- James, W. (1890). *The principles of psychology* (Vol. I, II). Cambridge: Harvard University Press.
- Kimble, G. A. & Perlmutter, L. C. (1970). The problem of volition. *Psychological Review*, 77, 361-384.
- Kivimäki, M. (1995). Test anxiety, below-capacity performance, and poor test performance: Intrasubject approach with violin students. *Personality and Individual Differences*, 18, 47-55.
- Kleine, D. & Schwarzer, R. (1991). Angst und sportliche Leistung – Eine Meta-Analyse. *Sportwissenschaft*, 20, 9-28.
- Kuhl, J. (1992). A theory of self-regulation: Action versus state orientation, self-discrimination, and some applications. *Applied Psychology: An International Review*, 41, 95-173.
- Kuhl, J. (1994). A theory of action versus state orientation. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), *Volition and personality: Action versus state orientation* (pp. 9-46). Seattle: Hogrefe & Huber.
- Kunde, W. (2006). Antezedente Effektrepräsentationen in der Verhaltenssteuerung. *Psychologische Rundschau*, 57, 34-42.
- Kunde, W., Koch, I. & Hoffmann, J. (2004). Anticipated action effects affect the selection, initiation, and execution of actions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A, 87-106.
- Landers, D. M. & Arent, S. M. (2001). Arousal-performance relationships. In J. M. Williams (Ed.), *Applied sport psychology: Personal growth to peak performance* (4 ed., pp. 206-228). Mountain View, CA: Mayfield.
- Landin, D. K. & Macdonald, G. (1990). Improving the overheads of collegiate tennis players. *The Applied Research in Coaching and Athletics Annual*, 5, 135-146.
- Langer, E. J. & Imber, L. G. (1979). When practice makes imperfect: Debilitating effects of overlearning. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37, 2014-2024.
- Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P. & Spielberger, C. D. (1981). *Das State-Trait-Angstinventar*. Weinheim: Beltz.
- Lazarus, R. S. (1966). *Psychological stress and the coping process*. New York: McGraw-Hill.
- Lazarus, R. S. (1991). *Emotion and adaptation*. New York: Oxford University Press.
- Lewis, B. P. & Linder, D. E. (1997). Thinking about choking? Attentional processes and paradoxical performance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 23, 937-944.
- Liao, C.-M. & Masters, R. S. W. (2002). Self-focused attention and performance failure under psychological stress. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 24, 289-305.

- Marahrens, L. & Keil, J.-G. (2004). Trainingsweltmeister – Eine Phänomenanalyse aus der Erlebensperspektive betroffener Leistungssportler. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, *11*, 112-120.
- Martens, R., Burton, D., Vealey, R. S., Bump, L. A. & Smith, D. E. (1990). Development and validation of the Competitive State Anxiety Inventory-2. In S. Martens, R. S. Vealey & D. Burton (Eds.), *Competitive anxiety in sport* (pp. 117-190). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Masters, R. S. W. (1992). Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, *83*, 343-358.
- Masters, R. S. W., Polman, R. C. J. & Hammond, N. V. (1993). "Reinvestment": A dimension of personality implicated in skill breakdown under pressure. *Personality and Individual Differences*, *14*, 655-666.
- Maurer, H. (2006). Aufmerksamkeitsfokussierung und sportliche Leistung beim Basketball-Freiwurf. In M. Raab, A. Arnold, K. Gärtner, J. Köppen, C. Lempertz, N. Tielemann & H. Zastrow (Hrsg.), *Zukunft der Sportspiele: Fördern, fordern, forschen* (S. 53-55). Flensburg: Flensburg University Press.
- Maurer, H. (2007). Ruhig bleiben wenn's drauf ankommt. *E-Journal Bewegung und Training – Supplement*. Zugriff am 20.03.2007 unter <http://www.ejournal-but.de/Journal/reader.asp?Doc=maurer%2Dmotorik2007%2Epdf&Kat=2&ID=-900&id2=6>.
- Maxwell, J. P., Masters, R. S. W. & Poolton, J. M. (2006). Performance breakdown in sport: The role of reinvestment and verbal knowledge. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *77*, 271-276.
- McDonald, P. V., van Emmerik, R. E. A. & Newell, K. M. (1989). The effects of practice on limb kinematics in a throwing task. *Journal of Motor Behavior*, *21*, 245-264.
- Mellalieu, S. D., Hanton, S. & O'Brien. (2004). Intensity and direction of competitive anxiety as a function of sport type and experience. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *14*, 326-334.
- Menzel, H.-J. (1992). Basketball. In R. Ballreich & A. Kuhlow-Ballreich (Hrsg.), *Biomechanik der Sportspiele* (S. 1-24). Stuttgart: Enke.
- Meulenbroek, R. G. J., van Galen, G. P., Hulstijn, M., Hulstijn, W. & Bloemsaat, G. (2005). Muscular co-contraction covaries with task load to control the flow of motion in fine motor tasks. *Biological Psychology*, *68*, 331-352.
- Meyer, D. E., Abrams, R. A., Kornblum, S., Wright, C. E. & Smith, J. E. K. (1988). Optimality in human motor performance: Ideal control of rapid aimed movements. *Psychological Review*, *95*, 340-370.
- Mullen, R. & Hardy, L. (2000). State anxiety and motor performance: Testing the conscious processing hypothesis. *Journal of Sports Sciences*, *18*, 785-799.
- Müller, H. (2001). *Ausführungsvariabilität und Ergebniskonstanz*. Lengerich: Pabst.
- Müller, H. & Loosch, E. (1999). Functional variability and an equifinal path of movement during targeted throwing. *Journal of Human Movement Studies*, *36*, 103-126.

- Müller, H. & Sternad, D. (2003). A randomization method for the calculation of covariation in multiple nonlinear relations: Illustrated with the example of goal-directed movements. *Biological Cybernetics*, 89, 22-33.
- Müller, H. & Sternad, D. (2004). Decomposition of variability in the execution of goal-oriented tasks: Three components of skill improvement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30, 212-233.
- Neumann, O. (1987). Beyond capacity: A functional view of attention. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Neumann, O. (1992). Theorien der Aufmerksamkeit: Von Metaphern zu Mechanismen. *Psychologische Rundschau*, 43, 83-101.
- Neumann, O. (1996). Theorien der Aufmerksamkeit. In O. Neumann & A. F. Sanders (Hrsg.), *Aufmerksamkeit* (Themenbereich C, Band 2, S. 559-643). Göttingen: Hogrefe.
- Newell, K. M. & Corcos, D. M. (1993). Issues in variability and motor control. In K. M. Newell & D. M. Corcos (Eds.), *Variability and motor control* (pp. 1-12). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Newell, K. M. & van Emmerik, R. E. A. (1989). The acquisition of coordination: Preliminary analysis of learning to write. *Human Movement Science*, 8, 17-32.
- Perkins-Ceccato, N., Passmore, S. R. & Lee, T. D. (2003). Effects of focus of attention depend on golfers' skill. *Journal of Sports Sciences*, 21, 593-600.
- Pijpers, J. R., Oudejans, R. R. D. & Bakker, F. C. (2005). Anxiety-induced changes in movement behaviour during the execution of a complex whole-body task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A, 421-445.
- Prinz, W. (1990). A common coding approach to perception and action. In O. Neumann & W. Prinz (Eds.), *Relations between perception and action: Current approaches* (pp. 167-201). Berlin: Springer.
- Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9, 129-154.
- Reiser, M. (2004). *Zur Ergebniskonstanz von Bewegungstechniken beim Zielwurf*. Berlin: dissertation.de.
- Reiser, M., Müller, H. & Daus, R. (1997a). Ausführungsvariabilität und Ergebniskonstanz bei Wurfbewegungen. In E. Loosch & M. Tamme (Hrsg.), *Motorik – Struktur und Funktion* (S. 92-96). Hamburg: Czwalina.
- Reiser, M., Müller, H. & Daus, R. (1997b). Zur Trefferleistung bei Zielwürfen – Faktoren und Anforderungen einer ergebniskonstanten Bewegungstechnik. In E.-H. Hossner & K. Roth (Hrsg.), *Sport Spiel Forschung* (S. 63-65). Hamburg: Czwalina.
- Rieger, M. (2004). Automatic keypress activation in skilled typing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30, 555-565.
- Saboonchi, F. & Lundh, L. (1997). Perfectionism, self-consciousness and anxiety. *Personality and Individual Differences*, 22, 921-928.
- Sahre, E. (1991). Wer behält die Nerven, wenn es drauf ankommt? *sportpsychologie*, 5(4), 11-15.

- Sarason, I. G. (1960). Empirical findings and theoretical problems in the use of anxiety scales. *Psychological Bulletin*, 57, 403-415.
- Schmader, T. & Johns, M. (2003). Converging evidence that stereotype threat reduces working memory capacity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 440-452.
- Schneider, W. & Fisk, A. D. (1983). Attention theory and mechanisms for skilled performance. In R. A. Magill (Ed.), *Memory and control of action* (pp. 119-143). Amsterdam: Elsevier.
- Schwarzer, R. (2000). *Streß, Angst und Handlungsregulation* (4. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Shah, D. A. & Madden, L. V. (2004). Nonparametric analysis of ordinal data in designed factorial experiments. *Phytopathology*, 94, 33-43.
- Sidaway, B., Heise, G. & Schoenfelder-Zohdi, B. (1995). Quantifying the variability of angle-angle-plots. *Journal of Human Movement Studies*, 29, 181-197.
- Simons, D. J. & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattentive blindness for dynamic events. *Perception*, 28, 1059-1074.
- Steenbergen, B., Marteniuk, R. G. & Kalbfleisch, L. E. (1995). Achieving coordination in prehension: Joint freezing and postural contributions. *Journal of Motor Behavior*, 27, 333-348.
- Stöber, J. & Schwarzer, R. (2000). Angst. In J. H. Otto, H. A. Euler & H. Mandl (Hrsg.), *Emotionspsychologie* (S. 189-198). Weinheim: Beltz.
- Stock, A. & Stock, C. (2004). A short history of ideo-motor action. *Psychological Research*, 68, 176-188.
- Strauß, B. (1997). Choking under pressure: Positive öffentliche Erwartungen und Leistungen in einer motorischen Aufgabe. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 44, 636-655.
- Strauß, B. (1999). Wenn Fans ihre Mannschaft zur Niederlage klatschen: Zuschauer und sportliche Leistungen. *Sportwissenschaft*, 29, 393-411.
- Strauß, B. (2002). Social facilitation in motor tasks: A review of research theory. *Psychology of Sport and Exercise*, 3, 237-256.
- Temprado, J., Della-Graza, M., Farrell, M. & Laurent, M. (1997). A novice-expert comparison of (intra-limb) coordination subserving the volleyball serve. *Human Movement Science*, 16, 653-676.
- Triplett, N. (1898). The dynamogenic factors in pacemaking and competition. *American Journal of Psychology*, 9, 507-533.
- Trommershäuser, J., Gepshtein, S., Maloney, L. T., Landy, M. S. & Banks, M. S. (2005). Optimal compensation for changes in task-relevant movement variability. *The Journal of Neuroscience*, 25, 7169-7178.
- Trommershäuser, J., Maloney, L. T. & Landy, M. S. (2003). Statistical decision theory and the selection of rapid, goal-directed movements. *Journal of the Optical Society of America A*, 20, 1419-1433.
- van Den Heuvel, C. E., van Galen, G. P., Teulings, H.-L. & van Gemmert, A. W. A. (1998). Axial pen force increases with processing demands in handwriting. *Acta Psychologica*, 100, 145-159.

- van der Heijden, A. H. C. (1990). Visual information processing and selection. In O. Neumann & W. Prinz (Eds.), *Relationships between perception and action: Current approaches* (pp. 203-223). Berlin: Springer.
- van Galen, G. P. & De Jong, W. P. (1995). Fitts' law as the outcome of a dynamic noise filtering model of motor control. *Human Movement Science, 14*, 539-571.
- van Galen, G. P., Hendriks, A. W. & De Jong, W. P. (1996). What behavioral benefit does stiffness control have? An elaboration of Smith's proposal. *Behavioral and Brain Sciences, 19*, 478-479.
- van Galen, G. P., Müller, M. L. T. M., Meulenbroek, R. G. J. & van Gemmert, A. W. A. (2002). Forearm EMG response activity during motor performance in individuals prone to increased stress reactivity. *American Journal of Industrial Medicine, 41*, 406-419.
- van Galen, G. P. & Schomaker, L. R. B. (1992). Fitts' law as a low-pass filter effect of muscle stiffness. *Human Movement Science, 11*, 11-21.
- van Galen, G. P., van Doorn, R. R. A. & Schomaker, L. R. B. (1990). Effects of motor programming on the power spectral density function of finger and wrist movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16*, 755-765.
- van Galen, G. P. & van Huygevoort, M. (2000). Error, stress and the role of neuromotor noise in space oriented behaviour. *Biological Psychology, 51*, 151-171.
- van Gemmert, A. W. A. & van Galen, G. P. (1997). Stress, neuromotor noise and human performance: A theoretical perspective. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 23*, 1299-1313.
- van Gemmert, A. W. A. & van Galen, G. P. (1998). Auditory stress effects on preparation and execution of graphical aiming: A test of the neuromotor noise concept. *Acta Psychologica, 98*, 81-101.
- Vance, J., Wulf, G., Töllner, T., McNevin, N. & Mercer, J. (2004). EMG activity as a function of the performer's focus of attention. *Journal of Motor Behavior, 36*, 450-459.
- Vereijken, B., van Emmerik, R. E. A., Bongaardt, R., Beek, W. J. & Newell, K. M. (1997). Changing coordinative structures in complex skill acquisition. *Human Movement Science, 16*, 823-844.
- 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.
- Wang, J., Marchant, D., Morris, T. & Gibbs, P. (2004). Self-consciousness and trait anxiety as predictors of choking in sport. *Journal of Science and Medicine in Sport, 7*, 174-185.
- Weinberg, R. S. (1978). The effects of success and failure on the pattern of neuromuscular energy. *Journal of Motor Behavior, 10*, 53-61.
- Weinberg, R. S. & Hunt, V. V. (1976). The interrelationships between anxiety, motor performance and electromyography. *Journal of Motor Behavior, 8*, 219-224.
- Wilhelm, A. & Büsch, D. (2006). Das Motorische Selbstwirksamkeits-Inventar (MOSI). *Zeitschrift für Sportpsychologie, 13*, 89-97.

- Wine, J. (1971). Test anxiety and direction of attention. *Psychological Bulletin*, 76, 92-104.
- Winter, D. A. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement* (2 ed.). New York: Wiley.
- Winter, D. A. (2005). *Biomechanics and motor control of human movement* (3 ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Woodman, T. & Hardy, L. (2001). Stress and anxiety. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas & C. M. Janelle (Eds.), *Handbook of sport psychology* (2 ed., pp. 290-318). New York: Wiley.
- Woodworth, R. S. (1899). The accuracy of voluntary movements. *Psychological Review Monograph*, 3(3), 1-114.
- Wulf, G. (2007). Attentional focus and learning: A review of 10 years of research, *E-Journal Bewegung und Training*. Zugriff am 15.02.2007 unter http://web.visu.uni-saarland.de/Doks/Wulf_target_article_2007.pdf.
- Wulf, G., Höß, M. & Prinz, W. (1998). Instructions for motor learning: Differential effects of internal versus external focus of attention. *Journal of Motor Behavior*, 30, 169-179.
- Wulf, G., Lauterbach, B. & Toole, T. (1999). Learning advantages of an external focus of attention in golf. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70, 120-126.
- Wulf, G., McConnel, N., Gärtner, M. & Schwarz, A. (2002). Enhancing the learning of sport skills through external-focus feedback. *Journal of Motor Behavior*, 34, 171-182.
- Wulf, G. & McNevin, M. H. (2003). Simply distracting learners is not enough: More evidence for the learning benefits. *European Journal of Sport Science*, 3(5), 1-13.
- Wulf, G., McNevin, N. & Shea, C. H. (2001a). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attention focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 1143-1154.
- Wulf, G. & Prinz, W. (2001). Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 648-660.
- Wulf, G., Shea, C. & Park, J.-H. (2001b). Attention and motor performance: Preferences for and advantages of an external focus. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, 335-344.
- Yerkes, R. M. & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459-482.
- Zachry, T., Wulf, G., Mercer, J. & Bezodis, N. (2005). Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain Research Bulletin*, 67, 304-309.
- Zaichkowsky, L. D. & Baltzell, A. (2001). Arousal and performance. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas & C. M. Janelle (Eds.), *Handbook of sport psychology* (2 ed., pp. 319-339). New York: Wiley.
- Zentgraf, K. (2006). *Attentional foci in modeling: Experimental studies in motor learning of sports skills*. Berlin: dissertation.de.

Anhang A – Fehleranalyse bei der Erfassung der kinematischen Daten

Die Messung physikalischer Größen ist immer mit Messfehlern behaftet. Um die Messergebnisse sinnvoll interpretieren zu können, muss der Messfehler bekannt sein (Baumann & Preiß, 1996; Haggard & Wing, 1990). Bei der videometrischen Bestimmung kinematischer Daten wird eine indirekte Messung anhand der optischen Abbildung des Objektes im Videobild vorgenommen. Messungenauigkeiten entstehen hierbei insbesondere durch das begrenzte räumliche und zeitliche Auflösungsvermögen der Aufnahmen, bei der erforderlichen Kalibrierung des Objektraumes und der Erfassung der Bildkoordinaten in den Aufnahmen (vgl. Baumann & Preiß, 1996).

Erfassung der Bewegungsausführung

Die in Untersuchung I vorgenommenen Betrachtungen der Bewegungsausführung beruhen auf den 2D-Gelenkwinkelverläufen in der Wurfebene. Für deren Bestimmung werden die Bewegungen reflektierender Marker genutzt, die an den Gelenkpunkten angebracht sind und deren Erfassung erleichtern (vgl. Abbildung 11, S. 68). Die Reduzierung der Betrachtungen auf den zweidimensionalen Fall erscheint bei der zeitaufwändigen videometrischen Analyse angemessen, da die Freiwurfbewegung fast ausschließlich in der Werfer-Korb-Ebene ausgeführt wird. Bei der Erfassung von Winkelverläufen anhand von Gelenkmarkern muss einschränkend angemerkt werden, dass Abweichungen der Winkeldaten von den realen Winkeln zwischen den Segmenten zu erwarten sind. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die an den Gelenken angebrachten Marker nicht immer die sich im Bewegungsverlauf verschiebenden Drehachsen der Gelenke repräsentieren. Diese Analysen sind damit nicht geeignet, um eine exakte biomechanische Erfassung der absoluten Gelenkwinkelverläufe vorzunehmen. Das Vorgehen ist jedoch angemessen, um – wie in der vorliegenden Arbeit – Veränderungen der Ausführung zwischen verschiedenen Bedingungen zu beschreiben.

Unter dem Messfehlergesichtspunkt sind Winkeldaten sowohl mit Vor- als auch mit Nachteilen verbunden. Zur Berechnung eines Gelenkwinkels werden die zuvor gefilterten Daten von drei Gelenkpunkten genutzt, sodass eine Akkumulierung der Messfehler zu erwarten ist. Winkeldaten haben aber den Vorteil, dass die Bestimmung unabhängig vom jeweiligen Standpunkt der Spielerinnen an der Freiwurflinie ist. Dies ist insbesondere bei 2D-Aufnahmen bedeutsam, da die Abstandsverhältnisse der einzelnen Marker

und damit die Gelenkwinkel auch bei Abweichungen aus der kalibrierten Aufnahmeebene erhalten bleiben.

Das räumliche Auflösungsvermögen ergibt sich bei digitalen Aufnahmen aus der Größe des erfassten Objektraums und den dafür zur Verfügung stehenden Bildpunkten im digitalen Videobild. Im vorliegenden Fall wurde in der Wurfebene ein Bereich von 300 cm Höhe und 230 cm Breite erfasst, wofür 654 x 490 Bildpunkte zur Verfügung standen. Damit entspricht ein Pixel einem Aufnahmebereich in der Objektebene von 0,47 x 0,47 cm. Das zeitliche Auflösungsvermögen hängt ab vom zeitlichen Abstand aufeinander folgender Belichtungen und der wirksamen Belichtungsdauer. Baumann und Preiß (1996) empfehlen als minimale Bildfrequenz bei freien Willkürbewegungen 50 Bilder pro Sekunde. Die verwendete Aufnahmefrequenz von 100 Bildern pro Sekunde wird daher als ausreichend erachtet, insbesondere deshalb, weil aus den raum-zeitlichen Daten keine Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte berechnet werden. Die verwendete Belichtungszeit von einer Millisekunde gewährleistet bei den beim Freiwurf auftretenden Bewegungsgeschwindigkeiten sehr geringe Bewegungsunschärfen.

Für die Abschätzung der bei der Bestimmung der Bildkoordinaten auftretenden Messfehler werden wiederholte Erfassungen der Daten vorgenommen. Dazu wurden acht zufällig ausgewählte Versuche von den vier an der Auswertung beteiligten Personen jeweils zweimal erfasst. Diese Rohdaten wurden den weiteren Berechnungen (Filterung, Datenauswahl, Winkelberechnung) unterzogen und die minimale und maximale Winkelstellung für die fünf Winkelverläufe (Knie-, Hüft-, Schulter-, Ellbogen- und Handgelenk) ermittelt. Damit stehen insgesamt 640 Messungen (8 Versuche x 5 Winkelverläufe x 2 Winkelstellungen x 4 Auswerter x 2 Auswertungsdurchgänge) zur Verfügung. Für jede Messung wird die absolute und prozentuale Differenz zum Mittelwert der acht zugehörigen Messungen (4 Auswerter x 2 Auswertungsdurchgänge) und daraus der mittlere absolute und prozentuale Fehler bestimmt. Dabei ergibt sich eine mittlere Abweichung von 0.77° ($SD = 1.26^\circ$), was einer mittleren prozentualen Abweichung von 0.54% ($SD = 0.82\%$) entspricht.

Erfassung des Ballflugs

Die Erfassung des Ballfluges im Raum gestaltet sich deutlich schwieriger, als zuvor für die Bewegungsausführung beschrieben. Zur Berechnung der Flugkurve des Ballmittelpunktes ist es erforderlich, in den Videobildern der beiden Kameras den Ballmittelpunkt zu bestimmen, wofür keine Marker am Ball genutzt werden können. Für die Bestim-

mung des Ballfluges beim Freiwurf ist die Erfassung eines Aufnahmevolumentens von 4.5 m Länge, 2 m Breite und 2.5 m Höhe (2 – 4.5 m über dem Boden) erforderlich. Dieses vergleichsweise große Aufnahmevolument geht zu Lasten des räumlichen Auflösungsvermögens und es entsteht insbesondere die Schwierigkeit, den Objektraum angemessen zu kalibrieren. Eine Erhöhung der Messgenauigkeit kann bei der Erfassung des Ballfluges jedoch durch Mehrfachmessungen erreicht werden. Für die Berechnung des Ballfluges im Raum sind aufgrund der bekannten physikalischen Zusammenhänge lediglich drei Messpunkte erforderlich. Wenn wie im vorliegenden Fall mehr Messwerte zur Verfügung stehen (10 in Untersuchung I, im Mittel 18.2 in Untersuchung II), dann können diese genutzt werden, um durch Regressionsberechnungen die Flugkurve zu bestimmen, die diese am besten repräsentiert (vgl. auch Abschnitt 5.3.6).

Bei der Bestimmung des räumlichen Auflösungsvermögens bei der dreidimensionalen Erfassung des Ballfluges sind beide Kameras zu berücksichtigen. Im ungünstigsten Fall (seitliche Perspektive) wird im Objektraum ein Bereich von 540 cm Breite und 365 cm Höhe durch 720 x 576 Bildpunkte erfasst, sodass sich eine Pixelgröße von 0,75 x 0,63 cm ergibt.

Für die Kalibrierung der Kameras sind bei dreidimensionalen Aufnahmen mindestens sechs Messpunkte erforderlich. Zur Erhöhung der Genauigkeit empfiehlt es sich jedoch – insbesondere bei großen Aufnahmevolumentens – mehr Messpunkte zu verwenden (Baumann & Preiß, 1996). Im vorliegenden Fall wurde ein Kalibrierungssystem mit 24 Messpunkten genutzt. Dazu wurden an einem fahrbaren Gerüst Seile mit Messpunkten angebracht (Abbildung 29), was eine gute Vermessung der Messpunktkoordinaten erlaubt. Zur Überprüfung der vorgenommenen Kalibrierungen wird bei den beiden Aufbauten in Untersuchung I jeweils zehnmal die Höhe und Breite des Rechtecks hinter dem Korb erfasst, die auf 45 und 59 cm festgelegt sind. Hierbei ergibt sich eine Höhe von 45.72 cm ($SD = 0.24$ cm) bzw. 45.02 cm ($SD = 0.18$ cm) und eine Breite von 61.02 cm ($SD = 0.46$ cm) bzw. 60.37 cm ($SD = 0.48$ cm).



Abbildung 29: Kalibrierungssystem mit 24 Messpunkten zur Erfassung des Ballfluges beim Freiwurf.

Die Schätzung der Messgenauigkeit erfolgt anhand der Streuung der Flugkurven beim Durchschneiden der Ringebene bei wiederholten Messungen. Dazu wurden die Bildkoordinaten des Ballfluges bei zehn zufällig ausgewählten Versuchen von jeweils vier Personen zweimal erfasst. Anschließend erfolgte die Bestimmung der Koeffizienten der Wurfparabeln (x - z -Ebene) sowie der seitlichen Abweichungsgeraden (x - y -Ebene) durch quadratische bzw. lineare Regressionsberechnungen. Diese wurden genutzt, um zu berechnen, wo die Flugkurven des Ballmittelpunktes die Ringebene schneiden. Für die jeweils acht Messungen jedes Versuches (4 Auswerter \times 2 Auswertungsdurchgänge) erfolgte die Berechnung des mittleren Schnittpunktes und die Abweichungen der einzelnen Messungen zu diesem. Aus diesen Abweichungen wurde der mittlere Fehler für die 80 Messungen bestimmen. Hierbei ergibt sich eine mittlere Abweichung von $M = 1.57$ cm ($SD = 0.87$ cm).

Anhang B – Erfassung der Ergebnisvariabilität beim Freiwurf

Zur Ermittlung aufgabendienlicher Kovariation ist ein Maß zur Bestimmung der Ergebnisvariabilität erforderlich, das die Ausführungsleistung möglichst gut beschreibt. Dabei ist beim Freiwurf zu berücksichtigen, dass das Erreichen einer Serie ohne Fehlwürfe möglich ist, ohne dass die Ergebnisvariabilität Null sein muss. Um beim Freiwurf gute Leistungen zu erzielen ist es für Werfer sinnvoll, auf den Punkt zu zielen, der bei einer vorhandenen Streuung zur höchsten Trefferwahrscheinlichkeit führt. Der minimale Abstand im Raum von diesem optimalen Punkt würde sich gut für die Bestimmung der Ergebnisvariabilität eignen. Zunächst könnte man annehmen, dass der Ringmittelpunkt beim Freiwurf diesen optimalen Punkt darstellt. Dass dies nicht der Fall ist, wird deutlich, wenn man berücksichtigt, dass etwas kürzere Würfe vom vorderen Rand des Ringes meist zurück zum Werfer oder nach oben abgelenkt werden und zu Fehlwürfen führen, dagegen erfolgreiche Würfe häufig vom hinteren Rand in den Korb abprallen. Entsprechend wird in Abbildung 30 deutlich, dass geübte Spielerinnen Freiwürfe so gestalten, dass Flugkurven die Ringebene hinter dem Ringmittelpunkt durchschneiden. Dort sind die mittleren Eintrittspunkte der Flugkurven des Ballmittelpunktes in die Ringebene für die Baseline-Serie der 30 Spielerinnen in Untersuchung I dargestellt.

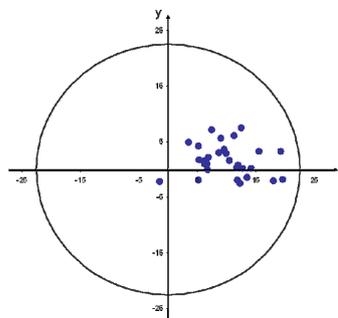


Abbildung 30: Mittlere Eintrittspunkte der Flugkurven in die Ringebene für die Baseline-Serie der 30 Spielerinnen in Untersuchung I. Der Kreis beschreibt den Ring, die x-Richtung stellt die Wurfrichtung dar.

Welcher Eintrittspunkt der Flugkurve in die Ringebene optimalerweise anvisiert werden sollte, ist von der Gestaltung der Flugkurve (Eintrittswinkel, Geschwindigkeit, Rotation) und der individuellen Streuung des Werfers abhängig. Die Berechnung des individuell optimalen Punktes ist beim Freiwurf aufgrund des komplexen Verhaltens des Balles bei der Berührung des Ringes äußerst schwierig. Es ist jedoch anzunehmen, dass hochgradig geübte Spielerinnen über ein implizites Wissen über diesen Punkt verfügen und diesen anvisieren. Es liegen eine Reihe von Untersuchungen vor, die zeigen, dass bei der Planung von Zielbewegungen sowohl die Aufgabencharakteristik als auch die

individuell vorhandene Streuung im Ergebnis berücksichtigt werden (z. B. Trommershäuser, Maloney & Landy, 2003, 2005). Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, die Ergebnisvariabilität anhand der Streuung der Flugkurven um den mittleren Eintrittspunkt zu nutzen. Hierfür kann der bivariate variable Fehler (BVE, Gleichung (5)) genutzt werden (Hancock et al., 1995). Dabei bezeichnet (x_i, y_i) die Koordinaten des Eintrittspunktes der i-ten Flugkurve und (\bar{x}, \bar{y}) die des mittleren Eintrittspunktes in einer Serie von k Wüfen.

$$BVE = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2} \quad (5)$$

In Abschnitt 4.2 wurde bereits erwähnt, dass der für den Ball zur Verfügung stehende Eintrittsbereich in den Ring bei einem Eintrittswinkel von $\alpha_e < 90^\circ$ nicht kreisförmig ist. In Abbildung 31 ist beispielhaft der Eintrittsbereich der Flugkurven in den Ring für einen Eintrittswinkel von 40° dargestellt, der zu einem direkten Treffer führt. Dabei wird deutlich, dass Abweichungen in Flugrichtung kritischer sind als seitliche Abweichungen.

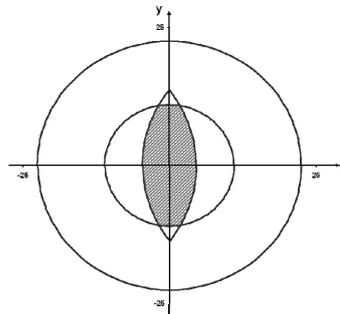


Abbildung 31: Hervorgehoben ist der Eintrittsbereich für Flugkurven des Ballmittelpunktes in die Ringebene, bei dem ein Wurf mit einem Eintrittswinkel von 40° zu einem Treffer ohne Ringberührung führt. Der äußere Kreis beschreibt den Ring, der innere Kreis hat den Radius Korbradius minus Ballradius.

Aus diesem Grund wird bei der Berechnung des BVE eine stärkere Gewichtung der Abweichungen in Wurfrichtung eingeführt. Die in Wurfrichtung maximale Ausdehnung des Ringes ergibt sich als Produkt des Korbdurchmessers und dem Sinus des Eintrittswinkels α_e des Balles in den Korb. Deshalb erfolgt eine stärkere Gewichtung der Abweichungen in x-Richtung mit dem Faktor $1/\sin\alpha_e$, wobei an dieser Stelle für α_e der mittlere Eintrittswinkel einer Serie genutzt wird. Damit wird den individuellen Wurftechniken der Spielerinnen Rechnung getragen, bei denen sich unterschiedliche Eintrittswinkel in die Ringebene ergeben. Beispielsweise liegen die mittleren Eintrittswin-

kel bei den Wurfserien der 30 Spielerinnen in Untersuchung I zwischen 37° und 51° ($M = 45.5^\circ$, $SD = 3.1^\circ$). Aus den dargestellten Gründen wird zur Bestimmung der Ergebnisvariabilität die in Gleichung (4) (vgl. Abschnitt 5.3.7) dargestellte basketballspezifische Berechnung des bivariaten variablen Fehlers (BVE_{BB}) genutzt. Auch Reiser, Müller und Daus (1997a) nutzen eine stärkere Gewichtung der Abweichungen in Wurfrichtung, allerdings konstant für einen Eintrittswinkel von 45° .

$$BVE_{BB} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sin \alpha_e} \right)^2 + (y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

Die Berechnung des bivariaten variablen Fehlers entspricht der der Standardabweichung vom mittleren Eintrittspunkt. Da der BVE hier als deskriptives Ausführungsmaß genutzt wird (vgl. Hancock et al., 1995), erfolgt keine Korrektur der Freiheitsgrade. Dies ist dann angezeigt, wenn die Standardabweichung einer Stichprobe zur Schätzung des Populationsparameters genutzt wird, da die Standardabweichung einer Stichprobe den Populationsparameters nicht erwartungstreu schätzt (vgl. Bortz, 2005, S. 96).

Bei der Bestimmung der Abstände zu einem mittleren bzw. optimalen Punkt oder auch zu einem Trefferbereich ist stets die Frage zu stellen, ob hierfür der kürzeste Abstand der Flugkurve im Raum oder wie hier in der Ebene verwendet werden sollte. Die Bestimmung im Raum führt zu etwas geringeren Abständen und beschreibt gut die minimal erforderliche Veränderung der Flugkurve. Die hier vorgenommene Betrachtung in der Ebene berücksichtigt stärker die aufgabenspezifische Bedeutung der Abweichungen. Es ist nicht zu erwarten, dass die beiden Varianten zu grundsätzlich anderen Ergebnissen führen. Trotzdem besteht eine sinnvolle Erweiterung in künftigen Studien die Entwicklung und Validierung eines freiwurfspezifischen Maßes zur Bestimmung der Ergebnisvariabilität, das die leistungsrelevanten Abweichungen noch besser beschreibt. Ein Ansatz besteht darin, den minimalen Abstand der Flugkurven zu dem in Abbildung 31 dargestellten Bereich zu nutzen, der zu einem direkten Treffer führt, sodass unkritische Abweichungen unberücksichtigt bleiben. Weiterhin ist denkbar, durch eine weitere Modellierung der Aufgabe eine Wahrscheinlichkeitsfunktion zu bestimmen, die beschreibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine beliebige Flugkurve zu einem Treffer führt. Hamilton und Reinschmidt (1997) schlagen eine solche Modellierung vor, allerdings lediglich für den zweidimensionalen Fall und ohne die Modellierung durch reale Daten zu validieren.

Anhang C – Genauigkeit des Permutationsverfahrens

Wie bereits in Abschnitt 5.3.7 beschrieben, erfordert die exakte Bestimmung der kovariationsbereinigten Ausführungsvariabilität $ErwEV$ die Anwendung des Permutationsverfahrens auf alle möglichen Kombinationen von Ausführungsgrößen. In den durchgeführten Basketballstudien wurden unter den jeweiligen Treatmentbedingungen $n = 20$ Würfe ausgeführt und die Flugbahn im Raum (5 Ausführungsgrößen) bestimmt, sodass für eine exakte Bestimmung $20^5 = 3.200.000$ Berechnungen erforderlich sind. Aufgrund des hohen Rechenaufwandes wird eine Schätzung des Mittelwertes aller möglichen Kombinationen genutzt. Der Mittelwert einer zufälligen Auswahl von k Permutationen stellt hierfür eine erwartungstreue Schätzung dar (Müller, 2001, S. 144f.).

Im Folgenden bleibt zu klären, wie häufig das Permutationsverfahren im vorliegenden Fall anzuwenden ist, um eine hinreichende Genauigkeit der Schätzung der Ergebnisvariabilität aller möglichen Kombinationen zu erzielen. In Tabelle 5 ist die mittlere Ergebnisvariabilität und der Standardfehler bei deren Bestimmung für unterschiedlich viele Anwendungen des Permutationsverfahrens aufgeführt. Dafür wurde ein Datensatz von 20 Würfeln aus Untersuchung I verwendet und zur Beschreibung der Ergebnisvariabilität der BVE_{BB} genutzt.

Der Standardfehler bei der Bestimmung von $ErwEV$ liegt bei 5000 Wiederholungen des Verfahrens unter einem Millimeter, sodass hierdurch von einer sehr genauen Schätzung von $ErwEV$ ausgegangen werden kann.

Tabelle 5: Genauigkeit der Schätzung der kovariationsbereinigten Ergebnisvariabilität $ErwEV$ bei zunehmender Häufigkeit der Durchführung des Permutationsverfahrens.

Anzahl von Permutationen	$ErwEV$	Standardfehler
50	45.27 cm	0.76 cm
100	45.33 cm	0.53 cm
500	45.02 cm	0.25 cm
1000	45.39 cm	0.17 cm
2500	45.53 cm	0.11 cm
5000	45.54 cm	0.08 cm

Anhang D – Erläuterungen zu den verwendeten nicht-parametrischen Analyseverfahren

Zur statistischen Prüfung der Ergebnisse bei mehrfaktoriellen Versuchsanlagen und zur Prüfung von Interaktionseffekten werden in der Regel Varianzanalysen genutzt, die zu den so genannten parametrischen Verfahren zählen. Dabei wird angenommen, dass das betrachtete Merkmal in der Grundgesamtheit einer bestimmten Verteilung (in der Regel Normalverteilung) folgt. Anhand der Beobachtung des Merkmals in der gewählten Stichprobe wird eine Schätzung der Parameter der Verteilung des Merkmals in der Grundgesamtheit vorgenommen. Die Anwendung parametrischer Verfahren ist dann problematisch, wenn das betrachtete Merkmal nicht den Verteilungsannahmen entspricht. So besteht eine Voraussetzung für die Anwendung von Varianzanalysen darin, dass sich die Verteilungsform in jeder Treatmentstufe nicht signifikant von einer Normalverteilung unterscheiden darf (Bortz, 2005). Varianzanalysen reagieren zwar relativ robust gegenüber Verletzungen ihrer Voraussetzungen. Allerdings wird bei kleinen Stichproben ($n_i < 10$) bei Verletzungen der Voraussetzungen die Verwendung nicht-parametrischer Verfahren empfohlen (Bortz, 2005, S. 287). Die Nutzung von Varianzanalysen ist auch dann problematisch, wenn – wie bei Rating-Skalen – bei den zugrunde liegenden Daten kein Intervallskalenniveau sichergestellt werden kann. Die mathematischen Voraussetzungen der Verfahren enthalten zwar keine Vorgaben über die Skaleneigenschaften der vorliegenden Daten und die statistischen Entscheidungen bleiben bei Rating-Skalen weitestgehend unbeeinflusst von der Skalenqualität (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 182). Aus messtheoretischen Überlegungen ist die Interpretation von Mittelwerten und Mittelwertdifferenzen jedoch nur bei metrischen Daten sinnvoll möglich (vgl. die Diskussion bei Bortz & Döring, 2006, S. 181f.).

In den Fällen, in denen die Anwendung parametrischer Verfahren nicht gerechtfertigt erscheinen, ist die Nutzung nicht-parametrischer Verfahren erforderlich, die weniger restriktiven Voraussetzungen unterliegen und auch für ordinale Daten anwendbar sind. In den letzten Jahren erfolgten eine Reihe von Erweiterungen und Verallgemeinerungen nicht-parametrischer Modelle, sodass inzwischen entsprechende Verfahren auch für mehrfaktorielle Versuchsanlagen mit und ohne Messwiederholung zur Verfügung stehen. Einen guten Überblick über die vorliegenden nicht-parametrischen Verfahren bei faktoriellen Versuchsanlagen liefern Brunner und Puri (2001), sowie aus anwendungsorientierter Sicht Shah und Madden (2004). Detaillierte Darstellungen der Model-

le und Verfahren sind bei Brunner und Munzel (2002) für unabhängige Stichproben und bei Brunner und Langer (1999) sowie Brunner, Demhof und Langer (2002) für abhängige Stichproben zu finden.

Im Folgenden werden kurz die Grundüberlegungen des nicht-parametrischen Marginalmodells dargestellt, auf dem die in Kapitel 5 und 6 verwendeten nicht-parametrischen Verfahren basieren. Die Grundidee des Modells besteht darin, lediglich die Abhängigkeitsstrukturen festzulegen und damit zu bestimmen, welche beobachteten Merkmale unabhängig sind und welche Randverteilungen identisch sein müssen. Auf eine Parametrisierung der Verteilung oder einer Modellierung der Zufallsgrößen wird dabei vollständig verzichtet. Die Fragestellungen werden dann anhand von Messgrößen untersucht, die sich aus den beobachteten Randverteilungen (engl. *marginal distribution*) herleiten. Zur Beschreibung von Effekten werden im nicht-parametrischen Marginalmodell die gesamten Randverteilungen genutzt. Der so genannte relative Marginaleffekt beschreibt die Tendenz einer Randverteilung in Bezug auf die Mischverteilung. Diese relativen Marginaleffekte können zur Formulierung von Hypothesen genutzt werden. Es erfolgt eine Schätzung der relativen Marginaleffekte anhand der ermittelten Verteilungsfunktionen, wobei hierzu lediglich die Ranginformationen der beobachteten Daten genutzt werden. Damit sind die Verfahren auch für kategoriale Daten geeignet und relativ robust gegenüber Ausreißern.

Als Teststatistik wird – insbesondere bei kleinen und mittleren Stichprobengrößen – die „Statistik vom ANOVA-Typ“ empfohlen. Durch die Bezeichnung wird deutlich, dass ganz ähnliche Teststatistiken genutzt werden, wie bei der parametrischen Varianzanalyse (ANOVA). Bei gleichen Stichprobengrößen und unter der Annahme gleicher Varianzen haben beide Teststatistiken die gleiche Form (Brunner & Langer, 1999, S. 58). Bei der Teststatistik vom ANOVA-Typ erfolgt eine Approximation der asymptotischen Verteilung durch eine F-Verteilung der Form $F_{df1, \infty}$, sodass bei der Angabe der statistischen Kennwerte – analog zum parametrischen Fall – auch hier F-Werte angegeben werden.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Frage nach der Verwendung parametrischer vs. nicht-parametrischer Verfahren vielfach diskutiert wird und sehr unterschiedliche Auffassungen hierzu vertreten werden (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 181f.; Shah & Madden, 2004). Teilweise wird argumentiert, dass die restriktiven Voraussetzungen der parametrischen Verfahren nur schwer erfüllt werden können und deren Anwendung

damit in den meisten Fällen nicht gerechtfertigt ist. Umgekehrt verweisen Vertreter der parametrischen Verfahren darauf, dass Varianzanalysen relativ robust gegenüber der Verletzung ihrer Voraussetzungen reagieren. Zudem lässt sich festhalten, dass die Modellbildung im Bereich der parametrischen Verfahren weiter fortgeschritten ist (vgl. auch Brunner & Langer, 1999, S. 170). Allerdings weisen die nicht-parametrischen Verfahren einige Vorteile auf, die deren Anwendung in der vorliegenden Arbeit nahe legen. So werden keine Verteilungsannahmen gemacht, die insbesondere bei kleinen Stichprobengrößen wie in Untersuchung I schwierig einzuhalten sind. Weiterhin sind die Verfahren sinnvoll anwendbar auf ordinale Daten und relativ robust gegenüber Ausreißern, da lediglich die Ranginformationen der beobachteten Daten für die Schätzung der relativen Marginaleffekte genutzt werden.

Bei der Diskussion um die Verwendung parametrischer vs. nicht-parametrischer Verfahren sei aber auch angemerkt, dass die beiden Vorgehensweisen bei der praktischen Anwendung häufig nicht zu grundsätzlich unterschiedlichen Entscheidungen führen. An anderer Stelle (Maurer, 2006) wurden zentrale Ergebnisse der vorliegenden Arbeit auch unter Verwendung parametrischer Verfahren dargestellt.

Anhang E – Fragebogen zur Aufmerksamkeit in Freiwurfsituationen

Welcher Aspekt der Freiwurfbewegung (z. B. Streckung des Armes, Abklappen des Handgelenks, ...) ist für Dich am wichtigsten?

Konzentriere Dich während der folgenden Würfe genau auf diesen Aspekt. Im Anschluss sollst Du angeben, wie gut Dir das gelungen ist.

In der letzten Wurfserie ist es mir

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sehr gut	gut	weniger gut	nicht

gelingen, mich auf den oben angegebenen Bewegungsaspekt zu konzentrieren.

Die Konzentration auf den angegebenen Bewegungsaspekt war für mich ungewohnt und hat mich bei der Ausführung eher behindert.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ja	etwas	nein

Hast Du Dich in der Serie vor den letzten 20 auf etwas anderes konzentriert? Wenn ja, worauf?

In folgenden Situationen lenke ich meine Aufmerksamkeit auf die Ausführung der Bewegung (z. B. das Abklappen des Handgelenks)

- Immer
- Wenn ich im Training an meiner Technik arbeite
- Wenn ich im Spiel einen sicheren Wurf machen möchte
- Nie
- _____
- _____

Anhang F – Fragebogen zur Aufmerksamkeit in Freiwurfsituationen

Beim Freiwurf konzentriert man sich oft auf das Ziel der Bewegung (z. B. den Ballflug oder den Korb). Auf welchen dieser Aspekte konzentrierst Du Dich bei der Ausführung normalerweise?

Konzentriere Dich während der folgenden Würfe genau auf diesen Aspekt. Im Anschluss sollst Du angeben, wie gut Dir das gelungen ist.

In der letzten Wurfserie ist es mir

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sehr gut	gut	weniger gut	nicht

gelingen, mich auf den oben angegebenen Aspekt zu konzentrieren.

Die Konzentration auf das Bewegungsziel war für mich ungewohnt und hat mich bei der Ausführung eher behindert.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ja	etwas	nein

Hast Du Dich in der Serie vor den letzten 20 auf etwas anderes konzentriert? Wenn ja, worauf?

Gibt es Situationen, in denen Du Dich speziell auf das Bewegungsziel (den Korb, den Ballflug, ...) konzentrierst?

Gibt es Situationen, in denen Du Dich speziell auf die Ausführung der Bewegung (z. B. Streckung des Armes, Abklappen des Handgelenks, ...) konzentrierst?

Anhang G – Fragebogen zur Aufmerksamkeit in Freiwurfsituationen⁵

Beim Freiwurf konzentriert man sich oft auf die Ausführung der Bewegung (z. B. das Abklappen des Handgelenks). Gib bitte an, auf welchen der folgenden Bewegungsaspekte Du Dich am liebsten (1) und auf welchen Aspekt Du Dich nie oder nur sehr selten (2) konzentrierst.

Bitte jeweils nur einen Bewegungsaspekt angeben. Wenn nötig kannst Du die Liste erweitern.

	Streckung des Armes
	Abklappen des Handgelenks
	Streckung der Beine
	Zusammenwirken der Arme und Beine
	Auf eine flüssige Streckbewegung
	Ellbogen befindet sich unter dem Ball
	Abdruck des Balles von der Hand

Beim Freiwurf konzentriert man sich auch oft auf das Ziel der Bewegung (z. B. den Korb). Gib bitte auch hier an, auf welchen der folgenden Aspekte Du Dich am liebsten (3) und auf welchen Aspekt Du Dich nie oder nur sehr selten (4) konzentrierst.

Auch hier bitte jeweils nur einen Bewegungsaspekt angeben und ggf. die Liste erweitern.

	Korb
	Vorderer Rand des Korbs
	Mitte des Korbs
	Ball fliegt durch den Korb
	Flugkurve des Balles
	Höchster Punkt der Flugkurve
	Rechteck am Korb

⁵ Die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten wurden aus den Angaben in Untersuchung I ermittelt. Dort wurden die Spielerinnen befragt, auf welche Bewegungsaspekte bzw. Ziele der Bewegungsausführung sie ihre Aufmerksamkeit bevorzugt lenken.

In den folgenden Wurfserien sollst Du Dich *während der Ausführung der Würfe* jeweils genau auf einen der oben angegebenen Aspekte konzentrieren. Im Anschluss sollst Du angeben, wie gut Dir das gelungen ist und ob Dich das behindert hat.⁶

Konzentriere Dich während der folgenden Würfe genau auf den von Dir angegebenen *Aspekt 1*.

Kreuze nun bitte auf der folgenden Skala an, wie gut es Dir gelungen ist, Dich während der Würfe auf den angegebenen Aspekt zu konzentrieren.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sehr gut									gar nicht

Gib nun bitte noch an, ob Dich dies bei der Ausführung behindert hat.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
gar nicht									sehr

Konzentriere Dich während der folgenden Würfe genau auf den von Dir angegebenen *Aspekt 2*.

Kreuze nun bitte auf der folgenden Skala an, wie gut es Dir gelungen ist, Dich während der Würfe auf den angegebenen Aspekt zu konzentrieren.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sehr gut									gar nicht

Gib nun bitte noch an, ob Dich dies bei der Ausführung behindert hat.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
gar nicht									sehr

Konzentriere Dich während der folgenden Würfe genau auf den von Dir angegebenen *Aspekt 3*.

Kreuze nun bitte auf der folgenden Skala an, wie gut es Dir gelungen ist, Dich während der Würfe auf den angegebenen Aspekt zu konzentrieren.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sehr gut									gar nicht

Gib nun bitte noch an, ob Dich dies bei der Ausführung behindert hat.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
gar nicht									sehr

⁶ Hier dargestellt ist die Reihenfolge der Untersuchungsbedingungen für Versuchsperson 1: internal/vertraut, internal/nicht-vertraut, external/vertraut und external/nicht-vertraut.

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.