Technische Universität Berlin

Aufmerksamkeitsfokus beim Bewegungslernen: Einfluss der Bewegungsaufgabe und einer zusätzlichen, direkten Rückmeldung.

vorgelegt von
M.Sc.
Svetlana Wähnert
geboren in St. Petersburg

von der Fakultät V - Verkehrs- und Maschinensysteme
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Naturwissenschaften
- Dr. rer. nat -

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender:	Prof. Dr. Dietrich Manzey, TU Berlin
Gutachterin:	Prof. Dr. Gisela Müller-Plath, TU Berlin
Gutachter:	Prof. Dr. Stefan Künzell, Universität Augsburg

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 06.07.2018

Berlin, 2019

Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank Frau Prof. Dr. Gisela Müller-Plath für ihre wissenschaftliche und methodische Unterstützung. Sie hat diese Arbeit erst ermöglicht und mit zielführenden Diskussionen begleitet. Ihre sachlich fundierten Rückmeldungen habe ich stets als sehr konstruktiv empfunden.

Ich danke Prof. Dr. Stefan Künzell für die Übernahme der Zweitbetreuung und Ph.D. Richard Gross für die technische Implementierung der Experimente.

Besonders möchte ich meinem Mann und meiner Familie für ihre liebevolle Motivation, die unermüdliche Stärkung, sowie das stets offene Ohr danken.

Außerdem danke ich allen Versuchspersonen für ihre Teilnahme an meinen Experimenten.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **5**

2 Die Ideomotorische Hypothese **8**

2.1 Theorie der Ereigniskodierung 9

2.2 Theorien zum motorischen Lernen 12

3 Aufmerksamkeitsfokus **22**

3.1 Definierende und modifizierende Aspekte 22

3.2 Theorien zum Aufmerksamkeitsfokus 30

4 Generalitäts- vs. Funktionalitätshypothese **34**

4.1 Generalitätshypothese 34

4.2 Funktionalitätshypothese 37

5 Fokuseffekt in Abhängigkeit von der Bewegungsaufgabe **44**

5.1 Klassifikation von Bewegungsaufgaben nach Göhner (1979) und Gentile (2000) . 44

5.2 Aufmerksamkeitsfokus bei umwelt- und körperorientierten Bewegungsaufgaben . 52

6 Fokuseffekt in Abhängigkeit von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung **62**

6.1 Klassifikation von Rückmeldungen 62

6.2 Gleichgewichtstraining mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung 65

6.3 Aufmerksamkeitsfokus bei zusätzlicher, direkter Rückmeldung 66

6.4 Kosten bei zusätzlicher, direkter Rückmeldung 68

7 Fragestellungen **71**

7.1 Erste Fragestellung 72

7.2 Zweite Fragestellung 72

7.3 Dritte Fragestellung 73

7.4 Vierte Fragestellung 73

7.5 Nebenfragestellungen 73

8 Experiment 1 **75**

8.1 Hypothesen 75

8.2 Methoden 79

8.3 Datenanalyse und Ergebnisse 93

8.4 Diskussion 109

9 Experiment 2 **116**

9.1 Hypothesen . . . 116
9.2 Methoden . . . 119
9.3 Datenanalyse und Ergebnisse . . . 121
9.4 Diskussion . . . 133

10 Experiment 3 **140**
10.1 Hypothesen . . . 140
10.2 Methoden . . . 143
10.3 Datenanalyse und Ergebnisse . . . 149
10.4 Diskussion . . . 161

11 Experiment 4 **164**
11.1 Hypothesen . . . 164
11.2 Methoden . . . 168
11.3 Datenanalyse und Ergebnisse . . . 180
11.4 Diskussion . . . 197

12 Generelle Diskussion **202**
12.1 Erste Fragestellung . . . 202
12.2 Zweite Fragestellung . . . 204
12.3 Dritte Fragestellung . . . 206
12.4 Vierte Fragestellung . . . 207
12.5 Offene Fragen . . . 207
12.6 Fazit . . . 211

Anhang **212**

Tabellenverzeichnis **240**

Abbildungsverzeichnis **243**

Literatur **244**

Zusammenfassung

Bei Bewegungsaufgaben mit Lernbedarf, scheint der Fokus auf den Umwelteffekt (externer Aufmerksamkeitsfokus) zu anderen Lernergebnissen zu führen als der Fokus auf den eigenen Körper (interner Aufmerksamkeitsfokus). Viele Studien konnten dabei eine Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus aufzeigen.

Die vorliegende Forschungsarbeit beinhaltet sowohl einen Grundlagen- als auch einen Anwendungsaspekt. Der grundlagenorientierte Teil der Arbeit hinterfragt die Generalitätshypothese, wonach der externe Aufmerksamkeitsfokus bei allen Bewegungsaufgaben überlegen sein sollte. Demgegenüber wird die Funktionalitätshypothese aufgestellt. Sie besagt, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus nur bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben überlegen sein sollte, bei körperorientierten Bewegungsaufgaben sollte hingegen der interne Aufmerksamkeitsfokus überlegen sein. Die theoretische Argumentation zugunsten der Funktionalitätshypothese wird empirisch anhand von Experiment 1 gestützt. In Experiment 1 lernten Versuchspersonen eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe und fokussierten dabei entweder auf die Verformung der Plattform, auf der sie standen (extern), oder auf den gefühlten Druck an der Fußsohle (intern). Wie von der Funktionalitätshypothese vorhergesagt und entgegen den Vorhersagen der Generalitätshypothese, zeigte die interne Fokusgruppe eine bessere Leistung als die externe Fokusgruppe. Die schlechtere Leistung der externen Fokusgruppe wird auf eine Doppelbelastung zurückgeführt, da die Verformung der Plattform nicht wahrgenommen werden konnte. Dadurch fokussierte die externe Fokusgruppe auf den Druck an der Fußsohle und hielt gleichzeitig ein mentales Bild über die Verformung der Plattform aufrecht. Anhand der Ergebnisse von Experiment 1 konnte die Generalitätshypothese widerlegt werden. Es kann die Aussage getroffen werden, dass beim Erlernen einer körperorientierten Bewegungsaufgabe der interne Aufmerksamkeitsfokus dem externen Aufmerksamkeitsfokus überlegen ist.

Im anwendungsorientierten Teil der Arbeit wurde weiterhin untersucht, ob eine körperorientierte Bewegungsaufgabe durch das Hinzufügen von zusätzlicher, direkter Rückmeldung umweltorientiert wird und der externe Aufmerksamkeitsfokus dadurch wieder Überlegenheit erlangt. Experiment 2 konnte keine eindeutigen Ergebnisse liefern, da eine Konfundierung vorlag, die in Experiment 3 und 4 aufgehoben wurde. In Experiment 3 zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen der internen und der externen Fokusgruppe in Bezug auf Leistung und Lernen, wenn sie beide auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung fokussierten und diese entweder im Sinne eines Umwelteffektes (extern) oder im Sinne einer Körperbewegung (intern) interpretierten. In Experiment 4 konnte nur teilweise gezeigt werden, dass die Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung einen größeren Einfluss auf die Leistung hat, wenn diese Rückmeldung fokussiert wird (extern), als wenn der eigene Körper fokussiert wird (intern). Insgesamt konnte

die Frage, ob eine körperorientierte Bewegungsaufgabe durch das Hinzufügen von zusätzlicher, direkter Rückmeldung umweltorientiert wird, nicht endgültig geklärt werden. Möglicherweise ist hier keine strikte Trennung zwischen körper- und umweltorientierter Bewegungsaufgabe möglich. Stattdessen sind diese Bewegungsaufgaben hybrid in der Art, dass sich der Aufgabentyp innerhalb der Bewegungsausführung wechselt. Unter welchen Bedingungen das eine oder das andere stattfindet, muss durch weitere Forschung untersucht werden.

Der Nutzen dieser und weiterer Forschung liegt darin, Instruktionen angepasst an die jeweilige Bewegungsaufgabe erstellen zu können. Dies ist z.B. für das Rehabilitationstraining relevant, bei dem Patienten körperorientierte Bewegungsaufgaben erlernen sollen und dabei manchmal durch virtuelle Spiele unterstützt werden.

Summary

For movement tasks that require learning, the focus on the environmental effect (external focus) seems to lead to different learning outcomes than the focus on one's own body (internal focus). Many studies have shown a superiority of the external focus.

The present thesis consists of both basic research and application. The basic research-oriented part of the work questions the generality hypothesis that the external focus should be superior in all movement tasks. In contrast, the functionality hypothesis is established. It states that the external focus should only be superior for environment-oriented movement tasks, whereas the internal focus should be superior for body-oriented movement tasks. The theoretical argumentation in favour of the functionality hypothesis is empirically supported by Experiment 1. In Experiment 1, subjects learned a body-oriented balance task and focused either on the deformation of the platform on which they stood (external focus) or on the perceived pressure on the sole of the foot (internal focus). As predicted by the functionality hypothesis and contrary to the generality hypothesis, the internal focus group performed better than the external focus group. The worse performance of the external focus group was attributed to a double load because the deformation of the platform could not be perceived. As a result, the external focus group focused on the pressure on the sole of the foot while maintaining a mental image of the deformation of the platform. The results of Experiment 1 refute the generality hypothesis. The statement can be made that when learning a body-oriented movement task, the internal focus is superior to the external focus.

In the application-oriented part of the work, it was further examined whether a body-oriented movement task becomes environment-oriented through the addition of additional, direct feedback and whether the external focus thus regains superiority. Experiment 2 could not provide clear results because of a confounding, which was eliminated in Experiments 3 and 4. In Experiment 3 there was no significant difference between the internal and external focus groups in terms of performance and learning if they both focused on the additional, direct feedback and interpreted it either in terms of an environmental effect (external) or in terms of body movement (internal). In Experiment 4, it could only be partially shown that the functionality of the additional, direct feedback has a greater influence on performance when this feedback is focused (external) than when the own body is focused (internal). Overall, the question of whether a body-oriented movement task becomes environment-oriented by the addition of additional, direct feedback could not be finally clarified. It is possible that a strict separation between body-oriented and environment-oriented movement task is not possible here. Instead, these movement tasks are hybrid in such a way that the task type changes within the movement execution. The conditions under which one or the other takes place must be investigated by further research.

The benefit of this and other research lies in the ability to create instructions adapted to the respective motion task. This is relevant, for example, for rehabilitation training, where patients should learn body-oriented movement tasks, sometimes supported by virtual games.

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Bewegungsaufgaben, die Lernbedarf aufweisen, d.h. alle, bei der die ausführende Person noch nicht ihre optimale Leistung zeigt, unabhängig davon, wie groß der Unterschied zur optimalen Leistung ist. Möchte die Person dazulernen, benötigt sie mentale Aufmerksamkeit. Diese mentale Aufmerksamkeit kann auf unterschiedliche Aspekte der Bewegungsaufgabe gerichtet sein. Seit Ende des letzten Jahrhunderts wird zwischen dem internen und externen Aufmerksamkeitsfokus unterschieden. Beim *internen Aufmerksamkeitsfokus* fokussiert die ausführende Person während der Bewegungsausführung auf ihren eigenen Körper, beim *externen Aufmerksamkeitsfokus* fokussiert sie auf den Bewegungseffekt, den ihre Körperbewegung auf die Umwelt ausübt (Wulf, 2007).

Die erste Arbeit zum Aufmerksamkeitsfokus wurde 1998 veröffentlicht. Darin stellen Wulf, Höß und Prinz (1998) zwei Experimente vor. In Experiment 1 lernten Novizen Skibewegungen auf einem Skisimulator. Dabei sollten sie eine auf Rädern befestigte Plattform rhythmisch nach rechts und links so bewegen, dass diese möglichst weit nach außen ausschlägt. Versuchspersonen wurden randomisiert zu den Fokusgruppen zugeteilt. Die interne Fokusgruppe wurde instruiert, Druck auf den äußeren Fuß auszuüben, solange sich die Plattform in die jeweilige Richtung bewegt. Die externe Fokusgruppe wurde instruiert, Druck auf das äußere Rad auszuüben, solange sich die Plattform in die jeweilige Richtung bewegt. Sowohl in der Lernphase als auch in der Testphase, in der keine Instruktionen mehr gegeben wurden, zeigte die externe Fokusgruppe eine bessere Leistung. Außerdem war die Leistungsverbesserung innerhalb der Lernphase bei der externen Fokusgruppe größer. Somit lässt sich schlussfolgern, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einem höheren Lernerfolg geführt hat als der interne Aufmerksamkeitsfokus. In Experiment 2 standen Novizen auf einem Stabilometer. Die Aufgabe bestand darin, eine bewegliche Plattform möglichst horizontal zu halten. Die interne Fokusgruppe wurde instruiert, ihre Füße möglichst auf gleicher Höhe zu halten. Die externe Fokusgruppe wurde instruiert, Marker, die auf der Plattform befestigt waren, möglichst auf gleicher Höhe zu halten. Zwar gab es keine Gruppenunterschiede in Bezug auf die Leistung in der Lernphase, aber in Bezug auf die Testphase zeigte die externe Fokusgruppe eine bessere Leistung als die interne Fokusgruppe und somit einen höheren Lernerfolg. Somit konnte auch in dieser Bewegungsaufgabe die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus aufgezeigt werden.

Nach der ersten Veröffentlichung 1998 folgten weitere Experimente mit unterschiedlichen Bewegungsaufgaben, und immer wieder konnte empirisch gezeigt werden, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus zu besseren Lernergebnissen führt als der interne Aufmerksamkeitsfokus. Es wurden Überblicksartikel (siehe z.B. Wulf, 2007, 2013) und ein Buch veröffentlicht (Wulf, 2009), in denen die Schlussfolgerung gezogen wird, dass dieser Befund auf alle Bewegungsauf-

gaben übertragen werden kann. Dazu schrieb Wulf (2013): *„Die Verbesserung in motorischer Leistung und Lernen durch den Gebrauch eines externen Aufmerksamkeitsfokus im Vergleich zum internen Aufmerksamkeitsfokus ist mittlerweile gut etabliert. Die Breite dieses Effektes wird reflektiert in seiner Generalität in Bezug auf unterschiedliche Fertigkeiten, Expertiselevel und Populationen“* (Übersetzung durch die Autorin, Wulf, 2013, S. 99). Die Annahme einer Generalisierbarkeit auf unterschiedliche Expertiselevel und Populationen, genauso wie der Befund, dass der Fokuseffekt nicht nur beim Erlernen, sondern auch beim Ausführen einer Bewegungsaufgabe vorhanden ist, wird in dieser Arbeit nur am Rande behandelt. Im Zentrum steht das Erlernen von Bewegungsaufgaben und die Frage, ob die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus auf alle Bewegungsaufgaben übertragen werden kann. Die Annahme von Wulf (2013), dass dies zutrifft, wird in der vorliegenden Forschungsarbeit *Generalitätshypothese* genannt.

Im Überblicksartikel von Wulf (2013) werden die Experimente zum Aufmerksamkeitsfokus in drei Klassen eingeordnet: Die Mehrheit berichtet den Befund, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus zu besserer Leistung und/oder Lernen führt als der interne Aufmerksamkeitsfokus. Dann gibt es Experimente, die keine Unterschiede in Bezug auf die Fokusgruppen feststellen konnten und ein paar wenige, bei denen der interne Aufmerksamkeitsfokus zu höherem Lernerfolg führt. Die große Mehrzahl bestätigt also die Generalitätshypothese; die wenigen Ausnahmen werden darauf zurückgeführt, dass das Konzept des Aufmerksamkeitsfokus falsch operationalisiert wurde (siehe dazu Wulf, 2013). Trotz der Vielzahl an bestätigenden Experimenten wird die Generalitätshypothese stark diskutiert (siehe dazu die Kommentare zu Wulf, 2007) und ist noch nicht endgültig geklärt.

Das Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit umfasst einen Grundlagenaspekt und einen Anwendungsaspekt. Der Grundlagenaspekt greift die Diskussion um die Generalitätshypothese auf. Im Rahmen der aktuellen Theorien zur Ideomotorischen Hypothese werden die Argumente für und gegen die Generalitätshypothese ausgiebig betrachtet und münden schließlich in der sogenannten *Funktionalitätshypothese*, welche der Generalitätshypothese entgegengestellt wird. Zusätzlich zur theoretischen Betrachtung wird untersucht, ob die Funktionalitätshypothese experimentell bestätigt werden kann.

Der Anwendungsaspekt umfasst die Frage, wie der Aufmerksamkeitsfokus bei Bewegungsaufgaben genutzt werden kann, die mit zusätzlicher visueller Rückmeldung gelernt werden, wie es z.B. bei virtuellen Realitäten der Fall ist. Die Lernphase findet zwar in einer visuell erweiterten Umgebung statt, die zu erlernende Fertigkeit soll aber auch ohne die zusätzliche visuelle Rückmeldung bestehen. Der Einsatz von virtuellen Realität ist u.a. im Rehabilitationstraining zu finden. Die Vorteile der virtuellen Realität liegen u.a. darin, dass die Umwelt gezielt manipuliert werden kann. Sie lässt sich somit optimal an den Patienten anpassen (Burdea, 2003). Zum einen ist es für die Effektivität der Rehabilitation wesentlich, dass Aufgaben nicht bedeutungslos und einfach, sondern herausfordernd und am Leistungsgrad der Patienten orientiert sind (Carr & Shepherd, 2010). Bei der virtuellen Realität können die Trainingsintensität und

die dargebotenen sensorischen Informationen systematisch manipuliert werden und bieten somit ein patientenspezifisches Training (Kim, Jang, Kim, Jung & You, 2009). Des Weiteren müssen die Trainingseinheiten konsequent und engagiert über die Zeit hinweg durchgeführt werden, um eine langfristige Veränderung herbeizuführen. Ein herausforderndes Training über eine längere Zeitperiode ist anstrengend und erfordert Motivation (Carr & Shepherd, 2010). Mit Mitteln der virtuellen Realität ist es möglich, die Motivation zu steigern, indem man z.B. das Training als Spiel gestaltet (Burdea, 2003; Szturm, Betker, Moussavi, Desai & Goodman, 2011). Dazu kommt, dass die Interessen des Patienten berücksichtigt werden können, da z.B. die gleiche Bewegung in unterschiedlichen Umgebungen trainiert werden kann (z.B. Fußballumgebung bei fußballbegeisterten Patienten; Cho, Lee & Song, 2012).

Man sollte aber bedenken, dass die virtuelle Realität als solche keine Behandlungsmethode darstellt, sondern lediglich ein technologisches Werkzeug ist, welches eingesetzt werden kann, um das Bewegungslernen zu verbessern (Holden, 2005). Somit wird der große Vorteil der virtuellen Realität, dass sie vielfältig gestaltet werden kann, gleichzeitig zur Herausforderung. Um den Einsatz der virtuellen Realität möglichst effektiv zu gestalten, muss Kenntnis über die verschiedenen Einflüsse auf das Bewegungslernen bestehen. Im Rahmen des Anwendungsaspektes soll die vorliegende Forschungsarbeit einen Beitrag zur Erweiterung dieser Kenntnis liefern. Es soll untersucht werden, welchen Einfluss der Aufmerksamkeitsfokus beim Erlernen einer Bewegungsaufgabe mit zusätzlicher visueller Rückmeldung hat.

In Kapitel 2 werden zunächst die aktuellen Theorien zur Ideomotorischen Hypothese dargestellt. In Kapitel 3 werden die empirischen Befunde und die Theorien zum Aufmerksamkeitsfokus betrachtet. Anschließend werden die Generalitäts- und die Funktionalitätshypothese in Kapitel 4 gegenübergestellt. In Kapitel 5 wird eine Klassifikation von Bewegungsaufgaben vorgenommen um herauszufinden, bei welcher Art von Bewegungsaufgaben der interne Aufmerksamkeitsfokus gegenüber dem externen Aufmerksamkeitsfokus entsprechend der Funktionalitätshypothese überlegen sein müsste. Schließlich wird der theoretische Hintergrund mit Kapitel 6 abgeschlossen, in dem aufgezeigt wird, welche Rolle eine zusätzliche Rückmeldung beim Erlernen von Bewegungsaufgaben hat und wie diese Rolle mit dem Aufmerksamkeitsfokus in Zusammenhang stehen könnte. Die im theoretischen Hintergrund entwickelten Fragestellungen werden in Kapitel 7 zusammengefasst. Die Kapitel 8 bis 11 bilden jeweils die Darstellung der Experimente 1 bis 4. Schließlich wird in Kapitel 12 eine generelle Diskussion darüber geführt, welche Ergebnisse sich aus den Experimenten ableiten lassen und welche Schlussfolgerungen diese für die Beantwortung der Fragestellungen im Rahmen des Grundlagen- und des Anwendungsaspektes zulassen.

2 Die Ideomotorische Hypothese

Bevor die Diskussion um die Generalitätshypothese stattfinden kann, müssen die Ideen und die aktuellen Theorien zur Ideomotorischen Hypothese bekannt sein. Die Ideomotorische Hypothese reicht bis ins 19. Jahrhundert zurück und wird auf James (1890) zurückgeführt, der wiederum u.a. Carpenter (1874) und Lotze (1852) zitiert (einen historischen Überblick dazu findet man in Stock & Stock, 2004). Die Ideomotorische Hypothese gibt eine Antwort darauf, wie wir Handlungsziele in Bewegungen umsetzen. Kurzgefasst geht die Ideomotorische Hypothese davon aus, *„dass sich jede (zunächst unwillkürliche) Aktion des Körpers mit den eintretenden sensorischen Effekten zwangsläufig so verbindet, dass allein die Idee (die Antizipation) der Effekte ausreicht, um diejenige Aktion hervorzubringen, die erfahrungsgemäß zum antizipierten Effekt führt“* (Hoffmann, Butz, Herbort, Kiesel & Lenhard, 2007, S. 95). Es wird also eine Assoziation zwischen Bewegung und Effekt erlernt, anhand dessen Bewegungen ausgewählt, initiiert und ausgeführt werden (Kunde, 2006).

Wenn wir z.B. eine Tasse Kaffee anheben, dann fühlen wir den Arm und die Tasse. Wir sehen, wie sich der Arm mit der Tasse bewegt. Je näher wir die Tasse zum Mund führen, desto intensiver riechen wir das Kaffeearoma usw. Bewegungen rufen also wahrnehmbare Veränderungen hervor. Die Veränderungen, die mit den Bewegungen einhergehen, werden *Effekte* genannt. Gleichzeitig werden Bewegungen durch motorische Programme verursacht. Ein motorisches Programm ist ein *„Netzwerk für all die Repräsentationen, die für die motorische Realisierung einer bestimmten Bewegung aktiviert werden“* (Hommel & Nattkemper, 2011, S. 86). Die motorischen Programme sind nicht bewusstseinsfähig, d.h. willkürliche Bewegungen können nicht anhand der bewussten Aktivierung dieser ausgeführt werden. Nur anhand der Assoziation zwischen den motorischen Programmen und der Effekte sind willkürliche Bewegungen möglich. Durch die Aktivierung der Effektrepräsentation werden die dazugehörigen motorischen Programme aktiviert und ausgeführt. Der assoziative Zusammenhang zwischen den Effektrepräsentationen und motorischen Programmen wird *Bewegungs-Effekt-Assoziation* genannt. Die Bewegungs-Effekt-Assoziationen sind nicht angeboren, sondern müssen durch Erfahrung erlernt werden (Hommel & Nattkemper, 2011).

Wie man sich die Entstehung einer Bewegungs-Effekt-Assoziation als kognitive Struktur vorstellen kann, ist in Abbildung 2.1 dargestellt. Am Anfang haben die neuronalen Netzwerke, die die Effekte und die Bewegung repräsentieren, keine Verbindungen zueinander (Abbildung 2.1 A). Bei einem Säugling z.B. werden Bewegungen reflexartig oder zufällig hervorgerufen. Während der Bewegungsausführung entstehen verschiedene Effekte. Wenn die beiden Repräsentationen (die motorischen Programme und die Effektrepräsentationen) eine raum-zeitliche Nähe (Kontiguität) und einen Wahrscheinlichkeitszusammenhang (Kontingenz) aufweisen, werden durch

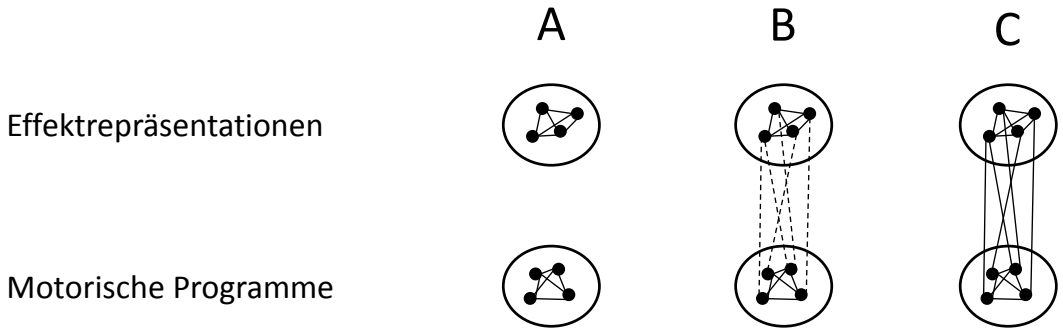


Abbildung 2.1: Entstehung von Bewegungs-Effekt-Assoziationen als kognitive Struktur, angepasst nach Hommel und Nattkemper (2011, S. 85)

die wiederholte zeitgleiche Aktivierung der beiden Repräsentationen Verbindungen hergestellt. (Abbildung 2.1 B). Nach dem *Hebbschen Prinzip* (*„what fires together wires together“*; Hebb, 1949) bilden die beiden Netzwerke nach einiger Zeit eine funktionale Einheit (Abbildung 2.1 C). Diese Einheit repräsentiert die Bewegungs-Effekt-Assoziation, durch die der Säugling immer mehr in der Lage ist, sich willkürlich zu bewegen. Der Grund dafür ist die Bidirektionalität der entstandenen Bewegungs-Effekt-Assoziation: Wenn ein motorisches Programm aktiviert ist, werden gleichzeitig die damit verbundenen Effektrepräsentationen aktiviert. Andersherum löst die Aktivierung einer Effektrepräsentation die Aktivierung der damit verbundenen motorischen Programme aus (Kunde, 2006). Dass Bewegungen anhand ihrer Effekte geplant und kontrolliert werden können, nennt man das *action-effect-Prinzip* (Prinz, 1997). Dieser Lernprozess findet nicht nur bei Säuglingen statt, sondern immer dann, wenn eine neue Bewegungs-Effekt-Erfahrung stattfindet, z.B. bei einer neuen Sportart.

Aus der Ideomotorischen Hypothese sind im Laufe der Jahre verschiedene theoretische Überlegungen und Paradigmen zum Bewegungslernen hervorgegangen (für einen Überblick dazu siehe Shin, Proctor & Capaldi, 2010). Im Folgenden soll auf aktuelle Theorien eingegangen werden, die für die vorliegende Forschungsarbeit relevant sind. Zunächst wird die *Theorie der Ereigniskodierung* (Hommel, Müsseler, Aschersleben & Prinz, 2001) dargestellt, die die Repräsentationsstruktur von Bewegungen und Effekten noch stärker beleuchtet. Danach werden verschiedene Theorien vorgestellt, die weniger die Repräsentationsstruktur, sondern stärker den Lernprozess von Bewegungen zum Inhalt haben.

2.1 Theorie der Ereigniskodierung

Die Theorie der Ereigniskodierung (TEC, Hommel et al., 2001) bildet eine theoretische Rahmenstruktur, die mehrere Ideen in sich versammelt, wie motorisches Wissen repräsentiert ist. Dabei macht sie drei Annahmen, die in Abbildung 2.2 veranschaulicht werden. Um die Annahmen zu verdeutlichen, soll ein Beispiel herangezogen werden. Wir stellen uns vor, dass eine Person einen Basketball auf einen Basketballkorb wirft. Wie ist nun das Wissen, den Basketball zu werfen, repräsentiert? Die bisherigen Ausführungen treffen zunächst auch hier zu. Die mo-

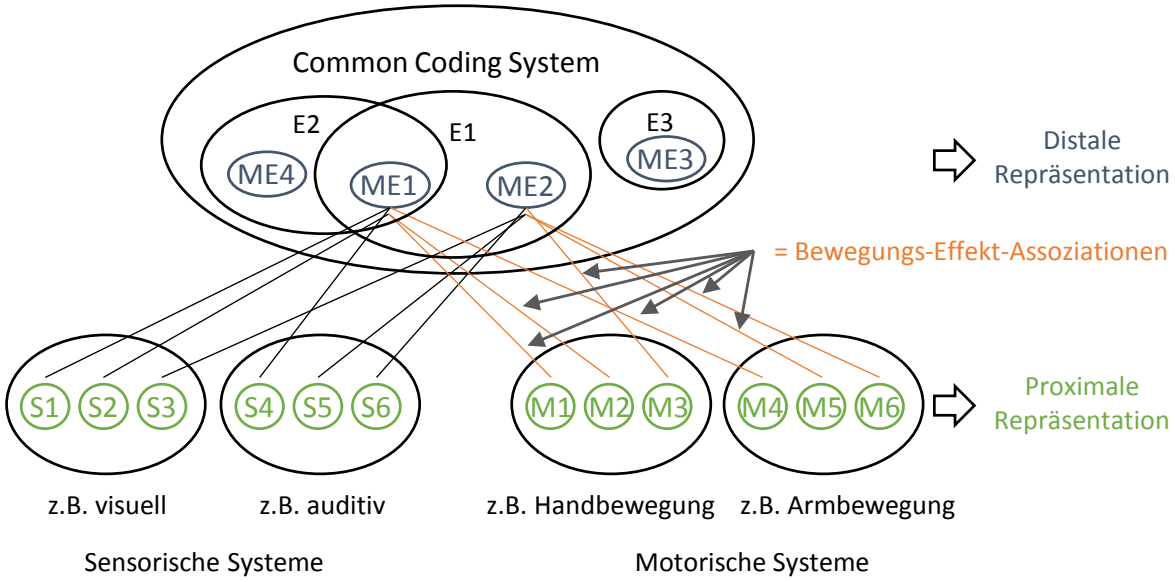


Abbildung 2.2: Bildhafte Zusammenfassung der drei TEC-Annahmen, angepasst nach Hommel, Müsseler, Aschersleben und Prinz (2001, S. 862). Erläuterung der Symbole siehe Text.

torischen Programme für den Basketballwurf sind mit den entsprechenden Effekten assoziativ verknüpft. In diesem Beispiel entsprechen die Effekte allen Wahrnehmungen, die eine Kontiguität und Kontingenz mit dem Basketballwurf aufweisen, also u.a. die Arm- und die Ballbewegung und schließlich, wo der Ball landet.

Common-Coding-Hypothese

Die erste Annahme wird als *Common-Coding-Hypothese* bezeichnet und wurde bereits von Prinz (1990, 1997) formuliert. Sie besagt, dass Wahrnehmungen und Bewegungseffekte identisch codiert sind. Stellen wir uns vor, der Basketballspieler trifft den Basketballkorb. Dieses Ereignis ruft Veränderungen in unserem sensorischen System hervor, es wird z.B. auf der Retina abgebildet. Diese Abbildung aktiviert zunächst ein Stimulationsmuster auf einer niedrigen Codierebene und wird dann zu immer höheren Ebenen weitergeleitet, bis schließlich die Wahrnehmung, dass der Basketballkorb getroffen wurde, aktiviert wird. Gleichzeitig wurde dieses Ereignis durch eine Bewegung verursacht. Die Muskelaktivität der Bewegung wurde anhand der motorischen Programme in Gang gesetzt. Durch vorhandene Bewegungs-Effekt-Assoziationen wurden diese motorischen Programme wiederum anhand ihrer Effekte angestoßen, also u.a. dass der Ball im Korb landet. Die Codierung „der Ball landet im Korb“ ist dabei identisch für folgende zwei Fälle: Eine Person nimmt dieses Ereignis wahr und dieses Ereignis stellt den Effekt ihrer Bewegung dar. Gleichzeitig hat die Codierung „der Ball landet im Korb“ auf einer höheren Ebene Verbindungen zu niedrigeren Ebenen, die sich unterscheiden, je nachdem, ob es sich um eine Wahrnehmung oder um eine Bewegung handelt. Bei Wahrnehmungen bestehen Verbindungen zum sensorischen System (sensorische Muster) und bei Bewegungen zum motorischen System (motorische Programme). Dies wird in Abbildung 2.2 veranschaulicht: sowohl das sensorische System als auch das motorische System haben Verbindungen zum Common-Coding-System.

Innerhalb des Common-Coding-Systems werden Ereignisse codiert. In der Abbildung sind z.B. E1, E2 und E3 mögliche Ereignisse. Ein Ereignis wäre in unserem Beispiel „der Ball landet im Korb“. Der Begriff Ereignis subsumiert sowohl Wahrnehmungen als auch Effekte.

Merkmalsbasierte Codierung

Eine weitere Annahme des TEC besagt, dass die Ereignisse verteilt, d.h. durch Codes ihrer Merkmale, repräsentiert sind. In der Abbildung besteht z.B. das Ereignis E1 aus den Merkmalen ME1 und ME2, das Ereignis E2 aus den Merkmalen ME4 und ME1 und das Ereignis E3 aus dem Merkmal ME3. Übertragen auf das Ereignis „der Ball landet im Korb“ wäre ein mögliches Merkmal „geringe räumliche Distanz zwischen Ball und Korb“. Ereignisse können in Bezug auf ihre Merkmale überlappen, z.B. würde das Merkmal „geringe räumliche Distanz zwischen Ball und Korb“ auch das Ereignis „Ball prallt am Korb ab“ charakterisieren. Eine solche Überlappung wird in Abbildung 2.2 zwischen Ereignis E1 und Ereignis E2 dargestellt, denn sie teilen sich Merkmal ME1. Wahrgenommene Ereignisse bzw. mit Bewegungen assoziierte Ereignisse können somit einander unterschiedlich ähnlich sein, je nachdem wie viele gemeinsame Merkmale sie aufweisen (Hommel & Nattkemper, 2011).

Proximale vs. Distale Repräsentation

Eine gemeinsame Codierung ist nur für sog. distale Eigenschaften von Ereignissen möglich. Das Konzept der distalen und proximalen Eigenschaften geht auf Heider (1925) in der Wahrnehmungspsychologie zurück. *Distale Eigenschaften* sind solche, die außerhalb der wahrnehmenden Person physikalisch gemessen werden können (wie z.B. die Position eines Objektes). In unserem Beispiel wäre das Merkmal „geringe räumliche Distanz zwischen Ball und Korb“ distal. *Proximale Eigenschaften* sind solche, die nur innerhalb des sensorischen Systems bestehen (wie z.B. die Größe des Objektes auf der Retina). Die Abbildung der räumlichen Distanz zwischen Ball und Korb auf der Retina wäre somit proximal. Analog dazu können distale und proximale Eigenschaften von Bewegungen bestimmt werden (Brunswik, 1944). Dabei sind distale Eigenschaften *„die objektiv messbaren Eigenschaften von Handlungskonsequenzen, wie z.B. die neue Position einer Hand nach einer Bewegung“* (Hommel & Nattkemper, 2011, S. 87), die proximalen Eigenschaften wären die zur Bewegung erforderlichen Muskelaktivitäten. Wenn also beim Basketballwerfen der Bewegungseffekt „der Ball landet im Korb“ das Merkmal „geringe räumliche Distanz zwischen Ball und Korb“ aufweist, so ist dieses Merkmal distal. Die Muskelaktivität, die dazu notwendig wäre, die geringe räumliche Distanz zwischen Ball und Korb zu erreichen, wäre proximal. Die Codierung von distalen und proximalen Eigenschaften von einem Ereignis nennt man entsprechend distale und proximale Repräsentation des Ereignisses.

Die distale Repräsentation eines Ereignisses ist unabhängig davon, ob das Ereignis wahrgenommen oder durch Bewegung verursacht wird. Die proximale Repräsentation eines Ereignisses ist innerhalb des sensorischen und des motorischen Systems dagegen unterschiedlich (siehe Abbildung 2.2). Das sensorische System codiert z.B. visuelle Signale, die die geringe räumliche Distanz zwischen Ball und Korb kennzeichnen. Das motorische System codiert Muskelaktivität, die dafür notwendig ist, um eine geringe räumliche Distanz zwischen Ball und Korb zu erreichen.

Der bewusste Zugang zu der Ereignisrepräsentation kann nur auf der Ebene der distalen Eigenschaften stattfinden (Hommel & Nattkemper, 2011, der letzte Punkt wird später sehr wichtig sein!).

Nachdem nun die Repräsentation des motorischen Wissens behandelt wurde, wird im nächsten Abschnitt auf den Lernprozess eingegangen, wie dieses Wissen erworben wird. Bisher wurde kurz erwähnt, wie Bewegungs-Effekt-Assoziationen gebildet werden, es bleibt aber noch unklar, wie ein Lernprozess beschrieben werden kann, der nicht durch zufällige Bewegungen, sondern durch ein bestimmtes Lernziel vorangetrieben wird.

2.2 Theorien zum motorischen Lernen

Im Folgenden sollen Theorien zum motorischen Lernen präsentiert werden, die direkt oder indirekt mit den Ideen der Ideomotorischen Hypothese in Zusammenhang stehen und relevant für die weiteren Ausführungen sind. Diese Theorien entstammen der experimentellen Handlungsforschung (Zwei-Stufen-Modell, Antizipatives Lernmodell, Modell der Antizipativen Verhaltenskontrolle), der Forschung zu künstlichen neuronalen Netzwerken (Theorie der internen Modelle) und den Sportwissenschaften (Effektkontrolliertes Lernen, Modell des Fertigkeitserwerbs).

Zwei-Stufen-Modell

Das Zwei-Stufen-Modell von Elsner und Hommel (2001) beschreibt das automatische Erlernen und Anwenden von Bewegungs-Effekt-Assoziationen. In der ersten Stufe werden Bewegungs-Effekt-Assoziationen gebildet, und in der zweiten Stufe führt die Aktivierung der Effektcodes zu einer Aktivierung der motorischen Programme. Intentionen oder Aufmerksamkeitszuwendungen sind weder im ersten noch im zweiten Schritt notwendig. Es wird aber nicht behauptet, dass es keine Intentionen oder Aufmerksamkeitszuwendungen geben kann. Prinzipiell können kognitive Mechanismen in den Prozess eingreifen, so ist es z.B. möglich, eine Aktivierung zu inhibieren. Vielmehr will das Modell aufzeigen, dass Intentionen und Aufmerksamkeitszuwendungen keine notwendigen Voraussetzungen für das Erlernen und Anwenden von Bewegungs-Effekt-Assoziationen sind (Elsner & Hommel, 2001).

Zusätzlich zu diesen Annahmen trifft das Modell vier weitere Annahmen: Erstens sind Bewegungen kognitiv repräsentiert in verteilten Netzwerken aus Effektmerkmalen. Das bedeutet, nicht alle Effektmerkmale müssen aktiviert sein, um die entsprechende Bewegung aktivieren zu können. Aber je mehr Effektmerkmale, die mit der Bewegung assoziiert sind, aktiviert werden, desto größer ist auch die Aktivierung der motorischen Programme, und desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese Bewegung selektiert wird. Zweitens trifft das Modell die Annahme, dass es keine qualitativen Unterschiede zwischen Effekten gibt, die anhand unterschiedlicher Modalitäten wahrgenommen werden. Nur die Qualität und Quantität der Information, die anhand der Modalitäten entnommen wird, ist entscheidend. Drittens gibt es laut dem Modell auch keine Unterschiede der Effekte in Bezug auf ihre Nähe zum Körper. Nahe Effekte, z.B. wie sich ein Objekt anfühlt, und ferne Effekte, z.B. dass ein Licht angeht, sind zunächst gleichwertig.

Manche Bewegungs-Effekt-Kontingenzen sind aber schwieriger zu entdecken als andere. Wie bei der Modalität zählt also auch hier der Informationsgrad der Effekte. Die vierte Annahme betrifft die Aktivierung der Effektcodes. Man unterscheidet zwischen einer endogenen und einer exogenen Aktivierung. Die Effektecodes werden endogen aktiviert, wenn die ausführende Person eine Intention bildet. Wenn die ausführende Person ein Ereignis nur wahrnimmt, dann werden die Effektcodes exogen aktiviert. Der wichtige Punkt dabei ist, dass sowohl die endogene als auch die exogene Aktivierung der Effektcodes zu einer Aktivierung der motorischen Programme führen kann (Elsner & Hommel, 2001).

Empirische Evidenz konnte u.a. das Experiment von Elsner und Hommel (2001, Experiment 4) liefern. Es bestand aus einer Akquisitions- und einer Testphase. In der Akquisitionsphase sollten Versuchspersonen eine rechte oder eine linke Taste so schnell wie möglich drücken, wenn ein weißes Quadrat erschien. Sie wurden instruiert, dass sie zwischen den beiden Tasten zufällig wechseln sollten in der Art, dass insgesamt beide Tasten ungefähr gleich oft gedrückt würden. Nach dem Tastendrücken wurde ein tiefer oder hoher Ton präsentiert, je nachdem, welche Taste gedrückt wurde. Den Versuchspersonen wurde mitgeteilt, dass der Ton irrelevant für die Bearbeitung der Aufgabe sei. Laut dem Modell wurde in der Akquisitionsphase automatisch eine Bewegungs-Effekt-Assoziation aufgebaut, auch wenn die Versuchspersonen keine Aufmerksamkeit auf den Effekt richten sollten. Um zu prüfen, ob tatsächlich Bewegungs-Effekt-Assoziationen aufgebaut wurden und genutzt werden konnten, wurde eine Testphase eingebaut. In dieser Testphase wurde jeweils eines von den beiden Tönen präsentiert und die Aufgabe der Versuchspersonen war es, so schnell wie möglich darauf zu reagieren. Ihnen wurde mitgeteilt, es sei ohne Bedeutung, welche der beiden Tasten sie drücken würden. Um zu verhindern, dass die Versuchspersonen Intentionen darüber bilden, welche Taste sie drücken wollen, wurde eine Zweitaufgabe präsentiert, die die Versuchspersonen kognitiv forderte. Es zeigte sich, dass die Versuchspersonen in einem höheren Maße die mit dem Ton assoziierte Taste drückten. Das Modell würde dieses Ergebnis folgendermaßen erklären: Aufgrund der Akquisitionsphase waren die beiden Töne jeweils assoziiert mit den beiden Tasten. Durch die Präsentation der Töne wurden die entsprechenden Effektcodes exogen aktiviert und damit auch die assoziierten motorischen Programme. Diese Aktivierung erfolgte größtenteils automatisch, da die Versuchspersonen kognitiv abgelenkt waren (Elsner & Hommel, 2001, Experiment 4).

Nachdem nun das automatische Erlernen und Anwenden von Bewegungs-Effekt-Assoziationen behandelt wurde, soll im nächsten Schritt der Fokus auf das zielgerichtete Erlernen und Anwenden von Bewegungs-Effekt-Assoziationen liegen. Einen maßgeblichen Einfluss auf das Verstehen dieser Lernprozesse hatte die Theorie der internen Modelle.

Theorie der internen Modelle

Die neuronale Repräsentation von motorischem Lernen und motorischer Kontrolle kann anhand von konnektionistischen Modellen simuliert werden. Interne Modelle simulieren dabei die neuronale Repräsentation der Zusammenhänge zwischen Bewegungen und ihren Konsequenzen (Wolpert & Flanagan, 2001). Interne Modelle erklären also nicht das Lernen, sondern sind

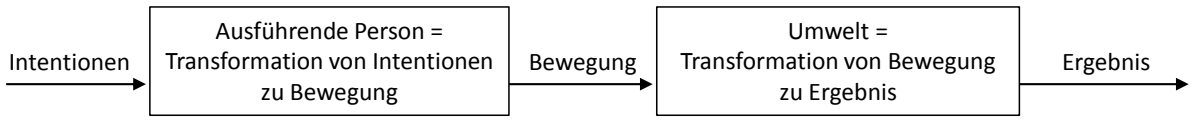


Abbildung 2.3: Lernproblem, angepasst nach Jordan und Rumelhart (1992, S. 309)

Gegenstand des Lernens. Wenn ein Computer ein internes Modell erlernt hat, so besitzt er simuliertes Handlungswissen in Form von internen Modellen. Das Lernen der internen Modelle kann wiederum Aufschluss über das Lernen von Bewegungen geben.

Einer der ersten Artikel zur Theorie der internen Modelle wurde von Jordan und Rumelhart (1992) geschrieben. Darin wird die Ausgangssituation folgendermaßen beschrieben: Intentionen sind Zielwerte, die es zu erreichen gilt. Anhand der Intentionen wird eine Bewegung ausgeführt. Diese Bewegung wiederum führt je nach Umweltzustand zu einem Ergebnis (siehe Abbildung 2.3). Nun ist folgendes Problem vorhanden: Die Zielwerte sind nur für das Ergebnis definiert, aber nicht für die Bewegung. Das Lernziel ist also eine Überführung von Intentionen zum Ergebnis. Gleichzeitig kann nur die Bewegung direkt kontrolliert werden. Das Ergebnis ist nur indirekt kontrollierbar, da eine Bewegung durch Umweltzustände zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann (Jordan & Rumelhart, 1992).

Jordan und Rumelhart (1992) schlagen vor, das Problem folgendermaßen zu lösen: Man teilt die Gesamtlernaufgabe in zwei Lernphasen und somit in zwei interne Modelle: das Vorwärtsmodell und das inverse Modell. Das *Vorwärtsmodell* ist ein internes Modell, das ein *antizipiertes Ergebnis* $\hat{Y}$ anhand von Umweltzustand und Bewegung erstellen kann. Beim Erlernen des Vorwärtsmodells soll der Fehler zwischen antizipierten Ergebnissen $\hat{Y}$ und *tatsächlichen Ergebnissen* Y minimiert werden $(\hat{Y} - Y)$. Wenn dieses Modell bereits einigermaßen gute antizipierte Ergebnisse liefert, kann die zweite Lernphase beginnen: Das Erlernen des inversen Modells. Beim *internen Modell* wird anhand des *intendierten Ergebnisses* Y^* eine Bewegung produziert. Dabei entstehen zwei Fehler, die minimiert werden können: Zum einen der Fehler zwischen dem intendierten Ergebnis Y^* und dem tatsächlichen Ergebnis Y $(Y^* - Y)$, zum anderen der Fehler zwischen dem intendierten Ergebnis Y^* und dem antizipierten Ergebnis $\hat{Y}$ $(Y^* - \hat{Y})$. Der erste Fehler kann beim Ausführen von Bewegungen minimiert werden, selbst wenn das Vorwärtsmodell nicht optimal ist. Der zweite Fehler wird beim mentalem Training und Planen von Bewegungen minimiert. $\hat{Y}$, Y und Y^* sind jeweils Vektoren mit Werten und die Fehlerminimierung wird hier verstanden als die Abstandsminimierung zwischen zwei Vektoren (Jordan & Rumelhart, 1992).

Die drei Fehler $(Y - \hat{Y})$, $(Y^* - Y)$ und $(Y^* - \hat{Y})$ können im Rahmen des TEC veranschaulicht werden. In Abbildung 2.4 wird jeweils die Aufteilung in Ereignisse, motorische Systeme und sensorische Systeme aufgezeigt. Der Einfachheit halber ist jedes Ereignis nur mit einer Einheit

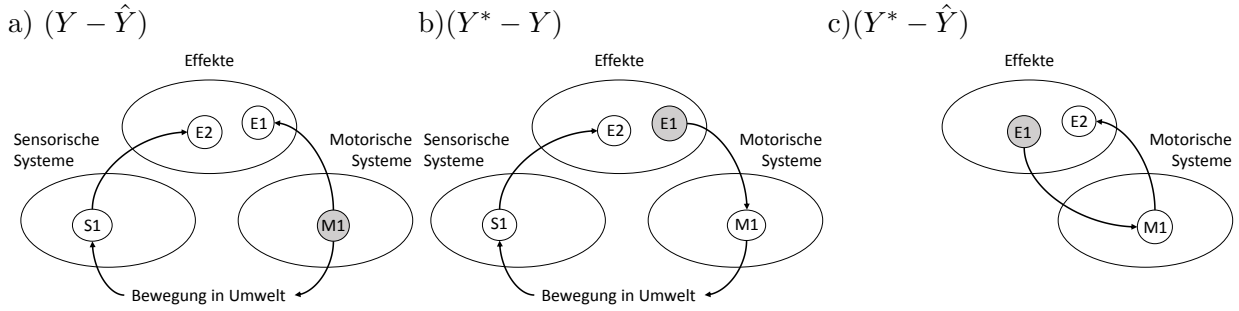


Abbildung 2.4: Die drei Fehlerarten im Rahmen des TEC (eigene Darstellung). Y: tatsächliches Ereignis, $\hat{Y}$: antizipiertes Ereignis, Y^*: intendiertes Ereignis. Weitere Erklärungen siehe Text.

aus dem motorischen bzw. sensorischem System verbunden. Diese stellen die motorischen Programme für dieses Ereignis bzw. das sensorische Muster, welches bei diesem Ereignis ausgelöst wird, dar. Graue Kreise kennzeichnen den Startpunkt. Der Fehler $(Y - \hat{Y})$ kommt folgendermaßen zustande: Ein motorisches Programm M1 wird zufällig ausgeführt. Zum einen wird anhand des Vorwärtsmodells eine Vorhersage getroffen, d.h. das motorische Programm M1 aktiviert das Ereignis E1. Des Weiteren wird durch die Bewegung in der Umwelt das Ereignis E2 wahrgenommen. Die Diskrepanz zwischen diesen Ereignissen ist der Fehler $(Y - \hat{Y})$ (Abbildung 2.4 a). Beispielsweise gelangt ein Kleinkind zufällig gegen eine Tasse (M1). Da bisher diese Bewegung immer damit verbunden war, dass die Tasse weggeschoben wurde (E1), wird dies auch antizipiert. Tatsächlich kippt die Tasse um (E2). Der Fehler $(Y^* - Y)$ (Abbildung 2.4 b) kann folgendermaßen erklärt werden: Man hat die Intention, das Ereignis E1 zu erreichen. Anhand des inversen Modells wird das entsprechende motorische Programm aktiviert. Dieses motorische Programm führt zu einer Bewegung in der Umwelt und damit zu einer Wahrnehmung. Das wahrgenommene Ereignis E2 stimmt nicht mit dem gewünschtem Ereignis E1 überein. Das Kleinkind kommt z.B. nun nicht zufällig gegen die Tasse, sondern hat die Intention, die Tasse wegzuschieben (E1). Das entsprechende motorische Programm wird umgesetzt (M1), führt aber dazu, dass die Tasse umkippt (E2). Kommen wir zum Fehler $(Y^* - \hat{Y})$ (Abbildung 2.4 c). Wir starten wieder mit dem gewünschtem Ereignis E1. Dieses führt anhand des inversen Modells zur Aktivierung des motorischen Programms M1. M1 wiederum führt wegen des Vorwärtsmodells zu der Aktivierung der Effektrepräsentation E2. In unserem Beispiel hat das Kleinkind wieder die Intention, die Tasse wegzuschieben (E1), wodurch das motorische Programm aktiviert wird (M1). Aus Erfahrung aber wird anhand des motorischen Programms antizipiert, dass die Tasse umkippen wird (E2). Zwei Aspekte sind an dieser Stelle erwähnenswert: Zum einen könnte man sich fragen, weshalb die Aktivierung nicht in beide Richtungen die gleiche ist. Das kann dadurch erklärt werden, dass für E1 die stärkste Aktivierung zu M1 führt, gleichzeitig aber auch zu anderen schwächeren Aktivierungen, die hier nicht abgebildet sind. Für M1 hingegen ist nicht E1 die stärkste assoziative Verbindung, sondern eine andere, nämlich E2. Zum anderen erkennt man, dass keine Umwelt notwendig ist, um den Fehler zu registrieren. Dies ist laut Jordan und Rumelhart (1992) der Grund, weshalb dieser Fehler beim Planen und mentalem Training, also ohne tatsächliche Ausführung der Bewegung, minimiert werden kann. Nachdem die Theorie der

internen Modelle bekannt ist, kann nun das Antizipative Lernmodell dargestellt werden, welches weitgehend auf der Theorie der internen Modelle beruht.

Antizipatives Lernmodell

Das Antizipative Lernmodell (Ziessler, Nattkemper & Frensch, 2004) basiert auf der Theorie der internen Modelle und ist ein Ablaufmodell, d.h. es gibt an, welche Prozesse beim Durchführen einer Bewegungsaufgabe durchlaufen werden. Das Antizipative Lernmodell beschreibt den Lernprozess und ist nicht selbst Gegenstand des Lernens (im Gegensatz zu den internen Modellen). Das Antizipative Lernmodell unterscheidet zwischen einer stimulusgeleiteten Reaktion und einem zielgerichteten Handeln. In Abbildung 2.5 ist das Antizipative Lernmodell grafisch dargestellt.

Bei einer *stimulusgeleiteten Reaktion* nimmt die ausführende Person einen Stimulus wahr. Dadurch werden automatisch entsprechende motorische Programme aktiviert (a) und führen zu einem *tatsächlichen Effekt* (b, Ziessler et al., 2004). Solche stimulusgeleiteten Reaktionen findet man z.B. in Reaktionszeitexperimenten, bei denen Versuchspersonen eine instruierte Taste drücken sollen, wenn ein bestimmter Stimulus dargestellt wird.

Bei einer *zielgerichteten Handlung* bildet die ausführende Person aufgrund der wahrgenommenen Situation (c) und ihrem internen Zustand (d) eine Intention. Intentionen werden als *intendierte Effekte* repräsentiert. Sie entsprechen den Effekten, die durch die Bewegung erreicht werden sollen. Beispielsweise könnte ein Basketballspieler die Intention haben, einen Basketball so zu werfen, damit er im Korb landet. Der intendierte Effekt führt anhand des inversen Modells zu bestimmten motorischen Programmen (e). Die motorischen Programme lassen wiederum anhand des Vorwärtsmodells Rückschlüsse darüber ziehen, welche Effekte zu erwarten sind. Diese Effekte werden *antizipierte Effekte* genannt. Es findet eine interne Überprüfung statt, ob die antizipierten und die intendierten Effekte übereinstimmen (f). Wenn sie übereinstimmen,

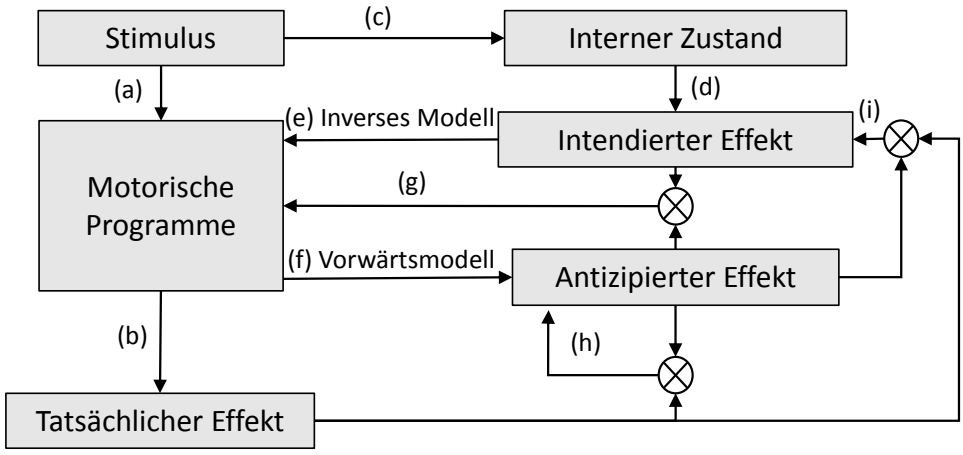


Abbildung 2.5: Antizipatives Lernmodell, angepasst nach Ziessler, Nattkemper und Frensch (2004, S. 174)

dann wird das motorische Programm verstärkt und ausgeführt. Falls nicht, wird das motorische Programm solange modifiziert, bis der intendierte und antizipierte Effekt weitgehend übereinstimmen. Dieser Prozess wird Handlungsplanung genannt (g). Die Handlungsplanung beim Basketballspieler besteht also darin, diejenigen motorischen Programme auszuwählen, anhand derer antizipiert wird, dass der Ball im Korb landet. Nachdem die Handlungsplanung abgeschlossen ist, werden die motorischen Programme ausgeführt und bewirken einen tatsächlichen Effekt (b). Der tatsächliche Effekt wird mit dem antizipierten Effekt verglichen. Falls diese übereinstimmen, wird das Vorwärtsmodell verstärkt. Falls nicht, wird das Vorwärtsmodell so angepasst, dass bei gegebenen motorischen Programmen ein anderer Effekt antizipiert wird und zwar einer, der mit dem tatsächlichen Effekt eher übereinstimmt (h). Gleichzeitig werden die intendierten Effekte mit den antizipierten und den tatsächlichen Effekten verglichen und gegebenenfalls modifiziert um die ausführende Person daran zu hindern, einen intendierten Effekt aufrechtzuerhalten, welcher nie erreicht werden kann (i, Ziessler et al., 2004). So könnte der Basketballspieler den Korb knapp verfehlen. Der tatsächliche Effekt stimmt also nicht mit dem antizipierten Effekt überein. Deshalb wird das Vorwärtsmodell angepasst: Die ausgeführten motorischen Programme werden nun mit dem knappen Verfehlen des Korbes assoziiert.

Da die intendierten Effekte durch die interne Prüfung bereits mit den antizipierten Effekten weitgehend in Einklang gebracht werden, findet Lernen im Rahmen des Antizipativen Lernmodells also vorrangig über die Verbesserung des Vorwärtsmodells statt. Durch die Nutzung der Bewegungs-Effekt-Assoziationen werden diese Assoziationen verifiziert oder modifiziert. Bei zielgerichteten Bewegungen wird also nicht jede Bewegung zwangsläufig mit ihren kontingenten Effekten verbunden, sondern nur bei Übereinstimmung zwischen den antizipierten und den tatsächlichen Effekten (Ziessler et al., 2004). Ein Experiment von Ziessler et al. (2004, Experiment 2) veranschaulicht diesen Aspekt. In der Akquisitionsphase erschienen nach der Ausführung einer Bewegung zwei Effekte. Es wurden zwei Gruppen gebildet, die jeweils die Kontingenz zwischen Bewegung und einem der beiden Effekte erlernen sollten. In der Testphase zeigte sich anhand von Reaktionszeiten, dass die Gruppen eine Bewegungs-Effekt-Assoziation nur mit dem instruierten Effekt gebildet haben. Ziessler et al. (2004) interpretieren die Ergebnisse dahingehend, dass obwohl beide Effekte in der Akquisitionsphase vorhanden wären, durch die Instruktion nur einer der beiden Effekte intendiert und somit antizipiert würde. Deswegen würde das Vorwärtsmodell während der Akquisitionsphase nur für den intendierten Effekt angepasst.

Das Zwei-Stufen-Modell von Elsner und Hommel (2001) und das Antizipative Lernmodell von Ziessler et al. (2004) scheinen also zunächst nicht vereinbar zu sein. Dennoch lassen sich beide Ergebnisse zusammenführen. Herwig und Waszak (2012) machen dies möglich, indem sie zwischen Bindung und Lernen unterscheiden. *Bindungen* entstehen durch Synchronisation von Aktivierungsmustern. Alle neuronalen Netzwerke, die synchron aktiviert werden, werden gebunden. *Lernen* ist laut Herwig und Waszak (2012) die Verstärkung von Verbindungen zwischen neuronalen Netzwerken durch Langzeitpotenzierung. Das bedeutet, durch Lernen werden Bindungen selektiv in anhaltende Gedächtnisspuren übertragen, je nachdem ob diese Bindungen relevant sind. Das Entstehen von Bindungen ist unabhängig von Aufmerksamkeit oder Intentio-

nen. Lernen dagegen braucht Intentionen. Damit lässt sich sowohl das Zwei-Stufen-Modell als auch das Antizipative Lernmodell in Einklang bringen. Beim Zwei-Stufen-Modell wird die Entstehung von Bindungen beschrieben, die ohne Aufmerksamkeit oder Intentionen auskommen. Bindungen entstehen durch synchrone Aktivierung von Netzwerken, also bei Kontiguität und Kontinuität von motorischen Programmen und ihren Effekten. Das Antizipative Lernmodell beschreibt das Lernen, also das Übertragen von relevanten Bindungen in Gedächtnisspuren und gleichzeitig das Aussortieren von nicht relevanten Bindungen. Ob etwas relevant ist oder nicht, kann dabei nur durch Intentionen festgelegt werden.

Neben der Intention ist beim Erlernen von Bewegungsaufgaben auch der Kontext entscheidend. Das Antizipative Lernmodell berücksichtigt den Kontext, in dem eine Bewegung durchgeführt wird, nicht explizit. So kann ein Basketballspieler denselben intendierten Effekt haben, einen Ball in ein Korb zu werfen, unabhängig davon, wie schwer der Ball ist. Nehmen wir an, der Basketballspieler wirft einen leichten Ball und erfährt einen tatsächlichen Effekt, der nicht mit dem antizipierten Effekt übereinstimmt. Das Vorwärtsmodell wird angepasst. Danach wirft er einen schweren Ball. Er hat den gleichen intendierten Effekt, kommt also zu den identischen motorischen Programmen wie beim ersten Versuch. Diese aktivieren aber nun die modifizierten antizipierten Effekte, schließlich wurde das Vorwärtsmodell angepasst. Der tatsächliche Effekt stimmt aber wieder nicht mit dem antizipierten Effekt überein, denn der Kontext wird im Lernprozess nicht berücksichtigt. Um diese Lücke zu schließen, wird im nächsten Abschnitt das Modell der Antizipativen Verhaltenskontrolle vorgestellt.

Modell der Antizipativen Verhaltenskontrolle

Das Modell der Antizipativen Verhaltenskontrolle (anticipatory behavioral control, kurz ABC-Modell) von Hoffmann (2003, 1993) beschäftigt sich mit dem Erlernen von kontextspezifischen Bewegungs-Effekt-Assoziationen. Dazu schrieb Hoffmann (1993): „*Die Antizipation von Verhaltenskonsequenzen kann in der Regel nur dann erfolgreich sein, wenn die Ausgangsbedingungen berücksichtigt werden, auf die der jeweilige Verhaltensakt angewendet wird. Gelernt werden muß also nicht nur, welche Verhaltensakte zu welchen Konsequenzen führen, sondern unter welchen Bedingungen, welche Verhaltensakte zu welchen Konsequenzen führen. Es muss, wie man auch sagen könnte, gelernt werden, welche Situationen durch das eigene Verhalten wie verändert werden*“ (Hoffmann, 1993, S. 44). Somit unterscheidet das ABC-Modell zwei Lernprozesse: Das Bilden der Bewegungs-Effekt-Assoziationen und der Kontextualisierung der Bewegungs-Effekt-Assoziationen (siehe Abbildung 2.6).

Wie in der Abbildung 2.6 zu erkennen ist, werden intendierte Effekte nicht behandelt. Intendierte Effekte sind besonders dann wichtig, wenn Intentionen anhand eines inversen Modells in Bewegungen umgesetzt werden sollen. Hoffmann hat sein Modell vor allem auf Befunden von Reaktionszeitexperimenten aufgebaut, bei denen nur sehr einfache Bewegungen zum Einsatz kamen und die Bewegungssteuerung somit vernachlässigt werden konnte (Künzell, 2004). Wenn man in dieser Hinsicht das Antizipative Lernmodell betrachtet, so stellt man fest, dass zwar intendierte Effekte und das inverse Modell vorkommen, dieses aber nicht modifiziert wird bzw.

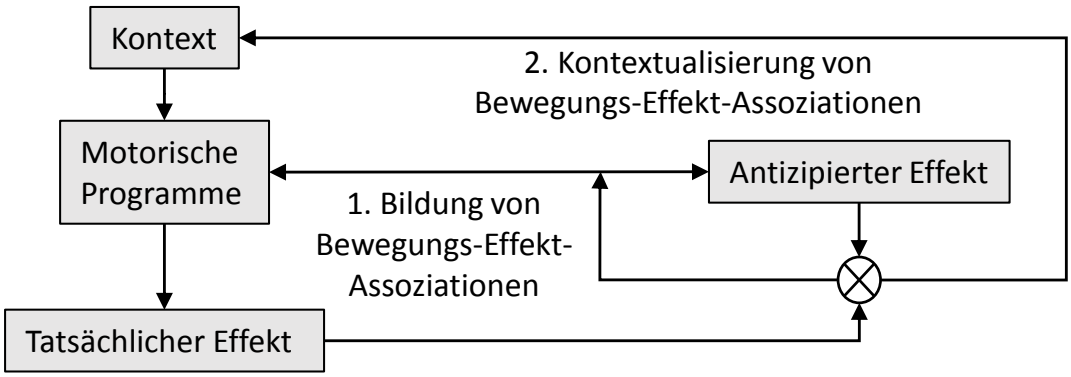


Abbildung 2.6: ABC-Modell, angepasst nach Hoffmann, Berner et al. (2007, S. 134)

nur in dem Extremfall, wenn der intendierte Effekt nicht möglich ist. Dies hat wahrscheinlich ebenfalls etwas damit zu tun, dass das Antizipative Lernmodell auf Reaktionszeitexperimenten beruht. Um das Erlernen von sportlichen Fertigkeiten mit komplexen Bewegungsabläufen zu verstehen, ist die Bewegungssteuerung aber ein wesentliches Merkmal und sollte nicht vernachlässigt werden. Im nächsten Abschnitt wird das Konzept des Effektkontrollierten Lernens behandelt, welches neben den bereits genannten Aspekten auch die Bewegungssteuerung beinhaltet.

Effektkontrolliertes Lernen

Effektkontrolliertes Lernen (Künzell, 2000; Hossner & Künzell, 2003; Künzell, 2004; Scherer, 2013) beruht auf den Annahmen der Theorie der internen Modelle und dem ABC-Modell. Es wird angenommen, dass beim Durchführen einer Bewegung der intendierte, der antizipierte und der tatsächliche Effekt miteinander verglichen werden. Wenn mehr als zwei Effekte nicht übereinstimmen, kann Lernen nicht stattfinden. Dies kann z.B. bei ganz neuen Bewegungen passieren, bei der jegliche Effekterfahrung fehlt (Künzell, 2004). Dieses Problem wird *Kontrolldilemma* genannt und kann nur durch Ausprobieren wieder gelöst werden. *„Wir antizipieren nur sehr diffus und probieren es einfach, frei nach dem Motto: „Mal sehen, was dabei herauskommt...“[...] Denn darüber werden erste Aktions-Effekt-Beziehungen hergestellt, alltagssprachlich sagen wir: erste Erfahrungen gesammelt. Dadurch wird der für den Lernenden zunächst sehr offene Lösungsraum eingegrenzt und strukturiert, und erst wenn durch solche Relationsbildungen präzisere Antizipationen von Effekten möglich sind, kann auch entsprechend gezielter gelernt werden“* (Scherer, 2013, S. 68-69).

Wenn nur ein Effekt mit den anderen nicht übereinstimmt, ist Lernen möglich. Es ergeben sich drei Lernanlässe, die anhand einer Beispielskifahrerin veranschaulicht werden können (Künzell, 2004; Hossner & Künzell, 2003). Der erste Lernanlass tritt auf, wenn der intendierte Effekt weder dem antizipierten noch dem tatsächlichen Effekt entspricht. Die Bewegung wird falsch bzw. nicht wie gewollt ausgeübt, es entstehen *Bewegungsfehler*. Durch die Rückmeldung weiß der Lernende aber, was er beim nächsten Mal verbessern kann. Hier wird das inverse Modell angepasst um beim nächsten Mal die entsprechenden motorischen Programme aktivieren zu

können. Somit wird hier die Bewegungssteuerung erlernt. Auf die Beispielskifahrerin übertragen, lässt sich der Lernanlass folgendermaßen beschreiben: „*Die Skifahrerin nimmt die Eisplatte wahr und möchte eine Linkskurve fahren. Ihre Bewegungen führen aber zu einem unerwünschten seitlichen Abrutschen. Dieses Abrutschen kommt aber nicht unerwartet, sondern sie hat es bereits antizipiert. In diesem Fall sagt ihr Vorwärtsmodell (oder das Bewegungsgefühl), wie sie ihre Bewegungssteuerung anpassen muss, dass sie beim nächsten Mal die Kurve besser nimmt*“ (Künzell, 2004, S. 51).

Der zweite Lernanlass erfolgt, wenn der tatsächliche Effekt mit den anderen beiden nicht übereinstimmt. Dies passiert, wenn die Bewegung zwar richtig ausgeführt wurde, aber im falschen Kontext. Damit diese *Wahrnehmungsfehler* nicht wiederholt und der Kontext der Bewegung beim nächsten Mal klar erkannt wird, muss die Wahrnehmung differenziert werden (Künzell, 2000, 2004; Hossner & Künzell, 2003). Nehmen wir zur Veranschaulichung wieder die Skifahrerin: *„In der geplanten Bewegungsbahn liegt eine blaugraue schimmernde Fläche, von der erfahrene Skifahrer wissen, dass es sich dabei um eine Eisplatte handelt. Die Skifahrerin aus unserem Beispiel ist aber bisher nur auf griffigen Pisten gefahren und kennt den Unterschied zum Fahren auf Eis noch nicht. Sie fährt also im gewohnten Stil weiter, rutscht zu ihrer Überraschung mit der Kante weg und landet unsanft mit ihrer Hüfte auf der harten Eisplatte“* (Künzell, 2004, S. 49).

Der dritte Lernanlass erfolgt, wenn der antizipierte Effekt nicht mit den anderen übereinstimmt, es entstehen *Vorhersagefehler*. Es gelingt etwas, was man nicht erwartet hat („Aha-Erlebnisse“) und man versucht beim nächsten Mal diese Bewegung zu wiederholen. Durch den Vergleich zwischen dem tatsächlichen und dem antizipierten Effekt wird das Vorwärtsmodell angepasst, d.h. welche Effekte zu erwarten sind bei einem bestimmten motorischen Programm. Im Falle der Skifahrerin lässt sich der Lernanlass folgendermaßen beschreiben: *„Das gewünschte Bewegungsergebnis ist nach wie vor die sauber über die Eisplatte gefahrene Linkskurve. Allerdings fehlt die Kenntnis darüber, was denn nun genau passiert, wenn eine Eisplatte angefahren wird. Die Antizipation des Bewegungseffektes ist also unklar. Da sie sich an den Vorerfahrungen orientiert ist es plausibel anzunehmen, dass ein Sturz oder zumindest ein Rutschen über die Platte antizipiert wird. Das antizipierte Bewegungsergebnis entspricht also nicht dem gewünschten Bewegungsergebnis. Der Lerneffekt tritt in diese Situation vor allem dann ein, wenn - ebenfalls überraschend und nicht antizipiert - die Bewegung dann doch das gewünschte Ergebnis zur Folge hat, wenn auf einmal die Kurve gelingt“* (Künzell, 2004, S. 50-51).

Stimmen alle drei Effekte überein, wird die Bewegung durch das limbische System positiv verstärkt (Scherer, 2013), und weiteres Lernen im Sinne eines Modifikationsprozesses ist nicht möglich (Künzell, 2004).

Modell des Fertigkeitserwerbs

Effektkontrolliertes Lernen kann mit dem Modell des Fertigkeitserwerbs von Gentile (1972) kombiniert werden, um eine zeitliche Abfolge der Lernanlässe abzuleiten. Das Modell des Fer-

tigkeitserwerbs von Gentile (1972) besagt, dass Fertigkeitserwerb aus zwei Stadien besteht: Im ersten Stadium bekommt die ausführende Person eine Idee der Bewegung. In zweiten Stadium ist entscheidend, ob der Kontext der Bewegung variiert oder stabil bleibt. Wenn er stabil bleibt, dann wird die Bewegung fixiert. Wenn der Kontext variiert, dann wird die Bewegung diversifiziert (Gentile, 1972). Wenn man dies nun zusammenführt mit dem effektkontrolliertem Lernen, dann würde man folgendes ableiten: Im ersten Schritt sammelt die ausführende Person Erfahrungen und erlernt somit Bewegungs-Effekt-Assoziationen und dadurch auch das Vorwärtsmodell (dritte Lernanlass). Wenn eine Idee der Bewegung durch verschiedene Bewegungs-Effekt-Assoziationen gebildet wurde, beginnt das zweite Stadium, wobei der Übergang fließend ist. Wenn die Bewegung immer akkurater durchgeführt und fixiert werden soll, wird das inverse Modell erlernt (erster Lernanlass). Wenn die Bewegung diversifiziert werden soll, wird vor allem die Kontextualisierung der Bewegungs-Effekt-Assoziationen erlernt (zweiter Lernanlass). Ein Beispiel, bei dem vor allem die Bewegungssteuerung gelernt werden muss, bilden z.B. Yoga-Übungen. Wenn man annimmt, dass das umgebende Gravitationsfeld, das Gewicht und die Körperproportionen der ausführenden Person sich nicht verändern und die Person auch keine schweren Dinge wie Rucksack oder Kleidung mit sich trägt, so kann davon ausgegangen werden, dass für diese Bewegungsaufgabe eine bestimmte Bewegungssteuerung erlernt und fixiert wird. Eine Bewegungsaufgabe, die vor allem der Wahrnehmungsdifferenzierung bedarf, ist z.B. das Segeln, bei dem je nach Ausgangsbedingung andere Bewegungen notwendig sind. Die meisten Bewegungsaufgaben werden sich wohl zwischen den beiden Extremen befinden. Die Überlegungen zeigen deutlich, dass der Lernanlass sowohl von der Effekt-Erfahrung der ausführenden Person als auch von der Bewegungsaufgabe abhängt. Darauf soll später näher eingegangen werden.

Prinzipiell kann eine Bewegung sehr viele unterschiedliche Effekte hervorrufen und anhand unterschiedlicher Effekte erlernt und kontrolliert werden. Der Aufmerksamkeitsfokus beschäftigt sich damit, welche Effekte während des Bewegungslernens fokussiert und damit kontrolliert werden. Das Konzept des Aufmerksamkeitsfokus soll im nächsten Kapitel behandelt werden.

3 Aufmerksamkeitsfokus

Das Konzept des Aufmerksamkeitsfokus ist nicht aus der Theorie der Ereigniskodierung oder der antizipativen Lernmodelle (oder einer anderen Theorie zum Bewegungslernen), sondern umgekehrt aus empirischen Befunden hervorgegangen. Erst im weiteren Verlauf der Forschung sind theoretische Überlegungen zu den Befunden als Erklärungsversuch hinzugekommen. Somit sollen zunächst auf die definierenden Aspekte anhand der Befundlage und danach auf die theoretischen Überlegungen eingegangen werden.

3.1 Definierende und modifizierende Aspekte

Mit dem Begriff Aufmerksamkeitsfokus ist nicht die visuelle Aufmerksamkeit gemeint, sondern das mentale Konzentrieren auf bestimmte Aspekte während der Bewegungsausführung. Beim *internen Aufmerksamkeitsfokus* wird die Aufmerksamkeit auf den eigenen Körper und dessen Bewegungsabläufe gelenkt. Ein *externer Aufmerksamkeitsfokus* liegt vor, wenn die Aufmerksamkeit auf die Effekte gelenkt wird, die eine Bewegung auf die Umwelt ausübt (Wulf, 2007). Der Effektbegriff wird dabei anders verwendet als im Rahmen der Ideomotorischen Hypothese. Innerhalb der Forschung zum Aufmerksamkeitsfokus sind Effekte als körperexterne Veränderungen der Umwelt durch die eigene Bewegung zu verstehen und sind somit von den eigentlichen Körperbewegungen abgegrenzt. Wenn man z.B. einen Tennisball schlägt, dann ist die Ballbewegung ein Effekt, die Armbewegung, die für den Schlag notwendig war, dagegen kein Effekt. Im Gegensatz dazu werden innerhalb der Ideomotorischen Hypothese alle Wahrnehmungen während oder nach der Bewegung als Effekte verstanden, d.h. sowohl die visuelle Wahrnehmung der Ballflugbahn als auch die propriozeptive Wahrnehmung des Armes. Um die Unterscheidung deutlich zu machen, wird ab jetzt der Begriff *Umwelteffekt* für die erste Bedeutung und der Begriff *Effekt* (wie im letzten Kapitel) für die zweite Bedeutung verwendet. Schließlich wird in der vorliegenden Forschungsarbeit der Begriff *Fokuseffekt* als Kurzform für den Ausdruck „Effekt (im Sinne einer Wirkung) des Aufmerksamkeitsfokus“ verwendet.

In Experimenten wird die Aufmerksamkeitslenkung über Instruktion zu manipulieren versucht. Der Unterschied zwischen externem und internem Aufmerksamkeitsfokus soll an einem Experiment von Wulf et al. (1998, Experiment 2) veranschaulicht werden. Die Versuchspersonen erhielten die Aufgabe, auf einer beweglichen Plattform zu stehen und diese durch Gleichgewichtsverlagerung möglichst horizontal zu halten. Sie wurden in zwei Gruppen eingeteilt: Der externen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass sie die Marker, die auf der Plattform befestigt waren, möglichst horizontal halten sollen. Die interne Fokusgruppe wurde instruiert, ihre Füße möglichst horizontal zu halten. Gemessen wurde die durchschnittliche Abweichung der Plattform von der Horizontalen. Die externe Fokusgruppe zeigte in der Testphase ohne Fokusinstruktion eine bessere Leistung als die interne Fokusgruppe.

Es existieren viele Experimente, die sich mit dem Aufmerksamkeitsfokus im Rahmen des Erlernen und Verbesserns von Bewegungen beschäftigen (siehe für einen Überblick u.a. Peh, Chow & Davids, 2011; Wulf, 2007, 2013), trotzdem existieren keine Standardinstruktionen, die man für alle Bewegungsaufgaben verwenden kann. Vielmehr werden die Instruktionen an die konkrete Bewegungsaufgabe angepasst. Dies lässt Raum für Variation und führt zu der Notwendigkeit, dieser Variation definierende Grenzen zu setzen. Im nächsten Abschnitt soll versucht werden, diese Grenzen zu beschreiben, also darauf einzugehen, welche Aspekte gegeben bzw. nicht vorhanden sein dürfen, damit man von einer gültigen Operationalisierung des Aufmerksamkeitsfokus sprechen kann. Wie bereits erwähnt, sind die meisten Aspekte nicht aus theoretischen Überlegungen hervorgegangen, sondern aus Schlussfolgerungen aus Befunden, die keinen oder einen besonders großen Fokuseffekt aufzeigen konnten.

Gleiche Bewegungsziele

Wenn eine Bewegungsaufgabe mehrere Bewegungsziele beinhaltet, sollten sich die Instruktionen für die beiden Aufmerksamkeitsfoki auf das gleiche Bewegungsziel beziehen und sich nur in Bezug auf dieses Bewegungsziel unterscheiden. Das Experiment von Canning (2005) wurde von Wulf, Landers, Lewthwaite und Töllner (2009) genau wegen dieses Punktes kritisiert. Im Experiment sollten ältere Versuchspersonen in mehreren Durchgängen 10 Meter gehen und dabei ein Tablett halten, auf dem Gläser standen. Die externe Fokusgruppe sollte auf das Tablett fokussieren, die interne Fokusgruppe sollte sich auf das Gehen fokussieren. Als Leistung wurde sowohl die Gangqualität (Geschwindigkeit, Schrittlänge etc.) als auch der Prozentsatz erfolgreicher Durchgänge, bei denen die Gläser aufrecht geblieben sind, gemessen. Canning (2005) fand heraus, dass die Gehleistung unter der internen Bedingung besser war als unter der externer Bedingung. Es gab keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf das Tragen des Tabletts. Canning (2005) schlussfolgerte u.a., dass bei ihrer Bewegungsaufgabe im Gegensatz zu früheren Befunden der interne Aufmerksamkeitsfokus zu besseren Ergebnissen geführt habe als der externe Aufmerksamkeitsfokus. Wulf et al. (2009) kritisieren diese Schlussfolgerung, da das Gehen und das Tablett Tragen zwei Bewegungsziele seien und jeweils unterschiedlich in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus instruiert werden könnten. Beim Tablett Tragen könne man sich z.B. auf die Gläser auf dem Tablett (extern) oder auf die Bewegung der Hände, die das Tablett halten (intern), konzentrieren. Gleichzeitig könne man sich beim Gehen auf das Ablaufen von Markierungen auf dem Boden (extern) oder auf die Beinbewegung (intern) konzentrieren. Ein Vergleich zwischen internem und externem Aufmerksamkeitsfokus solle immer in Bezug auf dasselbe Bewegungsziel stattfinden, nur bei solchen Vergleichen könne sich die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus zeigen.

Nachgeschaltete Umwelteffekte

Die definierende Eigenschaft für den externen Aufmerksamkeitsfokus ist der Fokus auf Umwelteffekte. Veränderungen der Umwelt, die vor der Bewegung stattfinden, sind somit nicht gemeint. Um den Unterschied zu verdeutlichen, führten Wulf, McNevin, Fuchs, Ritter und Toole (2000) ein Experiment durch. Versuchspersonen sollten Tennisbälle auf einen Zielbereich schlagen, die durch eine Maschine zugeworfen wurden. Je näher am Ziel die Bälle aufkamen, desto besser wur-

de die Leistung bewertet. Die Versuchspersonen wurden randomisiert einer Antezedenz- oder einer Umwelteffektgruppe zugeordnet. In der Antezedenzgruppe wurden die Versuchspersonen instruiert, auf die Flugbahn des Balls zu fokussieren, wenn er von der Ballmaschine kommt bis zum Punkt, wo er durch den Tennisschläger getroffen wird. In der Umwelteffektgruppe wurden die Versuchspersonen instruiert, auf die antizipierte Flugbahn des Balls zu fokussieren und sich vorzustellen, dass er das Ziel trifft. In der Testphase, in der keine Fokusinstruktionen mehr gegeben wurden, zeigte die Umwelteffektgruppe eine bessere Leistung als die Antezedenzgruppe (Wulf et al., 2000, Experiment 1).

Zielgekoppelte Umwelteffekte

Ein Umwelteffekt sollte relevant für das Bewegungsziel sein. Zielgekoppelt bedeutet also, dass der Umwelteffekt mit der Leistung in einem Zusammenhang steht. Wulf hat mehrfach betont, dass die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus nicht darin bestehe, den Lernenden von den eigenen Bewegungen abzulenken (Wulf, 2007; Wulf & McNevin, 2003), sondern seine Aufmerksamkeit auf zielgekoppelte Umwelteffekte zu lenken, damit der Körper die Bewegung möglichst ohne bewusste Kontrolle anpassen könne.

Wulf und McNevin (2003) führten ein Experiment durch, um zu zeigen, dass die Ablenkung durch den Fokus auf irrelevante externe Aspekte zu einer schlechteren Leistung führt als der externe Aufmerksamkeitsfokus auf den Umwelteffekt. Versuchspersonen sollten eine bewegliche Plattform horizontal halten und wurden extern (Fokus auf Plattform) oder intern (Fokus auf Füße) instruiert. Eine zusätzliche Gruppe wurde instruiert, eine Geschichte, die während der Bewegungsausübung abgespielt wurde, zu verfolgen. Der Inhalt der Geschichte war weder ein Umwelteffekt noch zielgekoppelt. Beim Test zeigte die externe Fokusgruppe eine bessere Leistung als die anderen beiden Gruppen, die sich nicht signifikant voneinander unterschieden. Das Experiment kann somit empirisch bestätigen, dass der Fokus auf etwas, das weder ein Umwelteffekt noch zielgekoppelt ist, zu schlechteren Ergebnissen führt als ein Fokus auf einen zielgekoppelten Umwelteffekt. Es bleibt aber unklar, ob dies daran liegt, dass der Fokus auf etwas gerichtet war, dass kein Umwelteffekt darstellte, dass es nicht zielgekoppelt war oder beides zusammen. Ein nicht zielgekoppelter Umwelteffekt für die beschriebene Bewegungsaufgabe wäre z.B. wenn die Versuchspersonen einen hohen Ton präsentiert bekommen würden, wenn sie den Oberkörper nach vorne beugen und einen tiefen Ton, wenn sie den Oberkörper nach hinten beugen. Dieser Umwelteffekt ist nicht zielgekoppelt, da nur die transversale Druckveränderung (rechts vs. links) einen Einfluss auf die Plattformbewegung und somit das Ziel haben sollte, aber nicht die sagittale Druckveränderung (vorne vs. hinten; vorausgesetzt beide Füße liegen auf einer Linie).

Beilock, Carr, MacMahon und Starkes (2002, Experiment 2) untersuchten, ob Ablenkung, also der Fokus auf etwas, das weder zielgekoppelt noch ein Umwelteffekt ist, unterschiedliche Effekte in Abhängigkeit von der Expertise zeigt. Bei einer Fußballaufgabe wurden Versuchspersonen entweder instruiert, darauf zu fokussieren, wo der Fuß den Ball berührt (intern) oder sie sollten eine auditive Wortüberwachungsaufgabe durchführen (Ablenkung). Novizen zeigten eine bessere

Leistung, wenn sie intern fokussierten, Experten dagegen, wenn sie abgelenkt wurden. Ablenkung scheint also nicht immer zu schlechten Ergebnissen zu führen, sondern nur dann, wenn die Bewegungsaufgabe noch nicht erlernt wurde.

Zeitliche Entfernung

Körperbewegungen und Umwelteffekte können zeitlich unterschiedlich stark voneinander entfernt sein: Sie können simultan erfolgen, der Umwelteffekt kann aber auch zeitlich verzögert auftreten. Umwelteffekte, die simultan zur Körperbewegung erfolgen, hängen stärker von der Technik der Bewegung ab als zeitlich ferne Umwelteffekte. Dies wird in einem Experiment von Wulf et al. (2000, Experiment 2) deutlich, bei dem zwei verschiedene externe Aufmerksamkeitsfoki miteinander verglichen wurden. Versuchspersonen sollten einen Golfball schlagen und entweder auf die Schwingung des Golfschlägers (extern nah) oder auf die Flugbahn des Balles (extern fern) konzentrieren. Es zeigte sich, dass der extern nahe Aufmerksamkeitsfokus sowohl beim Training als auch beim Test zu einer besseren Leistung führte. Man sollte hinzufügen, dass die Versuchspersonen keine Golferfahrungen besaßen, sodass der technikorientierte, extern nahe Aufmerksamkeitsfokus ihnen mehr half. Interessanterweise zeigte sich bei einem anderen Experiment mit erfahrenen Golfern genau der gegenteilige Effekt: Die Versuchspersonen zeigten eine bessere Leistung, wenn sie instruiert wurden, extern fern zu fokussieren als extern nah oder intern (Bell & Hardy, 2009). Ob der extern nahe oder extern ferne Aufmerksamkeitsfokus zu besseren Ergebnissen führt, scheint also von der Expertise abhängig zu sein.

Expertise. Perkins-Ceccato, Passmore und Lee (2003) haben ein ähnliches Experiment durchgeführt, wobei sie sowohl erfahrene als auch unerfahrene Golfspieler einbezogen haben. Die Versuchspersonen sollten sich entweder darauf konzentrieren, wie sie den Schläger schwingen oder darauf, den Golfball so nah wie möglich an das Ziel zu schlagen. Sie benannten fälschlicherweise den Aufmerksamkeitsfokus auf den Schläger als intern und den Aufmerksamkeitsfokus auf das Ziel als extern (siehe dazu Wulf & Su, 2007); was sie also manipulierten, war ein extern naher Aufmerksamkeitsfokus (Schläger) und ein extern ferner Aufmerksamkeitsfokus (Ziel). Es zeigte sich auch hier, dass erfahrene Versuchspersonen stärker von einem extern fernen Aufmerksamkeitsfokus profitierten, unerfahrene Versuchspersonen dagegen von einem extern nahen Aufmerksamkeitsfokus. In einem Experiment von Wulf und Su (2007) konnte dagegen gezeigt werden, dass sowohl unerfahrene als auch erfahrene Versuchspersonen eine bessere Leistung zeigten, wenn sie bei einer Golfaufgabe auf die Schwingung des Schlägers (extern nah) und nicht auf die Schwingung der Arme (intern) fokussierten. Die Expertise hatte in diesem Fall also keinen moderierenden Einfluss.

Naher vs. ferner Fokuseffekt. Um herauszufinden, wie Expertise den Fokuseffekt beeinflusst, wurden alle Ergebnisse aus diesem und letzten Abschnitt in Tabelle 3.1 zusammengefasst. Sie ergeben ein kohärentes Gesamtbild und lassen zwei Aussagen zu: Erstens scheint die Überlegenheit des extern nahen Aufmerksamkeitsfokus gegenüber dem internen Aufmerksamkeitsfokus sowohl bei Novizen als auch Experten vorhanden zu sein. Sowohl der interne als auch der extern nahe Aufmerksamkeitsfokus ist technikbezogen. Dies führt zum zweiten Punkt: Ein technikbezoge-

Tabelle 3.1: Übersicht über Experimente, die die Expertise und die zeitliche Entfernung der Umwelteffekte von der Körperbewegung variiert haben. Die einzelnen Experimente werden im Text erläutert.

Experimente	**Ergebnisse**		
Novizen			
Beilock et al. (2002, Exp. 2)	Ablenkung schlechter als		intern
Perkins-Ceccato et al. (2003)	extern fern schlechter als	extern nah	
Wulf et al. (2000)	extern fern schlechter als	extern nah	
Wulf und McNevin (2003)	Ablenkung schlechter als	extern nah besser als	intern
Wulf und Su (2007, Exp 1)		extern nah besser als	intern
Experten			
Beilock et al. (2002, Exp. 2)	Ablenkung besser als		intern
Bell und Hardy (2009)	extern fern besser als	extern nah besser als	intern
Perkins-Ceccato et al. (2003)	extern fern besser als	extern nah	
Wulf und Su (2007, Exp. 2)		extern nah besser als	intern

ner Aufmerksamkeitsfokus scheint bei Novizen zu besseren Leistungen zu führen als Ablenkung oder ein extern ferner Aufmerksamkeitsfokus. Bei Experten ist dies genau andersherum. Sie zeigen schlechtere Leistung bei einem technikbezogenen Aufmerksamkeitsfokus. Somit sollten auch zwei Fokuseffekte unterschieden werden: Der erste Effekt wird von nun an als *naher Fokuseffekt*, der zweite Effekt als *ferner Fokuseffekt* bezeichnet.

Es bleibt unklar, ob Ablenkung und der extern ferne Aufmerksamkeitsfokus unterschiedlich den fernen Fokuseffekt beeinflussen. Castaneda und Gray (2007) haben Ablenkung und Aufmerksamkeitsfokus mit unterschiedlicher zeitlicher Entfernung in Abhängigkeit von der Expertise untersucht. Sie haben herausgefunden, dass bei Experten der extern ferne Aufmerksamkeitsfokus zu besseren Ergebnissen führt als Ablenkung und bei Novizen kein Unterschied zwischen Ablenkung und extern fernem Aufmerksamkeitsfokus besteht. Doch dieses Experiment weist methodische Schwächen auf. Statt nur die Aufmerksamkeit auf bestimmte Aspekte der Bewegungsaufgabe zu richten, mussten die Versuchspersonen Urteile über diese Aspekte beim Ausführen der Bewegungsaufgabe abgeben. Somit entspricht die Operationalisierung des Aufmerksamkeitsfokus nicht dem üblichen Vorgehen und wird von Wulf (2013) dafür kritisiert (siehe Abschnitt Instruktionen). Die Ergebnisse sind also nicht direkt vergleichbar und wurden deshalb nicht in Tabelle 3.1 aufgeführt.

Die Unterscheidung zwischen dem nahen und fernen Fokuseffekt ist aus zwei Gründen wichtig. Erstens scheinen die beiden Fokuseffekte durch unterschiedliche Mechanismen hervorgerufen zu werden. Der ferne Fokuseffekt scheint von Expertise abhängig zu sein, der nahe Fokuseffekt hingegen nicht. Zweitens scheint es eine Konfundierung zwischen der Instruktion zum Aufmerksamkeitsfokus und der Instruktion in Bezug auf technik- bzw. zielrelevante Aspekte der Bewegungsaufgabe zu geben. Auch wenn eine Bewegung durch zeitlich ferne Umwelteffekte erlernt werden kann, widmet sich die vorliegende Arbeit ausschließlich dem nahen Fokuseffekt, der

unabhängig von Expertise ist und bei dem die Konfundierung mit technik- vs. zielorientierter Instruktion vermieden werden kann.

Räumliche Entfernung

Zeitliche und räumliche Entfernung müssen voneinander unterschieden werden. Zeitliche Entfernung beschreibt, wie lange nach der Bewegung der Umwelteffekt eintritt. Räumliche Entfernung beschreibt, wie weit entfernt ein Umwelteffekt vom Körper stattfindet. Z.B. löst ein Tastendruck unmittelbar ein Licht aus, dieses Licht kann aber unterschiedlich weit entfernt vom Körper angebracht sein. Gleichzeitig kann ein Umwelteffekt verzögert eintreten, sich aber in unmittelbarer Nähe des Körpers befinden. Z.B. wird bei einer Yogaübung die Matte eingedrückt. Je nachdem wie nachgiebig diese Matte ist, kann sich der Abdruck nicht sofort, sondern erst im Laufe der Zeit vertiefen. Je nachdem, wie zeitlich entfernt der zu fokussierende Umwelteffekt ist, desto stärker werden technik- oder zielbezogene Aspekte angesprochen (siehe letzter Abschnitt). Bei der räumlichen Entfernung hingegen geht es darum, wie gut Körperbewegung und Umwelteffekt auseinander gehalten werden können. McNevin, Shea und Wulf (2003) schrieben dazu folgendes: „*Weshalb sollte so etwas Unscheinbares wie die räumliche Distanz zwischen Bewegung und seinem Effekt so einen deutlichen Einfluss darauf haben, wie gut eine Aufgabe erlernt wird? Wir vermuteten, dass Effekte, die in unmittelbarer räumlicher Nähe zum Körper auftreten, weniger einfach vom Körper unterscheidbar sind als weiter entfernten Effekte*“ (Übersetzung durch Autorin, mit dem Begriff Effekt ist hier Umwelteffekt gemeint; McNevin et al., 2003, S. 24). Dass stärkere räumliche Distanz zu einem größeren Fokuseffekt führt, wird von McNevin et al. (2003) *Distanzeffekt* genannt.

McNevin et al. (2003) haben den Distanzeffekt experimentell gezeigt. Wie im Eingangsbeispiel sollten Versuchspersonen eine Plattform horizontal halten, wobei keine der Versuchspersonen Erfahrung in Bezug auf die Bewegungsaufgabe besaß. Die Versuchspersonen sollten entweder auf die Marker auf der Plattform (extern) oder auf ihre Füße (intern) achten. Es wurden zusätzlich zwei Gruppen untersucht, bei denen die Marker weiter entfernt von den Füßen angebracht wurden, wo also die Distanz zwischen dem Körper und dem Umwelteffekt (in diesem Fall den Markern) erhöht wurde. Die Marker wurden in der einen Gruppe weiter außen und in der anderen weiter innen bei jeweils gleicher Distanz zum Fuß angebracht um ausschließen zu können, dass die Distanzmanipulation mit der relativen Position der Marker auf der Rotationsachse konfundiert war. Wie vermutet, war der externe Fokus bei größerer Distanz effektiver, unabhängig von der relativen Position auf der Rotationsachse. Die Ergebnisse lassen sich somit nur auf die räumliche Distanz, aber nicht auf die Größe des Umwelteffektes zurückführen, denn die horizonzalen Ausschläge der Plattform waren zwar weiter außen größer, aber weiter innen kleiner als die horizontalen Ausschläge unmittelbar am Fuß. Eine weitere empirische Unterstützung für den Distanzeffekt fehlt aber bisher. Zwar behaupten z.B. McKay und Wulf (2012), dass sie den Distanzeffekt beim Dartpfeilewerfen aufgezeigt hätten, es scheint aber plausibler, dass sie bei erfahrenen Versuchspersonen die zeitliche Entfernung variiert haben. Die Versuchspersonen sollten entweder auf die Dartscheibe oder auf den Dartflug fokussieren. Beides sind externe Effekte, die aber zeitlich unterschiedlich entfernt sind. Der Fokus auf die Dartscheibe

entspricht eher einer zielorientierten Instruktion als der Fokus auf den Dartflug. Gleichzeitig wurde die Expertise nicht konstant gehalten. Bei einer Befragung gab nur eine Minderheit an, keine Erfahrung mit Dartwerfen zu haben. Man könnte die Ergebnisse also eher als einen fernen Fokuseffekt interpretieren, der im letzten Abschnitt bereits besprochen wurde.

Instruktionen

Der Aufmerksamkeitsfokus wird anhand von Instruktionen manipuliert. Instruktionen können wiederum für unterschiedliche Ziele eingesetzt werden, und zwar können sie *„der Wissensvermittlung, der Vororientierung und Aufmerksamkeitslenkung [dienen]“* (Hänsel, 2003, S. 268). Deshalb sollte darauf geachtet werden, dass sich die Instruktionen zwischen den Fokusgruppen ausschließlich und möglichst stark in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus unterscheiden und gleichzeitig möglichst ähnlich in allem anderen sind (Wulf, 2013). Zum einen schließt dies alle anderen Erklärungsansätze aus, und kausale Schlüsse können valide gezogen werden. Des Weiteren verringert man die Störvarianz innerhalb der Fokusgruppen. Um konzeptionelle Spezifität zu erreichen, sollten die Instruktionen nicht zu vage formuliert werden (Wulf, 2013).

Komplexität der Instruktionen. Außerdem sollte vermieden werden, zu viele oder sehr komplexe Instruktionen einzusetzen. Um die Aufgabenstellung zu verstehen, werden dann viele kognitive Ressourcen gebraucht, sodass nur noch wenige kognitive Ressourcen für das eigentliche Bewegungslernen und den Aufmerksamkeitsfokus übrigbleiben. In einem Überblicksartikel erklärt Wulf dies folgendermaßen: *„Wenn die Fokusinstruktionen eine Zweitaufgabensituation kreieren, könnten die zusätzlichen Anforderungen jegliche Fokuseffekte bei Novizen aufheben. In anderen Experimenten könnte die bloße Anzahl an Instruktionen das Nichtvorhandensein von Effekten erklären“* (Übersetzung durch die Autorin, Wulf, 2013, S. 94). Als Beispiel dafür, dass die Fokusinstruktion einen Zweitaufgabencharakter aufweist, wird das Experiment von Castaneda und Gray (2007) aufgeführt, bei dem Versuchspersonen Bälle mit einem Baseball schlagen sollten und dabei Urteile u.a. in Bezug auf die Bewegungsrichtung ihrer Hände (intern) oder des Schlägers (extern) abgeben mussten, sobald ein Ton präsentiert wurde. Als Beispiele für Fokusinstruktionen, bei denen zu viele Informationen gegeben werden, werden die Experimente von Emanuel, Jarus und Bart (2008) und Poolton, Maxwell, Masters und Raab (2006, Experiment 2) aufgeführt, bei dem pro Fokusgruppe 5 bis 7 Fokusregeln gegeben wurden, die befolgt werden mussten.

Manipulationskontrolle. Um sicherstellen zu können, dass die Instruktionen richtig verstanden und auch umgesetzt werden, sind Manipulationskontrollen unerlässlich. Das Fehlen von Manipulationskontrollen bei vielen Experimenten zum Aufmerksamkeitsfokus wird kritisiert (z.B. von Bund, Wiemeyer & Angert, 2007; Mullen, 2007; Poolton, Maxwell, Masters & van der Kamp, 2007). Ungeachtet dessen, wie die Instruktionen formuliert und präsentiert werden, könnten Versuchspersonen sich trotzdem nicht an die Instruktionen halten. Poolton et al. (2007) schrieb dazu: *„Trotz der Ermutigung einen bestimmten Aufmerksamkeitsfokus beizubehalten, könnten Versuchspersonen die Instruktionen nicht befolgen. Die Bereitstellung von Aufmerksamkeit ist generell eher ein dynamischer als statischer Prozess, der durch individuel-*

le Präferenzen und Leistungsbedingungen (z.B. Druck, Müdigkeit, Verletzung) beeinflusst wird“ (Übersetzung durch die Autorin, Poolton et al., 2007, S. 44). Eine Manipulationskontrolle kann durch eine Nachbefragung stattfinden, bei der Versuchspersonen Auskunft darüber geben, wie stark sie sich tatsächlich während der Bewegungsausführung extern bzw. intern fokussiert haben. Wie bei jeder Form der Selbstauskunft setzt diese Art der Manipulationskontrolle voraus, dass Versuchspersonen zum einen fähig sind diese Einschätzung abzugeben und zum anderen bereit sind ehrlich zu antworten. Obwohl die Manipulationskontrolle durch Nachbefragung aus diesen Gründen manchmal nicht valide sein kann, ist sie bisher die einzige Möglichkeit, herauszufinden, worauf Versuchspersonen während der Bewegungsausführung fokussiert haben.

Komplexe Bewegungsaufgaben

Zwar sollen die Instruktionen nicht zu komplex sein, gleichzeitig sollte aber die Bewegungsaufgabe nicht zu einfach sein, damit motorisches Lernen stattfinden kann und Fokuseffekte auftreten können. Dies wird darauf zurückgeführt, dass nur bei komplexen Bewegungsaufgaben eine effektive Aufteilung der Aufmerksamkeitsressourcen vonnöten ist (Wulf & Shea, 2002). Laut Wulf und Shea (2002) sind Bewegungsaufgaben dann komplex genug, wenn *„sie nicht generell in einer einzigen Sitzung beherrscht werden können, wenn sie mehrere Freiheitsgrade aufzeigen und möglicherweise dazu neigen, ökologisch valide zu sein“* (Übersetzung durch die Autorin, Wulf & Shea, 2002, S. 186).

Wulf, Töllner und Shea (2007) haben zwei Experimente durchgeführt. Beim ersten Experiment sollten Versuchspersonen so still wie möglich stehen bleiben. Sie standen dabei entweder auf einem Metallboden oder auf einem Schaumpolster und sollten entweder extern (auf den Untergrund) oder intern (auf die Füße) fokussieren. Hierbei zeigte sich kein signifikanter Unterschied der Fokusgruppe, gemittelt über die beiden Untergrundbedingungen. Im zweiten Experiment standen alle Versuchspersonen auf einer aufblasbaren Platte, diesmal entweder auf einem oder zwei Beinen, und sollten wieder extern (auf die Platte) oder intern (auf die Füße) fokussieren. Hierbei zeigte die externe Fokusgruppe eine bessere Leistung als die interne Fokusgruppe, gemittelt über die beiden Standbedingungen. Wulf et al. (2007) interpretieren dieses Ergebnis so, dass erst beim zweiten Experiment die Aufgabe komplex genug wäre, sodass sich die Fokuseffekte zeigen könnten.

Moghaddam, Vaez Mousavi und Namazizadeh (2008) führten ein ähnliches Experiment durch. Bei ihnen standen Versuchspersonen entweder auf einer Druckplattform oder auf einer gepolsterten Auflage, die auf der Druckplattform befestigt wurde. Während sie still standen, sollten sie entweder extern oder intern fokussieren. Nur in der schwierigen Bedingung zeigte sich, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einer besseren Leistung führte. Auch hier schien die Komplexität der Bewegungsaufgabe eine notwendige Bedingung für den Fokuseffekt zu sein.

Auch wenn Aufgabenschwierigkeit als Differenz zwischen der Komplexität der Bewegungsaufgabe und den Fähigkeiten der ausführenden Person betrachtet werden kann, so ist es in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus förderlicher, die Komplexität einer Bewegungsaufgabe und den

Expertiselevel einer Person voneinander getrennt zu betrachten, da sie unterschiedliche Auswirkungen auf den Fokuseffekt haben. Die Komplexität einer Bewegungsaufgabe bildet die notwendige Bedingung für den Fokuseffekt, da komplexe Bewegungsaufgaben höhere Anforderungen an die kognitiven Kapazitäten stellen (Wulf & Shea, 2002). Unter der Bedingung, dass eine Bewegungsaufgabe komplex ist, können wiederum Personen darin variieren, wie viel Expertise sie in dieser Bewegungsaufgabe besitzen. Wie bereits erörtert, sind hierbei nahe Fokuseffekte, die unabhängig von Expertise zu sein scheinen, und ferne Fokuseffekte, bei denen Expertise eine moderierende Rolle spielt, zu unterscheiden. Die Experimente von Wulf et al. (2007) und Moghaddam et al. (2008) zeigen, dass die Komplexität der Bewegungsaufgabe eine notwendige Bedingung für den nahen Fokuseffekt ist. Es gibt auch Hinweise darauf, dass der ferne Fokuseffekt ebenfalls davon abhängt, ob die Bewegungsaufgabe komplex ist (Beilock & Carr, 2001).

Obwohl die definierenden Aspekte eine gute Übersicht bieten, wie man den Aufmerksamkeitsfokus erfolgreich operationalisiert, damit ein Effekt auftritt, so geben sie dennoch keinen Aufschluss darüber, was die dahinter liegenden Mechanismen sind. Im nächsten Abschnitt soll deshalb darauf eingegangen werden, welche theoretischen Überlegungen über die Wirkzusammenhänge bestehen.

3.2 Theorien zum Aufmerksamkeitsfokus

Seit das erste Experiment zum Aufmerksamkeitsfokus beim Bewegungslernen veröffentlicht wurde (Wulf et al., 1998), gibt es theoretische Überlegungen, wie die empirischen Befunde erklärt werden können. Die zwei wichtigsten sollen im Folgenden aufgezeigt werden. Beide führen die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus darauf zurück, dass dieser ein besseres Bewegungslernen ermöglicht und somit auf alle Bewegungsaufgaben, bei denen es um Bewegungslernen geht, generalisiert werden kann. Diese Annahme wird *Generalitätshypothese* genannt.

Common-Coding-Hypothese

Bereits in der ersten Arbeit zum Aufmerksamkeitsfokus (z.B. Wulf et al., 1998) bezieht sich Wulf auf die Common-Coding-Hypothese von Prinz (1990, 1997) und somit auch auf die Ideomotorische Hypothese. In einem späteren Paper schreibt sie: *„Entsprechend der Common Coding Theorie von Prinz (1990) ist der Grund, weshalb Handlungen in Form von „distalen Ereignissen“, wie der (intendierte) Effekt der Handlung, repräsentiert sind, der, dass dies das einzige Format ist, welches eine kommensurable Codierung von Wahrnehmung und Handlung erlaubt. Das Fokussieren auf den Bewegungseffekt könnte dazu dienen, dass unbewusste Kontrollprozesse übernehmen, was zu einer effektiveren Leistung und Lernen führt, als wenn Versuchspersonen versuchen würden, ihre Bewegungen bewusst zu kontrollieren“* (Übersetzung durch die Autorin, Wulf et al., 2000, S. 236). Wulf und Kollegen ziehen also folgenden Schluss aus der Common-Coding-Hypothese: Wahrnehmungen und Bewegungen werden nur für distale Ereignisse gemeinsam codiert. Da der externe Aufmerksamkeitsfokus auf distale Ereignisse gerichtet ist, erlaubt er diese gemeinsame Codierung, was zu einer effektiveren Leistung führt.

Der Bezug zur Common-Coding-Hypothese wurde nie revidiert, sondern lediglich von der Constrained-Action-Hypothese abgelöst, denn die Common-Coding-Hypothese sei *„relativ abstrakt, es sagt nicht die unterschiedlichen Lerneffekte des externen im Vergleich zum internen Aufmerksamkeitsfokus spezifisch voraus“* (Übersetzung durch die Autorin, Wulf & Prinz, 2001, S. 656).

Constrained-Action-Hypothese

Im Experiment von McNevin et al. (2003) wurden bei einer Gleichgewichtsaufgabe Frequenzanalysen durchgeführt, und es zeigte sich, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus zu höheren Frequenzen in Bezug auf die Bewegungsregulation führte. Dieses Ergebnis wurde folgendermaßen interpretiert: *„wenn instruiert wurde auf den Körper (Füße) oder auf die proximalen Effekte zu fokussieren, ist die Steuerung der Kontrollprozesse, die beim Gleichgewichtserhalt involviert sind, eingeschränkt, was zu Leistungs- und Lerneinbußen führt. Hingegen scheint die Vergrößerung der Distanz des Effektes von der Bewegung zuzulassen, dass die Leistung anhand automatischer Kontrollprozesse vermittelt wird, was zu einem verbessertem Lernen führt“* (Übersetzung durch die Autorin, McNevin et al., 2003, S. 28). Diese Interpretation wurde als Constrained-Action-Hypothese eingeführt.

In einer späteren Arbeit von Wulf (2007) werden drei Befundlagen als empirische Bestätigung der Constrained-Action-Hypothese angeführt: Befunde zur Aufmerksamkeitskapazität, zur bereits erwähnten Frequenz der Bewegungsanpassungen und zur Muskelaktivität. Alle drei beziehen sich auf die Annahme, dass die Automatisierung von Bewegung beim externen Aufmerksamkeitsfokus schneller erfolgt als beim internen Aufmerksamkeitsfokus.

Aufmerksamkeitskapazität. Beim externen Aufmerksamkeitsfokus müsste mehr Aufmerksamkeitskapazität frei sein als beim internen Aufmerksamkeitsfokus, da durch die stärkere Automatisierung mehr Restkapazitäten übrig bleiben (Wulf, 2007). Freie Aufmerksamkeitskapazitäten können ermittelt werden, wenn neben der Primäraufgabe eine Zweitaufgabe durchgeführt werden muss. Die Leistung in der Zweitaufgabe wird als Maß für die Restkapazität gesehen (Pashler, 1994). In einem Experiment von Wulf, McNevin und Shea (2001) sollten Versuchspersonen eine Plattform horizontal halten und bekamen dafür entweder externe oder interne Instruktionen. Zusätzlich führten sie eine Zweitaufgabe durch, bei der sie eine in ihrer Hand befindliche Taste so schnell wie möglich drücken sollten, sobald ein Ton erklang. Die externe Fokusgruppe zeigte neben geringeren Abweichungen der Plattform von der horizontalen Lage auch eine geringere Reaktionszeit in Bezug auf die Zweitaufgabe, was die Autoren auf eine höhere Aufmerksamkeitskapazität zurückführen und somit zur Bestätigung der Constrained-Action-Hypothese anführen. Die unterschiedlich hohe Restkapazität wird in einer anderen Arbeit als Grund dafür genannt, weshalb sich Fokuseffekte nur ab einer bestimmten Aufgabenschwierigkeit zeigen. Ob der externe Aufmerksamkeitsfokus die kognitive Belastung verringert oder ob der interne Aufmerksamkeitsfokus diese erhöht, wird dabei nicht entschieden: *„Vermutlich wurden für diese Experimente komplexere Fertigkeiten benutzt, weil man der Auffassung war, dass der interne Aufmerksamkeitsfokus zu schlechterem Lernen führt, weil er die ohnehin schon hohen kognitiven Anforderungen der Aufgabe erhöht. Andernfalls könnte der externe Aufmerksamkeits-*

fokus die kognitiven Anforderungen sogar verringern, indem er die Fähigkeit des motorischen Systems, sich selbst zu organisieren, nutzt“ (Übersetzung durch die Autorin, Wulf & Shea, 2002, S. 201).

Frequenz der Bewegungsanpassungen. Eine weitere Befundlage betrifft die Bewegungsausführung. Im Experiment von Wulf, McNevin und Shea (2001) wurden neben der Aufmerksamkeitskapazität auch die Frequenzen der Plattformschwankungen gemessen. Die externe Fokusgruppe zeigte höhere Frequenzen und kleinere Amplituden in Bezug auf die Plattformschwankung als die interne Fokusgruppe (Wulf, McNevin & Shea, 2001). Dieser Befund wird darauf zurückgeführt, dass automatisierte Rückmeldeschleifen schneller verarbeitet werden als bewusste Rückmeldeschleifen. Somit sind stärker automatisierte Bewegungen durch schnellere Bewegungsanpassungen charakterisiert. Da die externe Fokusgruppe mit einem stärkeren Automatisierungsgrad in Zusammenhang steht, zeigen sie auch schnellere Bewegungsanpassungen im Vergleich zur internen Fokusgruppe (Wulf, 2007).

Muskelaktivität. Wie bereits erörtert wurde, sind Leistungsunterschiede zwischen den Fokusgruppen erst dann zu erwarten, wenn die Bewegungsaufgabe komplex genug ist. Darüber hinaus argumentiert Wulf (2013), dass bei einfachen Aufgaben, bei denen keine Gruppenunterschiede auf Leistungsebene zu finden seien, Unterschiede in Bezug auf das Bewegungsmuster festgestellt werden können. Sie schreibt: *„Ein Bewegungsmuster wird als effizienter oder sparsamer betrachtet, wenn dieselbe Leistung mit weniger aufgewendeter Energie erreicht wird. Direkte Messungen der Effizienz, die bei der Untersuchung des Aufmerksamkeitsfokus verwendet wurden, beinhalten Muskelaktivität (Elektromyographie oder EMG)“* (Übersetzung durch die Autorin, Wulf, 2013, S. 84). In einem Experiment von Marchant, Greig und Scott (2008) wurde der Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitsfokus und Muskelaktivität untersucht. Versuchspersonen sollten mehrmals ihren Arm beugen (Bizepscurls) und dabei die maximale Kraft aufwenden. Die Bewegungsgeschwindigkeit wurde konstant gehalten und die Versuchspersonen bekamen entweder interne (Aufmerksamkeitsfokus auf Arm), externe (Aufmerksamkeitsfokus auf Handkurbel, die sie festhielten) oder keine zusätzlichen Instruktionen. Gleichzeitig wurde die EMG-Aktivität des Biceps brachii aufgezeichnet. Die externe Fokusgruppe zeigte eine geringere Muskelaktivität im Vergleich zur internen Fokusgruppe und der Kontrollgruppe. Die Ergebnisse werden dadurch erklärt, dass automatisierte Bewegungsabläufe eine höhere Bewegungseffizienz ermöglichen. Dadurch, dass die externe Fokusgruppe die Bewegungen mit stärkerer Effizienz ausgeführt habe, werden die Muskelgruppen weniger beansprucht (Marchant et al., 2008). In der Arbeit wird leider nicht berichtet, ob es Gruppenunterschiede in Bezug auf die Leistung, also auf die maximale Kraftausübung, gab. Hingegen gibt es andere Experimente, die komplexere Bewegungsaufgaben genutzt haben und einen Zusammenhang zwischen Muskelaktivität und Leistung finden konnten. Unter anderem wurde eine geringere Muskelaktivität der externen Fokusgruppe zusammen mit einer höheren Trefferquote beim Basketball (Zachry, Wulf, Mercer & Bezodis, 2005) und Dartwerfen (Lohse, Sherwood & Healy, 2010) beobachtet. Ein Überblick der Experimente über den Einfluss des Aufmerksamkeitsfokus auf Muskelaktivität im Speziellen und Effizienz im Allgemeinen findet sich in Wulf (2013), Marchant (2011) und Lohse und Sherwood (2012).

Nachdem die theoretische Begründung für die Generalitätshypothese anhand der Common Coding und der Constrained-Action-Hypothese aufgezeigt wurde, soll im nächsten Kapitel diskutiert werden, weshalb diese Begründungen als nicht stichhaltig befunden werden.

4 Generalitäts- vs. Funktionalitätshypothese

In diesem Kapitel soll begründet werden, weshalb die Generalitätshypothese angezweifelt und stattdessen die sogenannte Funktionalitätshypothese angenommen wird.

4.1 Generalitätshypothese

Die Common-Coding-Hypothese und die Constrained-Action-Hypothese lassen annehmen, dass die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus strukturell bedingt und nicht an Bedingungen geknüpft ist. Beide Hypothesen sollen in Bezug darauf nun näher betrachtet werden.

Die Common-Coding-Hypothese wurde nicht speziell formuliert, um die Fokuseffekte theoretisch zu erklären. Sie sollte stattdessen erklären, wie Effekte kognitiv repräsentiert sind (siehe dazu Kapitel 2). Dabei spielt die distale Repräsentation eine zentrale Rolle: *„Auf der Seite von Wahrnehmung und Kognition ist distale Referenz ein seit langem anerkanntes Prinzip: Die Inhalte der Wahrnehmung beziehen sich auf die Welt, nicht auf die Vermittlungsprozesse zwischen Welt und Wahrnehmung. Auf der Handlungsseite ist das gleiche Prinzip zwar weniger anerkannt, aber nicht weniger offensichtlich. Wenn wir einen Nagel in die Wand schlagen, bezieht sich die Planung nicht auf die erforderlichen Muskelkontraktionen oder gar die erforderlichen Aktivierungen im motorischen Kortex, sondern auf den Nagel in unserer Hand und die Hammerschläge, mit denen wir ihn in die Wand treiben“* (Prinz, 2014, S. 48). Wulf argumentiert, dass der Aufmerksamkeitsfokus auf Umwelteffekte deshalb besser sei als der Aufmerksamkeitsfokus auf die Körperbewegung, weil der externe Aufmerksamkeitsfokus eine distale Repräsentation ermögliche. Wulf (2007) schreibt dazu: *„Prinz argumentiert, dass es eine Notwendigkeit für ein kommensurables Codiersystem für afferente und efferente Informationen gebe. Konkret nimmt er an, dass sowohl Wahrnehmung als auch Handlungsplanung in Form von distalen Ereignissen codiert werden (Prinz, 1992). Als Konsequenz würde vorhergesagt werden, dass Handlungen effektiver seien, wenn sie in Form solcher Ereignisse oder intendierter Bewegungseffekte geplant werden“* (Übersetzung durch die Autorin, Wulf, 2007, S. 9).

Es wird also angenommen, dass sich die ausführende Person mit einem bestimmten Aufmerksamkeitsfokus auf distale oder proximale Ereignisse fokussiere. Damit wird der externe Aufmerksamkeitsfokus mit dem Aufmerksamkeitsfokus auf die Effekte gleichgestellt, der interne Aufmerksamkeitsfokus mit dem Aufmerksamkeitsfokus auf die motorischen Programme. Es soll nun argumentiert werden, dass es einen Aufmerksamkeitsfokus auf die motorischen Programme überhaupt nicht geben kann, da es keinen bewussten Zugang zu diesen motorischen Programmen gibt. Beide Aufmerksamkeitsfoki können sich nur auf die bewusst zugänglichen Effekte beziehen. Dass die motorischen Programme nicht bewusstseinsfähig sein können, hat bereits

James (1890) beschrieben: *„Es gibt keinen introspektiven Beweis für ein Innervationsgefühl. Egal wohin wir schauen und glauben, es zu greifen, finden wir in Wirklichkeit ein peripheres Gefühl oder Bild stattdessen - ein Bild über die Art, wie wir fühlen, wenn die Innervation zu Ende ist und die Bewegung ausgeführt wird oder ausgeführt wurde. Unsere Idee über das Heben unseres Armes z.B. oder über das Krümmen unserer Finger ist eine mehr oder weniger eindringliche Wahrnehmung darüber, wie sich ein hebender Arm oder ein krümmender Finger anfühlt. Es gibt kein anderes mentales Material, aus dem solch eine Idee gemacht sein könnte. Wir können unmöglich eine Idee über die Bewegung unserer Ohren haben bis unsere Ohren sich bewegt haben; und das ist ebenfalls zutreffend für jedes andere Organ. Seit der Zeit von Hume ist es in der Psychologie allgemein bekannt, dass wir nur mit den äußerlichen Ergebnissen unseren Willens vertraut sind und nicht mit der versteckten inneren Maschinerie aus Nerven und Muskeln, die diese ursprünglich in Gang setzen“* (Übersetzung durch die Autorin, James, 1890, S. 499). Später wurde dieser Punkt nochmal von mehreren Autoren betont. Unter anderen schreibt Hoffmann (1993) dazu: *„Jede auch noch so sorgfältige Selbstbeobachtung der Verhaltenssteuerung ergibt, daß sie von keinerlei Reflexionen über die Wahl der zu innervierenden Muskeln, über die Stärke der zu realisierenden Kräfte oder über die zeitliche Dynamik der auszuführenden Bewegungen begleitet wird“* (Hoffmann, 1993, S. 23). Auch Scherer (2013) verweist darauf, dass motorische Programme nicht bewusstseinsfähig sind: *„Generell nicht bewusstseinsfähig aber sind die bewegungsverursachenden motorischen Efferenzen [...] Eben diese Efferenzen werden durch antizipierte Effekte gesteuert [...] Für diesen Mechanismus macht es keinen Unterschied, ob Effekte sich auf Veränderungen in der Umwelt beziehen oder ob es um körperbezogene Effekte geht [...] In beiden Fällen handelt es sich um resultierende Effekte motorischer Efferenzen, und diese Efferenzen werden durch Effektantizipation kontrolliert“* (Scherer, 2013, S. 43-44).

Die beiden Aufmerksamkeitsfoki können nur auf der bewusstseinsfähigen Ebene der Effekte unterschieden werden: *„Es kann angenommen werden, dass willkürliche Handlungen anhand der Antizipation ihrer distalen Effekte entstehen (vgl. James, 1890; Lotze, 1852). Das impliziert, dass wahrgenommene Ereignisse und handlungsgenerierte distale Ereignisse zusammen in einem gemeinsamen Repräsentationsbereich codiert und abgespeichert werden (Prinz, 1990). Handlungsgenerierte Effekte umfassen vor allem körperbezogene afferente Informationen, das bedeutet antizipierte propriozeptive Rückmeldungen, aber sie können auch visuelle Informationen über die antizipierte Armposition während und/oder nach der Bewegung beinhalten [...]. Mit anderen Worten erzeugt das Anschalten eines Lichts nicht nur körperbezogene taktile und kinästhetische Rückmeldung der Hand, sondern auch afferente visuelle Rückmeldung der Lichtemission der Glühlampe, welches ebenfalls einen Handlungseffekt darstellt“* (Übersetzung durch die Autorin, Hommel et al., 2001, S. 860). Da sich beide Aufmerksamkeitsfoki auf der Ebene der Effekte befinden bzw. bei beiden auf distale Ereignisse fokussiert wird, kann die Common-Coding-Hypothese an dieser Stelle keinen strukturellen Unterschied zwischen den beiden Aufmerksamkeitsfoki feststellen, d.h. in Bezug auf die Common-Coding-Hypothese sind beide Aufmerksamkeitsfoki gleich günstig oder ungünstig.

Später wurde die Constrained-Action-Hypothese herangezogen, um den Aufmerksamkeitsfokus theoretisch zu erklären (McNevin et al., 2003; Wulf, McNevin & Shea, 2001). Sie besagt folgendes: *„Durch den Versuch, die eigene Bewegung bewusst zu steuern, wird das motorische System eingeschränkt, indem es mit automatischen Kontrollprozessen interferiert, die „normalerweise“ die Bewegung regulieren“* (Übersetzung durch die Autorin, Wulf, McNevin & Shea, 2001, S. 1144). An dieser Stelle sollte geklärt werden, was unter automatischen Kontrollprozessen zu verstehen ist. Der Autorin sind keine näheren Erläuterungen von Wulf dazu bekannt, sodass an dieser Stelle nur Annahmen getroffen werden können. Eine Annahme könnte sein, dass die automatischen Kontrollprozesse den motorischen Programmen entsprechen, welche proximal codiert sind. Wenn dies der Fall ist, so wäre die Argumentation die gleiche wie bei der Common-Coding-Hypothese: durch den internen Aufmerksamkeitsfokus werden die proximalen Repräsentationen (also die motorischen Programme) genutzt, durch den externen Aufmerksamkeitsfokus die distalen Repräsentationen. Wie bereits erläutert, kann dies aber nicht sein, da proximale Repräsentationen und die motorischen Programme überhaupt nicht bewusstseinsfähig sind.

Eine weitere naheliegende Interpretation wäre die Unterscheidung zwischen automatisierter vs. kontrollierter Bewegungsausführung. Novizen führen eine Bewegungsaufgabe kontrolliert aus, Experten dagegen automatisiert (Schneider & Fisk, 1983). Demnach wäre eine andere Annahme, dass mit automatischen Kontrollprozessen diejenigen gemeint sind, die entstehen, wenn Bewegungen lange eingeübt werden. Es ist bereits bekannt, dass automatisierte Bewegungsabläufe schlechter ausgeführt werden, wenn die ausführende Person versucht die automatisierte Bewegung bewusst zu kontrollieren (Schneider & Fisk, 1983). Dieser Befund passt auf den ersten Blick sehr gut zur Constrained-Action-Hypothese: Wenn die eingeübten und somit automatisierten Bewegungen intern fokussiert werden, dann „zerstört“ der interne Aufmerksamkeitsfokus diese Automatisierung. Dann dürfte sich aber die Hypothese nur auf das Ausführen bereits automatisierter Bewegungsaufgaben beziehen. Das bedeutet, der Aufmerksamkeitsfokus dürfte erst dann eine Wirkung auf die Leistung haben, nachdem eine Bewegung bereits eingeübt wurde. Die Constrained-Action-Hypothese kann also den fernen Fokuseffekt gut erklären, aber nicht den nahen Fokuseffekt. Ehrlenspiel und Maurer (2007) fassen die Problematik der zweiten Interpretation sehr gut zusammen: *„Primär ist festzustellen, dass es sich streng genommen nicht um eine Hypothese zum motorischen Lernen handelt. Nimmt man wie viele andere Modelle (Fitts & Posner, 1967; Schneider & Fisk, 1983) an, dass kontrollierte Prozesse am Anfang und automatische Prozesse am Ende des Lernens stehen, so stellt die Hypothese tatsächlich eine Theorie der motorischen Kontrolle dar: Automatische Prozesse werden durch die kontrollierte Ausführung bei internalem Fokus gestört. Somit macht die „Constrained-Action“-Hypothese aber auch keine Aussagen dazu, wie diese automatischen Prozesse erworben werden und vor allem ob und wenn ja wie, dieser Erwerb durch einen externalen Fokus der Aufmerksamkeit gefördert wird“* (Ehrlenspiel & Maurer, 2007, S. 116).

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich aber mit dem Erlernen von Bewegungsaufgaben. Wie ist hier zu erklären, dass extern besser sein soll als intern? Beide Interpretationen einer stärker

automatisierten Kontrolle beim externen Aufmerksamkeitsfokus können an dieser Stelle nicht angewendet werden. Somit liefert die Constrained-Action-Hypothese keine zufriedenstellende theoretische Erklärung dafür, weshalb der externe Aufmerksamkeitsfokus generell dem internen Aufmerksamkeitsfokus überlegen sein soll. Ziessler (2007) schrieb dazu: *„Was passiert genau, wenn der interne Aufmerksamkeitsfokus in die automatischen Kontrollprozesse eingreift und weshalb sollte das nicht beim externen Aufmerksamkeitsfokus passieren? Stattdessen scheint es viel interessanter zu fragen, ob und wie Effekte beim Lernen und Steuern von willkürlichen Bewegungen einbezogen werden.“* (Übersetzung durch Autorin, Ziessler, 2007, S. 55). Um den nahen Fokuseffekt theoretisch erklären zu können, schlägt Ziessler (2007) also vor, sich anzuschauen, welche Funktion die fokussierten Effekte für die Bewegungsaufgabe haben. Diese Idee soll genauer im folgenden Abschnitt betrachtet werden.

4.2 Funktionalitätshypothese

Der externe und der interne Aufmerksamkeitsfokus werden dadurch unterschieden, ob umweltbezogene oder körperbezogene Effekte fokussiert werden. Prinzipiell lassen sich auch andere Unterscheidungskriterien für Effekte festlegen. Da Bewegung und Wahrnehmung gemeinsam codiert werden, scheint eine genaue Betrachtung der Effekte aus Sicht der Wahrnehmung sinnvoll. Effekte können aus Sicht der Wahrnehmung danach unterschieden werden, mit welcher Sinnesmodalität sie wahrgenommen wurden. Eine Übersicht der Sinnesmodalitäten befindet sich in Abbildung 4.1. *„Man unterscheidet zwischen Fern- und Nahsinnen. Die Fernsinne umfassen das Hören (das auch „auditive Modalität“ genannt wird), das Sehen (das auch als „visuelle Modalität“ bezeichnet wird) und das Riechen (das auch „olfaktorische Modalität“ genannt wird). Diese Sinnessysteme erlauben es, räumlich Entferntes wahrzunehmen. Die Nahsinne umfassen das Körpergefühl (auch „Somatosensorik“ genannt), das passive Berührungsfühlen (die „taktile Modalität“), den aktiven Tastsinn (die sogenannte „Haptik“), die Körperbewegungswahrnehmung (die „Kinästhetik“), den Gleichgewichtssinn (die „vestibuläre Modalität“), die Schmerzwahrnehmung (die „Nozizeption“) und das Schmecken (die „Gustatorik“). Einige Nahsinne sind an einen Kontakt des wahrgenommenen Objektes mit dem Körper gebunden, wie das Berührungsfühlen und das Schmecken. Zusammen mit den Fernsinnen bilden diese die exterozeptiven Sinne, weil sie die Wahrnehmung körperexterner Gegenstände erlauben. Alle anderen Nahsinne sind Körperwahrnehmungen, d.h. Wahrnehmungen, deren Gegenstand der Körper selbst ist. Man nennt diese Sinne auch die interozeptiven Sinne, wenn sie für interne Körperzustände sensibel sind. Das gilt zum Teil für die Schmerzwahrnehmung. Die Kinästhetik und die Somatosensorik nennt man gemeinschaftlich auch die propriozeptiven Sinne, da sie für die Wahrnehmung der Körperposition im Raum verantwortlich sind“* (Ansorge & Leder, 2011, S. 40). Interessanterweise wird auch hier unterschieden, ob sich die Wahrnehmung auf körperexterne Gegenstände (= Exterozeption) oder auf interne Körperzustände (= Interozeption) bezieht.

Die Unterscheidung zwischen körperintern und körperextern kann bereits auf James (1890) zurückgeführt werden. Im Rahmen seiner Ideomotorischen Hypothese unterschied er nahe Effekte (resident) und ferne Effekte (remote, James, 1890), die interozeptiver und exterozeptiver Wahr-

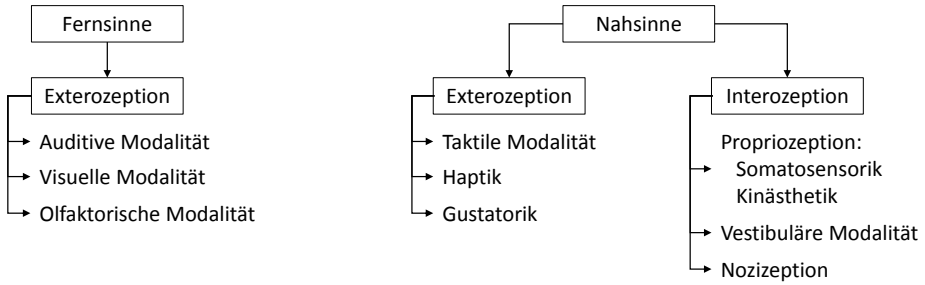


Abbildung 4.1: Aufteilung der Modalitäten nach Fern- und Nahsinnen und Extero- und Interozeption.

nehmung entsprechen. Es lässt sich also zunächst festhalten, dass eine Einteilung in körperextern und körperintern nicht nur in der Bewegungsforschung, sondern auch in der Wahrnehmungsforschung stattfindet, und dass diese Einteilung eine lange Tradition aufweist. Nun stellt sich die Frage, ob es eine hierarchische Struktur innerhalb dieser Effekte gibt. James (1890) favorisierte die fernen Effekte und begründete es folgendermaßen: *„Es kann überhaupt keinen Zweifel daran geben, dass das mentale Signal entweder ein nahes oder ein fernes Bild sein kann [...] Je geübter wir mit einer Bewegung werden, desto ferner werden die Bilder, die ihr mentales Signal bilden. Woran wir interessiert sind, ist das, was in unserem Bewusstsein bleibt; alles andere werden wir so schnell es geht los. Normalerweise haben wir kein substantielles Interesse an unseren nahen Gefühlen über die Bewegung. Was uns interessiert, sind die Ziele, die durch die Bewegung erreicht werden. Solche Ziele sind im Allgemeinen ein äußerer Eindruck [...] Die Idee des Ziels tendiert dann immer mehr dazu, sich selbst genügend zu werden“* (Übersetzung durch die Autorin, James, 1890, S. 506). In diesem Zitat sind zwei Aspekte interessant: Erstens begründet er seine Favorisierung für die fernen Effekte damit, dass diese eher dem entsprechen, was uns interessiert. Sie repräsentieren also das Ziel der Bewegung stärker als nahe Effekte. Zweitens erwähnt James, dass mit stärkerer Übung nur noch das im Bewusstsein übrig bleibt, was uns interessiert, also die fernen Effekte. Der zweite Aspekt erinnert stark an den fernen Fokuseffekt. Da wir uns für den nahen Fokuseffekt interessieren, wollen wir den ersten Aspekt näher betrachten.

Weshalb interessieren uns in der Regel die fernen (bzw. externen) Effekte eher als die nahen (bzw. internen) Effekte? Ziessler (2007) schreibt dazu: *„Der Vorteil, sich auf externe, distale Effekte zu fokussieren, kann wahrscheinlich anhand von zwei Punkten erklärt werden. Erstens sind distale Effekte direkt vergleichbar mit den gewünschten Effekten, die gewöhnlich darin bestehen, die Umwelt intentional zu verändern. Zweitens könnte es sein, dass das Wahrnehmungssystem viel besser zwischen externen Stimuli unterscheiden kann als internen Stimuli. Z.B. ist die gesehene Position des Schlägers viel akkurater als die wahrgenommene kinästhetische Rückmeldung des Golfschwungs“* (Übersetzung durch die Autorin, Ziessler, 2007, S. 56). Der erste Punkt, dass externe Effekte sich direkter mit dem Bewegungsziel vergleichen lassen, bezieht sich auf die Kontingenz und Kompatibilität der Effekte, der zweite Punkt bezieht sich auf die Wahrnehmung der Effekte. Im Folgenden soll auf die Kontingenz, die Kompatibilität und die Wahrnehmung der Effekte näher eingegangen werden.

Kontingenz der Effekte

Das sog. Problem der Freiheitsgrade wurde vom russischen Psychologen Bernstein bereits in den 50er Jahren formuliert und in den 70ern ins Englische übersetzt: *„Bernsteins Idee war, dass wenn das informationsverarbeitende System sich mit allen Entscheidungen über jeden Muskel, der an einer motorischen Handlung beteiligt ist, befasste, dann wäre es schwierig sich vorzustellen, wie dies die ganze mentale Arbeit erklären würde, die selbst bei der Erzeugung einer einfachen Handlung involviert wäre [...] Das grundlegende Problem ist, dass das System zu viele unabhängige Zustände besitzt, die zur gleichen Zeit gesteuert werden müssen. Diese unabhängigen Zustände werden Freiheitsgrade genannt [...] All diese unabhängig bewegenden Bestandteile würden zu einer unmöglichen Situation für das zentrale Nervensystem führen, wenn es diese Freiheitsgrade anhand bewusster Entscheidungen individuell steuern müsste“* (Übersetzung durch die Autorin, Schmidt & Lee, 2011, S. 190). Nun wurde bereits die Lösung des Problems vorgestellt: Die Anpassung der Muskeln ist nicht bewusst, sondern nur die Wahrnehmung der Effekte. Der Effekt, der fokussiert wird, wird gesteuert, die motorischen Programme werden unbewusst an diesen Effekt angepasst. Das nennt Mechsner (2004a) *ökonomische bzw. fokussierte Kodierung. „Wir vermuten, dass willkürliche Bewegungen im Allgemeinen anhand einfacher Repräsentationen der perzeptuellen Ziele organisiert sind, wobei die korrespondierende motorische Aktivität, die manchmal eine extreme, formale Komplexität aufweisen kann, von selbst darauf abgestimmt wird“* (Übersetzung durch die Autorin, Mechsner, Kerzel, Knoblich & Prinz, 2001, S. 72).

Das motorische Programm wird in Bezug auf den fokussierten Effekt optimiert. Dies erklärt z.B. folgenden Befund: Bernstein hatte herausgefunden, dass wenn erfahrene Schmiede einen Hammer mehrmals auf einen Nagel hämmern, die Schwingung des Hammerkopfes relativ konsistent über die Durchgänge hinweg war und zu einem fehlerfreiem Treffen des Nagels führte. Die Schwingung der Armgelenke hingegen variierten zwischen den Durchgängen (Bernstein, 1967; zitiert nach Tresilian, 2012). Der gleiche externe Effekt kann also durch verschiedene interne Effekte hervorgerufen werden, diese Variabilität ist sogar notwendig, um eine Konsistenz in Bezug auf den externen Effekt zu erhalten. Das nennen Müller und Loosch (1999) die *Hypothese der funktionalen Variabilität.*

Wenn man sich nun der Kontingenz der internen und externen Effekte widmet, so stellt man folgendes fest: *„die beiden Effektklassen [unterscheiden sich] in ihrer Kontingenz zu den Aktionen. Während Körpereffekte weitgehend eindeutig an die Aktionen gebunden sind, können die Umwelteffekte ein und derselben Aktion sehr unterschiedlich ausfallen“* (Hoffmann, Butz et al., 2007, S. 97). Nehmen wir an, ein unerfahrener Schmied fokussiert beim Hämmern eines Nagels nun auf den Hammerkopf, er steuert diesen Effekt und hält ihn konstant. Die motorischen Programme werden daraufhin optimiert. Je nach Ausgangslage können die motorischen Programme variieren und damit auch die damit assoziierten internen Effekte. Ein anderer unerfahrener Schmied fokussiert auf die Schwingung der Arme, er steuert den internen Effekt und hält ihn konstant. Je nach Ausgangslage schwingt der Hammerkopf unterschiedlich zwischen den Durchgängen und führt nicht zu einer konsistent guten Leistung. Definitionsgemäß folgt der externe Effekt immer dem internen Effekt. Je nachdem, wie schwach diese Effekte miteinander verbunden sind, sorgt das Konstanthalten des einen zu einer Variabilität des anderen.

Befunde zu Unterschieden in Bezug auf Frequenz und Muskelaktivität können mit der Kontingenz der Effekte erklärt werden. Der externe Aufmerksamkeitsfokus führt beim Experiment von Wulf, McNevin und Shea (2001) zu einer kleineren Amplitude und einer höheren Frequenz der Plattform. Beim externen Aufmerksamkeitsfokus werden die Marker (externer Effekt), die an der Plattform angebracht werden, konstant gehalten, selbst kleinere Abweichungen werden sofort korrigiert. Dabei kann die Fußbewegung (interner Effekt) variieren. Im Gegensatz dazu wird beim internen Aufmerksamkeitsfokus die Fußbewegung möglichst konstant gehalten. Veränderungen der Plattform werden nur dann korrigiert, wenn der interne Effekt sonst nicht mehr konstant gehalten werden kann. Das Konstanthalten von internen Effekten liefert gleichzeitig eine Erklärung für die stärkere Muskelaktivität. Da beim internen Aufmerksamkeitsfokus ein bestimmter interner Effekt konstant gehalten wird, wird die dafür zuständige Muskelgruppe auch stärker beansprucht als beim externen Aufmerksamkeitsfokus. Beim externen Aufmerksamkeitsfokus sind mehr Freiheitsgrade innerhalb der Bewegung vorhanden, sodass die Muskelaktivität über mehre Muskelgruppen verteilt wird.

Die Funktionalität der Effekte hängt somit davon ab, welcher Effekt für eine gute Leistung konstant gehalten werden muss. Wenn die Leistung daran geknüpft ist, dass ein externer Effekt konstant gehalten wird, dann ist der externe Effekt funktional und sollte fokussiert werden. Wenn die Leistung daran geknüpft ist, dass ein interner Effekt konstant gehalten wird, dann ist der interne Effekt funktional und sollte fokussiert werden.

Kompatibilität der Effekte

In den meisten Experimenten zum Aufmerksamkeitsfokus kann das Bewegungsziel nicht sowohl intern als auch extern beschrieben werden, wie z.B. das Treffen eines Ziels mit einem Golfball. In diesen Fällen werden beiden Fokusgruppen dasselbe (externe) Bewegungsziel und danach unterschiedliche Fokusinstruktionen genannt. Dies soll an einem Beispiel veranschaulicht werden: Beim Experiment von Wulf et al. (1998) wurde den Versuchspersonen mitgeteilt, sie sollen die Plattform, auf der sie standen, möglichst horizontal halten (= Bewegungsziel). Darüber hinaus wurden ihnen Fokusinstruktionen gegeben. Der externen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass sie die Marker möglichst auf selber Höhe halten sollen und der internen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass sie ihre Füße auf selber Höhe halten sollen.

Wenn Versuchspersonen Instruktionen zum Bewegungsziel und zur Bewegungsausführung hintereinander präsentiert werden, kann folgendes Phänomen auftreten: *„Wenn der Lehrer ein klares Zielverständnis hat, nimmt er oft an, dass der Lehrling dasselbe Verständnis besitzt. Dadurch könnte der Lehrer in seiner anfänglichen Darstellung zu schnell zu der Beschreibung der Bewegung selbst voranschreiten. Dieser schnelle Wechsel von ein paar vagen Erwähnungen des Zwecks zu einer verbalen Beschreibung der Bewegung - eine Beschreibung, die vermeintlich hilfreich ist, damit der Lehrling einen effektiven Bewegungsplan formulieren kann - , scheint in einer Zielverwechslung zu resultieren. Aus Sicht des Lehrlings ist das zu produzierende Ergebnis, sich in der Art zu bewegen, wie es der Lehrer beschrieben hat. Dadurch wird die Bewegungsart, die der Lehrer spezifiziert hat und nicht die Konsequenz der Bewegung in Form von Umwelt-*

veränderungen, das Ziel des Lehrlings“ (Übersetzung durch die Autorin, Gentile, 1972, S. 14). Dieses Phänomen kann auf die Versuchsanordnung von Wulf et al. (1998) und anderen Experimenten zum Aufmerksamkeitsfokus übertragen werden.

Die Versuchspersonen in den externen und internen Fokusgruppen könnten die Fokusinstruktion als ein zusätzliches Bewegungsziel betrachten. Die Bereithaltung zweier Bewegungsziele ist umso schwieriger, je unterschiedlicher diese Bewegungsziele sind. Kunde schreibt dazu: *„Wenn die endogene Aktivierung von Effektcodes ein zeitkonsumierender Vorgang ist, lässt sich vorhersagen, dass der Zeitaufwand, der entsteht, wenn zwei Aktionen mehr oder weniger gleichzeitig bereitgestellt werden müssen, geringer ist, je weniger unterschiedliche Effektrepräsentationen für die Spezifizierung dieser Aktionen aktiviert werden müssen“* (Kunde, 2006, S. 40). Die Kompatibilität zwischen dem fokussierten Effekt und dem Bewegungsziel entscheidet also darüber, wie anstrengend es ist, zwei Bewegungsziele gleichzeitig bereithalten zu müssen. Die Kompatibilität kann die Befunde zur Aufmerksamkeitskapazität erklären. Im Experiment von Wulf, McNevin und Shea (2001) wurde dieselbe Bewegungsaufgabe benutzt wie bei dem oben aufgeführten Experiment von Wulf et al. (1998). Gleichzeitig mussten die Versuchspersonen eine Zweitaufgabe bearbeiten. Die externe Fokusgruppe zeigte eine bessere Leistung in der Zweitaufgabe. Dies wurde damit erklärt, dass die externe Fokusgruppe mehr Aufmerksamkeitskapazitäten besäße als die interne Fokusgruppe. Nun kann argumentiert werden, dass die externe Fokusgruppe deshalb mehr Aufmerksamkeitskapazitäten besaß, da das Bewegungsziel (Plattform horizontal halten) und der externe Effekt (Marker auf einer Höhe halten) kompatibler waren als bei der internen Fokusgruppe (Füße auf einer Höhe halten).

Bei Bewegungsaufgaben, die sowohl ein allgemeines Bewegungsziel als auch zusätzliche Fokusinstruktionen enthalten, ist die Funktionalität der Effekte davon abhängig, wie kompatibel sie mit dem Bewegungsziel sind. Je kompatibler der Effekt mit dem Bewegungsziel, desto funktionaler ist er und sollte fokussiert werden.

Wahrnehmung der Effekte

Wie bereits ausführlich beschrieben, wird angenommen, dass Wahrnehmung und Bewegung in Bezug auf die Effekte gemeinsam repräsentiert seien (Common-Coding-Hypothese). Dies wiederum bedeutet: Je differenzierter ein Effekt wahrgenommen werden kann, desto differenzierter kann er gesteuert und ausgeführt werden. Die visuelle Modalität ist z.B. auflösender als die Kinästhetik (Ziessler, 2007). Wie differenziert ein Effekt wahrgenommen werden kann, könnte aber auch innerhalb der Modalität variieren. Im Rahmen des Zwei-Stufen-Modells von Elsner und Hommel (2001, siehe auch in der vorliegenden Arbeit S. 12) wird ebenfalls darauf verwiesen, dass die Effekte sich nicht qualitativ darin unterscheiden, mit welcher Modalität sie wahrgenommen werden oder welche Nähe sie zum Körper aufweisen, sondern allein darin, wie informativ die Wahrnehmung dieser Effekte ist. Dadurch können differenziertere Assoziationen zwischen der Effektrepräsentation und den motorischen Programmen aufgebaut werden.

Die Komplexität der Effekte spielt ebenfalls eine Rolle. Um dies zu veranschaulichen, haben Mechsner et al. (2001) folgende Bewegungsaufgabe entwickelt: Versuchspersonen sollten zwei Hebel unter dem Tisch jeweils im Kreis drehen. Diese wurden in ein sichtbare Bewegung von

Punkten auf dem Tisch überführt (siehe Abbildung 4.2). Um ein 1:1 Frequenzverhältnis der Punktkreise hervorzurufen, musste ein 4:3 Frequenzverhältnis zwischen den beiden Hebelbewegungen erfolgen. Wenn die Versuchspersonen instruiert wurden, die Hände in einem 4:3 Frequenzverhältnis zu bewegen, war dies praktisch unmöglich. Wurden sie in Bezug auf die Punkte instruiert, konnten sie die Bewegung durchführen. Mechsner (2004b) folgert daraus: *„Die Schwierigkeit einer bestimmten Bewegung ist nicht so sehr von den Körperbewegungsmustern als solche abhängig, sondern wie diese perzeptuell und konzeptuell wahrgenommen werden“* (Übersetzung durch Autorin, Mechsner, 2004b, S. 229). *„Sogar Körperbewegungen, die unmöglich auszuführen sind, wenn sie als solche instruiert werden, können mit Leichtigkeit ausgeführt werden, wenn eine einfache perzeptuell-kognitive Referenzstruktur für die Steuerung erfasst werden kann“* (Übersetzung durch die Autorin, Mechsner, 2004b, S. 210).

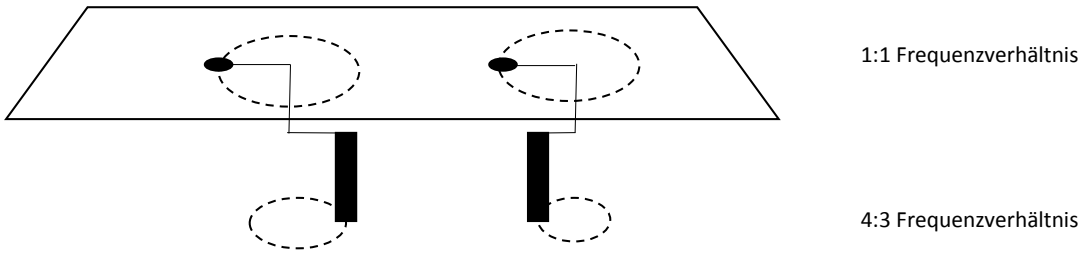


Abbildung 4.2: Experimentaufbau von Mechsner, Kerzel, Knoblich und Prinz (2001), angepasst nach Mechsner, Kerzel, Knoblich und Prinz (2001, S. 71). Indem die Hebel unten in einem 4:3 Frequenzverhältnis gedreht wurden, wurden die Punkte auf dem Tisch in einem 1:1 Frequenzverhältnis gedreht.

Die Funktionalität der Effekte hängt also von der Differenzierung und der Komplexität der Effekte ab: Je differenzierter und/oder einfacher ein Effekt wahrgenommen werden kann, desto funktionaler ist er und sollte fokussiert werden.

Unterschiedliche Bewegungs-Effekt-Assoziationen

Je nach Fokusinstruktion lernt die ausführende Person unterschiedliche Bewegungs-Effekt-Assoziationen (siehe dazu auch Ehrlenspiel & Maurer, 2007), die unterschiedlich funktional sind. Funktionalität wurde anhand von drei Aspekten definiert: Kontingenz, Kompatibilität und Wahrnehmung der Effekte. Ein Effekt ist umso funktionaler...

- je größer seine Kontingenzbeziehung mit dem Bewegungsziel ist,
- je kompatibler er mit dem Bewegungsziel ist und
- je differenzierter und einfacher er wahrgenommen werden kann.

Bei vielen Bewegungsaufgaben geht es darum, mit seiner Umwelt zu interagieren oder sie zu manipulieren. Der externe Effekt ist in diesen Fällen funktional, da die Leistung daran geknüpft

ist, den externen Effekt konstant zu halten, weil er kompatibler mit dem Bewegungsziel ist oder weil der externe Effekt differenzierter oder einfacher wahrgenommen werden kann. Dennoch kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, dass es auch Bewegungsaufgaben gibt, bei denen das Gegenteil eintritt: Diese Bewegungsaufgaben sollten dadurch gekennzeichnet sein, dass der interne Effekt konstant gehalten werden muss, dass das Bewegungsziel mit dem internen Effekt kompatibler ist oder dass der interne Effekt differenzierter oder einfacher wahrgenommen werden kann. Im nächsten Kapitel wird dargestellt, wann solche Fälle auftreten können.

5 Fokuseffekt in Abhängigkeit von der Bewegungsaufgabe

Die Funktionalität der Effekte sollte dadurch beeinflusst sein, wie die Bewegungsaufgabe definiert ist. Deshalb wird in diesem Kapitel darauf eingegangen, anhand welcher Kriterien man Bewegungsaufgaben unterscheiden kann. Daraus soll abgeleitet werden, bei welchen Bewegungsaufgaben externe bzw. interne Effekte funktionaler sind und somit der externe bzw. interne Aufmerksamkeitsfokus überlegen sein sollte. Nach den theoretischen Überlegungen soll im zweiten Abschnitt dieses Kapitels die empirische Befundlage zum Aufmerksamkeitsfokus dargestellt werden, wobei besonderes Augenmerk auf die Bewegungsaufgabe gelegt wird. Es soll herausgearbeitet werden, ob die Überlegungen aus dem ersten Abschnitt bereits empirisch bestätigt werden konnten.

5.1 Klassifikation von Bewegungsaufgaben nach Göhner (1979) und Gentile (2000)

Operationen und Verlaufsformen einer sportlichen Bewegung werden durch folgende Faktoren beeinflusst: Bewegungsziel, Movendum, Bewegerbedingungen, Umgebungsbedingungen und Regelbedingungen (Göhner, 1979). Auf diese soll im Folgenden eingegangen werden. Die letzten drei Faktoren werden dabei zusammengefasst unter dem Begriff Regulationsbedingungen (Gentile, 2000). Innerhalb der drei Faktoren Bewegungsziel, Movendum und Regulationsbedingungen soll herausgearbeitet werden, wie die Funktionalität der Effekte mit den unterschiedlichen Ausprägungen der Faktoren in Zusammenhang stehen.

Bewegungsziele

Für sportlichen Aufgaben hat Göhner (1979) eine Taxonomie möglicher Bewegungsziele aufgestellt. Er definiert Bewegungen als gerichteten Übergang von einer Ausgangssituation in eine Endsituation. Elementare, situationsspezifische Bewegungsziele sind dann unterteilt in *endzustandsorientierte Bewegungsziele*, *anfangs- und endzustandsorientierte Bewegungsziele* und *verlaufsorientierte Bewegungsziele* (siehe Abbildung 5.1).

Bei den endzustandsorientierten Bewegungszielen sollen definierte Endsituationen erreicht bzw. erhalten werden. Diese lassen sich weiterhin in folgende drei Untergruppen unterteilen: Beim *Erhalten von Endsituationen* soll entweder eine bestimmte Situation gegen mögliche Störeinflüsse oder ein Bewegungszustand erhalten werden. Hierzu zählen z.B. alle Halteübungen beim Geräteturnen, Rodeoreiten und Surfen. Bei der *Trefferoptimierung* soll eine Endsituation innerhalb

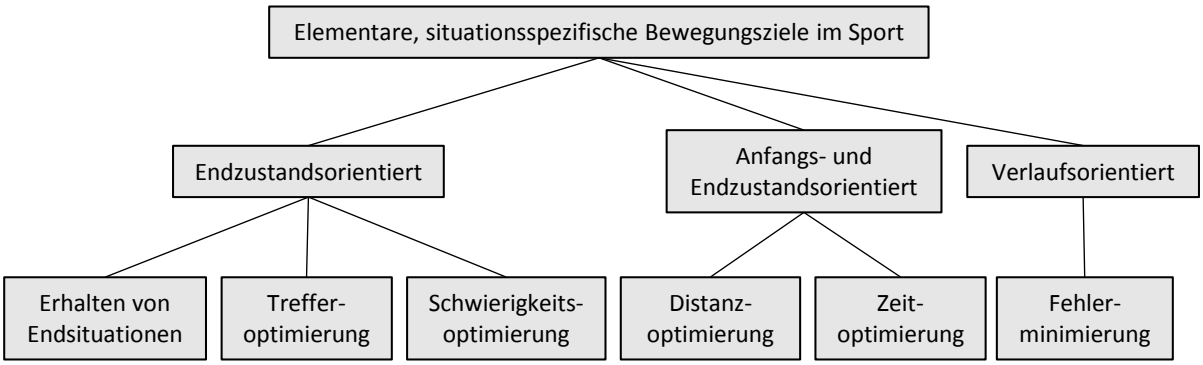


Abbildung 5.1: Bewegungsziele, angepasst nach Göhner (1979, S. 86).

einer Zeitspanne möglichst häufig bzw. gegenüber anderen Beteiligten häufiger erreicht werden. Dazu zählen z.B. Fußball, Handball, Tennis, Volleyball, Fechten, Völkerball und Boxen. Die *Schwierigkeitsoptimierung* als Bewegungsziel ist dadurch gekennzeichnet, dass das Erreichen der Zielsituation ständig mess- oder wenigstens vergleichbar schwieriger gestaltet werden kann. Beispiele dafür sind Hochsprung, Gewichtheben und Slalomfahren mit Wasserski (Göhner, 1979).

Bei den anfangs- und endzustandsorientierten Bewegungszielen ist die Leistung sowohl vom Anfangs- als auch vom Endzustand abhängig. Auch hier lassen sich Untergruppen unterscheiden: Bei der *Distanzoptimierung* soll die Distanz zwischen Anfangs- und Endzustand möglichst maximiert werden, wie es z.B. bei Weitspringen, Kugelstoßen, Speerwerfen und Stundenlauf der Fall ist. Bei der *Zeitoptimierung* soll die Zeit zwischen Anfangs- und Endzustand möglichst minimiert werden. Beispiele dafür sind die Laufdisziplin in der Leichtathletik, Sportschwimmen, Eisschnelllauf und alpiner Skisport (Göhner, 1979).

Verlaufsorientierte Bewegungsziele sind dadurch gekennzeichnet, dass weitere, über den gesamten Bewegungsverlauf sich erstreckende (Zwischen-)Situationen durchlaufen werden müssen. Hierbei ist nur die *Fehlerminimierung* zu nennen. Dieses Bewegungsziel kann als *„ein möglichst optimales Annähern an vorgegebene Operations- und Verlaufsbeschreibungen bzw. ein möglichst minimales Abweichen von einem als fehlerfrei bzw. richtig oder ideal vorgegebenen Leitbild gesehen werden“* (Göhner, 1979, S. 79-80). Als Beispiel sind Reck- oder Barrenturnen und Eiskunstlauf zu nennen.

Manche Sportarten beinhalten mehrere elementare Bewegungsziele, so sind z.B. das Skispringen durch eine Distanzoptimierung und eine Fehlerminimierung und das Springreiten durch eine Zeitoptimierung und eine Fehlerminimierung gekennzeichnet. Bei diesen Sportarten ist *„allein aus der Aufgabenstellung eine Über- oder Unterordnung der einen oder anderen Bewegungsziele nicht ableitbar“* (Göhner, 1979, S. 83).

Neben den elementaren, situationsspezifischen Bewegungszielen nennt Göhner (1979) auch die situationsunspezifischen Bewegungsziele. Hier soll die motorische Belastbarkeit wiederhergestellt, erhalten oder verbessert werden. Diese Bewegungsziele sind nicht anhand spezifischer Situationen gekennzeichnet, so kann z.B. Ausdauer durch Laufen, Radfahren aber auch Schwimmen gefördert werden. Situationsunspezifische Bewegungsziele sollen im Weiteren nicht behandelt werden.

Damit interne Effekte funktional sein können, muss das Bewegungsziel anhand interner Effekte definiert sein. Dies ist bei Distanz- und Trefferoptimierung nicht der Fall, da sowohl Distanzen als auch Treffer nur durch externe Effekte wahrgenommen werden können. Bei der Zeitoptimierung ist das Ziel weder durch interne noch externe Effekte direkt erfahrbar, wenn das Ziel absolut betrachtet wird. Wenn es in Relation zu anderen betrachtet wird (z.B. der schnellste Läufer von allen teilnehmenden Läufern sein), dann ist das Ziel durch externe Effekte erfahrbar (indem man schneller läuft, sieht man, dass der Abstand zu den vorderen Läufern geringer wird und sie schließlich überholt). Die restlichen Bewegungsziele sind prinzipiell durch interne Effekte erfahrbar. Hierbei muss aber eine zusätzliche Bedingung hinzugefügt werden: das Movendum.

Movendum

Göhner (1979) definiert *Movendum* als die zu bewegende Größe innerhalb einer Bewegungsaufgabe, d.h. die Größe, deren Zustandsänderung das Ziel der Bewegung darstellt. Er unterscheidet drei Typen: Das passiv-reaktive Movendum, das aktiv-reaktive Movendum und das aktive, sich selbst bewegende Movendum. Beim *passiv-reaktivem Movendum* werden die Zustandsänderungen nur durch äußere Kräfte verursacht, da sich das Movendum selbst nicht bewegen kann. Hierzu zählen z.B. Hantel, Kugel, Speer, Diskus, Ball und viele andere. Beim *aktiv-reaktivem Movendum* kommen die Zustandsänderungen durch andere Beweger zustande, das Movendum kann aber auch selbst Bewegungsänderungen erreichen. Partner beim Paarlauf, Gegner beim Judo oder beim Ringen können als solche aktiv-reaktive Movenda bezeichnet werden. Und schließlich gibt es *aktive, sich selbst bewegende Movenda.* Die Zustandsänderung erfolgt durch das Movendum selbst, so wie es z.B. bei Läufern, Schwimmern, Springern, Turnern und Tänzern der Fall ist. Von nun an sollen passiv-reaktive und aktiv-reaktive Movenda zu *reaktiven Movenda* zusammengefasst werden. Die aktiven, sich selbst-bewegenden Movenda werden nur noch *sich selbst bewegende Movenda* genannt.

Wenn das Bewegungsziel durch Zustandsänderung des Movendums charakterisiert wird, dann können Bewegungsziele nur bei Bewegungsaufgaben mit sich selbst bewegenden Movenda anhand interner Effekte wahrgenommen werden. Der Tänzer kann z.B. durch interne Effekte feststellen, ob er das Bewegungsziel erreicht hat, ein Speerwerfer kann dies nicht. Es ist wichtig, beide Aspekte zu betrachten: Bei manchen Bewegungszielen kann es nur ein reaktives Movendum geben, wie z.B. bei der Trefferoptimierung. Bei Distanzoptimierung sind zwar sowohl reaktive als auch sich selbst bewegende Movenda möglich (z.B. Weitwurf vs. Weitspringen), trotzdem ist das Bewegungsziel beim Weitsprung nicht durch interne Effekte erfahrbar (das Körpergefühl beim Landen im Sand sagt nichts über die Leistung aus). Bei den Bewegungszie-

Tabelle 5.1: Movenda bei Bewegungszielen, die prinzipiell durch interne Effekte erfassbar sind.

Bewegungsziel	sich selbst bewegendes Movendum	reaktives Movendum
Erhalten einer Endsituation	Halteübungen	Surfen
Schwierigkeitsoptimierung	Dehnübungen	Gewichtheben
Fehleroptimierung	Tanzfiguren	Dressurreiten

len, die prinzipiell durch interne Effekte erfahrbar sind, können sowohl reaktive als auch sich selbst bewegende Movenda unterschieden werden (siehe Tabelle 5.1).

Körper- und Umweltorientierte Bewegungsaufgaben. Es soll nun folgendes definiert werden: Eine Bewegungsaufgabe gilt als *körperorientiert*, wenn sie ein sich selbst bewegendes Movendum enthält und eines der folgenden Bewegungsziele hat: Erhalten einer Endsituation, Schwierigkeitsoptimierung oder Fehleroptimierung. Ansonsten ist die Bewegungsaufgabe *umweltorientiert*. Körperorientiert und umweltorientiert sollen die beiden Ausprägungen sein, die unter dem Begriff *Aufgabentyp* zusammengefasst werden. Der gleiche Aufgabentyp kann wiederum unter verschiedenen Regulationsbedingungen auftreten. Dies wird als nächstes betrachtet.

Regulationsbedingungen

Göhner (1979) fügt zur Unterscheidung von Bewegungen neben Bewegungsziel und Movendum folgende Faktoren hinzu: Bewegerbedingungen, Umgebungsbedingungen und Regelbedingungen. Bewegerbedingungen bestimmen, wie das Movendum bewegt wird (z.B. ohne jegliche Hilfe, durch Instrument, durch Partner etc.). Die Umgebungsbedingungen definieren, welchen bewegungsändernden Umwelteinflüssen ein in Bewegung versetztes Movendum unterliegt. Und schließlich definieren Regelbedingungen regelbedingte Bewegungseinschränkungen. Das bedeutet, dass im sportlichen Bereich Regeln bestehen, die sowohl den Anfang, den Verlauf als auch das Ende einer Bewegung einschränken können (Göhner, 1979). Diese drei Faktoren lassen sich sehr gut unter dem Begriff *Regulationsbedingungen* zusammenfassen, der von Gentile (2000) ausführlich beschrieben wird. Da dieser Begriff die relevanten Aspekte in einer einfacheren Form darstellen kann, soll an dieser Stelle statt Göhners Taxonomie Gentiles Taxonomie verwendet werden.

Zunächst sollen ein paar Begriffe innerhalb der Taxonomie von Gentile (2000) definiert werden: Eine *Handlung* ist die beobachtbare Änderung zwischen einem Anfangszustand und einem Zielzustand, die daraus resultiert, dass eine Person zielgerichtet mit der Umwelt interagiert. Die interne Repräsentation des intendierten Zielzustandes wird auch *Handlungsziel* genannt (Gentile, 2000). Wenn z.B. der Anfangszustand darin besteht, dass eine Person einen Golfball vor sich liegen hat und der Zielzustand darin besteht, dass der Golfball in einem vorher definiertem Bereich liegt, so ist die zielgerichtete Veränderung dieser beiden Zustände die Handlung. Um schlussfolgern zu können, dass Handlung stattgefunden hat, muss man nicht notwendigerweise die Bewegung, die dazu geführt hat, gesehen haben. *Bewegung* ist definiert als das Mittel,

das zum Handlungsziel geführt hat (Gentile, 2000). Prinzipiell sind verschiedene Bewegungen möglich, die zum selben Handlungsziel führen. Dies nennt man *Bewegungsäquivalenz*. Welche Bewegungen zum Handlungsziel führen, werden anhand der *Regulationsbedingungen der Umwelt* bestimmt. Beim Dartpfeile-Werfen sind Eigenschaften wie Größe, Form und Gewicht des Dartpfeils regulatorisch für die Bewegung. Die Farbe des Dartpfeils dagegen ist nicht regulatorisch, weil sie keine Anforderungen an die Bewegung stellt. Bewegungen müssen also den Regulationsbedingungen gerecht werden, damit Handlungsziele erreicht werden können (Gentile, 2000). Im Rahmen des Effektorientierten Lernens (siehe Seite 19) kann dies folgendermaßen beschrieben werden: Wenn nach einer Bewegung die intendierten und antizipierten Effekte nicht mehr mit dem tatsächlichen Effekt übereinstimmen, dann liegt es daran, dass sich die Regulationsbedingungen verändert haben, ohne dass es die ausführende Person wahrgenommen hat (z.B. ist der Abstand zur Dartscheibe größer). Die fehlende Wahrnehmungsdifferenzierung in Bezug auf die Regulationsbedingungen führen also zu Bewegungsfehlern. Gleichzeitig muss die Wahrnehmung nicht im Hinblick auf alle Änderungen der Umwelt differenziert werden (z.B. die Farbe der Dartpfeile muss nicht beachtet werden).

Während einer Durchführung können die Regulationsbedingungen entweder stationär oder dynamisch sein (Gentile, 2000). Wenn sie *stationär* sind, dann bestehen sie nur aus räumlichen Aspekten. Die Bewegung ist insofern selbstbestimmt (self-paced), als das die ausführende Person selbst über die zeitlichen Aspekte der Bewegung entscheiden kann. Alle räumlichen Regulationsbedingungen sind bereits vor der Ausführung bekannt. Ein Beispiel hierfür wäre das Schlagen eines Golfballs. Wann der Golfball geschlagen werden soll, entscheidet allein die ausführende Person. *Dynamische Regulationsbedingungen* bestehen nicht nur aus räumlichen, sondern auch aus zeitlichen Aspekten. Nun ist die Bewegung extern bestimmt (externally paced), da die zeitliche Abfolge der Bewegung durch die Umwelt eingeschränkt ist. Ein Beispiel hierfür wäre Tennis, da die ausführende Person den Tennisball nur zu einem bestimmten Zeitpunkt schlagen kann. Wenn zeitliche Aspekte für die Bewegung wichtig sind, muss die ausführende Person Vorhersagen über die Umwelt treffen. Diese Vorhersagen kompensieren die Tatsache, dass die menschliche Sensomotorik zeitversetzt stattfindet. Es vergeht eine gewisse Zeit, bis Informationen aufgenommen und verarbeitet wurden und wieder eine gewisse Zeit, bis die Bewegung ausgeführt wird (Gentile, 2000).

Die Regulationsbedingungen zwischen Durchführungen können entweder konstant bleiben oder variieren (Gentile, 2000). Wenn sie *konstant* bleiben, dann wird die für diese Regulationsbedingungen geeignete Bewegung immer mehr eingeübt, es findet eine *Bewegungsfixation* statt. Wenn die Regulationsbedingungen zwischen den Ausführungen *variieren*, so müssen unterschiedliche Bewegungen geübt werden, damit sie den Veränderungen der Regulationsbedingungen standhalten. Dadurch entsteht eine *Bewegungsdiversifizierung* (Gentile, 2000).

Aus der Kombination der Regulationsbedingungen während und zwischen Durchführungen unterscheidet Gentile (2000) vier Arten von Aufgaben (siehe Abbildung 5.2). *Geschlossene Bewegungsaufgaben* (closed tasks) sind solche, bei denen die Regulationsbedingungen während der

Tabelle 5.2: Klassifikation von Bewegungsaufgaben anhand von Regulationsbedingungen.

während der Durchführung	zwischen den Durchführungen	
	konstant	variabel
stationär	Geschlossene Bewegungsaufgabe z.B. Treppensteigen mit konstanter Treppenhöhe	Variable, stationäre Bewegungsaufgabe z.B. Treppensteigen mit variabler Treppenhöhe
dynamisch	Konsistente, dynamische Bewegungsaufgabe z.B. Durchlaufen einer Drehtür	Offene Bewegungsaufgabe z.B. Durchlaufen einer überfüllten Einkaufshalle

Durchführung stationär sind und sich nicht zwischen den Durchführungen unterscheiden. Ein Beispiel dafür wäre Treppensteigen (und zwar bei immer gleicher Treppenhöhe). *Konsistente, dynamische Bewegungsaufgaben* (consistent motion tasks) sind solche Bewegungsaufgaben, bei denen die Regulationsbedingungen während der Durchführung dynamisch sind, aber zwischen den Durchführungen nicht variieren. Ein Beispiel wäre das Durchlaufen einer sich bewegenden Drehtür. *Variable, stationäre Bewegungsaufgaben* (variable motionless tasks) sind solche, bei denen nur räumliche Regulationsbedingungen vorhanden sind, diese sich aber zwischen den Durchführungen unterscheiden. Im Gegensatz zu Treppensteigen mit konstanter Treppenhöhe bei geschlossenen Aufgaben wäre hier die Treppenhöhe variabel. *Offene Bewegungsaufgaben* (open tasks) sind schließlich solche, bei denen die Regulationsbedingungen während der Durchführung dynamisch sind und zwischen Durchführungen variieren, so z.B. beim Durchlaufen einer überfüllten Einkaufshalle (Gentile, 2000). Bei variablen Regulationsbedingungen wissen Experten, auf welche Information sie achten müssen, um die Bewegung besser auswählen zu können (Savelsbergh, Williams, van der Kamp & Ward, 2002). Bei dynamischen Regulationsbedingungen können Experten außerdem bessere Vorhersagen über deren zeitlichen Verlauf treffen (Savelsbergh et al., 2002; A. M. Williams, Ward, Knowles & Smeeton, 2002).

Je dynamischer und variabler Regulationsbedingungen sind, desto größer ist ihre Relevanz in Bezug auf die Bewegungsausführung. Die Regulationsbedingungen sind meistens umweltbezogen. Prinzipiell sind auch körperbezogene Regulationsbedingungen vorstellbar, dass man z.B. größer oder dicker wird. Diese ändern sich aber nur sehr langsam, sodass sie für zwei aufeinanderfolgende Durchführungen keine Relevanz besitzen. Eine Verletzung wäre auch eine körperbezogene Regulationsbedingung. Diese würde sich zwar schnell ändern, aber nur einmalig und nicht für jede Durchführung erneut. Auf den ersten Blick würde man also zu der Aussage gelangen, dass besonders bei variablen und dynamischen Regulationsbedingungen der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einer besseren Leistung und /oder Lernen führen sollte. Wulf (2009) schreibt dazu, dass der Unterschied *„zwischen Fertigkeiten, bei denen Bewegungsvarianten erforderlich werden können oder nicht, ebenso wie zwischen Fertigkeiten, die in stabilen [geschlossene Fertigkeiten] oder wechselnden Umgebungen [offene Fertigkeiten] stattfinden [...] für Instruktionen zum Fokus nicht relevant [sind]“* (Wulf, 2009, S. 58). Im Text wird nicht darauf eingegangen, weshalb sie nicht relevant sind. Wenn man aber die Definition des Aufmerksamkeitsfokus er-

neut betrachtet, so wird einem klar, dass die Relevanz dadurch nicht gegeben sein kann, weil die Wahrnehmungsdifferenzierung vor der eigentlichen Bewegungsdurchführung per Definition nicht zum Anwendungsbereich des Aufmerksamkeitsfokus gehört. Der Aufmerksamkeitsfokus bezieht sich ausschließlich auf Effekte während und nach der Bewegungsdurchführung (siehe dazu Kapitel 3). Somit kann festgestellt werden, dass die Wahrnehmungsdifferenzierung vor der Bewegungsdurchführung (z.B. aus welcher Richtung ein Tennisball auf einen zufliegt) nicht Gegenstand der Betrachtung ist und Aussagen über den Aufmerksamkeitsfokus und der Funktionalität von Effekten an dieser Stelle nicht getroffen werden können.

Da die Regulationsbedingungen keinen Einfluss auf die Funktionalität der Effekte haben, hängt die Funktionalität der Effekte ausschließlich mit dem Bewegungsziel und dem Movendum zusammen, d.h. ob die Bewegungsaufgabe körper- oder umweltorientiert ist. Im Folgenden wird die Funktionalität der Effekte bei umwelt- und körperorientierten Bewegungsaufgaben näher betrachtet.

Funktionalität der Effekte bei umwelt- und körperorientierten Bewegungsaufgaben

Bewegungsaufgaben wurden danach klassifiziert, ob Bewegungsziel und Movendum durch interne Effekte wahrnehmbar sind. Wenn beides zutrifft, ist die Bewegungsaufgabe körperorientiert, ansonsten umweltorientiert (siehe S. 47). Nun wird folgende Aussage im Rahmen der Funktionalitätshypothese getroffen: Bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben sind externe Effekte funktionaler als interne Effekte. Bei körperorientierten Bewegungsaufgaben sind interne Effekte funktionaler als externe Effekte. Da Funktionalität anhand der Kontingenz, der Kompatibilität und der Wahrnehmung der Effekte definiert wurde, soll anhand dieser drei Kriterien argumentiert werden, weshalb diese Aussage zutrifft.

Umweltorientierte Bewegungsaufgaben. Betrachten wir zunächst umweltorientierte Bewegungsaufgaben. Als anschauliches Beispiel soll die Bewegungsaufgabe herangezogen werden, einen Nagel mit einem Hammer zu treffen. Diese Bewegungsaufgabe hat das Bewegungsziel Trefferoptimierung mit einem reaktiven Movendum und ist somit umweltorientiert. Externe Effekte sollen bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben eine höhere Funktionalität aufweisen als interne Effekte. Die Bewegung des Hammers wäre der externe Effekt und die Bewegung des Armes der interne Effekt. Bei einer willkürlichen Bewegungsausführung folgen die externen Effekte immer kausal den internen Effekten, z.B. muss der Arm bewegt werden, damit der Hammer bewegt werden kann. Die Bewegung des Hammers wiederum führt dazu, wie ein Nagel getroffen wird. Somit hat die Bewegung des Hammers eine höhere Kontingenz mit dem Ziel und sollte konstant gehalten werden. Die Bewegung des Hammers ist gleichzeitig kompatibler mit dem Bewegungsziel, den Nagel zu treffen, als die Bewegung der Arme. Wenn also die ausführende Person nähere Instruktionen zur Armbewegung bekommt, ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass sie dies zum Ziel der Bewegung macht, als wenn sie nähere Instruktionen zur Hammerbewegung bekommen würde. Je nachdem, wie stark das Bewegungsziel, den Nagel zu treffen, aktiviert bleibt, ist es für die ausführende Person, die sich auf die Bewegung des Armes fokussiert, kognitiv schwieriger beide Ziele aufrecht zu erhalten als beim Fokussieren auf die

Hammerbewegung. Die Armbewegung ist nämlich weniger kompatibel mit dem Bewegungsziel, den Nagel zu treffen, als die Hammerbewegung. Ob die Bewegung des Hammers einfacher wahrzunehmen ist als die Bewegung des Armes, ist nicht so eindeutig. Bei dieser Bewegungsaufgabe legt man die visuelle Aufmerksamkeit meistens auf den Nagel, sodass die Frage aufgeworfen werden kann, ob die haptische Wahrnehmung der Hammerbewegung einfacher und differenzierter als die kinästhetische Wahrnehmung der Armbewegung ist. Wahrscheinlich ist der Unterschied nicht groß. Die Gesamtfunktionalität wird in diesem Beispiel vor allem durch die Kontingenz und die Kompatibilität entschieden. In anderen umweltorientierten Bewegungsaufgaben wird der externe Effekt visuell wahrgenommen und der interne Effekt propriozeptiv. In diesen Fällen ist klar ersichtlich, dass die Wahrnehmung der externen Effekte besser wahrgenommen werden kann. Man kann zusammenfassen, dass in umweltorientierten Bewegungsaufgaben der externe Effekt konstant gehalten werden soll, der externe Effekt kompatibler mit dem Bewegungsziel ist und (meistens) einfacher wahrgenommen werden kann, deshalb ist er funktionaler als der interne Effekt.

Körperorientierte Bewegungsaufgaben. Ein Beispiel für eine körperorientierte Bewegungsaufgabe wäre Yoga. Diese Bewegungsaufgabe ist körperorientiert, denn sie hat das Bewegungsziel Fehlerminimierung (oder je nach Yogaübung Erhalten von Endsituation) mit selbst bewegendem Movendum. Bei körperorientierten Bewegungsaufgaben müssen nicht externe, sondern interne Effekte für eine gute Leistung konstant gehalten werden. Auch bei körperorientierten Bewegungsaufgaben folgen die externen Effekte kausal den internen Effekten. Doch im Gegensatz zu den umweltorientierten Bewegungsaufgaben ist jede Varianz, die die externen Effekte zusätzlich zu der Varianz der internen Effekte besitzen, weniger zielführend. In unserem Beispiel wäre jede Veränderung der Umwelt, die durch die Yogabewegung verursacht wurde, weniger zielführend als die Yogabewegung selbst. Die Konstanthaltung der externen Effekte führt somit zu schlechterer Leistung. Wenn neben dem Bewegungsziel zusätzliche Fokusinstruktionen gegeben werden, so wären die zu fokussierenden internen Effekte kompatibler mit dem internen Bewegungsziel als die zu fokussierenden externen Effekte. Bei Instruktionen, die sich auf einen externen Effekt beziehen, hätte die ausführende Person eher das Gefühl, neben der Yogaübung eine Zusatzaufgabe bewältigen zu müssen. Gentile (1972) machte darauf aufmerksam, dass in Bezug auf das Phänomen Zielverwirrung zwischen den Aufgabentypen differenziert werden muss: *„Es gibt nur einen Fall, bei dem die exakte Form der Bewegung wichtig ist: Wenn es das Ziel ist, sich in Übereinstimmung mit extern gesetzten Standards zu bewegen, wie bei der Gymnastik oder Tauchen. Das zu erzeugende Ergebnis in diesen Situationen ist eine bestimmte Bewegung [...] Für alle anderen Fertigkeiten, bei denen die Bewegung nur das Mittel darstellt, um ein Ergebnis zu erzeugen, sollte der Lehrer erkennen, dass eine unangemessene Betonung auf eine bestimmte Form zu einer Zielverwirrung führen kann, wie bereits diskutiert wurde“* (Übersetzung durch die Autorin, Gentile, 1972, S. 17-18). Wenn das Bewegungsziel mit der Bewegung übereinstimmt, kann keine Zielverwirrung auftreten, denn die Bewegung ist maximal kompatibel mit dem Bewegungsziel. Wenn ein zusätzlicher externer Effekt hinzugefügt wird, ist er umso inkompatibler, je weniger er das Bewegungsziel, in diesem Fall also die Bewegung selbst, wiedergibt.

Ziessler (2007) schreibt, dass die Wahrnehmung der externen Effekte auflösender sei als die der internen Effekte. Beispielweise wäre die visuelle Wahrnehmung eines externen Effektes während der Yogaübung einfacher als die propriozeptive Wahrnehmung des internen Effektes. Trotzdem ist es nicht hilfreich, einen externen Effekt auflösend wahrzunehmen, wenn die entnommene Information weniger mit der Leistung in Zusammenhang steht. Die Wahrnehmung der Effekte sollte also im Zusammenhang mit der Kontingenz betrachtet werden. Die Wahrnehmung der Effekte gibt Information über Effektzustände, diese Effektzustände können aber eine unterschiedliche Kontingenz mit dem Bewegungsziel haben. Solange die internen Effekte mit der Leistung in einem höheren Zusammenhang stehen als die externen Effekte, hat der Vorteil der externen Effekte, besser wahrnehmbar zu sein, keinen Nutzen. Durch die Wahrnehmung der externen Effekte wird also weniger Information für das Bewegungsziel gewonnen als die Wahrnehmung der internen Effekte. Je stärker aber externe Effekte die Körperbewegung darstellen, d.h. je geringer der Unterschied zu dem internen Effekt in Bezug auf die Kontingenz, desto stärker fällt der Vorteil der Wahrnehmung wieder ins Gewicht. Solche externen Effekte könnten Rückmeldungen über den Bewegungsablauf sein. Das Anwenden von Rückmeldungen bei körperorientierten Bewegungen wird im nächsten Kapitel 6 ausführlich behandelt werden. Bei körperorientierten Bewegungsaufgaben ohne solche Rückmeldungen wird der interne Effekt konstant gehalten und ist kompatibler mit dem Bewegungsziel. Auch wenn die Wahrnehmung der externen Effekte differenzierter sein sollte, so beinhaltet sie weniger Information in Bezug auf das Bewegungsziel. Somit sind bei körperorientierten Bewegungsaufgaben interne Effekte funktionaler als externe Effekte.

Wenn bestimmte Effekte funktionaler sind als andere, dann sollte der Aufmerksamkeitsfokus auf die funktionalen Effekte zu besserer Leistung und besserem Lernen führen als der Aufmerksamkeitsfokus auf weniger funktionale Effekte. Diese Annahme passt zu der Aussage von Künzell (2007): *„Anstatt zwischen dem externen und dem internen Aufmerksamkeitsfokus zu unterscheiden, legen erfahrene Trainer Wert auf die Funktionalität der Instruktion und der Rückmeldung. Instruktionen und Rückmeldung müssen in einer Art vermittelt werden, die den Athleten dazu anleitet, auf die Aspekte der Bewegung zu fokussieren, die für ihre Funktion entscheidend sind [...] Wulfs Ergebnisse der Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus könnten mit der unterschiedlichen funktionalen Bedeutung des externen und internen Aufmerksamkeitsfokus für die Leistung konfundiert sein“* (Künzell, 2007, S. 27-28). Im nächsten Abschnitt wird auf die empirische Befundlage zum Aufmerksamkeitsfokus bei umwelt- und körperorientierten Bewegungsaufgaben eingegangen. Falls die Funktionalitätshypothese stimmt, müsste bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben der externe Aufmerksamkeitsfokus, bei körperorientierten der interne Aufmerksamkeitsfokus überlegen sein.

5.2 Aufmerksamkeitsfokus bei umwelt- und körperorientierten Bewegungsaufgaben

Die Funktionalitätshypothese nimmt an, dass für den Einfluss des Aufmerksamkeitsfokus auf das Erlernen einer Bewegungsaufgabe entscheidend sei, ob die Bewegungsaufgabe umwelt- oder

körperorientiert ist. Anhand der empirischen Befundlage zum Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf umwelt- und körperorientierte Bewegungsaufgaben wird nun überprüft, ob die Funktionalitätshypothese empirisch bestätigt werden kann. Das bedeutet, bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben sollte der externe, bei körperorientierten Bewegungsaufgaben der interne Aufmerksamkeitsfokus überlegen sein.

Experimente zum Aufmerksamkeitsfokus

Umweltorientierte Bewegungsaufgaben. Dass bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben der externe Aufmerksamkeitsfokus überlegen ist, wurde bereits in zahlreichen Experimenten gezeigt (siehe u.a. Überblick bei Wulf, 2013). Für die vorliegende Forschungsarbeit sind umweltorientierte Bewegungsaufgaben mit folgenden Aspekten relevant: (1) Eine Bewegungsaufgabe wurde erlernt, d.h. nur unerfahrene Versuchspersonen wurden untersucht, (2) die Leistung bzw. die Leistungssteigerung und nicht nur die Effektivität (z.B. EMG) wurde gemessen und (3) der Aufmerksamkeitsfokus wurde anhand von technikbezogenen Instruktionen variiert, d.h. nur der nahe Fokuseffekt und nicht der ferne Fokuseffekt wurde untersucht (siehe dazu Abschnitt 3.1). Eines der ersten Experimente zu umweltorientierten Bewegungsaufgaben führten Wulf, Lauterbach und Toole (1999) durch. Sie konnten bei einer Golfaufgabe (Trefferoptimierung mit reaktivem Movendum) zeigen, dass Anfänger sowohl während der Übung als auch beim Test ohne Instruktionen eine höhere Trefferquote hatten, wenn sie instruiert wurden, auf die Schwingung des Golfschlägers zu fokussieren statt auf die Schwingung der Arme. In einem weiteren Experiment verglichen Wulf und Su (2007, Experiment 1) die beiden Fokusinstruktionen mit einer Kontrollgruppe ohne Fokusinstruktion. Während der Übung konnte kein signifikanter Gruppenunterschied festgestellt werden. Beim Test ohne Instruktionen konnten die Ergebnisse von Wulf et al. (1999) repliziert werden: die externe Fokusgruppe zeigte eine bessere Leistung. Die Kontrollgrupe unterschied sich nicht signifikant von der internen Fokusgruppe. Granados (2010) konnte zeigen, dass die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus auch dann vorhanden ist, wenn die Golfaufgabe in einem Partnertraining stattfindet. Bei einem Partnertraining vermitteln sich die Versuchspersonen die fokusspezifischen Regeln gegenseitig. Versuchspersonen, denen extern formulierte Regeln vermittelt wurden (Schwingung des Schlägers), zeigten beim Test ohne Instruktionen eine bessere Leistung als Versuchspersonen, denen intern formulierte Regeln vermittelt wurden (Schwingung der Arme). Außerdem wurde variiert, ob die Partner sich beim Training gegenseitig beobachten konnten oder nicht. Beim Test ohne Instruktionen gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen diesen beiden Bedingungen, gemittelt über die Fokusinstruktion. Brocken, Kal und van der Kamp (2016) konnten aufzeigen, dass Kinder einen höheren Lernzuwachs vom Vortest zum Test ohne Instruktionen aufzeigten, wenn sie beim Training instruiert wurden, auf die Schwingung des Schlägers zu achten statt auf die Schwingung der Arme. Kasper, Elliott und Giesbrecht (2012) konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede bei unerfahrenen Studenten feststellen, die entweder auf die Schwingung der Arme oder die Schwingung des Golfschlägers fokussierten. Dies könnte daran liegen, dass bei den vorher vorgestellten Experimenten die Fokusinstruktionen erst dann gegeben wurden, nachdem die Bewegungsaufgabe erklärt und demonstriert wurde. Stattdessen wurden in diesem Experiment die Fokusinstruktionen am Anfang vorgelesen und die Versuchspersonen wurden

gebeten, diese Fokusinstruktionen während des Trainings umzusetzen. Vielleicht waren die Versuchspersonen am Anfang noch überfordert mit der Bewegungsaufgabe, sodass sie die Fokusinstruktionen nicht nutzten. Ein weiterer Unterschied zu den bereits vorgestellten Experimenten ist der, dass es keine Erinnerungen an die Fokusinstruktion während des Trainings gab. Da auch keine Manipulationskontrolle durchgeführt wurde, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Fokusinstruktionen nicht ausreichend befolgt wurden und deshalb kein Effekt gefunden werden konnte.

An, Wulf und Kim (2013) wählten eine andere Fokusinstruktion beim Erlernen einer Golfaufgabe: Die Versuchspersonen sollten beim Aufschwung entweder darauf achten, ihr Gewicht auf den linken Fuß zu verlagern (intern) oder auf der linken Seite gegen den Boden zu drücken (extern). Die Kontrollgruppe bekam keine zusätzliche Instruktion. Wie bei Wulf et al. (1999) zeigte die externe Fokusgruppe sowohl beim Training als auch beim Test ohne Instruktionen eine bessere Leistung als die interne Fokusgruppe und die Kontrollgruppe, die sich nicht signifikant unterschieden. Die Leistung zeichnete sich hier aber nicht dadurch aus, ein Ziel möglichst genau zu treffen, sondern darin, den Golfball so weit wie möglich zu schlagen. Das Bewegungsziel war somit nicht wie bei den bereits vorgestellten Experimenten die Trefferoptimierung, sondern die Distanzoptimierung. Eine andere Bewegungsaufgabe zur Trefferoptimierung ist das Werfen eines Objekts auf ein definiertes Ziel. Chiviacowsky, Wulf und Avila (2013) führten ein Experiment mit Kindern durch, bei denen eine geistige Behinderung diagnostiziert wurde. Sie sollten ein Bohnensäckchen auf ein Ziel an der Wand werfen. Entweder wurden sie instruiert, ihre Aufmerksamkeit auf die Bewegung ihrer werfenden Hand zu richten (intern) oder auf die Bewegung des Bohnensäckchens während der Wurfbewegung (extern). Nach den Instruktionen wurde rückversichert, dass die Kinder die Instruktionen verstanden hatten und sie wurden zusätzlich während des Trainings an die Fokusinstruktion erinnert. Während des Trainings zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Gemittelt über Test ohne Instruktion und Transfertest mit höherer Distanz zum Ziel, zeigte die externe Fokusgruppe eine bessere Leistung als die interne Fokusgruppe. Mehrere empirische Befunde konnten somit die Annahme stützen, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben dem internen Aufmerksamkeitsfokus überlegen ist. Es stellt sich die Frage, welchen Aufmerksamkeitsfokus Experimente als überlegen aufzeigen konnten, wenn die Bewegungsaufgabe körperorientiert war.

Körperorientierte Bewegungsaufgabe. Es existieren Experimente zu körperorientierten Bewegungsaufgaben. Die Bewegungsaufgaben, die nun vorgestellt werden, sollten die gleichen Kriterien erfüllen wie die umweltorientierten Bewegungsaufgaben: Die Bewegungsaufgabe wurde von unerfahrenen Versuchspersonen erlernt, die Leistung und nicht die Effektivität wurde gemessen und es wurden technikbezogene Instruktionen gegeben. Die folgenden körperorientierten Bewegungsaufgaben sind alle der Kategorie Fehlerminimierung mit aktivem Movendum zuzuordnen. Lawrence, Gottwald, Hardy und Khan (2011) untersuchten das Erlernen einer Bewegung, die aus fünf aufeinanderfolgenden Bewegungskomponenten bestand: Startposition, Ausfallschritt, Arabesque, ganze Drehung und Endposition. Es wurden vier Gruppen gebildet: Die externe, die intern relevante, die intern irrelevante und die Kontrollgruppe. Die externe Fokus-

gruppe wurde instruiert, einen gleichmäßigen Druck auf die Oberfläche auszuüben und sich auf den Bewegungspfad zu fokussieren. Die intern relevante Fokusgruppe wurde instruiert, einen gleichmäßigen Druck auf die Füße auszuüben und die Arme gerade zu halten, auf gleicher Höhe wie die Schultern. Die intern irrelevante Fokusgruppe wurde instruiert, sich auf die Gesichtsmuskeln und den Gesichtsausdruck zu konzentrieren. Der Kontrollgruppe gab man keine zusätzlichen Instruktionen. Als Leistungsmaß wurde die Bewegungssequenz nach bestimmten Kriterien durch unabhängige Experten bewertet. Es zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede beim Test ohne Instruktionen und beim Transfertest, bei dem die gleiche Bewegungssequenz gespiegelt durchgeführt werden sollte. Die Autoren begründen das Ergebnis dahingehend, dass die Bewegungsaufgabe aus mehreren einzelnen Bewegungen bestand, wohingegen die vorherigen Experimente distinkte Bewegungen wie z.B. den Golfaufschlag untersuchten. Obwohl diese Begründung zutreffen kann, so ist an diesem Experiment ein weiterer Aspekt kritisch zu betrachten. Die externe und intern relevante Fokusinstruktionen bezogen sich nicht auf dieselbe Bewegungskomponente (siehe dazu Abschnitt 3.1). Die externe und intern relevante Fokusinstruktion waren jeweils zweigeteilt. Der erste Teil war dahingehend noch unproblematisch: Der Fokus darauf, einen gleichmäßigen Druck auf die Oberfläche auszuüben, und der Fokus darauf, einen gleichmäßigen Druck auf die Füße auszuüben, beziehen sich auf dieselbe Bewegungskomponente. Aber der Fokus auf den Bewegungspfad und der Fokus auf die Arme und die Schultern beziehen sich nicht auf dieselbe Bewegungskomponente und sind somit nicht vergleichbar.

Im Experiment von da Silvaa, Lessaa und Chiviacowsky (2017) sollten Kinder eine Pirouette lernen. Die Leistung wurde dadurch definiert, wie groß die Rotationsdrehung war. Die externe Fokusgruppe sollte einen (imaginären) Punkt auf der Wand vor ihnen fokussieren und diesen so lange wie möglich mit dem Blick fixieren. Die interne Fokusgruppe sollte die Anfangsposition des Kopfes relativ zur Wand vor ihnen fokussieren und die Position so lange wie möglich halten. Die externe Fokusgruppe zeigte beim Training, beim Test ohne Instruktionen und beim Transfer (Drehung in die andere Richtung) eine bessere Leistung. Obwohl es so scheint, dass dieses Experiment die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus aufzeigen konnte, ist die Operationalisierung des Aufmerksamkeitsfokus kritisch zu bewerten. Dass man sich einen Punkt an der Wand vorstellen soll, stimmt zunächst mit Wulfs Vorschlag überein, bei Bewegungsaufgaben ohne offensichtlichen externen Effekt sich einen externen Effekt vorzustellen (Wulf, 2009). Kritisch an dieser Stelle ist aber, dass der imaginäre Punkt an der Wand kein Umwelteffekt darstellt, denn er verändert sich nicht in Abhängigkeit von der Bewegung. Folgendes mentales Bild wäre beispielsweise ein Umwelteffekt: ein imaginärer Strahl, der an den Kopf befestigt ist und auf die Wand projiziert. Der projizierte Punkt soll konstant gehalten werden. Dadurch, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus bei da Silvaa et al. (2017) nicht entsprechend den Definitionskriterien operationalisiert wurde (siehe dazu Abschnitt 3.1), kann sich auch das Ergebnis nicht auf einen externen Aufmerksamkeitsfokus beziehen. Im folgenden Experiment wurde der Aufmerksamkeitsfokus ebenfalls nicht entsprechend den Definitionskriterien operationalisiert. Koufou, Avgerinos und Michalopoulou (2013) ließen Kinder eine Vorwärtsrolle erlernen. Sie bekamen entweder interne oder externe Fokusinstruktionen. Eine interne Fokusinstruktion lautete z.B. *„Halte deinen Körper während der Rolle mit gebeugten Knien angezogen“* (Übersetzung

durch Autorin), die entsprechende externe Fokusinstruktion lautete: *„Halte deinen Körper während der Rolle mit gebeugten Knien wie einen Ball angezogen“* (Übersetzung durch Autorin). In diesem Beispiel bestand also der einzige Unterschied der externen zur internen Fokusinstruktion in dem mentalen Bild „wie einen Ball“. Die Kinder der externen Fokusgruppe lernten die Vorwärtsrolle besser als die Kinder der internen Fokusgruppe. Doch auch hier entspricht das mentale Bild keinem Umwelteffekt, stattdessen wird die Bewegung nur anschaulicher wiedergegeben. Es lässt sich zusammenfassen, dass noch keine dieser Experimente die Überlegenheit eines Aufmerksamkeitsfokus gegenüber einem anderen aufzeigen konnte und die Operationalisierung des Aufmerksamkeitsfokus gemäß den definierenden Aspekten umgesetzt hat. Bei der Operationalisierung sollten zum einen die fokussierten Bewegungskomponenten für beide Aufmerksamkeitsfoki gleich sein. Des Weiteren können nicht beliebige mentale Bilder eingesetzt werden, sie sollten Umwelteffekte zum Inhalt haben.

Die vorliegende Forschungsarbeit soll den Einfluss des Aufmerksamkeitsfokus auf körperorientierte Bewegungsaufgaben unter Berücksichtigung der definierenden Aspekte untersuchen. Als die zu untersuchende körperorientierte Bewegungsaufgabe wurde das Beherrschen des Gleichgewichts ausgewählt. Gleichgewicht ist eine Fertigkeit, die bei praktisch jeder Bewegungsaufgabe eine Rolle spielt, also eine hohe Relevanz aufweist. Gleichgewichtsaufgaben können sowohl körperorientiert (z.B. bei Halteübungen) als auch umweltorientiert (z.B. beim Surfen) sein. Eine bestimmte Gleichgewichtsleistung kann das Endziel einer Bewegungsaufgabe darstellen (wie z.B. in der Akrobatik), kann aber auch ein Zwischenziel sein um eine Bewegungsaufgabe neu zu lernen (z.B. beim Rehabilitationstraining) oder umzulernen (z.B. beim Skisport). Bisher wurden keine Experimente zu Gleichgewichtsaufgaben vorgestellt. Im nächsten Abschnitt soll zunächst eine kurze Einführung in Gleichgewichtsaufgaben gegeben werden, um danach vorhandene Experimente besser einordnen zu können.

Aufmerksamkeitsfokus bei Gleichgewichtsaufgaben

Da Gleichgewicht bei vielen Bewegungen eine Rolle spielt, haben wir ein intuitives Verständnis, was Gleichgewicht bedeutet. Um eine Klassifikation von Gleichgewichtsaufgaben vornehmen zu können, sollen dennoch formale Definitionen herangezogen werden. Generell kann Gleichgewicht als der Zustand beschrieben werden, bei dem alle Kräfte, die auf den Körper wirken, ausbalanciert sind (Melvill-Jones, 2000). Die Herausforderungen beim Erhalten des Gleichgewichts lassen sich dadurch kategorisieren, gegen welche Kräfte der Körper ein Gleichgewicht finden muss (siehe Abbildung 5.2). Wird der Körper aufgrund der Gravitation aus dem Gleichgewicht gebracht, so muss *statisches Gleichgewicht* wiederhergestellt werden. Die Gravitationskraft ist zwar konstant, aber unser Körper ist nie vollkommen still. Kleine Fluktuationen unseres Körpers würden bereits dazu führen, dass wir ohne entsprechende Kontrolle umfallen würden. Muss auf Störungen reagiert werden, dann spricht man vom *dynamischen Gleichgewicht*. Die Störungen können endogen durch Eigenbewegungen oder exogen durch externe Ereignisse verursacht sein. Bei Eigenbewegungen unterscheidet man wiederum, ob nur einzelne Körpersegmente bewegt werden oder der ganze Körper (Bouisset & Do, 2008; Balasubramaniam & Wing, 2002; Melvill-Jones, 2000). Es können auch mehrere Gleichgewichtsaufgaben gleichzeitig auftreten.

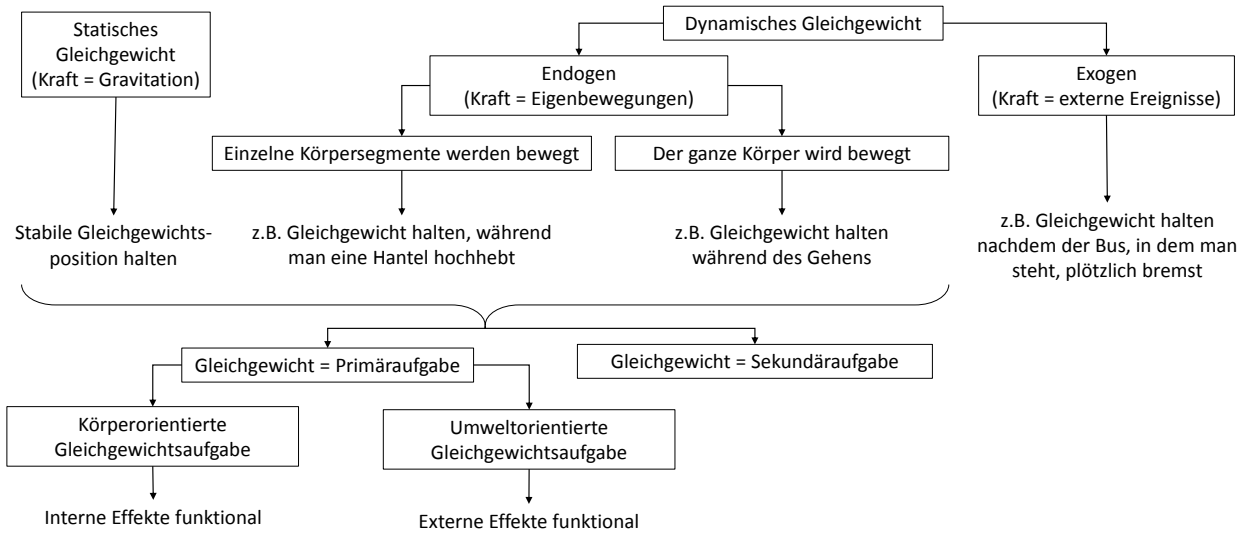


Abbildung 5.2: Klassifikation von Gleichgewichtsaufgaben.

Z.B. muss während des Gehens in einem beschleunigten Bus sowohl die Kraft, die durch die Eigenbewegung auf den Körper einwirkt, als auch die Kraft, die durch ein externes Ereignis auf den Körper einwirkt, ausbalanciert werden.

Da in der vorliegenden Forschungsarbeit willkürliche Bewegungen untersucht werden sollen, werden Reaktionen aufgrund von exogenen Störungen als einzige oder zusätzliche Gleichgewichtsaufgabe nicht weiter betrachtet. Statisches Gleichgewicht wird hingegen einbezogen, da auch manche willkürliche Gleichgewichtspositionen erlernt werden müssen (z.B. bestimmte Halteübungen beim Turnen). Das Bewegungsziel kann die Beherrschung des Gleichgewichts darstellen, dann bildet die Gleichgewichtsaufgabe die Primäraufgabe. Wenn sich das Bewegungsziel auf andere Bewegungskomponenten bezieht, diese aber in einem Zusammenhang mit der Gleichgewichtsleistung stehen, dann bildet die Gleichgewichtsaufgabe die Sekundäraufgabe. Wenn die Gleichgewichtsaufgabe die Primäraufgabe bildet, lässt sich wiederum unterscheiden, ob sie umwelt- oder körperorientiert ist. Für jeden der drei Fälle sollen im Folgenden die empirischen Befunde in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus dargestellt werden. Es werden nur Experimente berichtet, bei denen die Versuchspersonen unerfahren in Bezug auf die Bewegungsaufgabe waren, die Leistung bzw. Leistungssteigerung erfasst wurde und der nahe Fokuseffekt untersucht wurde.

Gleichgewicht als Sekundäraufgabe. Das Gleichgewicht kann auch als Sekundäraufgabe erlernt werden, wenn die Gleichgewichtsleistung in einem Handlungsbezug mit der Leistung in der Primäraufgabe steht. In diesem Fall muss die Gleichgewichtsleistung nicht bewusst kontrolliert werden, sondern passt sich den Anforderungen der Primäraufgabe an (Stoffregen, Hove, Bardy, Riley & Bonnet, 2007; Lippens & Nagel, 2009b, 2009a). Es gibt Experimente, die untersucht haben, ob der Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf die Primäraufgabe nicht nur die Leistung in der Primäraufgabe, sondern auch die Gleichgewichtsleistung beeinflusst (McNevin & Wulf, 2002; McNevin, Weir & Quinn, 2013; Wulf, Mercer, McNevin & Guadagnoli, 2004;

Wulf, Weigelt, Poulter & McNevin, 2003, siehe Tabelle 5.3). Die Ergebnisse sind nicht eindeutig und variieren, je nachdem, welche Primär- und Gleichgewichtsaufgabe die unerfahrenen Versuchspersonen durchführen sollten. Bei McNevin und Wulf (2002) standen Versuchspersonen auf einer Druckplattform und hielten einen herunterhängenden Vorhang mit ihren Fingerspitzen. Die externe Fokusgruppe wurde instruiert, die Bewegungen des Vorhangs zu minimieren, die interne Fokusgruppe wurde instruiert, die Bewegungen des Zeigefingers zu minimieren. Es gab keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Gleichgewichtsleistung (sondern nur in Bezug auf die Effizienz), die Leistung in der Primäraufgabe wurde nicht erfasst. Im Experiment von McNevin et al. (2013) standen Versuchspersonen ebenfalls auf einer Druckplattform und führten eine Trackingaufgabe mit einem Stift durch. Der zu verfolgende Stimulus befand sich an der Wand vor ihnen. Sie sollten entweder ihre Hand (intern) oder den Stift (extern) fokussieren. Der externe Aufmerksamkeitsfokus führte zu besserer Leistung in der Trackingaufgabe, aber es gab keine signifikanten Unterschiede in der Gleichgewichtsaufgabe. Bei Wulf et al. (2004) standen die Versuchspersonen auf einem Gummikissen und sollten einen Stab horizontal halten. Sie fokussierten entweder die Hände (intern) oder den Stab (extern). Der externe Aufmerksamkeitsfokus führte zu einer besseren Gleichgewichtsleistung, aber es gab keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Leistung in der Primäraufgabe. Bei Wulf, Weigelt et al. (2003, Experiment 1) standen die Versuchspersonen auf einem Stabilometer und sollten ein Holzrohr, das ein Tennisball enthielt, horizontal halten. Sie fokussierten entweder die Hände (intern) oder das Holzrohr (extern). Hier führte der externe Aufmerksamkeitsfokus sowohl zu einer besseren Gleichgewichtsleistung als auch zu einer besseren Leistung bei der Primäraufgabe. Wie sind die Unterschiede in den Ergebnissen zu erklären? Die unterschiedlichen Ergebnisse in der Primäraufgabe sind möglicherweise auf die unterschiedliche Aufgabenschwierigkeit zurückzuführen. Einen Stab horizontal zu halten ist einfacher im Vergleich zu einer Trackingaufgabe und der Aufgabe ein Holzrohr, der ein Tennisball enthält, horizontal zu halten. Die unterschiedlichen Ergebnisse in Bezug auf die Gleichgewichtsaufgabe könnten zwei unterschiedliche Ursachen haben: Erstens könnte der Fokuseffekt davon abhängen, wie stark die Gleichgewichtsleistung mit der Leistung in der Primäraufgabe im Zusammenhang steht. Die Schwankung eines Stabs bzw. eines Holzrohrs mit Tennisball, welches man hält, steht in einem positiven Zusammenhang mit der Schwankung eines Gummikissens bzw. Stabilometers, auf dem man steht. Hingegen scheint es nicht plausibel, weshalb die Leistung bei einer Tracking-Aufgabe zu weniger posturaler Schwankung führen soll. Man könnte sogar das Gegenteil vermuten. Zweitens könnte auch hier die fehlende Aufgabenschwierigkeit für das Nichtvorhandensein des Fokuseffektes verantwortlich sein, denn im Gegensatz zu den anderen Gleichgewichtsaufgaben ist Stillstehen auf einer Druckplattform relativ einfach. Welcher Erklärungsansatz stimmt, bleibt an dieser Stelle spekulativ. Im Folgenden soll der indirekte Einfluss des Aufmerksamkeitsfokus auf die Gleichgewichtsleistung nicht weiter behandelt werden. Es sollte aber erwähnt werden, dass die gefundene Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus in manchen Primär- und Gleichgewichtsaufgaben darauf zurückzuführen sind, dass die Primär- bzw. Gleichgewichtsaufgabe jeweils umweltorientiert waren und die Ergebnisse mit der Funktionalitätshypothese übereinstimmen. Im Folgenden werden nun gezielt umwelt- und körperorientierten Gleichgewichtsaufgaben vorgestellt, bei denen der Fokuseffekt untersucht wurde. Bei diesen Experimenten bildete die Gleichgewichtsaufgabe stets die Primäraufgabe.

Tabelle 5.3: Übersicht über Experimente, bei denen die Gleichgewichtaufgabe die Sekundäraufgabe bildete und der Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf die Primäraufgabe variiert wurde.

Experimente	Primäraufgabe		Gleichgewichtsaufgabe	
McNevin & Wulf (2002)	Vorhang still halten	/	Druckplattform	EF = IF
McNevin et al. (2013)	Trackingaufgabe	EF > IF	Druckplattform	EF = IF
Wulf et al. (2004)	Stab horizontal halten	EF = IF	Gummikissen	EF > IF
Wulf et al. (2003, Exp 1)	Holzrohr mit Tennisball horizontal halten	EF > IF	Stabilometer	EF > IF

Anmerkungen: EF = externe Fokusgruppe; IF = interne Fokusgruppe; > steht für „bessere Leistung als“; = steht für „gleiche Leistung wie“

Umweltorientierte Gleichgewichtsaufgaben. Alle Gleichgewichtsaufgaben, bei denen die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitseffektes aufgezeigt werden konnte, waren umweltorientiert: Die Versuchspersonen trainierten ihr Gleichgewicht auf einem Ski-Simulator (Wulf et al., 1998), einer beweglichen Plattform bzw. Stabilometer (Shea & Wulf, 1999; Wulf et al., 1998; McNevin et al., 2003; Wulf, McNevin & Shea, 2001; Wulf & McNevin, 2003; Chiviacowsky, Wulf & Wally, 2010; Laufer, Rotem-Lehrer, Ronen, Khayutin & Rozenberg, 2007; Rotem-Lehrer & Laufer, 2007; Wulf, Shea & Park, 2001), einem Pedalo (Totsika & Wulf, 2003; Becker & Smith, 2013) oder einer unebenen Unterlage, wie z.B. Gummikissen, Polster oder Schaumstoff (Wulf et al., 2007; Moghaddam et al., 2008; Wulf, Landers & Töllner, 2008; Pooraghaei Ardakani, Abdoli, Farsi & Ahmadi, 2014; Wulf et al., 2009). Beim internen Aufmerksamkeitsfokus konzentrierten sich die Versuchspersonen auf die Bewegungen ihrer Füße bzw. auf den Druck, den sie auf die Füße ausüben sollen. Beim externen Aufmerksamkeitsfokus konzentrierten sich die Versuchspersonen auf die Bewegungen des Ski-Simulator, der beweglichen Plattform, des Pedalos bzw. der unebenen Unterlage. Da die Gleichgewichtsleistung daran gebunden war, wie stark der Ski-Simulator ausgeschlagen, die bewegliche Plattform geschwankt, das Pedalo bewegt bzw. die unebene Unterlage reagiert hat (alles reaktive Movenda), ist es nicht verwunderlich, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus bei diesen umweltorientierten Gleichgewichtsaufgaben überlegen war. Bei körperorientierten Gleichgewichtsaufgaben sollte die Leistung ausschließlich von der Körperbewegung abhängen. Auf diese soll nun eingegangen werden.

Körperorientierte Gleichgewichtsaufgaben. Es existieren Experimente, bei denen die Gleichgewichtsleistung nicht von einem reaktivem Movendum abhing, sondern ausschließlich von der eigenen Körperbewegung (Ducharme & Wu, 2015; de La Melker Worms, Stins, van Wegen, Loram & Beek, 2017; de La Melker Worms, Stins, van Wegen, Verschueren et al., 2017). Beim Experiment von Ducharme und Wu (2015) sollten Versuchspersonen möglichst geradeaus gehen. Die Leistung wurde gemessen anhand der Abweichung von einer geraden Linie. Vor den Versuchspersonen wurde der Untergrund in Form einer Holzplatte bei jedem Durchgang in zufälliger Reihenfolge verändert. Die Holzplatte besaß eine Keilform und wurde so hingelegt, dass die Neigung in eine der vier Richtungen zeigte. Den Versuchspersonen wurde die Sicht auf den Untergrund durch eine Sichtblende genommen. Die Versuchspersonen durchliefen zwei Fokusbe-

dingungen: Bei der internen Fokusbedingung sollten sie darauf fokussieren, ihren Körper über den Füßen zu halten. Bei der externen Fokusbedingung sollten sie auf den Untergrund, auf den sie laufen, fokussieren. Die Versuchspersonen zeigten eine bessere Leistung unter der externen als unter der internen Fokusbedingung. Bei diesem Experiment fallen zwei Kritikpunkte auf, die bereits bei anderen Experimenten zu körperorientierten Bewegungsaufgaben angeführt wurden (siehe dazu ab S. 54). Zum einen beziehen sich die beiden Fokusinstruktionen nicht auf dieselben Bewegungskomponenten. Beim internen Aufmerksamkeitsfokus wird der Oberkörper fokussiert, beim externen Aufmerksamkeitsfokus der Untergrund. Des Weiteren entspricht der Untergrund keinem Umwelteffekt, denn er verändert sich nicht in Abhängigkeit von der Bewegung. Stattdessen stellt der Untergrund eine variable Regulationsbedingung dar (siehe Abschnitt 5.1). Der letzte Kritikpunkt betrifft auch die Experimente von de La Melker Worms, Stins, van Wegen, Loram und Beek (2017) und de La Melker Worms, Stins, van Wegen, Verschueren et al. (2017). Hier liefen die Versuchspersonen auf einem Laufband und sollten entweder ihre Beine (intern) oder das Laufband (extern) fokussieren. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fokusgruppen. Auch hier bildet das Verhalten des Laufbandes keinen Umwelteffekt, sondern stellt eine dynamische Regulationsbedingung dar und muss für das Ausführen der Bewegung antizipiert werden. Bei Ducharme und Wu (2015), de La Melker Worms, Stins, van Wegen, Loram und Beek (2017) und de La Melker Worms, Stins, van Wegen, Verschueren et al. (2017) wird also nicht der externe Aufmerksamkeitsfokus operationalisiert, stattdessen werden die Versuchspersonen in Bezug auf die Wahrnehmungsdifferenzierung bzw. die Antizipation geschult.

Neben den Experimenten, die entweder eine umweltorientierte oder eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe untersucht haben, existieren auch Experimente, die die Gleichgewichtsaufgabe zwischen zwei Versuchsbedingungen so verändert haben, dass sie in der einen eine umweltorientierte Gleichgewichtsaufgabe bildet, in der anderen eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe (Landers, Wulf, Wallmann & Guadagnoli, 2005; Wulf et al., 2007; Moghaddam et al., 2008; Pooraghaei Ardakani et al., 2014). Zum Beispiel sollten die Versuchspersonen bei Wulf et al. (2007, Experiment 1) innerhalb vorgegebener Rechtecke auf dem Untergrund so ruhig wie möglich stehen bleiben (Bewegungsziel war das Erhalten einer Endsituation). Der Untergrund war entweder aus Metall oder aus beweglichem Schaumstoff. Die externe Fokusgruppe wurde instruiert, sie solle den Druck so gleichmäßig wie möglich auf jedes Rechteck verteilen (bei Metall) bzw. die Rechtecke so wenig wie möglich bewegen (bei Schaumstoff), die interne Fokusgruppe wurde instruiert, sie solle den Druck so gleichmäßig wie möglich auf beide Füße verteilen (bei Metall) bzw. die Füße so wenig wie möglich bewegen (bei Schaumstoff). Der Kontrollgruppe wurden keine Zusatzinstruktionen gegeben. Es zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede bei Metall aber bei Schaumstoff zeigte die externe Fokusgruppe eine bessere Leistung. Wulf et al. (2007) schlussfolgert, dass erst ab einer bestimmten Aufgabenschwierigkeit ein Fokuseffekt auftreten könne. Bei Metall sei die Aufgabe schlicht zu einfach gewesen. Zusätzlich kann man argumentieren, dass die Versuchsbedingung mit Metall eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe, die Versuchsbedingung mit Schaumstoff eine umweltorientierte Gleichgewichtsaufgabe darstellt. Bei Metall als Untergrund ist die Gleichgewichtsaufgabe körperorientiert, da der Körper das sich selbst bewegende Movendum bildet. Durch den Schaumstoff ist die Gleichgewichts-

aufgabe nicht mehr körperorientiert, da der Schaumstoff nun das reaktive Movendum bildet. Das Problem bei diesem Experiment ist die Konfundierung zwischen Aufgabentyp und Aufgabenschwierigkeit. Neben diesem Experiment existieren weitere, die ebenfalls entweder einen ebenen oder einen unebenen Untergrund nutzen und zu demselben Ergebnis kommen (Moghaddam et al., 2008; Pooraghaei Ardakani et al., 2014). In einem anderen Experiment war die Plattform entweder beweglich oder unbeweglich (Landers et al., 2005). Die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus zeigte sich nur bei der beweglichen Plattform, aber es gab keine signifikanten Unterschiede bei der unbeweglichen Plattform. Die Argumentation wäre hier dieselbe: Aufgabenschwierigkeit und Aufgabentyp sind konfundiert, sodass keine Aussagen getroffen werden können, welcher Aufmerksamkeitsfokus bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe überlegen ist. Es bleibt somit unklar, welcher Aufmerksamkeitsfokus bei ausreichender Aufgabenschwierigkeit bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe überlegen wäre.

Der Autorin sind keine Experimente zu einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe (oder einer anderen körperorientierten Bewegungsaufgabe) bekannt, bei der der externe Aufmerksamkeitsfokus entsprechend den definierenden Aspekten operationalisiert wurde und bei der die Aufgabenschwierigkeit groß genug war, um einen Fokuseffekt auslösen zu können. Deshalb wurde in der vorliegenden Forschungsarbeit solch eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe experimentell untersucht. Dabei sollte folgende Fragestellung beantwortet werden:

Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe zu besserer Leistung und/oder besserem Lernen?

Obwohl bei vielen Experimenten die Aufgabenschwierigkeit mit dem Aufgabentyp konfundiert ist, so gibt es ein Experiment, bei dem die Aufgabenschwierigkeit variiert wurde und die Bewegungsaufgabe umweltorientiert blieb (Becker & Smith, 2013). Bei diesem Experiment konnte nur bei der schwierigen Bedingung die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus aufgezeigt werden, das aber auch nur bei Männern. Trotz der Einschränkung scheint die Aufgabenschwierigkeit einen Einfluss auf den Fokuseffekt auszuüben, auch wenn der Aufgabentyp konstant bleibt. Es stellt sich die Frage, ob die Aufgabenschwierigkeit nicht nur eine notwendige Bedingung für das Auftreten des Fokuseffektes ist, sondern darüber hinaus den Fokuseffekt verstärkt. In der vorliegenden Forschungsarbeit sollte deshalb folgende Fragestellung untersucht werden:

Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt?

Das Erlernen einer körperorientierten Bewegungsaufgabe kann durch Rückmeldungen unterstützt werden. Wie bereits auf S. 52 angedeutet, könnte das Vorhandensein solcher Rückmeldungen die Funktionalität der externen gegenüber der internen Effekte und somit den Fokuseffekt beeinflussen, je nachdem, wie diese Rückmeldungen gestaltet sind. Auf diesen Punkt soll im nächsten Kapitel näher eingegangen werden.

6 Fokuseffekt in Abhängigkeit von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung

Im folgenden Kapitel soll herausgearbeitet werden, ob Rückmeldung im Allgemeinen oder in bestimmter Form Einfluss auf den Aufgabentyp hat. Falls dies zutrifft, müsste Rückmeldung ebenfalls einen Einfluss darauf haben, welcher Aufmerksamkeitsfokus überlegen ist.

Rückmeldung oder Rückinformation wird in der Bewegungslehre folgendermaßen definiert: *„Allgemein dem Verursacher zufließende Information über die von ihm ausgelösten Aktivitäten. Bei Bewegungshandlungen Information über Verlauf und Ergebnisse einschließlich der Umweltwirkungen auf allen Regulationsebenen als Grundlage der Korrektur (Regelung) und von motorischem Lernen“* (Meinel & Schnabel, 2015, S. 476). Der Begriff Rückmeldung lässt sich also zunächst nur darauf einschränken, dass die Rückmeldung Information enthält, die Auswirkung auf Leistung und Lernen hat. Innerhalb dieser breiten Definition sind unterschiedliche Kategorien von Rückmeldungen möglich. Deshalb wird zunächst eine Klassifikation von Rückmeldungen vorgenommen, um danach die Art von Rückmeldungen zu betrachten, die für die vorliegende Forschungsarbeit relevant sind.

6.1 Klassifikation von Rückmeldungen

Rückmeldungen können zunächst in intrinsische und extrinsische Rückmeldungen unterteilt werden. *Intrinsische Rückmeldungen* stammen aus unverzichtbaren bzw. natürlichen Informationsquellen. *Extrinsische Rückmeldungen* ergänzen dagegen diese natürlich vorhandene Information. Man kann also extrinsische Rückmeldungen dadurch definieren, dass sie nicht intrinsisch sind (Swinnen, 1996; Van Vliet & Wulf, 2006; Gentile, 1972). Diese Definition sollte aus folgendem Grund ergänzt werden: Die Unverzichtbarkeit bzw. die Natürlichkeit von Informationen ist nicht absolut, sondern kann nur in Relation zur Bewegungsaufgabe gesehen werden. Bevor man also intrinsische und extrinsische Rückmeldungen festlegen kann, muss zunächst die natürliche Bewegungsaufgabe definiert werden. An dieser Stelle soll angenommen werden, dass in den experimentellen Untersuchungen die natürliche Bewegungsaufgabe diejenige ist, die beim Test durchgeführt wird. Wenn die Bewegungsaufgabe beim Test mit Ohrstöpsel durchgeführt werden muss, beim Training aber ohne Ohrstöpsel, dann sollten die auditiven Rückmeldungen über die eigene Bewegung beim Training als extrinsisch bezeichnet werden, unabhängig davon, woher sie stammen. Denn die Fertigkeit, die schließlich gekonnt werden muss, soll ohne die auditive Rückmeldung ausgeführt werden. Wenn umgekehrt die Bewegungsaufgabe sowohl während des Trainings als auch beim Test innerhalb einer virtuellen Realität stattfindet, sollten die visuellen Rückmeldungen, die die ausführende Person über deine VR-Brille bekommt, intrinsisch

bezeichnet werden, auch wenn sie virtuell sind. Um diese Definition von der ursprünglichen hervorzuheben, sollen ab nun die so definierten intrinsischen bzw. extrinsischen Rückmeldungen *inhärent* bzw. *zusätzlich* genannt werden (siehe Abbildung 6.1).

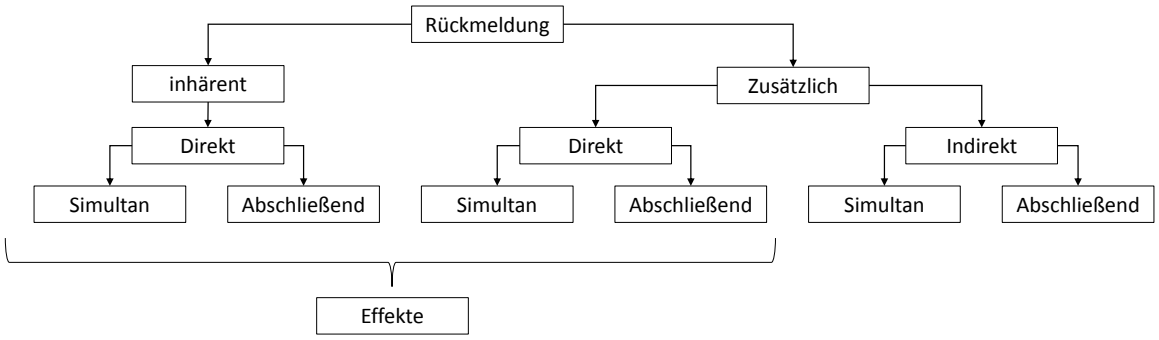


Abbildung 6.1: Klassifikation von Rückmeldungen.

Zusätzliche Rückmeldungen sind sinnvoll bei unerfahrenen Personen und bei erfahrenen Personen, die die Bewegungsaufgaben objektiv noch nicht gut genug oder falsch erlernt haben. Unerfahrene Personen besitzen keine Effekterfahrungen, sodass sie die Bewegungsaufgabe nur sehr diffus durch Ausprobieren erlernen (siehe dazu Kontrolldilemma in Kapitel 2). Durch zusätzliche Rückmeldungen kann dieser Prozess beschleunigt werden. Bei erfahrenen Personen können zwei Fälle auftreten, bei denen zusätzliche Rückmeldungen hilfreich sind: Zum einen, wenn die Person subjektiv das Gefühl hat, die Bewegungsaufgabe erlernt zu haben, obwohl es objektiv nicht der Fall ist. Künzell (2004) schreibt dazu: *„Wenn ein Skifahrer wahrnimmt, die perfekt geschnittene Kurve gefahren zu sein und ihn dies auch nicht überrascht, weil er es antizipiert hat, kann nur noch ein Lehrer darauf hinweisen, dass seine Wahrnehmung nicht mit einer objektiven Wahrnehmung übereinstimmt und dass noch hohe Rutschanteile vorhanden sind. Die Grenzen des selbstständigen Lernens sind erreicht“* (Künzell, 2004, S. 52). Um den Lernenden für einen bestimmten Effekt sensitiv zu machen, können zusätzliche Rückmeldungen angebracht sein. Möglich ist auch, dass eine Bewegungsaufgabe bereits falsch automatisiert wurde und deshalb umgelernt werden muss. Auch hier können zusätzliche Rückmeldungen dabei helfen, andere Effekte als die bereits erlernten in den Erfahrungsschatz aufzunehmen.

Scherer (2013) macht die Unterscheidung zwischen direkten und indirekten Rückmeldungen (siehe Abbildung 6.1). Effekterfahrungen werden durch *direkte Rückmeldungen* gesammelt. Diese Rückmeldungen müssen nicht unbedingt bewusst sein, und vieles kann auch implizit gelernt werden. *Indirekte Rückmeldungen* sind *„immer an Bewusstmachung von Bewegungen gebunden, der Lernende muss Instruktionen immer erst in eigene Vorstellungen übersetzen [...und] muss zwangsläufig über mehrstufige und explizite kognitive Prozesse verarbeitet werden“* (Scherer, 2013, S. 69). Eine direkte Rückmeldung wäre z.B. ein visuelles oder auditives Signal. Eine indirekte Rückmeldung wäre z.B. ein Kommentar des Trainers, den er an die ausführende Person gibt. In Abbildung 6.1 erkennt man, dass zusätzliche Rückmeldungen sowohl direkt als auch indirekt, inhärente Rückmeldungen dagegen nur direkt sein können. Dies kann folgendermaßen

begründet werden: Wenn eine Bewegungsaufgabe erlernt wurde, bedeutet dies, dass sie automatisiert durchgeführt werden kann. Dies bedeutet wiederum, dass inhärente Rückmeldungen keiner bewussten Kontrolle mehr bedürfen. Da indirekte Rückmeldungen immer kognitiv interpretiert werden müssen, können sie per Definition nicht inhärent sein. Rückmeldungen, die direkt erfolgen, d.h. nicht kognitiv übersetzt werden müssen, können mit Effekten gleichgesetzt werden. Deshalb können bei zusätzlichen, direkten Rückmeldungen wie bei Effekten Assoziationen zwischen den motorischen Programmen und der zusätzlichen, direkten Rückmeldung gebildet werden.

Die nächste Unterscheidung betrifft den Zeitpunkt der Rückmeldung. Die ausführende Person kann sowohl während als auch nach der Bewegungsausführung Rückmeldungen erhalten. Man nennt diese Rückmeldungen entsprechend *simultan* (concurrent) oder *abschließend* (terminal, Magill & Anderson, 2014, siehe Abbildung 6.1). Man kann sich die Unterscheidung daran veranschaulichen, ob die Rückmeldung für die weitere Bewegungsausführung innerhalb des gleichen Durchgangs (= simultan) oder erst für den nächsten Durchgang (= abschließend) relevant ist.

Eine weit verbreitete Unterscheidung bezieht sich auf den Inhalt der Rückmeldung. Dieser kann sich entweder auf die Leistung oder auf die Bewegungsausführung beziehen. Man nennt sie dann entsprechend *Knowledge of results* (KR) oder *Knowledge of performance* (KP, Bilodeau, 1966). Diese Unterscheidung ist im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Forschungsarbeit nicht geeignet. Denn wenn die Leistung die Bewegungsform darstellt, wie es bei körperorientierten Bewegungsaufgaben der Fall ist, wie kann dann zwischen KP und KR noch unterschieden werden? Magill und Anderson (2012) finden diese Unterscheidung ebenfalls kritisch. Sie argumentieren folgendermaßen: *„Wir werden diese Begriffe nicht nutzen, weil sie inkonsistent benutzt werden und aufgrund der Tatsache, dass viele Forscher die Unterscheidung künstlich finden, sondern werden die Art der erweiterten Rückmeldung entsprechend ihrer spezifischen Charakteristik und ihrem Inhalt bestimmen“* (Übersetzung durch Autorin, Magill & Anderson, 2012, S. 4). In der vorliegenden Forschungsarbeit wird deshalb ebenfalls nicht zwischen KR und KP unterschieden. Es gibt viele weitere Unterscheidungsmerkmale von Rückmeldungen (siehe z.B. Magill & Anderson, 2014), diese sind aber für die weitere Ausführung nicht relevant und werden deshalb nicht dargestellt.

Wie in Abbildung 6.1 dargestellt, kann eine Rückmeldung in Bezug auf die drei Unterscheidungskategorien (inhärent vs. zusätzlich, direkt vs. indirekt, simulan vs. abschließend) beschrieben werden. Ein Spiegel beim Training wäre eine z.B. eine zusätzliche, direkte, simultane Rückmeldung. Ein Ton, der sowohl während des Trainings als auch während des Tests erklingt, wenn ein Ziel getroffen wurde, wäre eine inhärente, direkte, abschließende Rückmeldung. Im Folgenden soll dargestellt werden, welche Rückmeldungen bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe gegeben werden können. Dabei sollen nur die zusätzlichen, direkten Rückmeldungen betrachtet werden, weil diese mit Effekten gleichgesetzt werden können. Bei Hinzunahme von Effekten in Form von Rückmeldung lässt sich nämlich die Frage aufwerfen, ob und wie sich eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe in Bezug auf die Funktionalität der externen und internen Effekte verändert.

6.2 Gleichgewichtstraining mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung

Um zusätzliche, direkte Rückmeldungen beim Gleichgewichtstraining geben zu können, müssen objektive Maße des Gleichgewichts erfasst werden können. Man unterscheidet hierbei zwischen drei Größen: dem Massenschwerpunkt (center of mass, COM), dem Gravitationsschwerpunkt (center of gravity, COG) und dem Druckschwerpunkt (center of pressure, COP). Der *Massenschwerpunkt* bildet die gemittelte Position der Masse eines Körpers. Die vertikale Projektion des Massenschwerpunktes auf den Boden bezeichnet man als den *Gravitationsschwerpunkt*. Der *Druckschwerpunkt* wiederum repräsentiert den gewichteten Durchschnitt aller Druckpunkte, die der Körper auf den Boden ausübt (Winter, 1995). Von diesen drei Maßen kann der Druckschwerpunkt am einfachsten erfasst werden, indem die ausführende Person auf eine Druckplatte gestellt wird. Ein Beispiel für eine Druckplattform bildet das Wii Balance Board, welches eingesetzt werden kann um spielerisch die Gleichgewichtsverlagerug zu trainieren. Dabei steht *„der Übende [...] auf einem flachen Plastikbrett (dem sogenannten Balance Board), das über vier Kraftsensoren Verlagerungen des Körperschwerpunktes erfassen kann und an die Videokonsole weitergibt. Auf diese Weise kann durch Schwerpunktverlagerung beispielsweise ein virtueller Skifahrer durch einen Slalom gelenkt werden oder ein Boot durch die Windungen und Engen eines Flusses gesteuert werden“* (Kramer, Dettmers & Gruber, 2013, S. 31). Der große Vorteil des Wii Balance Boardes liegt darin, dass es im Vergleich zu anderen Systemen kostengünstig und leicht zu transportieren ist (Goble, Cone & Fling, 2014).

Die Rückmeldung des Druckschwerpunktes ist eine Form von *Biofeedback*. Biofeedback gibt Rückmeldung über biologische Informationen in Echtzeit (Giggins, Persson & Caulfield, 2013). Nach der bisherigen Klassifikation stellt Biofeedback also eine zusätzliche, direkte, simultane Rückmeldung dar. Biofeedback lässt sich generell darin unterteilen, welche biologische Information sie rückmeldet: sie kann sowohl physiologische (neuromuskuläre, kardiovaskuläre oder respiratorische) als auch biomechanische Maße (Bewegung, posturale Kontrolle, Kraft) wiedergeben. Es hat vor allem innerhalb des Rehabilitationstrainings einen hohen Stellenwert (Giggins et al., 2013). Da Biofeedback an körperliche Veränderungen gebunden ist, kann diese Form von Rückmeldung sehr gut bei körperorientierten Bewegungsaufgaben eingesetzt werden. Beim Gleichgewichtstraining wird meist Biofeedback in Bezug auf die posturale Kontrolle gegeben, indem der Druckschwerpunkt erfasst und z.B. als beweglicher Punkt visualisiert wird. Dieser visualisierte Punkt bildet einen externen Effekt. Diesen externen Effekt kann man nun in Bezug auf seine Funktionalität beurteilen. Der Punkt gibt die Gleichgewichtsverlagerung unmittelbar wieder und besitzt keine Eigenvarianz. Das bedeutet, er reagiert auf dieselbe Gleichgewichtsverlagerung nicht unterschiedlich. Somit müsste sich dieser externe Effekt nicht wesentlich in Bezug auf die Kontingenz von der Gleichgewichtsverlagerung selbst unterscheiden. Falls sich das Bewegungsziel auf das Biofeedback bezieht, könnte eine Instruktion, die stärker auf die Gleichgewichtsverlagerung eingeht, zu einer Zielverwirrung führen. Schließlich weiß die ausführende Person nicht, ob das Biofeedback oder die Gleichgewichtsverlagerung optimiert werden soll. Worin ein großer Unterschied bestehen kann, ist die Wahrnehmung des Effektes. Ein visualisierter Punkt als Druckschwerpunkt ist viel einfacher wahrzunehmen als der gefühlte Druckschwerpunkt. Da der visualisierte Druckschwerpunkt funktionaler, also zielführender ist, bildet

es nun das Movendum der Bewegungsaufgabe. Damit ist das Movendum nicht mehr der Körper, sondern der visualisierte Druckschwerpunkt. Die Bedingung für eine körperorientierte Bewegungsaufgabe ist nicht mehr erfüllt, die Aufgabe wird umweltorientiert. Bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben sollte der externe Aufmerksamkeitsfokus gegenüber dem internen Aufmerksamkeitsfokus überlegen sein. Im Folgenden werden empirische Befunde dargestellt, bei denen eine Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung erlernt und gleichzeitig der Aufmerksamkeitsfokus manipuliert wurde.

6.3 Aufmerksamkeitsfokus bei zusätzlicher, direkter Rückmeldung

Bevor auf die Experimente zum Aufmerksamkeitsfokus mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung eingegangen wird, soll kurz erwähnt werden, dass es auch Experimente zum Aufmerksamkeitsfokus mit zusätzlicher, indirekter Rückmeldung gibt. In diesen Experimenten wurden im Vorhinein verschiedene verbale Rückmeldungen sowohl extern als auch intern formuliert. Je nachdem, welche Bewegungsfehler die Versuchspersonen machten, wurde aus der Sammlung an externen bzw. internen Rückmeldungen die passendste ausgewählt. Dabei konnte bei einer Volleyballaufgabe (Wulf, Mcconnel, Gärtner & Schwarz, 2002, Experiment 2), einer Fußballaufgabe (Wulf, Chiviacowsky, Schiller & Ávila, 2010) und einer Greifaufgabe (Durham et al., 2014) die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus aufgezeigt werden. Die Ergebnisse könnte man dahingehend interpretieren, dass die zusätzliche, indirekte Rückmeldung wie eine Instruktion gewirkt haben könnte, die spezifischer auf die Bedürfnisse der ausführenden Person zugeschnitten war. Sie induzierten einen bestimmten Aufmerksamkeitsfokus während der Bewegungsausführung, aber die Funktionalität der Effekte innerhalb der Bewegungsaufgabe sollte durch diese Art der Rückmeldung nicht beeinflusst sein. Im Folgenden sollen Experimente vorgestellt werden, bei denen der Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzufügt wurde und die Versuchspersonen durch Instruktionen intern oder extern fokussieren sollten. Dabei kann wieder unterschieden werden, ob die Gleichgewichtsaufgabe umwelt- oder körperorientiert war.

Umweltorientierte Gleichgewichtsaufgaben. Das klassische Experiment zu umweltorientierter Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung führten Shea und Wulf (1999) durch. Versuchspersonen standen auf einer Plattform, die sich nach rechts oder links neigen konnte, und sollten sich entweder auf ihre Füße oder auf Marker auf der Plattform fokussieren. Weiterhin wurde variiert, ob die Versuchspersonen eine zusätzliche, direkte Rückmeldung in Form von zwei beweglichen visuellen Balken bekamen. Der internen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass die Balken ihre Füße darstellen. Der externen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass die Balken die Marker auf der Plattform darstellen. Beim Test ohne Instruktionen und ohne zusätzliche Rückmeldung zeigte die externe Fokusgruppe eine bessere Leistung als die interne Fokusgruppe, gemittelt über die beiden Rückmeldungsbedingungen (vorhanden vs. nicht vorhanden) beim Training. Ein ähnliches Experiment führten Maxwell und Masters (2002, Experiment 1) durch. Versuchspersonen standen auf einer beweglichen Plattform, die sich in alle Richtungen neigen konnte, und bekamen simultan eine zusätzliche, direkte Rückmeldung in Form eines Punktes. Der externen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass der rote Punkt den

Abstand der Plattform von der Horizontalen abbilde. Der internen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass der rote Punkt die Bewegung der Füße abbilde. Es zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede in Bezug auf die Leistung. Die Autoren führen die Ergebnisse darauf zurück, dass die Versuchspersonen den Instruktionen nicht gefolgt seien, da der bewegliche Punkt in beiden Fokusgruppen einen externen Aufmerksamkeitsfokus induziert habe. Man könnte die Ergebnisse aber auch darauf zurückführen, dass das Leistungsmaß nicht sensitiv genug war, um Gruppenunterschiede feststellen zu können. Denn statt der Abweichung der Plattform von der Horizontalen zu messen, haben Maxwell und Masters (2002) die Leistung definiert als die Zeit bis zum Umfallen. Dieses Leistungsmaß bildet aber nicht die Bewegungsaufgabe ab, bei der es nicht darum ging, auf einer Plattform möglichst lange stehen zu bleiben, sondern die Plattform möglichst horizontal zu halten. In Bezug auf diese Bewegungskomponente wurden auch die unterschiedlichen Fokusinstruktionen vorgenommen. Dies könnte dazu geführt haben, dass kein Fokuseffekt gefunden werden konnte.

Körperorientierte Gleichgewichtsaufgaben. Es gibt Experimente, bei denen eine zusätzliche, direkte Rückmeldung bei einer sonst körperorientierten Bewegungsaufgabe hinzugefügt wurde (De Bruin, Swanenburg, Betschon & Murer, 2009; Yeh, Cinelli, Lyons & Lee, 2016). Im Experiment von De Bruin et al. (2009) standen ältere Versuchspersonen auf einer Druckplattform und sollten so still wie möglich stehen bleiben. Währenddessen wurde ihnen eine zusätzliche, direkte Rückmeldung gegeben. Sie sahen auf dem Bildschirm vor ihnen einen beweglichen Punkt. Die Versuchspersonen wurden zwei Gruppen zugeteilt. Wie bei Shea und Wulf (1999) und Maxwell und Masters (2002) sollten sie die zusätzliche, direkte Rückmeldung je nach Gruppenzugehörigkeit unterschiedlich interpretieren. Der internen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass der bewegliche Punkt ihren Gravitationsschwerpunkt (COG) darstelle. Der externen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass der bewegliche Punkt eine Luftblase innerhalb einer Wasserwaage darstelle, die auf der stabilen Plattform befestigt war. Es konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt werden und die Autoren führten dies auf das hohe Alter der Versuchspersonen zurück. Neben dem Alter kann aber auch die fehlende Aufgabenschwierigkeit dafür verantwortlich sein, weshalb kein Fokuseffekt gefunden werden konnte. Die Gleichgewichtsaufgabe, still zu stehen, ist möglicherweise auch für ältere Versuchspersonen ohne Gleichgewichtsbeeinträchtigungen zu einfach. Ein anderes Experiment untersuchte sowohl ältere als auch junge Versuchspersonen (Yeh et al., 2016). Die Versuchspersonen standen auf einer Druckplattform und sollten still stehen. Ihnen wurde ebenfalls ein beweglicher Punkt auf einem Bildschirm dargeboten. Hier sollten sie aber nicht den Punkt unterschiedlich interpretieren. Stattdessen wurde die externe Fokusgruppe instruiert, auf den beweglichen Punkt zu fokussieren, die interne Fokusgruppe auf die Bewegung der Beine. Gleichzeitig wurden zwei Bedingungen variiert: In der einen Bedingung war der bewegliche Punkt sichtbar, in der anderen nicht. Wenn der Punkt nicht sichtbar war, sollte sich die externe Fokusgruppe diesen vorstellen. Yeh et al. (2016) fanden anhand der Manipulationskontrolle heraus, dass die jungen Versuchspersonen die Instruktionen eher befolgt haben als die älteren Versuchspersonen. Die älteren Versuchspersonen haben nicht intern fokussiert. Leider haben Yeh et al. (2016) den Fokuseffekt nicht statistisch untersucht. Stattdessen berichten sie nur die bedingten Hauptef-

fekte der Rückmeldung (mit vs. ohne beweglichen Punkt) innerhalb der einzelnen Alters- und Fokusgruppen. Die jungen Versuchspersonen zeigten eine bessere Leistung, wenn der bewegliche Punkt sichtbar war im Vergleich zu der Versuchsbedingung, in der er nicht sichtbar war. Diesen Leistungsunterschied war nur dann vorhanden, wenn sie extern fokussierten, also auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung geachtet haben. Bei älteren Versuchspersonen zeigten sich keine Leistungsunterschiede, unabhängig davon, ob sie externe oder interne Fokusinstruktionen erhalten haben. Dies ist nicht verwunderlich, da sie in der externen Versuchsbedingung nicht intern fokussiert haben, sondern auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung geachtet haben. Die Ergebnisse von Yeh et al. (2016) in Bezug auf die Leistung geben leider keinen Aufschluss über den Fokuseffekt in Abhängigkeit von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung.

Die empirische Befundlage gibt keine klare Aussage darüber, welcher Aufmerksamkeitsfokus bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgaben mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung überlegen ist. Diese Frage sollte in der vorliegenden Forschungsarbeit beantwortet werden. Es wurde erwartet, dass eine zusätzliche, direkte Rückmeldung eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe in eine umweltorientierte Gleichgewichtsaufgabe verwandelt und den externen Aufmerksamkeitsfokus überlegen macht. Um dies zu untersuchen, wurde folgende Fragestellung formuliert:

Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt zum besserem Lernen und/ oder besserer Leistung beim Training, wenn bei einer körperorientierten Bewegungsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird?

Die Definition einer zusätzlichen Rückmeldung beinhaltet den Umstand, dass diese Rückmeldung beim Test wieder entfernt wird. Es wurde argumentiert, dass eine zusätzliche, direkte Rückmeldung einem Effekt gleichzusetzen ist, und dass eine Assoziation zwischen diesem Effekt und den motorischen Programmen gebildet wird. Daraus resultiert, dass die Bewegung anhand dieser Bewegungs-Effekt-Assoziation ausgeführt und kontrolliert wird (siehe action-effect-Prinzip in Kapitel 2). Daraus lässt sich die Frage ableiten, welche Auswirkungen das Entfernen dieses Effektes beim Test hat und ob der Aufmerksamkeitsfokus einen Einfluss darauf haben könnte. Diese Fragen sollen im nächsten Abschnitt diskutiert werden.

6.4 Kosten bei zusätzlicher, direkter Rückmeldung

Im Überblicksartikel von Salmoni, Schmidt und Walter (1984) über zusätzliche, direkte Rückmeldungen wird dargelegt, dass zusätzliche, direkte Rückmeldungen sowohl vorteilhafte wie auch nachteilige Effekte haben. Beim Training mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung wird die ausführende Person unterstützt, das Bewegungsziel zu erreichen, die zusätzliche, direkte Rückmeldung wirkt hier also positiv auf die Leistung. Wenn aber beim Test die zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht mehr vorhanden ist, so sinkt die Leistung im Vergleich zum Training, es entstehen Kosten. Das ist der nachteilige Effekt der zusätzlichen Rückmeldung und soll ab jetzt *Kosteneffekt* genannt werden. Beide Effekte werden unter der *Guidance-Hypothese* zusammengefasst. Diese sagt aus, dass die ausführende Person anhand der zusätzlichen, direkten

Rückmeldung beim Training geführt wird (engl. to guide), und sich auf diese Führung verlässt. Fehlt diese Führung beim Test, so sinkt die Leistung (Salmoni et al., 1984)[1]. In einem weiteren Artikel spezifiziert Schmidt (1991) die Guidance-Hypothese anhand folgender dreier möglicher Erklärungen. Erstens wird die zusätzliche, direkte Rückmeldung während des Training fester Bestandteil der Bewegungsaufgabe. Dieser fehlt beim Test, wodurch sich die Bewegungsaufgabe als solche verändert und teilweise neu gelernt werden muss. Zweitens zieht die zusätzliche, direkte Rückmeldung Aufmerksamkeit an, wodurch Aufmerksamkeit von anderen wichtigen Informationen abgezogen wird. Drittens führt zu viel zusätzliche, direkte Rückmeldung dazu, dass maladaptive, kurzfristige Korrekturen durchgeführt werden, d.h. selbst geringfügige Fehler werden korrigiert, die möglicherweise eine natürliche Variation der Bewegung darstellen. Diese Erklärungen schließen sich nicht gegenseitig aus, sondern bilden eher ein Komplex aus möglichen Prozessen, die jeweils mehr oder weniger vorhanden sind (Schmidt, 1991). Laut Schmidt (1991) können Kosten dadurch verringert werden, indem man die zusätzliche, direkte Rückmeldung verzögert darstellt oder teilweise vorenthält.

Je einfacher auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung zugegriffen werden kann um eine Leistung zu erbringen, desto größer die Wahrscheinlichkeit eine Abhängigkeit von dieser Rückmeldung zu entwickeln. Magill (1994) schreibt dazu: *„Weil die erweiterte Rückmeldung einfach zu nutzen und typischerweise aussagekräftiger für die lernende Person ist, wird die erweiterte Rückmeldung fokussiert und wichtige aufgabeninhärente sensorische Rückmeldung ignoriert“* (Magill, 1994, S. 323). Anderson, Magill, Sekiya und Ryan (2005) konnten zeigen, dass eine Frequenzverringerung der zusätzlichen, direkten Rückmeldung tatsächlich dazu führt, dass die Versuchspersonen stärker auf inhärente Rückmeldungen achteten und geringere Kosten beim Test aufwiesen.

Auf die Ideomotorische Hypothese übertragen könnte man nun zu folgenden Schlussfolgerungen kommen: Die zusätzliche, direkte Rückmeldung bildet einen Effekt. Je stärker eine Assoziation zwischen diesem Effekt und den motorischen Programmen gebildet wird, desto größer ist die Abhängigkeit von diesem Effekt und desto größer die Leistungseinbußen, wenn der Effekt nicht mehr dargestellt wird. Die Assoziation wird umso stärker gebildet, je größer der Effekt eine raum-zeitliche Nähe (Kontiguität) und einen Wahrscheinlichkeitszusammenhang (Kontingenz) zur Bewegung aufweist (siehe dazu Kapitel 2 auf S. 8). Deswegen ist der Kosteneffekt größer, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung öfter dargeboten wird. Gleichzeitig wurde in Kapitel 2 auch dargestellt, dass auch Intentionen eine Auswirkung darauf haben sollten, ob oder wie stark eine Bewegungs-Effekt-Assoziation gebildet wird. Solche Intentionen können durch Fokusinstruktionen manipuliert werden. Deshalb wird erwartet, dass der Aufmerksamkeitsfokus einen Einfluss auf den Kosteneffekt hat.

Wenn man anhand des Aufmerksamkeitsfokus die Versuchsperson dazu bringen kann, verstärkt auf inhärente, direkte Rückmeldungen zu achten, obwohl eine zusätzliche, direkte Rückmeldung vorhanden ist, dann sollte die Abhängigkeit von dieser zusätzlichen, direkten Rückmeldung

[1] Obwohl ebenfalls von Schmidt formuliert, wurde die Guidance-Hypothese parallel zur Schematheorie (Schmidt, 1975) aufgestellt, die an dieser Stelle nicht behandelt wird. Die Ergebnisse, die die Guidance-Hypothese stützen, widersprechen sogar teilweise den Vorhersagen der Schematheorie (siehe dazu Salmoni et al., 1984).

geringer ausfallen. Gleichzeitig sollte bedacht werden, wie funktional die zusätzliche, direkte Rückmeldung für die Bewegungsaufgabe ist. Beim Experiment von Shea und Wulf (1999), welches bereits auf S. 66 berichtet wurde, zeigten die Versuchspersonen keine Kosten. Beim Test hatten sowohl der Aufmerksamkeitsfokus als auch die zusätzliche, direkte Rückmeldung denselben Einfluss auf die Leistung wie beim Training. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Bewegungsaufgabe ohne zusätzliche, direkte Rückmeldung bereits umweltorientiert war. Der Aufgabentyp änderte sich nicht durch das Hinzufügen einer zusätzlichen, direkten Rückmeldung bzw. war der Unterschied in Bezug auf die Funktionalität zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und der inhärenten, direkten Rückmeldung gering. Dies ist bei körperorientierten Bewegungsaufgaben mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung anders. Hier ist die zusätzliche, direkte Rückmeldung funktionaler als die inhärente, direkte Rückmeldung (siehe letzten Abschnitt für die Begründung). Wenn also eine umweltorientierte Bewegungsaufgabe beim Training zu einer körperorientierten Bewegungsaufgabe beim Test wird, weil die zusätzliche, direkte Rückmeldung entfernt wurde, dann sind Kosten zu erwarten. Wenn die interne Fokusgruppe die internen Effekte stärker fokussiert, so entspricht dieser Aufmerksamkeitsfokus zwar nicht dem umweltorientierten Charakter der Bewegungsaufgabe beim Training. Die stärkere Beachtung der internen Effekte führt aber dazu, dass die körperorientierte Bewegungsaufgabe beim Test besser ausgeführt werden kann. Um dies zu prüfen, wurde folgende Fragestellung formuliert:

Welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung führt zu höheren Kosten beim Test?

7 Fragestellungen

In den vorhergehenden Kapiteln wurden Forschungslücken aufgezeigt, die in der vorliegenden Forschungsarbeit beantwortet werden sollen. Die Forschungslücken resultierten in vier Fragestellungen, die die Grundlage der experimentellen Untersuchungen bilden. Die komplette Experimentalreihe wurde im Vorhinein von einer unabhängigen Ethikkommission genehmigt. Im Folgenden soll auf die einzelnen vier Fragestellungen eingegangen werden. Danach sollen Nebenfragestellungen formuliert werden, die zwar nicht im Zentrum dieser Arbeit stehen, es aber

Tabelle 7.1: Übersicht über die in den vier Experimenten behandelten Fragestellungen.

Fragestellungen	**1**	**2**	**3**	**4**
(1) Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe zu besserer Leistung und/oder besserem Lernen? (siehe S. 61)	x			
(2) Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt zu besserer Leistung und/ oder besserem Lernen beim Training, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird? (siehe S. 68)		x	x	x
(3) Welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung führt zu höheren Kosten beim Test? (siehe S. 70)		x	x	x
(4) Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt? (siehe S. 61)	x	x	x	x
Nebenfragestellungen				
(1) Gibt es beim Training einen Lerneffekt?	x	x	x	x
(2) Gibt es beim Test einen Kosteneffekt?	x	x	x	x
(3) Wurden innerhalb der Bewegungsaufgabe unterschiedliche Aufgabenschwierigkeiten umgesetzt?	x	x	x	x
(4) Unterscheidet sich die Leistung der Versuchspersonen je nachdem, welche zusätzliche, direkte Rückmeldung sie bekommen?				x
(5) Gibt es einen größeren Kosteneffekt, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung funktionaler ist?				x

Anmerkungen: Die Ziffern in den Spaltenüberschriften repräsentieren die vier Experimente. Die Kreuze in den Zellen bedeuten, dass die Fragestellung in dem entsprechenden Experiment untersucht wurde. Zur Beantwortung mancher Fragestellungen wurden mehrere Experimente benötigt.

ermöglichen sollen, die Ergebnisse besser einordnen zu können. In Tabelle 7.1 ist aufgelistet, welche Fragestellungen in welchem Experiment untersucht wurden. Innerhalb der Fragestellungen wurde *Training* definiert als das Durchführen der Bewegungsaufgabe mit Fokusinstruktion und ggf. zusätzlicher Rückmeldung. Das Training bestand immer aus zwei Sitzungen. Beim *Test* wurde die Bewegungsaufgabe ohne Fokusinstruktion und ggf. zusätzlicher Rückmeldung durchgeführt. Die *Leistung* wurde definiert als das Maß, welches innerhalb der Bewegungsaufgabe optimiert werden soll. *Lernen* wurde in der vorliegenden Forschungsarbeit definiert als die Differenz zwischen der Leistung in den beiden Trainingssitzungen. *Kosten* wurden in der vorliegenden Forschungsarbeit definiert als die Differenz zwischen der Leistung in der zweiten Trainingssitzung und der Leistung beim Test.

7.1 Erste Fragestellung

In Kapitel 5 auf S. 61 wurde folgende Fragestellung formuliert:

Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe zu besserer Leistung und/oder besserem Lernen?

Die Generalitätshypothese (siehe S. 30) favorisiert den externen Aufmerksamkeitsfokus bei jeder Bewegungsaufgabe, sofern die definierenden Aspekte aus Kapitel 3 erfüllt sind. Im Gegensatz dazu unterscheidet die Funktionalitätshypothese (siehe S. 37) zwischen Bewegungsaufgaben, bei denen der externe Aufmerksamkeitsfokus favorisiert wird, und Bewegungsaufgaben, bei denen der interne Aufmerksamkeitsfokus favorisiert wird. Wie in Kapitel 5 aufgezeigt, sind Bewegungsaufgaben dann besser mit internem Aufmerksamkeitsfokus erlernbar, wenn sie körperorientiert sind. Somit sagt die Funktionalitätshypothese voraus, dass bei körperorientierten Gleichgewichtsaufgaben der interne Aufmerksamkeitsfokus zu besserer Leistung und /oder besserem Lernen führt. Die beiden Vorhersagen wurden in Experiment 1 untersucht (siehe Tabelle 7.1), wobei die Funktionalitätshypothese favorisiert wird.

7.2 Zweite Fragestellung

In Kapitel 6 auf S. 68 wurde folgende Fragestellung formuliert:

Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt zu besserer Leistung und/ oder besserem Lernen beim Training, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird?

In Kapitel 6 wurden zusätzliche, direkte Rückmeldungen definiert. Sie entsprechen Effekten. Im gleichen Kapitel (siehe S. 65) wurde argumentiert, dass bei Hinzunahme einer zusätzlichen, direkten Rückmeldung bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe die Funktionalität dieser Rückmeldung größer ist als die der internen Effekte. Da die zusätzliche, direkte Rückmeldung zielführender ist, bildet sie das reaktive Movendum und die Gleichgewichtsaufgabe

wird umweltorientiert. Entsprechend der Funktionalitätshypothese sollte nun der externe Aufmerksamkeitsfokus zu besseren Ergebnissen führen als der interne Aufmerksamkeitsfokus. Diese Fragestellung wurde in den Experimenten 2, 3 und 4 untersucht (siehe Tabelle 7.1).

7.3 Dritte Fragestellung

In Kapitel 6 auf S. 70 wurde folgende Fragestellung formuliert:

Welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung führt zu höheren Kosten beim Test?

Entsprechend der Guidance-Hypothese (siehe S. 68) kann eine zusätzliche, direkte Rückmeldung beim Training dazu führen, dass die ausführende Person von dieser Rückmeldung abhängig wird und beim Test ohne Rückmeldung Leistungseinbußen zeigt. Durch die zusätzliche, direkte Rückmeldung können also Kosten beim Test entstehen. Weiterhin wurde dargestellt, dass Kosten vor allem dann auftreten, je einfacher die zusätzliche, direkte Rückmeldung genutzt werden kann. Mithilfe interner Fokusinstruktionen könnte man die ausführenden Personen während einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe dazu bringen, stärker auf die internen Effekte zu fokussieren als mit externen Fokusinstruktionen. Da beim Test die zusätzliche, direkte Rückmeldung wegfällt und die internen Effekte bei körperorientierten Gleichgewichtsaufgaben wieder funktional werden, wird vermutet, dass der Kosteneffekt beim internen Aufmerksamkeitsfokus geringer ausfällt als beim externen Aufmerksamkeitsfokus. Diese Fragestellung wird in den Experimenten 2, 3 und 4 untersucht (siehe Tabelle 7.1).

7.4 Vierte Fragestellung

In Kapitel 5 auf S. 61 wurde folgende Fragestellung formuliert:

Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt?

In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass die Aufgabenschwierigkeit eine notwendige Bedingung darstellt, damit der Aufmerksamkeitsfokus einen Einfluss auf Leistung und Lernen ausüben kann (Wulf et al., 2007; Moghaddam et al., 2008; Pooraghaei Ardakani et al., 2014; Landers et al., 2005; Becker & Smith, 2013, wobei hier die Konfundierung mit dem Aufgabentyp bedacht werden sollte). Nun soll untersucht werden, ob die Aufgabenschwierigkeit über das notwendige Minimum hinaus eine moderierende Variable bildet. Dieser Fragestellung wird in allen vier Experimenten nachgegangen (siehe Tabelle 7.1).

7.5 Nebenfragestellungen

Neben den bereits aufgeführten Fragestellungen, die das zentrale Interesse in der vorliegenden Forschungsarbeit bilden, gibt es Nebenfragestellungen, die die Ergebnisse besser interpretieren lassen.

Da es in der vorliegenden Forschungsarbeit darum geht, dass eine Bewegungsaufgabe erlernt und nicht bloß ausgeführt wird, ist es notwendig, eine Gleichgewichtsaufgabe zu untersuchen, die Lernen ermöglicht. Dies wurden anhand folgender Nebenfragestellung in jedem Experiment geprüft:

Erste Nebenfragestellung: Gibt es beim Training einen Lerneffekt?

Bei der dritten Fragestellung wird vermutet, dass der Aufmerksamkeitsfokus einen Einfluss auf den Kosteneffekt ausübt. Um dies zu zeigen, muss zunächst sichergestellt werden, dass ein Kosteneffekt vorliegt. Experiment 1 bildet hier eine Ausnahme. Da hier keine zusätzliche, direkte Rückmeldung gegeben wurde, wurde hier erwartet, dass es keinen Kosteneffekt geben sollte. Obwohl mit unterschiedlichen Annahmen, wurde folgende Nebenfragestellung bei allen vier Experimenten untersucht:

Zweite Nebenfragestellung: Gibt es beim Test einen Kosteneffekt?

Um die vierte Fragestellung beantworten zu können, muss sichergestellt werden, dass die Aufgabenschwierigkeit innerhalb der Bewegungsaufgabe variiert. Dies wurde anhand folgender Nebenfragestellung bei allen vier Experimenten geprüft:

Dritte Nebenfragestellung: Wurden innerhalb der Bewegungsaufgabe unterschiedliche Aufgabenschwierigkeiten umgesetzt?

In Experiment 4 wurden zwei verschiedene zusätzliche, direkte Rückmeldungen gegeben, die sich anhand ihrer Funktionalität unterscheiden sollten. Da angenommen wurde, dass die Funktionalität der Rückmeldung einen direkten Einfluss auf die Leistung hat, wurde die Funktionalität anhand folgender Fragestellung geprüft:

Vierte Nebenfragestellung: Unterscheidet sich die Leistung der Versuchspersonen je nachdem, welche zusätzliche, direkte Rückmeldung sie bekommen?

Auf S. 69 wurde dargestellt, dass der Kosteneffekt besonders dann groß ist, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung für die Bewegungsaufgabe einfach zu nutzen ist. Man könnte dies auch dahingehend interpretieren, dass der Kosteneffekt besonders groß ist, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung besonders funktional ist. Da sich in Experiment 4 die zusätzlichen, direkten Rückmeldungen in Bezug auf ihre Funktionalität unterscheiden sollten, wurde ebenfalls vermutet, dass der Kosteneffekt von dieser Funktionalität abhängt. Dies wurde anhand folgender Fragestellung geprüft:

Fünfte Nebenfragestellung: Gibt es einen größeren Kosteneffekt, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung funktionaler ist?

Nachdem alle Fragestellungen kurz erörtert wurden, soll nun auf die einzelnen Experimente eingegangen werden.

8 Experiment 1

8.1 Hypothesen

In Experiment 1 sollte untersucht werden, welcher Aufmerksamkeitsfokus bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe zu besserer Leistung und/oder besserem Lernen führt. Folgende körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe wurde dafür ausgewählt: Die Versuchspersonen standen auf einem Wii Balance Board und sollten im einbeinigen Stand ihr Gleichgewicht gezielt verlagern und diese Gleichgewichtslage halten (siehe Abbildung 8.1). Auf einem Bildschirm wurde ihnen innerhalb einer Fußschablone ein Zielpunkt dargeboten. Ziel war es, den Druckschwerpunkt auf diesen Zielpunkt zu bringen, wobei der tatsächliche Druckschwerpunkt nicht visualisiert wurde. Die Leistung bildete den durchschnittlichen Abstand des tatsächlichen Druckschwerpunktes vom Zielpunkt. Nach jedem Durchgang wurde die Leistung für den Durchgang angezeigt. Außerdem wurde nach jedem Durchgang der Verlauf der tatsächlichen Druckschwerpunkte visualisiert. Der Zielpunkt konnte entweder vorne oder hinten am Fuß liegen. Es wurde angenommen, dass der hintere Zielpunkt schwieriger sei als der vordere Zielpunkt (siehe dazu Methoden S. 81). Die Gleichgewichtsaufgabe wurde an drei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt, die sich Sitzung 1, Sitzung 2 und Sitzung 3 nennen. Sitzung 1 und Sitzung 2 bildeten das Training, Sitzung 3 den Test. Der Test unterschied sich in zwei Punkten vom Training: Die Versuchspersonen bekamen zum einen keine abschließende Rückmeldung mehr über ihre Leis-

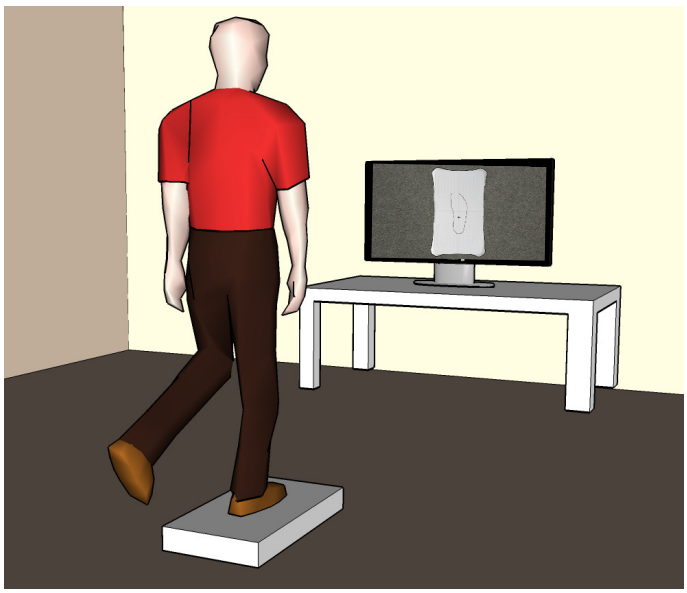


Abbildung 8.1: Gleichgewichtsaufgabe.

tung und zum anderen keine Erinnerungen mehr an den Aufmerksamkeitsfokus. Der Lerneffekt wurde definiert als Leistungszuwachs von Sitzung 1 auf Sitzung 2. Der Kosteneffekt wurde definiert als die Leistungsminderung von Sitzung 2 auf Sitzung 3.

Während der Bewegungsausführung sollten die Versuchspersonen entweder extern oder intern fokussieren. Die Bewegungsausführung führte zu keinen externen Effekten, denn die Versuchspersonen standen auf einer stabilen Oberfläche, die sich nicht durch die Gleichgewichtsverlagerung merklich veränderte. Wenn keine externen Effekte vorhanden sind, stellt sich die Frage, auf was extern fokussiert werden soll. Wulf rät bei solchen Fällen Analogien oder Metaphern zu benutzen: *„Ähnlich wie ein externer Fokus lenken sie die Aufmerksamkeit der Ausübenden von den eigenen Körperbewegungen ab und vermitteln gleichzeitig ein mentales Bild vom angestrebten Bewegungsziel“* (Wulf, 2009, S. 53). Somit wird von ihr vorhergesagt, dass der Fokus auf ein mentales Bild dem externen Aufmerksamkeitsfokus entspreche und zu ähnlichen Ergebnissen führe, nämlich zu einer besseren Leistung und einem stärkerem Lernen im Vergleich zum internen Aufmerksamkeitsfokus. Somit muss der Aufmerksamkeitsfokus nicht zwingend auf tatsächliche Effekte gerichtet sein.

Im Gegensatz dazu werden im Rahmen der Funktionalitätshypothese die Vorhersagen anhand der tatsächlichen Effekte gebildet. In diesem Fall leidet die Funktionalität aufgrund der fehlenden Wahrnehmung der externen Effekte. Dies kann anhand der Annahmen des effektkontrollierten Lernens begründet werden (siehe Kapitel 2 ab S. 19), bei dem das Lernen auf einem Vergleich von intendierten, antizipierten und tatsächlichen Effekten beruht. Beim externen Aufmerksamkeitsfokus werden die intendierten Effekte als mentales Bild vorgegeben, die tatsächlichen Effekte sind aber nur in Form der internen Effekte vorhanden. Das bedeutet, es muss irgendein Übersetzungsprozess zwischen den mentalen Bildern und den internen Effekten stattfinden. Da die externe Fokusgruppe einen Übersetzungsprozess durchführen muss, die interne Fokusgruppe aber nicht, sollte die letztere Fokusgruppe stärkere Leistungs- und Lernerfolge zeigen.

Zusätzlich sollte in Experiment 1 die vierte Fragestellung untersucht werden: Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt? Hier besteht die Problematik darin, die Aufgabenschwierigkeit innerhalb einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe zu variieren, ohne sie dabei zu einer umweltorientierten Gleichgewichtsaufgabe zu verwandeln, wie es z.B. bei Wulf et al. (2007) und Moghaddam et al. (2008) der Fall war. Dies wurde in Experiment 1 dadurch gelöst, dass zwei unterschiedlich schwierige Zielzustände für die Gleichgewichtslage definiert wurden.

Im Folgenden sollen die konkreten Hypothesen zu der ersten und vierten Fragestellung formuliert werden. Außerdem werden Hypothesen zu den Nebenfragestellungen aufgestellt, diese werden Nebenhypothesen genannt.

Hypothesen zur ersten Fragestellung

Beim internen Aufmerksamkeitsfokus werden interne Effekte fokussiert. Es werden entsprechende intendierte und antizipierte Effekte aktiviert, die wiederum durch die motorischen Program-

me zu tatsächlichen Effekten führen. Beim externen Aufmerksamkeitsfokus findet ein zusätzlicher Übersetzungsprozess statt, die Konzentration kann nicht komplett auf die Bewegungskontrolle gebündelt werden. Somit wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese H1a:

Beim Training führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einer schlechteren Leistung als der interne Aufmerksamkeitsfokus.

Lernen wird im Rahmen des effektkontrollierten Lernens als Modifikationsprozess verstanden: Die intendierten, die antizipierten und die tatsächlichen Effekte sollen in Übereinstimmung gebracht werden. Es wird angenommen, dass der Übersetzungsprozess der externen Fokusgruppe den Anpassungsprozess verlangsamt. Dies wurde in folgender Hypothese getestet:

Hypothese H2a:

Beim Training führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einem kleineren Lerneffekt als der interne Aufmerksamkeitsfokus.

Da vermutet wird, dass die externe Fokusgruppe beim Training eine weniger funktionale Bewegungs-Effekt-Assoziation aufbaut, sollte dies dazu führen, dass sie auch beim Test, wenn keine abschließende Rückmeldung mehr über die Leistung und keine Erinnerung über den Aufmerksamkeitsfokus gegeben wird, schlechtere Ergebnisse liefert. Demnach wird folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese H3a:

Beim Test führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einer schlechteren Leistung als der interne Aufmerksamkeitsfokus.

Hypothesen zur vierten Fragestellung

Es sollte getestet werden, ob die Aufgabenschwierigkeit die Fokuseffekte verstärkt. Demzufolge wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

Hypothese H1b:

Der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Training ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.

Hypothese H2b:

Der Fokuseffekt bezogen auf den Lerneffekt beim Training ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.

Hypothese H3b:

Der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Test ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.

Hypothesen zu den Nebenfragestellungen

Wulf et al. (2007) nimmt an, dass die Aufgabenschwierigkeit entscheidend dafür sei, ob der Fokuseffekt zum Vorschein komme. Dies wird damit erklärt, dass erst ab einer bestimmten Schwierigkeitsstufe bewusste Kontrolle stattfinde und mentale Ressourcen aufgeteilt werden müssen (Wulf et al., 2007; Becker & Smith, 2013). Eine Aufgabe wird als schwierig genug erachtet, wenn sie nicht bereits in der ersten Sitzung erlernt wird (Wulf & Shea, 2002). In der ersten Nebenhypothese sollte geprüft werden, ob die Gleichgewichtsaufgabe schwierig genug ist, damit Lernen stattfinden kann. Deshalb wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese N1:

Die Leistung ist schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2 (= Lerneffekt).

In Experiment 1 gab es keine zusätzliche, direkte, simultane Rückmeldung (keine Visualisierung des Druckschwerpunktes), aber eine zusätzliche, indirekte, abschließende Rückmeldung (Leistung in Form einer Zahl und des Verlaufs der Druckschwerpunkte). Beim Test in Sitzung 3 wurde die abschließende Rückmeldung nicht mehr dargestellt. Es wurde vermutet, dass das Weglassen der abschließenden Rückmeldung keinen Kosteneffekt verursacht, da sie nur indirekt genutzt werden kann. D.h. auch wenn das Auftauchen der Zahl und des Verlaufs zunächst als Effekt verstanden werden kann, so kann keine Bewegungs-Effekt-Assoziation gebildet werden. Eine verbale Äußerung des Trainers kann auch prinzipiell als akustischer Effekt verstanden werden, der aber auch nicht anhand von Bewegungs-Effekt-Assoziationen auf die Leistung Einfluss nimmt, sondern ausschließlich anhand der Interpretation des Inhalts. Bewegungs-Effekt-Assoziationen werden dann gebildet, wenn eine raum-zeitliche Nähe und ein Wahrscheinlichkeitszusammenhang besteht (siehe Kapitel 2 auf S. 8). Da die abschließende Rückmeldung nicht simultan erfolgte, war die zeitliche Nähe gering. Des Weiteren hatte die abschließende Rückmeldung als Effekt auch deshalb keinen Nutzen, da kein Wahrscheinlichkeitszusammenhang gebildet werden konnte. Dieselbe Zahl konnte viele unterschiedliche Bewegungsausführungen repräsentieren. Der Verlauf war wiederum zu detailliert, sodass sich derselbe Verlauf im ganzen Training mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht wiederholte. Um eine Bewegungs-Effekt-Assoziation aufbauen zu können, müssen motorische Programme und die Effekte mehrmals hintereinander aktiviert werden. Es wurde deshalb angenommen, dass die abschließende Rückmeldung nur indirekt, d.h. durch ihre Interpretation, genutzt werden konnte. Somit konnten keine Assoziationen zwischen der Bewegung und der abschließenden Rückmeldung gebildet werden und deshalb auch keine Kosten entstehen. Es wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese N2:

Die Leistung unterscheidet sich nicht zwischen Sitzung 2 und Sitzung 3. (= kein Kosteneffekt)

In der vierten Fragestellung sollte die Frage untersucht werden, ob die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt. Das bedeutet, die Aufgabenschwierigkeit sollte nicht nur ein Minimum aufweisen, damit überhaupt ein Effekt auftreten kann, sondern über dieses Minimum

hinaus auch verstärkt werden, um zu untersuchen, ob dies auch dazu führt, dass der Fokuseffekt verstärkt wird. Um zu prüfen, ob der hintere Zielpunkt eine höhere Aufgabenschwierigkeit besaß als der vordere Zielpunkt, wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese N3:

Gemittelt über alle drei Sitzungen ist die Leistung beim hinteren Zielpunkt schlechter als beim vorderen Zielpunkt (= ist der hintere Zielpunkt schwieriger).

Nachdem die konkreten inhaltlichen Hypothesen für Experiment 1 dargestellt wurden, soll nun auf die Methoden eingegangen werden.

8.2 Methoden

Unabhängige Variablen (UV)

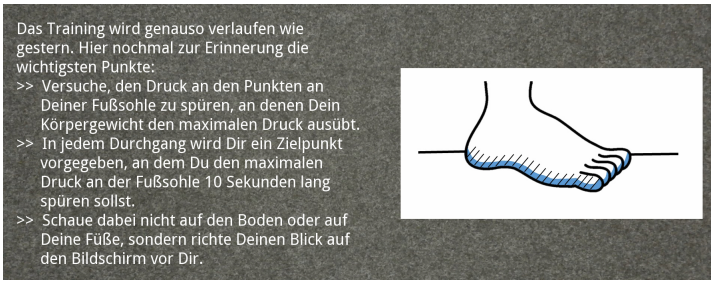
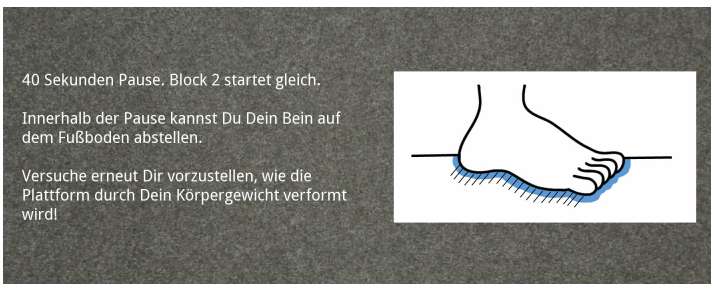
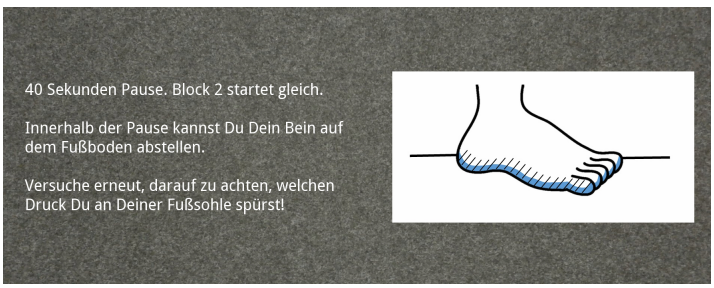
In Experiment 1 wurden der Aufmerksamkeitsfokus (UV1, intern vs. extern) zwischen den Versuchspersonen und die Aufgabenschwierigkeit (UV2, Zielpunkt vorne vs. hinten) und die Sitzung (UV3, Sitzung 1 vs. Sitzung 2 vs. Sitzung 3) innerhalb der Versuchspersonen manipuliert. Auf diese drei unabhängigen Variablen wird im Folgenden eingegangen.

UV1: Aufmerksamkeitsfokus

Der Aufmerksamkeitsfokus wurde zweistufig realisiert: Die Versuchspersonen wurden der externen oder internen Fokusgruppe zugeordnet. Mit unterschiedlichen Instruktionen sollten die beiden Aufmerksamkeitsfoki erzielt werden. Den Versuchspersonen der internen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass der dargebotene Zielpunkt einen möglichen Druckschwerpunkt auf ihrer Fußsohle darstelle. Die Aufgabe bestehe darin, das Gleichgewicht so zu verlagern, dass sie an dieser Stelle den maximalen Druck an ihrer Fußsohle spüren. Der externen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass der dargebotene Zielpunkt einen möglichen Druckschwerpunkt auf der Plattform darstelle. Die Aufgabe bestehe darin, das Gleichgewicht so zu verlagern, dass die Plattform an dieser Stelle maximal verformt werde (siehe Tabelle 8.1 a und b).

Die Instruktion für den Aufmerksamkeitsfokus wurde vor der ersten und zweiten Sitzung zusammen mit den übrigen Aufgabeninstruktionen dargeboten (siehe Tabelle 8.1 a und b). Um zu vermeiden, dass diese überlesen wurden bzw. dass ihre Wichtigkeit nicht zur Kenntnis genommen wurde, wurden die Fokusinstruktionen jeweils vor Beginn des ersten Trainigsblockes zusätzlich von der Versuchsleiterin verbal zusammengefasst (siehe Tabelle 8.1 c). Darüber hinaus erschien die Fokusinstruktion in jeder Pause in Sitzung 1 und 2 (siehe Tabelle 8.1 d).

Tabelle 8.1: Fokusinstruktionen und -erinnerungen in Sitzung 1, Sitzung 2 und in den Pausen.

Extern	**Intern**
a) Instruktion vor Sitzung 1	
	
	
b) Instruktion vor Sitzung 2	
	
c) Erinnerung durch Versuchsleiter vor Beginn von Sitzung 1 und 2	
„Bitte denk daran, Dir während der Gleichgewichtsverlagerung vorzustellen, wie die Plattform verformt wird.“	„Bitte denk daran, während der Gleichgewichtsverteilung darauf zu achten, welchen Druck Du an Deiner Fußsohle spürst.“
d) Erinnerung in den Pausen von Sitzung 1 und 2	
	

UV2: Aufgabenschwierigkeit

Die Aufgabenschwierigkeit wurde anhand der beiden Zielpunkte manipuliert, auf die die Versuchspersonen ihr Gleichgewicht verlagern mussten. Die Ausführung der Gleichgewichtsaufgabe durfte für beide Zielpunkte nicht zu einfach sein, da eine Bedingung für den Fokuseffekt die Aufgabenschwierigkeit darstellt. Eine ausreichende Aufgabenschwierigkeit wurde erstens dadurch erreicht, dass die Versuchspersonen ihr Gleichgewicht auf Zielpunkte hin verlagern sollten, die außerhalb des natürlichen Druckschwerpunktes lagen. Der natürliche Druckschwerpunkt wurde als der Druckschwerpunkt definiert, den man bei natürlicher Gleichgewichtslage ausübt. Zweitens sollten die Versuchspersonen während dieser Gleichgewichtsverlagerung nicht mit beiden Beinen, sondern lediglich mit einem Bein auf dem Wii Balance Board stehen.

Die beiden Zielpunkte besaßen den gleichen Abstand zum natürlichen Druckschwerpunkt, der gleichzeitig den Startpunkt bildete. Der natürliche Druckschwerpunkt und somit der Startpunkt wurde im Vorversuch durch Ausprobieren der Versuchsleiterin festgelegt und befand sich in einem Abstand von 40% der Fußgröße von der gelben Markierung auf dem Wii Balance Board. Ausgehend von diesem Startpunkt wurden im gleichen Abstand von 20% der Fußgröße ein Zielpunkt vorne und ein Zielpunkt hinten festgelegt (siehe Abbildung 8.2).

Der hintere Zielpunkt besaß eine höhere Aufgabenschwierigkeit als der vordere Zielpunkt. Die höhere Aufgabenschwierigkeit war durch drei Faktoren bedingt. Zunächst ist festzuhalten, dass sich der Startpunkt nicht in der Mitte sondern im hinteren Teil des Fußes befand. Folglich befand sich der hintere Zielpunkt weiter außen als der vordere Zielpunkt. Zweitens hat der Fuß vorne mehr Auflagefläche, die zur Stabilisierung des Gleichgewichts beiträgt. Und schließlich ist der vordere Fuß sensitiver als der hintere Fuß (Hennig & Sterzing, 2009), sodass der Zielpunkt gezielter lokalisiert und angesteuert werden kann.

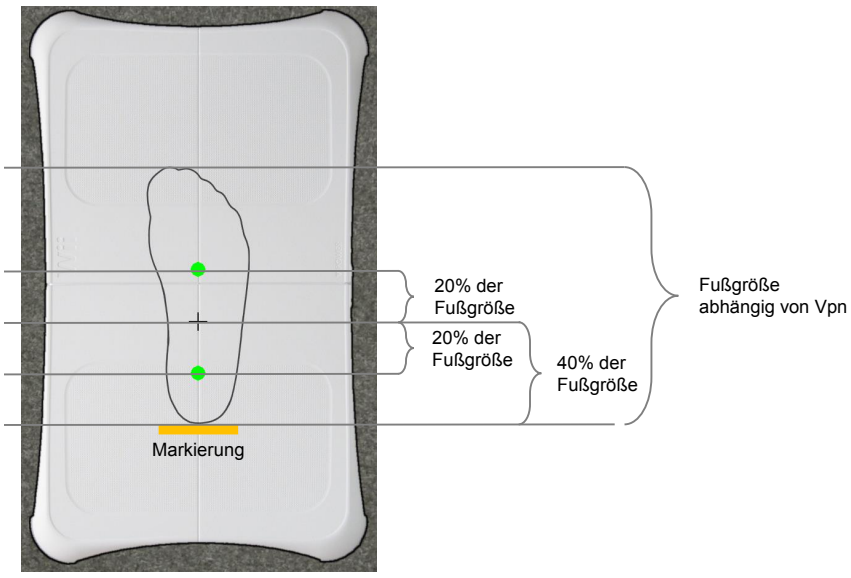


Abbildung 8.2: Platzierung der Zielpunkte in Abhängigkeit von der Fußgröße.

UV3: Sitzung

Jede Versuchsperson durchlief Sitzung 1, Sitzung 2 und Sitzung 3, die an drei aufeinanderfolgenden Tagen stattfanden. Sitzung 1 und Sitzung 2 bildeten das Training, Sitzung 3 bildete den Test. Eine zweite Trainingssitzung war aus zwei Gründen erforderlich: Zum einen konnte dadurch validiert werden, ob die Aufgabenschwierigkeit angemessen war. Wenn Lernen stattfindet, müssten Unterschiede zwischen Sitzung 1 und Sitzung 2 zu finden sein (siehe Hypothese N1 auf S. 78). Darüber hinaus erlaubt eine zweite Trainingssitzung Aussagen über den Leistungszuwachs und somit Lernerfolg der beiden Fokusgruppen zu machen (siehe Hypothese H2a auf S. 77).

Abhängige Variable (AV)

Das Wii Balance Board ist keine Kraftdruckmessplatte, die über die gesamte Fläche Drucksensoren besitzt. Stattdessen berechnet sie aus den Messungen der vier Kraftsensoren an jeder Ecke die resultierende Kraft auf die Plattform. Diese resultierende Kraft entspricht dem Druckschwerpunkt (= COP). In mehreren Untersuchungen wurde bereits gezeigt, dass das Wii Balance Board ein reliables und valides Messgerät für das Messen des Druckschwerpunktes darstellt (u.a. Bartlett, Lena & Jeffrey, 2014; Chang, Chang, Lee & Feng, 2013; Clark et al., 2010; Jorgensen et al., 2014). Da die Versuchspersonen nur mit einem Bein auf dem Wii Balance Board standen, entsprach der Druckschwerpunkt auch dem Punkt am Fuß, an dem der meiste Druck empfunden wurde. Der Druckschwerpunkt wurde alle 20 ms gemessen. Bei einem Durchgang von zehn Sekunden wurden somit ca. 500 Druckschwerpunkte erfasst. Für jeden dieser Druckschwerpunkte wurde die euklidische Entfernung zum Zielpunkt berechnet und abgespeichert. Pro Durchgang wurde dann ein Mittelwert berechnet. Der Mittelwert sagt aus, wie groß die durchschnittliche Entfernung vom Zielpunkt innerhalb eines Durchgangs ist. Je größer die Entfernung, desto schlechter die Leistung. Die Werte können nicht negativ werden und enthalten keine Information über die Richtung der Entfernung. Dieser Mittelwert wurde den Versuchspersonen als abschließende Rückmeldung dargeboten und bildet auch die Basis der abhängigen Variablen.

Beim Berechnen des Mittelwertes wurden die Werte in den ersten zwei Sekunden eines Durchgangs nicht berücksichtigt. Der Mittelwert sollte die gezielte Gleichgewichtslage abbilden, also die Fähigkeit, den Druckschwerpunkt möglichst nah und stabil auf dem Zielpunkt zu halten. Die ersten zwei Sekunden bildeten diese Leistung nicht ab, da die Versuchspersonen immer von der natürlichen Gleichgewichtslage starten mussten und erst danach das Gleichgewicht in Richtung des Zielpunktes verlagern hatten. Diese Fähigkeit könnte man vielleicht als Schnelligkeit der Gleichgewichtsverlagerung bezeichnen. Diese wurde nicht als Aufgabenziel präsentiert und deshalb auch nicht berücksichtigt. Die abschließende Rückmeldung wurde dadurch genauer in Bezug auf die Fähigkeit, den Druckschwerpunkt gezielt zu halten, und auch motivierender, weil die hohen Werte in den ersten zwei Sekunden den Mittelwert nicht erhöht haben.

Als abhängige Variable wurde für alle Durchgänge einer UV-Bedingung nicht der Mittelwert, sondern der Median berechnet. Der Mittelwert wurde nicht genommen, da er nicht robust gegen-

über Extremwerten ist. Es gibt zwei Gründe, weshalb die Robustheit gegenüber Extremwerten angestrebt wurde: Erstens war die durchschnittliche Abweichung pro Durchgang nach unten durch die Null begrenzt, nach oben konnten aber leicht Ausreißer entstehen, wenn die Versuchspersonen kurz das Gleichgewicht verloren hatten und es wiedererlangen mussten. Zweitens sollte der Wert pro UV-Bedingung nicht aufgrund anfänglicher Schwierigkeiten stark ausschlagen. Dies war vor allem in Bezug auf den Lerneffekt relevant. Man nehme folgendes an: Die Versuchsperson habe in den ersten drei Durchgängen von Sitzung 1 sehr viel gelernt, in den restlichen Durchgängen von Sitzung 1 und in Sitzung 2 bleibe die Leistung relativ konstant. In diesem Fall würde man annehmen, dass die Aufgabe nicht sehr schwer ist, da sie bereits in Sitzung 1 relativ früh gekonnt wurde. Der Lerneffekt sollte relativ klein sein. Wenn man nun den Mittelwert für die Berechnung heranziehen würde, dann würde die schlechte Leistung am Anfang von Sitzung 1 den Mittelwert stark beeinflussen, dadurch wäre die Differenz zu Sitzung 2 und damit auch der Lerneffekt relativ groß. Durch den Median lassen sich diese Probleme vermeiden, da er robust gegenüber Ausreißern ist.

Störvariablen und Maßnahmen zu ihrer Kontrolle

Jede Variable, die außer der UV einen Einfluss auf die AV ausübt, nennt man *Störvariable*. Es werden vier Arten von Störvariablen unterschieden. Eine *konfundierende Störvariable* liegt vor, wenn die Stufen dieser Variablen mit den Stufen der UV korreliert. Wenn dies vorliegt, kann nicht festgestellt werden, ob die UV oder die damit konfundierende Variable einen Einfluss auf die AV hat. Eine *moderierende Störvariable* liegt vor, wenn die Stufen dieser Variablen zu unterschiedlichen Wirkzusammenhängen zwischen UV und AV führen. Die AV wird dann durch die Interaktion zwischen Störvariable und UV vorhergesagt. Eine *echte Störvariable* übt ebenfalls einen Einfluss auf die AV aus, ist weder korreliert mit der UV noch moderiert sie deren Effekt. Echte Störvariablen führen zu einer Varianzerhöhung in der Stichprobe und vermindern dadurch die statistische Effektgröße, was wiederum die statistische Power der Testverfahren reduziert. Eine *Supressorvariable* liegt dann vor, wenn eine Variable nicht mit der AV in Zusammenhang steht, wenn man sie alleine betrachtet, sondern nur innerhalb der Stufen der UV. Tabelle 8.2 zählt alle Störvariablen in Experiment 1 und deren Maßnahme zur Kontrolle auf.

Ein Versuchsplan sollte so gestaltet sein, dass mögliche konfundierende Störvariablen kontrolliert werden. Dies bedeutet u.a., anhand des Versuchsaufbaus keinen Zusammenhang zwischen UV und möglichen Störvariablen zuzulassen. Am einfachsten kann dies durch randomisierte Zuweisung der Versuchspersonen zu den Gruppen realisiert werden. Doch auch eine Randomisierung garantiert nicht die Gleichverteilung der Merkmale über die Gruppen. Aufwändiger, dafür zuverlässiger geschieht dies durch die Parallelisierung der Gruppen in Bezug auf die Störvariablen, d.h. man achtet bei der Zuweisung darauf, dass bestimmte Merkmale der Stichprobe über die Gruppen möglichst gleichverteilt sind. Je kleiner die Stichprobe, desto kleiner ist die Anzahl der Variablen, die man erfolgreich in einem Experiment parallelisieren kann.

Im aktuellen Experiment wurden zwei Variablen parallelisiert, von denen angenommen wurde, dass sie mit Gleichgewichtsleistung im Zusammenhang stehen: Geschlecht und Gleichgewichts-

Tabelle 8.2: Auflistung der Störvariablen und Maßnahmen zu ihrer Kontrolle.

Störvariable	**Maßnahme zur Kontrolle**
Geschlecht	Erfassung durch Fragebögen und anschließende Parallelisierung. Statistische Auswertung.
Gleichgewichtsexpertise	Erfassung durch Fragebögen und anschließende Parallelisierung. Statistische Auswertung.
Fußfehlstellung	Erfassung durch Fragebögen und statistische Auswertung.
Wii-Erfahrung	Erfassung durch Fragebögen und statistische Auswertung.
Händigkeit	Erfassung durch Fragebögen und statistische Auswertung.
Beruf	Eingeschränkt auf universitäres Umfeld. Erfassung durch Fragebögen und statistische Auswertung.
Alter	Eingeschränkt auf 18 bis 35 Jahre; Erfassung durch Fragebögen und statistische Auswertung.
Körpergröße	Erfassung durch Fragebögen und statistische Auswertung.
Länge des rechten und linken Fußes	Erfassung durch Abmessung und statistische Auswertung.
Körpergewicht	Erfassung durch Wii Balance Board und statistische Auswertung.
Anzahl invalider Durchgänge	Erfassung durch Wii Balance Board und statistische Auswertung.
Gleichgewichtsprobleme	Versuchspersonen wurden von der Teilnahme ausgeschlossen, wenn sie Störungsbilder bzw. Beeinträchtigungen aufwiesen, die für das Gleichgewichtstraining relevant wären.
Befolgung der Fokusinstruktion	Nachbefragung der Versuchspersonen und ggf. Ausschluss aus der Auswertungsstichprobe.
Probleme mit der Gleichgewichtsaufgabe	Beobachtung und Ermitteln des Ausreißertums in der Stichprobe. Nachträglicher Ausschluss, falls Probleme protokolliert und Ausreißertum vorhanden war.
Fußstellung	Konstantgehalten für alle Versuchspersonen.
Vorerfahrung mit der Gleichgewichtsaufgabe	Gleichgewichtsaufgabe wurde neu programmiert und somit keiner Versuchsperson vorher bekannt.
Vertrautheit mit der Gleichgewichtsaufgabe	Vorschalten eines Übungsblockes.
Größe der Fußschablone	Unabhängig von der Fußgröße wurde die Größe der virtuellen Fußschablone konstant gehalten. Die Größe der virtuellen Plattform wurde entsprechend dem realen Größenverhältnis zwischen Fuß und Plattform angepasst.
Aufgabenschwierigkeit zwischen den Versuchspersonen	Zielpunkte wurden nicht absolut sondern relativ zur Fußgröße bestimmt.
Ermüdung	Beinwechsel nach jedem Block.

expertise. Gleichgewichtsexpertise wurde anhand der Erfahrung in verschiedenen Sportarten, die Gleichgewichtsfähigkeiten schulen, erfragt (siehe ersten Fragebogen Erfahrung mit Sportarten in Anhang A) und in vier Stufen kategorisiert: Wenn Versuchspersonen weniger als vier Gleichgewichtssportarten ausprobiert hatten, wurden sie Expertisestufe eins zugeordnet. Wenn Versuchspersonen mindestens vier Gleichgewichtssportarten ausprobiert, aber keine intensiv betrieben hatten, wurden die Expertisestufe zwei zugeordnet. Intensiv bedeutet in diesem Kontext mindestens ein halbes Jahr durchschnittlich einmal die Woche. Expertisestufe drei zeichnete sich dadurch aus, dass Versuchspersonen mindestens eine Gleichgewichtssportart intensiv betrieben hatten aber nicht aktuell betrieben. Wenn sie eine Gleichgewichtssportart intensiv und aktuell betrieben, wurden sie Expertisestufe vier zugeordnet.

Da die Versuchspersonen nacheinander erhoben wurden und die Stichprobe somit nicht im Vorhinein bekannt war, wurde die Parallelisierung folgendermaßen umgesetzt: In der jeweiligen Expertisestufe wurden Versuchspersonen derjenigen Fokusgruppe mit der geringeren Anzahl an Versuchspersonen zugeordnet. Wenn innerhalb der jeweiligen Expertisestufe die Verteilung der Versuchspersonen auf die beiden Fokusgruppen gleich war, wurde nach Geschlecht entschieden, in welche Fokusgruppe die Versuchspersonen zugewiesen wurden. Wenn auch beim jeweiligen Geschlecht die Verteilung der Versuchspersonen auf die Fokusgruppen gleich ausfiel, wurden die Versuchspersonen randomisiert zugewiesen.

Neben Geschlecht und Gleichgewichtsexpertise wurden weitere Variablen erhoben. Fußfehlstellung (ja vs. nein), Wii-Erfahrung (ja vs. nein), Beruf, Alter, Körpergröße und Händigkeit wurden anhand von Fragebögen erfasst (siehe demographischer Frageboden und Edinburgh Händigkeitsinventar (Oldfield, 1971) in Anhang A). Die Länge des rechten und linken Fußes wurde ausgemessen, Körpergewicht und Anzahl invalider Durchgänge (Durchgänge bei denen die Versuchspersonen vom Wii Balance Board heruntergefallen waren) wurden auf dem Wii Balance Board erfasst. Diese Variablen wurden nicht gezielt parallelisiert. Wenn aber eine Variable mit Geschlecht oder Gleichgewichtsexpertise in Zusammenhang stand (wie z.B. Körpergröße und Körpergewicht), wurde durch die Parallelisierung von Geschlecht und Gleichgewichtsexpertise auch die Ausprägungen dieser Variablen auf die Fokusgruppen gleichmäßig verteilt. Ausprägungen von Variablen, die nicht mit Geschlecht und Gleichgewichtsexpertise in Zusammenhang standen, sollten randomisiert verteilt sein. Ob eine gleichmäßige Verteilung der Variablenausprägungen erfolgreich umgesetzt wurde, wurde statistisch untersucht. Mögliche moderierende, echte Störvariablen und Supressorvariablen wurden ebenfalls statistisch untersucht.

Um generell zu vermeiden, dass Störvariablen Varianz produzieren, können sie durch den Versuchsaufbau in der gesamten Stichprobe konstant gehalten oder eingeschränkt werden. Beispielsweise kann die Stichprobe in Bezug auf bestimmte Merkmale eingegrenzt werden. Dabei muss bedacht werden, dass auch die Aussagekraft auf die Population mit diesen Merkmalen eingegrenzt wird. Im vorliegenden Experiment wurden die Versuchspersonen im universitären Umfeld rekrutiert und das Alter wurde auf 18 bis 35 Jahre eingeschränkt. Damit wurden gleichzeitig alle Ausprägungen eingeschränkt, die mit Alter im Zusammenhang stehen, z.B. Körpergröße und

Fußgröße. Versuchspersonen wurden nicht zur Teilnahme zugelassen, falls sie eines der folgenden Kriterien erfüllt haben: Vorhandensein von Gleichgewichts- oder vestibulären Störungen, Bewegungsstörungen, neurologische Erkrankungen, Verletzungen in den letzten sechs Monaten, die das Gleichgewicht beeinträchtigen könnten, oder beeinträchtigtes Sehen (trotz Brille, Kontaktlinsen etc.). Dies wurde im Vorhinein und zusätzlich in Sitzung 1 erfragt (siehe demographischer Fragebogen in Anhang A). Die Versuchspersonen wurden im Nachinein von der Analysestichprobe ausgeschlossen, falls sie bei der Nachbefragung angegeben haben, den Fokusinstruktionen nicht befolgt zu haben, oder falls sie größere Probleme mit der Gleichgewichtsaufgabe aufwiesen. Probleme mit der Gleichgewichtsaufgabe wurden dann als Ausschlusskriterium herangezogen, wenn diese während des Versuchsablaufs protokolliert und anhand des Ausreißertums bestätigt wurden.

Neben den Merkmalen der Stichprobe können auch Merkmale des Versuchsaufbaus eingegrenzt werden um Varianz zu reduzieren. Folgende Merkmale wurden im vorliegenden Experiment kontrolliert: Zum einen wurde die Fußstellung für alle Versuchspersonen konstant gehalten. Außerdem wurde die Gleichgewichtsaufgabe nicht aus dem kommerziellen Angebot der Wii entnommen, sondern speziell für die Zwecke des Experimentes programmiert. Somit konnte sichergestellt werden, dass alle Versuchspersonen in Bezug auf diese Gleichgewichtsaufgabe unerfahren waren. Bevor das Training begann, wurde ein Übungsblock vorgeschaltet. Damit sollten sich die Versuchspersonen mit der Aufgabe vertraut machen und mögliche Verständnisprobleme geklärt werden. Die Größe der Fußschablone auf dem Bildschirm wurde für alle Versuchspersonen unabhängig von ihrer Fußgröße konstant gehalten. Um dem relativen Größenverhältnis zwischen virtueller Plattform und Fußschablone trotzdem gerecht zu werden, wurde die virtuelle Plattform entsprechend dem realen Größenverhältnis zwischen Fuß und Plattform angepasst. Die beiden Zielpunkte innerhalb der Fußschablone wurden nicht absolut, sondern relativ zu der Fußgröße bestimmt (siehe Abbildung 8.2 auf S. 81). Dadurch sollte die Aufgabenschwierigkeit an die Physiologie der Versuchspersonen angepasst und somit zwischen den Versuchspersonen konstant gehalten werden. Schließlich wurde das angehobene Bein nach jedem Block gewechselt, um mögliche Ermüdungseffekte gering zu halten.

Nachdem die drei unabhängigen Variablen, die abhängige Variable und die Störvariablen dargestellt wurden, soll nun der Experimentablauf beschrieben werden.

Experimentablauf

Die Versuchspersonen bekamen die Aufgabe ihr Gleichgewicht zu definierten Zielpunkten zu verlagern und zu halten, während sie einbeinig auf dem Wii Balance Board standen. Visuelle Informationen und die abschließende Rückmeldung über die Leistung wurden den Versuchspersonen auf einem Bildschirm dargeboten. Die visuelle Information bestand aus einer virtuellen Plattform und einer Fußschablone, die das Wii Balance Board und den Fußabdruck der Versuchsperson abbildeten. Das Wii Balance Board wurde genutzt, um die Gleichgewichtsverlagerung zu erfassen.

Wie in den Gleichgewichtsexperimenten von Wulf (z.B. Wulf et al., 1998; Wulf, McNevin & Shea, 2001; Wulf, Shea & Park, 2001; Wulf & McNevin, 2003; McNevin et al., 2003) bestand das vorliegende Experiment aus drei Sitzungen, die auf drei aufeinanderfolgende Tage verteilt wurden. Dies wird in Abbildung 8.3 dargestellt. Jede Sitzung bestand aus jeweils 10 Blöcken. Zwischen den Blöcken bestand eine Pause von 40 Sekunden, in der die Versuchspersonen ihr zweites Bein abstellen konnten. In einem Block wurden jeweils vier Durchgänge absolviert (zwei Zielpunkte vorne und zwei hinten in randomisierter Reihenfolge).

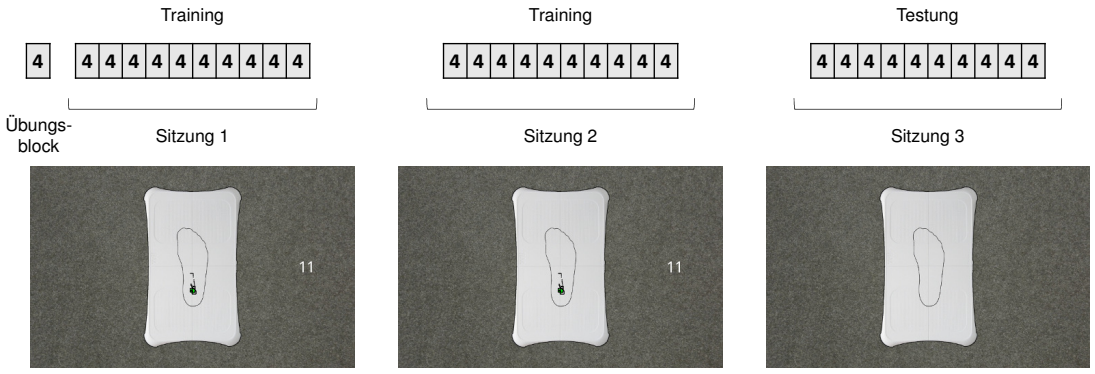


Abbildung 8.3: Versuchsablauf. Ein Kästchen entspricht einem Block. Die Zahl innerhalb der Kästchen entspricht der Anzahl der Durchgänge.

Ein Durchgang ist in Abbildung 8.4 veranschaulicht und war folgendermaßen aufgebaut: Während die Versuchsperson auf einem Bein stand, wurde ihr zunächst durch ein Kreuz signalisiert, dass sie sich in die Startposition begeben soll (siehe Abbildung 8.4 a). Der Startpunkt ist gleichzusetzen mit dem Druckschwerpunkt, der bei der natürlichen Gleichgewichtslage ausgeübt wird. Der Durchgang startete erst dann, wenn der Druckschwerpunkt der Versuchsperson in einem kleineren Abstand als zehn mm von dem Startpunkt in einer Mindestdauer von 500 ms gemessen wurde. Daraufhin wurde auf dem Bildschirm ein Zielpunkt dargestellt (siehe Abbildung 8.4 b). Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, ihr Gleichgewicht zum Zielpunkt hin zu verlagern und diese Gleichgewichtslage für zehn Sekunden zu halten ohne herunterzufallen. Wenn die Versuchsperson ihr Gleichgewicht verlor und das andere Bein absetzen musste, wurde der Durchgang als invalide gespeichert und musste wiederholt werden. In den Instruktionen wurde sie darauf hingewiesen, dies möglichst zu vermeiden.

Nach den zehn Sekunden wurde der Versuchsperson eine abschließende Rückmeldung über ihre Leistung gegeben (siehe Abbildung 8.4 c): Zum einen wurde ihr die durchschnittliche Entfernung ihrer Druckschwerpunkte vom Zielpunkt in Millimetern dargeboten (die Zahl acht in der Abbildung 8.4). Zusätzlich wurden alle Druckschwerpunkte, die in dieser Zeit registriert worden waren, in Form eines Pfades abgebildet. Danach startete der nächste Durchgang. Innerhalb der vier Durchgänge eines Blockes durfte die Versuchsperson ihr zweites Bein nicht abstellen.

Vor der ersten Sitzung am ersten Tag las sich die Versuchsperson zunächst die Teilnahmeinformation durch und unterschrieb eine Zustimmungserklärung. Danach füllte die Versuchsper-

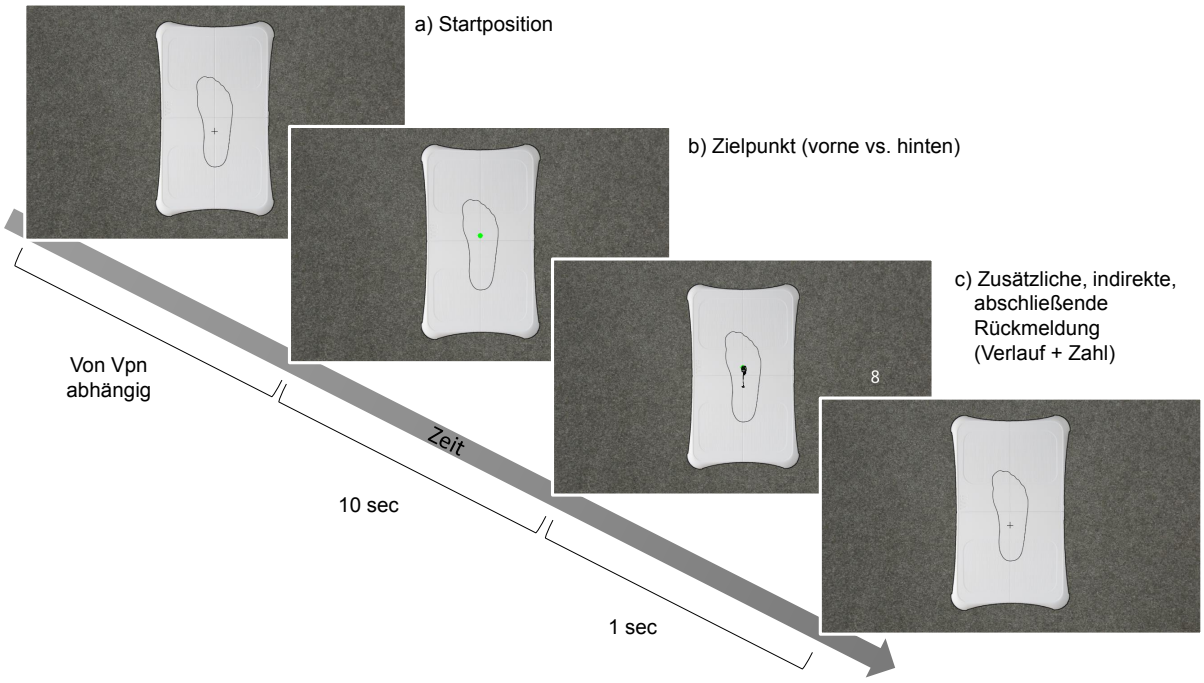


Abbildung 8.4: Schematische Darstellung eines Versuchsdurchgangs beim Training.

son Fragebögen zur Erfassung der Störvariablen aus (siehe S. 85). Nachdem die Fußlänge der Versuchsperson vermessen wurde und sie sich die Instruktion auf dem Bildschirm durchgelesen hatte, machte sie sich mit der Aufgabe in einem Block aus vier Durchgängen vertraut (= Übungsblock) und begann danach mit der ersten Sitzung.

Am zweiten Tag wurde die Versuchsperson kurz an die Instruktion erinnert und durchlief danach Sitzung 2. Im Gegensatz zu den ersten beiden Sitzungen (= Training) bekam die Versuchsperson in der letzten Sitzung keine abschließende Rückmeldung mehr über ihre Leistung (= Test; siehe Abbildung 8.3) und auch keine Erinnerung an die Instruktionen. Nach der dritten Sitzung folgten eine kurze Nachbefragung und die Aufklärung über die Untersuchungsziele. Die Nachbefragung wird im Folgenden näher erläutert.

Nachbefragung

Nach dem Test in Sitzung 3 wurden die Versuchspersonen zum Aufmerksamkeitsfokus und zur Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe befragt. Die Befragung hatte drei Gründe: Erstens wurde durch die Nachbefragung eine Manipulationskontrolle durchgeführt. Zweitens konnte erfragt werden, wie die Versuchsperson die Gleichgewichtsaufgabe im Hinblick auf den Aufmerksamkeitsfokus wahrgenommen hat. Und schließlich wurde durch die Befragung das sog. Inattentional-Blindness-Phänomen erfasst.

Manipulationskontrolle

Die Manipulationskontrolle bestand aus zwei offenen und zwei geschlossenen Fragen. Die beiden offenen Fragen, die zuerst gestellt wurden, lauteten:

- *„Worin bestand Deine Aufgabe, wenn der Zielpunkt erschienen ist?“*
- *„Während der Aufgabenbearbeitung, wie hast Du Dir diese Gleichgewichtsverlagerung tatsächlich vorgestellt bzw. worauf hast Du geachtet?“*

Versuchspersonen wurden ausgeschlossen, wenn sie angegeben haben, dass sie die Instruktion nicht befolgt haben. Bei den beiden geschlossenen Fragen wurde dann die Fokusausprägung in Bezug auf die Fußsohle als auch in Bezug auf die Plattform auf einer Skala abgefragt:

- *„Auf einer Skala von 1 bis 10, wie stark hast Du Dir in den drei Tagen vorgestellt, dass die Plattform durch die Gleichgewichtsverlagerung verformt wird? 1 bedeutet nie und 10 bei jedem einzelnen Trial.“*
- *„Auf einer Skala von 1 bis 10, wie stark hast Du in den drei Tagen darauf geachtet, den Druck an Deiner Fußsohle zu spüren? 1 bedeutet nie und 10 bei jedem einzelnen Trial.“*

Die Quantifizierung des Aufmerksamkeitsfokus diente zur statistischen Analyse der Manipulationskontrolle.

Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe

Die Versuchspersonen wurden weiterhin befragt, wie sie die Gleichgewichtsaufgabe im Hinblick auf den Aufmerksamkeitsfokus wahrgenommen haben. Es wurden ihnen zunächst zwei geschlossene Fragen gestellt:

- *„Empfandest Du die Aufgabe, Dir vorzustellen, die Plattform zu verformen bzw. auf den Druck an Deiner Fußsohle zu achten, als Zusatzaufgabe zur Gleichgewichtsverlagerung oder äquivalent mit der Gleichgewichtsverlagerung?“* (äquivalent vs. Zusatzaufgabe)
- *„Fandest Du die Vorstellung, die Plattform zu verformen, hilfreich? bzw. Fandest Du es hilfreich, auf den Druck an der Fußsohle zu achten?“* (nein vs. ja)

Danach wurden sie über den Aufmerksamkeitsfokus aufgeklärt, d.h. ihnen wurde sowohl der interne als auch der externe Aufmerksamkeitsfokus erklärt, unabhängig davon, zu welcher Fokusgruppe sie gehörten. Danach wurde folgende halb-offene Frage gestellt:

- *„Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?“* (intern einfacher vs. extern einfacher, Begründung offen)

Die Fragen hatten explorativen Charakter und sollten Aufschluss darüber liefern, ob die Versuchspersonen den Aufmerksamkeitsfokus, der ihnen zugewiesen wurde, in den Kategorien Zusatzbelastung und Aufgabenunterstützung günstig fanden. Die letzte Frage wurde gestellt, nachdem die Versuchspersonen aufgeklärt worden waren. Dadurch sollte erfragt werden, welche subjektiven Theorien Versuchspersonen in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus hatten.

Inattentional Blindness

Durch das Phänomen des *Inattentional Blindness* (Simons & Chabris, 1999) sollte eine andere, implizite und dadurch objektive Form der Manipulationskontrolle erprobt werden. Beim Inattentional-Blindness-Phänomen wie auch beim sehr ähnlichen Change-Blindness-Phänomen sind Versuchspersonen unter bestimmten Bedingungen nicht fähig Stimulusveränderungen festzustellen. Der Unterschied besteht darin, dass die Versuchspersonen beim Change-Blindness-Phänomen wissen, dass sich etwas ändern wird, beim Inattentional-Blindness-Phänomen treten die Änderungen dagegen unerwartet auf (Schofield, Creswell & Denson, 2015).

Die klassische Studie zum Inattentional-Blindness-Phänomen wurde von Simons und Chabris (1999) durchgeführt. Versuchspersonen sollten auf einem Video Ballwechsel zählen, die zwischen Teammitgliedern stattfanden; Ballwechsel des gegnerischen Teams sollten dagegen ignoriert werden. Während des Videos erschien eine Person, die als Gorilla verkleidet war. Nur ca. die Hälfte der Versuchspersonen hatte bei der Nachbefragung angegeben, den Gorilla gesehen zu haben. Das Ergebnis wurde dadurch erklärt, dass die selektive Aufmerksamkeit durch die Aufgabe auf die Ballwechsel gelegt wurde.

Im vorliegenden Experiment sollte diese Erkenntnis genutzt werden, um eine objektive Manipulationskontrolle für den Aufmerksamkeitsfokus zu finden. Es wurde angenommen, dass Versuchspersonen mit externem Aufmerksamkeitsfokus stärker die gesamte virtuelle Plattform auf dem Bildschirm betrachten würden, Versuchspersonen mit internem Aufmerksamkeitsfokus sich dagegen stärker auf die Fußschablone einschränken. Dies lässt sich durch den Aufmerksamkeitsfokus erklären: Die externe Fokusgruppe sollte auf die Druckveränderung auf dem Wii Balance Board fokussieren, die interne Fokusgruppe auf Druckveränderungen auf der Fußsohle. Es wurde angenommen, dass das virtuelle Abbild des Wii Balance Boards bzw. der Fußsohle deshalb stärker visuell fokussiert wurde. Änderungen der virtuellen Plattform müssten demnach stärker von Versuchspersonen mit externem Aufmerksamkeitsfokus entdeckt werden.

Um diese Überlegungen prüfen zu können, wurde die virtuelle Plattform am dritten Tag an zwei Durchgängen visuell verändert. Um graduelle Unterschiede feststellen zu können, wurden zwei unterschiedlich auffällige Änderungen eingebaut. Die weniger auffallende Änderung wurde als erstes präsentiert, weil Versuchspersonen sensitiver gegenüber weiteren Änderungen reagieren, nachdem sie bereits eine Änderung festgestellt haben. Zunächst wurde das Wii Balance Board nicht mehr von einer durchgezogenen, sondern von einer gestrichelten Linie umrandet. Später erschien ein kleines, schwarz gefülltes Dreieck am oberen rechten Rand (siehe Abbildung 8.5).

Den Versuchspersonen wurde im Nachhinein zunächst folgende Frage gestellt *„Ist Dir beim Training auf dem Bildschirm etwas aufgefallen?“* Bei einer Verneinung wurden die Fragen konkreter: *„Der Rand der Plattform hat sich verändert, kannst Du mir sagen wie?“* und *„Ein Dreieck ist auf der Plattform erschienen, kannst Du mir sagen, welche Füllung dieses Dreieck hatte?“* Wenn eine Frage bejaht wurde, sollten die Versuchspersonen die Veränderungen detailliert beschreiben. Wenn diese Beschreibung zutraf, wurde die Änderung als wahrgenommen

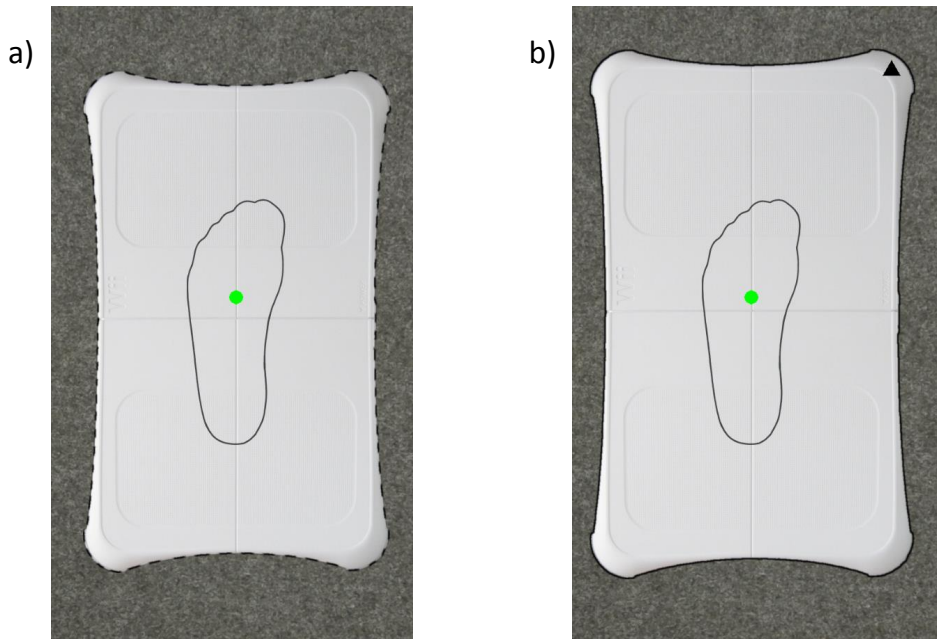


Abbildung 8.5: Veränderung der virtuellen Plattform durch a) einen gestrichelten Rand oder b) ein schwarz gefülltes Dreieck.

erfasst. Wenn die Beschreibung bereits bei der ersten Frage gegeben werden konnte, wurden die restlichen zwei Fragen weggelassen.

Die Annahme, dass Versuchspersonen mit externem Aufmerksamkeitsfokus die virtuelle Plattform stärker als Ganzes betrachten als Versuchspersonen mit internem Aufmerksamkeitsfokus, wurde zusätzlich durch eine subjektive Einschätzung geprüft. Den Versuchspersonen wurde folgende Frage gestellt: *„Als Du auf den Bildschirm geschaut hast, lag für Dich der Zielpunkt innerhalb der Plattform oder innerhalb der Fußschablone?“*

Nachdem das Experiment mit den unabhängigen Variablen, der abhängigen Variable, den Störvariablen und dem Ablauf beschrieben wurde, soll als nächstes das statistische Modell aufgestellt werden, mit dem die Hypothesen getestet werden können.

Statistisches Modell

Um die Hypothesen statistisch zu formulieren und zu testen, muss ein statistisches Modell aufgestellt werden. Dies soll das Allgemeine Lineare Modell sein (Fox, 2008).

Grundgesamtheit

Es bestehen N Grundgesamtheiten Ω_1 bis Ω_N, wobei jede Person ein Element einer eigenen Grundgesamtheit bildet.

Zufallsvariablen

Es bestehen N viele 6-dimensionale Zufallstupel Y_i. Innerhalb eines Zufallstupels bezeichnet der erste Index k den Punkt ($k = 1$ für vorne und $k = 2$ für hinten) und der zweite Index l die Sitzung ($l = 1, 2, 3$ für die drei Sitzungen). Der Index i bezeichnet die Person ($i = 1, ..., N$). Die Zufallstupel können folgendermaßen beschrieben werden:

$$Y_i = (Y_{11,i}, Y_{21,i}, Y_{12,i}, Y_{22,i}, Y_{13,i}, Y_{23,i})$$

Jedem Element aus Ω_i wird ein Zufallstupel zugewiesen.

$$Y_i : \Omega_i \to \mathbb{R}^6$$

Aus dem jeweiligen Tupel wird eine Linearkombination gebildet (Diese Linearkombination ist von der statistischen Hypothese abhängig). Das Ergebnis dieser Linearkombination ist die Zufallsvariable W_i.

$$W_i : \Omega_i \to \mathbb{R}$$

Verteilungsannahme

Die Zufallsvariable W_i ist in jeder Population normalverteilt mit gleicher Varianz, der Erwartungswert ist von der Fokusgruppe abhängig. $E(W_i) = \mu^{(1)}$ für die interne Fokusgruppe (d.h. für Y_i mit $i = 1, ..., N/2$) und $E(W_i) = \mu^{(2)}$ für die externe Fokusgruppe (d.h. für Y_i mit $i = N/2 + 1, ..., N$).

$$W_i \sim N(\mu^{(j)}, \sigma^2), \text{ wobei j = 1 für intern und j = 2 für extern}$$

Linearitätsannahme

Die Erwartungswerte der Zufallsvariablen W_i liegen alle auf einer Geraden, die durch folgende Gleichung definiert wird.

$$E(W_i) = \mu^{(j)} \text{ bzw. reparametrisiert } E(W_i) = \mu + \alpha_1 * R_i \text{ mit } R_i = \begin{cases} 1 & \text{für } j = 1 \text{ (intern)} \\ -1 & \text{für } j = 2 \text{ (extern)} \end{cases}$$

Unabhängigkeitsannahme

Jedes Zufallstupel Y_i bzw. jede Zufallsvariable W_i wird einmal zufällig realisiert, die realisierten Werte sind unabhängig.

Erwartungswerttabelle

In Tabelle 8.3 sind alle Erwartungswerte $\mu_{kl}^{(j)}$ innerhalb der Zufallstupel Y_i und die Erwartungswerte $\mu^{(j)}$ der Zufallsvariablen W_i, die hypothesengeleitet gebildet wird, für die interne und externe Fokusgruppe aufgelistet ($j = 1, 2; k = 1, 2; l = 1, 2, 3$).

Tabelle 8.3: Erwartungswerttabelle.

	Sitzung 1		**Sitzung 2**		**Sitzung 3**		**Linear-kombination** W_i
	vorne	hinten	vorne	hinten	vorne	hinten	
Intern	$\mu_{11}^{(1)}$	$\mu_{21}^{(1)}$	$\mu_{12}^{(1)}$	$\mu_{22}^{(1)}$	$\mu_{13}^{(1)}$	$\mu_{23}^{(1)}$	$\mu^{(1)}$
Extern	$\mu_{11}^{(2)}$	$\mu_{21}^{(2)}$	$\mu_{12}^{(2)}$	$\mu_{22}^{(2)}$	$\mu_{13}^{(2)}$	$\mu_{23}^{(2)}$	$\mu^{(2)}$

Prüfstatistik

Bei Hypothesen, die über die Fokusgruppen gemittelt aufgestellt wurden, haben die beiden Erwartungswerte $\mu^{(1)}$ für die interne Fokusgruppe und $\mu^{(2)}$ für die externe Fokusgruppe dasselbe Vorzeichen. In diesem Fall wurde ein t-Test über den y-Achsenabschnitt μ im reparametrisierten Modell gerechnet. Bei Hypothesen, bei denen die beiden Erwartungswerte $\mu^{(1)}$ und $\mu^{(2)}$ unterschiedliche Vorzeichen aufweisen, wurde ein t-Test über α_1 im reparametrisierten Modell gerechnet. Da das reparametrisierte Modell zwei Parameter aufweist (μ und α_1), betragen die Fehlerfreiheitsgrade $df = N - 2$.

Zur besseren Übersichtlichkeit werden die konkreten statistischen Hypothesen, d.h. die jeweiligen Linerkombinationen W_i, die den inhaltlichen Hypothesen entsprechen, im Ergebnisteil formuliert.

Population und Planung der Stichprobe

Die Stichprobengröße wurde auf 24 Personen (zwei Fokusgruppen à zwölf) festgelegt. Diese Größenordnung wurde von Experimenten abgeleitet, die bereits Fokuseffekte empirisch zeigen konnten (z.B. Wulf et al., 1998). Die Versuchspersonen wurden an der Technischen Universität Berlin angeworben und sollten deshalb Studenten im Alter von 18 bis 35 umfassen.

Versuchspersonen wurden nicht zur Teilnahme zugelassen, falls sie eines der Ausschlusskriterien erfüllten (siehe S. 86). Außerdem wurden Versuchspersonen post hoc von der Analysestichprobe ausgeschlossen, falls sie bei der Nachbefragung angegeben haben, die Fokusinstruktionen nicht befolgt zu haben, oder falls sie größere Probleme mit der Gleichgewichtsaufgabe aufwiesen (siehe S. 86). Als Aufwandsentschädigung erhielten die Versuchspersonen eine Bestätigung zur Versuchsteilnahme, falls sie diese im Rahmen ihres Studiums gebraucht haben.

8.3 Datenanalyse und Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse von Experiment 1 vorgestellt. Für die quantitative Auswertung der Daten wurde R (Version 3.4.0, R Core Team, 2017) und für die qualitative Auswertung der Nachbefragung MAXQDA (Version 12.3.5, MAXQDA, 2017) verwendet.

Stichprobenbeschreibung

Es wurden 24 Versuchspersonen erhoben, davon mussten drei von der Analysestichprobe ausgeschlossen werden. Zwei Versuchspersonen haben sich nicht an die Fokusinstruktion gehalten (*„Ich hab [...] die Aufgabe missachtet, mehr oder weniger“*; *„Das Problem ist, ich trenne das nicht“*). Eine Versuchsperson konnte ihr Gleichgewicht auf einem Bein nicht verlagern, ließ sich als Ausreißer identifizieren und wurde deshalb ausgeschlossen. Da eine Gleichverteilung der Versuchspersonenanzahl über die Experimentalgruppen Vorteile für die statistische Analyse bietet (u.a. Robustheit der Teststatistik bei Verletzung der Varianzhomogenität), wurde eine Versuchsperson nacherhoben. Somit bildete die Analysestichprobe 22 Versuchspersonen (11 pro Fokusgruppe).

In Tabelle 8.4 sind die kategorialen Variablen und in Tabelle 8.5 die metrischen Variablen aufgelistet, die für jede Versuchsperson erhoben wurden. Die Verteilung der Variablen in Bezug auf die beiden Fokusgruppen wurde statistisch untersucht.

Bei den kategorialen Variablen wurde der Chi-Quadrat-Test angewendet. Wenn die erwartete Zellenhäufigkeit kleiner fünf beträgt, kann nicht mehr gewährleistet werden, dass die Teststatistik unter der H_0 approximativ Chi-Quadrat-verteilt ist. In diesem Fall kann die Verteilung

Tabelle 8.4: Stichprobenbeschreibung: Kategoriale (Stör-)Variablen.

Kategoriale (Stör-)Variablen	Intern Anzahl	Extern Anzahl	Chi-Quadrat-Test[2]
Geschlecht			
Weiblich	6	6	$p = 1$
Männlich	5	5	
Expertise[1]			
1	3	0	$p = 0.315$
2	2	5	
3	3	3	
4	3	3	
Fehlstellung			
Nein	7	7	$p = 1$
Ja	4	4	
Wii-Erfahrung			
Nein	11	7	$p = 0.095$ *
Ja	0	4	
Beruf			
Doktorand	2	0	$p = 0.482$
Student	9	11	

Anmerkungen: * $p < 0.2$
[1] Je größer die Zahl, desto höher die Expertise.
[2] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert (Erklärung siehe Text, Patefield, 1981).

Tabelle 8.5: Stichprobenbeschreibung: Metrische (Stör-)Variablen.

Metrische (Stör-)Variablen	Intern Mittelwert (SD)	Extern Mittelwert (SD)	Zwei-Stichproben-t-Test Zweiseitig
Alter (Jahre)	24.55 (3.36)	25.27 (3.35)	$t(20) = 0.51$, $p = 0.617$
Größe (cm)	173.27 (8.73)	175.91 (9.46)	$t(20) = 0.68$, $p = 0.505$
Gewicht (kg)	65.84 (9.47)	73.63 (10.52)	$t(20) = 1.82$, $p = 0.083$ *
Händigkeitsskala[1]	0.8 (0.17)	0.7 (0.23)	$t(20) = -1.21$, $p = 0.241$
Rechter Fuß (cm)	251.55 (15.93)	256.82 (17.55)	$t(20) = 0.74$, $p = 0.469$
Linker Fuß (cm)	251.45 (16.34)	256.64 (17)	$t(20) = 0.73$, $p = 0.475$
Anzahl invalider Durchgänge	5.36 (6.65)	2.09 (3.11)	$t(20) = -1.48$, $p = 0.155$ *

Anmerkungen: * $p < 0.2$, SD = Standardabweichung
[1]Händigkeitsskala umfasst ein Kontinuum mit Werten zwischen -1(linkshändig) und 1 (rechtshändig).

der Teststatistik unter der H_0 simuliert werden. Bei gegebenen Randhäufigkeiten wird sehr oft zufällig eine Zellenverteilung gezogen und die Teststatistik berechnet. Anhand der simulierten Verteilung der Teststatistik kann nun ein p-Wert bestimmt werden (Patefield, 1981). Bei den metrischen Variablen wurde der Zwei-Stichproben-t-Test verwendet. Da die H_0 (keine Unterschiede zwischen den Fokusgruppen) favorisiert wurde und somit der Fehler 2. Art gering gehalten werden sollte, wurde das Signifikianzniveau auf $\alpha = 0.2$ gesetzt. Folgende Variablen wurden bei einem Signifikianzniveau $\alpha = 0.2$ signifikant: Wii-Erfahrung, Gewicht und Anzahl invalider Durchgänge. Bei der externen Fokusgruppe haben mehr Versuchspersonen angegeben, dass sie über Erfahrung mit dem Wii-Balance Board verfügen als bei der internen Fokusgruppe (11 vs. 7; $p = 0.095$). Versuchspersonen in der externen Fokusgruppe besaßen im Mittel ein höheres Gewicht als Versuchspersonen in der internen Fokusgruppe ($t(20) = 1.82$, $p = 0.08$) und die Anzahl der invaliden Durchgänge war in der externen Fokusgruppe kleiner als in der internen Fokusgruppe ($t(20) = -1.48$, $p = 0.16$). Im Rahmen der post hoc Störvariablenanalyse (siehe S. 101) wurden diese Variablen als Prädiktoren additiv, d.h. ohne Interaktionsterm, in das Regressionsmodell aufgenommen, und geprüft, ob der Zusammenhang zwischen Fokusgruppe und der AV trotzdem bestehen bleibt. Falls der Zusammenhang nicht mehr bestehen bleibt, kann der Einfluss auf die AV nicht mehr allein auf den Aufmerksamkeitsfokus zurückgeführt werden.

Hypothesenprüfung

Die Zellenmittelwerte und die Standardabweichungen für alle Stufen der drei UVs sind in Tabelle 8.6 aufgelistet. In Abbildung 8.6 sind diese zusätzlich grafisch dargestellt.

Es soll nun auf die Hypothesen zur ersten Fragestellung, zur vierten Fragestellung und auf die Nebenfragestellungen eingegangen werden. Danach werden die Ergebnisse der post hoc Störvariablenanalyse dargestellt. In Tabelle 8.7 sind alle inferenzstatistischen Ergebnisse zusammengefasst. Alle Hypothesen wurden einseitig getestet und alle Hypothesen bis auf Hypothese N2 wurden auf dem Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$ getestet. Die inhaltliche Hypothese N2 entsprach

Tabelle 8.6: Zellenmittelwerte.

	Sitzung 1		Sitzung 2		Sitzung 3	
	vorne	hinten	vorne	hinten	vorne	hinten
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)
Intern	12.55 (3.08)	19.45 (8.16)	11.55 (3.5)	16.59 (5.92)	13.14 (3.67)	16.68 (6.68)
Extern	15.91 (6.71)	25.95 (8.53)	14.86 (6.77)	22.05 (4.26)	14.23 (2.82)	20.82 (7.38)

Anmerkungen: SD = Standardabweichung

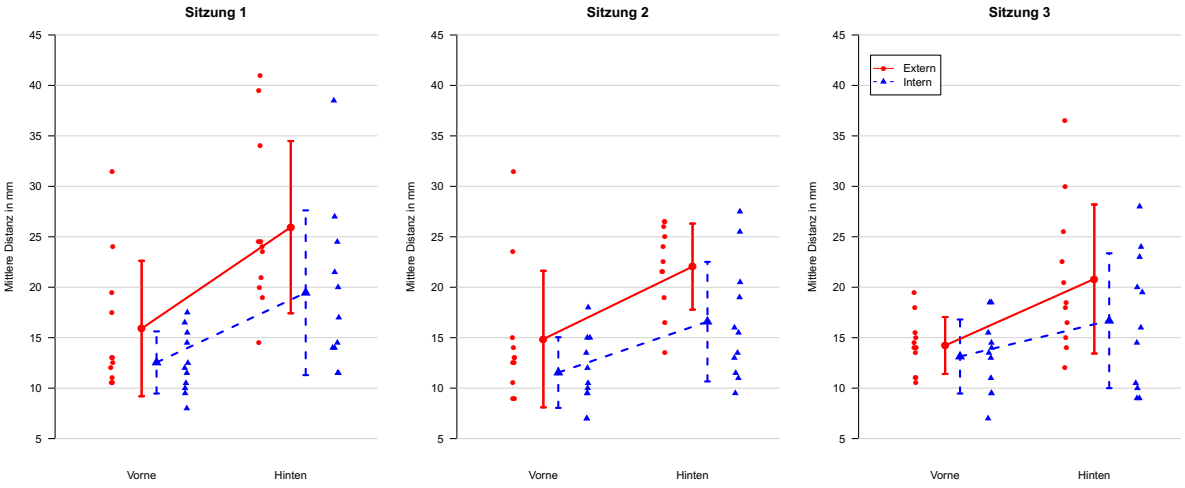


Abbildung 8.6: Leistung aufgeteilt nach Sitzung, Punkt und Fokusgruppe. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

der H_0, sodass das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0.2$ erhöht wurde, um den Fehler 2. Art zu verringern.

Erste Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die erste Fragestellung ist in Abbildung 8.7 dargestellt. Die erste Fragestellung umfasste die Hypothesen H1a, H2a und H3a.

***Hypothese 1a**: Beim Training führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einer schlechteren Leistung als der interne Aufmerksamkeitsfokus.*

Die statistische Hypothese kann anhand der Erwartungswerte aus der Erwartungswerttabelle auf S. 93 formuliert werden. Sie lautet:

$$H_0 : \mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} \leq \mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}$$

$$H_1 : \mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} > \mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}$$

Tabelle 8.7: Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung.

Hypothesen	t-Wert	p-Wert[1]	Effektstärke[2]
(1) Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe zu besserer Leistung und/oder besserem Lernen?			
H1a: Extern schlechter als Intern (Leistung Training)	$t(20) = 2.3$	0.016 *	$\hat{\eta}^2 = 0.21$
H1a PH1: H1a + Wii-Erfahrung	$t(19) = 1.6$	0.063	$\eta^2 < 0.28$
H1a PH2: H1a + Gewicht	$t(19) = 1.56$	0.068	$\eta^2 < 0.28$
H1a PH3: H1a + Anzahl invalider Durchgänge	$t(19) = 2.86$	0.005 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.3$
H1a PH4: H1a * Geschlecht	$t(18) = -2.4$	0.028 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.24$
H1a PH5: H1a * Größe	$t(18) = -2.78$	0.012 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.3$
H1a PH6: H1a * Fußrechts	$t(18) = -3.75$	0.001 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.44$
H1a PH7: H1a * Fußlinks	$t(18) = -3.99$	< 0.001 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.47$
H2a: Extern geringer als Intern (Lerneffekt)	$t(20) = -0.41$	0.657	$\eta^2 < 0.28$
H3a: Extern schlechter als Intern (Leistung Test)	$t(20) = 1.7$	0.052	$\eta^2 < 0.28$
H3a PH1: H3a + Anzahl invalider Durchgänge	$t(19) = 2.65$	0.008 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.27$
(4) Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt?			
H1b: hinten größerer Fokuseffekt (Leistung Training)	$t(20) = 0.92$	0.183	$\eta^2 < 0.28$
H2b: hinten größerer Fokuseffekt (Lerneffekt)	$t(20) = -0.41$	0.658	$\eta^2 < 0.28$
H3b: hinten größerer Fokuseffekt (Leistung Test)	$t(20) = 0.86$	0.199	$\eta^2 < 0.28$
Nebenfragestellungen			
N1: Lerneffekt vorhanden	$t(20) = 3.31$	0.002 *	$\hat{d} = 0.7$
N2: kein Kosteneffekt vorhanden[3]	$t(20) = -0.06$	0.524	$d < 0.55$
N3: hinten schlechter als vorne	$t(20) = 4.76$	< 0.001 *	$\hat{d} = 1.02$

Anmerkungen: * $p < 0.05$
[1] Alle Hypothesen über α_1 und μ wurden einseitig getestet. Interaktionsterme bei der post hoc Störvariablenanalyse wurden zweiseitig getestet.
[2] Wenn der Effekt signifikant wurde, wurde die Effektstärke aus der Stichprobe geschätzt. Wenn der Effekt nicht signifikant wurde, wurde angegeben, wie groß die Effekte höchstens sein können (größere Effekte können mit einer hohen Sicherheit ausgeschlossen werden, da sie in 80% der Fälle signifikant geworden wären).
[3] Bei dieser Hypothese wurde die H_0 favorisiert und somit das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0.2$ gesetzt.

Die statistische Hypothese lässt sich folgendermaßen umstellen:

$$H_0 : (-\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Die neue Zufallsvariable W_i kann nun hypothesengeleitet generiert werden:

$$W_i := -Y_{11,i} - Y_{21,i} - Y_{12,i} - Y_{22,i}$$

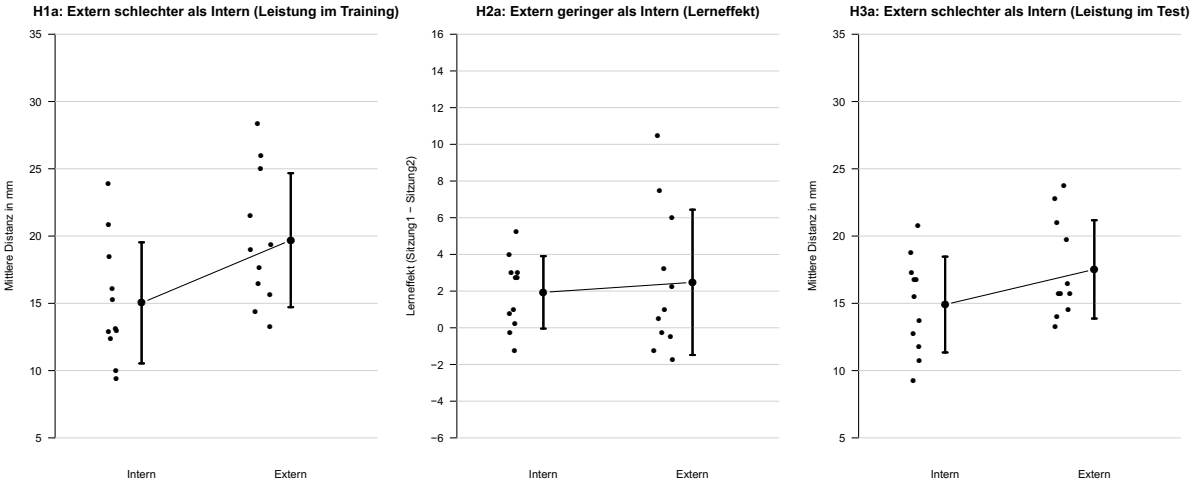


Abbildung 8.7: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die erste Fragestellung. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Als nächstes kann die statistische Hypothese anhand der Erwartungswerte der neuen Zufallsvariablen W_i formuliert werden (Zur Definition von W_i, $\mu^{(j)}$ und α_1 siehe Seite 91):

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde signifikant ($t(20) = 2.3$, $p = 0.016$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese H1a bestätigt werden konnte. Beim Training zeigte die externe Fokusgruppe eine schlechtere Leistung als die interne Fokusgruppe. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistung beim Training wird auf 21% geschätzt.

Hypothese 2a: *Beim Training führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einem kleineren Lerneffekt als der interne Aufmerksamkeitsfokus.*

Die Formulierung dieser und aller weiteren statistischen Hypothesen anhand der Erwartungswerte der neuen Zufallsvariablen W_i wird aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht mehr im Text dargestellt, sondern in Anhang B behandelt. Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = -0.41$, $p = 0.657$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H2a nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass die externe Fokusgruppe keinen erheblich geringeren Lerneffekt als die interne Fokusgruppe zeigt. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz des Lerneffektes beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Hypothese 3a: *Beim Test führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einer schlechteren Leistung als der interne Aufmerksamkeitsfokus.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = 1.7$, $p = 0.052$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H3a nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass die externe Fokusgruppe beim Test keine erheblich schlechtere Leistung als die interne Fokusgruppe zeigt. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistung beim Test beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Vierte Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung ist in Abbildung 8.8 dargestellt. Die vierte Fragestellung umfasste die Hypothesen H1b, H2b und H3b.

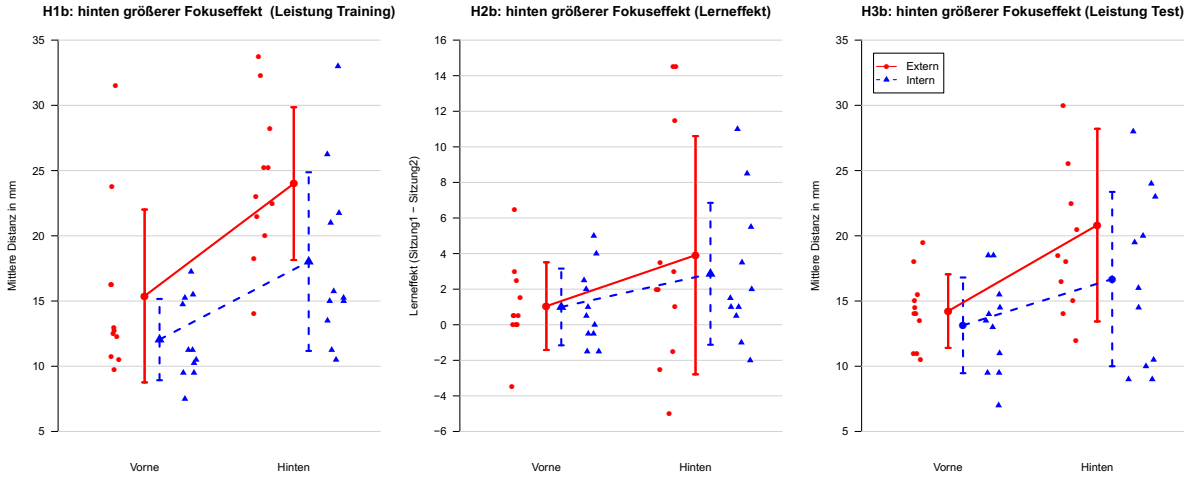


Abbildung 8.8: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Hypothese 1b: *Der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Training ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = 0.92$, $p = 0.183$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H1b nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Training beim hinteren Zielpunkt nicht erheblich größer ist als beim vorderen Zielpunkt. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistungsdifferenz zwischen den beiden Zielpunkten beim Training beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Hypothese 2b: *Der Fokuseffekt bezogen auf den Lerneffekt ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = -0.41$, $p = 0.658$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H2b nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass der Fokuseffekt bezogen auf den Lerneffekt beim hinteren Zielpunkt nicht erheblich größer ist als beim vorderen Zielpunkt. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Differenz zwischen den beiden Zielpunkten bezogen auf den Lerneffekt beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Hypothese 3b: *Der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Test ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = 0.86$, $p = 0.199$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H3b nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Test beim hinteren Zielpunkt nicht erheblich größer ist als beim vorderen Zielpunkt. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistungsdifferenz zwischen den beiden Zielpunkten beim Test beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Nebenfragestellungen

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen ist in Abbildung 8.9 dargestellt. Die Nebenfragestellungen umfassten die Nebenhypothesen N1, N2 und N3.

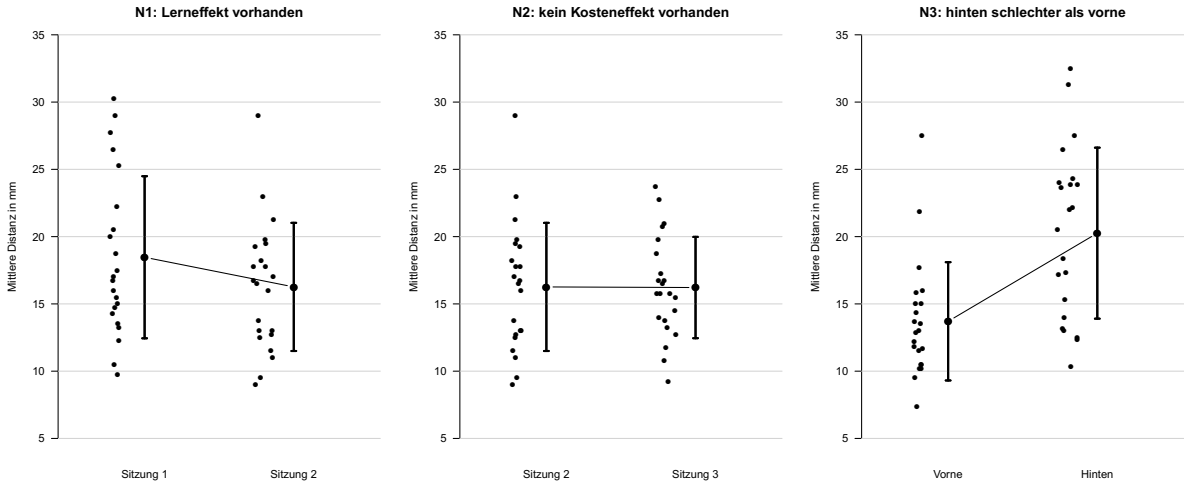


Abbildung 8.9: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Hypothese N1: *Die Leistung ist schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2 (= Lerneffekt).*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\mu}$ wurde signifikant ($t(20) = 3.31$, $p = 0.002$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N1 bestätigt werden konnte. Die

Leistung war schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Sitzungen beträgt 0.7 Standardabweichungen.

Hypothese N2: *Die Leistung ist nicht schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2 (= kein Kosteneffekt).*

Da die die inhaltliche Hypothese der H_0 entsprach, wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0.2$ gesetzt. Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\mu}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = -0.06$, $p = 0.524$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und die inhaltliche Hypothese N2 bestätigt werden konnte. Die Leistung war nicht signifikant schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2. Der Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Sitzungen beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 0.55 Standardabweichungen.

Hypothese N3: *Gemittelt über alle drei Sitzungen ist die Leistung beim hinteren Zielpunkt schlechter als beim vorderen Zielpunkt (= ist der hintere Zielpunkt schwieriger).*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\mu}$ wurde signifikant ($t(20) = 4.76$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N3 bestätigt werden konnte. Gemittelt über alle drei Sitzungen war die Leistung beim hinteren Zielpunkt schlechter als beim vorderen Zielpunkt, d.h. der hintere Zielpunkt war schwieriger. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Zielpunkten beträgt 1.02 Standardabweichungen.

Post hoc Störvariablenanalyse

Bei der Suche nach konfundierenden Variablen wurden solche betrachtet, die mit der UV Aufmerksamkeitsfokus im Zusammenhang stehen. Wie bereits in der Stichprobenbeschreibung erwähnt, wurden die Variablen Wii-Erfahrung, Gewicht und Anzahl invalider Durchgänge auf dem Signifikanzniveau $\alpha = 0.2$ signifikant. Deshalb wurden diese Variablen jeweils in das Regressionsmodell additiv hinzugefügt und der Zusammenhang zwischen Fokusgruppe und Leistung (bereinigt um den Einfluss der Störvariablen) erneut statistisch untersucht.

Bei der additiven Hinzunahme der Variablen Wii-Erfahrung zeigte der Zusammenhang zwischen Leistung beim Training und Fokusgruppe (H1a) nur noch eine Tendenz ($t(19) = 1.6$, $p = 0.063$, siehe Abbildung 8.10 links). Auch bei der Hinzunahme der Variable Gewicht zeigte der Zusammenhang zwischen Leistung beim Training und Fokusgruppe (H1a) nur noch eine Tendenz ($t(19) = 1.56$, $p = 0.068$, siehe Abbildung 8.10 rechts). Bei Hinzunahme der Variable Anzahl invalider Durchgänge blieb der Zusammenhang zwischen Leistung beim Training und Fokusgruppe (H1a) signifikant ($t(19) = 2.86$, $p = 0.005$, siehe Abbildung 8.11 links). Die (partielle) Effektstärke des Fokuseffektes stieg sogar von $\hat{\eta}^2 = 0.21$ auf $\hat{\eta_p}^2 = 0.30$.

Da die Variable Anzahl invalider Durchgänge im Regressionsmodell zu Hypothese H1a Störvarianz aufklärte, wurde sie auch in das Regressionsmodell zu Hypothese H3a eingefügt, bei dem der Fokuseffekt nur eine Tendenz zeigte. Der Zusammenhang zwischen Leistung beim Test und

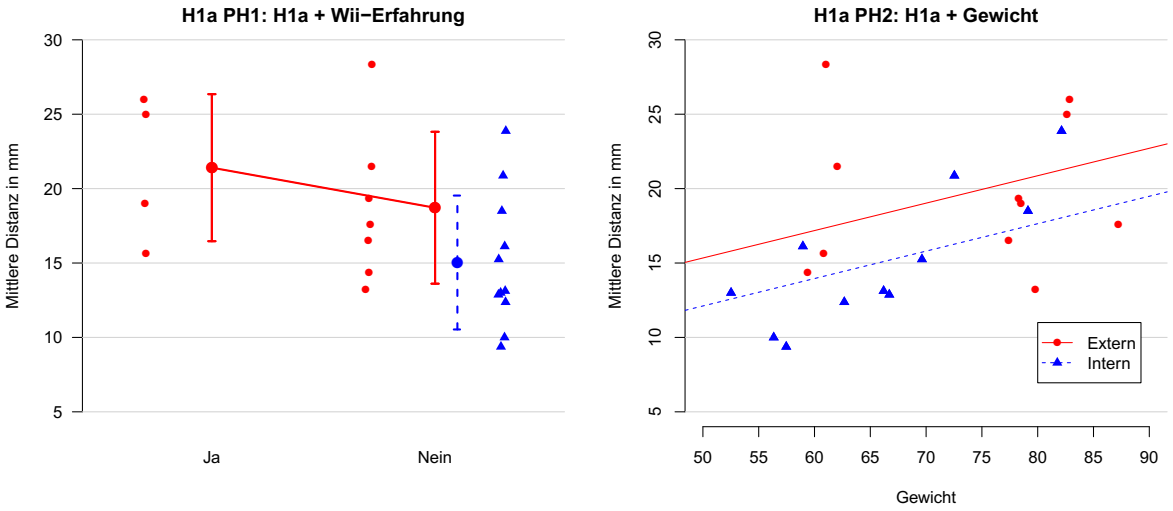


Abbildung 8.10: Zusammenhang zwischen Leistung beim Training und Fokusgruppe unter Konstanthaltung von Wii-Erfahrung bzw. Gewicht. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte, die Regressionsgeraden durch Linien und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Fokusgruppe erreichte durch die additive Hinzunahme Signifikanz ($t(19) = 2.65$, $p = 0.008$, siehe Abbildung 8.11 rechts). Weder mit der Leistung beim Training, noch mit der Leistung beim Test zeigte die Variable Anzahl invalider Durchgänge einen signifikanten Zusammenhang, sodass diese Variable keine echte Störvariable bildet, sondern eine Supressorvariable. Bei keiner anderen Variablen wurde der Fokuseffekt durch die additive Hinzunahme signifikant.

Als nächstes wurde bei Hypothese H1a und H3a untersucht, ob es Variablen gab, die den Zusammenhang zwischen Fokusgruppe und Leistung beim Training bzw. Leistung beim Test moderieren. Folgende Variablen zeigten in Bezug auf Hypothese H1a signifikante Interaktionsterme: Geschlecht ($t(18) = -2.4$, $p = 0.028$), Körpergröße ($t(18) = -2.78$, $p = 0.012$), Fußgröße rechts ($t(18) = -3.75$, $p = 0.001$) und Fußgröße links ($t(18) = -3.99$, $p < 0.001$, siehe Abbildung 8.12). Bei Frauen, bei kleineren Körpergrößen und kleineren Fußgrößen scheint der Zusammenhang stärker ausgeprägt zu sein als bei Männern, bei größeren Körpergrößen und größeren Fußgrößen. Die vier Variablen zeigten signifikante Assoziationen untereinander: die bivariate Korrelation zwischen Fußgröße links, rechts und Körpergröße waren alle $r > 0.83$ mit $p < 0.001$; die Unterschiede zwischen Frauen und Männern in Bezug auf die anderen Variablen waren alle $\hat{d} > 1.86$ mit $p < 0.001$. Die vier Variablen scheinen also zu einem Konstrukt zu gehören. In Bezug auf die Hypothese H3a konnte keine Variable als Moderatorvariable identifiziert werden.

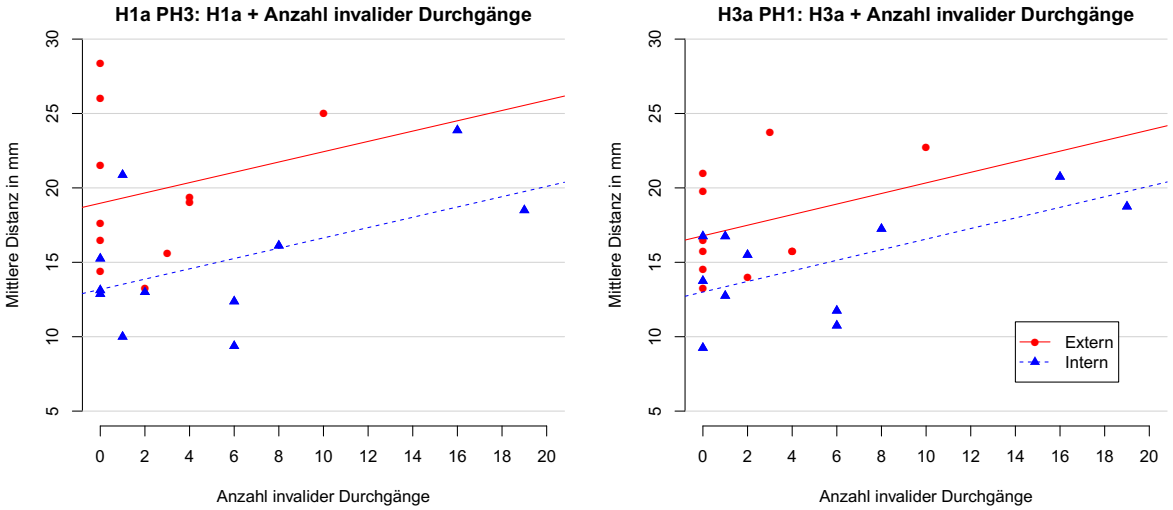


Abbildung 8.11: Zusammenhang zwischen Leistung beim Training bzw. Leistung beim Test und Fokusgruppe unter Konstanthaltung von Anzahl invalider Durchgänge. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte, die Regressionsgeraden durch Linien und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

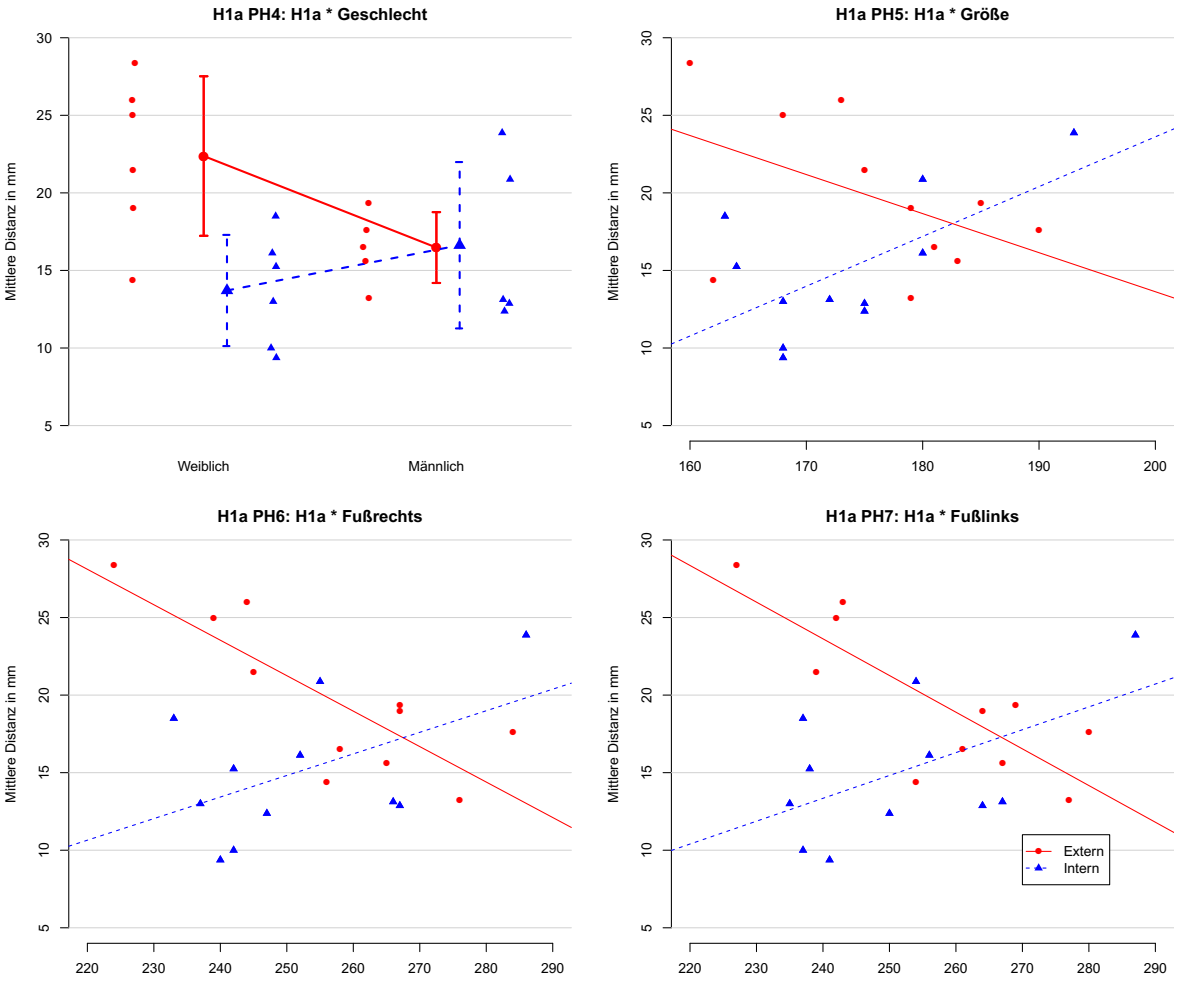


Abbildung 8.12: Zusammenhang zwischen Leistung beim Training und Fokusgruppe in Abhängigkeit von Geschlecht, Größe, Fuß rechts und Fuß links. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte, die Regressionsgeraden durch Linien und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

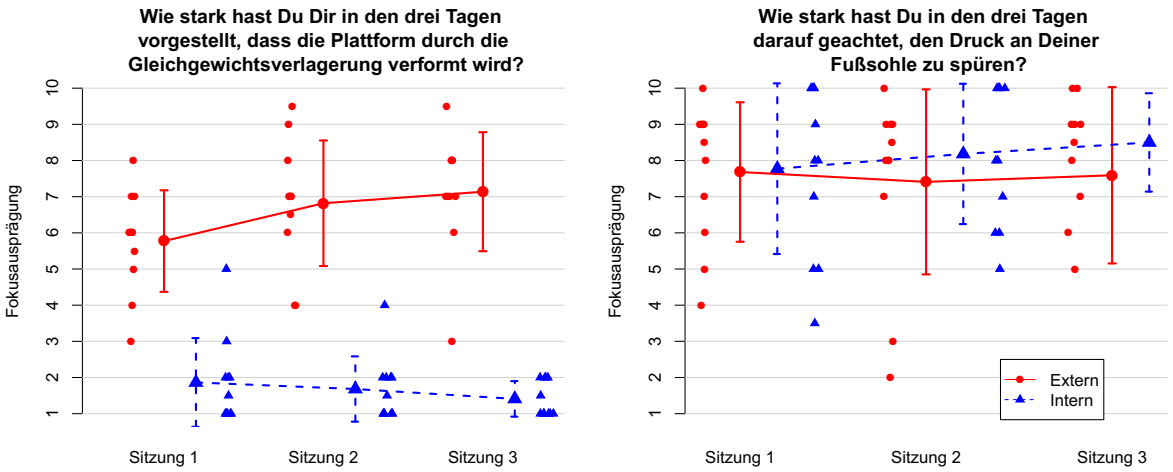


Abbildung 8.13: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (absolute Werte). Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Nachbefragung

Die Ergebnisse der Nachbefragung werden im Folgenden berichtet. Zunächst soll auf die Manipulationskontrolle und auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe eingegangen werden, danach auf das Inattentional-Blindness-Phänomen.

Manipulationskontrolle

Die Versuchspersonen wurden auf einer zehnstufigen Skala sowohl in Bezug auf den externen Aufmerksamkeitsfokus (d.h. Fokus auf Plattform) als auch auf den internen Aufmerksamkeitsfokus (d.h. Fokus auf Fußsohle), den sie jeweils in den drei Sitzungen angewendet haben, befragt (siehe S. 89). Je höher der Wert, desto stärker die Fokusausprägung (siehe Abbildung 8.13). Für jede Versuchsperson wurde anschließend jeweils eine Differenz (extern - intern) für jede der drei Sitzungen gebildet. Die Differenzen sind aufgeteilt auf die drei Sitzungen in Abbildung 8.14 dargestellt. Eine positive Differenz ergibt sich, wenn die Versuchsperson eine höhere Fokusausprägung in Bezug auf die Plattform im Vergleich zur Fokusausprägung in Bezug auf die Fußsohle angegeben hat. Eine negative Differenz entsteht, wenn die Versuchsperson umgekehrt eine höhere Fokusausprägung in Bezug auf die Fußsohle angegeben hat. Die Manipulation galt als erfolgreich, wenn die Differenz der externen Fokusgruppe in allen drei Sitzungen größer war als die Differenz der internen Fokusgruppe.

Durch die Differenzbildung wurde der relative Vergleich der beiden Fokusausprägungen zur Auswertung herangezogen. Dies hat zwei Gründe. Erstens kann eine Versuchsperson eine hohe externe Fokusausprägung haben und gleichzeitig eine hohe interne Fokusausprägung. Wäre sie in der externen Fokusgruppe, hätte sie zwar die externe Fokusinstruktion befolgt, aber auch intern fokussiert und somit beiden Aufmerksamkeitsfoki die gleiche Priorität zugewiesen. Durch die Fokusinstruktion sollte eine Prioritätsverschiebung in Richtung extern bzw. intern erfolgen, sodass diese Priorisierung die AV bilden sollte. Der zweite Punkt betrifft die Tatsache, dass sich

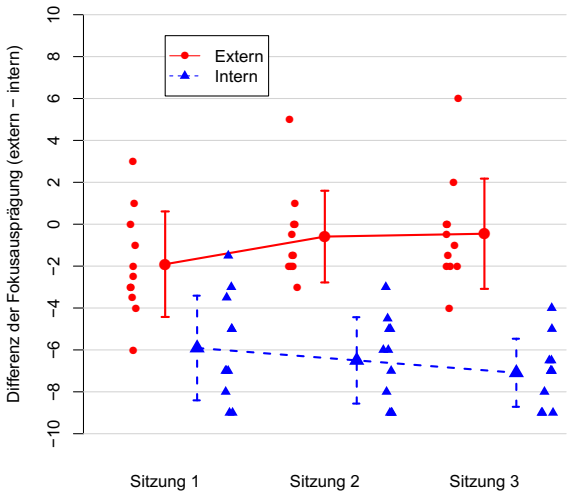


Abbildung 8.14: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (Differenzwerte). Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Personen in ihren subjektiven Bewertungen unterscheiden, sodass manche Personen z.B. prinzipiell extremere Werte angeben. Differenzen zwischen zwei Beurteilungen einer Person können somit valider sein, da sich diese Unterschiede „herausrechnen“.

Für jede Sitzung wurde ein gerichteter Zwei-Stichproben-t-Test für unabhängige Stichproben gerechnet. Das Signifikanzniveau betrug $\alpha = 0.05$. Die t-Tests wurden für alle drei Sitzungen signifikant (Sitzung 1: $t(20) = 3.74$, $p < 0.001, \hat{d} = 1.59$; Sitzung 2: $t(20) = 6.52$, $p < 0.001, \hat{d} = 2.78$; Sitzung 3: $t(20) = 7.12$, $p < 0.001, \hat{d} = 3.03$). Die Differenzen zwischen der externen und internen Fokusausprägung unterschieden sich also zwischen den Fokusgruppen in allen drei Sitzungen.

Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe

Die quantitative Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe (siehe S. 89) ist in Tabelle 8.8 dargestellt. Obwohl keiner der Tests signifikant wurde, kann deskriptiv festgestellt werden, dass mehr Versuchspersonen aus der internen Fokusgruppe die Fokusinstruktion als äquivalent (7 vs. 2) und umgekehrt mehr Versuchspersonen aus der externen Fokusgruppe die Fokusinstruktion als Zusatzaufgabe (6 vs. 5) empfunden haben. Zwar fanden in beiden Fokusgruppen mehr Versuchspersonen die Fokusinstruktion hilfreich, der Anteil war aber in der internen Fokusgruppe höher (10 vs. 1) als in der externen Fokusgruppe (7 vs. 4). Nachdem den Versuchspersonen der Unterschied zwischen dem externen und internen Aufmerksamkeitsfokus erklärt wurde, wurden sie befragt, welchen sie für die konkrete Gleichgewichtsaufgabe favorisieren würden. Deskriptiv zeigte sich, dass die Versuchspersonen vor allem den Aufmerksamkeitsfokus favorisierten, den sie während der Bewegungsaufgabe bereits angewendet hatten. Bei der internen Fokusgruppe (8 vs. 2) war der Anteil jedoch größer als in der externen Fokusgruppe (6 vs. 4).

Tabelle 8.8: Quantitative Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe.

Fragen	Intern Anzahl	Extern Anzahl	Chi-Quadrat-Test[1]
Empfandest Du die Aufgabe, Dir vorzustellen, die Plattform zu verformen bzw. auf den Druck an Deiner Fußsohle zu achten, als Zusatzaufgabe zur Gleichgewichtsverlagerung oder äquivalent mit der Gleichgewichtsverlagerung?			
Äquivalent	7	5	$p = 0.19$
Zusatzaufgabe	2	6	
Fandest Du die Vorstellung, die Plattform zu verformen, hilfreich? bzw. Fandest Du es hilfreich, auf den Druck an der Fußsohle zu achten?			
Nein	1	4	$p = 0.30$
Ja	10	7	
(Aufklärung interner und externer Aufmerksamkeitsfokus) Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?			
Intern einfacher	8	4	$p = 0.17$
Extern einfacher	2	6	

Anmerkungen: * $p < 0.05$
[1] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert (Patefield, 1981).

Bei der letzten Frage sollten Versuchspersonen nicht nur angeben, welchen Aufmerksamkeitsfokus sie für diese konkrete Gleichgewichtsaufgabe für günstiger hielten, sondern ihre Entscheidung auch begründen. Die offenen Antworten der Versuchspersonen wurden qualitativ ausgewertet. Die Zusammenfassung der Ergebnisse sind in Tabelle 8.9 aufgelistet und werden nun im Einzelnen dargestellt.

Zwölf Versuchspersonen haben angegeben, dass die Ausübung der Gleichgewichtsaufgabe mit dem internen Aufmerksamkeitsfokus einfacher sei im Vergleich zum externen Aufmerksamkeitsfokus. Am häufigsten (9 Versuchspersonen) wurde dies damit begründet, dass der interne Aufmerksamkeitsfokus bei dieser Gleichgewichtsaufgabe kognitiv weniger belastend sei als der externe Aufmerksamkeitsfokus. Den eigenen Druck zu spüren sei einfacher, *„weil man [...] über so vielen Ecken und Enden rezeptormäßig Rückmeldung sofort“* erhalte, schließlich *„läuft [man] ja schon das ganze Leben mit dem gleichen Fuß rum, da hat man schon mehr Erfahrung“*. Beim externen Aufmerksamkeitsfokus dagegen *„braucht [man] mehr Vorstellungskraft. Das eine ist ja, sich auf etwas Konkretes zu konzentrieren und das andere ist, sich nochmal vorzustellen, dass es passierte, obwohl das ja nicht der Fall ist“*. Die Versuchspersonen deuteten öfters darauf hin, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus eine Zweitaufgabe darstelle. *„Das Verformen [also der externe Aufmerksamkeitsfokus] ist schwieriger, weil man da auch wieder den Druck automatisch spürt“*. Eine andere Versuchsperson berichtete, dass sie *„es ja sowieso spüre und für das andere muss [sie sich ...] halt kognitiv ein wenig anstrengen, jedes Mal [sich ...] das vorzustellen“*.

Tabelle 8.9: Auswertung der Frage „Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?“

Intern Anzahl	Extern Anzahl	Antwort
8	4	„Intern einfacher“
5	4	einfacher wahrzunehmen
1	0	Erfahrung mit Sportarten (Tanzen)
1	0	Gleichgewichtsaufgabe
1	0	ohne Begründung
2	6	„Extern einfacher“
1	1	zusätzliche, abschließende Rückmeldung nicht konform mit Gefühl
0	2	Erfahrung mit Sportarten (Yoga, Klettern)
1	2	hilfreiche Vorstellung
0	1	ohne Begründung
1	1	„Es kommt drauf an“
1	0	locus of control
0	1	Erfahrung

Eine Versuchsperson war Tänzerin und hat aus ihrer sportlichen Erfahrung den internen Aufmerksamkeitsfokus favorisiert, denn *„das ist einfach mehr wie man es im Tanzen lernt“*. Eine andere Versuchsperson hat sich für den internen Aufmerksamkeitsfokus entschieden, *„weil man da irgendwie mehr auf seinen eigenen Körper achtet, gerade bei dieser Gleichgewichtsaufgabe“*. Sie deutete also an, das gerade bei einer Gleichgewichtsaufgabe der Aufmerksamkeitsfokus auf den Körper besser sei.

Insgesamt 8 Versuchspersonen haben angegeben, der externe Aufmerksamkeitsfokus sei für die Ausübung der Gleichgewichtsaufgabe einfacher. Zwei Versuchspersonen berichteten, dass der gefühlte Druck nicht mit der abschließenden Rückmeldung übereingestimmt habe. Da der externe Aufmerksamkeitsfokus diesen Fehler nicht beinhalte, müsse er folglich besser sein. Dies beschrieb eine Versuchsperson folgendermaßen: *„Wenn ich mehr auf die Plattform geachtet hätte, hätte ich den Punkt vielleicht besser getroffen, weil er innerlich nicht da gesessen hat, wo er eingezeichnet war. Es hat sich eben nie da angefühlt, wo es nachher sein sollte“*. Die zweite Versuchsperson hat angegeben, dass die abschließende Rückmeldung *„für mich nicht übereinstimmte mit dem, was ich fühlte. Das hat dann dafür gesorgt, dass ich das Feedback ignoriert habe und einfach gesagt habe, ok, den Punkt fühle ich da und dann gehe ich dahin. [...] Aber, ich kann mir vorstellen, dass wenn die Aufgabe war, die Plattform zu verformen, dann konnte ich davon ausgehen, dass das Feedback sowieso stimmt, weil die Plattform weiß das, wo es eingedrückt wird“*.

Es gab auch zwei Versuchspersonen, die den externen Aufmerksamkeitsfokus aufgrund von sportlichen Erfahrungen favorisiert haben. Eine yogaerfahrene Versuchsperson begründete ihre Antwort damit, dass sie *„es aber auch aus Gleichgewichtsübungen von Yoga class kenne, weil das genau die Instruktion ist. Also da ist es genau das, dass du dir vorstellen sollst, was unter deinem Fuß quasi, was für einen Druck du aufbaust und wo du quasi die Punkte setzt, dass es dort also nachgibt“*. Eine Versuchsperson mit Klettererfahrung erzählte, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus vor allem bei Anfängern erfolgreich sei: *„Wenn man [den Anfängern ...] sagt, versuch mal kein Geräusch zu machen beim Treten, sieht man plötzlich, wie viel konzentrierter die auf die Ausführung dieser Bewegung sind. Weil das Empfinden dafür gar nicht so vorhanden ist“*. Eine ähnliche Aussage traf eine andere Versuchsperson, die den externen Aufmerksamkeitsfokus besonders am Anfang als hilfreich empfunden hatte. Sie berichtete: *„Als ich das das erste Mal gemacht habe, hatte ich gar nicht so das Körpergefühl dafür. Nach so ein paar Versuchen war ich dann eher so da drin. Dann habe ich das vielmehr gespürt so richtig im Fuß, aber am Anfang hat mir das schon geholfen mit der Plattform, weil ich dann diesen Punkt hatte und dann konnte ich das irgendwie übertragen, so von wegen, jetzt versuch einfach irgendwie dein Gewicht da hin zu kriegen und nach einer Weile war das dann ein Zwischending aus beiden“*. Außerdem merkte eine andere Versuchsperson an, die Vorstellung sei hilfreich, *„weil man verformt ja eher Dinge als dass man darauf achtet, welchen Druck Sachen auf einen ausüben“*. Eine andere Versuchsperson gab an, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus ihr zusätzliche Hilfe geleistet hatte, da sie sich vorgestellt hatte, sie stehe in einer *„Kulle“*, was ihr zur zusätzlichen Stabilität verholfen hatte.

Zwei Versuchspersonen haben Moderatoren angegeben. Eine Versuchsperson gab Kontrollüberzeugung (locus of control) als mögliche Moderatorvariable an: *„locus of control ist doch so, dass man halt das Gefühl hat, man kann was verändern oder man hat halt die Kontrolle. Und vielleicht ist es ja so, wenn man das Gefühl hat, selber was verändern zu können, es ist besser, man hat die Instruktion, man achtet darauf, das Brett zu ändern. Und das andere ist halt, Brett übt dann quasi Druck auf den Fuß aus“*. Die andere Versuchsperson gab die Variable Erfahrung mit der Bewegungsaufgabe als Moderatorvariable an: *„Für jemand der tanzt, ist es einfacher, wenn es intern ist, weil wir halt immer spüren [...] Und für jemand, der total ungeübt ist, ist es einfacher, wenn es extern ist und man sagt: Hej, stell dir vor, da ist ein Druck, da musst du draufdrücken“*.

Inattentional Blindness

Während der Nachbefragung wurde das Inattentional-Blindness-Phänomen erfasst, indem geprüft wurde, ob die Versuchspersonen die visuellen Veränderungen während der letzten Sitzung wahrgenommen haben (siehe S. 90). In Tabelle 8.10 sind die Ergebnisse zu Inattentional Blindness dargestellt. Der Chi-Quadrat-Test auf Unabhängigkeit wurde für die gemeinsame Verteilung von Aufmerksamkeitsfokus und Anzahl der Entdeckungen signifikant ($p = 0.03$). Die Verteilung der Anzahl der Entdeckungen ist also abhängig vom Aufmerksamkeitsfokus. Deskriptiv lässt sich feststellen, dass alle in der internen Fokusgruppe mindestens eine Veränderung entdeckt haben (11 vs. 0), in der externen Fokusgruppe waren es nicht alle (7 vs. 4). Ein paar Versuchspersonen

Tabelle 8.10: Ergebnisse zum Inattentional-Blindness-Phänomen.

Fragen	Intern Anzahl	Extern Anzahl	Chi-Quadrat-Test[1]
Anzahl der Änderungen, die registriert wurden.			
0 = keines wurde entdeckt	0	4	$p = 0.03$ *
1 = Dreieck wurde entdeckt	8	3	
2 = Dreieck & Rand wurden entdeckt	3	4	
Als Du auf den Bildschirm geschaut hast, lag für Dich der Zielpunkt innerhalb der Plattform oder innerhalb der Fußschablone?			
Fußschablone	11	9	$p = 0.45$
Plattform	0	2	

Anmerkungen: * $p < 0.05$
[1] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert (Patefield, 1981).

in der externen Fokusgruppe (2 vs. 9) gaben an, dass sie den Zielpunkt innerhalb der Plattform statt innerhalb der Fußschablone gesehen haben. Dies traf auf keine der Versuchspersonen in der internen Fokusgruppe zu.

8.4 Diskussion

Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus und Nebenfragestellungen

Die Manipulationskontrolle in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus war geglückt. Es konnte statistisch gezeigt werden, dass die interne Fokusgruppe stärker auf die Fußsohle statt auf die Plattform fokussiert hat als die externe Fokusgruppe. Die interne Fokusgruppe hat sich nur sehr wenig bis überhaupt nicht auf die Plattform fokussiert. Bei der externen Fokusgruppe war der Unterschied zwischen der Fokusausprägung auf die Plattform zu der auf die Fußsohle dagegen nicht groß. Es scheint, als ob die externe Fokusgruppe zu gleichen Anteilen die Plattform als auch die Fußsohle fokussiert hat.

Der Versuch, ein objektives Maß für die Manipulationskontrolle des Aufmerksamkeitsfokus anhand des Inattentional-Blindness-Phänomens zu finden, war nicht geglückt. Die beiden Variablen Fokusgruppe und Anzahl der Entdeckungen zeigten zwar einen signifikanten Zusammenhang, aber die Zellenverteilung entsprach nicht den Erwartungen. Die interne Fokusgruppe schien weniger vom Inattentional-Blindess-Phänomen betroffen zu sein als die externe Fokusgruppe, obwohl die visuellen Veränderungen alle das Balance Board auf dem Bildschirm und nicht die Fußschablone betrafen. Um die Ergebnisse besser interpretieren zu können, wurden Versuchspersonen dazu befragt, ob der Zielpunkt für sie innerhalb der Plattform oder innerhalb der Fußschablone befand. Alle Versuchspersonen aus der internen Fokusgruppe gaben an, dass der Zielpunkt für sie innerhalb der Fußschablone lag. Doch auch in der externen Fokusgruppe

gaben die meisten Versuchspersonen an (9 von 11), dass der Zielpunkt für sie innerhalb der Fußschablone und nicht innerhalb der virtuellen Plattform lag. Deshalb kann nicht davon ausgegangen werden, dass das mentale Fokussieren auf die Verformung der Plattform bzw. dem Druck an der Fußsohle mit dem visuellen Fokussieren auf die virtuelle Plattform bzw. die Fußschablone auf dem Bildschirm gleichgesetzt werden kann.

In Bezug auf die Gleichgewichtsaufgabe wurden drei Nebenhypothesen geprüft und bestätigt. Es konnte ein Lerneffekt gezeigt werden (N1), denn die Versuchspersonen zeigten eine bessere Leistung in Sitzung 2 im Vergleich zur Sitzung 1. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Gleichgewichtsaufgabe prinzipiell schwierig genug war, um einen Fokuseffekt hervorzurufen. Zwischen Sitzung 2 und Sitzung 3 konnte wie vermutet kein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden (N2), wobei Effektstärken größer $d = 0.55$ mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden können. Wie erwartet konnte also keine empirische Evidenz dafür gefunden werden, dass die abschließende Rückmeldung Kosten in der Testphase verursachte. Ebenfalls konnte bestätigt werden, dass der hintere Zielpunkt zu schlechterer Leistung führt als der vordere Zielpunkt (N3). Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass die Gleichgewichtsaufgabe zwei Bedingungen mit unterschiedlicher Aufgabenschwierigkeit besaß. Diese Annahme war erforderlich, um die vierte Fragestellung testen zu können.

Erste Fragestellung

Bei der Frage, welcher Aufmerksamkeitsfokus bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe zu besserer Leistung und/oder besserem Lernen führt, muss zwischen Leistung und Lernen differenziert werden. In Bezug auf die Leistung zeigte sich ein klarer Vorteil des internen Aufmerksamkeitsfokus beim Training (H1a). Dieser Effekt wurde auch beim Test signifikant, sobald die Variable Anzahl invalider Durchgänge additiv in das Regressionsmodell aufgenommen wurde (H3a PH1). In Bezug auf die Leistung sind die Ergebnisse konform mit den Vorhersagen der Funktionalitätshypothese, aber nicht mit den Vorhersagen der Generalitätshypothese. Laut der Generalitätshypothese hätte der externe Aufmerksamkeitsfokus überlegen sein müssen.

Es soll nun näher betrachtet werden, weshalb die interne Fokusgruppe eine bessere Leistung zeigte als die externe Fokusgruppe: Da die externe Fokusgruppe keine externen Effekte wahrnehmen konnte, hat sie wahrscheinlich durch den externen Aufmerksamkeitsfokus eine Doppelbelastung erfahren. Einerseits hat sie versucht, das mentale Bild der sich verformenden Plattform aufrecht zu halten, zusätzlich nutzte sie wie die interne Fokusgruppe den internen Effekt als Rückmeldung. Diese Doppelbelastung könnte die Ursache für die schlechtere Leistung der externen Fokusgruppe sein. Empirische Evidenz für diese Schlussfolgerung zeigt sich vor allem in der Nachbefragung. Mehr Versuchspersonen aus der externen Fokusgruppe sagten aus, dass sie das Umsetzen der Fokusinstruktion als Zusatzaufgabe empfunden haben (6 vs. 2). Insgesamt favorisierten mehr Versuchspersonen den internen Aufmerksamkeitsfokus als den externen Aufmerksamkeitsfokus (12 vs. 8). Der häufigste Grund, der dafür genannt wurde, war der, dass der interne Aufmerksamkeitsfokus kognitiv einfacher sei, da man die Rückmeldung direkt wahrnehmen könne.

Auch in der Manipulationskontrolle zeigte sich die Doppelbelastung: Die externe Fokusgruppe beachtete sowohl die Verformung der Plattform als auch den Druck an der Fußsohle, die interne Fokusgruppe dagegen nur den Druck an der Fußsohle. So betrachtet können auch die Ergebnisse zum Inattentional Blindess gut eingeordnet werden: Laut Simons und Chabris (1999) ist die Anzahl der Versuchspersonen, die Veränderungen wahrnehmen, nicht nur abhängig von dem visuellen Aufmerksamkeitsfokus, sondern auch davon, wie viele kognitive Ressourcen für das Fokussieren benötigt werden. Je mehr die Versuchsperson von der Fokussierung mental eingenommen ist, desto geringer die Wahrscheinlichkeit, dass sie Veränderungen außerhalb der fokussierten Bereiche wahrnimmt. In Bezug auf das vorliegende Experiment wurde angenommen, dass die unterschiedliche mentale Fokussierung zu einer unterschiedlichen visuellen Fokussierung führen würde. Dies konnte nicht bestätigt werden (siehe S. 109). Möglicherweise führte die mentale Fokussierung zwar zur gleichen visuellen Fokussierung (der Fußschablone), aber zu unterschiedlicher kognitiver Belastung. Dadurch konnte die externe Fokusgruppe, die eine stärkere kognitive Belastung erfahren hat, Veränderungen außerhalb des visuell fokussierten Bereiches schlechter entdecken als die interne Fokusgruppe.

In Bezug auf das Lernen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Fokusgruppen festgestellt werden (H2a). Effektstärken größer $\eta^2 = 0.28$ können dabei mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden. In Bezug auf das Lernen sind die Ergebnisse weder mit den Vorhersagen der Funktionalitätshypothese noch mit den Vorhersagen der Generalitätshypothese konform. Wie können die Ergebnisse anhand der Doppelbelastung erklärt werden? Die Doppelbelastung könnte daher stammen, dass die externe Fokusgruppe einen zusätzlichen Übersetzungsprozess durchführen musste. Wie genau dieser Übersetzungsprozess aussieht, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Es könnte sein, dass dieser auf Ebene der intendierten Effekte oder auf Ebene der tatsächlichen Effekte stattfindet. In beiden Fällen könnte es einen konstanten Übersetzungsfehler geben, der die Leistung mindert, aber keine Auswirkungen auf den Lernprozess hat. Gleichzeitig könnte es aber auch sein, dass der Übersetzungsprozess nicht nur zu einem Übersetzungsfehler führt, sondern der Übersetzungsprozess als solcher kognitive Ressourcen beansprucht, wie jede andere zusätzliche kognitive Aufgabe es tun würde. Dann müsste der Abstand zwischen der externen und internen Fokusgruppe im Laufe des Trainings kleiner werden. Schließlich werden bei zunehmendem Training mehr kognitive Ressourcen frei. Deskriptiv lässt sich diese Annäherung der Fokusgruppen zwar feststellen, inferenzstatistisch wäre diese aber nicht signifikant ($t(20) = 0.41$, $p = 0.343$).

Für den Fokuseffekt auf die Leistung beim Training (H1a) wurden folgende Moderatorvariablen post hoc gefunden: Geschlecht (H1a PH4), Körpergröße (H1a PH5), rechte (H1a PH6) und linke (H1a PH7) Fußgröße. Sofort fällt auf, dass diese Variablen in Zusammenhang stehen müssen und tatsächlich konnte statistisch gezeigt werden, dass alle Variablen signifikante Assoziationen untereinander aufweisen. Es kann also sein, dass nur eine Variable den Zusammenhang moderiert und durch die Konfundierung alle anderen Variablen auch zu Moderatoren macht. Zu der Variable Geschlecht existieren bereits empirische Befunde. Wulf, Wächter und Wortmann (2003) nehmen an, dass Frauen z.B. aufgrund der Sozialisierung generell eher intern fokussieren

als Männer. Sie zeigten anhand einer Fußballaufgabe, bei der ein ruhender Ball getreten werden sollte, dass der Fokuseffekt auf die Transferleistung mit rollendem Ball durch das Geschlecht moderiert wurde: Der Unterschied zwischen der internen und der externen Fokusgruppe in Bezug auf die Leistung war viel größer bei Frauen als bei Männern. Der Fokuseffekt scheint bei Frauen also stärker ausgeprägt zu sein, was gut zu den Ergebnissen im vorliegenden Experiment passen würde. Im Gegensatz dazu zeigten Becker und Smith (2013) bei einer komplexen dynamischen Gleichgewichtsaufgabe, dass der Fokuseffekt in Bezug auf die Testleistung nur bei Männern auftrat, aber nicht bei Frauen. Dies widerspricht den Ergebnissen von Wulf, Wächter und Wortmann (2003). Beide Untersuchungen unterscheiden sich in mehreren Aspekten: Zum einen in Bezug auf die abhängige Variable (Leistung im Test vs. Transfer) und des Weiteren in Bezug auf die Bewegungsaufgabe (Fußball vs. Gleichgewicht). Beide könnten für den Unterschied in Bezug auf die Ergebnisse verantwortlich sein. Es könnte sein, dass Frauen einen stärkeren Fokuseffekt beim Transfer und Männer einen stärkeren Fokuseffekt beim Test aufzeigen. Diese Erklärung ist für das vorliegende Experiment aber nicht hilfreich, da der Fokuseffekt in Bezug auf die Leistung beim Training moderiert wurde und nicht beim Test oder Transfer (welches es hier nicht gab). Es könnte auch sein, dass Männer mehr Erfahrung mit Fußball haben als Frauen, die Bewegungsaufgabe deshalb einfacher finden und dadurch einen kleineren Fokuseffekt zeigen. Umgekehrt haben mehr Frauen Erfahrung mit Gleichgewichtsaufgaben als Männer, diese Bewegungsaufgabe einfacher finden und dadurch einen geringeren Fokuseffekt zeigen. Doch auch diese Erklärung passt nicht zu den Ergebnissen im vorliegenden Experiment, schließlich zeigte sich hier der größere Fokuseffekt bei Frauen, die die Gleichgewichtsaufgabe aber eigentlich einfacher finden sollten und somit einen kleineren Fokuseffekt zeigen müssten. Außerdem wurde Expertise erhoben und ebenfalls als mögliche Moderatorvariable untersucht, zeigte aber keinen signifikanten moderierenden Einfluss. Somit kann diese Erklärung hier ausgeschlossen werden.

Eventuell sind die Fußgrößen für das Ergebnis verantwortlich: Frauen haben insgesamt kleinere Füße als Männer. Die Leistung wurde in absoluten Werten und nicht relativiert an der Fußgröße berechnet. Da die Anzahl der Rezeptoren auf einen kleineren Bereich konzentriert war, waren Versuchspersonen mit kleinen Fußgrößen sensitiver gegenüber Veränderungen. Der interne Effekt gab bei Versuchspersonen mit kleineren Füßen eine viel genauere Schätzung des Abstandes vom Zielpunkt. Man kann schlussfolgern, dass die Funktionalität des internen Effektes für kleinere Versuchspersonen größer war und der Fokus auf diese Rückmeldung zu besserer Leistung führte als bei Versuchspersonen mit größeren Füßen. Fußgröße könnte also konfundiert sein mit der Funktionalität des internen Effektes. Laut der Funktionalitätshypothese müsste der Fokuseffekt umso größer sein, je größer der Unterschied zwischen den Fokusgruppen in Bezug auf die Funktionalität der fokussierten Effekte ist. Die Ergebnisse können folgendermaßen erklärt werden: Bei der internen Fokusgruppe sank die Funktionalität des internen Effektes, je größer der Fuß war. Deshalb sank auch die Leistung. Bei der externen Fokusgruppe blieb die Funktionalität des mentalen Bildes bestehen, unabhängig davon, wie groß der Fuß war. Deshalb zeigte die interne Fokusgruppe einen Zusammenhang zwischen Fußgröße und Leistung, aber nicht die externe Fokusgruppe.

Wii-Erfahrung (H1a PH1), Gewicht (H1a PH2) und Anzahl invalider Durchgänge (H1a PH3) wurden jeweils additiv in das Regressionsmodell zu Hypothese H1a hinzugefügt, um zu prüfen, ob sie den Fokuseffekt durch die Hinzunahme verringern. Nach jeweiligem Hinzufügen von Wii-Erfahrung und Gewicht wurde der Fokuseffekt nicht mehr signifikant. Es stellt sich somit die Frage, ob die Leistungsunterschiede auf den Aufmerksamkeitsfokus zurückgeführt werden können oder ob Wii-Erfahrung oder Gewicht den Leistungsunterschied verursacht haben. Bei näherer Betrachtung der Variable Wii-Erfahrung (siehe Abbildung 8.10 links auf S. 102) fallen drei Aspekte auf: Erstens gaben lediglich vier Versuchspersonen an, Wii-Erfahrung zu besitzen, die alle zufällig der externen Fokusgruppe zugeordnet wurden. Zweitens war Wii-Erfahrung mit einer schlechteren Leistung assoziiert und nicht, wie man vermuten würde, mit einer besseren Leistung. Drittens ist auch innerhalb der Gruppe ohne Wii-Erfahrung deskriptiv zu erkennen, dass die externe Fokusgruppe eine schlechtere Leistung zeigte. Aus diesen Gründen kann nun argumentiert werden, dass der Leistungsunterschied nicht allein auf die Wii-Erfahrung zurückgeführt werden kann.

Bei der additiven Hinzunahme der Variable Gewicht wurde der Fokuseffekt ebenfalls nicht mehr signifikant. In Abbildung 8.10 rechts auf S. 102 erkennt man, dass höheres Gewicht der Versuchspersonen mit einer schlechteren Leistung beim Training assoziiert war. Es können zwei Erklärungsansätze herangezogen werden: Entweder führt das höhere Gewicht der Versuchspersonen zu größeren Messfehlern des Wii Balance Boards und damit zu schlechterer Leistung. Oder Versuchspersonen mit höherem Gewicht sind weniger trainiert und zeigen deshalb eine schlechtere Leistung. Die erste Erklärung scheidet aus, da das Wii Balance Board bis zu einem Gewicht von 150 kg zugelassen ist (Nintendo, 2008). Außerdem untersuchten Huurnink, Fransz, Kingma und van Dieën (2013) das Rauschverhalten des Wii Balance Boards bis zu einem Gewicht von 80 kg und stellten fest, dass das Wii Balance Board im Vergleich zu einer Labordruckplatte innerhalb dieser Gewichtsklasse akkurat genug ist, um den Druckschwerpunkt zu messen. Im vorliegenden Experiment wog die schwerste Versuchsperson 87 kg und war damit die einzige Versuchsperson, die mehr als 80 kg wog. Um die zweite Erklärung zu untersuchen, muss man die Körperfülle von der Körpergröße separieren. Die Körpergröße wurde nämlich bereits als moderierende Variable identifiziert und hat augenscheinlich nichts mit dem Trainingszustand einer Person zu tun. Deshalb wurde der Body-Mass-Index (BMI) berechnet, welches das Körpergewicht in Relation zur Körpergröße setzt (Quotient aus Körpergewicht in kg und Körpergröße in m zum Quadrat). Die Variable BMI wurde in das Regressionsmodell zu Hypothese H1a hinzugefügt und diesmal blieb der Fokuseffekt signifikant ($t(19) = 1.794$, $p = 0.04$). Somit scheidet auch die zweite Erklärung aus. Wahrscheinlich wurde der Fokuseffekt deshalb nicht mehr beim Hinzufügen der Variable Gewicht signifikant, da eine Interaktion nicht zugelassen wurde, aber Körpergröße, welches maßgeblich das Gewicht beeinflusst, einen moderierenden Einfluss auf die Leistung ausübte. Das Konstanthalten der beiden Regressionsanstiege führte somit dazu, dass der Abstand zwischen den Regressiongeraden gering ausfiel.

Beim additiven Hinzufügen der Variable Anzahl invalider Durchgänge in das Regressionsmodell zu H1a blieb der Fokuseffekt signifikant. Das Hinzufügen erhöhte sogar die (partielle) Effekt-

stärke des Fokuseffekts. Daraufhin wurde es auch in das Regressionsmodell zu Hypothese H3a additiv hinzugefügt, da der Fokuseffekt dort nur eine Tendenz zeigte. Durch das Hinzufügen wurde der Fokuseffekt in Bezug auf die Leistung beim Test signifikant. In beiden Fällen bildet die Anzahl invalider Durchgänge eine Supressorvariable, da sie nicht mit der AV im Zusammenhang stand, aber innerhalb der Fokusgruppen Störvarianz aufklärte. In Abbildung 8.11 auf S. 103 wird ersichtlich, dass je öfter eine Versuchsperson innerhalb der beiden Fokusgruppen vom Wii Balance Board herunterfiel, desto schlechter auch ihre Leistung beim Training und beim Test war.

Bei der Versuchsdurchführung war aufgefallen, dass auch Fälle eingetreten waren, bei denen die Versuchspersonen zwar das Gleichgewicht verloren und den zweiten Fuß abgesetzt haben, aber insgesamt noch mit genügend Gewicht auf dem Balance Board standen, sodass der Versuchsdurchgang nicht abgebrochen und als valide abgespeichert wurde. Um Gleichgewichtsverlust also noch sensitiver messen zu können, sollte bei den nächsten Experimenten bereits das Berühren des Bodens mit dem zweiten Fuß erfasst werden.

Vierte Fragestellung

Die Frage, ob die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt, muss aufgrund der Befundlage verneint werden. Weder bei der Leistung beim Training (H1b), noch beim Lernen beim Training (H2b) oder der Leistung beim Test (H3b) konnte gezeigt werden, dass der Fokuseffekt beim hinteren Zielpunkt größer war als beim vorderen Zielpunkt.

Eine Interaktion war deshalb vermutet worden, da bei einer höheren Aufgabenschwierigkeit besonders bei Anfängern mehr mentale Ressourcen benötigt werden, um die Gleichgewichtsaufgabe zu erlernen. Durch eine größere mentale Belastung sollte der Aufmerksamkeitsfokus umso wichtiger sein. Deshalb war vermutet worden, dass der Fokuseffekt bei einer höheren Aufgabenschwierigkeit wegen der stärkeren mentalen Belastung größer sei. Im Rahmen der ersten Fragestellung wurde argumentiert, dass die externe Fokusgruppe sich von der internen Fokusgruppe darin unterschied, dass sie eine zusätzliche mentale Belastung erfahren hatte, nämlich die Aufrechterhaltung eines mentalen Bildes. Folglich wurde die mentale Belastung nicht nur anhand der Aufgabenschwierigkeit, sondern auch anhand des Aufmerksamkeitsfokus manipuliert.

Möglicherweise haben das Aufrechterhalten des mentalen Bildes und die Bewegungsausführung beim hinteren Zielpunkt jeweils zu einer stärkeren mentalen Belastung geführt, welches wiederum zu einer schlechteren Leistung führte. Aufgabenschwierigkeit und Aufmerksamkeitsfokus waren somit keine unterschiedlichen Faktoren, die interagiert haben, sondern bezogen sich beide auf denselben Faktor, nämlich die mentale Belastung, die einen additiven Effekt auf die Leistung hatte. Anhand der Daten (siehe Abbildung 8.6 auf S. 96) könnte man folgende vier Belastungsstufen vermuten:

- Belastungsstufe 1: interner Effekt (interne Fokusgruppe) + vorderer Zielpunkt

- Belastungsstufe 2: interner Effekt + mentales Bild (externe Fokusgruppe) + vorderer Zielpunkt
- Belastungsstufe 3: interner Effekt (interne Fokusgruppe) + hinterer Zielpunkt
- Belastungsstufe 4: interner Effekt + mentales Bild (externe Fokusgruppe) + hinterer Zielpunkt

Zusammenfassung

In Experiment 1 wurde eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe realisiert, indem Versuchspersonen einbeinig auf dem Wii Balance Board standen und zielgerichtet ihr Gleichgewicht nach vorne oder nach hinten verlagern sollten. Sie sollten sich entweder extern oder intern fokussieren. Die externe Fokusgruppe zeigte eine schlechtere Leistung beim Training (H1a) und unter Konstanthaltung der Anzahl invalider Durchgänge auch eine schlechtere Leistung beim Test (H3a). Der Fokuseffekt in Bezug auf den Lerneffekt (H2a) und der multiplikative Einfluss der Aufgabenschwierigkeit (H1b, H2b, H3b) konnten nicht bestätigt werden. Die schlechtere Leistung der externen Fokusgruppe wird auf eine Doppelbelastung zurückgeführt, die durch das mentale Bild hervorgerufen wurde. Bei körperorientierten Gleichgewichtsaufgaben ohne wahrnehmbare externe Effekte, auf die fokussiert werden kann, sollte der interne Aufmerksamkeitsfokus favorisiert werden. Dies widerspricht der Generalitätshypothese, die den externen Aufmerksamkeitsfokus auch dann als überlegen ansieht, wenn dieser anhand mentaler Bilder erzeugt wird. Die Funktionalitätshypothese wurde durch die Ergebnisse gestützt, da sie den internen Aufmerksamkeitsfokus als überlegen vorhergesagt hat. Die Überlegenheit kommt daher zustande, da die fokussierten internen Effekte einfacher wahrzunehmen waren als die fokussierten externen Effekte. In diesem Experiment wurde der Extremfall untersucht, bei dem sich die Wahrnehmung der externen Effekte als so schwierig gestaltete, dass man mentaler Bilder bedurfte.

Im nächsten Experiment sollte untersucht werden, welcher Aufmerksamkeitsfokus überlegen ist, wenn zu der körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe aus Experiment 1 eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird. Dieses Experiment wird im folgenden Kapitel dargestellt.

9 Experiment 2

9.1 Hypothesen

In Experiment 2 wurde die gleiche körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe wie in Experiment 1 trainiert. Im Gegensatz zu Experiment 1 bekamen die Versuchspersonen während der Bewegungsausführung eine zusätzliche, direkte Rückmeldung in Form eines beweglichen, grauen Punktes, die beim Test nicht mehr gezeigt wurde. Die zusätzliche, direkte Rückmeldung sollten die Versuchspersonen entweder intern oder extern interpretieren. Bei diesem Experiment sollte beantwortet werden, welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training zu besseren Ergebnissen (zweite Fragestellung) und welcher zu höheren Kosten beim Test führt (dritte Fragestellung). Außerdem sollte untersucht werden, ob die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt (vierte Fragestellung). Im Folgenden sollen die inhaltlichen Hypothesen zu den drei Fragestellungen und zu den Nebenfragestellungen formuliert werden.

Hypothesen zur zweiten Fragestellung

In Experiment 2 sollte die Fragestellung untersucht werden, welcher Aufmerksamkeitsfokus zum besserem Lernen und/ oder besserer Leistung beim Training führt, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird.

Das Experiment von Shea und Wulf (1999) wurde bereits vorgestellt (siehe S. 66). Es bildet das klassische Experiment, welches den Einfluss des Aufmerksamkeitsfokus in Abhängigkeit von einer zusätzlichen, direkten Rückmeldung untersucht hat. Versuchspersonen standen dabei auf einer beweglichen Plattform. Der Faktor Aufmerksamkeitsfokus wurde realisiert, indem die Versuchspersonen instruiert wurden entweder auf ihre Füße (intern) oder auf die Marker auf der Plattform (extern) zu fokussieren. Der Faktor Rückmeldung wurde realisiert, indem Versuchspersonen entweder eine zusätzliche, direkte Rückmeldung bekamen oder nicht. Die zusätzliche, direkte Rückmeldung bestand aus zwei visuellen Balken, die die Neigung der Plattform angaben. Den Versuchspersonen wurde mitgeteilt, dass die Balken entweder die Marker (extern) oder ihre Füße (intern) repräsentieren. Beim Test ohne zusätzliche, direkte Rückmeldung führte der externe Aufmerksamkeitsfokus gemittelt über den Faktor Rückmeldung als auch die zusätzliche, direkte Rückmeldung gemittelt über den Faktor Aufmerksamkeitsfokus zu einer besseren Leistung. Es gab keine signifikante Interaktion. Da es einen signifikanten Haupteffekt Aufmerksamkeitsfokus und keine signifikante Interaktion gab, kann geschlussfolgert werden, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus in beiden Stufen des Faktors Rückmeldung zu besseren Ergebnissen führte. Die zusätzliche, direkte Rückmeldung hat also die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus gegenüber dem internen Aufmerksamkeitsfokus nicht verändert.

Die Gleichgewichtsaufgabe bei Shea und Wulf (1999) ist ohne die zusätzliche, direkte Rückmeldung umweltorientiert (Plattform bewegen) und bleibt umweltorientiert, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird (visuelle Balken bewegen). Deshalb ist die Rückmeldung weitgehend redundant und führt nicht zur Abhängigkeit. Im Gegensatz dazu verändert sich eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe durch das Hinzufügen einer zusätzlichen, direkten Rückmeldung in eine umweltorientierte Gleichgewichtsaufgabe. Dadurch, dass die Gleichgewichtsaufgabe nun umweltorientiert ist, sollte beim Training der externe Aufmerksamkeitsfokus zu besserer Leistung und besserem Lernen führen (siehe S. 65). Es wurden folgende zwei Hypothesen aufgestellt:

Hypothese H1a:

Beim Training führt der interne Aufmerksamkeitsfokus zu einer schlechteren Leistung als der externe Aufmerksamkeitsfokus.

Hypothese H2a:

Beim Training führt der interne Aufmerksamkeitsfokus zu einem kleineren Lerneffekt als der externe Aufmerksamkeitsfokus.

Hypothese zur dritten Fragestellung

In Experiment 2 sollte zusätzlich untersucht werden, welchen Einfluss der Aufmerksamkeitsfokus auf die Kosten hat, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht mehr dargeboten wird. Im Gegensatz zu umweltorientierten Gleichgewichtsaufgaben, bei denen externe Effekte fester Bestandteil der Aufgabe sind, dient der zusätzliche externe Effekt bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe lediglich als Hilfestellung. Das bedeutet, die Gleichgewichtsaufgabe ist nur während des Trainings umweltorientiert, während des Tests wieder körperorientiert. Es sollte untersucht werden, ob gerade das, was den externen Aufmerksamkeitsfokus beim Vorhandensein der zusätzlichen, direkten Rückmeldung überlegen macht, die Leistung beim Test ohne zusätzliche, direkte Rückmeldung verschlechtert.

Bei Shea und Wulf (1999) haben die Versuchspersonen deskriptiv keine Kosten, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung beim Test entfernt wurde, die Leistung stieg sogar deskriptiv von Sitzung 2 auf Sitzung 3 (der Kosteneffekt wurde in der Studie nicht inferenzstatistisch untersucht). Die deskriptiven Ergebnisse können dadurch erklärt werden, dass sich der Aufgabentyp durch die zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht veränderte. Die Information der zusätzlichen, direkten Rückmeldung war redundant zu der inhärenten Rückmeldung der ursprünglichen Gleichgewichtsaufgabe. Dies ist im vorliegendem Experiment anders: Wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung entfernt wurde, wurde aus der umweltorientierten Gleichgewichtsaufgabe während des Trainings eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe während des Tests. Die Information, die die zusätzliche, direkte Rückmeldung während des Trainings lieferte, war somit nicht redundant. Deshalb wurde ein Kosteneffekt erwartet (siehe Hypothese N2).

Die Fokusgruppen sollten wie bei Shea und Wulf (1999) die zusätzliche, direkte Rückmeldung intern oder extern interpretieren. Da die interne Fokusgruppe stärker die inhärente Rückmeldung der Gleichgewichtsaufgabe fokussiert, die ohne die zusätzliche, direkte Rückmeldung funktional ist, sollte sie weniger Kosten haben, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung wegfällt. Aus dieser Annahme heraus wurde folgende Hypothese formuliert:

Hypothese H3a:

Beim Test führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einem größeren Kosteneffekt als der interne Aufmerksamkeitsfokus.

Hypothesen zur vierten Fragestellung

Wie bereits in Experiment 1 wurde auch in Experiment 2 getestet, ob die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt:

Hypothese H1b:

Der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Training ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.

Hypothese H2b:

Der Fokuseffekt bezogen auf den Lerneffekt beim Training ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.

Hypothese H3b:

Der Fokuseffekt bezogen auf den Kosteneffekt beim Test ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.

Hypothesen zu den Nebenfragestellungen

Die Überlegungen zu den Hypothesen N1 und N3 entsprechen denen aus Experiment 1 (siehe S. 78). Hypothese N2 ändert sich nun, da eine zusätzliche, direkte Rückmeldung während des Trainings hinzugefügt wurde. Dadurch wurde angenommen, dass beim Test, wenn diese zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht mehr vorhanden ist, ein Kosteneffekt entsteht (siehe S. 68). Die drei Hypothesen lauten also folgendermaßen:

Hypothese N1:

Die Leistung ist schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2 (= Lerneffekt).

Hypothese N2:

Die Leistung ist schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2 (= Kosteneffekt).

Hypothese N3:

Gemittelt über alle drei Sitzungen ist die Leistung beim hinteren Zielpunkt schlechter als beim vorderen Zielpunkt (= ist der hintere Zielpunkt schwieriger).

Nachdem die konkreten inhaltlichen Hypothesen für Experiment 2 dargestellt wurden, soll nun auf die Methoden eingegangen werden.

9.2 Methoden

Da Experiment 2 sehr stark an Experiment 1 angelehnt war, wird im Folgenden nur auf die Unterschiede zu Experiment 1 näher eingegangen. Zur besseren Übersichtlichkeit wird die Aufteilung in die einzelnen Abschnitte beibehalten.

Unabhängige Variablen (UV)

Wie im ersten Experiment wurden der Aufmerksamkeitsfokus (UV1), die Aufgabenschwierigkeit (UV2) und die Sitzung (UV3) variiert. Die beiden unabhängigen Variablen Sitzung und Aufgabenschwierigkeit wurden identisch umgesetzt wie in Experiment 1. Bei der Realisierung des Aufmerksamkeitsfokus kam eine zusätzliche Instruktion in Bezug auf den beweglichen, grauen Punkt hinzu (siehe Abbildung 9.1).



Abbildung 9.1: Zusatzinformationen in Bezug auf die Fokusinstruktionen.

Abhängige Variable

Die abhängige Variable wurde genauso berechnet wie im ersten Experiment.

Störvariablen und Maßnahmen zu ihrer Kontrolle

Im ersten Experiment wurde festgestellt, dass Versuchspersonen manchmal das Gleichgewicht zwar kurzfristig verloren, aber nicht herunterfielen, sondern sich lediglich mit dem anderen Bein auf dem Boden abstützen (auch wenn die Versuchspersonen instruiert wurden, mit dem anderen Bein möglichst nicht den Boden zu berühren). Um diese Bodenberührungen ebenfalls erfassen

und als mögliche Störvariable statistisch untersuchen zu können, wurde eine Bodenmatte konstruiert und um das Wii Balance Board gelegt. Diese Bodenmatte erfasste, ob und wie viele Bodenberührungen pro Durchgang stattgefunden haben, sodass neben der Anzahl der invaliden Durchgänge auch die Anzahl der Bodenberührungen registriert werden konnten. Ansonsten gab es keine Änderungen gegenüber dem ersten Experiment in Bezug auf die Erfassung und Kontrolle von Störvariablen.

Experimentablauf

Die Gleichgewichtsaufgabe unterschied sich vom ersten Experiment nur in einem Aspekt: Der Druckschwerpunkt wurde während der Durchgänge auf dem Bildschirm anhand eines beweglichen, grauen Punktes (= zusätzliche, direkte Rückmeldung) dargestellt. Dieser wurde nur beim Training dargestellt. D.h. beim Test bekamen die Versuchspersonen weder die zusätzliche, direkte, simultane Rückmeldung (grauer Punkt) noch die zusätzliche, indirekte, abschließende Rückmeldung (Verlauf + Zahl) zu sehen. Der Versuchsablauf entsprach ansonsten dem aus Experiment 1.

Nachbefragung

Bei der Nachbefragung wurden zusätzlich zu den Fragen aus dem ersten Experiment zwei Fragen hinzugefügt. Die erste Frage lautete: *„Als was hast Du Dir den grauen Punkt vorgestellt?“* Diese Frage diente der Manipulationskontrolle und wurde gemeinsam mit den anderen offenen Fragen zum Aufmerksamkeitsfokus gestellt. Versuchspersonen wurden aus der Analysestichprobe ausgeschlossen, wenn sie angaben, sich den Punkt nicht wie instruiert vorgestellt zu haben.

Die zweite Frage lautete: *„Befand sich der graue Punkt an der Stelle, wo Du ihn vermutet hättest?“* Diese Frage wurde gemeinsam mit den Fragen zur Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe gestellt. Damit sollte explorativ untersucht werden, ob die Fokusgruppen sich darin unterschieden, wie stark der visuell und der propriozeptiv wahrgenommene Druckschwerpunkt eine Einheit bildete.

In Bezug auf das Inattentional-Blindness-Phänomen gab es keine Veränderungen der Manipulation und der Erhebungsmethode im Vergleich zum ersten Experiment.

Statistisches Modell

Das statistische Modell entsprach dem aus Experiment 1.

Population und Planung der Stichprobe

Die Einschlusskriterien und die Festlegung der Stichprobengröße war identisch zu Experiment 1. Um die Motivation zur Teilnahme zu steigern, wurde als Vergütung neben der Teilnahmebescheinigung unter allen Versuchspersonen vier Mal 20 Euro verlost. Zusätzlich wurde die Versuchsperson mit der besten Leistung ermittelt, die ebenfalls 20 Euro ausgehändigt bekam.

9.3 Datenanalyse und Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse von Experiment 2 vorgestellt. Für die quantitative Auswertung der Daten wurde R (Version 3.4.0, R Core Team, 2017) und für die qualitative Auswertung der Nachbefragung MAXQDA (Version 12.3.5, MAXQDA, 2017) verwendet.

Stichprobenbeschreibung

Insgesamt 24 Versuchspersonen nahmen am Experiment teil. Davon wurden zwei Versuchspersonen aus der Analysestichprobe ausgeschlossen. Eine Versuchsperson gab an, den Aufmerksamkeitsfokus nicht angewendet zu haben (*„Dadurch, dass die Plattform sich nicht wirklich bewegt hat, konnte ich mir das nicht vorstellen, dass ich sie tatsächlich damit bewegen würde.“*). Bei der anderen Versuchsperson wurde protokolliert, dass sie nicht auf einem Bein stehen konnte, und wurde zusätzlich als Ausreißer identifiziert. Somit betrug die Analysestichprobe 22 Versuchspersonen (11 pro Fokusgruppe).

Die deskriptive und inferenzstatistische Auswertung der kategorialen Variablen befindet sich in Tabelle 9.1 und die der metrischen Variablen in Tabelle 9.2. Bei den kategorialen Variablen wurde der Chi-Quadrat-Test (mit ggf. simuliertem p-Wert) und bei den metrischen Variablen der Zwei-Stichproben-t-Test verwendet.

Tabelle 9.1: Stichprobenbeschreibung: Kategoriale (Stör-)Variablen.

Kategoriale (Stör-)Variablen	Intern Anzahl	Extern Anzahl	Chi-Quadrat-Test[2]
Geschlecht			
Weiblich	6	5	$p = 1$
Männlich	5	6	
Expertise[1]			
1	1	2	$p = 0.865$
2	5	3	
3	4	5	
4	1	1	
Fehlstellung			
Nein	10	8	$p = 0.576$
Ja	1	3	
Wii-Erfahrung			
Nein	7	10	$p = 0.312$
Ja	4	1	
Beruf			
Student	11	11	

Anmerkungen: * $p < 0.2$

[1] Je größer die Zahl, desto höher die Expertise.

[2] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert (Patefield, 1981).

Tabelle 9.2: Stichprobenbeschreibung: Metrische (Stör-)Variablen.

Metrische (Stör-)Variablen	Intern Mittelwert (SD)	Extern Mittelwert (SD)	Zwei-Stichproben-t-Test Zweiseitig
Alter (Jahre)	26.82 (3.84)	25.36 (2.06)	$t(20) = -1.11$, $p = 0.282$
Größe (cm)	176.27 (8.71)	174.45 (7.01)	$t(20) = -0.54$, $p = 0.595$
Gewicht (kg)	72.01 (14.81)	68.03 (7.8)	$t(20) = -0.79$, $p = 0.439$
Händigkeitsskala[1]	0.53 (0.69)	0.56 (0.47)	$t(20) = 0.11$, $p = 0.912$
Rechter Fuß (cm)	250.91 (14.11)	249.09 (12.43)	$t(20) = -0.32$, $p = 0.752$
Linker Fuß (cm)	252.64 (14.04)	251.18 (11.82)	$t(20) = -0.26$, $p = 0.795$
Anzahl invalider Durchgänge	1.09 (0.94)	2.09 (2.63)	$t(20) = 1.19$, $p = 0.248$
Anzahl Bodenberührungen	3.18 (3.37)	1.27 (1.42)	$t(20) = -1.73$, $p = 0.099$ *

Anmerkungen: * $p < 0.2$, SD = Standardabweichung
[1] Händigkeitsskala umfasst ein Kontinuum mit Werten zwischen -1 (linkshändig) und 1 (rechtshändig).

Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.2$ zeigte die Variable Anzahl der Bodenberührungen einen signifikanten Gruppenunterschied: die Anzahl der Bodenberührungen war in der externen Fokusgruppe kleiner als in der internen Fokusgruppe ($t(20) = -1.73$, $p = 0.099$). Diese Variable wurde im Rahmen der post hoc Störvariablenanalyse als Prädiktor in das reparametrisierte Modell aufgenommen. Falls der Fokuseffekt auf die abhängige Variable nicht durch die Konfundierung mit der Anzahl der Bodenberührungen erklärt werden kann, dürfte der Fokuseffekt bei Hinzunahme dieser Variablen nicht verschwinden.

Hypothesenprüfung

Die Zellenmittelwerte und die Standardabweichungen für alle Stufen der drei UVs sind in Tabelle 9.3 aufgelistet. In Abbildung 9.2 sind diese zusätzlich grafisch dargestellt.

Es soll nun auf die Hypothesen zur zweiten, dritten und vierten Fragestellung und auf die Nebenfragestellungen eingegangen werden. Danach werden die Ergebnisse der post hoc Störvariablenanalyse dargestellt. In Tabelle 9.4 sind alle inferenzstatistischen Ergebnisse zusammengefasst. Alle Hypothesen wurden einseitig auf dem Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$ getestet. Die Formulierung der statistischen Hypothesen anhand der Erwartungswerte der neuen Zufallsvariablen W_i befindet sich für die zweite, dritte und vierte Fragestellung in Anhang C. Für die

Tabelle 9.3: Zellenmittelwerte.

	Sitzung 1		**Sitzung 2**		**Sitzung 3**	
	vorne	hinten	vorne	hinten	vorne	hinten
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)
Intern	7.23 (1.31)	13.68 (4.3)	7.23 (1.21)	12.73 (4.19)	12.5 (4.42)	14.36 (5.4)
Extern	8.95 (2.7)	12.91 (3.86)	7.82 (1.9)	10.64 (2.95)	13.23 (2.42)	14.59 (4.31)

Anmerkungen: SD = Standardabweichung

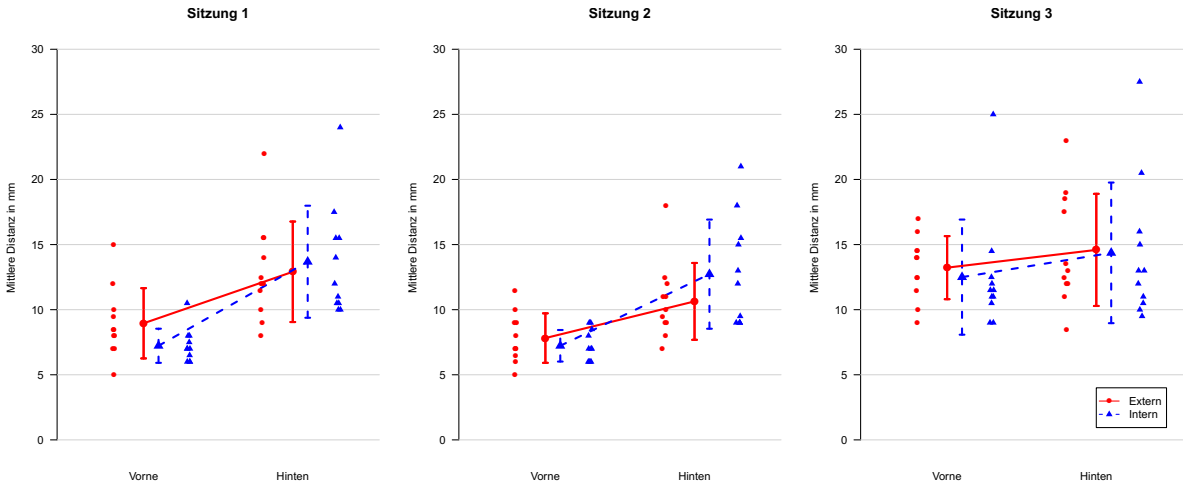


Abbildung 9.2: Leistung aufgeteilt nach Sitzung, Punkt und Fokusgruppe. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Nebenfragestellungen haben sich die statistischen Hypothesen im Vergleich zu Experiment 1 nicht verändert. Deshalb wurden sie in Anhang C nicht nochmal aufgeführt, sondern befinden sich in Anhang B.

Zweite Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die zweite Fragestellung ist in Abbildung 9.3 dargestellt. Die zweite Fragestellung umfasste die Hypothesen H1a und H2a.

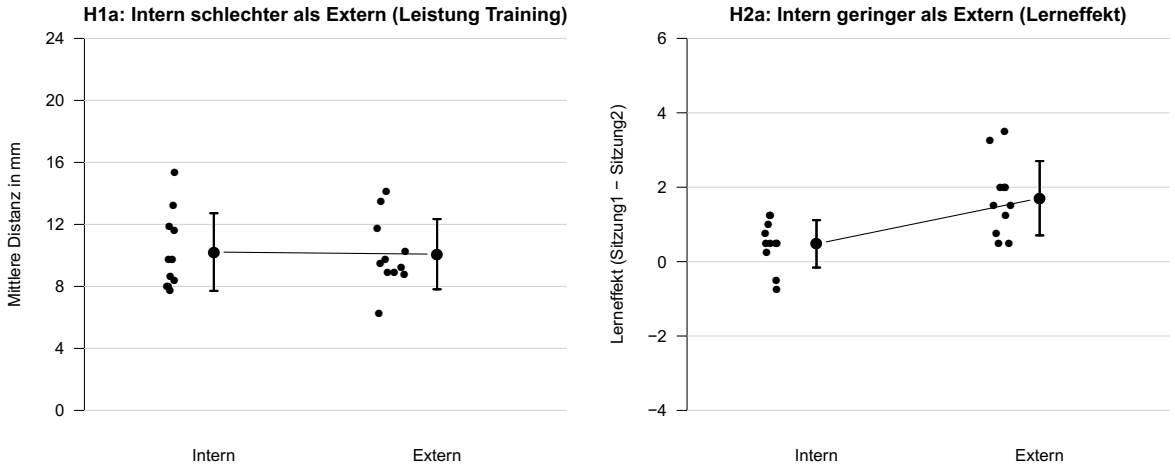


Abbildung 9.3: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die zweite Fragestellung. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

***Hypothese 1a**: Beim Training führt der interne Aufmerksamkeitsfokus zu einer schlechteren Leistung als der externe Aufmerksamkeitsfokus.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = 0.13$, $p = 0.447$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und die inhaltliche Hypothese H1a nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass die interne Fokusgruppe keine erheblich schlechtere Leistung beim Training zeigt als die externe Fokusgruppe. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistung beim Training beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Hypothese 2a: *Beim Training führt der interne Aufmerksamkeitsfokus zu einem kleineren Lerneffekt als der externe Aufmerksamkeitsfokus.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde signifikant ($t(20) = 3.44$, $p = 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese H2a bestätigt werden konnte. Beim Training zeigte die interne Fokusgruppe einen kleineren Lerneffekt als die externe Fokusgruppe. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz des Lerneffektes wird auf 37% geschätzt.

Tabelle 9.4: Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung.

Hypothesen	t-Wert	p-Wert[1]	Effektstärke[2]
(2) Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt zu besserer Leistung und/ oder besserem Lernen beim Training, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird?			
H1a: Intern schlechter als Extern (Leistung Training)	$t(20) = 0.13$	0.447	$\eta^2 < 0.28$
H2a: Intern geringer als Extern (Lerneffekt)	$t(20) = 3.44$	0.001 *	$\hat{\eta}^2 = 0.37$
H2a PH1: H2a + Anzahl der Bodenberührungen	$t(19) = 3.94$	< 0.001 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.45$
H2a PH2: H2a + Expertise	$t(17) = 4.08$	< 0.001 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.49$
(3) Welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung führt zu höheren Kosten beim Test?			
H3a: Extern größer als Intern (Kosteneffekt)	$t(20) = 1.2$	0.122	$\eta^2 < 0.28$
(4) Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt?			
H1b: hinten größerer Fokuseffekt (Leistung Training)	$t(20) = 1.72$	0.051	$\eta^2 < 0.28$
H1b PH1: H1b + Anzahl der Bodenberührungen	$t(19) = 1.73$	0.0498 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.14$
H1b PH2: H1b + Expertise	$t(17) = 2.21$	0.02 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.22$
H2b: hinten größerer Fokuseffekt (Lerneffekt)	$t(20) = 0.23$	0.41	$\eta^2 < 0.28$
H3b: hinten größerer Fokuseffekt (Kosteneffekt)	$t(20) = 0.98$	0.17	$\eta^2 < 0.28$
Nebenfragestellungen			
N1: Lerneffekt vorhanden	$t(20) = 6.11$	< 0.001 *	$\hat{d} = 1.3$
N2: Kosteneffekt vorhanden	$t(20) = 7.96$	< 0.001 *	$\hat{d} = 1.7$
N3: hinten schlechter als vorne	$t(20) = 4.6$	< 0.001 *	$\hat{d} = 0.98$

Anmerkungen: * $p < 0.05$

[1]Alle Hypothesen über α_1 und μ wurden einseitig getestet.

[2] Wenn der Effekt signifikant wurde, wurde die Effektstärke aus der Stichprobe geschätzt. Wenn der Effekt nicht signifikant wurde, wurde angegeben, wie groß die Effekte höchstens sein können (größere Effekte können mit einer hohen Sicherheit ausgeschlossen werden, da sie in 80% der Fälle signifikant geworden wären).

Dritte Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu der Hypothese in Bezug auf die dritte Fragestellung ist in Abbildung 9.4 dargestellt. Die dritte Fragestellung umfasste die Hypothese H3a.



Abbildung 9.4: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die dritte Fragestellung. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Hypothese 3a: *Beim Test führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einem größeren Kosteneffekt als der interne Aufmerksamkeitsfokus.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = 1.2$, $p = 0.122$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und die inhaltliche Hypothese H3a nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass die externe Fokusgruppe keinen erheblich größeren Kosteneffekt zeigt als die interne Fokusgruppe. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz des Kosteneffektes beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Vierte Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung ist in Abbildung 9.5 dargestellt. Die vierte Fragestellung umfasste die Hypothesen H1b, H2b und H3b.

Hypothese 1b: *Der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Training ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = 1.72$, $p = 0.051$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H1b nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Training beim hinteren Zielpunkt nicht erheblich größer ist als beim vorderen Zielpunkt. Der Anteil der

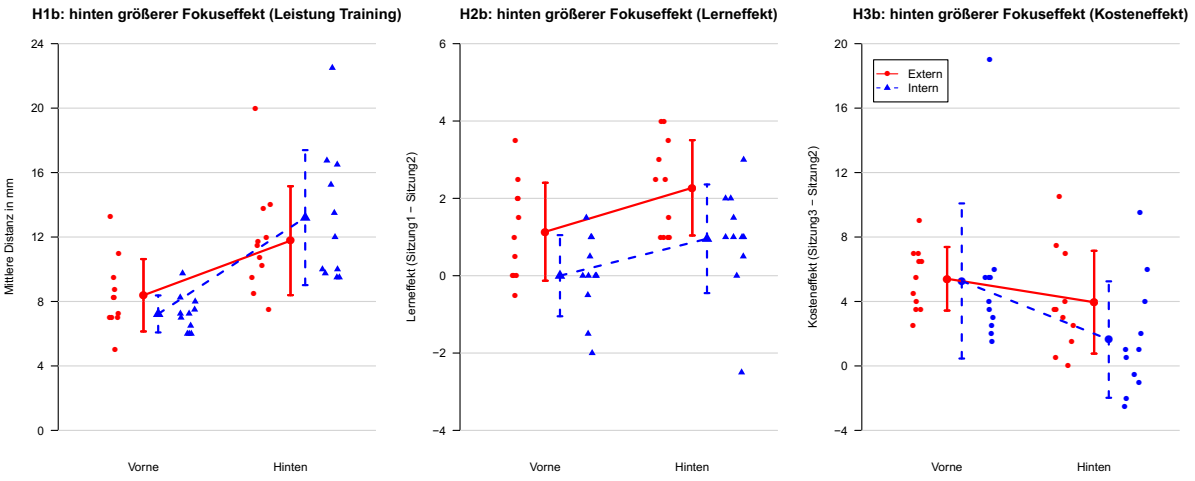


Abbildung 9.5: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistungsdifferenz zwischen den beiden Zielpunkten beim Training beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Hypothese 2b: *Der Fokuseffekt bezogen auf den Lerneffekt beim Training ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = 0.23$, $p = 0.41$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H2b nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass der Fokuseffekt bezogen auf den Lerneffekt beim hinteren Zielpunkt nicht erheblich größer ist als beim vorderen Zielpunkt. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Differenz zwischen den beiden Zielpunkten bezogen auf den Lerneffekt beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Hypothese 3b: *Der Fokuseffekt bezogen auf den Kosteneffekt beim Test ist größer beim hinteren Zielpunkt als beim vorderen Zielpunkt.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = 0.98$, $p = 0.17$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und die inhaltliche Hypothese H3b nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass der Fokuseffekt bezogen auf den Kosteneffekt beim hinteren Zielpunkt nicht erheblich größer ist als beim vorderen Zielpunkt. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Differenz zwischen den beiden Zielpunkten bezogen auf den Kosteneffekt beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Nebenfragestellungen

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen ist in Abbildung 9.6 dargestellt. Die Nebenfragestellungen umfassten die Nebenhypothesen N1, N2 und N3.

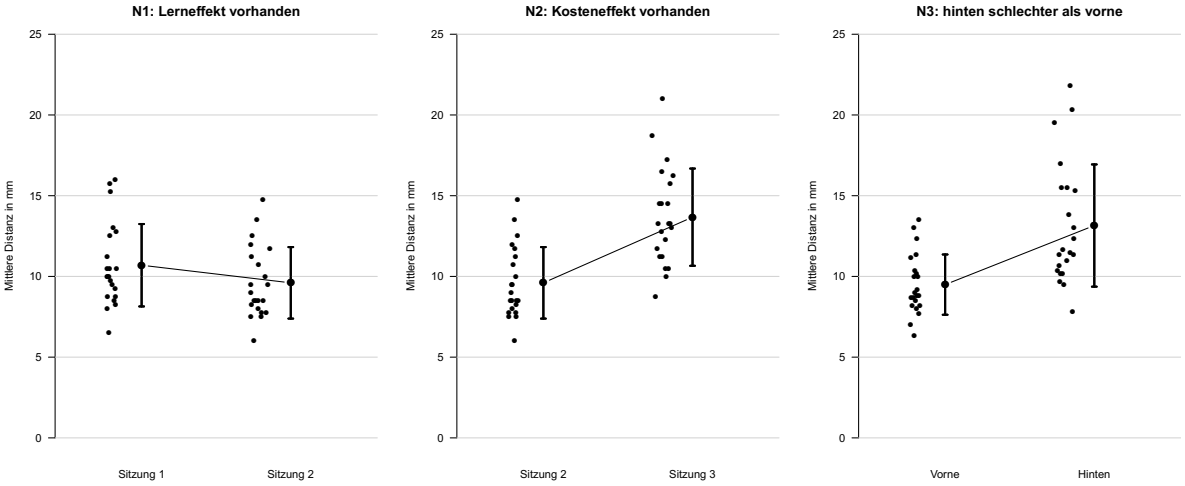


Abbildung 9.6: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Hypothese N1: *Die Leistung ist schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2 (= Lerneffekt).*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\mu}$ wurde signifikant ($t(20) = 6.11$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N1 bestätigt werden konnte. Die Leistung war schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Sitzungen beträgt 1.3 Standardabweichungen.

Hypothese N2: *Die Leistung ist schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2 (= Kosteneffekt).*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\mu}$ wurde signifikant ($t(20) = 7.96$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N2 bestätigt werden konnte. Die Leistung war schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Sitzungen beträgt 1.7 Standardabweichungen.

Hypothese N3: *Gemittelt über alle drei Sitzungen ist die Leistung beim hinteren Zielpunkt schlechter als beim vorderen Zielpunkt (= ist der hintere Zielpunkt schwieriger).*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\mu}$ wurde signifikant ($t(20) = 4.6$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N3 bestätigt werden konnte. Gemittelt über alle drei Sitzungen war die Leistung beim hinteren Zielpunkt schlechter als beim vorderen Zielpunkt, d.h. der hintere Zielpunkt war schwieriger. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Zielpunkten beträgt 0.98 Standardabweichungen.

Post hoc Störvariablenanalyse

Bei der Untersuchung möglicher konfundierender Variablen wurde die Variable Anzahl der Bodenberührungen näher betrachtet (siehe Abbildung 9.7), denn sie wies auf dem Signifikanzni-

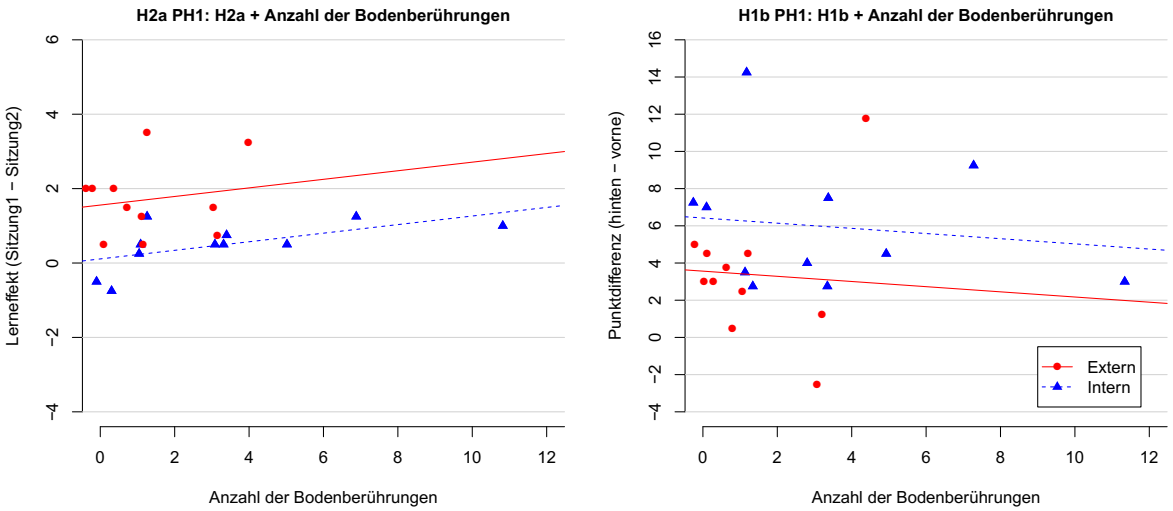


Abbildung 9.7: Zusammenhang zwischen Lerneffekt beim Training bzw. Punktdifferenz beim Training und Fokusgruppe unter Konstanthaltung von Anzahl der Bodenberührungen. Die einzelnen Werte werden durch Punkte und die Regressionsgeraden durch Linien dargestellt.

veau $\alpha = 0.2$ einen signifikanten Zusammenhang mit der Fokusgruppe auf (siehe Stichprobenbeschreibung auf S. 121). Deshalb wurde untersucht, ob durch die additive Hinzunahme dieser Variablen der Zusammenhang zwischen Fokusgruppe und Lerneffekt verringert wird. Es zeigte sich, dass der Zusammenhang sogar anstieg (von $\hat{\eta}^2 = 0.37$ auf $\hat{\eta_p}^2 = 0.45$, siehe Abbildung 9.7 links). Aus diesem Grund wurde auch beim Testen der Hypothese H1b die Variable Anzahl der Bodenberührungen zum Regressionsmodell additiv hinzugefügt. Durch die Hinzunahme dieser Variablen wurde der t-Test signifikant ($t(19) = 1.73$, $p = 0.0498$, siehe Abbildung 9.7 rechts). Die Anzahl der Bodenberührungen zeigte weder mit dem Lerneffekt noch mit der Punktdifferenz einen signifikanten Zusammenhang, sodass die Variable in beiden Regressionsmodellen als Supressorvariable bezeichnet werden kann.

Bei der additiven Hinzunahme der Variablen Expertise (siehe Abbildung 9.8) stieg die partielle Effektstärke der Fokusgruppe in Bezug auf den Lerneffekt (Hypothese H2a) von $\hat{\eta}^2 = 0.37$ auf $\hat{\eta_p}^2 = 0.49$ (siehe Abbildung 9.8 links). Aus diesem Grund wurde Expertise auch in das Regressionsmodell additiv hinzugefügt, mit dem Hypothese H1b getestet wurde. Auch hier wurde der Fokuseffekt, der davor nur einen Trend aufwies, signifikant (siehe Abbildung 9.8 rechts). Die Variable Expertise zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit dem Lerneffekt ($F(3, 18) = 5.08$, $p = 0.01$), aber nur einen Trend in Bezug auf den Zusammenhang mit der Punktdifferenz ($F(3, 18) = 2.71$, $p = 0.8$). Somit kann es als echte Störvariable in Bezug auf den Fokuseffekt bei Hypothese H2a und als Supressorvariable in Bezug auf den Fokuseffekt bei Hypothese H1b bezeichnet werden. Es wurden keine Moderatorvariablen gefunden.

Nachbefragung

Die Ergebnisse der Nachbefragung werden im Folgenden berichtet. Zunächst soll auf die Manipulationskontrolle und auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe eingegangen werden, danach auf das Inattentional-Blindness-Phänomen.

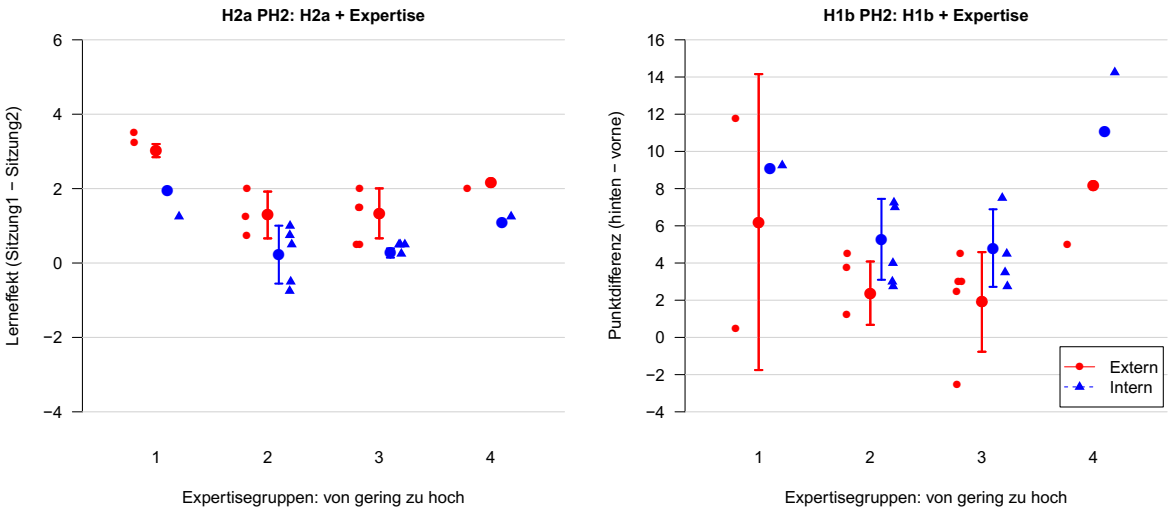


Abbildung 9.8: Zusammenhang zwischen Lerneffekt beim Training bzw. Punktdifferenz beim Training und Fokusgruppe unter Konstanthaltung von Expertise. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die vorhergesagten Werte durch große Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt. Dadurch, dass keine Interaktion zugelassen wurde, entsprechen die vorhergesagten Werte nicht den Mittelwerten pro Zelle.

Manipulationskontrolle

Die Auswertung der Manipulationskontrolle erfolgte analog zu Experiment 1. Die Fokusausprägung in Bezug auf die Plattform und in Bezug auf die Fußsohle ist in Abbildung 9.9 zu sehen. Die Differenz zwischen externer und interner Fokusausprägung ist aufgeteilt auf die drei Sitzungen in Abbildung 9.10 dargestellt. Die gerichteten Zwei-Stichproben-t-Tests wurden bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ für alle drei Sitzungen signifikant (Sitzung 1: $t(20) = 1.92$, $p = 0.03, \hat{d} = 0.82$, ; Sitzung 2: $t(20) = 4.62$, $p < 0.001, \hat{d} = 1.97$; Sitzung 3: $t(20) = 7.71$, $p < 0.001, \hat{d} = 3.29$). Die Differenzen zwischen der externen und internen Fokusausprägung unterschieden sich also zwischen den Fokusgruppen in allen drei Sitzungen.

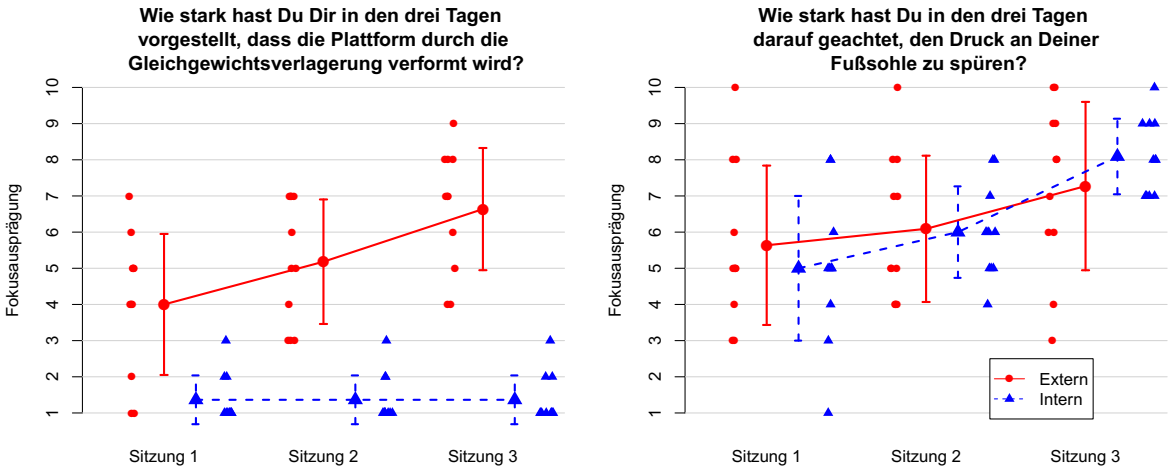


Abbildung 9.9: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (absolute Werte). Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

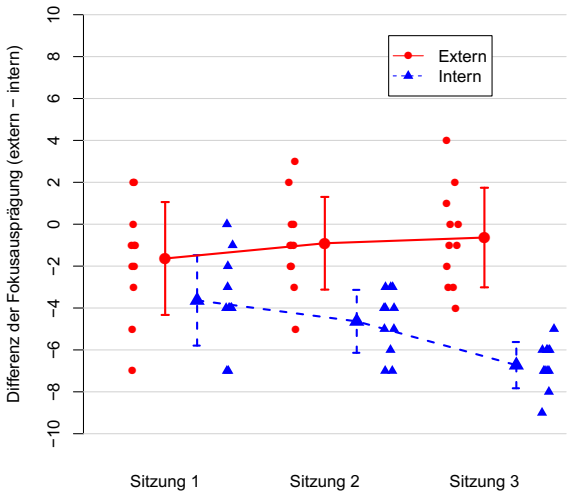


Abbildung 9.10: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (Differenzwerte). Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe

Die Ergebnisse der quantitativen Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe ist in Tabelle 9.5 dargestellt. Bei keiner der Fragen zeigte sich eine signifikante Abhängigkeit zwischen Fokusgruppe und Antwort. Deskriptiv kann festgestellt werden, dass mehr Versuchspersonen aus der internen Fokusgruppe die interne Fokusinstruktion als äquivalent und nicht als Zusatzaufgabe wahrgenommen haben (7 vs. 4), bei der externen Fokusgruppe haben umgekehrt mehr Versuchspersonen angegeben, dass sie die externe Fokusinstruktion als Zusatzaufgabe wahrgenommen haben (7 vs. 4). Mehr Versuchspersonen aus der internen Fokusgruppe empfanden die Fokusinstruktion hilfreich (7 vs. 4), wogegen bei der externen Fokusgruppe die Mehrheit die Fokusinstruktion nicht hilfreich fand (8 vs. 3). Es gaben mehr Versuchspersonen aus der internen Fokusgruppe an, dass sich der graue Punkt an der Stelle befunden hat, wie sie es vermutet haben (8 vs. 3). Bei der externen Fokusgruppe war die Anzahl ungefähr gleich verteilt (5 vs. 6). Über beide Gruppen hinweg haben mehr Versuchspersonen angegeben, dass sie den internen Aufmerksamkeitsfokus als einfacher einschätzen würden, wobei der relative Anteil bei der internen Fokusgruppe größer war (9 vs. 1) als bei der externen Fokusgruppe (6 vs. 3).

Die Ergebnisse der qualitativen Auswertung der Nachbefragung ist in Tabelle 9.6 dargestellt. Die absolute Mehrheit der Versuchspersonen schätzten den internen Aufmerksamkeitsfokus bei dieser Gleichgewichtsaufgabe als einfacher ein im Vergleich zum externen Aufmerksamkeitsfokus (15 vs. 4). Als häufigste Begründung wurde angegeben, dass die Wahrnehmung des Fußdrucks zugänglicher sei als die Vorstellung der Verformung. Zwei Aspekte wurden dabei genannt, die aber sehr eng zusammenhängen: Zum einen sei vor allem für die Versuchspersonen aus der internen Fokusgruppe die Vorstellung, dass sich die Plattform verforme *„unintuitiv “* und *„abstrakt“*, man könne sich *„nichts genau darunter vorstellen können“*. Eine Versuchsperson aus

Tabelle 9.5: Quantitative Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe.

Fragen	Intern Anzahl	Extern Anzahl	Chi-Quadrat-Test[1]
Empfandest Du die Aufgabe, Dir vorzustellen, die Plattform zu verformen bzw. auf den Druck an Deiner Fußsohle zu achten, als Zusatzaufgabe zur Gleichgewichtsverlagerung oder äquivalent mit der Gleichgewichtsverlagerung?			
Äquivalent	7	4	$p = 0.41$
Zusatzaufgabe	4	7	
Fandest Du die Vorstellung, die Plattform zu verformen, hilfreich? bzw. Fandest Du es hilfreich, auf den Druck an der Fußsohle zu achten?			
Nein	4	8	$p = 0.19$
Ja	7	3	
Befand sich der graue Punkt an der Stelle, wo Du ihn vermutet hättest?			
Nein	3	6	$p = 0.39$
Ja	8	5	
(Aufklärung interner und externer Aufmerksamkeitsfokus) Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?			
Intern einfacher	9	6	$p = 0.31$
Extern einfacher	1	3	

Anmerkungen: * $p < 0.05$
[1] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert. (Patefield, 1981)

der internen Fokusgruppe gab an: *„Die Idee der Verformung der Platte mir vorzustellen oder zu beobachten ist mir nicht direkt zugänglich. Wüsste ich jetzt nicht, wie ich mir das vorstellen sollte.“* Wie in Experiment 1 wurde angesprochen, dass die externe Fokusinstruktion eine Zweitaufgabe darstelle: *„Und ich fand es halt einfacher, wenn man einfach nur darauf achtet, wo ist jetzt das Gewicht bei einem selbst und so, anstatt sich auf etwas zusätzliches zu konzentrieren, dass man auf die Plattform achten muss. Also in dem Sinne war das schon irgendwie eine zusätzliche Aufgabe, die den Schwierigkeitsgrad praktisch noch irgendwie erhöht hat oder zumindest von dem, was ich für wichtig bei der Aufgabe halten würde oder hilfreicher, abgelenkt hat.“* Gleichzeitig wurde die Wahrnehmung des Fußdrucks als informativer empfunden. Die Begründung einer Versuchsperson lautete folgendermaßen: *„Weil da die Verschaltung kürzer ist und deswegen das Feedback halt schneller läuft. Da ist die Vorstellung in der Hinsicht besser, dass ich den Druck halt spüre.“* Eine andere Versuchsperson gab an: *„Und auf meine eigene Fußsohle, da spüre ich, da kriege ich ja direkt das Feedback die ganze Zeit“*. Beziehungsweise wurde auf das Fehlen von Information bei der externen Fokusinstruktion hingewiesen: *„aber ich kriege ja gar kein Feedback, jetzt den grauen Punkt vielleicht, aber kein richtiges haptisches Feedback.“* Eine Versuchsperson gab an, dass bei Gleichgewichtsaufgaben generell der interne Aufmerksamkeitsfokus besser sei: *„Ich finde, wenn man allgemein, auch wenn man eine Sport-*

Tabelle 9.6: Auswertung der Frage „Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?“

Intern Anzahl	Extern Anzahl	Antwort
9	6	„Intern einfacher“
8	5	einfacher wahrzunehmen
1	0	Gleichgewichtsaufgabe
0	1	ohne Begründung
1	3	„Extern einfacher“
0	3	hilfreiche Vorstellung
1	0	ohne Begründung
0	1	„Es kommt drauf an“
0	1	Erfahrung
1	1	„Es gibt keinen Unterschied“

art ausübt, wo man jetzt irgendwie auf sein Gleichgewicht achten muss, dass man dann auch mehr mit seinem Körper denkt als auf das Equipment.“ Eine Versuchsperson entschied sich für den internen Aufmerksamkeitsfokus ohne eine Begründung zu geben.

Insgesamt vier Versuchspersonen gaben an, dass sie den externen Aufmerksamkeitsfokus bevorzugen würden. Am häufigsten wurde dies damit begründet, dass die Vorstellung der Verformung hilfreich sei. Das Hilfreiche liege zum einen darin, dass die Vorstellung aktiv etwas zu bewirken (hier die Verformung) einfacher sei als passiv etwas zu empfinden (hier den Fußdruck), man solle *„eher aus sich selber heraus das Geschehen lenken [...], als dass man darauf eingeht, was von außen kommt.“* Dass die externe Fokusinstruktion hilfreich sei, wurde auch folgendermaßen beschrieben: *„Wenn man sich darauf konzentriert, dass sich da eine Mulde bildet, dann ist man plötzlich sicherer und fällt nicht mehr so leicht um, weil man weiß, ok, da ist eine Mulde. Ich bin da jetzt sicher drinne, ich rutsch da nicht aus.“* Eine Versuchsperson entschied sich für den externen Aufmerksamkeitsfokus ohne einen Grund nennen zu können.

Erfahrung wurde von einer Versuchsperson als Moderatorvariable genannt: *„Wenn man jetzt mit Gleichgewichtsport oder mit Gleichgewicht halten jetzt nicht so viel Erfahrung hat [...], dann könnte ich mir vorstellen, dass dieses Externe [...] vielleicht besser ist, weil dann gibt es eher so einen Anhaltspunkt im Raum, eben weil man vielleicht seine Füße nicht so gut kennt. Aber ich glaube, dass Leute, die doch relativ viel Erfahrung mit Gleichgewicht, also keine Ahnung, jetzt, Leute, die tanzen oder auch klettern, wo man auch wirklich mit so dünnen Schuhen klettert, wo man die Druckverformungen spürt. Ich glaube, die könnten das eher mit dem Internalen vielleicht machen, weil sie da besser Bescheid wissen.“* Zwei Versuchspersonen meinten, es mache keinen Unterschied, welchen Aufmerksamkeitsfokus man bei dieser Gleichgewichtsaufgabe anwende.

Inattentional Blindness

Die Ergebnisse zur Inattentional Blindness sind in Tabelle 9.7 dargestellt. Bei der Nachfrage der Veränderung am dritten Tag, zeigten die beiden Variablen Fokusgruppe und Antwort keine signifikante Abweichung von einer unabhängigen Verteilung. Die meisten aus der internen Fokusgruppe haben das Dreieck entdeckt, die meisten aus der externen Fokusgruppe haben sowohl das Dreieck als auch die Randveränderung entdeckt.

Für beide Fokusgruppen gaben mehr Versuchspersonen an, dass sie den Zielpunkt innerhalb der Fußschablone wahrgenommen haben. Insgesamt nur zwei Versuchspersonen, beide aus der externen Fokusgruppe, haben den Zielpunkt innerhalb der Plattform wahrgenommen. Die Verteilung der beiden Variablen Fokusgruppe und Antwort wich nicht signifikant von einer unabhängigen Verteilung ab.

Tabelle 9.7: Ergebnisse zum Inattentional-Blindness-Phänomen.

Fragen	Intern Anzahl	Extern Anzahl	Chi-Quadrat-Test[1]
Inattentional Blindness			
0 = keines wurde entdeckt	3	1	$p = 0.42$
1 = Dreieck wurde entdeckt	5	4	
2 = Dreieck & Rand wurden entdeckt	3	6	
Als Du auf den Bildschirm geschaut hast, lag für Dich der Zielpunkt innerhalb der Plattform oder innerhalb der Fußschablone?			
Fußschablone	11	9	$p = 0.45$
Plattform	0	2	

Anmerkungen: * $p < 0.05$
[1] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert (Patefield, 1981).

9.4 Diskussion

Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus und Nebenfragestellungen

Anhand der Ergebnisse zur Manipulationskontrolle kann davon ausgegangen werden, dass die Manipulation in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus geglückt ist. Die externe Fokusgruppe hat sich stärker auf die Plattform statt auf die Fußsohle fokussiert als die interne Fokusgruppe. Der Unterschied zwischen den Fokusgruppen wurde im Verlauf der drei Sitzungen immer größer (siehe Abbildung 9.10 auf S. 130). Im Gegensatz dazu war der Unterschied zwischen den Fokusgruppen im ersten Experiment sehr ähnlich in den drei Sitzungen (siehe Abbildung 8.14 auf S. 105). Dies könnte dadurch erklärt werden, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung im vorliegenden Experiment am Anfang viel Aufmerksamkeit auf sich zog und die Fokusinstruktion erst im Laufe der Zeit stärker umgesetzt wurde. Außerdem verschwand am dritten Tag die

zusätzliche, direkte Rückmeldung, sodass die Versuchspersonen noch stärker den instruierten Aufmerksamkeitsfokus umsetzen konnten. Trotz allem war der Gruppenunterschied bereits am ersten Tag signifikant, sodass die Manipulation bereits für den ersten Tag als gelungen bezeichnet werden kann.

Das Inattentional-Blindness-Phänomen konnte auch in diesem Experiment nicht als objektives Verfahren zur Messung der Fokusausprägung bestehen. Die Anzahl der Versuchspersonen, für die der Zielpunkt innerhalb der Plattform und nicht innerhalb der Fußschablone lag, war genauso über die beiden Fokusgruppen verteilt wie in Experiment 1: Nur zwei Versuchspersonen aus der externen Fokusgruppe haben angegeben, dass der Zielpunkt eher innerhalb der Plattform als innerhalb der Fußschablone lag. Die zusätzliche, direkte Rückmeldung hat daran also nichts geändert. Gleichzeitig verschwand der signifikante Zusammenhang zwischen der Anzahl der Entdeckungen und der Fokusgruppe. Im ersten Experiment wurden die Ergebnisse dahingehend interpretiert, dass sie auf mentale Ressourcen und nicht auf den visuellen Fokus zurückzuführen sind (siehe S. 111). Durch die stärkere mentale Belastung der externen Fokusgruppe hat diese weniger Veränderungen entdecken können. In Experiment 2 konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl der Entdeckungen und der Fokusgruppe gefunden werden. Dies lässt zwei Erklärungen zu. Erstens könnte es sein, dass die externe Fokusgruppe in diesem Experiment durch die zusätzliche, direkte Rückmeldung eine geringere mentale Belastung erfahren hat. Dem widersprechen aber die Ergebnisse aus der Manipulationskontrolle und der Nachbefragung: Die zusätzliche, direkte Rückmeldung hat nichts daran geändert, dass die externe Fokusgruppe sowohl auf die Verformung der Plattform als auch auf den Druck an der Fußsohle und die interne Fokusgruppe nur den Druck an der Fußsohle fokussiert hat. Außerdem berichteten mehr Versuchspersonen aus der externen Fokusgruppe im Vergleich zur internen Fokusgruppe, dass sie die Fokusinstruktion als Zusatzaufgabe zur Gleichgewichtsverlagerung empfinden (7 vs. 4). Eine weitere Erklärung betrifft die visuelle Fokussierung. Möglicherweise haben insgesamt mehr Versuchspersonen in Experiment 2 aufgrund der zusätzlichen, direkten Rückmeldung den Bildschirm visuell fokussiert als in Experiment 1, sodass visuelle Veränderungen insgesamt stärker entdeckt werden konnten und mögliche Gruppenunterschiede sich dadurch verringerten. Ohne Blickbewegungsdaten ist ein Auseinanderhalten zwischen mentaler Belastung und visueller Fokussierung an dieser Stelle schwierig. Da das Inattentional-Blindness-Phänomen durch beide Faktoren beeinflusst werden kann und der Aufmerksamkeitsfokus aber auf beide Faktoren eine unterschiedliche Auswirkung haben kann, wird das Inattentional-Blindness-Phänomen als objektives Verfahren zur Messung des Aufmerksamkeitsfokus nicht empfohlen und auch in der vorliegenden Forschungsarbeit nicht mehr weiter untersucht.

Im Rahmen der Nebenfragestellungen wurden drei Hypothesen zur Gleichgewichtsaufgabe aufgestellt und überprüft. Alle konnten bestätigt werden. Es zeigte sich ein Lerneffekt von Sitzung 1 auf Sitzung 2 (N1). Die zusätzliche, direkte Rückmeldung ließ die Gleichgewichtsaufgabe also nicht zu einfach werden. Im Gegenteil stieg die Effektstärke von $\hat{d} = 0.7$ auf $\hat{d} = 1.3$ und hat sich somit fast verdoppelt. Im Gegensatz zu Experiment 1 konnte in Experiment 2 wie vermutet ein Kosteneffekt statistisch gezeigt werden (N2): Die Leistung sank von Sitzung 2 zur Sitzung

3 ab. Der Kosteneffekt kann auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung zurückgeführt werden, die in Sitzung 3 nicht mehr vorhanden war. Schließlich zeigten Versuchspersonen beim hinteren Zielpunkt eine schlechtere Leistung als beim vorderen Zielpunkt (N3). Damit wurde bestätigt, dass der hintere Zielpunkt eine höhere Aufgabenschwierigkeit besaß als der vordere Zielpunkt.

Zweite Fragestellung

Im Rahmen der zweiten Fragestellung sollte beantwortet werden, welcher Aufmerksamkeitsfokus zum besserer Leistung und/ oder besserem Lernen beim Training führt, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird. In Bezug auf die Leistung beim Training konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fokusgruppen festgestellt werden. Effekte größer als $\eta^2 = 0.28$ können dabei mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden. Gleichzeitig zeigte die externe Fokusgruppe, wie von der Funktionalitätshypothese und der Generalitätshypothese vorhergesagt, einen höheren Lerneffekt als die interne Fokusgruppe. Dieses Ergebnis unterscheidet sich stark von den Ergebnissen aus Experiment 1, wo Unterschiede in Bezug auf die Leistung gefunden wurden, aber nicht in Bezug auf das Lernen. Wie kann dieser Unterschied erklärt werden? In Experiment 2 wurde ein externer Effekt in Form einer zusätzlichen, direkten Rückmeldung hinzugefügt. Die Fokusgruppen wurden zwar nicht instruiert, diesen externen Effekt unterschiedlich zu fokussieren. Aber es wird vermutet, dass durch die externe und interne Interpretation ein unterschiedlicher Schwerpunkt auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung gelegt wurde.

Das Ziel der Bewegung war das Gleichgewichtsverlagern im einbeinigen Stand zu einem vorgegebenen Punkt. Der externen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, sie solle dabei die Plattform an diesem Punkt verformen. Der internen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, sie solle dabei den Druck an diesem Punkt maximal spüren. Beide Fokusgruppen konnten in Experiment 2 zusätzlich zum internen Effekt (den Fußdruck) auch den externen Effekt (die zusätzliche, direkte Rückmeldung) nutzen, um die Bewegung erlernen und kontrollieren zu können. Es wird aber angenommen, dass die interne Fokusgruppe eine stärkere Zielverwirrung erfahren hatte als die externe Fokusgruppe. Wenn man zunächst außer Acht lässt, dass die Verformung der Plattform nicht wahrnehmbar war, so stimmt die Bewegungsaufgabe, ein Objekt zu verformen mit der Bewegungsaufgabe, einen visuellen Punkt zu bewegen, darin überein, dass diese Bewegungsaufgaben beide ein reaktives Movendum enthalten. Das Verändern der Körperempfindungen aufgrund von Körperbewegungen entspricht einer Bewegungsaufgabe mit sich selbst-bewegendem Movendum. Deshalb kann vermutet werden, dass die interne Fokusgruppe eine Zielverwirrung erfahren hatte in Bezug darauf, welcher Effekt optimiert werden solle: der interne Effekt (Druck an Fußsohle) oder der externe Effekt (visueller Punkt). Da die externe Fokusgruppe sogar ausdrücklich instruiert wurde, nicht auf den fühlbaren Druck zu achten, sollte sie eine klare Vorstellung davon haben, dass vor allem der visuelle Punkt optimiert werden soll. Anders formuliert, wurde die Gleichgewichtsaufgabe durch die zusätzliche, direkte Rückmeldung umweltorientiert. Die externe Interpretation dieser Rückmeldung führte nicht zu einer Zielverwirrung, da diese Interpretation ebenfalls umweltorientiert war. Die interne Interpretation dieser Rückmeldung hingegen könnte zu einer Zielverwirrung geführt haben. Das würde wiederum bedeuten, dass die

externe Fokusgruppe aufgrund der Interpretation stärker auf den externen Effekt im Vergleich zum internen Effekt fokussiert hat als die interne Fokusgruppe. Dies kann an dieser Stelle leider nur vermutet werden, da die Versuchspersonen nicht gefragt wurden, wie stark sie den visuellen Punkt tatsächlich fokussiert haben. Der externe Effekt (visuelle Punkt) war gleichzeitig funktionaler in Bezug auf die Wahrnehmung als der interne Effekt (Druck an Fußsohle). Da die externe Fokusgruppe stärker auf den externen Effekt fokussiert hat, hatte sie auch eine funktionalere Effekt-Bewegungs-Assoziation erlernt. Dies könnte das Ergebnis in Bezug auf den Lerneffekt erklären.

Der Unterschied von Experiment 2 zu Shea und Wulf (1999) soll nochmal deutlich gemacht werden. In ihrem Experiment bekamen die Versuchspersonen eine umweltorientierte Gleichgewichtsaufgabe und die zusätzliche, direkte Rückmeldung konnte sowohl den externen als auch den internen Effekt der Gleichgewichtsaufgabe widerspiegeln (die beiden visuellen Linien als Marker bzw. Füße). Das bedeutet wiederum, dass bei der internen Fokusgruppe eine mögliche Zielverwirrung bereits ohne die zusätzliche, direkte Rückmeldung vorlag. Die externe Fokusgruppe optimierte den externen Effekt (Bewegung der Marker), die interne Fokusgruppe optimierte den internen Effekt (Bewegung der Füße). Die externe Fokusgruppe erfuhr keine Zielverwirrung, da sowohl das Bewegungsziel (Bewegung der Plattform) als auch die externe Instruktion umweltorientiert war. Bei der internen Fokusgruppe war das Bewegungsziel umweltorientiert, die interne Instruktion körperorientiert. Mit dem Hinzufügen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung veränderte sich diese Zielverwirrung nicht: die interne Fokusgruppe erfuhr sie weiterhin, die externe Fokusgruppe nicht. Der Unterschied in Bezug auf die Funktionalität der Effekte änderte sich nicht durch die zusätzliche, direkte Rückmeldung. Dies ist im vorliegenden Experiment anders. Ohne die zusätzliche, direkte Rückmeldung hätte die interne Fokusgruppe keine Zielverwirrung erfahren, der interne Effekt war der einzige, der fokussiert werden konnte.

Die Überlegenheit des externen Aufmerksamkeitsfokus konnte nur für den Lerneffekt beim Training, aber nicht für die Leistung beim Training aufgezeigt werden. Die Ergebnisse sind wahrscheinlich aus folgendem Grund nicht eindeutig: Die externe Fokusgruppe hat zwar keine Zielverwirrung erfahren und den informativen, externen Effekt stärker fokussiert als den weniger informativen, internen Effekt, trotzdem musste sie ein mentales Bild aufrechterhalten, was die interne Fokusgruppe nicht machen musste. Diese Zusatzbelastung lässt sich wie in Experiment 1 anhand der Ergebnisse der Manipulationskontrolle und anhand der Ergebnisse der Nachbefragung aufzeigen. In Experiment 1 hatte das Aufrechterhalten eines mentalen Bildes nur einen Effekt auf die Leistung, aber nicht auf das Lernen. Dies könnte eine Erklärung für die Ergebnisse in Experiment 2 liefern: Eventuell hat der negative Einfluss des mentalen Bildes den positiven Einfluss des externen Aufmerksamkeitsfokus auf die Leistung beim Training aufgehoben. Der Lerneffekt beim Training blieb dagegen unbeeinflusst, sodass sich der positive Einfluss des externen Aufmerksamkeitsfokus zeigen konnte.

In Bezug auf die Hypothese, dass die interne Fokusgruppe einen geringeren Lerneffekt zeigt als die externe Fokusgruppe, konnten zwei Variablen gefunden werden, die jeweils die Effektstärke der Fokusgruppe erhöhten, wenn man sie additiv zum Regressionsmodell hinzufügt: die Anzahl

der Bodenberührungen und die Expertise. Die Anzahl der Bodenberührungen (siehe Abbildung 9.7 links auf S. 128) ist eine Supressorvariable und keine echte Störvariable, da sie mit dem Lerneffekt nicht im Zusammenhang steht, aber Fehlervarianz innerhalb der Fokusgruppen aufklärt. Innerhalb der Fokusgruppen haben die Versuchspersonen, die ihr Gleichgewicht schlecht halten konnten, mehr gelernt. Die Variable Expertise stellt eine echte Störvariable dar (siehe Abbildung 9.8 links auf S. 129). Bei additiver Hinzunahme der Expertise zum Regressionsmodell zu Hypothese H2a erhöhte sich die (partielle) Effektstärke der Fokusgruppe. Im Gegensatz zu der Anzahl der Bodenberührungen zeigte sie aber auch einen Zusammenhang mit dem Lerneffekt: Am meisten lernten die Versuchspersonen mit der wenigsten Erfahrung, danach die mit der meisten Erfahrung und schließlich die mit der mittleren Erfahrung. Dass die Versuchspersonen mit der wenigsten Erfahrung am meisten lernten, ist leicht nachvollziehbar. Dass die Versuchspersonen mit der meisten Erfahrung mehr lernten als die mit der mittleren Erfahrung, lässt sich auch erklären: Die Versuchspersonen hatten in der konkreten Gleichgewichtsaufgabe zwar keine Erfahrung (da diese für das Experiment neu programmiert wurde), aber in anderen Gleichgewichtsaufgaben. Somit konnten sie nach einer Eingewöhnung ihre Erfahrungen gezielt einsetzen um eine gute Leistung zu erzielen.

Dritte Fragestellung

In Experiment 2 sollte der Frage nachgegangen werden, welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung zu höheren Kosten beim Test führt. Die Hypothese lautete, dass die externe Fokusgruppe höhere Kosten haben sollte als die interne Fokusgruppe. Die Daten bestätigten zwar deskriptiv diese Hypothese, aber nicht inferenzstatistisch. Effekte größer als $\eta^2 = 0.28$ können dabei mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse beim Training wurden im letzten Abschnitt dadurch erklärt, dass die externe Fokusgruppe stärker auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung geachtet haben muss als die interne Fokusgruppe. Folglich hätte sie auch mehr Kosten erfahren müssen, wenn diese zusätzliche, direkte Rückmeldung im Test fehlt. Da die Hypothese nicht bestätigt werden konnte, sind zwei Erklärungen möglich: Entweder der Aufmerksamkeitsfokus hat nicht den erwarteten Effekt auf die Kosten oder der Effekt zeigt sich nicht, weil die externe Fokusgruppe gleichzeitig ein mentales Bild aufrechterhalten musste. Um dies zu klären, müsste die Konfundierung zwischen dem Fokus auf unterschiedliche Effekte und dem Aufrechterhalten mentaler Bilder in einem weiteren Experiment aufgelöst werden.

Vierte Fragestellung

In dieser Fragestellung sollte untersucht werden, ob die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt. Die Frage kann dann bejaht werden, wenn in beiden Stufen ein Fokuseffekt existiert, dieser aber in der schwierigeren Stufe noch stärker ist. Dies wurde in Experiment 2 nicht gefunden. Es gibt eine signifikante Interaktion zwischen Aufgabenschwierigkeit und Fokusgruppe in Bezug auf die Leistung beim Training (H1b), aber keinen signifikanten Fokuseffekt in Bezug auf die Leistung beim Training (H1a). Gleichzeitig gab es zwar einen signifikanten Fokuseffekt in

Bezug auf das Lernen (H2a), aber keine signifikante Interaktion (H2b). In Bezug auf den Kosteneffekt beim Test gab es weder einen signifikanten Fokuseffekt (H3a) noch eine signifikante Interaktion (H3b).

Wie lässt sich die signifikante Interaktion in Bezug auf die Leistung beim Training erklären? In Abbildung 9.5 (linke Grafik) auf S. 126 erkennt man, dass die externe Fokusgruppe beim hinteren Zielpunkt eine bessere Leistung zeigte als die interne Fokusgruppe. Beim vorderen Zielpunkt war dagegen die interne Fokusgruppe deskriptiv besser als die externe Fokusgruppe. Wie bereits im Methodenteil zu Experiment 1 erklärt, ist der hintere Zielpunkt wegen drei Faktoren schwieriger als der vordere Zielpunkt: (1) der hintere Zielpunkt befindet sich weiter außen als der vordere Zielpunkt, (2) der Fuß hat vorne mehr Auflagefläche, die zur Stabilisierung des Gleichgewichts beiträgt und (3) der vordere Fuß ist sensitiver als der hintere Fuß (Hennig & Sterzing, 2009). Bei den ersten beiden Punkten wird die Aufgabenschwierigkeit dadurch bedingt, dass die Bewegungsausführung schwieriger ist. Punkt (3) aber bezieht sich auf die Wahrnehmung des internen Effektes beim vorderen und hinteren Zielpunkt. Abweichungen beim vorderen Zielpunkt sind auflösender wahrzunehmen als beim hinteren Zielpunkt. Die Aufgabenschwierigkeit ist also teilweise mit der Funktionalität des internen Effektes konfundiert. Dadurch lässt sich die Interaktion erklären: der Leistungsunterschied zwischen dem vorderen und hinteren Zielpunkt war größer bei der internen Fokusgruppe, da sie stärker auf den internen Effekt achteten als auf den externen Effekt. Dagegen war der Leistungsunterschied zwischen dem vorderen und hinteren Zielpunkt bei der externen Fokusgruppe geringer, weil sie stärker auf den externen Effekt achteten, der sich in Bezug auf die Funktionalität nicht zwischen den beiden Zielpunkten unterschied. Die Interaktion könnte somit durch die Funktionalität verursacht worden sein. In Experiment 1 wurde keine signifikante Interaktion festgestellt, da es nur den internen Effekt gab, der sich in Bezug auf die Sensitivität unterschied.

Dieselben Variablen, die bei der additiven Hinzunahme zum Regressionsmodell den Fokuseffekt in Bezug auf den Lerneffekt beim Training verstärkt haben, haben auch die Interaktion verstärkt. In diesem Fall waren die Anzahl der Bodenberührungen und die Expertise beide Supressorvariablen. Innerhalb der Fokusgruppen war die Leistungsdifferenz zwischen dem hinteren und dem vorderen Zielpunkt kleiner, je öfter die Versuchspersonen den Boden berührt haben (siehe Abbildung 9.7 rechts auf S. 128). Man erkennt aber in der Abbildung, dass der negative Anstieg der Regressionsgeraden vor allem auf eine Versuchsperson aus der internen Fokusgruppe mit einer sehr großen Anzahl an Bodenberührungen zurückzuführen ist. Diese Varianzaufklärung reichte aber, um den Effekt signifikant werden zu lassen, da er sich vorher schon nahe der Signifikanzgrenze befand ($p = 0.051$ vs. $p = 0.0498$). In Bezug auf Expertise erkennt man in Abbildung 9.8 rechts auf S. 129, dass innerhalb der beiden Fokusgruppen die größte Leistungsdifferenz zwischen den Zielpunkten bei Versuchspersonen mit viel Expertise und bei Versuchspersonen mit wenig Expertise bestand. Der Zusammenhang zwischen Expertise und Leistungsdifferenz zwischen den Zielpunkten zeigt nur eine Tendenz, denn innerhalb der Expertisegruppen gab es eine starke Varianz und der Unterschied der beiden äußeren Expertisegruppen wurde vor allem durch drei Versuchspersonen hervorgerufen.

Zusammenfassung

In Experiment 2 wurde bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt und der Aufmerksamkeitsfokus manipuliert. Es wurde erwartet, dass dadurch die Bewegungsaufgabe umweltorientiert wird und der externe Aufmerksamkeitsfokus zu besseren Ergebnissen führt als der interne Aufmerksamkeitsfokus. Die Fokusgruppen zeigten keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf die Leistung beim Training (H1a). Die externe Fokusgruppe zeigte einen größeren Lerneffekt als die interne Fokusgruppe (H2a). Es gab keine signifikanten Gruppenunterschiede in Bezug auf den Kosteneffekt beim Test (H3a). Die Interaktion zwischen Fokusgruppe und Aufgabenschwierigkeit wurde in Bezug auf die Leistung beim Training signifikant (H1b), aber nicht in Bezug auf den Lerneffekt beim Training (H2b) und dem Kosteneffekt beim Test (H3b). Zwar widersprechen die Ergebnisse nicht den Vorhersagen der Generalitätshypothese, lassen sich aber mithilfe der Funktionalitätshypothese viel besser erklären.

Sowohl der Fokusgruppenunterschied in Bezug auf den Lerneffekt beim Training als auch die Interaktion zwischen Aufgabenschwierigkeit und Fokusgruppe in Bezug auf die Leistung beim Training wurden auf die Funktionalität der fokussierten Effekte zurückgeführt. Post hoc wurden die Ergebnisse damit erklärt, dass die interne Fokusgruppe eine Zielverwirrung erfahren hat und deshalb den externen Effekt weniger stark fokussierte als die externe Fokusgruppe. Da der externe Effekt eine höhere Funktionalität in Bezug auf die Wahrnehmung besaß als der interne Effekt, hat die externe Fokusgruppe funktionalere Bewegungs-Effekt-Assoziationen gelernt als die interne Fokusgruppe. Gleichzeitig zeigte die externe Fokusgruppe keine signifikant bessere Leistung, vermutlich da sie ein mentales Bild aufrecht erhalten musste. Die Interaktion zwischen Fokusgruppe und Aufgabenschwierigkeit wurde damit erklärt, dass der interne Effekt zwischen den beiden Zielpunkten unterschiedlich funktional war: Beim vorderen Zielpunkt war die Wahrnehmung des Druckgefühls auflösender als beim hinteren Zielpunkt. Deshalb zeigte die interne Fokusgruppe einen größeren Leistungsunterschied zwischen hinteren und vorderen Zielpunkt als die externe Fokusgruppe. Leider wurde in Experiment 2 nur das mentale Bild (externe Aufmerksamkeitsfokus) und der Fokus auf den internen Effekt (interner Aufmerksamkeitsfokus) erfasst. Die Interpretationen wären empirisch besser gestützt worden, wenn auch der Fokus auf den externen Effekt erfasst worden wäre.

Da in Experiment 2 das Aufrechterhalten des mentalen Bildes und der Fokus auf unterschiedliche Effekte konfundiert waren, sollten beide Einflüsse in den folgenden Experimenten separiert betrachtet werden. Im nächsten Experiment (Experiment 3) wurde der fokussierte Effekt konstant gehalten und die mentalen Bilder in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus variiert. Im darauf folgenden Experiment (Experiment 4) wurden keine mentalen Bilder mehr eingesetzt und nur die fokussierten Effekte variiert.

10 Experiment 3

10.1 Hypothesen

In Experiment 2 waren Funktionalität und mentale Bilder in Bezug auf die beiden Fokusgruppen konfundiert. Diese Konfundierung wurde in Experiment 3 aufgehoben. Die Funktionalität der fokussierten Effekte wurde in Bezug auf die beiden Fokusgruppen konstant gehalten. Gleichzeitig unterschieden sich die mentalen Bilder zwischen den Fokusgruppen. Die Versuchspersonen sollten wie in Experiment 2 das Gleichgewicht zielgerichtet nach vorne oder nach hinten verlagern. Folgendes wurde verändert: Auf einem Bildschirm wurde nun eine Ellipse dargeboten, die sich je nach Gleichgewichtsverlagerung entweder nach links oder nach rechts neigte. Diese Ellipse bildete die zusätzliche, direkte Rückmeldung und entsprach in dieser Hinsicht dem beweglichem grauen Punkt in Experiment 2. Die Zielneigungen der Ellipse wurden anhand von zwei Balken vorgegeben. Diese entsprachen dem grünen Zielpunkt aus Experiment 2. Der Effekt, auf den beide Fokusgruppen fokussierten, war derselbe, nämlich die Ellipse. Diese Ellipse sollte entweder intern als ein virtueller Fuß oder extern als eine virtuelle Plattform interpretiert werden. Es wurde absichtlich eine abstrakte Form gewählt, damit sie sowohl mit internen als auch mit externen mentalen Bildern verbunden werden konnte.

Die gleichen Fragen wie in Experiment 2 wurden auch in Experiment 3 gestellt: Welcher Aufmerksamkeitsfokus fördert die Leistung und/ oder das Lernen mehr (zweite Fragestellung) und welcher ist mit größeren Kosten verbunden, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht mehr vorhanden ist (dritte Fragestellung)? Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt (vierte Fragestellung)? Im Folgenden sollen die inhaltlichen Hypothesen zu den drei Fragestellungen und zu den Nebenfragestellungen formuliert werden.

Hypothesen zur zweiten Fragestellung

Um die Hypothesen zur zweiten Fragestellung zu begründen, soll zunächst nochmal auf das Experiment von De Bruin et al. (2009) eingegangen werden, welches bereits vorgestellt wurde (siehe S. 67). In diesem Experiment wurden ältere Versuchspersonen trainiert das Gleichgewicht zu verlagern. Auf einem Bildschirm wurde ein beweglicher Punkt dargestellt und die Versuchspersonen wurden entweder instruiert, dass dieser Punkt ihren Gravitationsschwerpunkt (Center of gravity, intern) darstelle oder eine Luftblase innerhalb einer Wasserwaage, die auf der stabilen Plattform befestigt war (extern). Es konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt werden und die Autoren begründeten die Ergebnisse damit, dass das hohe Alter der Versuchspersonen für die Ergebnisse verantwortlich sei: *„Die Schlussfolgerungen zum Lernen einer motorischen Fertigkeit mit verbalen Instruktionen sind in der Mehrzahl aus Experimenten*

zum motorischen Lernen mit gesunden, jungen Erwachsenen hervorgegangen. Wir untersuchten gebrechliche, ältere Personen, die Gleichgewichtsfertigkeiten trainierten, eine Population, die repräsentativer für viele Rehabilitationssituationen ist. Es kann argumentiert werden, dass diese Population Beeinträchtigungen aufweist, die die Automatisierung von Bewegungen beeinflusst" (Übersetzung durch Autorin, De Bruin et al., 2009, S. 6). Doch dies ist nicht die einzige mögliche Erklärung für die Ergebnisse. Zum einen kann vermutet werden, dass die Aufgabenschwierigkeit zu gering war, damit sich ein Fokuseffekt zeigt. Wulf et al. (2009) kommentierten die Ergebnisse darüber hinaus dahingehend, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung im Experiment von De Bruin et al. (2009) sehr einflussreich wäre und dadurch den Fokuseffekt verkleinerte. Weshalb sollte aber diese zusätzliche, direkte Rückmeldung einflussreich sein, aber nicht die zusätzliche, direkte Rückmeldung in der Studie von Shea und Wulf (1999)? Eine mögliche Antwort könnte sein, dass im Vergleich zu Shea und Wulf (1999) die zusätzliche, direkte Rückmeldung innerhalb der Fokusinstruktion bei De Bruin et al. (2009) weniger externe und interne Effekte sondern vielmehr externe und interne mentale Bilder adressiert haben. Bei Shea und Wulf (1999) repräsentierte die zusätzliche, direkte Rückmeldung tatsächliche Effekte: Neigung der Marker (extern) vs. Neigung der Füße (intern) bei einer beweglichen Plattform. Die Fokusgruppen unterschieden sich in Bezug auf die fokussierten Effekte. Bei De Bruin et al. (2009) hingegen repräsentierte die zusätzliche, direkte Rückmeldung entweder eine Luftblase, die sich in Wirklichkeit nicht bewegte, da die Plattform während des Trainings stabil war (extern). Oder die zusätzliche, direkte Rückmeldung repräsentierte den Gravitationsschwerpunkt, der nur sehr schwer wahrzunehmen war. Es wird angenommen, dass beide Fokusgruppen den beweglichen Punkt fokussierten und sich unterschiedliche mentale Bilder zu diesem Punkt vorgestellt haben. In Experiment 3 soll anhand junger Versuchspersonen untersucht werden, ob fokusspezifische mentale Bilder die Leistung bzw. das Lernen beeinflussen. Die Funktionalitätshypothese macht keine spezifischen Aussagen über mentale Bilder. Die Bewegung wird anhand des gleichen tatsächlichen Effekts (Ellipse) kontrolliert, sodass zunächst angenommen werden kann, dass es keine Unterschiede geben sollte. Möglicherweise ist ein mentales Bild anstrengender aufrechtzuerhalten als das andere. Dies kann aber nur explorativ beantwortet werden. Statt der Annahmen der Funktionalitätshypothese werden deshalb die gleichen Annahmen getroffen wie bei De Bruin et al. (2009), nämlich, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus zu besserer Leistung und/ oder Lernen führt als der interne Aufmerksamkeitsfokus. Denn falls die Autoren Recht haben und der Effekt sich wegen des Alters der Versuchspersonen nicht gezeigt hat, so müsste bei jüngeren Versuchspersonen der Fokuseffekt nachzuweisen sein. Folgende zwei Hypothesen wurden formuliert:

Hypothese H1a:

Beim Training führt der interne Aufmerksamkeitsfokus zu einer schlechteren Leistung als der externe Aufmerksamkeitsfokus.

Hypothese H2a:

Beim Training führt der interne Aufmerksamkeitsfokus zu einem kleineren Lerneffekt als der externe Aufmerksamkeitsfokus.

Hypothese zur dritten Fragestellung

Beim Test wurden nur noch die Balken, aber nicht mehr die Ellipse dargestellt. Außerdem wurden keine Fokusinstruktionen mehr dargeboten. Aus dem Experiment von De Bruin et al. (2009) wurde abgeleitet, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus beim Training zu besserer Leistung und/ oder besserem Lernen führt. Es wurde geschlussfolgert, dass der Aufmerksamkeitsfokus, der während des Trainings in Verbindung mit der zusätzlichen, direkten Rückmeldung zu einem positiven Effekt führt, mit größeren Kosten beim Test verbunden ist. Somit wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese H3a:

Beim Test führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einem größeren Kosteneffekt als der interne Aufmerksamkeitsfokus.

Hypothesen zur vierten Fragestellung

Wie bereits in Experiment 1 und Experiment 2 wurde auch in Experiment 3 getestet, ob die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt:

Hypothese H1b:

Der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Training ist größer bei der hinteren Zielneigung als bei der vorderen Zielneigung.

Hypothese H2b:

Der Fokuseffekt bezogen auf den Lerneffekt beim Training ist größer bei der hinteren Zielneigung als bei der vorderen Zielneigung.

Hypothese H3b:

Der Fokuseffekt bezogen auf den Kosteneffekt beim Test ist größer bei der hinteren Zielneigung als bei der vorderen Zielneigung.

Hypothesen zu den Nebenfragestellungen

Die Überlegungen zu den Hypothesen N1 und N2 entsprechen denen aus Experiment 2: Es wurde erwartet, dass die Bewegungsaufgabe schwer genug ist, sodass sich ein Lerneffekt zeigt, und dass das Wegnehmen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung zu einem Kosteneffekt führt.

Hypothese N1:

Die Leistung ist schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2 (= Lerneffekt).

Hypothese N2:

Die Leistung ist schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2 (= Kosteneffekt).

Statt den beiden Zielpunkten in Experiment 1 und 2 sollten in Experiment 3 die zwei Zielneigungen der Ellipse unterschiedlich schwierig sein: Analog zu den Überlegung in Bezug auf die Zielpunkte sollte die hintere Zielneigung schwieriger sein als die vordere. Dies wurde anhand folgender Hypothese geprüft:

Hypothese N3:

Gemittelt über alle drei Sitzungen ist die Leistung bei der hinteren Zielneigung schlechter als bei der vorderen Zielneigung (= ist die hintere Zielneigung schwieriger).

Nachdem die konkreten inhaltlichen Hypothesen für Experiment 3 dargestellt wurden, soll nun auf die Methoden eingegangen werden.

10.2 Methoden

Auch Experiment 3 weist nur geringfügige Abweichungen zu den ersten beiden Experimenten auf, sodass nur die Änderungen zu den vorangegangenen beiden Experimenten im Folgenden aufgeführt werden.

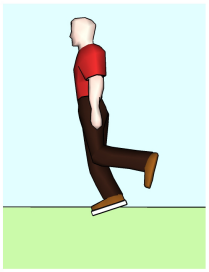
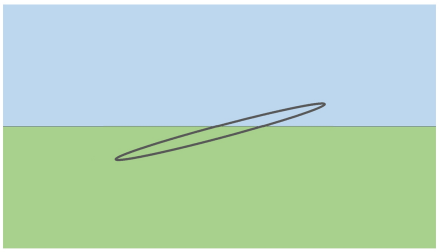
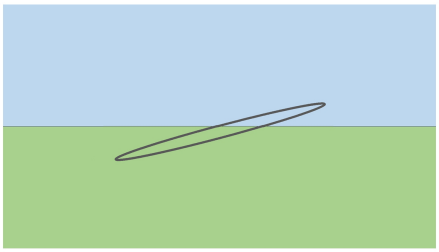
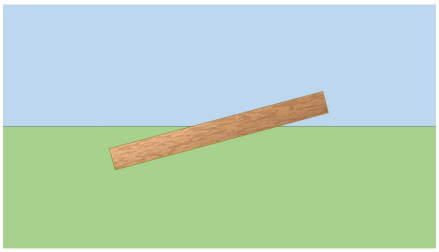
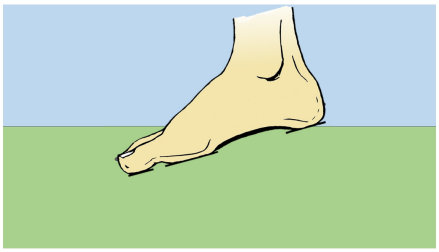
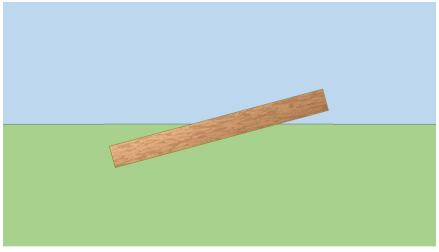
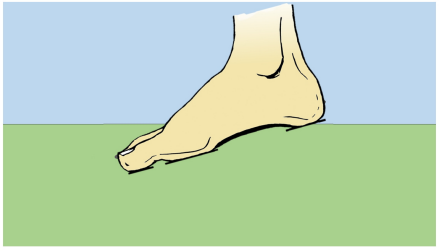
Unabhängige Variablen (UV)

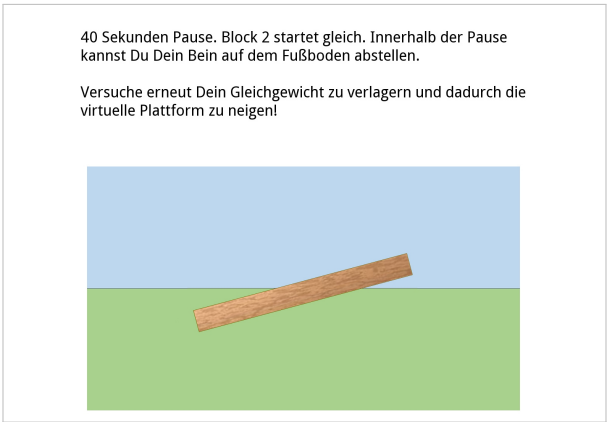
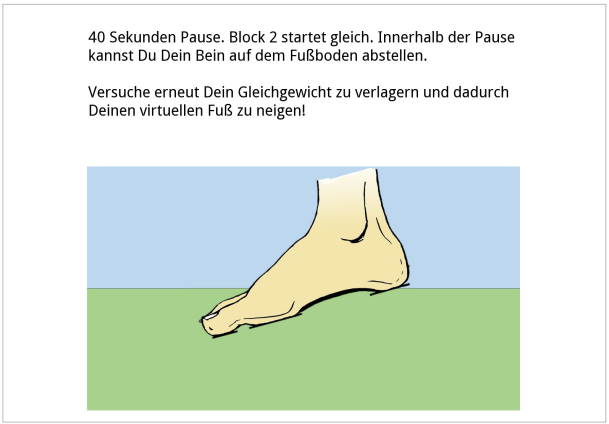
Im dritten Experiment wurden der Aufmerksamkeitsfokus (UV1), die Aufgabenschwierigkeit (UV2) und die Sitzung (UV3) variiert.

Die Fokusgruppen wurden in Experiment 3 anders instruiert, da sich die Gleichgewichtsaufgabe verändert hatte. Der externen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass die Ellipse eine virtuelle Plattform darstelle. Der internen Fokusgruppe wurde mitgeteilt, dass die Ellipse ihr virtueller Fuß sei. Um die Vorstellung zu vereinfachen, wurden Bilder von einer Plattform und einem Fuß statt der Ellipse in den Instruktionen und Pausen dargeboten (siehe Tabelle 10.1). Bei beiden Fokusgruppen bestand wenig Bezug zur Realität, da sich weder ihr Fuß noch die Plattform in der Realität neigte. Der Aufmerksamkeitsfokus unterschied sich somit nur innerhalb der virtuellen Umgebung.

Die Aufgabenschwierigkeit wurde wie in den vorhergehenden Experimenten zweistufig realisiert: vorne und hinten. Der einzige Unterschied bestand darin, dass das Gleichgewicht nicht auf einen Punkt nach vorne oder nach hinten hin verlagert werden musste, sondern auf eine Linie. Die x-Koordinaten wurden nicht mehr berücksichtigt. Die drei Sitzungen wurden wie in den vorhergehenden Experimenten dreistufig realisiert: Sitzung 1, Sitzung 2 und Sitzung 3. Sitzung 1 und Sitzung 2 bildeten das Training und Sitzung 3 den Test.

Tabelle 10.1: Fokusinstruktionen und -erinnerungen in Sitzung 1, Sitzung 2 und in den Pausen.

Extern	Intern
Instruktion vor Sitzung 1	
Stell Dir vor, Du stehst auf einem beweglichen Untergrund, den Du durch Gleichgewichts-verlagerung kippen kannst. 	
Auf dem Bildschirm wird Dir eine Ellipse gezeigt, die eine virtuelle Plattform von der Seite darstellt. Durch die Gleichgewichts-verlagerung kannst Du diese virtuelle Plattform bewegen. 	Auf dem Bildschirm wird Dir eine Ellipse gezeigt, die Deinen virtuellen Fuß von der Seite darstellt. Durch die Gleichgewichts-verlagerung kannst Du Deinen virtuellen Fuß bewegen. 
Bei der Gleichgewichtsverlagerung ist es wichtig, dass Du Dir die Ellipse als virtuelle Plattform vorstellst. Das ist Teil der Leistung und wird miterhoben! 	Bei der Gleichgewichtsverlagerung ist es wichtig, dass Du Dir die Ellipse als Deinen virtuellen Fuß vorstellst. Das ist Teil der Leistung und wird miterhoben! 
Instruktion vor Sitzung 2	
>> Bitte verlagere Dein Gleichgewicht und versuche dadurch die virtuelle Plattform zu neigen! >> In jedem Durchgang werden Dir Marker vorgegeben, die aufzeigen, wie sich die virtuelle Plattform neigen soll. Diese Neigung sollst Du 10 Sekunden lang halten. >> Schaue dabei nicht auf den Boden oder auf Deine Füße, sondern richte Deinen Blick auf den Bildschirm vor Dir. 	>> Bitte verlagere Dein Gleichgewicht und versuche dadurch Deinen virtuellen Fuß zu neigen! >> In jedem Durchgang werden Dir Marker vorgegeben, die aufzeigen, wie sich Dein virtueller Fuß neigen soll. Diese Neigung sollst Du 10 Sekunden lang halten. >> Schaue dabei nicht auf den Boden oder auf Deine Füße, sondern richte Deinen Blick auf den Bildschirm vor Dir. 

Extern	Intern
Erinnerung durch Versuchsleiter vor Beginn von Sitzung 1 und 2	
„Bitte stelle Dir während der Gleichgewichtsverlagerung vor, dass die Ellipse eine virtuelle Plattform darstellt.“	„Bitte stelle Dir während der Gleichgewichtsverlagerung vor, dass die Ellipse deinen virtuellen Fuß darstellt.“
Erinnerung in den Pausen von Sitzung 1 und 2	
	

Abhängige Variable

Obwohl wie in den ersten zwei Experimenten ein Druckschwerpunkt gemessen wurde, wurde nur die y-Koordinate dieses Druckschwerpunktes für die Berechnung der Leistung herangezogen, da die Leistung nicht mehr als Abstand zu einem Zielpunkt sondern als Abstand zu einer Ziellinie (bzw. zu einer Ziel-y-Koordinate) definiert wurde. Die Ziellinien wiederum entsprachen der Zielneigung, die durch graue Marker auf dem Bildschirm gekennzeichnet wurden (siehe dazu Abbildung 10.1). Ansonsten bestanden keine Veränderungen zu den ersten zwei Experimenten.

Störvariablen und Maßnahmen zu ihrer Kontrolle

Die Störvariablen und die Maßnahmen zu ihrer Kontrolle aus Experiment 1 und 2 waren weitgehend auch in Experiment 3 enthalten. Es gab folgende drei Änderungen: Erstens wurde der Fragebogen zur Erfassung der Gleichgewichtsexpertise so verändert, dass die einzelnen Stufen expliziter erklärt wurden (siehe zweiten Fragebogen Erfahrung mit Sportarten in Anhang A). Zweitens gab es keine Fußschablone mehr. Diese musste somit nicht mehr konstant gehalten werden. Drittens kam in Experiment 3 hinzu, dass die Versuchspersonen eine Vorwärts- bzw. Rückwärtsbewegung ihres Körpers in eine Links- bzw. Rechtsbewegung der Ellipse übertragen mussten. Damit diese mentale Aufgabe zu keiner Varianzerhöhung führte, wurden folgende zwei Maßnahmen umgesetzt: Zum einen blieb während des gesamten Experimentes die Richtungszuordnung erhalten (vorwärts entsprach links und rückwärts entsprach rechts), sodass sich die Versuchspersonen daran gewöhnen konnten. Des Weiteren wurde ein zusätzlicher Pfeil auf den Bildschirm dargeboten, der die Vorwärtsrichtung immer angab (siehe dazu Abbildung 10.1).

Experimentablauf

Auch im dritten Experiment sollten die Versuchspersonen ihr Gleichgewicht zielgerichtet verlagern, während sie einbeinig auf dem Wii Balance Board standen. Die Gleichgewichtsaufgabe sollte aber nun möglichst innerhalb der virtuellen Umgebung ohne Bezug zur Realität durchführbar sein und gleichzeitig sowohl eine externe als auch eine interne Interpretation zulassen können. Deshalb wurde auf Punkte verzichtet und stattdessen eine bewegliche Ellipse dargestellt, die sich entweder nach rechts oder links neigen konnte. Die abstrakte Form einer Ellipse wurde absichtlich gewählt, da man sie sich bei gleicher visueller Information sowohl als Plattform als auch als Fuß (also extern als auch intern) vorstellen kann. Die Neigung der Ellipse entsprach der y- Koordinate des Druckschwerpunktes auf dem Wii Balance Board.

Ein Durchgang ist in Abbildung 10.1 veranschaulicht. Es wurden zunächst zwei graue Marker auf einer horizontalen Linie gezeigt. Dadurch wurde signalisiert, dass sich die Versuchspersonen in die Startposition einfinden sollten (siehe Abbildung 10.1 a). Der Durchgang startete erst dann, wenn die y- Koordinate des Druckschwerpunktes mindestens 500 ms in einem kleineren Abstand als zehn mm von der y- Koordinate des natürlichen Druckschwerpunktes befand. Daraufhin erschien die Ellipse, die sich nach vorne oder nach hinten neigen konnte. Durch die Gleichgewichtsverlagerung auf dem Wii Balance Board nach vorne neigte sich die Ellipse nach links; durch die Gleichgewichtsverlagerung nach hinten neigte sie sich nach rechts. Durch einen Pfeil wurde diese Information hervorgehoben. Die zwei grauen Marker befanden sich nun in einer bestimmten Neigung, der Zielneigung, und die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, die Ellipse in diese Zielneigung zu bringen und diese Gleichgewichtslage für zehn Sekunden zu halten ohne herunterzufallen (siehe Abbildung 10.1 b). Wenn die Neigung der Ellipse der Zielneigung entsprach, leuchteten die Marker hellgrün auf.

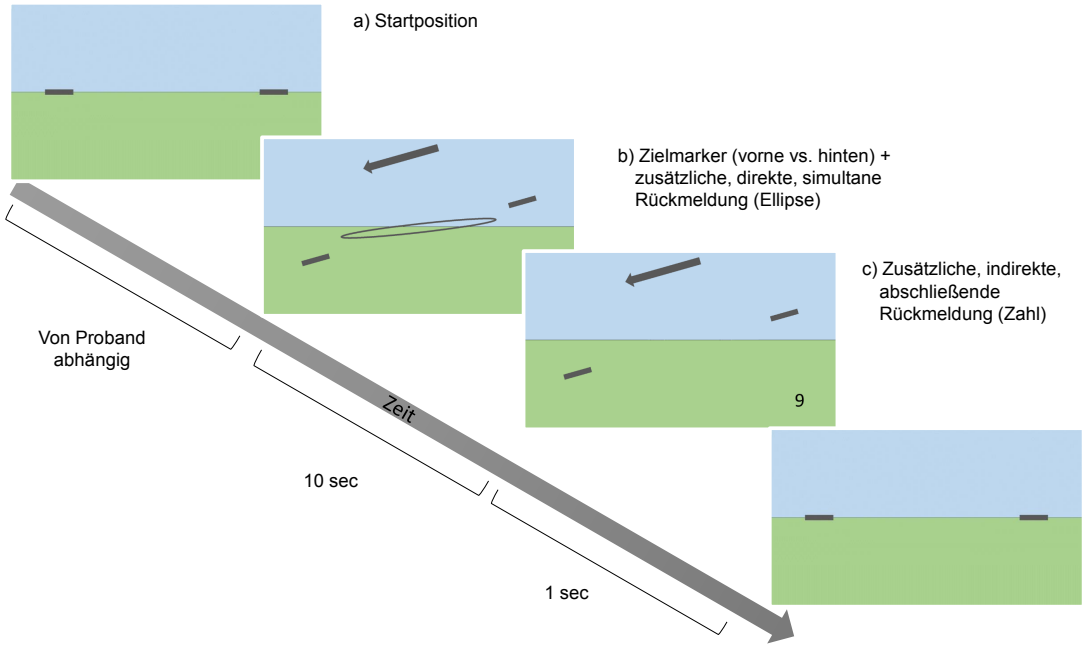


Abbildung 10.1: Schematische Darstellung eines Versuchsdurchgangs beim Training.

Nach jedem Durchgang verschwand die Ellipse und die Versuchspersonen bekamen eine zusätzliche, abschließende Rückmeldung über ihre Leistung in Form einer Zahl (siehe Abbildung 10.1 c). Diese Zahl entsprach der durchschnittlichen Entfernung der tatsächlichen y- Koordinaten (bzw. Ellipsenneigung) von der vorgegebenen y- Koordinate (bzw. Markerneigung). Danach startete der nächste Durchgang. Nach jedem Block konnten die Versuchspersonen ihr zweites Bein abstellen und das Bein wechseln.

Wie in Experiment 2 wurden in der dritten Sitzung (= Test) keine zusätzliche, direkte, simultane Rückmeldung (Ellipse), keine zusätzliche, indirekte, abschließende Rückmeldung (Zahl) und auch keine Fokusinstruktion gegeben. Nach dem Test am dritten Tag wurde eine Nachbefragung durchgeführt. Diese wird nun erläutert.

Nachbefragung

Die Nachbefragung diente wie in den vorhergehenden Experimenten zur Manipulationskontrolle und der explorativen Untersuchung zur Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe. Das Inattentional-Blindness-Phänomen wurde nicht mehr weiter betrachtet und war somit nicht mehr Bestandteil der Nachbefragung.

Manipulationskontrolle

Zum Zweck der Manipulationskontrolle wurden drei offene und vier geschlossene Fragen gestellt. Die drei offenen Fragen lauteten folgendermaßen:

- *„Worin bestand Deine Aufgabe, wenn die Marker erschienen sind?“*
- *„Während der Aufgabenbearbeitung, wie hast Du Dir diese Gleichgewichtsverlagerung tatsächlich vorgestellt bzw. worauf hast Du geachtet?“*
- *„Als was hast Du Dir die Ellipse vorgestellt?“*

Anhand der Antworten wurde entschieden, ob die Versuchsperson den Fokusinstruktionen gefolgt ist. Falls dies nicht der Fall war, wurde die Versuchsperson von der Analysestichprobe ausgeschlossen. Um die Intensität des Aufmerksamkeitsfokus in den drei Tagen quantitativ erfassen zu können, erfolgten folgende vier geschlossene Fragen:

- *„Auf einer Skala von 1 bis 10, wie stark hast Du Dir in den drei Tagen vorgestellt, dass die Ellipse eine virtuelle Plattform darstellt? 1 bedeutet nie und 10 bei jedem einzelnen Trial.“*
- *„Auf einer Skala von 1 bis 10, wie stark hast Du Dir in den drei Tagen vorgestellt, dass die Ellipse einen virtuellen Fuß darstellt? 1 bedeutet nie und 10 bei jedem einzelnen Trial.“*
- *„Auf einer Skala von 1 bis 10, wie stark hast Du Dich in den drei Tagen auf deine Füße konzentriert? 1 bedeutet nie und 10 bei jedem einzelnen Trial.“*
- *„Auf einer Skala von 1 bis 10, wie stark hast Du Dich in den drei Tagen auf das Balance Board konzentriert? 1 bedeutet nie und 10 bei jedem einzelnen Trial.“*

Der externe und interne Aufmerksamkeitsfokus wurden also sowohl in Bezug auf die Interpretation der Ellipse als auch in Bezug auf die reale Umgebung erfragt. Der Aufmerksamkeitsfokus sollte sich in Bezug auf die Interpretation der Ellipse unterscheiden, aber nicht in Bezug auf die reale Umgebung. Die Fragen wurden auch für die dritte Sitzung gestellt, bei der keine Ellipse zu sehen war. Die Fokusinstruktion in Bezug auf die Ellipse konnte prinzipiell auch in Sitzung 3 umgesetzt werden, indem sich die Versuchspersonen die Ellipse vorgestellt haben.

Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe

Nach den Fragen zum Aufmerksamkeitsfokus wurden folgende geschlossene Fragen zur Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe gestellt:

- *„Empfandest Du die Aufgabe, Dir die Ellipse als virtuelle Plattform bzw. den virtuellen Fuß vorzustellen, als Zusatzaufgabe zur Gleichgewichtsverlagerung oder äquivalent mit der Gleichgewichtsverlagerung?“* (äquivalent vs. Zusatzaufgabe)
- *„Fandest Du die Vorstellung, dass die Ellipse eine virtuelle Plattform bzw. einen virtuellen Fuß darstellt, hilfreich?“* (nein vs. ja)
- *„Hattest Du das Gefühl, dass die Ellipse auf Deine Bewegungen reagiert hat oder eher, dass Du auf die Bewegung der Ellipse reagiert hast?.“* (Ellipse hat reagiert vs. ich habe reagiert)
- *„War die Neigung der Ellipse immer so, wo Du sie vermutet hättest oder gab es irgendwelche Abweichungen?“* (keine Abweichungen vs. Abweichungen vorhanden)
- *„Inwiefern besaß der virtuelle Fuß /die virtuelle Plattform Bezug zur Realität? D.h. empfandst Du, dass der virtuelle Fuß Dein eigener Fuß war? Empfandst Du, dass die virtuelle Plattform die Plattform war, auf der Du gestanden hast?“* (nein vs. ja)

Zum Schluss wurden die Versuchspersonen über den Aufmerksamkeitsfokus aufgeklärt und sollten folgende halb-offene Frage beantworten:

- *„Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?“* (intern einfacher vs. extern einfacher; Begründung offen)

Statistisches Modell

Das statistische Modell entsprach dem aus Experiment 1.

Population und Planung der Stichprobe

Die Einschlusskriterien und die Festlegung der Stichprobengröße entsprachen denen der vorhergehenden Experimente. Als Aufwandsentschädigung konnten die Versuchspersonen entweder eine Teilnahmebescheinigung oder 12 Euro erhalten.

10.3 Datenanalyse und Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse von Experiment 3 vorgestellt. Wie in den vorherigen Experimenten wurde für die quantitative Auswertung der Daten R (Version 3.4.0, R Core Team, 2017) und für die qualitative Auswertung der Nachbefragung MAXQDA (Version 12.3.5, MAXQDA, 2017) verwendet.

Stichprobenbeschreibung

Insgesamt 24 Versuchspersonen nahmen am Experiment teil. Von diesen Versuchspersonen mussten sechs ausgeschlossen werden. Davon haben fünf Versuchspersonen sich nicht an die Fokusinstruktion gehalten. Vier Versuchspersonen haben weder einen internen noch einen externen Aufmerksamkeitsfokus angewendet (*„Ich habe es mir nicht als etwas Besonderes vorgestellt.“*, *„Ich sollte mir die Ellipse ja als Fuß vorstellen. Das war aber nicht wirklich der Fall.“*... etc.). Eine Versuchsperson aus der internen Fokusgruppe hat sich die Ellipse fälschlicherweise als Wippe und somit als etwas Externes vorgestellt. Bei einer Versuchsperson wurde protokolliert, dass sie nicht gut auf einem Bein stehen konnte. Sie ließ sich auch als Ausreißer identifizieren und wurde ausgeschlossen. Damit die Teststärke nicht zu stark abnahm, wurden vier Versuchspersonen nacherhoben, sodass die Analysestichprobe aus 22 Versuchspersonen bestand.

Tabelle 10.2: Stichprobenbeschreibung: Kategoriale (Stör-)Variablen.

Kategoriale (Stör-)Variablen	Intern Anzahl	Extern Anzahl	Chi-Quadrat-Test[2]
Geschlecht			
Weiblich	6	6	$p = 1$
Männlich	5	5	
Expertise[1]			
1	0	1	$p = 1$
2	2	1	
3	5	5	
4	4	4	
Fehlstellung			
Nein	8	9	$p = 1$
Ja	3	2	
Wii-Erfahrung			
Nein	10	9	$p = 1$
Ja	1	2	
Beruf			
Doktorand	3	1	$p = 0.584$
Schüler	0	1	
Student	8	9	

Anmerkungen: * $p < 0.2$

[1] Je größer die Zahl, desto höher die Expertise.

[2] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert (Patefield, 1981).

Tabelle 10.3: Stichprobenbeschreibung: Metrische (Stör-)Variablen.

Metrische (Stör-)Variablen	Intern Mittelwert (SD)	Extern Mittelwert (SD)	Zwei-Stichproben-t-Test Zweiseitig
Alter (Jahre)	28 (4.88)	25.91 (3.3)	$t(20) = -1.18$, $p = 0.253$
Größe (cm)	170.36 (9.45)	172.82 (9.23)	$t(20) = 0.62$, $p = 0.545$
Gewicht (kg)	66.39 (10.6)	69.03 (12.19)	$t(20) = 0.54$, $p = 0.594$
Händigkeitsskala[1]	0.47 (0.64)	0.71 (0.29)	$t(20) = 1.11$, $p = 0.28$
Rechter Fuß (cm)	245.36 (18.38)	252 (20.5)	$t(20) = 0.8$, $p = 0.433$
Linker Fuß (cm)	246.27 (18.63)	253.73 (20.79)	$t(20) = 0.89$, $p = 0.386$
Anzahl invalider Durchgänge	1.27 (1.56)	1.91 (1.51)	$t(20) = 0.97$, $p = 0.342$
Anzahl Bodenberührungen	2.45 (2.84)	2.55 (3.45)	$t(20) = 0.07$, $p = 0.947$

Anmerkungen: * $p < 0.2$, SD = Standardabweichung
[1] Händigkeitsskala umfasst ein Kontinuum mit Werten zwischen -1(linkshändig) und 1 (rechtshändig).

Die deskriptive und inferenzstatistische Auswertung der kategorialen Variablen befindet sich in Tabelle 10.2 und die der metrischen Variablen in Tabelle 10.3. Bei den kategorialen Variablen wurde der Chi-Quadrat-Test (mit ggf. simuliertem p-Wert) und bei den metrischen Variablen der Zwei-Stichproben-t-Test verwendet. In Bezug auf keine Variable zeigten sich bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.2$ signifikante Gruppenunterschiede.

Hypothesenprüfung

Die Zellenmittelwerte und die Standardabweichungen für alle Stufen der drei UVs sind in Tabelle 10.4 aufgelistet. In Abbildung 10.2 sind diese zusätzlich grafisch dargestellt.

Es soll nun auf die Hypothesen zur zweiten, dritten und vierten Fragestellung und auf die Nebenfragestellungen eingegangen werden. Danach werden die Ergebnisse der post hoc Störvariablenanalyse dargestellt. In Tabelle 10.5 sind alle inferenzstatistischen Ergebnisse zusammengefasst. Alle Hypothesen wurden einseitig auf dem Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$ getestet. Da sich die statistischen Hypothesen von denen aus Experiment 2 nicht unterschieden, befindet sich die Herleitung dieser wie für Experiment 2 in Anhang C für die zweite, dritte und vierte Fragestellung und in Anhang B für die Nebenfragestellungen.

Tabelle 10.4: Zellenmittelwerte.

	Sitzung 1		**Sitzung 2**		**Sitzung 3**	
	vorne	hinten	vorne	hinten	vorne	hinten
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)
Intern	6.18 (1.47)	12.68 (4.86)	5.55 (1.37)	9.55 (2.77)	14.05 (6)	12.95 (3.14)
Extern	6.68 (1.52)	13.41 (4.64)	6.18 (1.21)	11.59 (4.16)	12.05 (4.35)	14.77 (4.96)

Anmerkungen: SD = Standardabweichung

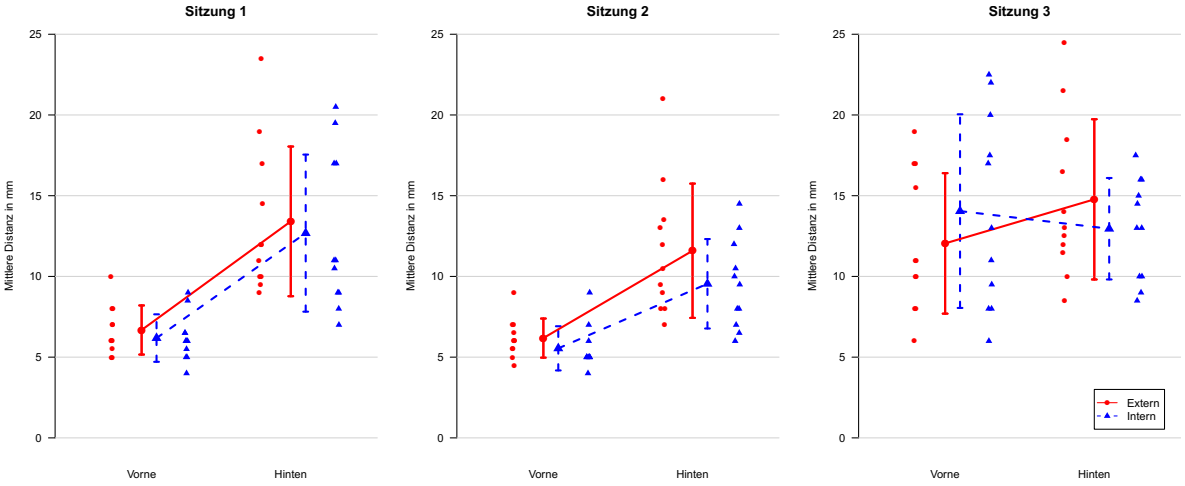


Abbildung 10.2: Leistung aufgeteilt nach Sitzung, Punkt und Fokusgruppe. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Tabelle 10.5: Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung.

Hypothesen	t-Wert	p-Wert[1]	Effektstärke[2]
(2) Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt zu besserer Leistung und/ oder besserem Lernen beim Training, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird?			
H1a: Intern schlechter als Extern (Leistung Training)	$t(20) = -0.94$	0.822	$\eta^2 < 0.28$
H2a: Intern geringer als Extern (Lerneffekt)	$t(20) = -1.18$	0.875	$\eta^2 < 0.28$
(3) Welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung führt zu höheren Kosten beim Test?			
H3a: Extern größer als Intern (Kosteneffekt)	$t(20) = -1.31$	0.898	$\eta^2 < 0.28$
(4) Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt?			
H1b: hinten größerer Fokuseffekt (Leistung Training)	$t(20) = -0.56$	0.71	$\eta^2 < 0.28$
H2b: hinten größerer Fokuseffekt (Lerneffekt)	$t(20) = -1.06$	0.85	$\eta^2 < 0.28$
H3b: hinten größerer Fokuseffekt (Kosteneffekt)	$t(20) = 0.91$	0.187	$\eta^2 < 0.28$
Nebenfragestellungen			
N1: Lerneffekt vorhanden	$t(20) = 4.95$	< 0.001 *	$\hat{d} = 1.06$
N2: Kosteneffekt vorhanden	$t(20) = 9.6$	< 0.001 *	$\hat{d} = 2.05$
N3: hinten schlechter als vorne	$t(20) = 4.89$	< 0.001 *	$\hat{d} = 1.04$

Anmerkungen: * $p < 0.05$

[1] Alle Hypothesen über α_1 und μ wurden einseitig getestet.

[2] Wenn der Effekt signifikant wurde, wurde die Effektstärke aus der Stichprobe geschätzt. Wenn der Effekt nicht signifikant wurde, wurde angegeben, wie groß die Effekte höchstens sein können (größere Effekte können mit einer hohen Sicherheit ausgeschlossen werden, da sie in 80% der Fälle signifikant geworden wären).

Zweite Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die zweite Fragestellung ist in Abbildung 10.3 dargestellt. Die zweite Fragestellung umfasste die Hypothesen H1a und H2a.

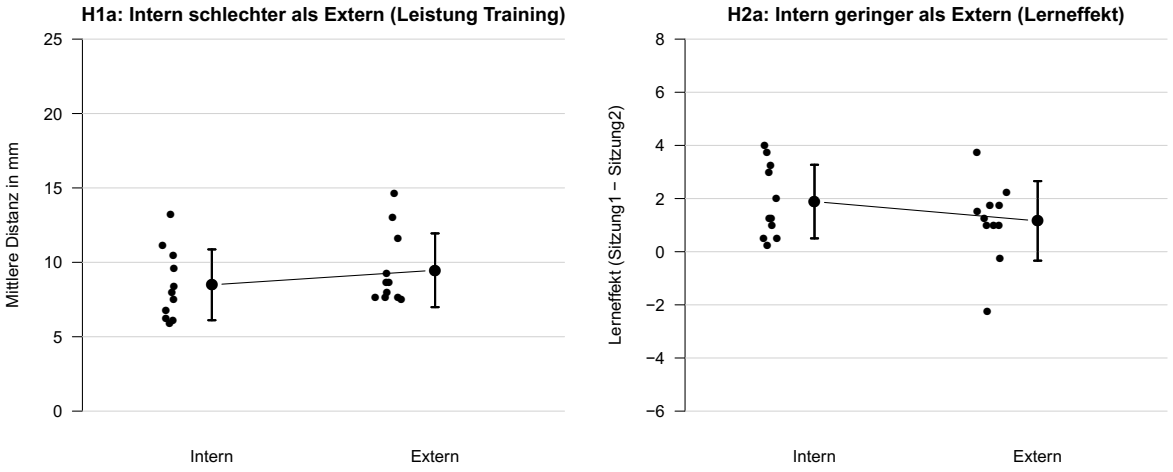


Abbildung 10.3: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die zweite Fragestellung. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

***Hypothese 1a**: Beim Training führt der interne Aufmerksamkeitsfokus zu einer schlechteren Leistung als der externe Aufmerksamkeitsfokus.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = -0.94$, $p = 0.822$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und die inhaltliche Hypothese H1a nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass die interne Fokusgruppe keine erheblich schlechtere Leistung beim Training zeigt als die externe Fokusgruppe. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistung beim Training beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

***Hypothese 2a:** Beim Training führt der interne Aufmerksamkeitsfokus zu einem kleineren Lerneffekt als der externe Aufmerksamkeitsfokus.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = -1.18$, $p = 0.875$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H2a nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass die interne Fokusgruppe keinen erheblich geringeren Lerneffekt zeigt als die externe Fokusgruppe. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz des Lerneffektes beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Dritte Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu der Hypothese in Bezug auf die dritte Fragestellung ist in Abbildung 10.4 dargestellt. Die dritte Fragestellung umfasste die Hypothese H3a.



Abbildung 10.4: Grafische Darstellung der Daten zu der Hypothese in Bezug auf die dritte Fragestellung. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Hypothese 3a: *Beim Test führt der externe Aufmerksamkeitsfokus zu einem größeren Kosteneffekt als der interne Aufmerksamkeitsfokus.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = -1.31$, $p = 0.898$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und die inhaltliche Hypothese H3a nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass die externe Fokusgruppe keinen erheblich größeren Kosteneffekt zeigt als die interne Fokusgruppe. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz des Kosteneffektes beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Vierte Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung ist in Abbildung 10.5 dargestellt. Die vierte Fragestellung umfasste die Hypothesen H1b, H2b und H3b.

Hypothese 1b: *Der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Training ist größer bei der hinteren Zielneigung als bei der vorderen Zielneigung.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = -0.56$, $p = 0.71$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H1b nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass der Fokuseffekt bezogen auf die Leistung beim Training beim hinteren Zielpunkt nicht erheblich größer ist als beim vorderen Zielpunkt. Der Anteil der

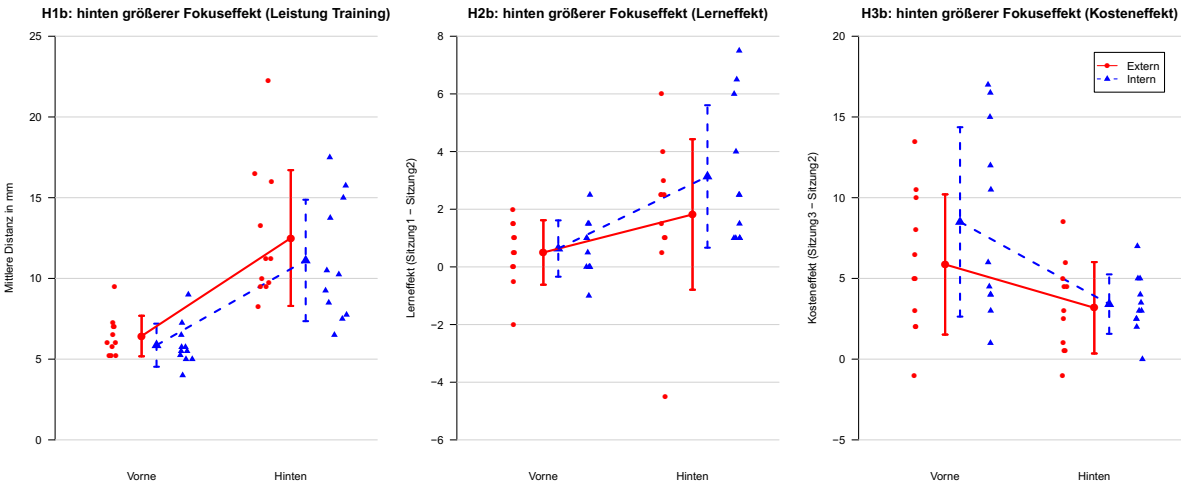


Abbildung 10.5: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistungsdifferenz zwischen den beiden Zielpunkten beim Training beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Hypothese 2b: *Der Fokuseffekt bezogen auf den Lerneffekt beim Training ist größer bei der hinteren Zielneigung als bei der vorderen Zielneigung.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = -1.06$, $p = 0.85$), sodass die statistische Hypothese H_0 beibehalten und die inhaltliche Hypothese H2b nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass der Fokuseffekt bezogen auf den Lerneffekt beim hinteren Zielpunkt nicht erheblich größer ist als beim vorderen Zielpunkt. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Differenz zwischen den beiden Zielpunkten bezogen auf den Lerneffekt beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 28%.

Hypothese 3b: *Der Fokuseffekt bezogen auf den Kosteneffekt beim Test ist größer bei der hinteren Zielneigung als bei der vorderen Zielneigung.*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\alpha_1}$ wurde nicht signifikant ($t(20) = 0.91$, $p = 0.187$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und die inhaltliche Hypothese H3b nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass der Fokuseffekt bezogen auf den Kosteneffekt beim hinteren Zielpunkt nicht erheblich größer ist als beim vorderen Zielpunkt. Der Anteil der durch die Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Differenz zwischen den beiden Zielpunkten bezogen auf den Kosteneffekt beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 0.28%.

Nebenfragestellungen

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen ist in Abbildung 10.6 dargestellt. Die Nebenfragestellungen umfassten die Hypothesen N1, N2 und N3.

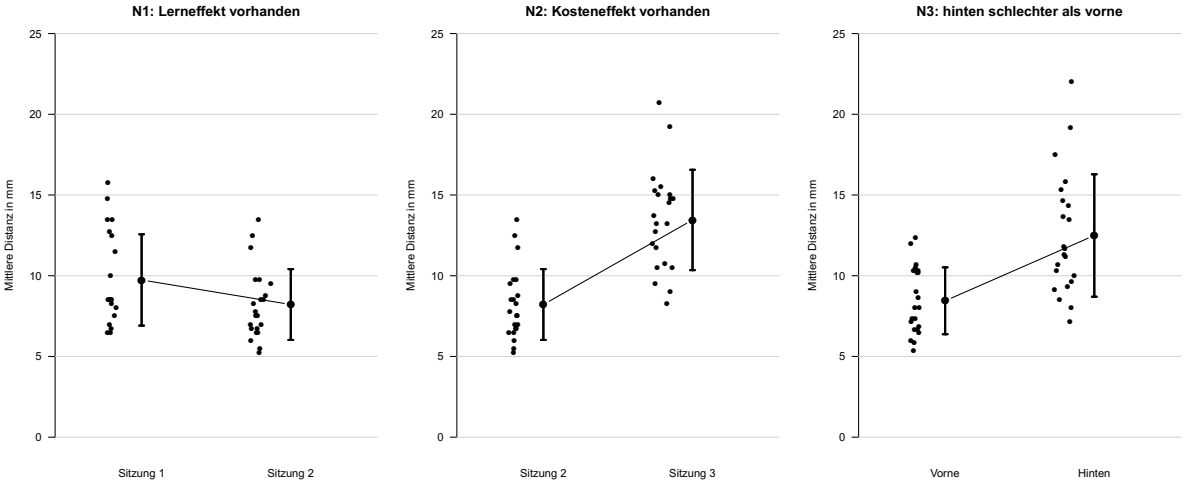


Abbildung 10.6: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Hypothese N1: *Die Leistung ist schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2 (= Lerneffekt).*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\mu}$ wurde signifikant ($t(20) = 4.95$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N1 bestätigt werden konnte. Die Leistung war schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Sitzungen beträgt 1.06 Standardabweichungen.

Hypothese N2: *Die Leistung ist schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2 (= Kosteneffekt).*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\mu}$ wurde signifikant ($t(20) = 9.6$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N2 bestätigt werden konnte. Die Leistung war schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Sitzungen beträgt 2.05 Standardabweichungen.

Hypothese N3: *Gemittelt über alle drei Sitzungen ist die Leistung bei der hinteren Zielneigung schlechter als bei der vorderen Zielneigung (= ist die hintere Zielneigung schwieriger).*

Der rechtsseitige t-Test über $\hat{\mu}$ wurde signifikant ($t(20) = 4.89$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N3 bestätigt werden konnte. Gemittelt über alle drei Sitzungen war die Leistung bei der hinteren Zielneigung schlechter als bei der

vorderen Zielneigung, d.h. die hintere Zielneigung war schwieriger. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Zielneigungen beträgt 1.04 Standardabweichungen.

Post hoc Störvariablenanalyse

Da keine Hypothese signifikant wurde oder einen Trend aufwies, wurde auch keine post hoc Störvariablenanalyse durchgeführt.

Nachbefragung

Die Ergebnisse der Nachbefragung werden im Folgenden berichtet. Zunächst soll auf die Manipulationskontrolle und danach auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe eingegangen werden.

Manipulationskontrolle

Die Fokusausprägung in Bezug auf die Ellipse als Plattform bzw. auf die Ellipse als Fuß und die Fokusausprägung in Bezug auf die Plattform bzw. den Fuß ist aufgeteilt auf die drei Sitzungen in Abbildung 10.7 dargestellt. Die Differenz zwischen externer und interner Fokusausprägung ist aufgeteilt auf die drei Sitzungen in Abbildung 10.8 dargestellt.

Die Auswertung der Manipulationskontrolle in Bezug auf das mentale Bild erfolgte analog zu Experiment 1 und 2. Die gerichteten Zweistichproben-t-Tests wurden bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ für alle drei Sitzungen signifikant (Sitzung 1: $t(20) = 4.81$, $p < 0.001, \hat{d} = 2.05$; Sitzung 2: $t(20) = 8.05$, $p < 0.001, \hat{d} = 3.43$; Sitzung 3: $t(20) = 5.86$, $p < 0.001, \hat{d} = 2.50$). Die Differenzen zwischen der externen und internen Fokusausprägung in Bezug auf das mentale Bild unterschieden sich also zwischen den Fokusgruppen in allen drei Sitzungen. Selbst in Sitzung 3, bei der keine Ellipse gezeigt wurde, wurde das mentale Bild aufrecht erhalten.

Es sollte keinen signifikanten Gruppenunterschied in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus auf die Plattform bzw. dem Fuß geben. Da die Nullhypothese favorisiert wurde, wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0.2$ angehoben. Die gerichteten Zwei-Stichproben-t-Tests wurden für alle drei Sitzungen nicht signifikant (Sitzung 1: $t(20) = 0.61$, $p = 0.27$; Sitzung 2: $t(20) = 0.68$, $p = 0.25$; Sitzung 3: $t(20) = 0.67$, $p = 0.25$). Die Differenzen zwischen der Fokusausprägung auf die Plattform und der Fokusausprägung auf den Fuß unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Fokusgruppen in allen drei Sitzungen. Effektstärken größer als $d = 1.1$ können mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden, da man sie sonst mit einer 80% Wahrscheinlichkeit aufgedeckt hätte.

Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe

Die Ergebnisse der quantitativen Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe sind in Tabelle 10.6 dargestellt. Bei keiner der Fragen zeigten Fokusgruppe und Antworten eine signifikante Abhängigkeit. Deskriptiv kann festgestellt werden, dass die Mehrzahl der Personen aus der internen Fokusgruppe die Fokusinstruktion als

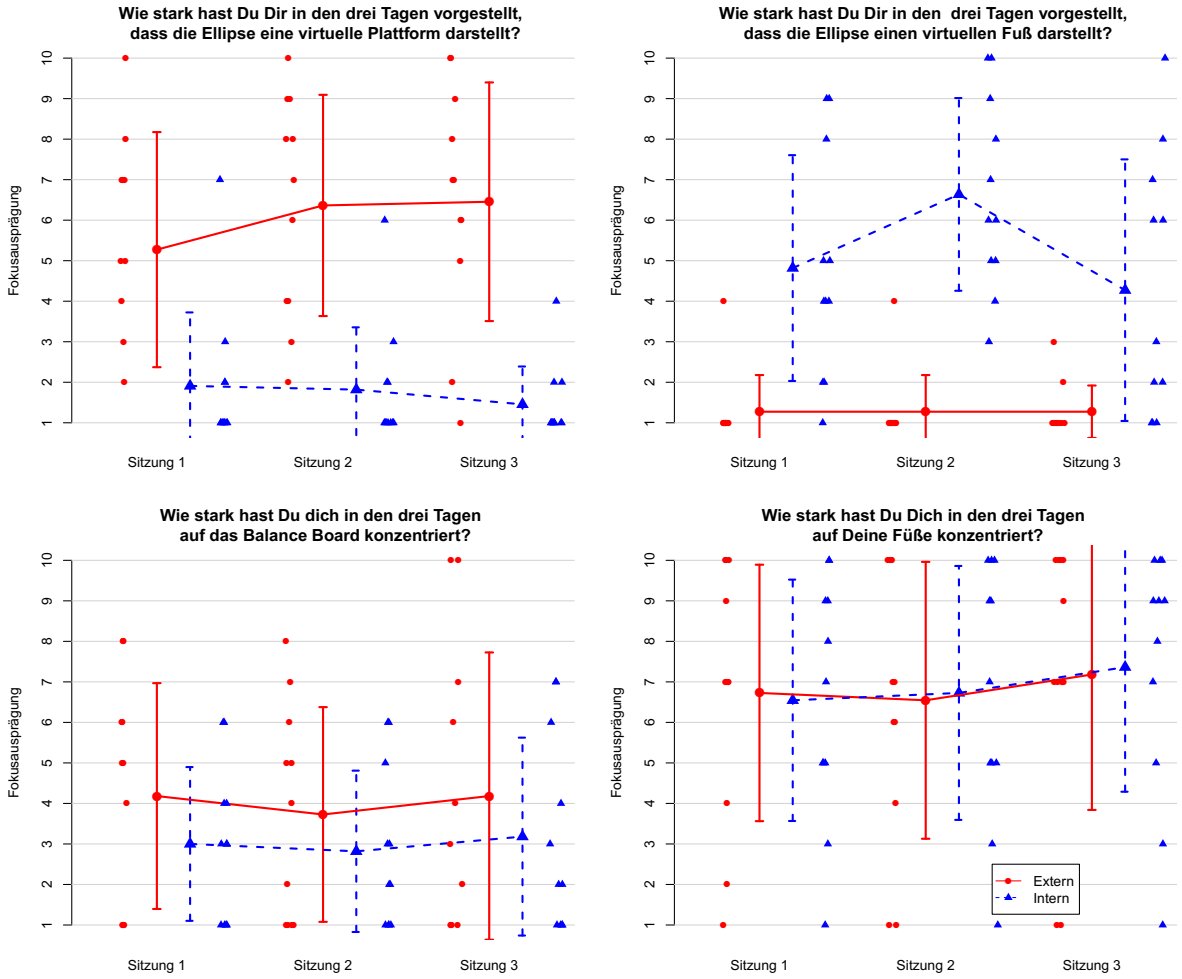


Abbildung 10.7: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (absolute Werte). Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

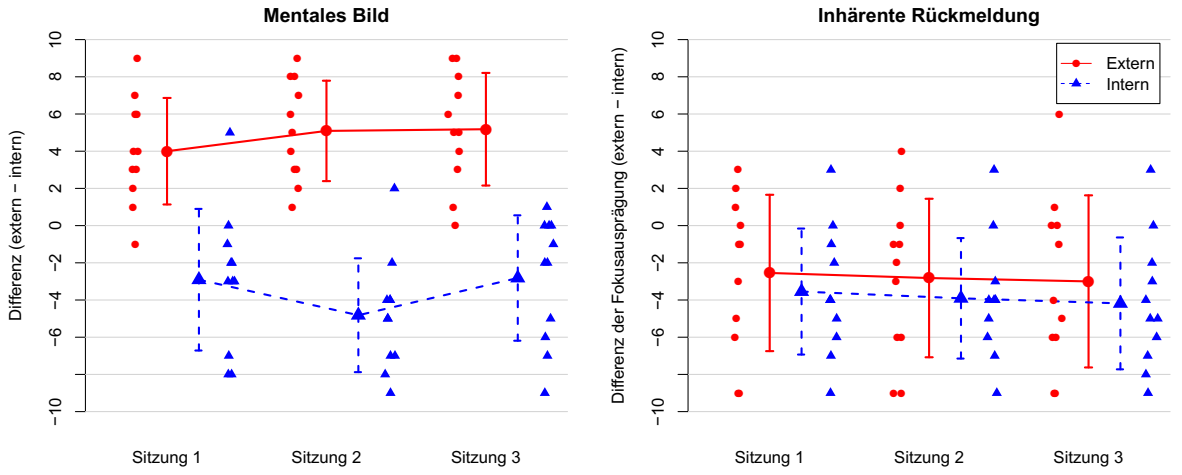


Abbildung 10.8: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (Differenzwerte). Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

äquivalent zur Gleichgewichtsverlagerung (10 vs. 1) und als hilfreich (9 vs. 2) wahrgenommen hat. Bei der externen Fokusgruppe war dies hingegen ungefähr gleichverteilt (5 vs. 6 und 6 vs. 5). Sowohl in der internen als auch in der externen Fokusgruppe gab eine knappe Mehrheit der Versuchspersonen an, dass die Ellipse auf ihre Bewegungen reagiert hat (8 vs. 3 und 7 vs. 4). In der externen Fokusgruppe gab eine knappe Mehrheit an, dass sie keine Abweichungen der Ellipsenbewegung von ihren Erwartungen wahrgenommen haben (7 vs. 4), bei der internen Fokusgruppe war dies ungefähr gleich verteilt (6 vs. 5). Bei der Frage, ob der virtuelle Fuß bzw. die virtuelle Plattform einen Bezug zur Realität besaß, waren die Antworten in beiden Fokusgruppen gleichverteilt (6 vs. 5 und 5 vs. 6). Die Mehrheit der internen Fokusgruppe (8 vs. 3) gab an, dass sie den internen Aufmerksamkeitsfokus als einfacher einschätzen würden. Bei der externen Fokusgruppe waren die Antworten hingegen ungefähr gleich verteilt (5 vs. 4).

Die Ergebnisse der qualitativen Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe sind in Tabelle 10.7 dargestellt. Insgesamt 12 Versuchspersonen haben angegeben, dass sie den internen Aufmerksamkeitsfokus bevorzugen. De Hälfte davon gab als Begründung an, dass die Vorstellung der Ellipse als Fuß den Fuß als Rückmeldequelle hervorhebe und dies bei dieser Aufgabe zu besserer Leistung führe. Die beiden externen Versuchspersonen beschrieben die Vorstellung der Ellipse als Plattform dabei als *„Zweitaufgabe“*, beim internen Aufmerksamkeitsfokus höre man eher auf sein *„Gefühl [...] und die Plattform lenkt vielleicht ein wenig davon ab“*. Beim internen Aufmerksamkeitsfokus werde die Verbindung stärker hergestellt, man konzentriere sich stark darauf, *„was macht die Ellipse, wenn ich mich so und so bewege. Und vielleicht ist es wirklich besser, diesen Ablauf besser abspeichert und sich überlegt, ok wie muss ich den Fuß hinstellen.“* Eine Versuchsperson gab an, dass sie durch diese stärkere Verbindung zum Fuß eine andere Bewegungsstrategie entwickelt habe: *„Es geht ja um die Gewichtsverlagerung und dadurch, dass man sich das als Fuß vorstellt. Also ich hab ganz am Anfang habe ich das irgendwie so intuitiv mit dem ganzen Körper gemacht. Aber da ist mir aufgefallen, dass man dann ganz schnell das Gleichgewicht verliert und dann, ich habe schon die ganze Zeit gedacht, das ist mein Fuß, aber als ich das wirklich verinnerlicht hatte, das, also zu dem Zeitpunkt, wo ich dann dachte, ok, wenn das wirklich mein Fuß ist, dann wüsste ich ja quasi über Gewicht über den Fußballen und über die Ferse das Gewicht verlagern können und dadurch wurde es eigentlich einfacher [...] Weil z.B. ich kenne das vom Snowboarden und beim Snowboarden ist es ja so, dass man eher durch Oberkörper und sein ganzes Gewicht dann fallen lässt und dann dadurch, dass die Kante in den Schnee schneidet, verlagert man das Gewicht aufs Brett und das war glaube ich mein Problem, weil ich das vom Snowboarden so kenne. Aber dadurch, dass beim Snowboarden wird der Fall sozusagen abgefangen durch die Neigung des Hangs und das funktioniert hier aber nicht. Da bin ich dann fast umgekippt. Deshalb war es auch total schwer am Anfang so viel, also verhältnismäßig viel Gewicht nach vorne zu bringen und als ich dann versucht hatte, das mit dem Fuß zu machen, habe ich wirklich mit dem Fußmuskeln aktiv in das Brett gedrückt. Und das war viel einfacher.“*

Ähnlich zu der Begründung, dass die Fußrückmeldung betont wird, ist die Begründung, dass durch den internen Aufmerksamkeitsfokus der Körper als Steuerelement hervorgehoben wird.

Tabelle 10.6: Quantitative Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe.

Fragen	Intern Anzahl	Extern Anzahl	Chi-Quadrat-Test[1]
Empfandest Du die Aufgabe, Dir die Ellipse als virtuelle Plattform bzw. den virtuellen Fuß vorzustellen, als Zusatzaufgabe zur Gleichgewichtsverlagerung oder äquivalent mit der Gleichgewichtsverlagerung?			
Äquivalent	10	5	$p = 0.06$
Zusatzaufgabe	1	6	
Fandest Du die Vorstellung, dass die Ellipse eine virtuelle Plattform bzw. einen virtuellen Fuß darstellt, hilfreich?			
Nein	2	5	$p = 0.38$
Ja	9	6	
Hattest Du das Gefühl, dass die Ellipse auf Deine Bewegungen reagiert hat oder eher, dass Du auf die Bewegung der Ellipse reagiert hast?			
Ellipse hat reagiert	8	7	$p = 1$
Ich habe reagiert	3	4	
War die Neigung der Ellipse immer so, wo Du sie vermutet hättest oder gab es irgendwelche Abweichungen?			
Abweichungen vorhanden	5	4	$p = 1$
keine Abweichungen	6	7	
Inwiefern besaß der virtuelle Fuß /die virtuelle Plattform Bezug zur Realität? D.h. empfandest Du, dass der virtuelle Fuß Dein eigener Fuß war? Empfandest Du, dass die virtuelle Plattform die Plattform war, auf der Du gestanden hast?			
Nein	5	6	$p = 1$
Ja	6	5	
(Aufklärung interner und externer Aufmerksamkeitsfokus) Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?			
Intern einfacher	8	4	$p = 0.36$
Extern einfacher	3	5	

Anmerkungen: * $p < 0.05$

[1] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert.

„Man hat mehr das Gefühl, so ich mach das selber. [...] Entweder ich steh auf einer Plattform und reagiere auf diese Plattform oder ich steuere irgendetwas selber und ich würde sagen, dass dieses selber steuern irgendwie besser funktioniert.“ Eine andere Versuchsperson sagte: *„Es ist leichter, seinen eigenen Körper so zu bewegen, wie es erforderlich ist, als etwas Außenstehendes, was nicht zum Körper gehört. Und wenn man sich mental auch darauf einstellt, dass es ein Teil vom Körper ist, könnte es deswegen eventuell leichter sein.“* Zwei Versuchspersonen fanden die Vorstellung hilfreich, weil mit der Vorstellung der Ellipse als Plattform auch die Vorstellung

Tabelle 10.7: Auswertung der Frage „Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?“

Intern Anzahl	Extern Anzahl	Antwort
8	4	„Intern einfacher“
4	2	betont Fußrückmeldung
3	0	Körper als Steuerelement
0	2	hilfreiche Vorstellung
1	0	Vorstellung intuitiver
3	5	„Extern einfacher“
2	4	einfacher vorzustellen
0	1	betont Ellipsenrückmeldung
1	0	keine Begründung
0	1	„Es gibt keinen Unterschied“

verbunden sei, herunterfallen zu können. Dies sei beim internen Aufmerksamkeitsfokus weniger der Fall, denn *„der bleibt so oder so an mir.“* Eine Versuchsperson beschrieb es so, dass sie sich *„eher darauf konzentriert hatte, virtuell nicht herunterzufallen. Und ich denke, wenn man sagt, ja das ist dein virtueller Fuß, konzentriert man sich halt eher auf die Bewegung und sagt, ja gut, das, was mein Fuß jetzt macht, ist das, was im PC sichtbar wird.“* Eine Versuchsperson gab an, dass die Vorstellung der Ellipse als Fuß für sie einfach intuitiver sei.

Acht Versuchspersonen gaben an, dass sie den externen Aufmerksamkeitsfokus bevorzugen würden. Die häufigste Antwort war die, dass die Vorstellung der Ellipse als Plattform zugänglicher sei als die eines Fußes, *„weil es realitätsnaher ist.“* Zum einen gaben die Versuchspersonen an, die Vorstellung eines Fußes habe *„mit dem widersprochen, was halt intern bedeutet.“* D.h. man spüre keine Neigung des Fußes, diese Neigung soll aber vorgestellt werden. Beim externen Aufmerksamkeitsfokus sei dieser Widerspruch nicht so deutlich: *„Dann habe ich ein extra-Board drunter, deswegen kann ich mir das besser vorstellen.“* Druckveränderungen des Fußes könnten leichter in Bewegungen eines Objektes mental übertragen werden als in gleichzeitige Neigung des Fußes. Des Weiteren habe die Ellipse *„vom Aussehen erstmal eher halt die Form von der, tatsächlich von einer Ebene oder so. Also erinnert einen jetzt nicht unbedingt an einen Fuß, sodass man vielleicht das besser assoziieren kann.“* Eine Versuchsperson bevorzugte den externen Aufmerksamkeitsfokus ohne eine Begründung zu geben und eine Versuchsperson gab an, dass es keinen Unterschied mache, welchen Aufmerksamkeitsfokus man während des Trainings annehme.

10.4 Diskussion

Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus und Nebenfragestellungen

In Experiment 3 war die Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus geglückt. Da sich der Aufmerksamkeitsfokus in diesem Experiment nur in Bezug auf die mentalen Bilder unterscheiden sollte, aber nicht in Bezug auf die inhärenten Effekte, wurde beides erfasst und geprüft. Wie erwartet zeigte die externe Fokusgruppe eine stärkere extern ausgerichtete Fokusausprägung in Bezug auf die mentalen Bilder als die interne Fokusgruppe. Selbst in Sitzung 3, bei der keine Ellipse mehr dargestellt wurde, wurde das mentale Bild aufrecht erhalten. Dies kann nur damit erklärt werden, dass sich die Versuchspersonen die Ellipse vorgestellt haben. Diese Erklärung wurde bei Nachfrage von den Versuchspersonen bestätigt. Wie vermutet gab es keine signifikanten Gruppenunterschiede in Bezug auf die relative Fokusausprägung auf die inhärenten Effekte.

In Bezug auf die Bewegungsaufgabe konnten alle Nebenhypothesen bestätigt werden. Versuchspersonen zeigten in Sitzung 1 eine signifikant schlechtere Leistung als in Sitzung 2 (N1). Die Bewegungsaufgabe erfüllte somit die Bedingung, dass sie schwierig genug gestaltet war, um den Fokuseffekt hervorrufen zu können. Die Wegnahme der zusätzlichen, direkten Rückmeldung in Sitzung 3 verursachte wie erwartet einen Kosteneffekt (N2). Außerdem konnte für die hintere Zielneigung eine schlechtere Leistung festgestellt werden (N3). Dies lässt darauf schließen, dass die hintere Zielneigung schwieriger war als die vordere Zielneigung.

Zweite Fragestellung

In Experiment 3 wurden die gleichen Fragestellungen wie bereits in Experiment 2 untersucht. Auch hier sollte herausgefunden werden, welcher Aufmerksamkeitsfokus zu besserer Leistung und/ oder besserem Lernen beim Training führt, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird. In Experiment 3 wurde der Aufmerksamkeitsfokus aber nur in Bezug auf die mentalen Bilder manipuliert. Der vorhergesagte Fokuseffekt konnte weder in Bezug auf die Leistung (H1a) noch auf das Lernen (H2a) gezeigt werden. Deskriptiv zeigen die Daten sogar in die entgegengesetzte Richtung: die interne Fokusgruppe zeigte eine bessere Leistung und hat mehr gelernt.

In der Nachbefragung wurde der interne Aufmerksamkeitsfokus favorisiert. Nur eine Versuchsperson aus der internen Fokusgruppe gab an, dass sie die Aufgabe, sich die Ellipse als Fuß vorzustellen, als Zusatzaufgabe empfunden habe, die restlichen zehn Versuchspersonen aus der internen Fokusgruppe empfanden diese Vorstellung äquivalent zur Gleichgewichtsverlagerung. Im Gegensatz dazu waren die Antworten innerhalb der externen Fokusgruppe ca. gleichverteilt (6 vs. 5). Das interne mentale Bild wurde scheinbar als einfacher empfunden. Möglicherweise baute das interne mentale Bild stärker auf schon vorhandenen Bewegungs-Effekt-Assoziationen auf, als das externe mentale Bild. Wir kennen unseren Körper und dessen Bewegungen besser als die Bewegungen eines externen Objektes. Solche externen Bewegungs-Effekt-Assoziationen müssen erst in der Interaktion mit dem Objekt erlernt werden. Möglich wäre auch, dass das interne mentale Bild informativer war als das externe mentale Bild in Bezug auf die Richtung,

in die die Versuchsperson ihr Gleichgewicht verlagern sollte. Anhand der charakteristischen Eigenschaften des Fußes kann sehr einfach festgestellt werden, in welche Richtung er zeigt. Eine Plattform hat keine solchen charakteristischen Eigenschaften. Bei einer seitlich neigenden Plattform kann nicht auf Anhieb festgestellt werden, ob sie sich nach vorne oder hinten neigt.

Unabhängig davon, wie einfach es den Versuchspersonen fiel, sich die mentalen Bilder vorzustellen, hatte der Aufmerksamkeitsfokus keinen signifikanten Einfluss auf die Leistung. Dies lässt schlussfolgern, dass die Ergebnisse von De Bruin et al. (2009, siehe dazu S. 67 und S. 140) nicht auf die Altersgruppe, sondern wahrscheinlich auf den Umstand zurückzuführen sind, dass der Aufmerksamkeitsfokus zu abstrakt gehalten worden ist. Diese Abstraktheit führte dazu, dass mentale Bilder aufgebaut werden mussten und tatsächlich beide Gruppen auf die gleichen Effekte fokussiert haben, nämlich dem beweglichen Punkt. Aus den Ergebnissen von De Bruin et al. (2009) und von Experiment 3 lässt sich schlussfolgern, dass beim Training einer Bewegungsaufgabe keine signifikanten Gruppenunterschiede aufgrund vom Aufmerksamkeitsfokus auftreten können, wenn diese nur auf mentalen Bildern basieren.

Man kann nicht sagen, dass generell keine Unterschiede darin bestehen, welches mentales Bild man nutzt. Die Ergebnisse aus Experiment 3 können nur auf mentale Bilder generalisiert werden, bei denen eine zusätzliche, direkte Rückmeldung entweder als Körperteil oder als ein externes Objekt interpretiert wird. Folgende Anwendungsfelder von mentalen Bildern sollen davon abgegrenzt werden: Erstens alle mentalen Bilder, die sich nicht in Abhängigkeit von der Bewegung verändern. So könnte man sich z.B. Ziele, die man erreichen will, mental vorstellen. Wenn man sich überlegt, dass unterschiedliche Ziele unterschiedliche Motivationen hervorrufen können, so lässt sich schlussfolgern, dass der Inhalt des mentalen Bildes einen Einfluss auf die Leistung haben könnte. Zweitens sollen alle mentalen Bilder abgegrenzt werden, die keine Umwelteffekte zum Inhalt haben, sondern die eigene Körperbewegung veranschaulichen sollen. Das mentale Bild hat in diesem Fall die Funktion, die Vorstellung der Körperbewegung zu vereinfachen. Je bildlicher das mentale Bild, desto einfacher lässt sich vermutlich die Körperbewegung umsetzen, was wiederum einen Einfluss auf die Leistung haben sollte.

Und schließlich muss an dieser Stelle das sogenannte mentale Training abgegrenzt werden. Das mentale Training ist definiert als das Durchspielen von bestimmten Handlungsabläufen in der Vorstellung, wobei folgende Punkte relevant sind (Mayer & Hermann, 2009):

- Während der Vorstellung wird die entsprechende Bewegung nicht tatsächlich durchgeführt.
- Die ausführende Person sollte bereits Erfahrung mit der Bewegung haben, bevor sie sich diese vorstellt.
- Die Wirksamkeit des mentalen Trainings ist höher, wenn es im Wechsel mit der tatsächlichen Durchführung stattfindet.

Der Unterschied der mentalen Bilder in Experiment 3 zum mentalen Training besteht aus zwei Aspekten: Erstens mussten die Versuchspersonen das mentale Bild während der Durchführung

aufrechterhalten, beim mentalen Training wird die Bewegung erst ausgeführt und dann mental vorgestellt. Außerdem mussten die Versuchspersonen schon bestehende Bewegungs-Effekt-Assoziationen nutzen um ein mentales Bild aufrufen können, beim mentalem Training werden diese erst gelernt und dann im Nachhinein aufgerufen. D.h. wie einfach man Bewegungs-Effekt-Assoziationen aufrufen kann, müsste auf die Effekterfahrung beim Training zurückführbar sein. Es gibt bereits Befunde, die besagen, dass der Vorstellungsinhalt (wie Modalität, Perspektive ...etc.) die Effektivität des mentalen Trainings beeinflusst (Mayer & Hermann, 2009). Es wird vermutet, dass je intensiver ein perzeptiver Effekt beim Training fokussiert wird, desto einfacher kann dieser beim mentalen Training aufgegriffen werden, was möglicherweise wiederum die Effektivität des mentalen Trainings beeinflussen könnte. Somit könnte der Aufmerksamkeitsfokus vielleicht einen Einfluss auf den Erfolg des mentalen Trainings haben, aber nur, wenn der Aufmerksamkeitsfokus beim Training mit tatsächlichen Effekten variiert wird, die dann beim mentalen Training aufgegriffen werden.

Dritte Fragestellung

Es konnte nicht gezeigt werden, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung zu einem höheren Kosteneffekt beim Test führt als der interne Aufmerksamkeitsfokus. Deskriptiv zeigte sich sogar der gegenteilige Effekt. Mit welchem mentalen Bild man die zusätzliche, direkte Rückmeldung assoziiert, scheint keinen signifikanten Einfluss darauf zu haben, wie abhängig man von dieser zusätzlichen, direkten Rückmeldung während des Trainings wird. Effektstärken $\eta^2 > 0.28$ können mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden.

Vierte Fragestellung

Es konnte keine empirische Evidenz dafür gefunden werden, dass die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt, wenn sich der Aufmerksamkeitsfokus ausschließlich auf mentale Bilder richtet. Auch hier können Effektstärken $\eta^2 > 0.28$ mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden.

Zusammenfassung

In Experiment 3 wurde einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt. Diese zusätzliche, direkte Rückmeldung sollten die Versuchspersonen entweder mit einem internen oder externen mentalen Bild versehen. In keiner der Hypothesen zeigten sich signifikante Fokuseffekte. Dies lässt darauf schließen, dass es keinen Unterschied macht, ob man zusätzliche, direkte Rückmeldungen mit internen oder externen mentalen Bildern versieht.

Im nächsten Experiment sollte auf mentale Bilder verzichtet werden. Stattdessen sollte der Aufmerksamkeitsfokus nur auf tatsächliche Effekte gerichtet sein. Es wurde wieder eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung untersucht. Der Unterschied zu Experiment 2 und 3 bestand darin, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht unterschiedlich interpretiert wurde, sondern als externer Effekt von der externen Fokusgruppe fokussiert wurde, wohingegen die interne Fokusgruppe den internen Effekt der körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe fokussierte. Das Experiment wird im nächsten Kapitel behandelt.

11 Experiment 4

11.1 Hypothesen

In Experiment 4 sollten die Vorhersagen der Funktionalitätshypothese gezielt getestet werden. Dafür wurde auf jegliche mentale Bilder verzichtet, stattdessen fokussierten die Fokusgruppen auf unterschiedliche Effekte. Die Versuchspersonen standen zweibeinig auf dem Wii Balance Board und sollten ihr Gleichgewicht entsprechend einer Zielform verlagern, die ihnen auf einem Bildschirm präsentiert wurde (siehe Abbildung 11.1). Es gab zwei unterschiedlich schwierige Zielformen. Zielform 1 wurde einfacher gestaltet als Zielform 2 (siehe dazu Methoden S. 169). Die Leistung wurde definiert als die Ähnlichkeit des Verlaufs der Druckschwerpunkte mit der Zielform und konnte als Zahl dargestellt werden (siehe dazu Methoden S. 171). Wie in den vorhergehenden Experimenten sollte die Gleichgewichtsaufgabe an drei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt werden, die Sitzung 1, Sitzung 2 und Sitzung 3 genannt wurden. Sitzung 1 und Sitzung 2 bildeten das Training, Sitzung 3 den Test. Lern- und Kosteneffekt wurden genauso wie in den vorhergehenden Experimenten definiert als Leistungszuwachs von Sitzung 1 auf Sitzung 2 bzw. als Leistungsminderung von Sitzung 2 auf Sitzung 3.

Die Versuchspersonen bekamen wie in den vorherigen Experimenten eine abschließende Rückmeldung über ihre Leistung in Form einer Zahl und des Verlaufs der Druckschwerpunkte. Zusätzlich wurde ihnen während der Bewegungsausführung eine zusätzliche, direkte Rückmeldung gegeben. Anders als in Experiment 2 und 3 sollte diese zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht intern oder extern interpretiert werden, sondern bildete den externen Effekt, den die exter-

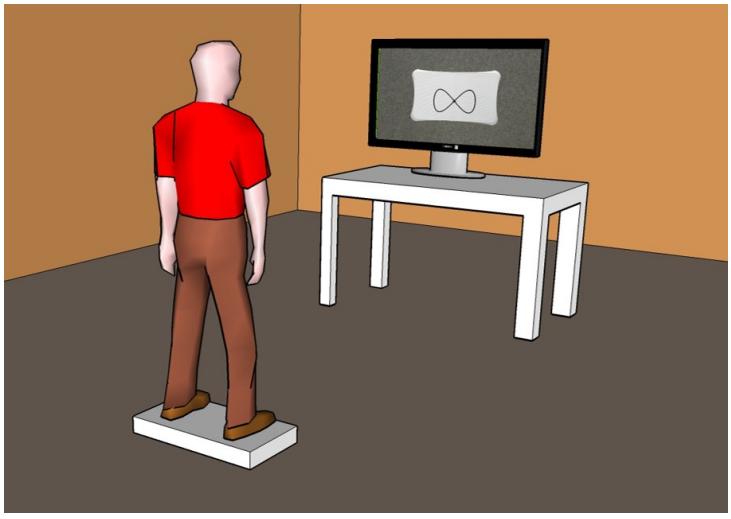


Abbildung 11.1: Gleichgewichtsaufgabe.

ne Fokusgruppe fokussierte. Die interne Fokusgruppe sollte hingegen die internen Effekte der Gleichgewichtsaufgabe (den spürbaren Druck an den Fußsohlen) fokussieren. Zusätzlich zum Aufmerksamkeitsfokus wurde die Funktionalität des externen Effektes, also der zusätzlichen, direkten Rückmeldung variiert. Es gab eine funktionale Rückmeldung in Form einer Linie und eine weniger funktionale Rückmeldung in Form eines Segmentes (siehe dazu Methoden S. 169). Diese Rückmeldungen wurden während des Trainings, aber nicht mehr beim Test dargeboten. Die Versuchspersonen wurden jeweils einer Rückmeldung und einem Aufmerksamkeitsfokus zugewiesen, sodass sich vier Experimentalgruppen ergaben. Das 2x2 Versuchsdesign ist in Tabelle 11.1 dargestellt.

Tabelle 11.1: 2x2 Versuchsdesign.

		Rückmeldung	
		Segment	Linie
Aufmerksamkeits-	Intern	$\mu^{(11)}$	$\mu^{(21)}$
fokus	Extern	$\mu^{(12)}$	$\mu^{(22)}$

Wie in den beiden vorherigen Experimenten sollten folgende Fragen beantwortet werden: Welcher Aufmerksamkeitsfokus fördert die Leistung und/ oder das Lernen mehr (zweite Fragestellung) und welcher ist mit größeren Kosten verbunden, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung beim Test nicht mehr vorhanden ist (dritte Fragestellung)? Außerdem sollte beantwortet werden, ob die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt (vierte Fragestellung). Im Folgenden sollen die konkreten Hypothesen zu der zweiten, dritten und vierten Fragestellung formuliert werden. Im Anschluss werden die Nebenhypothesen formuliert.

Hypothesen zur zweiten Fragestellung

Es wurde folgendes angenommen: Der Aufmerksamkeitsfokus entscheide darüber, welche Effekte stärker beachtet werden. Die Funktionalität dieser Effekte führe zu unterschiedlicher Leistung. Je funktionaler der Effekt, desto besser die Leistung. Wenn die beiden externen Fokusgruppen auf den externen Effekt (= zusätzliche, direkte Rückmeldung) fokussieren, der jeweils eine andere Funktionalität aufweist, und die beiden internen Fokusgruppen auf den internen Effekt, der unabhängig von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung die gleiche Funktionalität aufweist, dann sollte der Leistungsunterschied zwischen den beiden externen Fokusgruppen größer sein als zwischen den beiden internen Fokusgruppen. Dies wurd in folgender Hypothese getestet:

Hypothese H1a:

Die Differenz der Leistung beim Training zwischen Linie und Segment ist größer bei der externen Fokusgruppe als bei der internen Fokusgruppe. (siehe Abbildung 11.2 links)

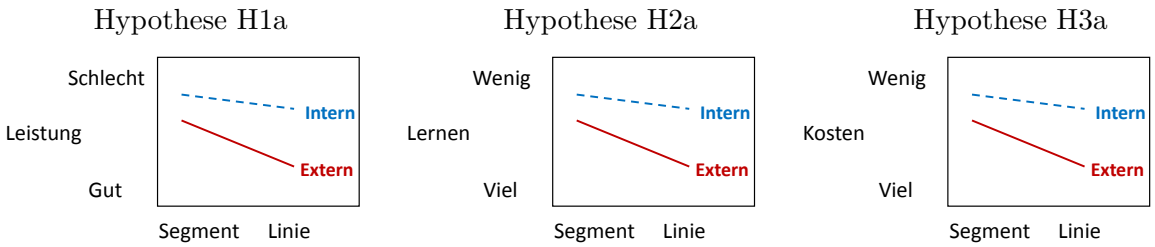
Wenn die Funktionalität groß ist, dann wird nicht nur eine bessere Leistung gezeigt, sondern auch mehr gelernt, da andere Bewegungs-Effekt-Assoziationen gebildet werden (siehe dazu S.

42). Der Lerneffekt sollte also positiv mit der Funktionalität zusammenhängen. Deshalb wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese H2a:

Die Differenz des Lerneffektes beim Training zwischen Linie und Segment ist größer bei der externen Fokusgruppe als bei der internen Fokusgruppe. (siehe Abbildung 11.2 mitte)

Tabelle 11.2: Veranschulichung der Hypothesen H1a, H2a und H3a.



Hypothese zur dritten Fragestellung

Es wurde angenommen, dass Kosten dadurch entstehen, dass die Bewegung während des Trainings anhand der zusätzlichen, direkten Rückmeldung gelernt wird, es bildet sich eine spezifische Bewegungs-Effekt-Assoziation (siehe dazu S. 69). Beim Test fehlt die zusätzliche, direkte Rückmeldung, sodass die Bewegung nicht mehr anhand der zusätzlichen, direkten Rückmeldung intendiert, antizipiert und kontrolliert werden kann. Assoziationen mit anderen Effekten werden gebildet. Man könnte sagen, die Bewegung wird auf Basis anderer Bewegungs-Effekt-Assoziationen umgelernt. Die Kosten sollten umso größer sein, je größer der funktionale Unterschied zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und den inhärenten Effekten, in diesem Fall dem internen Effekt, ist (siehe dazu Hypothese N5).

Wie die Leistung sollten auch die Kosten davon abhängen, wie funktional der fokussierte Effekt ist: Je funktionaler der fokussierte Effekt, desto größer die Kosten. Die beiden externen Fokusgruppen fokussierten zwei unterschiedlich funktionale Effekte während des Trainings. Die beiden internen Fokusgruppen fokussierten den gleichen Effekt während des Trainings. Deshalb sollte die Differenz des Kosteneffektes der beiden externen Fokusgruppen größer sein als die Differenz des Kosteneffektes der beiden internen Fokusgruppen.

Hypothese H3a:

Die Differenz des Kosteneffektes zwischen Linie und Segment ist größer bei der externen Fokusgruppe als bei der internen Fokusgruppe. (siehe Abbildung 11.2 rechts)

Hypothesen zur vierten Fragestellung

Innerhalb der zweiten und dritten Fragestellung wurde angenommen, dass die Fokusgruppe in Abhängigkeit von der Rückmeldung einen unterschiedlichen Einfluss auf die Leistung (Hypothese H1a) bzw. den Lerneffekt (Hypothese H2a) und den Kosteneffekt (Hypothese H3a) ausübt. Diese Annahmen sollen als Interaktion zwischen Fokusgruppe und Rückmeldung in Bezug auf Leistung bzw. Lerneffekt und Kosteneffekt bezeichnet werden. Im Rahmen der vierten Fragestellung sollte untersucht werden, ob Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt. Da es keine Annahmen darüber gab, in welche Richtung die Aufgabenschwierigkeit die Interaktion beeinflussen sollte, wurden ungerichtete Hypothesen in Bezug auf die Aufgabenschwierigkeit aufgestellt:

Hypothese H1b:

Die Interaktion zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und dem Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf die Leistung beim Training unterscheidet sich zwischen den beiden Zielformen.

Hypothese H2b:

Die Interaktion zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und dem Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf den Lerneffekt beim Training unterscheidet sich zwischen den beiden Zielformen.

Hypothese H3b:

Die Interaktion zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und dem Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf den Kosteneffekt beim Test unterscheidet sich zwischen den beiden Zielformen.

Hypothesen zu den Nebenfragestellungen

Die Überlegungen zu den Hypothesen N1 und N2 entsprachen denen aus den vorhergehenden Experimenten: Es wurde erwartet, dass die Gleichgewichtsaufgabe schwer genug ist, sodass sich ein Lerneffekt zeigt, und dass das Wegnehmen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung zu einem Kosteneffekt führt.

Hypothese N1:

Die Leistung ist schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2 (= Lerneffekt).

Hypothese N2:

Die Leistung ist schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2 (= Kosteneffekt).

Die Aufgabenschwierigkeit wurde in Experiment 4 anhand zwei unterschiedlicher Zielformen operationalisiert. Zielform 1 sollte einfacher sein als Zielform 2. Diese Annahme wurde in der Hypothese N3 getestet:

Hypothese N3:

Gemittelt über alle drei Sitzungen ist die Leistung bei Zielform 2 schlechter als bei Zielform 1 (= ist Zielform 2 schwieriger).

Die Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment sollte geringer sein als die Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie. Um dies zu prüfen wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese N4:

Beim Training ist die Leistung schlechter bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment als bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie.

Da angenommen wurde, dass die Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie größer sei als bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment, wurde auch erwartet, dass eine größere Abhängigkeit von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie während des Trainings aufgebaut werde. Dies sollte zu einem größeren Kosteneffekt bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie im Vergleich zur zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment führen und wurde in folgender Hypothese getestet:

Hypothese N5:

Der Kosteneffekt ist größer bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie als bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment.

Nachdem die konkreten inhaltlichen Hypothesen für Experiment 4 dargestellt wurden, soll nun auf die Methoden eingegangen werden.

11.2 Methoden

Unabhängige Variablen (UV)

Zwischen den Versuchspersonen wurde die zusätzliche, direkte Rückmeldung (UV1, Segment vs. Linie) und der Aufmerksamkeitsfokus (UV2, intern vs. extern) manipuliert. Innerhalb der Versuchspersonen wurde die Aufgabenschwierigkeit (UV3, Zielform 1 vs. Zielform 2) und die Sitzung (UV4, Sitzung 1 vs. Sitzung 2 vs. Sitzung 3) manipuliert. Auf diese UVs soll nun näher eingegangen werden.

UV1: Rückmeldung

Anhand der zusätzlichen, direkten Rückmeldung sollte die Funktionalität der externen Effekte manipuliert werden. Die Manipulation begrenzte sich auf die externen Effekte, da die Funktionalität der internen Effekte ohne invasive Verfahren (z.B. durch Betäubung) nicht verändert werden kann. Dies wurde aus ethischen Gründen nicht in Betracht gezogen.

Segment (geringe Funktionalität) Linie (hohe Funktionalität)



Abbildung 11.2: Zusätzliche, direkte Rückmeldung: Segment und Linie.

Die zusätzliche, direkte Rückmeldung mit geringer Funktionalität wurde weniger informativ in Bezug auf den Druckschwerpunkt gestaltet als die zusätzliche, direkte Rückmeldung mit hoher Funktionalität. In Abbildung 11.2 sind beide Rückmeldungen dargestellt. Bei der weniger informativen, zusätzlichen, direkten Rückmeldung leuchteten nur die entsprechenden Segmente der Zielform auf, in dessen Nähe sich der Druckschwerpunkt befand. Diese zusätzliche, direkte Rückmeldung wird deshalb *Segment* genannt. Bei der informativen, zusätzlichen, direkten Rückmeldung wurden dagegen der genaue Druckschwerpunkt und die vorhergehenden Druckschwerpunkte als Linie angezeigt. Diese zusätzliche, direkte Rückmeldung wird *Linie* genannt.

UV2: Aufmerksamkeitsfokus

Der Aufmerksamkeitsfokus wurde anhand von Instruktionen und Erinnerungen manipuliert (siehe Tabelle 11.3). Die externe Fokusgruppe wurde instruiert, sich auf das Segment bzw. die Linie zu fokussieren. Die interne Fokusgruppe wurde instruiert, sich auf den gefühlten Druck an der Fußsohle zu fokussieren (siehe Tabelle 11.3 a und b). Zusätzlich wurden die Versuchspersonen an den Aufmerksamkeitsfokus erinnert. Während der Durchgänge wurde ein kurzer Erinnerungstext auf dem Bildschirm präsentiert (siehe Tabelle 11.3 c). Auch während der Pausen wurde eine Erinnerung in Form eines Textes gegeben (siehe Tabelle 11.3 d). Durch die beiden UVs Rückmeldung und Aufmerksamkeitsfokus ergaben sich vier Experimentalgruppen: Intern-Segment, Intern-Linie, Extern-Segment, Extern-Linie (siehe Tabelle 11.1 auf Seite 165).

UV3: Aufgabenschwierigkeit

Die Versuchspersonen sollten ihren Druckschwerpunkt so verändern, dass dessen Verlauf eine bestimmte Form annahm. Die Aufgabenschwierigkeit wurde anhand von zwei verschiedener Zielformen realisiert. Die Zielformen entsprachen Lissajous-Figuren mit unterschiedlicher Komplexität (Lissajous, 1857). Zielform 1 entsprach einer liegenden Acht, Zielform 2 hatte die Form eines Schmetterlings (siehe Abbildung 11.3). Zielform 1 ist augenscheinlich einfacher mit dem Druckschwerpunkt zu durchlaufen als Zielform 2. Neben dieser Augenscheinvalidität wurde die Leistung als objektives Maß (siehe Nebenhypothese N3 auf S. 168) und die Befragung als subjektives Maß (siehe Nachbefragung auf S. 177) herangezogen um die Validität der Aufgabenschwierigkeit zu bestätigen.

Tabelle 11.3: Fokusinstruktionen und -erinnerungen in Sitzung 1, Sitzung 2 und in den Pausen.

	Extern	**Intern**
	a) Instruktion vor Sitzung 1	
Segment	„Für dieses Experiment ist es sehr wichtig, dass Du Dich während jedes Durchgangs NICHT auf den Druck, den Du fühlst, SONDERN auf dieses rote Segment fokussierst!“	„Für dieses Experiment ist es sehr wichtig, dass Du Dich während jedes Durchgangs NICHT auf das rote Segment fokussierst, SONDERN auf den Druck, den Du fühlst!“
Linie	„Für dieses Experiment ist es sehr wichtig, dass Du Dich während jedes Durchgangs NICHT auf den Druck, den Du fühlst, SONDERN auf diese rote Linie fokussierst!“	„Für dieses Experiment ist es sehr wichtig, dass Du Dich während jedes Durchgangs NICHT auf diese rote Linie fokussierst, SONDERN auf den Druck, den Du fühlst!“
	b) Instruktion vor Sitzung 2	
Segment	„Bitte fokussiere Dich bei jedem Durchgang auf die roten Segmente!“	„Bitte fokussiere Dich bei jedem Durchgang auf den gefühlten Druckschwerpunkt!“
Linie	„Bitte fokussiere Dich bei jedem Durchgang auf die rote Linie!“	„Bitte fokussiere Dich bei jedem Durchgang auf den gefühlten Druckschwerpunkt!“
	c) Erinnerung während der Durchgänge von Sitzung 1 und 2	
Segment	„Bitte achte auf das rote Segment!“	„Bitte achte auf den Druck, den Du spürst!“
Linie	„Bitte achte auf die rote Linie!“	„Bitte achte auf den Druck, den Du spürst!“
	d) Erinnerung in den Pausen von Sitzung 1 und 2	
Segment	„Es ist wichtig, dass Du Dich bei jedem Durchgang auf die roten Segmente fokussierst!“	„Es ist wichtig, dass Du Dich bei jedem Durchgang auf den Druck, den Du fühlst, fokussierst!“
Linie	„Es ist wichtig, dass Du Dich bei jedem Durchgang auf die rote Linie fokussierst!“	„Es ist wichtig, dass Du Dich bei jedem Durchgang auf den Druck, den Du fühlst, fokussierst!“

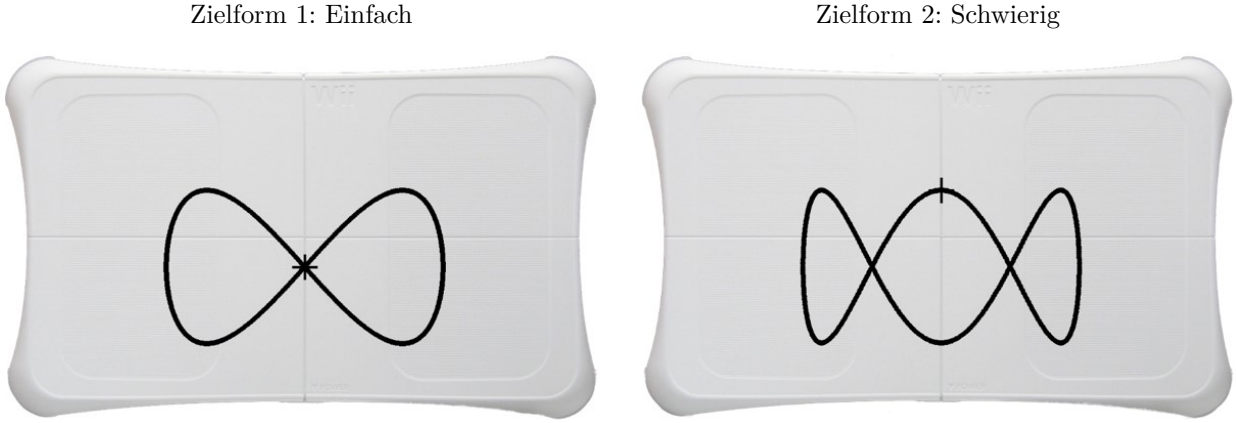


Abbildung 11.3: Manipulation der Aufgabenschwierigkeit anhand von zwei verschiedenen Zielformen.

UV4: Sitzung

Jede Versuchsperson durchlief Sitzung 1, Sitzung 2 und Sitzung 3, die an drei aufeinanderfolgenden Tagen stattfanden. Sitzung 1 und Sitzung 2 bildeten das Training, Sitzung 3 bildete den Test. Der Test unterschied sich in zwei Aspekten vom Training: Es wurden keine zusätzlichen Rückmeldungen mehr dargeboten und die Versuchspersonen wurden nicht mehr in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus instruiert oder erinnert.

Abhängige Variable (AV)

Als Leistung sollte die Ähnlichkeit des Verlaufs der Druckschwerpunkte mit der Zielform in einer Zahl ausgedrückt werden. Sowohl die Zielform als auch der Verlauf der Druckschwerpunkte wurde anhand von einzelnen Punkten abgespeichert. Diese Punkte bildeten die Grundlage dafür, Zielform und Verlauf der Druckschwerpunkte miteinander vergleichen zu können. Die Punkte der Zielform, ab jetzt Zielpunkte genannt, wurden nach jedem Millimeter (bezogen auf das Wii Balance Board) gesetzt. Die Druckschwerpunkte wurden alle 20 ms erfasst und konnten somit je nach Geschwindigkeit der Gleichgewichtsverlagerung weiter auseinanderliegen als einen Millimeter. Um den Abstand der Druckschwerpunkte konstant zu halten, wurden bei einem größeren Abstand als einem Millimeter zusätzliche Druckschwerpunkte in die Zwischenräume hinzugefügt.

Um die Ähnlichkeit zwischen dem Verlauf der Druckschwerpunkte und der Zielform in einer Zahl ausdrücken zu können, wurde die *Modifizierte Hausdorffdistanz* (Dubuisson & Jain, 1994) verwendet. Die Berechnung ist in Abbildung 11.4 dargestellt: Für jeden Druckschwerpunkt (DP_j) wurde zu jedem Zielpunkt (ZP_i) die euklidische Distanz (ED_{ji}) berechnet. Aus all diesen Distanzen wurde für jeden Druckschwerpunkt die kleinste Distanz (MIN_{DPj}) berechnet. Diese wurden über alle Druckschwerpunkte gemittelt ($\overline{ED}_{DP}$). Das gleiche wurde für die Zielpunkte

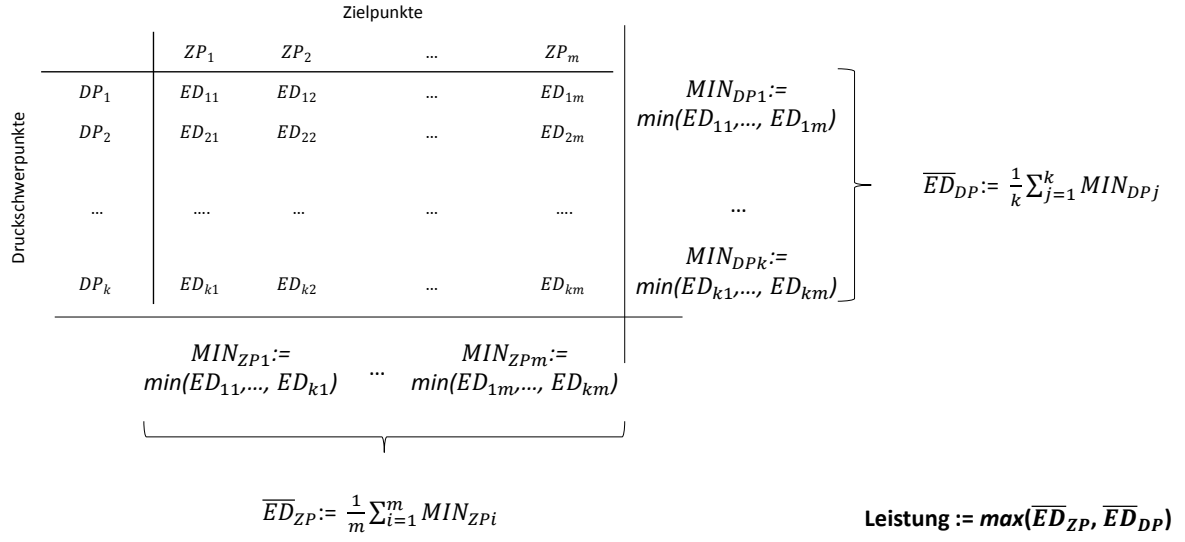


Abbildung 11.4: Veranschaulichung der Berechnung der Hausdorffdistanz.
DP = Druckschwerpunkt, ZP = Zielpunkt, ED = Euklidische Distanz

berechnet ($\overline{ED}_{ZP}$). Aus den beiden Mittelwerten (Mittelwert für Druckschwerpunkte $\overline{ED}_{DP}$ und Mittelwert für Zielpunkte $\overline{ED}_{ZP}$) bildete die größere der beiden Zahlen das Leistungsmaß.

Da die schwierige Zielform länger war und somit mehr Zielpunkte (bei konstanter Gesamtfläche) besaß, stieg allein aus diesem Grund die Wahrscheinlichkeit, einen geringeren Wert zu erhalten. Um dies zu korrigieren, wurde der Wert für die schwierige Zielform mit einem Quotienten multipliziert. Dieser ergab sich aus der Anzahl der Zielpunkte bei der schwierigen Zielform geteilt durch die Anzahl der Zielpunkte bei der einfachen Zielform. Aus den gleichen Gründen wie in den vorherigen Experimenten wurde auch für dieses Experiment für jede UV-Bedingung nicht der Mittelwert sondern der Median gebildet (siehe Begründung S. 82).

Störvariablen und Maßnahmen zu ihrer Kontrolle

Die Störvariablen und die Maßnahmen zu ihrer Kontrolle in Experiment 4 sind in Tabelle 11.4 aufgelistet. Gleichgewichtsexpertise und Geschlecht wurden folgendermaßen parallelisiert: Zunächst wurden Geschlecht (siehe demographischer Fragebogen in Anhang A) und Gleichgewichtsexpertise (siehe zweiten Fragebogen Erfahrung mit Sportarten in Anhang A) erfasst. Die Gleichgewichtsexpertise wurde genauso eingestuft wie in den vorhergehenden Experimenten (siehe dazu S. 85). Danach wurde zunächst in Bezug auf die Gleichgewichtsexpertise geprüft, welche der vier Experimentalgruppen am wenigsten besetzt war. Wenn eine Experimentalgruppe eindeutig festgestellt werden konnte, wurde die Versuchsperson dieser zugewiesen. Wenn mehre Experimentalgruppen diese Bedingung erfüllten, wurde in Bezug auf das Merkmal Geschlecht geprüft, welche von den in Frage kommenden Experimentalgruppen am wenigsten Versuchspersonen aufwiesen und dieser zugewiesen. Man habe z.B. eine männliche Versuchsperson mit Expertisestufe drei. Wenn innerhalb der Expertisestufe drei sowohl die Experimentalgruppe Extern-Linie und Intern-Linie die wenigsten Versuchspersonen aufwiesen, wurde auf das Geschlecht geschaut. Falls z.B. die Experimentalgruppe Extern-Linie weniger Männer beinhaltete als Intern-Linie, dann wurde die Versuchsperson der Experimentalgruppe Extern-Linie zugewiesen. Falls beide Experimentalgruppen die gleiche Anzahl an Männer aufwiesen, wurde die Versuchspersonen zufällig zu einer der beiden Experimentalgruppen Extern-Linie oder Intern-Linie zugewiesen.

Folgende Variablen wurden erfasst: Fußfehlstellung (ja vs. nein), Erfahrung mit Wii Balance Board (ja vs. nein), Beruf, Alter und Körpergröße (siehe demographischer Fragebogen in Anhang A). Fußgröße wurde ausgemessen und Körpergewicht wurde auf dem Wii Balance Board erfasst. In Experiment 4 wurde zusätzlich die Fähigkeit zur Bewegungsvorstellung anhand des Fragebogens Movement Imagery Questionnaire (MIQ-3, S. E. Williams et al., 2012) erhoben (siehe Fragebogen zur Bewegungsvorstellung in Anhang A). Bei diesem Fragebogen mussten die Versuchspersonen Bewegungen erst durchführen, sie sich danach vorstellen und schließlich angeben, wie leicht ihnen die Bewegungsvorstellung fiel. MIQ-3 besitzt drei Skalen: die externe bildliche Vorstellungskraft (Vorstellung der Bewegung aus der Dritte-Person-Perspektive; MIQ-EVI), die interne bildliche Vorstellungskraft (Vorstellung der Bewegung aus der Ich-Perspektive; MIQ-IVI) und die kinästhetische Vorstellungskraft (MIQ-KI; S. E. Williams et al., 2012). Der

Tabelle 11.4: Auflistung der Störvariablen und Maßnahmen zu ihrer Kontrolle.

Störvariable	**Maßnahme zur Kontrolle**
Geschlecht	Erfassung durch Fragebogen und anschließende Parallelisierung. Statistische Auswertung.
Gleichgewichtsexpertise	Erfassung durch Fragebogen und anschließende Parallelisierung. Statistische Auswertung.
Fußfehlstellung	Erfassung durch Fragebogen und statistische Auswertung.
Wii-Erfahrung	Erfassung durch Fragebogen und statistische Auswertung.
Beruf	Eingeschränkt auf universitäres Umfeld. Erfassung durch Fragebogen und statistische Auswertung.
Alter	Eingeschränkt auf 18 bis 35 Jahre; Erfassung durch Fragebogen und statistische Auswertung.
Körpergröße	Erfassung durch Fragebogen und statistische Auswertung.
Bewegungsvorstellung	Erfassung durch Fragebogen und statistische Auswertung.
Länge des rechten und linken Fußes	Erfassung durch Abmessung und statistische Auswertung.
Körpergewicht	Erfassung durch Wii Balance Board und statistische Auswertung.
Gleichgewichtsprobleme	Versuchspersonen wurden von der Teilnahme ausgeschlossen, wenn sie Störungsbilder bzw. Beeinträchtigungen aufwiesen, die für das Gleichgewichtstraining relevant wären.
Vorerfahrung mit der Gleichgewichtsaufgabe	Gleichgewichtsaufgabe wurde neu programmiert und somit keiner Versuchsperson vorher bekannt.
Vertrautheit mit der Gleichgewichtsaufgabe	Vorschalten eines Übungsblockes.
Ermüdung	Beinwechsel nach jedem Block.
Befolgung der Instruktion	Nachbefragung der Versuchspersonen und ggf. Ausschluss aus der Auswertungsstichprobe.
Fußstellung	Konstantgehalten anhand von Markierungslinien auf dem Wii Balance Board.
Aufgabenschwierigkeit zwischen den Versuchspersonen	Länge der Zielform wurde nicht absolut sondern relativ zur Fußgröße bestimmt. Breite der Zielform wurde hingegen konstant gehalten.
Visuelle Darstellung der zusätzlichen, direkten Rückmeldung	Konstantgehalten innerhalb der beiden Zielformen in Bezug auf Farbe, Dicke und Länge.

MIQ-3 wurde nicht wie die anderen Fragebögen am Anfang von Sitzung 1, sondern erst am Ende von Sitzung 2 durchgeführt, da er relativ zeitaufwändig ist und mögliche Ermüdungseffekte vermieden werden sollten. Der Fragebogen wurde erhoben, da Bewegungsvorstellung mit Bewegungslernen in Zusammenhang stehen soll. Goss, Hall, Buckolz und Fishburne (1986) konnten z.B. zeigen, dass Personen mit guter Bewegungsvorstellung weniger Durchgänge brauchen, um Bewegungsmuster zu lernen (hier wurde MIQ, ein Vorläufer des MIQ-3, eingesetzt Goss et al., 1986). Eine neuere Studie weist auch auf einen Zusammenhang zwischen Bewegungsvorstellung und Gleichgewichtsleistung hin (Callow, Roberts, Hardy, Jiang & Edwards, 2013).

Anhand experimenteller Versuchsplanung wurde versucht, einige Störeinflüsse gering zu halten. Folgende Störvariablen wurden bereits erörtert: Gleichgewichtsprobleme, Vorerfahrung mit der Gleichgewichtsaufgabe, Vertrautheit mit der Gleichgewichtsaufgabe und Ermüdung (siehe S. 85). Wie in den vorhergehenden Experimenten wurde in der Nachbefragung ermittelt, ob sich die Versuchspersonen an die Fokusinstruktionen gehalten haben. Wenn dies nicht der Fall war, wurden sie im Nachhinein ausgeschlossen. Zusätzlich war es in Experiment 4 für die Auswertung wichtig, dass die Versuchspersonen den Durchgang mit einem Mausklick beendeten, wenn sie die Zielform durchlaufen hatten. Ansonsten war das Leistungsmaß nicht mehr zwischen den Versuchspersonen vergleichbar. Deshalb wurden Versuchspersonen auch dann von der Auswertung ausgeschlossen, falls sie in der Nachbefragung angaben, trotz Instruktion die Maus nicht benutzt zu haben.

Durch die Änderung der Gleichgewichtsaufgabe änderten sich auch die Störvariablen in Bezug auf die Fußstellung und der visuellen Darstellung auf dem Bildschirm. In Abbildung 11.5 sind eine horizontale und zwei vertikale Markierungslinien dargestellt, die auf dem Wii Balance Board angebracht waren. An den beiden vertikalen Markierungslinien sollten die Innenseiten der Füße liegen. Die Füße wurden so platziert, dass sich die Fußmitte jeweils genau über der horizontalen Markierungslinie befand. Dafür wurde die Fußmitte vorher ausgemessen und mit Kreppband markiert. Auf dem Bildschirm wurde eine virtuelle Plattform dargestellt. Der Abstand der Markierungslinien auf dem Wii Balance Board entsprach der Breite der Lissajou-Figur auf der virtuellen Plattform und blieb über alle Versuchspersonen konstant. Die Länge der Lissajou-Figuren wurde prozentual an die Fußgröße angepasst, damit die Aufgabenschwierigkeit konstant

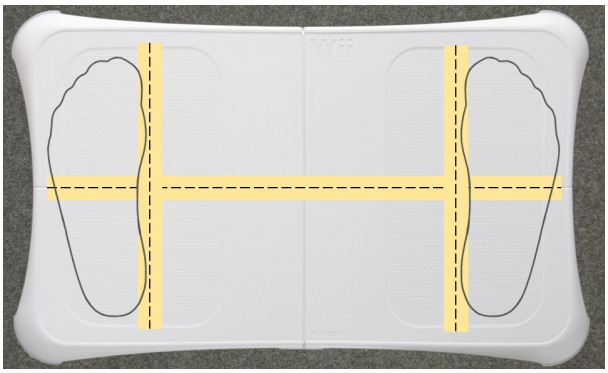


Abbildung 11.5: Fußstellung auf dem Wii Balance Board.

blieb. Bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung wurde innerhalb der beiden Zielformen das Segment und die Linie in Bezug auf Farbe, Dicke und Länge konstant gehalten. Dadurch sollten sich die beiden zusätzlichen, direkten Rückmeldungen nur in Bezug auf die Informationsgüte unterscheiden.

Experimentablauf

Die Versuchspersonen bekamen die Aufgabe, das Gleichgewicht entsprechend einer Zielform zu verlagern, während sie mit beiden Beinen auf einem Wii Balance Board standen. Die Zielformen und die zusätzlichen Rückmeldungen erschienen auf einem Bildschirm (siehe Abbildung 11.1). Da die Versuchspersonen nun mit beiden Beinen auf dem Wii Balance Board standen und der Druckschwerpunkt sich somit zwischen den Füßen befand, konnte dieser nicht mehr mit einem bestimmten Druckschwerpunkt an einem Fuß im Zusammenhang gebracht werden. Vielmehr war hier ein Zusammenspiel der Druckschwerpunkte an beiden Füßen notwendig.

Ein Durchgang ist in Abbildung 11.6 veranschaulicht und war folgendermaßen aufgebaut: Der Durchgang begann erst, wenn sich die Versuchsperson in die Startposition begab, welche durch ein Kreuz signalisiert wurde. Anders als in den vorhergehenden Experimenten entsprach der Startpunkt nicht der Gleichgewichtslage, die man einnimmt, wenn man das Gleichgewicht gleichmäßig verteilt. Außerdem unterschieden sich die Startpunkte in Abhängigkeit von den beiden Zielformen. Aus diesen Gründen wurde bereits an dieser Stelle eine zusätzliche, direkte Rückmeldung entsprechend der Experimentalgruppe über den aktuellen Druckschwerpunkt gegeben

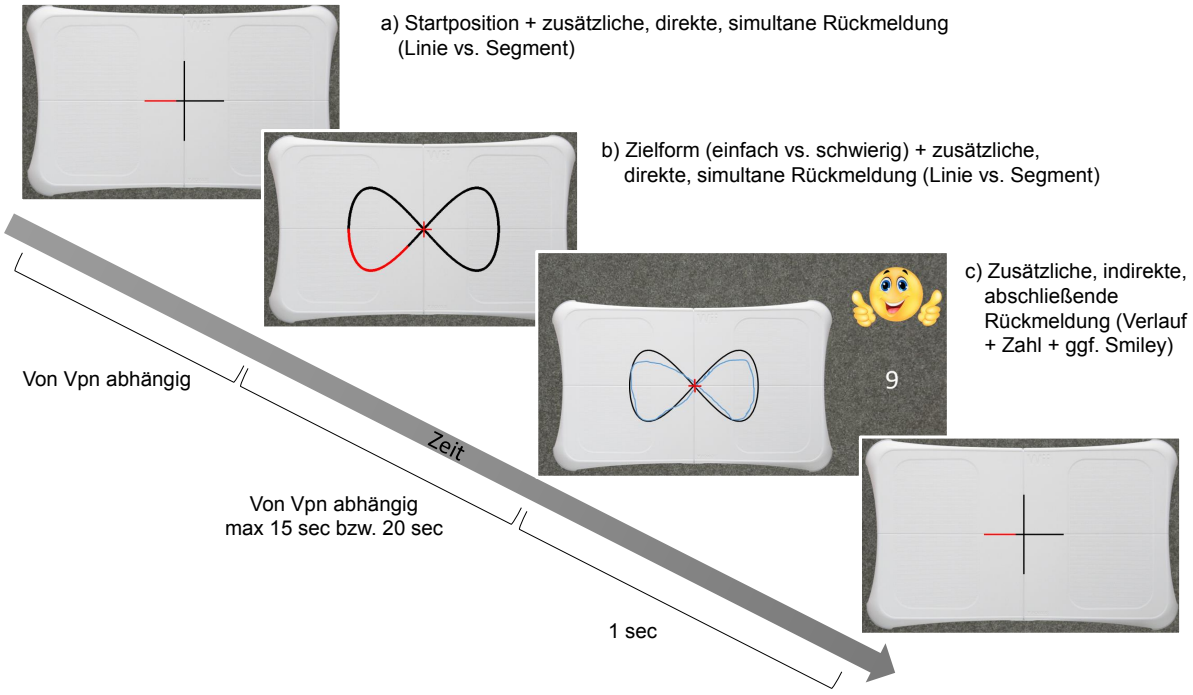


Abbildung 11.6: Schematische Darstellung eines Versuchsdurchgangs beim Training.

(siehe Abbildung 11.6a). Der Durchgang begann, wenn sich der Druckschwerpunkt in einem kleineren Abstand als zehn mm zum Startpunkt mit einer Mindestdauer von 500 ms befand.

Der Durchgang startete damit, dass Zielform 1 oder Zielform 2 präsentiert wurde. Die Versuchsperson sollte den Druckschwerpunkt so lenken, dass dessen Verlauf innerhalb eines Durchganges möglichst der Zielform entsprach. Das Kreuz, welches den Startpunkt signalisiert hatte, wurde nun kleiner dargestellt, verschwand aber nicht. Dadurch sollte der Versuchsperson deutlich gemacht werden, wo sie angefangen hat und wo sie enden soll. Für die Leistung war es nicht relevant, in welcher Richtung angefangen wurde und wie lange die Versuchsperson für die Gleichgewichtsverlagerung brauchte. Um eine zu starke zeitliche Variation zu vermeiden, wurde ein Durchgang auf maximal 15 Sekunden für Zielform 1 und maximal 20 Sekunden für Zielform 2 begrenzt. Die Versuchsperson wurde instruiert, die Gleichgewichtsverlagerung innerhalb dieser Zeit abzuschließen. Falls die Versuchsperson früher fertig wurde, sollte sie den Durchgang manuell durch einen Mausklick beenden. Während des Durchgangs bekam die Versuchspersonen zusätzliche, direkte, simultane Rückmeldung je nach Experimentalgruppe in Form eines Segments oder einer Linie (siehe Abbildung 11.6b).

Nach dem Durchgang erhielt die Versuchsperson eine zusätzliche, indirekte, abschließende Rückmeldung über ihre Leistung. Zum einen wurde ihr der gesamte Verlauf des Druckschwerpunktes innerhalb des Durchgangs präsentiert. Des Weiteren erschien eine Zahl, die die Ähnlichkeit des Verlaufs der Druckschwerpunkte mit der Zielform aufzeigte. Um die Motivation zu erhöhen, erschien bei besonders guter Leistung (≤ 10) zusätzlich ein lachender Smiley, bei sehr schlechter Leistung (≥ 30) ein trauriger Smiley. Nach der zusätzlichen, indirekten, abschließenden Rückmeldung startete der nächste Durchgang.

Wie auch die vorhergehenden Experimente beinhaltete Experiment 4 drei Sitzungen, die auf drei aufeinanderfolgende Tage verteilt wurden. Jede Sitzung bestand aus jeweils 10 Blöcken. Innerhalb der vier Durchgänge eines Blockes wurden die zwei Zielformen jeweils zwei Mal in randomisierter Reihenfolge dargeboten. Zwischen den Blöcken wurde die Pause auf zehn Sekunden gekürzt, da das zweibeinige Stehen im Vergleich zum einbeinigen Stehen in den vorhergehenden Experimenten weniger anstrengend war und kein Beinwechsel mehr stattfinden musste.

Wie in den vorhergehenden Experimenten bekam die Versuchsperson in der letzten Sitzung (= Test) weder eine zusätzliche, direkte, simultane Rückmeldung (Linie oder Segment während des Durchgangs), noch eine zusätzliche, indirekte, abschließende Rückmeldung über ihre Leistung (Verlauf, Zahl und ggf. Smiley nach dem Durchgang) und auch keine Erinnerung an die Fokusinstruktionen. Nur die zusätzliche, direkte, simultane Rückmeldung vor dem Durchgang blieb erhalten (siehe Abbildung 11.6a), damit die Versuchspersonen ihre Startposition finden konnten. Nach der dritten Sitzung folgten eine kurze Nachbefragung und die Aufklärung über die Untersuchungsziele. Die Nachbefragung wird im Folgenden näher erläutert.

Nachbefragung

Die Versuchspersonen wurden am Ende von Sitzung 3 zum Aufmerksamkeitsfokus und zur Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe befragt. Auf beides wird nun eingegangen.

Manipulationskontrolle

Den Versuchspersonen wurden zunächst folgende zwei offene Fragen gestellt:

- *„Worin bestand Deine Aufgabe, wenn die Zielform erschienen ist?“*
- *„Während der Aufgabenbearbeitung, wie hast Du Dir diese Gleichgewichtsverlagerung tatsächlich vorgestellt bzw. worauf hast Du geachtet?“*

Diese Fragen dienten dazu, Versuchspersonen zu identifizieren, die die Instruktion zum Aufmerksamkeitsfokus nicht befolgt haben. Um den Aufmerksamkeitsfokus quantifizieren und statistisch auf Gruppenunterschiede prüfen zu können, wurden folgende geschlossene Fragen gestellt:

- *„Auf einer Skala von 1 bis 10, wie stark hast Du in den drei Tagen auf die rote Linie/ auf das rote Segment geachtet? 1 bedeutet nie und 10 bei jedem einzelnen Trial.“*
- *„Auf einer Skala von 1 bis 10, wie stark hast Du in den drei Tagen auf den gefühlten Druck geachtet? 1 bedeutet nie und 10 bei jedem einzelnen Trial.“*

Wie auch in Experiment 3 wurde hier auch für die dritte Sitzung erfragt, wie stark die Versuchspersonen auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung (hier Linie vs. Segment) geachtet haben, obwohl diese nicht mehr gezeigt wurde. Wie auch in Experiment 3 wurde erwartet, dass Versuchspersonen sich diese Rückmeldung vorstellen und deshalb trotzdem darauf achten können.

Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe

Neben dem Aufmerksamkeitsfokus wurden auch andere Aspekte der Gleichgewichtsaufgabe durch Fragen überprüft. Zum einen sollte die Aufgabenschwierigkeit durch subjektive Angaben validiert werden (siehe S. 169). Des Weiteren sollte sichergestellt werden, dass alle Versuchspersonen keine Probleme mit dem Bedienen der Maus besaßen (siehe S. 174). Es wurden dafür folgende Fragen gestellt:

- *„Welche der beiden Zielformen empfandest Du als schwieriger?“*
- *„Gab es Probleme mit dem Klicken der Maus? Hast Du es oft genutzt?“*

Um explorativ zu untersuchen, ob die Experimentalgruppen die Gleichgewichtsaufgabe unterschiedlich wahrgenommen haben, wurden folgende geschlossene Fragen gestellt:

- *„Empfandest Du die Aufgabe, auf die rote Linie/ das rote Segment/ den gefühlten Druck zu achten, als Zusatzaufgabe zur Gleichgewichtsverlagerung oder äquivalent mit der Gleichgewichtsverlagerung?“* (äquivalent vs. Zusatzaufgabe)

- *„Fandest Du es hilfreich, auf die rote Linie/ das rote Segment/ den gefühlten Druck zu achten?“* (nein vs. ja)
- *„War die rote Linie/ das rote Segment immer so, wo Du es vermutet hättest oder gab es irgendwelche Abweichungen?“* (keine Abweichungen vs. Abweichungen vorhanden)
- *„Hattest Du das Gefühl, dass die rote Linie/ das rote Segment auf Deine Bewegungen reagiert hat oder eher, dass Du auf die rote Linie/ das rote Segment reagiert hast?“* (Segment bzw. Linie hat reagiert vs. ich habe reagiert)
- *„Welche Körperhälfte hast Du eher bewegt, die obere oder die untere?“* (die obere vs. die untere)

Zum Schluss wurden die Versuchspersonen in Bezug auf die beiden Aufmerksamkeitsfoki aufgeklärt und ihnen wurde folgende halb-offene Frage gestellt:

- *„Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?“* (intern einfacher vs. extern einfacher; Begründung offen)

Die Versuchspersonen sollten sich also innerhalb ihrer jeweiligen zusätzlichen, direkten Rückmeldung (Segment oder Linie) für einen Aufmerksamkeitsfokus entscheiden und ihre Entscheidung begründen.

Statistisches Modell

Im Folgenden wird das Allgemeine Lineare Modell (Fox, 2008) für Experiment 4 aufgestellt, anhand dessen die Hypothesen geprüft wurden.

Grundgesamtheit

Es bestehen N Grundgesamtheiten Ω_1 bis Ω_N, wobei jede Person ein Element einer eigenen Grundgesamtheit bildet.

Zufallsvariablen

Es bestehen N viele 6-dimensionale Zufallstupel Y_i. Innerhalb eines Zufallstupels bezeichnet der erste Index k die Zielform ($k = 1$ für Zielform 1 und $k = 2$ für Zielform 2) und der zweite Index l die Sitzung ($l = 1, 2, 3$ für die drei Sitzungen). Der Index i bezeichnet die Person ($i = 1, ..., N$). Die Zufallstupel können folgendermaßen beschrieben werden:

$$Y_i = (Y_{11,i}, Y_{21,i}, Y_{12,i}, Y_{22,i}, Y_{13,i}, Y_{23,i})$$

Jedem Element aus Ω_i wird ein Zufallstupel zugewiesen.

$$Y_i : \Omega_i \to \mathbb{R}^6$$

Aus dem jeweiligen Tupel wird eine Linearkombination gebildet (Diese Linearkombination ist von der statistischen Hypothese abhängig). Das Ergebnis dieser Linearkombination ist die Zufallsvariable W_i.

$$W_i : \Omega_i \to \mathbb{R}$$

Verteilungsannahme

Die Zufallsvariable W_i ist in jeder Population normalverteilt mit gleicher Varianz, der Erwartungswert ist von der Fokusgruppe und der Rückmeldung abhängig. $E(W_i) = \mu^{(11)}$ für die interne Fokusgruppe mit Rückmeldung Segment (d.h. für Y_i mit $i = 1, ..., N/4$), $E(W_i) = \mu^{(21)}$ für die externe Fokusgruppe mit Rückmeldung Linie (d.h. für Y_i mit $i = N/4+1, ..., N/2$), $E(W_i) = \mu^{(12)}$ für die interne Fokusgruppe mit Rückmeldung Linie (d.h. für Y_i mit $i = N/2+1, ..., N*3/4$) und schließlich $E(W_i) = \mu^{(22)}$ für die externe Fokusgruppe mit Rückmeldung Linie (d.h. für Y_i mit $i = N * 3/4 + 1, ..., N$).

$$W_i \sim N(\mu^{(jm)}, \sigma^2), \text{ wobei j = 1 für intern und j = 2 für extern}$$
$$\text{und m = 1 für Segment und m = 2 für Linie}$$

Linearitätsannahme

Die Erwartungswerte der Zufallsvariablen W_i liegen alle auf einer Ebene, die durch folgende Gleichung definiert wird.

$$E(W_i) = \mu^{(jm)} \text{ bzw. reparametrisiert}$$

$$E(W_i) = \mu + \alpha_1 * R_i + \beta_1 * C_i + \gamma_{11} * R_i * C_i \quad \text{mit } R_i = \begin{cases} 1 & \text{für } j = 1 \text{ (intern)} \\ -1 & \text{für } j = 2 \text{ (extern)} \end{cases}$$

$$\text{und } C_i = \begin{cases} 1 & \text{für } m = 1 \text{ (Segment)} \\ -1 & \text{für } m = 2 \text{ (Linie)} \end{cases}$$

Unabhängigkeitsannahme

Jedes Zufallstupel Y_i bzw. jede Zufallsvariable W_i wird einmal zufällig realisiert, die realisierten Werte sind unabhängig.

Erwartungswerttabelle

In Tabelle 11.5 sind alle Erwartungswerte $\mu_{kl}^{(jm)}$ innerhalb der Zufallstupel Y_i und die Erwartungswerte $\mu^{(jm)}$ der Zufallsvariablen W_i, die hypothesengeleitet gebildet wird, für die jeweiligen Gruppen aufgelistet ($j = 1, 2; m = 1, 2; k = 1, 2; l = 1, 2, 3$).

Tabelle 11.5: Erwartungswerttabelle.

	Sitzung 1		**Sitzung 2**		**Sitzung 3**		**Linear-**
	Z1	Z2	Z1	Z2	Z1	Z2	**kombination** W_i
Segment							
Intern	$\mu_{11}^{(11)}$	$\mu_{21}^{(11)}$	$\mu_{12}^{(11)}$	$\mu_{22}^{(11)}$	$\mu_{13}^{(11)}$	$\mu_{23}^{(11)}$	$\mu^{(11)}$
Extern	$\mu_{11}^{(21)}$	$\mu_{21}^{(21)}$	$\mu_{12}^{(21)}$	$\mu_{22}^{(21)}$	$\mu_{13}^{(21)}$	$\mu_{23}^{(21)}$	$\mu^{(21)}$
Linie							
Intern	$\mu_{11}^{(12)}$	$\mu_{21}^{(12)}$	$\mu_{12}^{(12)}$	$\mu_{22}^{(12)}$	$\mu_{13}^{(12)}$	$\mu_{23}^{(12)}$	$\mu^{(12)}$
Extern	$\mu_{11}^{(22)}$	$\mu_{21}^{(22)}$	$\mu_{12}^{(22)}$	$\mu_{22}^{(22)}$	$\mu_{13}^{(22)}$	$\mu_{23}^{(22)}$	$\mu^{(22)}$

Anmerkungen: Z1 = Zielform 1; Z2 = Zielform 2

Prüfstatistik

Bei Hypothesen, die über die beiden Faktoren Aufmerksamkeitsfokus und Rückmeldung gemittelt aufgestellt wurden, haben die vier Erwartungswerte $\mu^{(11)}$, $\mu^{(21)}$,$\mu^{(12)}$ und $\mu^{(22)}$ dasselbe Vorzeichen. In diesem Fall wurde jeweils ein t-Test über den y-Achsenabschnitt μ im reparametrisierten Modell angewendet. Bei Hypothesen in Bezug auf den Faktor Rückmeldung wurde jeweils ein t-Test über den Parameter β_1 gerechnet. Bei Hypothesen, die sich auf die Interaktion zwischen Aufmerksamkeitsfokus und Rückmeldung bezogen, wurde jeweils ein t-Test über den Parameter γ_{11} gerechnet. Da das reparametrisierte Modell vier Parameter aufweist (μ, α_1, β_1 und γ_{11}), betragen die Fehlerfreiheitsgrade $df = N - 4$.

Für eine bessere Übersichtlichkeit werden die konkreten statistischen Hypothesen, d.h. die jeweiligen Linearkombinationen W_i, die den inhaltlichen Hypothesen entsprechen, im Ergebnisteil formuliert.

Population und Planung der Stichprobe

Die Einschlusskriterien und die Festlegung der Stichprobengröße pro Fokusgruppe entsprachen denen der vorhergehenden Experimente. Da das Versuchsdesign vier Experimentalgruppen vorsah, sollten insgesamt 48 Versuchspersonen erhoben werden (12 Versuchspersonen pro Gruppe). Als Aufwandsentschädigung bekamen die Versuchspersonen entweder eine Teilnahmebescheinigung oder 15 Euro. Um die Motivation zu steigern bekamen die Versuchspersonen eine leistungsabhängige Vergütung bis maximal 5 Euro. Dies war unabhängig davon, ob sie eine Teilnahmebescheinigung oder Versuchspersonengeld erhielten.

11.3 Datenanalyse und Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse von Experiment 4 vorgestellt. Wie in den vorhergehenden Experimenten wurde für die quantitative Auswertung der Daten R (Version 3.4.0, R Core Team, 2017) und für die qualitative Auswertung der Nachbefragung MAXQDA (Version 12.3.5, MAXQDA, 2017) verwendet.

Tabelle 11.6: Stichprobenbeschreibung: Kategoriale (Stör-)Variablen.

Kategoriale (Stör-)Variablen	**Intern**		**Extern**		Chi-Quadrat-Test[2]
	Segment	Linie	Segment	Linie	
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	
Geschlecht					
Weiblich	7	7	7	8	$p = 1$
Männlich	5	5	5	4	
Expertise[1]					
1	1	2	2	2	$p = 0.856$
2	2	3	0	1	
3	6	4	7	7	
4	3	3	3	2	
Fehlstellung					
Nein	11	10	10	9	$p = 0.956$
Ja	1	2	2	3	
WII					
Nein	11	10	8	9	$p = 0.643$
Ja	1	2	4	3	
Beruf					
Student	11	9	11	10	$p = 0.12$ *
Angestellter	0	0	0	2	
Sonstiges	1	3	1	0	

Anmerkungen: * $p < 0.2$
[1] Je größer die Zahl, desto höher die Expertise.
[2] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert (Patefield, 1981).

Stichprobenbeschreibung

Es wurden 48 Versuchspersonen erhoben, davon mussten fünf ausgeschlossen werden, da sie die Instruktion nicht befolgt haben. Vier Versuchspersonen aus den beiden internen Experimentalgruppen gaben an, den Druck nicht fokussiert zu haben (*„Ich habe ihn [den Druck] nicht wirklich bemerkt die meiste Zeit “*, *„Mir hat ja niemand gesagt, dass ich darauf [auf den Druck] achten soll“*, *„Ich habe nicht richtig auf Druck konzentriert, sondern auf die Linie“* ... etc.). Eine Versuchsperson gab an, dass sie die Maus überhaupt nicht benutzt hat und wurde deshalb aus der Auswertungsstichprobe ausgeschlossen. Um die Gleichverteilung der Versuchspersonenanzahl pro Experimentalgruppe zu gewährleisten, wurden alle ausgeschlossenen Versuchspersonen nacherhoben, sodass die Analysestichprobe 48 Versuchspersonen enthielt.

Die deskriptive und inferenzstatistische Auswertung der kategorialen Variablen befindet sich in Tabelle 11.6 und die der metrischen Variablen in Tabelle 11.7. Um Gruppenunterschiede feststellen zu können, wurden bei den kategorialen Variablen der Chi-Quadrat-Test (mit ggf. simuliertem p-Wert) und bei den metrischen Variablen eine zweifaktorielle ANOVA gerechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0.2$ gesetzt, da jeweils die Nullhypothese, dass es keine

Gruppenunterschiede gab, favorisiert wurde. Durch das Erhöhen des Signifikanzniveaus steigt zwar die Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art (fälschlicherweise die H_0 zu verwerfen). Gleichzeitig verringert sich aber die Wahrscheinlichkeit für den Fehler 2. Art (fälschlicherweise die H_0 beizubehalten), der in diesem Fall relevanter war als der Fehler 1. Art .

Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.2$ zeigten folgende Variablen signifikante Gruppenunterschiede: Beruf, Alter (signifikanter Haupteffekt Fokus), Gewicht (signifikanter Haupteffekt Fokus), MIQ-IVI (signifikante Interaktion) und MIQ-KI (signifikanter Haupteffekt Rückmeldung). Diese Variablen wurden im Rahmen der post hoc Störvariablenanalyse in das reparametrisierte Modell aufgenommen, um zu schauen, ob die zu interessierenden Effekte trotz dieser additiven Hinzunahme erhalten bleiben.

Tabelle 11.7: Stichprobenbeschreibung: Metrische (Stör-)Variablen

Metrische (Stör-)Variablen	Intern Mittelwert (SD)	Extern Mittelwert (SD)	Effekt[1]	Statistik (ANOVA)
Alter (Jahre)				
Segment	26.08 (3.6)	24.5 (3.75)	F:	$F(1,44) = 5.94$, $p = 0.019$ *
Linie	27.75 (2.67)	24.58 (3.37)	R:	$F(1,44) = 0.81$, $p = 0.374$
			F x R	$F(1,44) = 0.66$, $p = 0.421$
Größe (cm)				
Segment	173.33 (8.62)	171 (7.89)	F:	$F(1,44) = 0.74$, $p = 0.396$
Linie	172.58 (9.98)	170.58 (8.39)	R:	$F(1,44) = 0.05$, $p = 0.818$
			F x R	$F(1,44) = 0$, $p = 0.948$
Gewicht (kg)				
Segment	73.02 (12.04)	63.72 (7.79)	F:	$F(1,44) = 3.46$, $p = 0.07$ *
Linie	67.6 (12.04)	65.05 (11.69)	R:	$F(1,44) = 0.41$, $p = 0.526$
			F x R	$F(1,44) = 1.12$, $p = 0.295$
Rechter Fuß (cm)				
Segment	251.5 (16.42)	246.75 (15.29)	F:	$F(1,44) = 0.25$, $p = 0.618$
Linie	251 (17.14)	250.75 (19.74)	R:	$F(1,44) = 0.12$, $p = 0.727$
			F x R	$F(1,44) = 0.2$, $p = 0.653$
Linker Fuß (cm)				
Segment	251.67 (15.73)	247.08 (14.76)	F:	$F(1,44) = 0.22$, $p = 0.642$
Linie	251.58 (17.23)	251.67 (18.63)	R:	$F(1,44) = 0.22$, $p = 0.642$
			F x R	$F(1,44) = 0.24$, $p = 0.63$
MIQ-IVI[2]				
Segment	5.29 (1.19)	6.02 (0.63)	F:	$F(1,44) = 0.61$, $p = 0.44$
Linie	5.75 (1.03)	5.48 (1.13)	R:	$F(1,44) = 0.02$, $p = 0.888$
			F x R	$F(1,44) = 2.89$, $p = 0.096$ *

Anmerkungen: * $p < 0.2$, SD = Standardabweichung

[1] F= Haupteffekt Fokus, R = Haupteffekt Rückmeldung, FxR = Interaktion Fokus und Rückmeldung;

[2] IVI = Internal Visual Imagery; [3] EVI = External Visual Imagery; [4] KI = Kinesthetic Imagery

Tabelle 11.7: *(continued)*

Metrische (Stör-)Variablen	Intern Mittelwert (SD)	Extern Mittelwert (SD)	Effekt[1]	Statistik (ANOVA)
MIQ-EVI[3]				
Segment	5.71 (1.14)	5.75 (1.13)	F:	$F(1, 44) = 0.02$, $p = 0.901$
Linie	5.4 (1.51)	5.27 (0.69)	R:	$F(1, 44) = 1.42$, $p = 0.24$
			F x R	$F(1, 44) = 0.06$, $p = 0.803$
MIQ-KI[4]				
Segment	5.17 (1.39)	5.98 (0.89)	F:	$F(1, 44) = 1.41$, $p = 0.242$
Linie	5.04 (1.28)	5.06 (1.25)	R:	$F(1, 44) = 2.2$, $p = 0.145$ *
			F x R	$F(1, 44) = 1.27$, $p = 0.266$

Anmerkungen: * $p < 0.2$, SD = Standardabweichung

[1] F= Haupteffekt Fokus, R = Haupteffekt Rückmeldung, FxR = Interaktion Fokus und Rückmeldung;

[2] IVI = Internal Visual Imagery; [3] EVI = External Visual Imagery; [4] KI = Kinesthetic Imagery

Hypothesenprüfung

Die Zellenmittelwerte und die Standardabweichungen für alle Stufen der vier UVs sind in Tabelle 11.8 aufgelistet. In Abbildung 11.7 sind diese zusätzlich grafisch dargestellt.

Tabelle 11.8: Zellenmittelwerte.

	Sitzung 1		**Sitzung 2**		**Sitzung 3**	
	Z1	Z2	Z1	Z2	Z1	Z2
	MW (SD)	MW (SD)	MW (SD)	MW (SD)	MW (SD)	MW (SD)
Segment						
Intern	15.54 (1.59)	18.71 (2.18)	13.83 (1.68)	18.79 (1.56)	16.88 (1.6)	21.29 (2.12)
Extern	16.46 (2.8)	17.96 (2.02)	15.71 (2.19)	17.21 (2.21)	16.25 (2.73)	19.75 (2.3)
Linie						
Intern	12.92 (2.48)	15.5 (2.58)	10.42 (1.51)	13.04 (2.49)	17.46 (3.33)	21.17 (4.04)
Extern	12.71 (2.66)	14.42 (2.3)	10.21 (1.91)	12.08 (1.88)	17.38 (4.09)	20.88 (2.6)

Anmerkungen: Z1 = Zielform 1, Z2 = Zielform 2, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

Es soll nun auf die Hypothesen zur zweiten, dritten und vierten Fragestellung und auf die Nebenfragestellungen eingegangen werden. Danach werden die Ergebnisse der post hoc Störvariablenanalyse dargestellt. Die Hypothesen zur zweiten und dritten Fragestellung und die Hypothesen zu den Nebenfragestellungen wurden einseitig auf dem Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$ getestet, die Hypothesen zur vierten Fragestellung wurden zweiseitig auf dem Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$ getestet. Da der Aufmerksamkeitsfokus erst ab Sitzung 2 erfolgreich manipuliert werden konnte (siehe S. 191), wird die Darstellung der Hypothesen zu der zweiten, dritten und

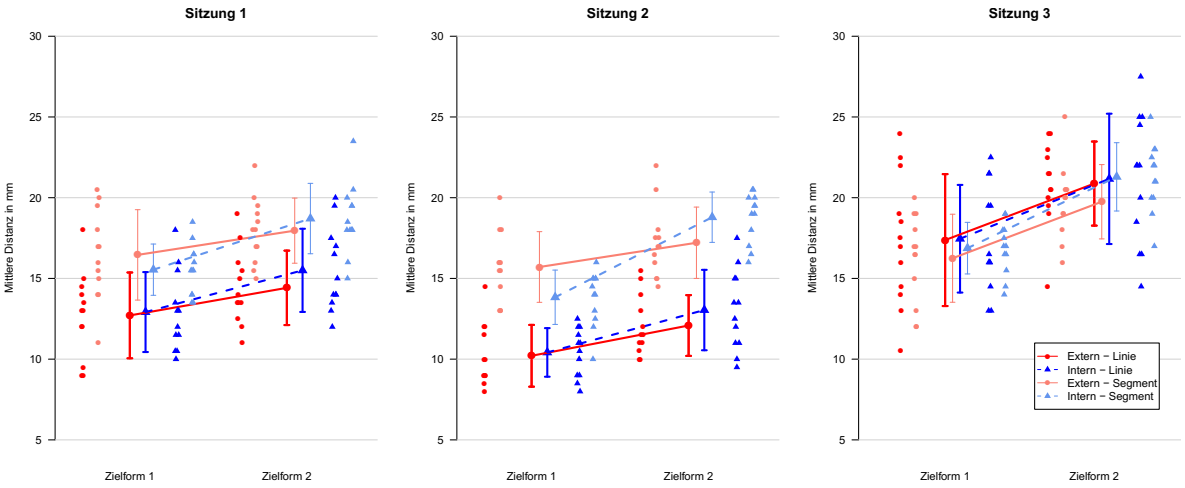


Abbildung 11.7: Leistung aufgeteilt nach Sitzung, Zielform, Rückmeldung und Fokusgruppe. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

vierten Fragestellung auf Sitzung 2 und Sitzung 3 eingeschränkt. Auch die Formulierung der statistischen Hypothesen anhand der Erwartungswerte der neuen Zufallsvariablen W_i in Anhang D beschränkt sich auf Sitzung 2 und Sitzung 3. Aus Gründen der Vollständigkeit werden in der Übersichtstabelle 11.9 auch die Ergebnisse in Bezug auf Sitzung 1 dargestellt.

Zweite Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu der Hypothese in Bezug auf die zweite Fragestellung für Sitzung 2 ist in Abbildung 11.8 dargestellt. Die zweite Fragestellung für Sitzung 2 umfasste die Hypothese H1a.

***Hypothese 1a**: Die Differenz der Leistung in Sitzung 2 zwischen Linie und Segment ist größer bei der externen Fokusgruppe als bei der internen Fokusgruppe.*

Der rechtsseitige t-Test über das $\hat{\gamma_{11}}$ im reparametrisiertem Modell wurde nicht signifikant ($t(44) = 0.69$, $p = 0.246$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und die inhaltliche Hypothese H1a nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass die Differenz der Leistung in Sitzung 2 zwischen Linie und Segment bei der externen Fokusgruppe nicht erheblich größer ist als bei der internen Fokusgruppe. Der partielle Anteil der durch die Interaktion zwischen Rückmeldung und Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistung beim Training beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 15%.

Dritte Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die dritte Fragestellung ist in Abbildung 11.8 dargestellt. Die dritte Fragestellung umfasste die Hypothese H3a.

Tabelle 11.9: Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung.

Hypothesen	t-Wert	p-Wert[1]	Effektstärke[2]
(2) Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt zu besserer Leistung und/ oder besserem Lernen beim Training, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird?			
H1a: gerichtete IA (Leistung Training)	$t(44) = 0.7$	0.244	$\eta_p^2 < 0.15$
H1a: gerichtete IA (Leistung S1)	$t(44) = 0.58$	0.281	$\eta_p^2 < 0.15$
H1a: gerichtete IA (Leistung S2)	$t(44) = 0.69$	0.246	$\eta_p^2 < 0.15$
H2a: gerichtete IA (Lerneffekt)	$t(44) = 0$	0.5	$\eta_p^2 < 0.15$
(3) Welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung führt zu höheren Kosten beim Test?			
H3a: gerichtete IA (Kosteneffekt)	$t(44) = 0.98$	0.166	$\eta_p^2 < 0.15$
(4) Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt?			
H1b: IA ungleich zwischen ZF (Leistung Training)	$t(44) = 2.22$	0.032 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.1$
H1b: IA ungleich zwischen ZF (Leistung S1)	$t(44) = 0.74$	0.461	$\eta_p^2 < 0.15$
H1b: IA ungleich zwischen ZF (Leistung S2)	$t(44) = 3.28$	0.002 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.2$
H1b PH1: IA bei ZF1 (Leistung S2)	$t(44) = 1.96$	0.028 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.08$
H1b PH2: IA bei ZF1 + Gewicht (Leistung S2)	$t(43) = 2.87$	0.003 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.16$
H1b PH3: IA bei ZF1 + MIQ-IVI (Leistung S2)	$t(43) = 2.27$	0.014 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.11$
H1b PH4: IA bei ZF1 + MIQ-KI (Leistung S2)	$t(43) = 2.45$	0.009 *	$\hat{\eta_p}^2 = 0.12$
H1b PH5: IA bei ZF2 (Leistung S2)	$t(44) = -0.52$	0.699	$\eta_p^2 < 0.15$
H2b: IA ungleich zwischen ZF (Lerneffekt)	$t(44) = -1.8$	0.079	$\eta_p^2 < 0.15$
H3b: IA ungleich zwischen ZF (Kosteneffekt)	$t(44) = 1.56$	0.127	$\eta_p^2 < 0.15$
Nebenfragestellungen			
N1: Lerneffekt vorhanden	$t(44) = 6.55$	< 0.001 *	$\hat{d} = 0.95$
N2: Kosteneffekt vorhanden	$t(44) = 12.02$	< 0.001 *	$\hat{d} = 1.73$
N3: ZF2 schlechter als ZF1	$t(44) = 15.42$	< 0.001 *	$\hat{d} = 2.23$
N4: Segment schlechter als Linie	$t(44) = 7.88$	< 0.001 *	$\hat{d} = 1.14$
N5: Kosteneffekt größer bei Linie	$t(44) = 6.8$	< 0.001 *	$\hat{d} = 0.98$

Anmerkungen: * $p < 0.05$, IA = Interaktion, S1 = Sitzung 1, S2 = Sitzung 2, ZF1 = Zielfrom 1, ZF2 = Zielform 2, IVI = Internal Visual Imagery, KI = Kinesthetic Imagery

[1] Außer den post hoc Hypothesen, die einseitig getestet wurden, wurden die Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung zweiseitig getestet. Die Hypothesen in Bezug auf alle anderen Fragestellungen wurden einseitig getestet.

[2] Wenn der Effekt signifikant wurde, wurde die Effektstärke aus der Stichprobe geschätzt. Wenn der Effekt nicht signifikant wurde, wurde angegeben, wie groß die Effekte höchstens sein können (größere Effekte können mit einer hohen Sicherheit ausgeschlossen werden, da sie in 80% der Fälle signifikant geworden wären).

***Hypothese 3a**: Die Differenz des Kosteneffektes zwischen Linie und Segment ist größer bei der externen Fokusgruppe als bei der internen Fokusgruppe.*

Der rechtsseitige t-Test über das $\hat{\gamma_{11}}$ im reparametrisiertem Modell wurde nicht signifikant ($t(44) = 0.98$, $p = 0.166$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und

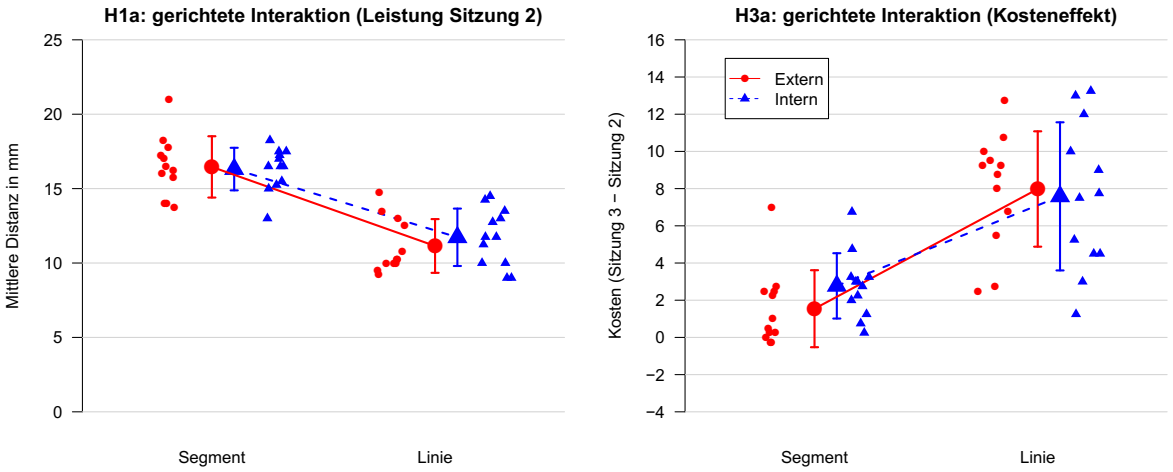


Abbildung 11.8: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die zweite und dritte Fragestellung. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

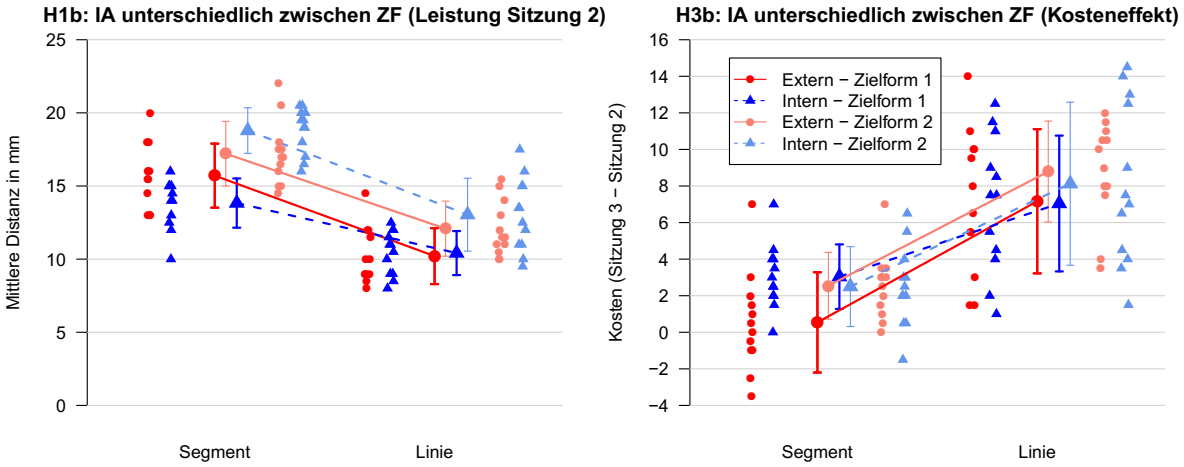


Abbildung 11.9: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung für Sitzung 2 und Sitzung 3. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

die inhaltliche Hypothese H3a nicht bestätigt werden konnte. Mann kann annehmen, dass die Differenz des Kosteneffektes zwischen Linie und Segment bei der externen Fokusgruppe nicht erheblich größer ist als bei der internen Fokusgruppe. Der partielle Anteil der durch die Interaktion zwischen Rückmeldung und Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz des Kosteneffektes beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 15%.

Vierte Fragestellung

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung für Sitzung 2 und Sitzung 3 ist in Abbildung 11.9 dargestellt. Die vierte Fragestellung für Sitzung 2 und Sitzung 3 umfasste die Hypothesen H1b und H3b.

***Hypothese 1b**: Die Interaktion zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und dem Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf die Leistung in Sitzung 2 unterscheidet sich zwischen den beiden Zielformen.*

Der zweiseitige t-Test über das $\hat{\gamma_{11}}$ im reparametrisiertem Modell wurde signifikant ($t(44) = 3.28$, $p = 0.002$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese H1b bestätigt werden konnte. Die Interaktion zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und dem Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf die Leistung in Sitzung 2 unterschied sich zwischen den beiden Zielformen. Der partielle Anteil der durch die Interaktion zwischen Rückmeldung und Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Differenz zwischen den beiden Zielpunkten bezogen auf die Leistung in Sitzung 2 wird auf 20% geschätzt.

***Hypothese 3b**: Die Interaktion zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und dem Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf den Kosteneffekt unterscheidet sich zwischen den beiden Zielformen.*

Der zweiseitige t-Test über das $\hat{\gamma_{11}}$ im reparametrisiertem Modell wurde nicht signifikant ($t(44) = 1.56$, $p = 0.127$), sodass die statistische Hypothese H_0 vorläufig beibehalten und die inhaltliche Hypothese H3b nicht bestätigt werden konnte. Man kann annehmen, dass sich die Interaktion zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und dem Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf den Kosteneffekt nicht erheblich zwischen den beiden Zielformen unterscheidet. Der partielle Anteil der durch die Interaktion zwischen Rückmeldung und Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Differenz zwischen den beiden Zielpunkten bezogen auf den Kosteneffekt beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 15%.

Post hoc Untersuchung

Da die Hypothese 1b bestätigt werden konnte, wurde post hoc untersucht, bei welchen der beiden Zielformen die Interaktion vorhanden war. Die grafische Darstellung der Daten zu der post hoc Untersuchung für Sitzung 2 ist in Abbildung 11.10 dargestellt.

Der rechtsseitige t-Test über das $\hat{\gamma_{11}}$ im reparametrisiertem Modell wurde signifikant für Zielform 1 ($t(44) = 1.96$, $p = 0.028$), aber nicht für Zielform 2 ($t(44) = -0.52$, $p = 0.699$). Für Zielform 1 war die Differenz der Leistung in Sitzung 2 zwischen Linie und Segment größer bei der externen Fokusgruppe als bei der internen Fokusgruppe. Der partielle Anteil der durch die Interaktion zwischen Rückmeldung und Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistung in Sitzung 2 für Zielform 1 wird auf 8% geschätzt. Für Zielform 2 kann man annehmen, dass die Differenz der Leistung in Sitzung 2 zwischen Linie und Segment bei der externen Fokusgruppe nicht erheblich größer ist als bei der internen Fokusgruppe. Der partielle Anteil der durch die Interaktion zwischen Rückmeldung und Fokusgruppe aufgeklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Leistung in Sitzung 2 für Zielform 2 beträgt mit hoher Sicherheit nicht mehr als 15%.

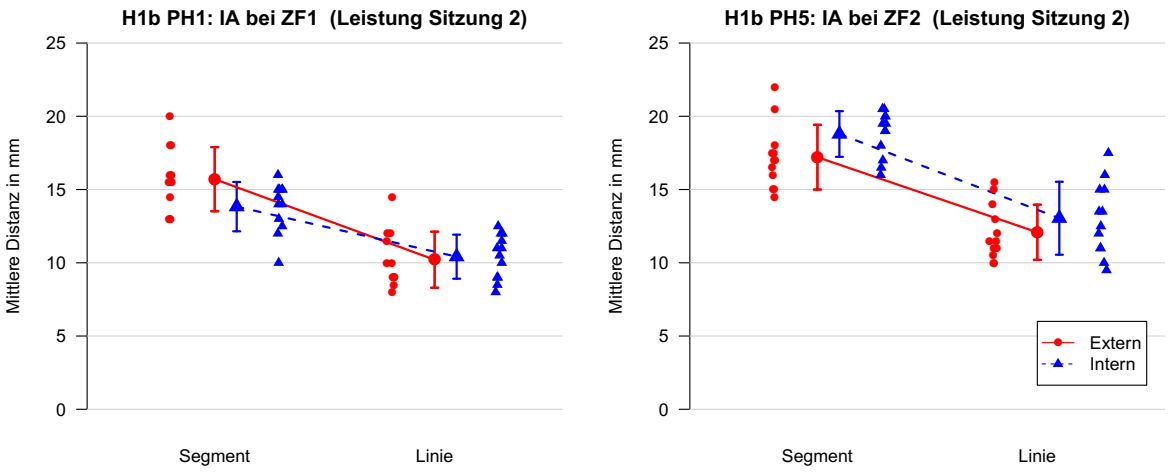


Abbildung 11.10: Grafische Darstellung der Daten zu der post hoc Untersuchung für Sitzung 2. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Nebenfragestellungen

Die grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen ist in Abbildung 11.11 dargestellt. Die Nebenfragestellungen umfassten die Nebenhypothesen N1, N2, N3, N4 und N5.

Hypothese N1: *Die Leistung ist schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2 (= Lerneffekt).*

Der rechtsseitige t-Test über das $\hat{\mu}$ im reparametrisiertem Modell wurde signifikant ($t(44) = 6.55$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N1 bestätigt werden konnte. Die Leistung war schlechter in Sitzung 1 als in Sitzung 2. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Sitzungen beträgt 0.95 Standardabweichungen.

Hypothese N2: *Die Leistung ist schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2 (= Kosteneffekt).*

Der rechtsseitige t-Test über das $\hat{\mu}$ im reparametrisiertem Modell wurde signifikant ($t(44) = 12.02$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N2 bestätigt werden konnte. Die Leistung war schlechter in Sitzung 3 als in Sitzung 2. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Sitzungen beträgt 1.73 Standardabweichungen.

Hypothese N3: *Gemittelt über alle drei Sitzungen ist die Leistung bei Zielform 2 schlechter als bei Zielform 1 (= ist Zielform 2 schwieriger).*

Der rechtsseitige t-Test über das $\hat{\mu}$ im reparametrisiertem Modell wurde signifikant ($t(44) = 15.42$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese

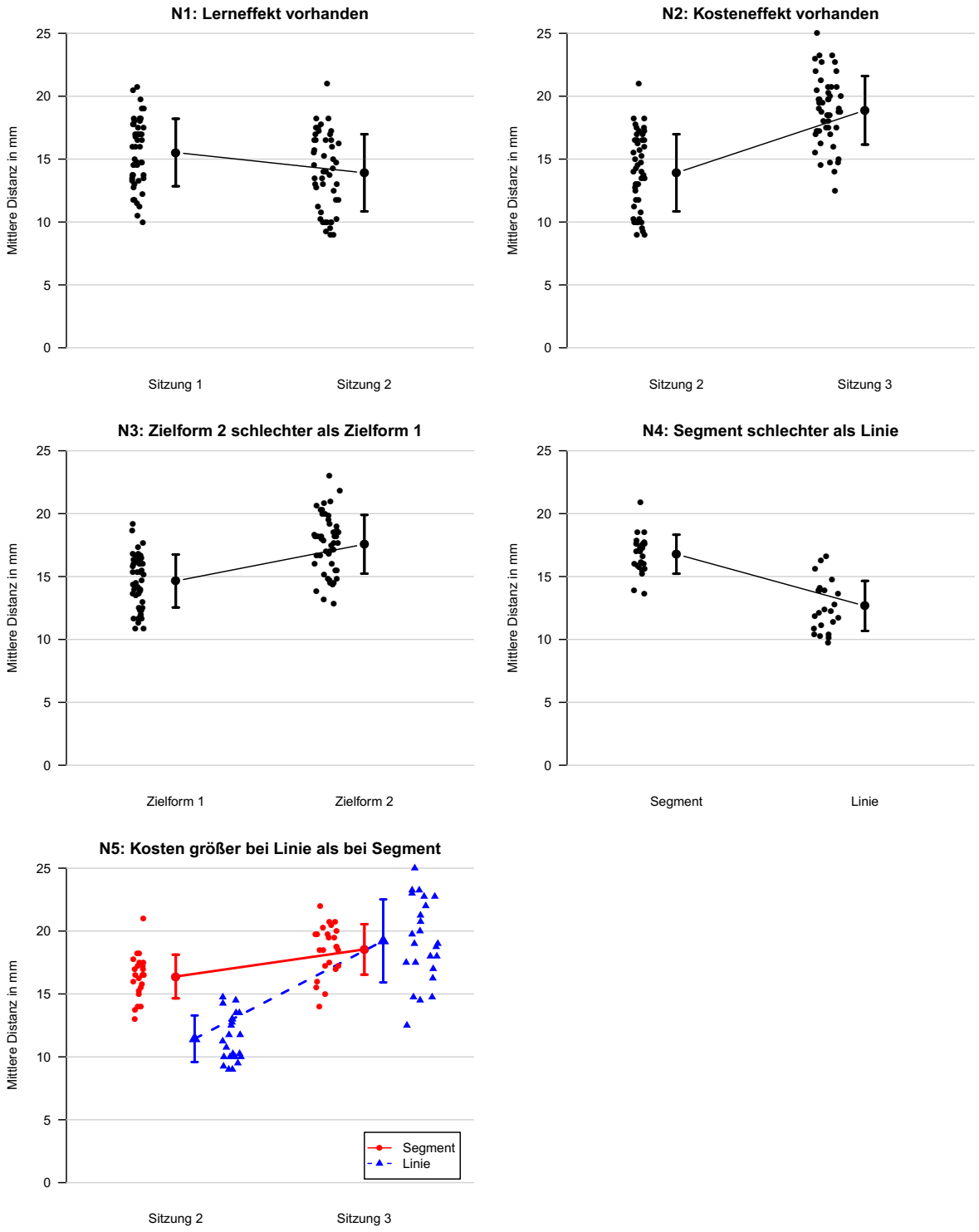


Abbildung 11.11: Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen. Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

N3 bestätigt werden konnte. Gemittelt über alle drei Sitzungen war die Leistung bei Zielform 2 schlechter als bei Zielform 1, d.h. Zielform 2 war schwieriger. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Zielformen beträgt 2.23 Standardabweichungen.

Hypothese N4: *Beim Training ist die Leistung schlechter bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment als bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie.*

Der rechtsseitige t-Test über das $\hat{\alpha_1}$ im reparametrisiertem Modell wurde signifikant ($t(44) = 7.88$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N4 bestätigt werden konnte. Beim Training war die Leistung schlechter bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment als bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Rückmeldungen beträgt 1.14 Standardabweichungen.

Hypothese N5: *Der Kosteneffekt ist größer bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie als bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment.*

Der rechtsseitige t-Test über das $\hat{\alpha_1}$ im reparametrisiertem Modell wurde signifikant ($t(44) = 6.8$, $p < 0.001$), sodass die statistische Hypothese H_0 verworfen und die inhaltliche Hypothese N5 bestätigt werden konnte. Der Kosteneffekt war größer bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie als bei der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment. Der geschätzte Erwartungswertunterschied zwischen den beiden Rückmeldungen beträgt 0.98 Standardabweichungen.

Post hoc Störvariablenanalyse

Die Störvariablenanalyse wurde nur für die Leistung in Sitzung 2 bei Zielform 1 durchgeführt (H1b PH1). Wie in der Stichprobenbeschreibung beschrieben, konnte bei den Variablen Beruf, Alter, Gewicht, MIQ-IVI und MIQ-KI auf dem Signifikanzniveau $\alpha = 0.2$ ein Haupteffekt Fokus, ein Haupteffekt Rückmeldung oder eine Interaktion Fokus x Rückmeldung festgestellt werden. Jede dieser Variablen wurde jeweils in das Regressionsmodell additiv hinzugefügt, um zu schauen, ob die Interaktion (also der Test über den Koeffizienten γ_{11}) so klein wird, dass es nicht mehr das Signifikanzniveau erreicht. Das additive Hinzufügen von Beruf und Alter veränderte nicht die partielle Effektstärke der Interaktion. Die Variablen Gewicht (H1b PH2), MIQ-IVI (H1b PH3) und MIQ-KI (H1b PH4, siehe Abbildung 11.12) erhöhten sogar die partielle Effektstärke von $\hat{\eta}_p = 0.08$ auf jeweils $\hat{\eta}_p = 0.16$, $\hat{\eta}_p = 0.11$ und $\hat{\eta}_p = 0.12$. Es wurden bivariate Korrelationen zwischen Gewicht, MIQ-IVI und MIQ-KI berechnet. Sie ergaben, dass Gewicht weder mit MIQ-KI noch mit MIQ-IVI signifikant miteinander korrelierte. MIQ-IVI und MIQ-KI dagegen wiesen eine signifikante positive Korrelation zueinander auf ($r = 0.62$, $p < 0.001$). Außerdem wurde untersucht, ob Gewicht, MIQ-IVI und MIQ-KI jeweils mit der Leistung in Zusammenhang stehen. Die bivariate Korrelation zwischen Gewicht und Leistung war signifikant ($r = -0.30$, $p = 0.04$), die zwischen MIQ-IVI bzw. MIQ-KI und Leistung hingegen nicht. Damit lässt sich Gewicht als echte Störvariable, MIQ-IVI und MIQ-KI als Suppressorvariablen identifizieren. Zuletzt wurde untersucht, ob es Variablen gab, die die Interaktion moderieren. Dies traf auf keine der Variablen zu.

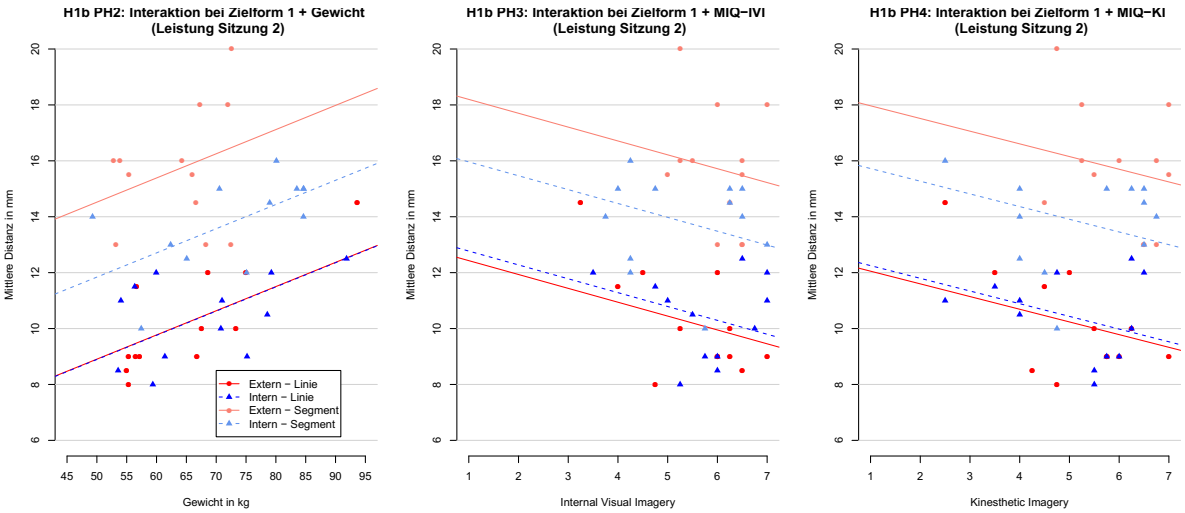


Abbildung 11.12: Multiplikativer Zusammenhang von Rückmeldung und Fokusgruppe auf die Leistung in Sitzung 2 bei Zielform 1 unter Konstanthaltung von Gewicht bzw. MIQ-IVI und MIQ-KI. Die einzelnen Werte werden durch Punkte und die Regressionsgeraden durch Linien dargestellt.

Nachbefragung

Die Ergebnisse der Nachbefragung werden im Folgenden berichtet. Zunächst soll auf die Manipulationskontrolle und dann auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe eingegangen werden.

Manipulationskontrolle

Die Fokusausprägung in Bezug auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung (Linie oder Segment) und in Bezug auf die Fußsohle ist aufgeteilt auf die drei Sitzungen in Abbildung 11.13 dargestellt. Für die Auswertung wurden Differenzwerte der beiden Fokusausprägungen gebildet. Diese Differenzwerte aufgeteilt auf die drei Sitzungen sind in Abbildung 11.14 dargestellt. Der Faktor

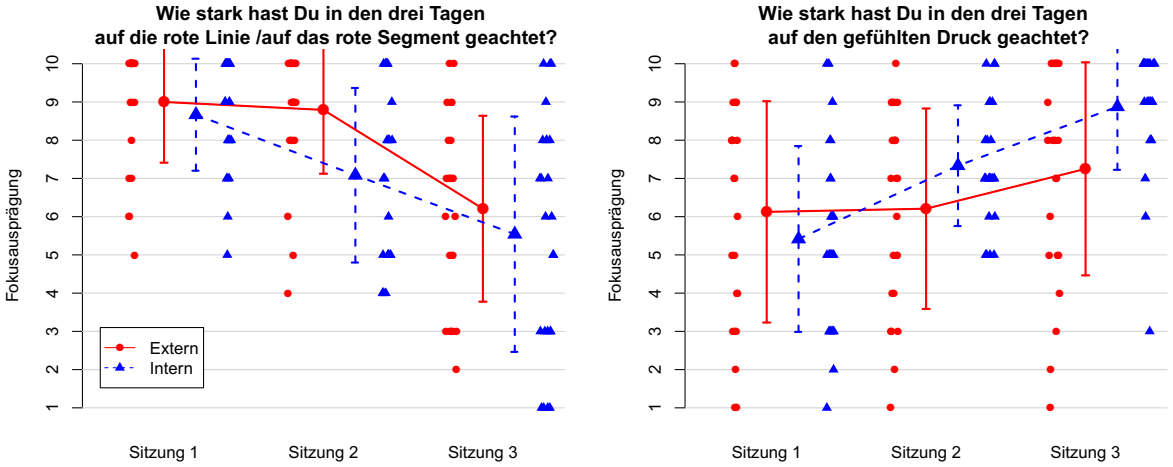


Abbildung 11.13: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (absolute Werte). Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

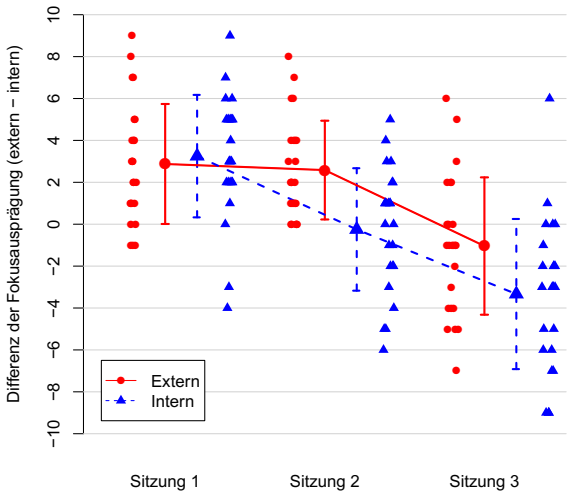


Abbildung 11.14: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (Differenzwerte). Die einzelnen Werte werden durch Punkte, die Mittelwerte durch verbundene Punkte und die Standardabweichung durch Fehlerbalken dargestellt.

Aufmerksamkeitsfokus wurde gemittelt über den Faktor Rückmeldung auf Unterschiede in Bezug auf die Differenzwerte getestet. Die gerichteten Zwei-Stichproben-t-Tests wurden bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ für Sitzungen 2 und 3 signifikant (Sitzung 2: $t(46) = 3.70$, $p < 0.001, \hat{d} = 1.07$; Sitzung 3: $t(46) = 2.31$, $p = 0.01, \hat{d} = 0.67$), aber nicht für Sitzung 1 ($t(46) = -0.44$, $p = 0.67$). Für Sitzung 1 können Effektstärken in Höhe von $d \geq 0.73$ mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden, da man sie sonst mit einer 80% Wahrscheinlichkeit aufgedeckt hätte. Für die Sitzung 3 wurde die Fokusinstruktion weiterhin befolgt, obwohl es keine Erinnerungen mehr daran gab und obwohl weder Linie noch Segment dargestellt wurden.

Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe

Die Ergebnisse der quantitativen Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe ist in Tabelle 11.10 dargestellt. Für jede Frage wurden drei Chi-Quadrat-Tests gerechnet: ein Test auf Unabhängigkeit zwischen Antwort und Fokusgruppe (wie in den letzten Experimenten auch; Zeilensummen F), ein Test auf Unabhängigkeit zwischen Antwort und Rückmeldung (Spaltensummen; R) und ein Test auf Unabhängigkeit zwischen Fokusgruppe und Rückmeldung (Zellenhäufigkeiten, FxR). Die unterschiedlichen Tests erlauben unterschiedliche Aussagen: Beim Test auf Unabhängigkeit zwischen Fokusgruppe und Antwort konnte untersucht werden, ob sich die Antworten zwischen den Fokusgruppen stark unterschieden haben. Entsprechend konnte beim Test auf Unabhängigkeit zwischen Rückmeldung und Antwort untersucht werden, ob sich die Antworten zwischen den Rückmeldungen unterschieden haben. Und beim Test auf Unabhängigkeit zwischen Fokusgruppe und Rückmeldung konnte schließlich untersucht werden, ob eine bestimmte Antwortmöglichkeit bei den Fokusgruppen stark in Abhängigkeit von der Rückmeldung variiert hat. Keines der Tests erreichte das Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$, trotzdem soll nun auf einige deskriptive Ergebnisse eingegangen werden.

Tabelle 11.10: Quantitative Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe.

Fragen	Intern Anzahl	Extern Anzahl	Σ Anzahl	Chi-Quadrat-Test[1]
Empfandest Du die Aufgabe, auf die rote Linie/ das rote Segment/ den gefühlten Druck zu achten, als Zusatzaufgabe zur Gleichgewichtsverlagerung oder äquivalent mit der Gleichgewichtsverlagerung?				
Antwort = Äquivalent / Zusatzaufgabe				
Segment	8/4	9/3	17/7	F: $p = 0.22$
Linie	6/6	10/2	16/8	R: $p = 1$
Σ	14/10	19/5	33/15	FxR: $p = 0.74/0.61$
Fandest Du es hilfreich, auf die rote Linie/ das rote Segment/ den gefühlten Druck zu achten?				
Antwort = Nein / Ja				
Segment	3/9	3/9	6/18	F: $p = 1$
Linie	2/10	2/10	4/20	R: $p = 0.72$
Σ	5/19	5/19	10/38	FxR: $p = 1/1$
War die rote Linie/ das rote Segment immer so, wo Du es vermutet hättest oder gab es irgendwelche Abweichungen?				
Antwort = keine Abweichung / Abweichungen vorhanden				
Segment	1/11	2/9	3/20	F: $p = 0.71$
Linie	4/8	1/11	5/19	R: $p = 0.72$
Σ	5/19	3/20	8/39	FxR: $p = 0.47/0.54$
Hattest Du das Gefühl, dass die rote Linie/ das rote Segment auf Deine Bewegungen reagiert hat oder eher, dass Du auf die rote Linie/ das rote Segment reagiert hast?				
Antwort = Linie bzw. Segment hat reagiert / Ich habe reagiert				
Segment	6/6	7/5	13/11	F: $p = 0.39$
Linie	4/8	7/5	11/13	R: $p = 0.77$
Σ	10/14	14/10	24/24	FxR: $p = 0.7/1$
Welche der beiden Zielformen empfandest Du als schwieriger?				
Antwort = Zielform 1 / Zielform 2				
Segment	0/12	0/12	0/24	F: $p = 1$
Linie	0/12	1/11	1/23	R: $p = 1$
Σ	0/24	1/23	1/47	FxR: $p = 1$
Welche Körperhälfte hast Du eher bewegt, die obere oder die untere?				
Antwort = die obere / die untere				
Segment	5/7	5/7	10/14	F: $p = 0.77$
Linie	5/7	3/9	8/16	R: $p = 0.76$
Σ	10/14	8/16	18/30	FxR: $p = 0.66/1$
(Aufklärung interner und externer Aufmerksamkeitsfokus) Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist bei gegebener Rückmeldung einfacher und wieso?				
Antwort = intern einfacher/ extern einfacher				
Segment	5/4	4/6	9/10	F: $p = 1$
Linie	2/7	4/4	6/11	R: $p = 0.52$
Σ	7/11	8/10	15/21	FxR: $p = 0.62/0.39$

Anmerkungen: * $p < 0.05$, Erläuterungen zu F, R und FxR siehe Text

[1] Wenn die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test (erwartete Zellenhäufigkeiten größer fünf) nicht erfüllt wurden, wurde der p-Wert simuliert.

Die Mehrzahl der Versuchspersonen empfanden die Fokusinstruktion als äquivalent zur Gleichgewichtsaufgabe (33 vs. 15). Versuchspersonen aus den externen Fokusgruppen haben die Fokusinstruktion eher als äquivalent empfunden (19 vs. 5) als Versuchspersonen aus den internen Fokusgruppen (14 vs. 10). Insgesamt haben mehr Versuchspersonen angegeben, dass sie die Fokusinstruktion hilfreich fanden (38 vs. 10). Hier gab es keine nennenswerten Abweichungen von einer unabhängigen Verteilung innerhalb der Gruppen. Die Mehrzahl der Versuchspersonen gab an, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung von der eigenen Erwartung abgewichen ist (39 vs. 8).

Bei der Frage, ob die Versuchspersonen das Gefühl hatten, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung auf ihre Bewegung reagiert hat oder ob sie auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung reagiert haben, waren die Antworten gleichverteilt (24 vs. 24). Es haben aber mehr Versuchspersonen aus der internen Fokusgruppe angegeben, dass sie reagiert haben (14 vs. 10) und mehr Versuchspersonen aus der externen Fokusgruppe, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung auf ihre Bewegungen reagiert hat (14 vs. 10). Die Frage, welche der Zielformen als schwieriger empfunden wurde, entsprach der subjektiven Messung der Aufgabenschwierigkeit. Außer einer Versuchsperson gaben alle an, dass sie die zweite Zielform als schwieriger empfunden haben (47 vs. 1). Die Mehrzahl der Versuchspersonen haben eher die untere Körperhälfte bewegt als die obere (30 vs. 18). Hier gab es keine nennenswerten Abweichungen von einer unabhängigen Verteilung zwischen den Gruppen.

Schließlich wurden die Versuchspersonen über den Aufmerksamkeitsfokus aufgeklärt und gefragt, welchen Aufmerksamkeitsfokus sie bei gegebener Rückmeldung favorisieren würden. Hierbei hat die Mehrzahl den externen Aufmerksamkeitsfokus favorisiert (21 vs. 15). Die Versuchspersonen haben vor allem dann den externen Aufmerksamkeitsfokus favorisiert, wenn sie die Linie (11 vs. 6) und nicht das Segment (10 vs. 9) gesehen haben. Wie in den anderen Experimenten, sollten die Versuchspersonen bei der letzten Frage auch eine Begründung angeben. Diese offenen Antworten wurden qualitativ untersucht und in Kategorien eingeordnet. Die Ergebnisse dieser qualitativen Auswertung sind in Tabelle 11.11 dargestellt.

Insgesamt 21 Versuchspersonen haben angegeben, dass sie den externen Aufmerksamkeitsfokus favorisieren würden. Als häufigster Grund wurde genannt, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung, auf die man fokussiere, direkter, informativer und objektiver sei als die Rückmeldung des Fußdrucks. Diese drei Eigenschaften sind sehr stark miteinander verbunden, sodass sie hier eine gemeinsame Kategorie bilden. Die zusätzliche, direkte Rückmeldung sei direkter, *„weil man direkt sieht, sobald man sich irgendwie einen Millimeter nach vorne bewegt, ändert sich die Linie, man kann es direkt wieder gegensteuern“*, bei der Rückmeldung des Fußdrucks, also *„beim Körper merkt man das nicht sofort, sondern passt sich dann eher an im Nachhinein.“* Gleichzeitig sei die zusätzliche, direkte Rückmeldung informativer. Dies hat eine Versuchsperson folgendermaßen beschrieben: *„Bei der Linie ist das irgendwie, hat man irgendwas in der Hand, wo man sich orientieren kann. Wenn man nur so auf den Körper achtet, das ist so irgendwie, so mehr wischiwaschi. Also das ist nicht konkret genug für mich.“* Die zusätzliche, direkte Rückmeldung

Tabelle 11.11: Auswertung der Frage „Was glaubst du von deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist bei gegebener Rückmeldung einfacher und wieso?“

Intern Segment	Intern Linie	Extern Segment	Extern Linie	Σ	Antwort
4	8	5	4	21	„Extern einfacher“
2	5	3	3	13	direkter, informativer, objektiver
1	2	1	1	5	stärkere Führung
0	1	1	0	2	keine Begründung
1	0	0	0	1	höhere Motivation
5	2	4	4	15	„Intern einfacher“
1	2	1	0	4	bessere Bewegung
1	0	0	2	3	frühere Integration
1	0	1	1	3	keine Begründung
0	0	2	0	2	stärkere Kontrolle
1	0	0	1	2	Zweitaufgabe
1	0	0	0	1	Widersprüche
1	0	3	2	6	„Es kommt drauf an“
1	0	1	1	3	Lernziel
0	0	1	1	2	Leistung vs. Motivation
0	0	1	0	1	Anfang vs. Ende

machte dabei auch einen objektiveren Eindruck, wie folgende Versuchsperson beschrieb: *„Also der auf den Druck war mehr so die Koordinationsaufgabe, weil bei der Linie sieht man ja gleich, stimmt's oder nicht, beim Druck kann man ja doch irgendwie mehr variieren, deswegen ist halt die Bewertung von dem Druck eher so einem selbst überlassen und da hat man so quasi, die naja objektive Bewertung.“* Diese Zitate stammen alle von Versuchspersonen aus den Gruppen mit Linie (insgesamt 8 Versuchspersonen). Doch auch bei Segment wurde die zusätzliche, direkte Rückmeldung als direkter, informativer und objektiver beschrieben (insgesamt 5 Versuchspersonen). Hierbei wurde aber weniger betont, wie gut die zusätzliche, direkte Rückmeldung sei, sondern eher wie schlecht die Rückmeldung des Fußdrucks im Vergleich sei. Folgende Begründungen wurden genannt: *„Denen würde ich mehr vertrauen als mir“*, *„Weil ich sonst zu viel falsch liegen würde, glaube ich. Weil ich es nicht so gut einschätzen könnte.“* und *„Weil es mir leichter vorkommt [...] mich daran zu orientieren.“*

Fünf Versuchspersonen haben angegeben, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung eine stärkere Führung bilde und die Aufgabe dadurch einfacher mache. Dies wurde z.B. folgendermaßen beschrieben: *„Bei einer Choreographie oder so, wenn ich die nachtanzen muss, dann bin ich erstmal extrem schlecht, weil ich meinen eigenen Körper irgendwie nicht so gut unter Kontrolle hab und wenn dann irgendwie selbst zu bestimmen ist schwieriger als von einer Linie gesagt zu*

bekommen, ey, so wie du es machst, funktioniert es oder so funktioniert es nicht.“ Die zusätzliche, direkte Rückmeldung unterstütze, weil *„durch den visuellen Reiz wird auch der Körper dazu gebracht, halt sich dementsprechend zu bewegen.“* Eine Versuchsperson favorisierte den externen Aufmerksamkeitsfokus, weil die zusätzliche, direkte Rückmeldung mehr Spaß und dadurch eine höhere Motivation erzeuge. Sie beschrieb es folgendermaßen: *„Ich glaube, es macht mehr Spaß, wenn man direkt Rückmeldung bekommt. Also so dieses danach folgen und gar nicht darauf achten, ob es jetzt richtig oder falsch ist, sondern einfach sozusagen die Bewegung zu machen, ist glaube ich, da hat man mehr so einen Spaßempfinden dabei und bei dem anderen [...] musste ich mich doch ganz schön konzentrieren, das war anstrengender. Also so dieses wirklich auf den Körper achten und so, ist schon anstrengend.“* Zwei Versuchspersonen haben keine Begründung angegeben.

Insgesamt 15 Versuchspersonen fanden den internen Aufmerksamkeitsfokus besser. Davon haben vier Versuchspersonen angegeben, dass durch den internen Aufmerksamkeitsfokus die Bewegung besser gelernt werde. Eine Versuchsperson sagte dazu: *„Wenn ich auf die Segmente achte, dann trainiere ich ja in Anführungszeichen mehr oder weniger meine Augen. [...] Und wenn ich mich auf den Druck konzentriere, dann würde ich mich eher auf mein Körper konzentrieren und würde dadurch ja mehr die Bewegung lernen.“* Eine andere Versuchsperson begründete dies folgendermaßen: *„Weil die Bewegung ja auch richtig ausgeführt werden soll [...] Aber das kann ja sein, dass man den Effekt irgendwie hinkriegt, aber dann total verkrampft auf diesem Brett steht und das gar nicht richtig fühlt und vor allem, dann kann man es nicht irgendwann, wenn dann die rote Linie weg ist, da fehlt einem die Referenz und dann ist die interne Referenz verlässlicher, weil die kann man immer mitnehmen.“* Drei Versuchspersonen gaben an, dass eine frühere Integration zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung und der Rückmeldung des Fußdrucks stattfinde, wenn man intern fokussiere. Eine Versuchsperson aus der externen Fokusgruppe sagte dazu: *„Ich habe mich [...] ein bisschen zu sehr darauf versteift, die Linie entlangzufahren und erst später, am zweiten, dritten Tag dann auch den Körper miteingebracht.“* Eine andere Versuchsperson beschrieb dies sehr ähnlich: *„Aber ich glaube, wenn man einfach sagen würde, [...] achte auf dein Körpergefühl, dann glaube ich, hätte ich es vom ersten Tag auf mir versucht abzugleichen.“* Zwei Versuchspersonen haben angegeben, der interne Aufmerksamkeitsfokus führe zu einer stärkeren Kontrolle während des Trainings. Dieser schränke einen nicht ein, man habe nicht *„diesen Druck [...], wenn man etwas so gesehen nacharbeiten muss, wie das vorgegeben wird. [...] man sagt sich einfach, ok, so und so spüre ich das und hat einfach nicht etwas nachzumachen, was einem vorgegeben wird.“* Es habe eine größere *„Kontrolle darüber gegeben, wie ich tatsächlich die Figur mache.“* Weitere zwei Versuchspersonen begründeten ihre Entscheidung damit, dass sie den Fokus auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung als Zusatzaufgabe empfanden. Eine Begründung lautete: *„Es ist wirklich intern einfacher, weil man hat dementsprechend keinen außenstehenden Fokus, den man noch berücksichtigen muss.“* Die andere Versuchsperson beschrieb es folgendermaßen: *„Weil man gleichzeitig auf zwei Sachen achten muss, sozusagen. Einmal, dass man die Linie befolgt [...] und dann gleichzeitig auf den eigenen Körper zu achten war schon schwierig.“* Eine Versuchsperson sah einen Widerspruch zwischen der zusätzlichen, direkten und der inhärenten Rückmeldung und empfand dadurch den internen Aufmerksamkeitsfokus als einfacher. Drei Versuchspersonen haben ihre Entscheidung nicht begründet.

Insgesamt fünf Versuchspersonen haben sich nicht für einen Aufmerksamkeitsfokus entschieden, sondern Moderatoren genannt, wann welcher Aufmerksamkeitsfokus zu bevorzugen sei. Drei Versuchspersonen haben das Lernziel als Moderator genannt. *„Wenn es darum geht, so viele Punkte wie möglich zu kriegen, ist es natürlich besser, das visuelle Feedback zu haben. Aber wenn es um die Wiedererlangung von Fähigkeiten [geht] oder vom Gefühl oder vom Gleichgewicht, dann ist das visuelle Feedback halt quasi ein Anreiz dafür, aber nicht unbedingt notwendig.“* Zwei Versuchspersonen unterschieden, ob die Leistung oder die Motivation gesteigert werden solle. Die Leistung werde beim internen Aufmerksamkeitsfokus gesteigert, weil *„diese Linie so fragil war, also sie hat sehr extrem reagiert und ich war nicht mal sicher, ob das so wirklich meine Bewegung war, [dann] hat die mich auch ein bisschen abgelenkt.“* Die Motivation dagegen werde beim externen Aufmerksamkeitsfokus gesteigert, denn *„da ist ein Spieleffekt dabei.“* Eine Versuchsperson gab an, dass es sich im Trainingsverlauf ändere, welcher Aufmerksamkeitsfokus angewendet werden sollte. Sie beschrieb es folgendermaßen: *„Also zum Üben zu Beginn ist es leichter auf den Bildschirm zu schauen, damit man weiß, ok, man übt es erstmal ein, wo muss ich hin und wie bewege ich mich, da hilft es sehr. Wenn man es jetzt schon ein paar Mal gemacht hat und man kennt die Bewegungsrichtung, man kennt die Form, dann würde ich sagen, es ist wirklich leichter, wenn ich mich darauf konzentriere, ok, wie verlagere ich jetzt mein Gewicht. Also man versucht es mehr in den Fuß rein zu verlagern oder dann wieder mehr auf die Hacke. Also es nimmt ab, würde ich wirklich sagen.“*

11.4 Diskussion

Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus und Nebenfragestellungen

Der Manipulationserfolg des Aufmerksamkeitsfokus konnte nur für Sitzung 2 und Sitzung 3 aufgezeigt werden. In diesen Sitzungen haben die externen Fokusgruppen eine stärkere Fokusausprägung auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung im Vergleich zur Fußsohle angegeben als die internen Fokusgruppen. Dass Versuchspersonen auch in Sitzung 3, bei der keine zusätzliche, direkte Rückmeldung mehr gezeigt wurde, auf diese fokussiert haben, kann nur damit erklärt werden, dass sie sich diese vorgestellt haben. Diese Erklärung wurde bei Nachfrage von den Versuchspersonen bestätigt. In Sitzung 1 gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Fokusgruppen. Alle Fokusgruppen fokussierten in der ersten Sitzung stärker auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung als auf die Fußsohle. Dies kann damit erklärt werden, dass die inhärente Rückmeldung der Fußsohle die ganze Zeit vorhanden war, die zusätzliche, direkte Rückmeldung erfolgte nur innerhalb des Durchgangs. Dadurch zog sie die Aufmerksamkeit an sich, wenn sie erschien. Wahrscheinlich gewöhnten sich die Versuchspersonen mit der Zeit an die zusätzliche, direkte Rückmeldung und konnten erst dann gezielter auf die inhärente Rückmeldung fokussieren.

In Bezug auf die Nebenfragestellungen konnten sowohl der Lerneffekt (N1) als auch der Kosteneffekt (N2) bestätigt werden. Außerdem zeigten die Versuchspersonen wie erwartet eine schlechtere Leistung bei Zielform 2 als bei Zielform 1 (N3). In Experiment 4 wurde ein weiterer Faktor, nämlich die Funktionalität, manipuliert. Es konnte gezeigt werden, dass Versuchspersonen, die die Linie als zusätzliche, direkte Rückmeldung bekamen, eine bessere Leistung beim Training

(N4) und gleichzeitig einen größeren Kosteneffekt (N5) zeigten als Versuchspersonen mit der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment. Beide Ergebnisse deuten darauf hin, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung Linie eine höhere Funktionalität besaß als die zusätzliche, direkte Rückmeldung Segment.

Zweite Fragestellung

Die zweite Fragestellung beschäftigt sich damit, welcher Aufmerksamkeitsfokus zu besserer Leistung und/oder besserem Lernen beim Training führt, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird. In Experiment 4 wurde zum einen die Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung manipuliert. Die externen Fokusgruppen wurden instruiert, auf diese zusätzliche, direkte Rückmeldung zu fokussieren, die internen Fokusgruppen wurden instruiert, auf den gefühlten Druck an der Fußsohle zu achten. Es wurde angenommen, dass die beiden externen Fokusgruppen einen größeren Unterschied in Bezug auf die Leistung und den Lerneffekt aufzeigen würden als die beiden internen Fokusgruppen. Da der Aufmerksamkeitsfokus erst ab Sitzung 2 erfolgreich manipuliert werden konnte, wurde für die Interpretation der Ergebnisse nur die Leistung in Sitzung 2 betrachtet.

Wie in Abbildung 11.8 links auf Seite 186 zu sehen ist, haben sowohl die externen als auch die internen Fokusgruppen eine bessere Leistung gezeigt, wenn sie die Linie im Vergleich zu den Segmenten als zusätzliche, direkte Rückmeldung erhalten haben. Dies könnte man nun so interpretieren, dass die Fokusmanipulation auch bei Sitzung 2 misslungen sei, denn die internen Fokusgruppen haben eindeutig auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung geachtet, ansonsten wäre der große Leistungsunterschied zwischen den wenig funktionalen Segmenten und der stark funktionalen Linie bei den internen Fokusgruppen nicht zu erklären. Trotzdem wird die Manipulation in Sitzung 2 als erfolgreich interpretiert. Man kann nämlich nicht davon ausgehen, dass Versuchspersonen die zusätzliche, direkte Rückmeldung trotz interner Fokusinstruktion vollständig missachten, genauso wenig, dass die externen Fokusgruppe vollständig den gefühlten Druck missachten. Stattdessen wird angenommen, dass durch die Fokusinstruktion eine Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokus in die eine oder andere Richtung stattfindet. Die Manipulation galt als erfolgreich, wenn die Priorität bei den internen Fokusgruppen stärker auf dem gefühlten Druck lag als bei den externen Fokusgruppen und die Priorität bei den externen Fokusgruppen stärker auf der zusätzlichen, direkten Rückmeldung lag als bei den internen Fokusgruppen. Dies wurde anhand subjektiver Einschätzungen erhoben. Für Sitzung 2 konnte diese Verschiebung durch signifikante Gruppenunterschiede statistisch aufgezeigt werden, sodass hier von einer geglückten Manipulation ausgegangen wird.

Eine gerichtete Interaktion in Bezug auf die Leistung in Sitzung 2 konnte nur deskriptiv, aber nicht inferenzstatistisch gefunden werden. Effekte größer $\eta_p^2 = 0.15$ können dabei mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden. Möglicherweise konnte der Effekt deshalb nicht gefunden werden, weil die Versuchspersonen erst ab Sitzung 2 die Fokusinstruktionen befolgt haben. Dadurch, dass sich ihr Aufmerksamkeitsfokus in Sitzung 1 nicht unterschied, konnten sich bereits ähnliche Bewegungs-Effekt-Assoziationen bilden, sodass die Gruppenunterschiede in Sitzung 2 zu

klein waren um sie mit der vorhandenen Teststärke zu finden. Außerdem wurde vermutet und bestätigt, dass die Interaktion von der Zielform abhing (H1b). Dies wird später im Rahmen der vierten Fragestellung näher diskutiert.

Dritte Fragestellung

Bei der Frage, welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung zu einem höheren Kosteneffekt beim Test führt, sollte entsprechend der Funktionalitätshypothese eine gerichtete Interaktion vorhanden sein (H3a): Die beiden externen Fokusgruppen sollten sich in Bezug auf den Kosteneffekt stärker unterscheiden als die beiden internen Fokusgruppen. Diese gerichtete Interaktion zeigte sich zwar deskriptiv, aber nicht inferenzstatistisch, wobei Effekte größer $\eta_p^2 = 0.15$ mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden können. Dieses Ergebnis könnte wie bei der zweiten Fragestellung darauf zurückgeführt werden, dass der Aufmerksamkeitsfokus in Sitzung 1 nicht eingehalten wurde und der Effekt in Sitzung 2 deshalb klein ausfiel. Der Aufmerksamkeitsfokus beim Training wurde jedoch als entscheidend für die gerichtete Interaktion in Bezug auf den Kosteneffekt angesehen. Je stärker eine Assoziationen zwischen Bewegung und der zusätzlichen, direkten Rückmeldung beim Training gebildet wird, desto größer die Abhängigkeit und desto größer der Kosteneffekt beim Test. Falls sich die Gruppen in Bezug auf diese Bewegungs-Effekt-Assoziationen nicht oder nur wenig unterscheiden, da sie sich nicht an die Fokusinstruktion gehalten haben, sollte es folglich auch keine oder geringe Auswirkungen auf die Gruppenunterschiede in Bezug auf den Kosteneffekt haben.

Vierte Fragestellung

Im Rahmen der vierten Fragestellung sollte getestet werden, ob die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt verstärkt. Da in Experiment 4 nicht der Fokuseffekt, sondern die Interaktion zwischen Fokusgruppe und Rückmeldung untersucht wurde, wurde im Rahmen dieser Fragestellung getestet, ob die Aufgabenschwierigkeit diese Interaktion beeinflusst. Da keine Annahmen darüber bestanden, in welche Richtung der Einfluss stattfindet, wurde zweiseitig getestet, ob sich die Interaktion zwischen Fokusgruppe und Rückmeldung zwischen den Zielformen unterscheidet. Es zeigte sich, dass in Bezug auf die Leistung in Sitzung 2 die Interaktion zwischen den beiden Zielformen unterschiedlich ausfiel (H1b). Die Interaktion in Bezug auf den Kosteneffekt beim Test unterschied sich hingegen nicht signifikant in Abhängigkeit von der Zielformen (H3b). Da die Hypothese H1b bestätigt werden konnte, wurden die beiden Zielformen in Bezug auf die Leistung in Sitzung 2 post hoc getrennt untersucht: Die Interaktion zwischen Fokusgruppe und Rückmeldung zeigte sich bei Zielform 1 (H1b PH1), aber nicht bei Zielform 2 (H1b PH5). Da Hypothese H3b nicht bestätigt werden konnte, wurden in Bezug auf den Kosteneffekt keine weiteren post hoc Untersuchungen durchgeführt.

Wie kann das Ergebnis in Bezug auf die Leistung in Sitzung 2 interpretiert werden? Die beiden Zielformen müssen sich durch etwas unterschieden haben, das Einfluss auf die Stärke der Interaktion hat. Der Unterschied, der hier zunächst auf der Hand liegt, ist die Aufgabenschwierigkeit. Eine Erklärung wäre, dass die Versuchspersonen bei der schwierigen Zielform den Fokusinstruk-

tionen weniger gefolgt sind als bei der einfachen Zielform. Möglicherweise konnten sich die Versuchspersonen von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung weniger lösen, wenn die Gleichgewichtsaufgabe schwieriger war. Gleichzeitig unterschieden sich die Zielformen auch in einem anderen Aspekt: Durch die komplexere und längere Form wurden bei Zielform 2 mehr Segmente dargestellt als bei Zielform 1. Das bedeutet aber auch, dass die Segmente bei Zielform 2 informativer in Bezug auf den tatsächlichen Druckschwerpunkt waren als bei Zielform 1 und sich somit weniger in Bezug auf die Funktionalität von der Linie unterschieden haben als es bei Zielform 1 der Fall war. Somit kann es sein, dass sich die Funktionalität der beiden zusätzlichen, direkten Rückmeldungen bei Zielform 2 angenähert hat. Da der Funktionalitätsunterschied bei Zielform 1 größer war als bei Zielform 2, entspricht es den Vorhersagen der Funktionalitätshypothese, dass die Interaktion bei Zielform 1 vorhanden war, aber nicht bei Zielform 2. Welches der beiden Erklärungen nun die richtige ist, lässt sich im Rahmen von Experiment 4 nicht klären. Man müsste ein Experiment durchführen, bei dem Aufgabenschwierigkeit und Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung nicht konfundiert ist, indem die beiden Zielformen gleich viele Segmente aufweisen.

In Bezug auf Sitzung 2 und Zielform 1 konnte die partielle Effektstärke der Interaktion (H1b PH1) durch das additive Hinzufügen folgender Variablen vergrößert werden: Gewicht (H1b PH2), MQI-IVI (H1b PH3) und MQI-KI (H1b PH4). Gewicht bildete eine echte Störvariable: Je schwerer die Versuchspersonen waren, desto schlechter war ihre Leistung in Sitzung 2 und Zielform 1 (siehe Abbildung 11.12 links auf S. 191). Das Körpergewicht hängt mit der Leistung wahrscheinlich dadurch zusammen, dass dickere Personen weniger trainiert sind. Um diese Aussage zu stützen und die Körpergröße konstant zu halten, wurde für jede Person der BMI berechnet und zum Modell hinzugefügt. Es zeigte sich, dass auch der BMI eine echte Störvariable bildete und den Effekt von $\hat{\eta_p}^2 = 0.08$ auf $\hat{\eta_p}^2 = 0.13$ erhöhte. Die Variablen MQI-IVI und MQI-KI bildeten Supressorvariablen, da sie nicht mit der Leistung in Zusammenhang standen, sondern nur innerhalb der Experimentalgruppen Störvarianz aufklärten. Dass die Variablen MIQ-IVI und MIQ-KI nicht mit der Gleichgewichtsleistung in Zusammenhang stehen sollen, widerspricht anderen Studien zur Bewegungsvorstellung (Goss et al., 1986; Callow et al., 2013). Wenn man sich Abbildung 11.12 (Grafik in der Mitte und Grafik rechts) auf S. 191 anschaut, so lässt sich dieser Widerspruch anhand von zwei Aspekten auflösen: Zum einen zeigt sich in der Stichprobe ein Deckeneffekt, d.h. die meisten Versuchspersonen zeigten eine relativ gute Fähigkeit zur Bewegungsvorstellung. Im Gegensatz dazu war z.B. Gewicht, welches mit der Leistung im Zusammenhang stand, relativ breit verteilt. Gleichzeitig erhöhten die Experimentalgruppen die Gesamtvarianz innerhalb der Leistung. Beides zusammen führte vielleicht dazu, dass MIQ-IVI und MIQ-KI in diesem Experiment nur innerhalb der Experimentalgruppen, aber nicht insgesamt einen Zusammenhang mit der Leistung aufwiesen.

Zusammenfassung

In Experiment 4 wurden die Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung (wenig funktionale Segmente vs. stark funktionale Linie) und der Aufmerksamkeitsfokus (Intern vs. Extern) manipuliert. Somit ergaben sich vier Experimentalgruppen. Die externen Fokusgruppen sollten

auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung fokussieren, die internen Fokusgruppen auf den gefühlten Druck. Es sollte herausgefunden werden, ob der Funktionalitätsunterschied der beiden zusätzlichen, direkten Rückmeldungen einen stärkeren Einfluss auf die externen Fokusgruppen haben als auf die internen Fokusgruppen. Es wurde vermutet, dass der Leistungsunterschied (H1a), der Unterschied in Bezug auf den Lerneffekt (H2a) und der Unterschied in Bezug auf den Kosteneffekt (H3a) zwischen den beiden externen Fokusgruppen größer war als bei den beiden internen Fokusgruppen. Da die Versuchspersonen den Fokusinstruktionen in Sitzung 1 nicht gefolgt sind, wurde nur auf die Hypothesen für Sitzung 2 und Sitzung 3 eingegangen. Die Interaktion zwischen Fokusgruppe und Rückmeldung wurde sowohl in Bezug auf die Leistung in Sitzung 2 (H1a), als auch in Bezug auf den Kosteneffekt beim Test (H3a) nicht signifikant.

Es wurde weiterhin untersucht, ob sich die Interaktion in Bezug auf die Leistung in Sitzung 2 zwischen den beiden Zielformen unterschied. Bei Zielform 1 konnte eine signifikante Interaktion aufgezeigt werden, aber nicht bei Zielform 2. Da Zielform 1 und Zielform 2 eine Konfundierung zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment aufweisen, bleibt offen, ob die Aufgabenschwierigkeit oder die Funktionalität für die Ergebnisse verantwortlich ist.

12 Generelle Diskussion

12.1 Erste Fragestellung

Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe zu besserer Leistung und/oder besserem Lernen?

In Kapitel 5 wurde diese Fragestellung aufgeworfen, da sie nach Wissensstand der Autorin bisher noch nicht beantwortet werden konnte. Entweder waren die Experimente zu Gleichgewichtsaufgaben umweltorientiert oder sie erfüllten nicht die definierenden Aspekte des Aufmerksamkeitsfokus (siehe dazu Kapitel 3). In der vorliegenden Forschungsarbeit sollte deshalb eine körperorientierte Gleichgewichtsaufgabe realisiert werden und gleichzeitig der Aufmerksamkeitsfokus so manipuliert werden, dass er den definierenden Aspekten standhält. Experiment 1 sollte die erste Fragestellung beantworten. Versuchspersonen standen einbeinig auf einem Wii Balance Board und verlagerten zielgerichtet ihr Gleichgewicht. Diese Gleichgewichtsaufgabe war körperorientiert, da das Bewegungsziel dem Erhalten einer Endsituation entsprach und die Gleichgewichtsaufgabe ein sich selbst bewegendes Movendum enthielt (nach Göhner, 1979, siehe dazu Kapitel 5). Anders formuliert, war die Gleichgewichtsaufgabe nicht dadurch charakterisiert, die Umwelt durch die Körperbewegung zu verändern.

Der Aufmerksamkeitsfokus entsprach den definierenden Aspekten. Die interne Fokusgruppe sollte auf den gefühlten Druck an ihrer Fußsohle achten, die externe Fokusgruppe auf die Verformung der Plattform. Erstens bezogen sich beide Aufmerksamkeitsfoki auf dasselbe Bewegungsziel, nämlich der Gleichgewichtsverlagerung. Zweitens bezog sich der externe Aufmerksamkeitsfokus auf einen Umwelteffekt, der durch die Körperbewegung verursacht wurde. Hier wurde auf mentale Bilder zurückgegriffen, da es keine tatsächlichen Umweltveränderungen gab (die Plattform verformte sich nicht merklich). Beide Aufmerksamkeitsfoki waren zielgekoppelt: Das Fühlen des Druckpunktes und die Vorstellung der Verformung am Druckpunkt konnte den Versuchspersonen Aufschluss darüber geben, wie weit sie vom Zielpunkt entfernt waren. Des Weiteren war der Umwelteffekt, den sich die externe Fokusgruppe vorgestellt hat, mit dem internen Effekt zeitlich gekoppelt, von diesem Effekt räumlich verschieden und beide wurden durch eine einfache Instruktion vermittelt. Schließlich wurde die Gleichgewichtsaufgabe schwierig gestaltet, sodass sich ein Fokuseffekt zeigen konnte. Der letzte Punkt wurde anhand von Leistungsdaten in Experiment 1 empirisch bestätigt, denn es zeigte sich ein Lerneffekt von Sitzung 1 auf Sitzung 2.

In Experiment 1 wurde der externe Aufmerksamkeitsfokus anhand eines mentalen Bildes realisiert. Wulf (2009) argumentiert, dass mentale Bilder eingesetzt werden können, wenn keine

Umwelteffekte vorliegen. Mentale Bilder können nun unterschiedlich gestaltet sein. In Experiment 1 sollte die externe Fokusgruppe ein mentales Bild von einem spezifischen externen Effekt bilden (Verformung der Plattform). Die externe Fokusgruppe zeigte beim Training eine schlechtere Leistung als die interne Fokusgruppe. Auch beim Test zeigte die externe Fokusgruppe eine schlechtere Leistung als die interne Fokusgruppe, wenn die Anzahl der invaliden Durchgänge konstant gehalten wurden. In Bezug auf den Lerneffekt zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Anhand der Ergebnisse der Manipulationskontrolle wurde deutlich, dass die externe Fokusgruppe sowohl auf den internen Effekt (Druck auf der Fußsohle) als auch auf das mentale Bild (Verformen der Plattform) fokussiert hatte, die interne Fokusgruppe dagegen nur auf den internen Effekt. Diese Doppelbelastung wurde in der Nachbefragung durch die Versuchspersonen bestätigt und entspricht der mangelnden Funktionalität beim externen Aufmerksamkeitsfokus.

Es existieren verschiedene Experimente zum Aufmerksamkeitsfokus auf mentale Bilder, die aber den definierenden Aspekten nicht standhalten, so z.B. die Experimente von Koufou et al. (2013) und da Silvaa et al. (2017, siehe dazu S. 55). Bei diesen beiden Experimenten wurde kritisiert, dass das mentale Bild keinen Umwelteffekt darstellt, weil es sich entweder nicht in Abhängigkeit von der Körperbewegung verändert oder weil die Körperbewegung nur bildlicher dargestellt wurde. Ein weiteres Beispiel ist die Untersuchung von Guss-West und Wulf (2016), bei der Balletttänzer befragt wurden, worauf sie fokussieren, wenn sie bestimmte Figuren tanzen. Folgende Aussage wurde als interner Aufmerksamkeitsfokus bewertet: *„Ich stelle mir die zwei Arme gestreckt vor, die Knöchel zeigen zur Decke, das arabeske Bein bewegt sich weg vom Körper“* (Übersetzung durch Autorin). Zur selben Figur wurde folgende Aussage dagegen als externer Aufmerksamkeitsfokus bewertet: *„Ich stelle mir vor, mich wie ein Stern in alle Richtungen zu strecken“* (Übersetzung durch Autorin). Die zweite Aussage kann kein externer Aufmerksamkeitsfokus sein, denn sie bezieht sich auf keinen Umwelteffekt. Diese mentalen Bilder können sehr wohl die Leistung steigern, denn wenn ein mentales Bild sich nicht in Abhängigkeit von der Bewegung verändert, so verbraucht es nur wenig mentale Ressourcen. Das mentale Bild muss nicht ständig aktualisiert werden. Gleichzeitig kann die Abstraktion bei der Beschreibung eines Effektes mit der Leistung zusammenhängen, da erfahrene Personen dieselben Bewegungen auf einem höherem Abstraktionsniveau beschreiben als unerfahrene Personen (Handlungsidentifikationstheorie; Vallacher & Wegner, 1987). Somit kann es gerade unerfahrenen Personen helfen, eine Körperbewegung mit Hilfe mentaler Bilder bildlicher zu beschreiben.

Es lässt sich zusammenfassen, dass mentale Bilder kognitiv belastend sind, wenn sie sich auf nicht vorhandene Umwelteffekte beziehen. Unter diesen Bedingungen kann die Aussage, dass der interne Aufmerksamkeitsfokus zu besseren Leistungen führt als der externe Aufmerksamkeitsfokus, anhand von Experiment 1 bestätigt werden. Dieses Ergebnis widerspricht der Generalitätshypothese, die den externen Aufmerksamkeitsfokus bei allen Bewegungsaufgaben als überlegen betrachtet. Die Funktionalitätshypothese hingegen kann die Ergebnisse erklären: Bei körperorientierten Gleichgewichtsaufgaben gibt es nur interne Effekte, somit sind sie automatisch funktional für die Aufgabe. Um mentale Bilder aufrecht zu erhalten, müssen diese internen Effekte herangezogen werden und in das mentale Bild übersetzt werden. Dies ist mental belastend und führt zu schlechterer Leistung.

12.2 Zweite Fragestellung

Welcher Aufmerksamkeitsfokus führt zu besserer Leistung und/ oder besserem Lernen beim Training, wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird?

Wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wird, so wird gleichzeitig bei einer Gleichgewichtsaufgabe, die bisher nur interne Effekte enthielt, ein externer Effekt hinzugefügt. Wenn dieser externe Effekt zielführend ist, was bei einer zusätzlichen, direkten Rückmeldung zunächst angenommen werden kann, dann ist das Movendum nicht mehr sich selbst bewegend, sondern reaktiv. Anders formuliert, ist das Movendum nicht mehr der Körper, sondern das virtuelle Objekt. Dadurch wird die Gleichgewichtsaufgabe umweltorientiert. In diesem Fall nimmt sowohl die Generalitätshypothese als auch die Funktionalitätshypothese an, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus überlegen sein sollte. Auch wenn die Vorhersagen übereinstimmen, so erklären die beiden Hypothesen diese Vorhersagen unterschiedlich. Die Generalitätshypothese differenziert nicht zwischen körper- und umweltorientierten Bewegungsaufgaben, sondern nimmt generell an, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus überlegen sei. Als Erklärung dient die Constrained-Action-Hypothese, die annimmt, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus im Gegensatz zum internen Aufmerksamkeitsfokus die automatischen Kontrollprozesse nicht stört. Diese Erklärung wurde bereits an anderer Stelle kritisiert (siehe S. 34). Die Funktionalitätshypothese behauptet hingegen, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus dann überlegen sei, wenn die externen Effekte funktionaler sind als die internen Effekte, d.h. bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben.

In der Literatur existieren verschiedene Möglichkeiten, wie der Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf eine zusätzliche, direkte Rückmeldung realisiert werden kann (siehe dazu S. 66). Diese wurden in Experiment 2, 3 und 4 untersucht. In Experiment 2 wurde die zusätzliche, direkte Rückmeldung entweder intern oder extern interpretiert und lehnte sich somit stark an das Experiment von Shea und Wulf (1999, siehe S. 66 und S. 116) an. Wie erwartet lernte die externe Fokusgruppe mehr als die interne Fokusgruppe, in Bezug auf die Leistung zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Da die Bewegungsaufgabe ohne zusätzliche, direkte Rückmeldung körperorientiert war und somit keinen Umwelteffekt besaß, war die externe Fokusbedingung wahrscheinlich mit zwei Aspekten konfundiert: Einerseits musste die externe Fokusgruppe wie in Experiment 1 ein mentales Bild aufrecht erhalten, andererseits erlaubte ihr die externe Instruktion stärker auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung zu fokussieren. Um diese Konfundierung aufzubrechen, wurden Experiment 3 und Experiment 4 durchgeführt.

In Experiment 3 fokussierten alle Versuchspersonen die zusätzliche, direkte Rückmeldung, diese wurden nur mit unterschiedlichen mentalen Bildern versehen. Da Wulf (2009) argumentiert, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus auch anhand von mentalen Bildern realisiert werden könne, sollte dies auch für den internen Aufmerksamkeitsfokus gelten. Zumindest sind der Autorin keine Argumente bekannt, weshalb mentale Bilder beim internen Aufmerksamkeitsfokus nicht eingesetzt werden sollten. In Experiment 3 zeigten sich weder in Bezug auf die Leistung

noch in Bezug auf das Lernen signifikante Unterschiede. Wenn die mentalen Bilder sich auf dieselbe zusätzliche, direkte Rückmeldung beziehen, scheint der Inhalt dieser mentalen Bilder also keinen Einfluss auf die Leistung und das Lernen einer Gleichgewichtsaufgabe zu haben. Dies lässt auch die Ergebnisse von De Bruin et al. (2009) erklären (siehe dazu S. 67 und S. 140). Auch wenn nicht von den Autoren beabsichtigt, können die Fokusinstruktionen ebenfalls als mentale Bilder verstanden werden. Im Experiment von De Bruin et al. (2009) konnten ebenfalls keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt werden, was die Autoren auf das Alter der Versuchspersonen zurückführen. Stattdessen zeigte Experiment 3, dass sich auch bei jungen Versuchspersonen keine signifikanten Gruppenunterschiede feststellen lassen, wenn eine zusätzliche, direkte Rückmeldung mit unterschiedlichen mentalen Bildern versehen wird.

In Experiment 4 wurde die zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht unterschiedlich interpretiert und es wurden auch keine mentalen Bilder verwendet. Stattdessen diente die zusätzliche, direkte Rückmeldung als externer Effekt, auf den die externe Fokusgruppe fokussierte, wohingegen die interne Fokusgruppe auf den internen Effekt, nämlich den gefühlten Druck an der Fußsohle, fokussierte. Die zusätzliche direkte Rückmeldung wurde unterschiedlich funktional gestaltet, damit die Funktionalitätshypothese gezielt getestet werden konnte. Zum einen lässt sich feststellen, dass im Gegensatz zu den Experimenten 1,2 und 3 die Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus für Sitzung 1 missglückt ist. Sowohl die externen als auch die internen Fokusgruppen achteten in Sitzung 1 vor allem auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung. Anscheinend fiel es den internen Fokusgruppen schwer, die zusätzliche, direkte Rückmeldung in Sitzung 1 zu ignorieren und stattdessen stärker auf den gefühlten Druck zu achten. In den vorherigen Experimenten gab es dieses Problem nicht, da entweder der Fokus auf ein mentales Bild oder der Fokus auf einen internen Effekt erfasst und miteinander verglichen wurde. Es ist schwierig zu sagen, ob dieses Problem bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben ohne zusätzliche, direkte Rückmeldung vorliegt, da nur wenige Studien Manipulationskontrollen einsetzen. Es wäre denkbar, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung noch stärker die Aufmerksamkeit auf sich zieht als es externe Effekte bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben tun. Dies liegt daran, dass die externen Effekte bei umweltorientierten Bewegungsaufgaben die ganze Zeit präsent sind. Bei einer Golfaufgabe z.B. erscheint der Golfschläger nicht erst dann, wenn der Ball geschlagen wird. Somit könnte man dem Problem folgendermaßen begegnen: Bei weiteren Experimenten mit zusätzlichen, direkten Rückmeldungen sollten die Versuchspersonen vor dem Training noch stärker mit der zusätzlichen, direkten Rückmeldung vertraut gemacht werden, damit die Gewöhnung schon vorher einsetzt. Dabei wäre zu beachten, dass gleichzeitig nicht die Gleichgewichtsaufgabe geübt wird, da dieser Lernprozess später beim Training sonst nicht mehr vorhanden wäre.

Da nun die Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus in Sitzung 1 nicht geglückt war, wurde für die zweite Fragestellung nur die Leistung in Sitzung 2 untersucht. In Sitzung 2 war der Leistungsunterschied zwischen den externen Fokusgruppen nicht signifikant größer als der Leistungsunterschied zwischen den internen Fokusgruppen. Da sich die internen Fokusgruppen anscheinend schwer von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung lösen konnten, wurden die entsprechenden Bewegungs-Effekt-Assoziationen möglicherweise bereits in Sitzung 1 gebildet, und

führten dazu, dass der Effekt in Sitzung 2 nicht mehr aufgezeigt werden konnte. Gleichzeitig wurde im weiteren Untersuchungsverlauf festgestellt, dass sich der Effekt bei Zielform 1 zeigt, aber nicht bei Zielform 2. Dies wird im Rahmen der vierten Fragestellung diskutiert.

An dieser Stelle lässt sich die Beantwortung der Fragestellung folgendermaßen zusammenfassen: Wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche Rückmeldung hinzugefügt wird, dann führt die fokusspezifische Interpretation dieser zusätzlichen, direkten Rückmeldung in Form von mentalen Bildern nicht zu unterschiedlicher Leistung und unterschiedlichem Lernen. Wenn bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche Rückmeldung hinzugefügt wird, die externe Fokusgruppe auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung fokussieren soll und die interne Fokusgruppe auf die internen Effekte, dann bekommt die zusätzliche, direkte Rückmeldung am Anfang des Training eine Aufmerksamkeitszuwendung von beiden Fokusgruppen.

12.3 Dritte Fragestellung

Welcher Aufmerksamkeitsfokus beim Training einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe mit zusätzlicher, direkter Rückmeldung führt zu höheren Kosten beim Test?

Diese Fragestellung wurde ebenfalls in Experiment 2, 3 und 4 untersucht. Kosten sollten vor allem dann entstehen, wenn eine Abhängigkeit von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung entwickelt wird. Es wurde erwartet, dass die externe Fokusgruppe eine stärkere Abhängigkeit von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung entwickelt als die interne Fokusgruppe. In keinem der drei Experimente konnten empirische Hinweise darauf gefunden werden, dass der Aufmerksamkeitsfokus einen Einfluss auf den Kosteneffekt beim Test hat. In Experiment 2 und 3 sollten die beiden Fokusgruppen die zusätzliche, direkte Rückmeldung lediglich unterschiedlich interpretieren. Diese Fokusmanipulation reichte möglicherweise nicht aus, damit die beiden Fokusgruppen einen unterschiedlichen Kosteneffekt zeigen.

Die klarste Aussage in Bezug auf diese Fragestellung sollte also Experiment 4 liefern, bei dem die Fokusgruppen explizit instruiert wurden, entweder auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung (externe Fokusgruppe) oder auf den gefühlten Druck (interne Fokusgruppe) zu fokussieren. Die zusätzliche, direkte Rückmeldung wurde unterschiedlich funktional gestaltet, sodass erwartet wurde, dass der Unterschied in Bezug auf den Kosteneffekt zwischen den externen Fokusgruppen größer ist als zwischen den internen Fokusgruppen. Diese Annahme konnte nicht bestätigt werden. Damit Unterschiede in Bezug auf den Kosteneffekt auftreten können, muss beim Training eine unterschiedliche Abhängigkeit von der zusätzlichen, direkten Rückmeldung aufgebaut worden sein. Da die Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus in Sitzung 1 nicht geglückt war und alle Fokusgruppen in Sitzung 1 vor allem die zusätzliche, direkte Rückmeldung fokussierten, wurde diese Bedingung vermutlich nicht so weit erfüllt, dass Effekte gefunden werden konnten. Man sollte in einem weiteren Experiment dafür Sorge tragen, dass die Fokusinstruktion von Anfang an befolgt wird, um zu schauen, ob auch dann keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den Kosteneffekt festgestellt werden können. Bis dahin gibt es keine empirischen Hinweise darauf, dass der Kosteneffekt durch den Aufmerksamkeitsfokus beeinflusst wird.

12.4 Vierte Fragestellung

Verstärkt die Aufgabenschwierigkeit den Fokuseffekt?

Diese Fragestellung wurde in allen vier Experimenten behandelt. Die Aufgabenschwierigkeit wurde in Experiment 1 und 2 durch zwei unterschiedliche Zielpunkte, in Experiment 3 durch zwei verschiedene Zielneigungen und in Experiment 4 durch zwei verschiedene Zielformen realisiert. Die Hypothese, ob die Versuchspersonen in der Bedingung, die als schwieriger eingestuft wurde, auch schlechtere Leistung zeigten, konnte bei allen Experimenten bestätigt werden.

Die Aussage, die Aufgabenschwierigkeit würde den Fokuseffekt verstärken, d.h. einen vorhanden Fokuseffekt in der einfachen Bedingung in der schwierigeren Bedingung vergrößern, konnte nicht bestätigt werden. In Experiment 1 und Experiment 3 konnte keine signifikante Interaktion zwischen Aufgabenschwierigkeit und Fokuseffekt in Bezug auf die Leistung, den Lerneffekt oder den Kosteneffekt festgestellt werden. In Experiment 2 hatte die Aufgabenschwierigkeit einen Einfluss auf den Fokuseffekt in Bezug auf die Leistung beim Training, wenn man jeweils die Anzahl der Bodenberührungen oder Expertise additiv in das Regressionsmodell aufnahm. Bei näherer Betrachtung der Interaktion (siehe Abbildung 9.5 links auf S. 126) lässt sich feststellen, dass der Leistungsunterschied zwischen den beiden Zielpunkten bei der internen Fokusgruppe größer war als bei der externen Fokusgruppe. Dies wurde damit erklärt, dass die Funktionalität des internen Effektes beim vorderen Zielpunkt größer war als beim hinteren Zielpunkt, denn im vorderen Fußbereich ist die Sensitivität viel größer als im hinteren Fußbereich (Hennig & Sterzing, 2009). In Experiment 4 wurde nicht der Fokuseffekt, sondern die Interaktion zwischen Fokusgruppe und Rückmeldung untersucht. Diese Interaktion zeigte sich bei Zielform 1, aber nicht bei Zielform 2. Auch dieses Ergebnis könnte auf die Funktionalität der fokussierten Effekte zurückgeführt werden, denn der Funktionalitätsunterschied zwischen der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Segment und der zusätzlichen, direkten Rückmeldung Linie war bei Zielform 1 viel größer als bei Zielform 2. Da Zielform 2 gleichzeitig schwieriger war als Zielform 1, lässt sich an dieser Stelle nicht beantworten, ob die Funktionalität oder die Aufgabenschwierigkeit für die Ergebnisse verantwortlich ist.

12.5 Offene Fragen

Im folgenden sollen ein paar offene Fragen andiskutiert werden, die nur spekulativ beantwortet werden können und weiterer Forschung bedürfen.

Aufgabenschwierigkeit und Funktionalität. Wulf et al. (2002) argumentierten, dass eine bestimmte Aufgabenschwierigkeit vorhanden sein müsse, damit sich der Fokuseffekt zeige, und führten das darauf zurück, dass nur dann eine effektive Aufteilung der Aufmerksamkeitsressourcen notwendig sei. Ob eine ausreichende Aufgabenschwierigkeit vorhanden sei, könne daran festgestellt werden, ob es einen Lerneffekt gebe. Darüber hinaus könnte man nun die Vermutung aufstellen, dass sich der Fokuseffekt erst dann zeigt, wenn sich die Funktionalität zwischen den extern fokussierten Effekten und den intern fokussierten Effekten ausreichend unterscheidet.

Um dies zu testen, müsste man ein Experiment durchführen, bei dem die Aufgabenschwierigkeit konstant gehalten wird und nur die Funktionalität manipuliert wird. Dies würde aber die nächste Frage aufwerfen, ob die Funktionalität der Effekte nicht auch Bestandteil der Aufgabenschwierigkeit ist. Wenn also die zu kontrollierenden Effekte z.B. schwieriger wahrzunehmen sind, dann steigt auch die Schwierigkeit, die Bewegungsaufgabe zu bewältigen. Der Zusammenhang zwischen Aufgabenschwierigkeit und Funktionalität der Effekte in Bezug auf den Aufmerksamkeitsfokus bedarf also weiterer Überlegungen und Forschung.

Messung des Aufmerksamkeitsfokus. Wenn überhaupt, wurde die Manipulation des Aufmerksamkeitsfokus in den bisherigen Studien nur anhand einer Befragung kontrolliert. Befragungen sind subjektiv und sind deshalb nur teilweise zu empfehlen (siehe dazu S. 28). Wünschenswert wäre eine objektive Messung des Aufmerksamkeitsfokus. In den ersten beiden Experimenten der vorliegenden Forschungsarbeit wurde versucht, solch eine objektive Messung anhand des Inattentional-Blindness-Phänomens zu entwickeln. Dies ist nicht geglückt und wurde auch nicht weiter verfolgt. Ein objektives Maß, welches mit visueller Aufmerksamkeit im Zusammenhang steht, ist die Blickbewegung. Da der Aufmerksamkeitsfokus sich aber auf mentale Aufmerksamkeit bezieht, ist dieses Maß auch unzureichend. Beispielsweise könnte der Aufmerksamkeitsfokus auf interne Effekte damit überhaupt nicht erfasst werden. Eine weitere, wenn auch sehr aufwändige Möglichkeit bestünde darin, Gehirnaktivität zu messen. Dafür ist es aber notwendig, die neuronalen Mechanismen des Aufmerksamkeitsfokus besser zu verstehen. Erste Versuche in diese Richtung existieren bereits (Zimmermann et al., 2012; Bischoff et al., 2015; Kuhn, Keller, Ruffieux & Taube, 2017). Falls es möglich sein wird, den Aufmerksamkeitsfokus objektiv in Echtzeit messen zu können, könnte man zum einen den relativen Anteil der beiden Aufmerksamkeitsfoki erfassen. Des Weiteren könnte man den zeitlichen Verlauf des Aufmerksamkeitsfokus betrachten und z.B. untersuchen, wann Personen den Aufmerksamkeitsfokus wechseln und wie sich der Anteil der beiden Aufmerksamkeitsfoki über den Trainingsverlauf verändert.

Kosteneffekt. In der vorliegenden Forschungsarbeit wurde der Fall betrachtet, bei dem bei einer körperorientierten Gleichgewichtsaufgabe eine zusätzliche, direkte Rückmeldung hinzugefügt wurde. Diese zusätzliche, direkte Rückmeldung wurde beim Test wieder entfernt, was zu einem Kosteneffekt führte. Durch die Wegnahme der zusätzlichen, direkten Rückmeldung wurde eine umweltorientierte Bewegungsaufgabe beim Training zu einer körperorientierten Bewegungsaufgabe beim Test. Proteau, Marteniuk und Lévesque (1992) haben festgestellt, dass auch die Hinzugabe von relevanter Information beim Test zu einem Leistungsabfall führen kann, weil diese Information integriert werden muss. Beispielsweise könnte man man einer körperorientierten Bewegungsaufgabe beim Training einen externen Effekt beim Test hinzufügen. Dadurch wird die Bewegungsaufgabe beim Test umweltorientiert. Experiment 1 hat aufgezeigt, dass mentale Bilder auf nicht vorhandene Umwelteffekte während des Trainings zu einer Doppelbelastung führen. Es stellt sich die Frage, ob die externe Fokusgruppe aufgrund der Aufrechterhaltung dieser mentalen Bilder beim Training eine bessere Leistung beim Test zeigen würde als die interne Fokusgruppe, wenn der externe Effekt beim Test diesem mentalen Bild entspricht. Die Annahme dabei wäre, dass die externe Fokusgruppe beim Training den externen Effekt bereits

in die Bewegungsausführung integriere. Falls sich Gruppenunterschiede feststellen lassen, würde dies bedeuten, dass mentale Bilder auf externe Effekte mit einer Integration der vorgestellten externen Effekte mit den tatsächlichen internen Effekten assoziiert sind.

Kompetenz vs. Lernprozess. Ehrlenspiel und Maurer (2007) haben die Frage aufgeworfen, ob die Fokuseffekte darauf zurückzuführen sind, dass dabei unterschiedliche Kompetenzen gelernt werden oder darauf, dass dabei der Lernprozess unterschiedlich gefördert wird. Entsprechend der Funktionalitätshypothese führt der interne Aufmerksamkeitsfokus zu anderen Bewegungs-Effekt-Assoziationen als der externe Aufmerksamkeitsfokus. Das bedeutet, Personen mit einem internen Aufmerksamkeitsfokus steuern einen internen Effekt, Personen mit einem externen Aufmerksamkeitsfokus steuern einen externen Effekt. Gleichzeitig sind manche Bewegungs-Effekt-Assoziationen leichter zu lernen als andere. Wenn z.B. die Kontingenzbeziehung zwischen Bewegungsausführung und Effekt sehr eng ist, dann ist die entsprechende Bewegungs-Effekt-Assoziation auch schneller erlernbar. Es werden also sowohl unterschiedliche Bewegungs-Effekt-Assoziationen gelernt, diese werden aber auch gleichzeitig unterschiedlich schnell gelernt. Diese Annahmen bleiben an dieser Stelle theoretisch und müssten experimentell untersucht werden.

Kontingenz, Wahrnehmung und Kompatibilität von Effekten. Die Funktionalität von Effekten wurde auf drei Aspekte zurückgeführt: der Kontingenz, der Wahrnehmung und der Kompatibilität von Effekten. Dabei setzt die vorliegende Forschungsarbeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weitere Aspekte, die hier nicht aufgeführt wurden, sind durchaus möglich. Außerdem wurden alle drei Aspekte zwar theoretisch aufgezeigt, in den Experimenten wurde die Funktionalität aber vor allem anhand der Wahrnehmung der Effekte manipuliert. Die Kontingenz und die Kompatibilität von Effekten bedürfen also weiterer Untersuchungen. Die Kontingenz externer Effekte könnte man z.B. dadurch manipulieren, dass die zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht nur auf die Körperbewegung reagiert, sondern eine Eigenvarianz besitzt, die unterschiedlich zielführend ist. Um die Kompatibilität zu untersuchen, müsste die Zielstellung jeweils umformuliert werden, sodass sie entweder mit den internen oder mit den externen Effekten stärker übereinstimmt. Je weniger Zielstellung und fokussierter Effekt übereinstimmen, desto stärker sollten die Versuchspersonen eine Zielverwirrung erfahren. Es wurde z.B. angenommen, dass die interne Fokusgruppe in Experiment 2 eine Zielverwirrung erlebte, da als Zielstellung ein externes Objekt, nämlich der visuelle Punkt, bewegt werden sollte. Gleichzeitig erforderte es die Aufgabenstellung, dass sich die interne Fokusgruppe auf den gefühlten Druck an der Fußsohle fokussierte. Es ist vorstellbar, dass die drei Aspekte einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Gesamtfunktionalität eines Effektes ausüben. Je nach Ausprägung könnten sie einander verstärken, aber möglicherweise auch aufheben. Dieses Zusammenspiel könnte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung. Es stellt sich die Frage, ob die externen Effekte, die als zusätzliche, direkte Rückmeldungen hinzugefügt werden, immer funktionaler sein müssen als die internen Effekte der körperorientierten Bewegungsaufgabe. Diese

Frage lässt sich folgendermaßen umformulieren: Verwandelt die Hinzugabe von jedem Umwelteffekt eine körperorientierte in eine umweltorientierte Bewegungsaufgabe? Unter der Annahme, dass das Bewegungsziel gleich bleibt, kann die Frage darauf reduziert werden, wann das Movendum nicht mehr sich selbst bewegend ist, sondern reaktiv wird. Das Movendum wurde definiert als die zielführende Größe, d.h. das Movendum wird dann reaktiv, wenn der externe Effekt funktionaler wird als der interne Effekt. Somit lässt sich die Frage folgendermaßen beantworten: Die Bewegungsaufgabe wird dann umweltorientiert, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung funktionaler ist als die Rückmeldung des Körpers. Wann sollte eine zusätzliche, direkte Rückmeldung weniger funktional sein als die Rückmeldung des Körpers? In Experiment 4 ist dieser Fall eingetreten: In Sitzung 2 bei Zielform 1 zeigte die interne Fokusgruppe eine bessere Leistung als die externe Fokusgruppe, wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung Segment dargeboten wurde (siehe Abbildung 11.9 links auf S. 186; eine post hoc Analyse zeigte, dass dieser Gruppenunterschied auch signifikant war: $t(22) = 2.35, p = 0.03$). Da laut der Funktionalitätshypothese die Überlegenheit eines Aufmerksamkeitsfokus mit der Funktionalität der fokussierten Effekte im Zusammenhang stehen sollte, bedeutet dieses Ergebnis im Umkehrschluss, dass die Rückmeldung des Körpers funktionaler war als die zusätzliche, direkte Rückmeldung Segment bei Zielform 1. Anscheinend konnte der Druckschwerpunkt anhand des gefühlten Drucks besser lokalisiert werden, als anhand der aufleuchtenden Segmente bei Zielform 1. Man könnte sich nun fragen, weshalb man in der Praxis eine zusätzliche, direkte Rückmeldung geben sollte, die weniger funktional ist als die Rückmeldungen des Körpers. Drei Fälle sind hierbei zu nennen. Erstens kann es sein, dass eine zusätzliche, direkte Rückmeldung nicht deshalb hinzugefügt wird, um die Leistung, sondern z.B. die Motivation zu steigern. Zweitens könnte sich ein Bewegungsziel dynamisch ändern und damit auch die Funktionalität der zusätzlichen, direkten Rückmeldung. Dies soll am folgenden Beispiel veranschaulicht werden: Ehrenberg (2010) interviewte Tanzstudenten über ihre Erfahrungen mit Spiegeln während des Trainings. Ein Ergebnis dieser Befragung war, das der Spiegel sehr gut eingesetzt werden konnte, wenn zweidimensionale Korrekturen durchgeführt werden sollten (z.B. ein Bein möglichst horizontal halten), aber nicht gut, wenn das Bewegungsziel eine dreidimensionale Figur darstellte. Die Information der Dreidimensionalität ging im Spiegel verloren. Ehrenberg (2010) schrieb dazu folgendes: *„Mehrere Beschreibungen der Tänzer unterstützen die Annahme, dass der Spiegel eher einen statischen Körper präsentiert anstatt einen dreidimensionalen Körper in Bewegung. Ein Tänzer hat es folgendermaßen beschrieben: Ich denke nicht, dass der Spiegel mir hilft zu verstehen, wie mein Körper sich bewegt, weil der Spiegel statische Bilder zeigt“* (Übersetzung durch die Autorin, Ehrenberg, 2010, S. 177). Drittens ist es vorstellbar, dass sich die Funktionalität von Effekten in Abhängigkeit vom Leistungsstand der Person ändert: So kann es sein, dass die ausführende Person gelernt hat, bestimmte interne Effekte immer besser wahrzunehmen und zu differenzieren. Wenn dieser ausführenden Person nun die gleiche zusätzliche, direkte Rückmeldung präsentiert wird, dann kann es sein, dass die Funktionalität des externen Effektes nun kleiner ist als die des internen Effektes. Das bedeutet, der Einsatz von zusätzlicher, direkter Rückmeldung bedeutet nicht automatisch, dass der externe Aufmerksamkeitsfokus der bessere ist. Es sollte immer die Funktionalität bzw. der Aufgabentyp betrachtet werden.

12.6 Fazit

Die vorliegende Forschungsarbeit bestand aus einem Grundlagen- und einem Anwendungsaspekt. Im Rahmen des Grundlagenaspektes wurde dargestellt, weshalb die Generalitätshypothese angezweifelt und stattdessen die Funktionalitätshypothese favorisiert wird. Laut Generalitätshypothese sollte immer der externe Aufmerksamkeitsfokus angewendet werden. Laut der Funktionalitätshypothese sollten diejenigen Effekte fokussiert werden, die funktional sind. Die grundlagenorientierte Fragestellung konnte beantwortet werden, indem die Generalitätshypothese sowohl theoretisch als auch empirisch überprüft wurde und schließlich widerlegt werden konnte. Wenn eine körperorientierte Bewegungsaufgabe erlernt werden soll, dann kann anhand der Ergebnisse von Experiment 1 die Aussage getroffen, werden, dass der interne Aufmerksamkeitsfokus dem externen Aufmerksamkeitsfokus überlegen ist.

Im Rahmen des Anwendungsaspektes wurde weiterhin untersucht, welchen Einfluss das Hinzufügen von zusätzlicher, direkter Rückmeldung hat. In Experiment 3 zeigte sich, dass der Inhalt mentaler Bilder bezogen auf die zusätzliche, direkte Rückmeldung keinen Einfluss auf Leistung und Lernen hat. In Experiment 4 konnte nur teilweise gezeigt werden, dass die Funktionalität der Rückmeldung einen stärkeren Einfluss auf die Leistung hat, wenn diese Rückmeldung fokussiert wird. Insgesamt konnte folgende Frage, die zum ersten Mal in Experiment 2 aufgeworfen wurde, noch nicht vollständig geklärt werden: Wird eine körperorientierte Bewegungsaufgabe durch das Hinzufügen von zusätzlicher, direkter Rückmeldung umweltorientiert? Möglicherweise ist hier keine strikte Trennung zwischen körper- und umweltorientierter Bewegungsaufgabe möglich. Stattdessen sind diese Bewegungsaufgaben hybrid in der Art, dass sich der Aufgabentyp innerhalb der Bewegungsausführung wechselt. Wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung nur als Rückmeldung der eigenen Körperbewegung angesehen wird, das Movendum also der eigene Körper bleibt, so bleibt die Bewegungsaufgabe weitgehend körperorientiert. Wenn die zusätzliche, direkte Rückmeldung als zusätzlicher Aspekt der Bewegungsaufgabe gesehen wird, den es zu manipulieren gilt um die Bewegungsaufgabe zu bewältigen, dann wird diese zusätzliche, direkte Rückmeldung als Objekt zum Movendum und die Bewegungsaufgabe wird umweltorientiert. Unter welchen Bedingungen das eine oder das andere stattfindet, muss durch weitere Forschung untersucht werden. Wenn diese Bedingungen klar sind, dann sollte auch die Fokusmanipulation zu eindeutigeren Ergebnissen führen.

Der Nutzen dieser und weiterer Forschung liegt darin, Instruktionen angepasst an die jeweilige Bewegungsaufgabe erstellen zu können. Z.B. werden im Rehabilitationstraining körperorientierte Bewegungen erlernt und dabei virtuelle Spiele eingesetzt. Wenn keine virtuelle Spiele oder andere zusätzliche, direkte Rückmeldungen eingesetzt werden, dann kann die Dissertation eine klare Aussage treffen, dass hier der interne Aufmerksamkeitsfokus instruiert werden sollte. Neben vielen anderen Vorteilen werden virtuelle Spiele auch deshalb eingesetzt, weil sie eine hochauflösende Rückmeldung bieten können. Es sollte weiter untersucht werden, wie die Instruktion zu dieser Rückmeldung gestaltet werden soll, damit man einerseits die Bewegung möglichst gut erlernen kann und andererseits die Kosten möglichst gering bleiben, wenn man die Rückmeldung wieder entzieht. Die Dissertation soll einen Ansatz für die weitere Forschung in diese Richtung geben.

A Fragebögen

VPN:_____

Demographischer Fragebogen

Vielen Dank für die Teilnahme! Wir beginnen vor dem Training mit ein paar Fragen zu Deiner Person.

Alter: _____ Geschlecht: _____

Körpergröße: _____ Körpergewicht: wird auf dem Board gemessen

Was machst Du beruflich?

Schüler/in
In Ausbildung zum zum/zur _____
Student/in im Studienfach _____
Angestellte/r als _____
Sonstiges: _____

Leidest Du an einer Fußfehlstellung? ja nein

Wenn ja, an welcher? _____

Hast Du bereits Erfahrungen mit dem Wii Balance Board? ja nein

Wenn ja,

welche? _____

wie oft? _____

Trifft folgendes auf Dich zu?

Gleichgewichtsstörungen/ vestibuläre Störungen?	ja	nein
Bewegungsstörungen?	ja	nein
Neurologische Erkrankungen?	ja	nein
Verletzungen in den letzten sechs Monaten, die das Gleichgewicht beeinträchtigen könnten?	ja	nein
Beeinträchtigtes Sehen (trotz Brille, Kontaktlinsen etc.)?	ja	nein

VPN:_____

Erfahrung mit Sportarten

Bitte trage zu jeder genannten Sportart ein, wie viel Erfahrung Du damit hast. 8 Linien sind leer, in denen Du selbst Sportarten eintragen kannst. Falls Du Erfahrungen mit mehr als 8 Sportarten hast, trage bitte vorzugsweise die ein, die mit Gleichgewicht zu tun haben.

		nie aktiv betrieben	Ausprobiert/ sporadisch aktiv betrieben	früher intensiv über mehrere Jahre aktiv betrieben, heute nicht mehr aktiv	seit mehreren Jahren intensiv betrieben, heute noch aktiv
1	Geräteturnen	☐	☐	☐	☐
2	Wasserspringen	☐	☐	☐	☐
3	Ballett	☐	☐	☐	☐
4	Eiskunstlauf	☐	☐	☐	☐
5	Rhythmische Sportgymnastik	☐	☐	☐	☐
6	Tanzen	☐	☐	☐	☐
7	Bergsteigen/Klettern	☐	☐	☐	☐
8	Skilauf: alpin	☐	☐	☐	☐
9	Skilauf: Langlauf	☐	☐	☐	☐
10	Snowboard	☐	☐	☐	☐
11	Windsurfen	☐	☐	☐	☐
12	Jollensegeln	☐	☐	☐	☐
13	Rudern	☐	☐	☐	☐
14	Skateboard	☐	☐	☐	☐
15	Yoga	☐	☐	☐	☐
16	Inliner	☐	☐	☐	☐
17	Kickboxen	☐	☐	☐	☐
18	Slacklinen	☐	☐	☐	☐
19		☐	☐	☐	☐
20		☐	☐	☐	☐
21		☐	☐	☐	☐
22		☐	☐	☐	☐
23		☐	☐	☐	☐
24		☐	☐	☐	☐
25		☐	☐	☐	☐
26		☐	☐	☐	☐

VPN:_____

Edinburgh Händigkeitsinventar

Bitte gebe an, welche Hand Du bei den unten genannten Tätigkeiten bevorzugst, indem Du ein Pluszeichen (+) in das entsprechende Kästchen setzt. Wenn Du bei einer Tätigkeit ausschließlich die eine Hand benutzt und niemals die andere, kennzeichne dies bitte durch zwei Pluszeichen (+ +). Wenn Du Dich nicht entscheiden kannst, welche Hand Du bevorzugst, setze bitte ein Pluszeichen (+) in beide Kästchen.

Bitte versuche, alle Fragen zu beantworten.

		LINKS	**RECHTS**
1	Welche Hand nimmst Du zum Schreiben?		
2	Welche Hand nimmst Du zum Malen?		
3	Welche Hand nimmst Du zum Werfen?		
4	Welche Hand nimmst Du zum Schneiden mit einer Schere?		
5	Welche Hand nimmst Du zum Zähneputzen?		
6	Welche Hand nimmst Du, wenn Du ein Messer ohne Gabel hältst?		
7	Welche Hand nimmst Du, wenn Du einen Löffel hältst?		
8	Wenn Du einen Besen mit beiden Händen hältst, welche Hand ist oben?		
9	Mit welcher Hand hältst Du ein Streichholz, wenn Du es anzünden willst?		
10	Welche Hand nimmst Du um den Deckel von einer Schachtel zu nehmen?		
11	Welchen Fuß nimmst Du zum Treten?		
12	Welches Auge nimmst Du, wenn Du nur eines nutzen kannst (z.B. wenn Du durch ein Schlüsselloch schaust)?		

VPN:_____

Erfahrung mit Sportarten

Bitte trage zu jeder genannten Sportart ein, wie viel Erfahrung Du damit hast. In den leeren Feldern kannst Du selbst Sportarten eintragen. Falls die leeren Felder nicht ausreichen für alle Sportarten, mit denen du Erfahrungen hast, trage bitte vorzugsweise die ein, die mit Gleichgewicht zu tun haben. Schätze bitte Deine Erfahrung mit der Sportart mit folgenden Kriterien ein:

1 = nie aktiv betrieben oder nur 1 Mal ausprobiert
2 = mehr als 1 Mal ausprobiert aber nie intensiv betrieben
3= früher intensiv betrieben (durchschnittlich 1x die Woche über mindestens ein halbes Jahr), heute nicht mehr aktiv
4= wird aktuell intensiv betrieben (durchschnittlich 1x die Woche über mindestens ein halbes Jahr)

	Sportart	Zahl
1	Geräteturnen	
2	Wasserspringen	
3	Ballett	
4	Eiskunstlauf	
5	Rhythmische Sportgymnastik	
6	Tanzen	
7	Bergsteigen/Klettern	
8	Skilauf: alpin	
9	Skilauf: Langlauf	
10	Snowboard	
11	Windsurfen	
12	Jollensegeln	
13	Rudern	

	Sportart	Zahl
14	Skateboard	
15	Yoga	
16	Inliner	
17	Kickboxen	
18	Slacklinen	
19	Fahrrad fahren	
20	Pilates	
21	Zumba	
22	Tae Bo	
23		
24		
25		
26		

VPN:_____

Fragebogen zur Bewegungsvorstellung

Dieser Fragebogen befasst sich mit zwei Arten, Bewegungen mental auszuführen, von denen manche Leute mehr als andere Gebrauch machen und die auch in Abhängigkeit vom Bewegungstyp unterschiedlich gut anwendbar sind.

Die erste Aufgabe betrifft die Bildung eines mentalen (visuellen) Eindrucks oder eines „Bildes“ der Bewegung. Bei der zweiten Art ist man bestrebt, zu spüren, wie sich der Bewegungsvollzug anfühlt, ohne die Bewegung tatsachlich auszuführen. In diesem Fragebogen wird von Dir verlangt, diese beiden Vorstellungsaufgaben für eine Vielzahl von Bewegungen auszuführen und anschließend zu bewerten, wie schwer/leicht Dir diese Aufgabe gefallen ist.

Deine Einschätzungen sollen nicht dazu verwendet werden, zu erfassen, wie gut oder wie schlecht Du diese mentalen Aufgaben ausgeführt hast. Vielmehr sollst Du Auskunft geben über das Vermögen von Individuen, diese Aufgaben bei verschiedenartigen Bewegungstypen auszuführen. Es gibt keine Antworten, die "richtig" oder "falsch" bzw. besser oder schlechter als andere sind.

Jeder der folgenden Abschnitte beschreibt eine spezifische Bewegung. Lies jede Beschreibung sorgfältig und führe anschließend die Bewegung wie beschrieben aus. Führe die Bewegung aber nur **ein einziges Mal** aus.

Zur Durchführung der mentalen Aufgabe nimm dann bitte wieder die Ausgangsposition ein, so, als ob Du die Bewegung ein zweites Mal ausführen wolltest. Führe nun die dann geforderte mentale Aufgabe aus, d. h. entweder

- Du versuchst ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der Ich Perspektive** (=Du betrachtest die Bewegung aus Deinem Körper heraus) von der Bewegung zu erzeugen, die Du gerade ausgeführt hast, oder
- Du versuchst ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der dritte Person Perspektive** (=Du betrachtest Dich von außen, wie Du die Bewegung durchführst) von der Bewegung zu erzeugen, die Du gerade ausgeführt hast oder
- Du versuchst wirklich zu **fühlen**, wie du die Bewegung ausführst, ohne dies aber tatsachlich zu tun.

Nachdem Du diese mentale Aufgabe beendet hast, beurteile bitte die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du die Aufgabe durchführen konntest. Orientiere Dich in Deiner Bewertung an der nachstehenden Skala (bei jeder Aufgabe jeweils mit angegeben). Sei dabei so genau wie möglich und nimm Dir jedes Mal so lange Zeit, wie Du es für nötig hältst, um zu einer angemessenen Einschätzung zu gelangen. Du kannst dabei jeden Wert für so viele mentale Aufgaben vergeben, wie Du willst. Es ist nicht erforderlich, dass Du die gesamte Länge der Beurteilungsskala ausnutzt.

VPN:_____

1.	Ausgangsposition	Steh aufrecht, geschlossene Fußstellung. Die Arme liegen seitlich am Körper an.
	Aktion	Hebe Dein rechtes Knie so hoch wie möglich, sodass Du nun auf dem linken Bein stehst, das rechte Bein im Kniegelenk gebeugt. Nun senke Dein rechtes Bein, sodass Du dann wieder auf beiden Füßen stehst. Führe diese Bewegung langsam aus.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Versuche zu **fühlen**, wie Du die soeben vollzogene Bewegung ausführst (ohne dies jetzt tatsachlich zu tun)!
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest.

Sehr schwierig zu fühlen	Schwierig zu fühlen	Eher schwierig zu fühlen	Weder schwierig noch leicht	Eher leicht zu fühlen	Leicht zu fühlen	Sehr leicht zu fühlen

2.	Ausgangsposition	Stehe aufrecht, hüftbreite Fußstellung. Die Arme liegen seitlich am Körper an.
	Aktion	Gehe tief in die Hocke und springe dann so hoch wie möglich gerade nach oben, die Arme über den Kopf nach oben ausgestreckt. Lande in hüftbreiter Fußstellung und senke die Arme wieder an Deine Seiten.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Rufe in Deiner Vorstellung ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der Ich Perspektive** von der Bewegung hervor, die Du gerade ausgeführt hast. (Ich Perspektive = Du betrachtest die Bewegung aus Deinem Körper heraus)
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest.

Sehr schwierig vorzustellen	Schwierig vorzustellen	Eher schwierig vorzustellen	Weder schwierig noch leicht	Eher leicht vorzustellen	Leicht vorzustellen	Sehr leicht vorzustellen

VPN:_____

3.	Ausgangsposition	Strecke den Arm Deiner nicht-dominanten Hand waagerecht zur Seite aus, die Handfläche nach unten.
	Aktion	Bewege den Arm vorwärts, bis er sich direkt vor Dir befindet (dabei immer noch waagerecht). Lass Deinen Arm während der gesamten Bewegung gestreckt und führe die Bewegung langsam aus.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Rufe in Deiner Vorstellung ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der dritte Person Perspektive** von der Bewegung hervor, die Du gerade ausgeführt hast. (Dritte Person Perspektive = Du betrachtest Dich von außen, wie Du die Bewegung durchführst.)
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest. Sehr schwierig vorzustellen / Schwierig vorzustellen / Eher schwierig vorzustellen / Weder schwierig noch leicht / Eher leicht vorzustellen / Leicht vorzustellen / Sehr leicht vorzustellen
	Winkel	Bitte gebe an, von welchem Winkel aus Du Dich beobachtet hast: Von oben / Von hinten / Von vorne / Von der rechten Seite / Von der linken Seite

4.	Ausgangsposition	Stehe aufrecht, hüftbreite Fußstellung. Die Arme sind vollständig über dem Kopf ausgestreckt
	Aktion	Beuge Dich langsam im Hüftgelenk nach vorne ab und versuche, mit den Fingerspitzen Deine Zehen zu berühren (oder, falls möglich, den Boden). Kehre nun in die Ausgangsposition zurück, d. h. aufrechter Stand mit über dem Kopf emporgestreckten Armen.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Versuche zu **fühlen**, wie Du die soeben vollzogene Bewegung ausführst (ohne dies jetzt tatsachlich zu tun)!
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest. Sehr schwierig zu fühlen / Schwierig zu fühlen / Eher schwierig zu fühlen / Weder schwierig noch leicht / Eher leicht zu fühlen / Leicht zu fühlen / Sehr leicht zu fühlen

VPN:_____

5.	Ausgangsposition	Steh aufrecht, geschlossene Fußstellung. Die Arme liegen seitlich am Körper an.
	Aktion	Hebe Dein rechtes Knie so hoch wie möglich, sodass Du nun auf dem linken Bein stehst, das rechte Bein im Kniegelenk gebeugt. Nun senke Dein rechtes Bein, sodass Du dann wieder auf beiden Füßen stehst. Führe diese Bewegung langsam aus.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Rufe in Deiner Vorstellung ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der Ich Perspektive** von der Bewegung hervor, die Du gerade ausgeführt hast. (Ich Perspektive = Du betrachtest die Bewegung aus Deinem Körper heraus)
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest.

Sehr schwierig vorzustellen	Schwierig vorzustellen	Eher schwierig vorzustellen	Weder schwierig noch leicht	Eher leicht vorzustellen	Leicht vorzustellen	Sehr leicht vorzustellen

6.	Ausgangsposition	Stehe aufrecht, hüftbreite Fußstellung. Die Arme liegen seitlich am Körper an.
	Aktion	Gehe tief in die Hocke und springe dann so hoch wie möglich gerade nach oben, die Arme über den Kopf nach oben ausgestreckt. Lande in hüftbreiter Fußstellung und senke die Arme wieder an Deine Seiten.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Rufe in Deiner Vorstellung ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der dritte-Person Perspektive** von der Bewegung hervor, die Du gerade ausgeführt hast. (Dritte Person Perspektive = Du betrachtest Dich von außen, wie Du die Bewegung durchführst.)
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest.

Sehr schwierig vorzustellen	Schwierig vorzustellen	Eher schwierig vorzustellen	Weder schwierig noch leicht	Eher leicht vorzustellen	Leicht vorzustellen	Sehr leicht vorzustellen

Winkel	Bitte gebe an, von welchem Winkel aus Du Dich beobachtet hast:

Von oben	Von hinten	Von vorne	Von der rechten Seite	Von der linken Seite

VPN:_____

7.	Ausgangsposition	Strecke den Arm Deiner nicht-dominanten Hand waagerecht zur Seite aus, die Handfläche nach unten.
	Aktion	Bewege den Arm vorwärts, bis er sich direkt vor Dir befindet (dabei immer noch waagerecht). Lass Deinen Arm während der gesamten Bewegung gestreckt und führe die Bewegung langsam aus.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Versuche zu **fühlen**, wie Du die soeben vollzogene Bewegung ausführst (ohne dies jetzt tatsachlich zu tun)!
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest.

Sehr schwierig zu fühlen	Schwierig zu fühlen	Eher schwierig zu fühlen	Weder schwierig noch leicht	Eher leicht zu fühlen	Leicht zu fühlen	Sehr leicht zu fühlen

8.	Ausgangsposition	Stehe aufrecht, hüftbreite Fußstellung. Die Arme sind vollständig über dem Kopf ausgestreckt.
	Aktion	Beuge Dich langsam im Hüftgelenk nach vorne ab und versuche, mit den Fingerspitzen Deine Zehen zu berühren (oder, falls möglich, den Boden). Kehre nun in die Ausgangsposition zurück, d. h. aufrechter Stand mit über dem Kopf emporgestreckten Armen.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Rufe in Deiner Vorstellung ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der Ich Perspektive** von der Bewegung hervor, die Du gerade ausgeführt hast. (Ich Perspektive = Du betrachtest die Bewegung aus Deinem Körper heraus)
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest.

Sehr schwierig vorzustellen	Schwierig vorzustellen	Eher schwierig vorzustellen	Weder schwierig noch leicht	Eher leicht vorzustellen	Leicht vorzustellen	Sehr leicht vorzustellen

VPN:_____

9.	Ausgangsposition	Steh aufrecht, geschlossene Fußstellung. Die Arme liegen seitlich am Körper an.
	Aktion	Hebe Dein rechtes Knie so hoch wie möglich, sodass Du nun auf dem linken Bein stehst, das rechte Bein im Kniegelenk gebeugt. Nun senke Dein rechtes Bein, sodass Du dann wieder auf beiden Füßen stehst. Führe diese Bewegung langsam aus.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Rufe in Deiner Vorstellung ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der dritte Person Perspektive** von der Bewegung hervor, die Du gerade ausgeführt hast. (Dritte Person Perspektive = Du betrachtest Dich von außen, wie Du die Bewegung durchführst.)
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest. Sehr schwierig vorzustellen / Schwierig vorzustellen / Eher schwierig vorzustellen / Weder schwierig noch leicht / Eher leicht vorzustellen / Leicht vorzustellen / Sehr leicht vorzustellen
	Winkel	Bitte gebe an, von welchem Winkel aus Du Dich beobachtet hast. Von oben / Von hinten / Von vorne / Von der rechten Seite / Von der linken Seite

10.	Ausgangsposition	Stehe aufrecht, hüftbreite Fußstellung. Die Arme liegen seitlich am Körper an.
	Aktion	Gehe tief in die Hocke und springe dann so hoch wie möglich gerade nach oben, die Arme über den Kopf nach oben ausgestreckt. Lande in hüftbreiter Fußstellung und senke die Arme wieder an Deine Seiten.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Versuche zu **fühlen**, wie Du die soeben vollzogene Bewegung ausführst (ohne dies jetzt tatsachlich zu tun)!
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest. Sehr schwierig zu fühlen / Schwierig zu fühlen / Eher schwierig zu fühlen / Weder schwierig noch leicht / Eher leicht zu fühlen / Leicht zu fühlen / Sehr leicht zu fühlen

VPN:_____

11.	Ausgangsposition	Strecke den Arm Deiner nicht-dominanten Hand waagerecht zur Seite aus, die Handfläche nach unten.
	Aktion	Bewege den Arm vorwärts, bis er sich direkt vor Dir befindet (dabei immer noch waagerecht). Lass Deinen Arm während der gesamten Bewegung gestreckt und führe die Bewegung langsam aus.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Rufe in Deiner Vorstellung ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der Ich Perspektive** von der Bewegung hervor, die Du gerade ausgeführt hast. (Ich Perspektive = Du betrachtest die Bewegung aus Deinem Körper heraus)
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest.

Sehr schwierig vorzustellen	Schwierig vorzustellen	Eher schwierig vorzustellen	Weder schwierig noch leicht	Eher leicht vorzustellen	Leicht vorzustellen	Sehr leicht vorzustellen

12.	Ausgangsposition	Stehe aufrecht, hüftbreite Fußstellung. Die Arme sind vollständig über dem Kopf ausgestreckt.
	Aktion	Beuge Dich langsam im Hüftgelenk nach vorne ab und versuche, mit den Fingerspitzen Deine Zehen zu berühren (oder, falls möglich, den Boden). Kehre nun in die Ausgangsposition zurück, d. h. aufrechter Stand mit über dem Kopf emporgestreckten Armen.
	Mentale Aufgabe	Nimm die Ausgangsstellung ein. Rufe in Deiner Vorstellung ein möglichst klares und lebhaftes **Vorstellungsbild aus der dritte Person Perspektive** von der Bewegung hervor, die Du gerade ausgeführt hast. (Dritte Person Perspektive = Du betrachtest Dich von außen, wie Du die Bewegung durchführst.)
	Bewertung	Bewerte nun die Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit, mit der Du diese mentale Aufgabe ausführen konntest.

Sehr schwierig vorzustellen	Schwierig vorzustellen	Eher schwierig vorzustellen	Weder schwierig noch leicht	Eher leicht vorzustellen	Leicht vorzustellen	Sehr leicht vorzustellen

Winkel	Bitte gebe an, von welchem Winkel aus Du Dich beobachtet hast.

Von oben	Von hinten	Von vorne	Von der rechten Seite	Von der linken Seite

B Herleitung der statistischen Hypothesen für Experiment 1

1 Erste Fragestellung

Hypothese 1a: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} \leq \mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}$$

$$H_1 : \mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} > \mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{11,i} - Y_{21,i} - Y_{12,i} - Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

Hypothese 2a: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)}) - (\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) \leq (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)}) - (\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)})$$

$$H_1 : (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)}) - (\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) > (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)}) - (\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{11,i} + Y_{21,i} - Y_{12,i} - Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

Hypothese 3a: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)} \leq \mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)}$$

$$H_1 : \mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)} > \mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{13}^{(1)} - \mu_{23}^{(1)}) - (-\mu_{13}^{(2)} - \mu_{23}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{13}^{(1)} - \mu_{23}^{(1)}) - (-\mu_{13}^{(2)} - \mu_{23}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{13,i} - Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

2 Vierte Fragestellung

Hypothese 1b: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{21}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) - (\mu_{21}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) \leq (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)}) - (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)})$$

$$H_1 : (\mu_{21}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) - (\mu_{21}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) > (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)}) - (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{11,i} - Y_{21,i} + Y_{12,i} - Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

Hypothese 2b: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{21}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{21}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) \leq (\mu_{11}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)})$$

$$H_1 : (\mu_{21}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{21}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) > (\mu_{11}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{11,i} + Y_{21,i} + Y_{12,i} - Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

Hypothese 3b: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{23}^{(2)} - \mu_{23}^{(1)} \leq \mu_{13}^{(2)} + \mu_{13}^{(1)}$$

$$H_1 : \mu_{23}^{(2)} - \mu_{23}^{(1)} > \mu_{13}^{(2)} + \mu_{13}^{(1)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{13}^{(1)} - \mu_{23}^{(1)}) - (\mu_{13}^{(2)} - \mu_{23}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (\mu_{13}^{(1)} - \mu_{23}^{(1)}) - (\mu_{13}^{(2)} - \mu_{23}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{13,i} - Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

3 Nebenhypothesen

Hypothese N1: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} \leq \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}$$

$$H_1 : \mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} > \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) + (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) + (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{11,i} + Y_{21,i} - Y_{12,i} - Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} + \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \mu \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} + \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \mu > 0$$

Hypothese N2: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)} + \mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)} \leq \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}$$

$$H_1 : \mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)} + \mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)} > \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)} + \mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)}) + (-\mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)} + \mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{12}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)} + \mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)}) + (-\mu_{12}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)} + \mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{12,i} - Y_{22,i} + Y_{13,i} + Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} + \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \mu \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} + \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \mu > 0$$

Hypothese N3: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{21}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)} \leq \mu_{11}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{13}^{(1)} + \mu_{11}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{13}^{(2)}$$

$$H_1 : \mu_{21}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)} > \mu_{11}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{13}^{(1)} + \mu_{11}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{13}^{(2)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} - \mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)}) + (-\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} - \mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} - \mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)}) + (-\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} - \mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{11,i} + Y_{21,i} - Y_{12,i} + Y_{22,i} - Y_{13,i} + Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} + \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \mu \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} + \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \mu > 0$$

C Herleitung der statistischen Hypothesen für Experiment 2 und 3

1 Zweite Fragestellung

Hypothese 1a: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} \leq \mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}$$

$$H_1 : \mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} > \mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{11,i} + Y_{21,i} + Y_{12,i} + Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

Hypothese 2a: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)}) - (\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) \leq (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)}) - (\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)})$$

$$H_1 : (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)}) - (\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) > (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)}) - (\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{11,i} - Y_{21,i} + Y_{12,i} + Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

2 Dritte Fragestellung

Hypothese 3a: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)}) - (\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) \leq (\mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)}) - (\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)})$$

$$H_1 : (\mu_{13}^{(2)} + \mu_{23}^{(2)}) - (\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) > (\mu_{13}^{(1)} + \mu_{23}^{(1)}) - (\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} - \mu_{13}^{(1)} - \mu_{23}^{(1)}) - (\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} - \mu_{13}^{(2)} - \mu_{23}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} - \mu_{13}^{(1)} - \mu_{23}^{(1)}) - (\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} - \mu_{13}^{(2)} - \mu_{23}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{11,i} + Y_{21,i} - Y_{12,i} - Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

3 Vierte Fragestellung

Hypothese 1b: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{21}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{21}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) \leq (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)})$$

$$H_1 : (\mu_{21}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{21}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) > (\mu_{11}^{(1)} + \mu_{12}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} + \mu_{12}^{(2)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{11}^{(1)} + \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (-\mu_{11}^{(2)} + \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{11,i} + Y_{21,i} - Y_{12,i} + Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

Hypothese 2b: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{21}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) - (\mu_{21}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) \leq (\mu_{11}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)}) - (\mu_{11}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)})$$

$$H_1 : (\mu_{21}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) - (\mu_{21}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) > (\mu_{11}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)}) - (\mu_{11}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (\mu_{11}^{(1)} - \mu_{21}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)}) - (\mu_{11}^{(2)} - \mu_{21}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{11,i} - Y_{21,i} - Y_{12,i} + Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

Hypothese 3b: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{23}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) - (\mu_{23}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) \leq (\mu_{13}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)}) - (\mu_{13}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)})$$

$$H_1 : (\mu_{23}^{(2)} - \mu_{22}^{(2)}) - (\mu_{23}^{(1)} - \mu_{22}^{(1)}) > (\mu_{13}^{(2)} - \mu_{12}^{(2)}) - (\mu_{13}^{(1)} - \mu_{12}^{(1)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} + \mu_{13}^{(1)} - \mu_{23}^{(1)}) - (-\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} + \mu_{13}^{(2)} - \mu_{23}^{(2)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{12}^{(1)} + \mu_{22}^{(1)} + \mu_{13}^{(1)} - \mu_{23}^{(1)}) - (-\mu_{12}^{(2)} + \mu_{22}^{(2)} + \mu_{13}^{(2)} - \mu_{23}^{(2)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{12,i} + Y_{22,i} + Y_{13,i} - Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} \leq 0 \leftrightarrow \alpha_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(1)} - \mu^{(2)} > 0 \leftrightarrow \alpha_1 > 0$$

D Herleitung der statistischen Hypothesen für Experiment 4

1 Zweite Fragestellung für Sitzung 2

Hypothese 1a: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)}) - (\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}) \leq (\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)}) - (\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)})$$

$$H_1 : (\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)}) - (\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}) > (\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)}) - (\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{12}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)}) - (-\mu_{12}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)}) - (-\mu_{12}^{(12)} - \mu_{22}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{12}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)}) - (-\mu_{12}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)}) - (-\mu_{12}^{(12)} - \mu_{22}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{12,i} - Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(11)} - \mu^{(21)} - \mu^{(12)} + \mu^{(22)} \leq 0 \leftrightarrow \gamma_{11} \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(11)} - \mu^{(21)} - \mu^{(12)} + \mu^{(22)} > 0 \leftrightarrow \gamma_{11} > 0$$

2 Dritte Fragestellung

Hypothese 3a: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{13}^{(22)} - \mu_{12}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)}) - (\mu_{13}^{(12)} - \mu_{12}^{(12)} + \mu_{23}^{12)} - \mu_{22}^{(12)}) \leq$$
$$(\mu_{13}^{(21)} - \mu_{12}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)}) - (\mu_{13}^{(11)} - \mu_{12}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)})$$
$$H_1 : (\mu_{13}^{(22)} - \mu_{12}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)}) - (\mu_{13}^{(12)} - \mu_{12}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)} - \mu_{22}^{(12)}) >$$
$$(\mu_{13}^{(21)} - \mu_{12}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)}) - (\mu_{13}^{(11)} - \mu_{12}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{12}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)} + \mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)}) - (-\mu_{12}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)} + \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)}) -$$
$$(-\mu_{12}^{(12)} - \mu_{22}^{(12)} + \mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)} + \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)}) \leq 0$$

$$H_1 : (-\mu_{12}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)} + \mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)}) - (-\mu_{12}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)} + \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)}) -$$
$$(-\mu_{12}^{(12)} - \mu_{22}^{(12)} + \mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)} + \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{12,i} - Y_{22,i} + Y_{13,i} + Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(11)} - \mu^{(21)} - \mu^{(12)} + \mu^{(22)} \leq 0 \leftrightarrow \gamma_{11} \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(11)} - \mu^{(21)} - \mu^{(12)} + \mu^{(22)} > 0 \leftrightarrow \gamma_{11} > 0$$

3 Vierte Fragestellung für Sitzung 2 und Sitzung 3

Hypothese 1b: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{12}^{(12)} - \mu_{12}^{(22)}) - (\mu_{12}^{(11)} - \mu_{12}^{(21)}) = (\mu_{22}^{(12)} - \mu_{22}^{(22)}) - (\mu_{22}^{(11)} - \mu_{22}^{(21)})$$

$$H_1 : (\mu_{12}^{(12)} - \mu_{12}^{(22)}) - (\mu_{12}^{(11)} - \mu_{12}^{(21)}) \neq (\mu_{22}^{(12)} - \mu_{22}^{(22)}) - (\mu_{22}^{(11)} - \mu_{22}^{(21)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)}) - (-\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)}) - (-\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}) = 0$$

$$H_1 : (-\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)}) - (-\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)}) - (-\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}) \neq 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{12,i} + Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(11)} - \mu^{(21)} - \mu^{(12)} + \mu^{(22)} = 0 \leftrightarrow \gamma_{11} = 0$$
$$H_1 : \mu^{(11)} - \mu^{(21)} - \mu^{(12)} + \mu^{(22)} \neq 0 \leftrightarrow \gamma_{11} \neq 0$$

Hypothese 3b: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : ((\mu_{13}^{(22)} - \mu_{12}^{(22)}) - (\mu_{13}^{(12)} - \mu_{12}^{(12)})) - ((\mu_{13}^{(21)} - \mu_{12}^{(21)}) - (\mu_{13}^{(11)} - \mu_{12}^{(11)})) =$$
$$((\mu_{23}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)}) - (\mu_{23}^{(12)} - \mu_{22}^{(12)})) - ((\mu_{23}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)}) - (\mu_{23}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)}))$$
$$H_1 : ((\mu_{13}^{(22)} - \mu_{12}^{(22)}) - (\mu_{13}^{(12)} - \mu_{12}^{(12)})) - ((\mu_{13}^{(21)} - \mu_{12}^{(21)}) - (\mu_{13}^{(11)} - \mu_{12}^{(11)})) \neq$$
$$((\mu_{23}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)}) - (\mu_{23}^{(12)} - \mu_{22}^{(12)})) - ((\mu_{23}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)}) - (\mu_{23}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)}))$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{13}^{(11)} - \mu_{23}^{(11)}) - (-\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} + \mu_{13}^{(21)} - \mu_{23}^{(21)}) -$$
$$(-\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{13}^{(12)} - \mu_{23}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)} + \mu_{13}^{(22)} - \mu_{23}^{(22)}) = 0$$
$$H_1 : (-\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{13}^{(11)} - \mu_{23}^{(11)}) - (-\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} + \mu_{13}^{(21)} - \mu_{23}^{(21)}) -$$
$$(-\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{13}^{(12)} - \mu_{23}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)} + \mu_{13}^{(22)} - \mu_{23}^{(22)}) \neq 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{12,i} + Y_{22,i} + Y_{13,i} - Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(11)} - \mu^{(21)} - \mu^{(12)} + \mu^{(22)} = 0 \leftrightarrow \gamma_{11} = 0$$
$$H_1 : \mu^{(11)} - \mu^{(21)} - \mu^{(12)} + \mu^{(22)} \neq 0 \leftrightarrow \gamma_{11} \neq 0$$

4 Nebenfragestellungen

Hypothese N1: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} + \mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} + \mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} + \mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} \leq$$
$$\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}$$
$$H_1 : \mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} + \mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} + \mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} + \mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} >$$
$$\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} - \mu_{12}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)}) + (\mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} - \mu_{12}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)}) +$$
$$(\mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} - \mu_{12}^{(12)} - \mu_{22}^{(12)}) + (\mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} - \mu_{12}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)}) \leq 0$$
$$H_1 : (\mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} - \mu_{12}^{(11)} - \mu_{22}^{(11)}) + (\mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} - \mu_{12}^{(21)} - \mu_{22}^{(21)}) +$$
$$(\mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} - \mu_{12}^{(12)} - \mu_{22}^{(12)}) + (\mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} - \mu_{12}^{(22)} - \mu_{22}^{(22)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{11,i} + Y_{21,i} - Y_{12,i} - Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} + \mu^{(12)} + \mu^{(22)} \leq 0 \leftrightarrow \mu \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} + \mu^{(12)} + \mu^{(22)} > 0 \leftrightarrow \mu > 0$$

Hypothese N2: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)} + \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)} + \mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)} + \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)} \leq$$
$$\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}$$
$$H_1 : \mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)} + \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)} + \mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)} + \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)} >$$
$$\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} - \mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)}) + (-\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} - \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)}) +$$
$$(-\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} - \mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)} - \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)}) \leq 0$$
$$H_1 : (-\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} - \mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)}) + (-\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} - \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)}) +$$
$$(-\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} - \mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)}) + (-\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)} - \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{12,i} + Y_{22,i} - Y_{13,i} + Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} + \mu^{(12)} + \mu^{(22)} \leq 0 \leftrightarrow \mu \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} + \mu^{(12)} + \mu^{(22)} > 0 \leftrightarrow \mu > 0$$

Hypothese N3: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{21}^{(11)} + \mu_{21}^{(21)} + \mu_{21}^{(12)} + \mu_{21}^{(22)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{22}^{(21)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{22}^{(22)} + \mu_{23}^{(11)} + \mu_{23}^{(21)} + \mu_{23}^{(12)} + \mu_{23}^{(22)} \leq$$
$$\mu_{11}^{(11)} + \mu_{11}^{(21)} + \mu_{11}^{(12)} + \mu_{11}^{(22)} + \mu_{12}^{(11)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{13}^{(11)} + \mu_{13}^{(21)} + \mu_{13}^{(12)} + \mu_{13}^{(22)}$$
$$H_1 : \mu_{21}^{(11)} + \mu_{21}^{(21)} + \mu_{21}^{(12)} + \mu_{21}^{(22)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{22}^{(21)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{22}^{(22)} + \mu_{23}^{(11)} + \mu_{23}^{(21)} + \mu_{23}^{(12)} + \mu_{23}^{(22)} \leq$$
$$\mu_{11}^{(11)} + \mu_{11}^{(21)} + \mu_{11}^{(12)} + \mu_{11}^{(22)} + \mu_{12}^{(11)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{13}^{(11)} + \mu_{13}^{(21)} + \mu_{13}^{(12)} + \mu_{13}^{(22)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (-\mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} - \mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} - \mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)}) + (-\mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} - \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} - \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)}) +$$
$$(-\mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} - \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} - \mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)}) + (-\mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} - \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)} - \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)}) \leq 0$$
$$H_1 : (-\mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} - \mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} - \mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)}) + (-\mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} - \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} - \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)}) +$$
$$(-\mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} - \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} - \mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)}) + (-\mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} - \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)} - \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := -Y_{11,i} + Y_{21,i} - Y_{12,i} + Y_{22,i} - Y_{13,i} + Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} + \mu^{(12)} + \mu^{(22)} \leq 0 \leftrightarrow \mu \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} + \mu^{(12)} + \mu^{(22)} > 0 \leftrightarrow \mu > 0$$

Hypothese N4: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : \mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} + \mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} \leq$$
$$\mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}$$
$$H_1 : \mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} + \mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} >$$
$$\mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} + \mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)}) + (\mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)}) -$$
$$(\mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)}) - (\mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}) \leq 0$$
$$H_1 : (\mu_{11}^{(11)} + \mu_{21}^{(11)} + \mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)}) + (\mu_{11}^{(21)} + \mu_{21}^{(21)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)}) -$$
$$(\mu_{11}^{(12)} + \mu_{21}^{(12)} + \mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)}) - (\mu_{11}^{(22)} + \mu_{21}^{(22)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{11,i} + Y_{21,i} + Y_{12,i} + Y_{22,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} - \mu^{(12)} - \mu^{(22)} \leq 0 \leftrightarrow \beta_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} - \mu^{(12)} - \mu^{(22)} > 0 \leftrightarrow \beta_1 > 0$$

Hypothese N5: Die statistische Hypothese lautet:

$$H_0 : (\mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)} + \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)}) - (\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}) \leq$$
$$(\mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)} + \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)}) - (\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)})$$
$$H_1 : (\mu_{13}^{(12)} + \mu_{23}^{(12)} + \mu_{13}^{(22)} + \mu_{23}^{(22)}) - (\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} + \mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)}) >$$
$$(\mu_{13}^{(11)} + \mu_{23}^{(11)} + \mu_{13}^{(21)} + \mu_{23}^{(21)}) - (\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} + \mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)})$$

Dies entspricht:

$$H_0 : (\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} - \mu_{13}^{(11)} - \mu_{23}^{(11)}) + (\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} - \mu_{13}^{(21)} - \mu_{23}^{(21)}) -$$
$$(\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} - \mu_{13}^{(12)} - \mu_{23}^{(12)}) - (\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)} - \mu_{13}^{(22)} - \mu_{23}^{(22)}) \leq 0$$
$$H_1 : (\mu_{12}^{(11)} + \mu_{22}^{(11)} - \mu_{13}^{(11)} - \mu_{23}^{(11)}) + (\mu_{12}^{(21)} + \mu_{22}^{(21)} - \mu_{13}^{(21)} - \mu_{23}^{(21)}) -$$
$$(\mu_{12}^{(12)} + \mu_{22}^{(12)} - \mu_{13}^{(12)} - \mu_{23}^{(12)}) - (\mu_{12}^{(22)} + \mu_{22}^{(22)} - \mu_{13}^{(22)} - \mu_{23}^{(22)}) > 0$$

Hypothesengeleitete Definition der neuen Zufallsvariable:

$$W_i := Y_{12,i} + Y_{22,i} - Y_{13,i} - Y_{23,i}$$

Einsetzen in die statistische Hypothese ergibt:

$$H_0 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} - \mu^{(12)} - \mu^{(22)} \leq 0 \leftrightarrow \beta_1 \leq 0$$
$$H_1 : \mu^{(11)} + \mu^{(21)} - \mu^{(12)} - \mu^{(22)} > 0 \leftrightarrow \beta_1 > 0$$

Tabellenverzeichnis

3.1 Übersicht über Experimente, die die Expertise und die zeitliche Entfernung der Umwelteffekte von der Körperbewegung variiert haben. 26

5.1 Movenda bei Bewegungszielen, die prinzipiell durch interne Effekte erfassbar sind. 47
5.2 Klassifikation von Bewegungsaufgaben anhand von Regulationsbedingungen. . . 49
5.3 Übersicht über Experimente, bei denen die Gleichgewichtaufgabe die Sekundäraufgabe bildete und der Aufmerksamkeitsfokus in Bezug auf die Primäraufgabe variiert wurde. 59

7.1 Übersicht über die in den vier Experimenten behandelten Fragestellungen. . . . 71

8.1 *Experiment 1:* Fokusinstruktionen und -erinnerungen. 80
8.2 *Experiment 1:* Auflistung der Störvariablen und Maßnahmen zu ihrer Kontrolle. . 84
8.3 *Experiment 1:* Erwartungswerttabelle. 93
8.4 *Experiment 1:* Stichprobenbeschreibung: Kategoriale (Stör-)Variablen. 94
8.5 *Experiment 1:* Stichprobenbeschreibung: Metrische (Stör-)Variablen. 95
8.6 Experiment 1: Zellenmittelwerte. 96
8.7 *Experiment 1:* Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung. 97
8.8 *Experiment 1:* Quantitative Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe. 106
8.9 *Experiment 1:* Auswertung der Frage „Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?“ 107
8.10 *Experiment 1:* Ergebnisse zum Inattentional-Blindness-Phänomen. 109

9.1 *Experiment 2:* Stichprobenbeschreibung: Kategoriale (Stör-)Variablen. 121
9.2 *Experiment 2:* Stichprobenbeschreibung: Metrische (Stör-)Variablen 122
9.3 *Experiment 2:* Zellenmittelwerte. 122
9.4 *Experiment 2:* Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung. 124
9.5 *Experiment 2:* Quantitative Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe. 131
9.6 *Experiment 2:* Auswertung der Frage „Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?“ 132
9.7 *Experiment 2:* Ergebnisse zum Inattentional-Blindness-Phänomen. 133

10.1 *Experiment 3:* Fokusinstruktionen und -erinnerungen in Sitzung 1, Sitzung 2 und in den Pausen. 144
10.2 *Experiment 3:* Stichprobenbeschreibung: Kategoriale (Stör-)Variablen. 149
10.3 *Experiment 3:* Stichprobenbeschreibung: Metrische (Stör-)Variablen. 150

10.4 *Experiment 3:* Zellenmittelwerte. 150
10.5 *Experiment 3:* Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung. 151
10.6 *Experiment 3:* Quantitative Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe. 159
10.7 *Experiment 3:* Auswertung der Frage „Was glaubst Du von Deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist einfacher oder schwieriger und wieso?“ 160

11.1 *Experiment 4:* 2x2 Versuchsdesign. 165
11.2 *Experiment 4:* Veranschulichung der Hypothesen H1a, H2a und H3a. 166
11.3 *Experiment 4:* Fokusinstruktionen und -erinnerungen in Sitzung 1, Sitzung 2 und in den Pausen. 170
11.4 *Experiment 4:* Auflistung der Störvariablen und Maßnahmen zu ihrer Kontrolle. . 173
11.5 *Experiment 4:* Erwartungswerttabelle. 180
11.6 *Experiment 4:* Stichprobenbeschreibung: Kategoriale (Stör-)Variablen. 181
11.7 *Experiment 4:* Stichprobenbeschreibung: Metrische (Stör-)Variablen 182
11.8 *Experiment 4:* Zellenmittelwerte. 183
11.9 *Experiment 4:* Zusammenfassung der statistischen Hypothesenprüfung. 185
11.10 *Experiment 4:* Quantitative Auswertung der Nachbefragung in Bezug auf die Wahrnehmung der Gleichgewichtsaufgabe. 193
11.11 *Experiment 4:* Auswertung der Frage „Was glaubst du von deiner Erfahrung her mit der Aufgabe, was ist bei gegebener Rückmeldung einfacher und wieso?“ . . . 195

Abbildungsverzeichnis

2.1 Entstehung von Bewegungs-Effekt-Assoziationen als kognitive Struktur. 9
2.2 Bildhafte Zusammenfassung der drei TEC-Annahmen. 10
2.3 Lernproblem. 14
2.4 Die drei Fehlerarten im Rahmen des TEC. 15
2.5 Antizipatives Lernmodell. 16
2.6 ABC-Modell. 19

4.1 Aufteilung der Modalitäten nach Fern- und Nahsinnen und Extero- und Interozeption. 38
4.2 Experimentaufbau von Mechsner, Kerzel, Knoblich und Prinz (2001). 42

5.1 Bewegungsziele. 45
5.2 Klassifikation von Gleichgewichtsaufgaben. 57

6.1 Klassifikation von Rückmeldungen. 63

8.1 *Experiment 1:* Gleichgewichtsaufgabe. 75
8.2 *Experiment 1:* Platzierung der Zielpunkte in Abhängigkeit von der Fußgröße. . . 81
8.3 *Experiment 1:* Versuchsablauf. 87
8.4 *Experiment 1:* Schematische Darstellung eines Versuchsdurchgangs beim Training. 88
8.5 *Experiment 1:* Veränderung der virtuellen Plattform. 91
8.6 *Experiment 1:* Leistung aufgeteilt nach Sitzung, Punkt und Fokusgruppe. 96
8.7 *Experiment 1:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die erste Fragestellung 98
8.8 *Experiment 1:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung. 99
8.9 *Experiment 1:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen. 100
8.10 *Experiment 1:* Zusammenhang zwischen Leistung beim Training und Fokusgruppe unter Konstanthaltung von Wii-Erfahrung bzw. Gewicht. 102
8.11 *Experiment 1:* Zusammenhang zwischen Leistung beim Training bzw. Leistung beim Test und Fokusgruppe unter Konstanthaltung von Anzahl invalider Durchgänge. 103
8.12 *Experiment 1:* Zusammenhang zwischen Leistung beim Training und Fokusgruppe in Abhängigkeit von Geschlecht, Größe, Fuß rechts und Fuß links. 103
8.13 *Experiment 1:* Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (absolute Werte). 104

8.14 Experiment 1: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (Differenzwerte). 105

9.1 *Experiment 2:* Zusatzinformationen in Bezug auf die Fokusinstruktionen. 119
9.2 *Experiment 2:* Leistung aufgeteilt nach Sitzung, Punkt und Fokusgruppe. 123
9.3 *Experiment 2:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die zweite Fragestellung. 123
9.4 *Experiment 2:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die dritte Fragestellung. 125
9.5 *Experiment 2:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung. 126
9.6 *Experiment 2:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen. 127
9.7 *Experiment 2:* Zusammenhang zwischen Lerneffekt beim Training bzw. Punktdifferenz beim Training und Fokusgruppe unter Konstanthaltung von Anzahl der Bodenberührungen. 128
9.8 *Experiment 2:* Zusammenhang zwischen Lerneffekt beim Training bzw. Punktdifferenz beim Training und Fokusgruppe unter Konstanthaltung von Expertise. . 129
9.9 *Experiment 2:* Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (absolute Werte). 129
9.10 Experiment 2: Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (Differenzwerte). 130

10.1 *Experiment 3:* Schematische Darstellung eines Versuchsdurchgangs beim Training. 146
10.2 *Experiment 3:* Leistung aufgeteilt nach Sitzung, Punkt und Fokusgruppe. 151
10.3 *Experiment 3:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die zweite Fragestellung 152
10.4 *Experiment 3:* Grafische Darstellung der Daten zu der Hypothese in Bezug auf die dritte Fragestellung. 153
10.5 *Experiment 3:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung. 154
10.6 *Experiment 3:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen. 155
10.7 *Experiment 3:* Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (absolute Werte). 157
10.8 *Experiment 3:* Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (Differenzwerte). 157

11.1 *Experiment 4:* Gleichgewichtsaufgabe. 164
11.2 *Experiment 4:* Zusätzliche, direkte Rückmeldung: Segment und Linie. 169
11.3 *Experiment 4:* Manipulation der Aufgabenschwierigkeit anhand von zwei verschiedenen Zielformen. 170
11.4 *Experiment 4:* Veranschaulichung der Berechnung der Hausdorffdistanz. 171

11.5 *Experiment 4:* Fußstellung auf dem Wii Balance Board. 174
11.6 Experiment 4: Schematische Darstellung eines Versuchsdurchgangs beim Training. 175
11.7 *Experiment 4:* Leistung aufgeteilt nach Sitzung, Zielform, Rückmeldung und Fokusgruppe. 184
11.8 *Experiment 4:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die zweite und dritte Fragestellung. 186
11.9 *Experiment 4:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die vierte Fragestellung für Sitzung 2 und Sitzung 3. 186
11.10 *Experiment 4:* Grafische Darstellung der Daten zu der post hoc Untersuchung für Sitzung 2. 188
11.11 *Experiment 4:* Grafische Darstellung der Daten zu den Hypothesen in Bezug auf die Nebenfragestellungen. 189
11.12 *Experiment 4:* Multiplikativer Zusammenhang von Rückmeldung und Fokusgruppe auf die Leistung in Sitzung 2 bei Zielform 1 unter Konstanthaltung von Gewicht bzw. MIQ-IVI und MIQ-KI. 191
11.13 *Experiment 4:* Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (absolute Werte). 191
11.14 *Experiment 4:* Grafische Darstellung der Daten zu der Manipulationskontrolle (Differenzwerte). 192

Literatur

An, J., Wulf, G. & Kim, S. (2013). Increased carry distance and X-factor stretch in golf through an external focus of attention. *Journal of Motor Learning and Development*, *1*, 2–11.

Anderson, D. I., Magill, R. A., Sekiya, H. & Ryan, G. (2005). Support for an explanation of the guidance effect in motor skill learning. *Journal of Motor Behavior*, *37*(3), 231–238.

Ansorge, U. & Leder, H. (2011). *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*. Basiswissen Psychologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Balasubramaniam, R. & Wing, A. M. (2002). The dynamics of standing balance. *Trends in cognitive sciences*, *6*(12), 531–536.

Bartlett, H. L., Lena, H. T. & Jeffrey, T. B. (2014). Accuracy of force and center of pressure measures of the Wii Balance Board. *Gait & Posture*, *39*(1), 224–228.

Becker, K. & Smith, P. J. K. (2013). Age, task complexity, and sex as potential moderators of attentional focus effects. *Perceptual and Motor Skills*, *117*(1), 1172–1186.

Beilock, S. L. & Carr, T. H. (2001). On the fragility of skilled performance: What governs choking under pressure? *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(4), 701.

Beilock, S. L., Carr, T. H., MacMahon, C. & Starkes, J. L. (2002). 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*(1), 6.

Bell, J. J. & Hardy, J. (2009). Effects of attentional focus on skilled performance in golf. *Journal of Applied Sport Psychology*, *21*(2), 163–177.

Bilodeau, I. M. (1966). Information feedback. In E. A. Bilodeau (Hrsg.), *Acquisition of skill*. New York: Academic Press.

Bischoff, M., Zentgraf, K., Pilgramm, S., Krueger, B., Balser, N., Sauerbier, I., ... Munzert, J. (2015). Anticipating action effects with different attention foci is reflected in brain activation. *Perceptual & Motor Skills*, *120*(1), 36–56.

Bouisset, S. & Do, M.-C. (2008). Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, *38*(6), 345–362.

Brocken, J. E. A., Kal, E. C. & van der Kamp, J. (2016). Focus of Attention in Children's Motor Learning: Examining the Role of Age and Working Memory. *Journal of Motor Behavior*, *48*(6), 527–534.

Brunswik, E. (1944). Distal focussing of perception: Size-constancy in a representative sample of situations. *Psychological Monographs*, *56*(1), i.

Bund, A., Wiemeyer, J. & Angert, R. (2007). Attentional Focus and Motor Learning: Notes on Some Problems of a Research Paradigm. *E-Journal Bewegung und Training*, *1*, 17–18.

Burdea, G. C. (2003). Virtual rehabilitation-benefits and challenges. *Methods of information in medicine*, *42*(5), 519–523.

Callow, N., Roberts, R., Hardy, L., Jiang, D. & Edwards, M. (2013). Performance improvements from imagery: evidence that internal visual imagery is superior to external visual imagery for slalom performance. *Frontiers in human neuroscience*, *7*, 697 (2013).

Canning, C. G. (2005). The effect of directing attention during walking under dual-task conditions in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, *11*(2), 95–99.

Carpenter, W. B. (1874). *Principles of Mental Physiology: With Their Applications to the Training and Discipline of the Mind, and the Study of Its Morbid Conditions*. HS King & Company.

Carr, J. H. & Shepherd, R. B. (2010). *Neurological rehabilitation: optimizing motor performance*. Elsevier India.

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*(1).

Chang, W.-D., Chang, W.-Y., Lee, C.-L. & Feng, C.-Y. (2013). Validity and Reliability of Wii Fit Balance Board for the Assessment of Balance of Healthy Young Adults and the Elderly. *Journal of Physical Therapy Science*, *25*(10), 1251.

Chiviacowsky, S., Wulf, G. & Avila, L. T. (2013). An external focus of attention enhances motor learning in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, *57*(7), 627–634.

Chiviacowsky, S., Wulf, G. & Wally, R. (2010). An external focus of attention enhances balance learning in older adults. *Gait & Posture*, *32*(4), 572–575.

Cho, K. H., Lee, K. J. & Song, C. H. (2012). Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. *The Tohoku journal of experimental medicine*, *228*(1), 69–74.

Clark, R. A., Bryant, A. L., Pua, Y., McCrory, P., Bennell, K. & Hunt, M. (2010). Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait & Posture*, *31*(3), 307–310.

da Silvaa, M. T., Lessaa, H. T. & Chiviacowsky, S. (2017). External focus of attention enhances children's learning of a classical ballet pirouette. *Journal of Dance Medicine & Science*, *21*(4).

De Bruin, E. D., Swanenburg, J., Betschon, E. & Murer, K. (2009). A randomised controlled trial investigating motor skill training as a function of attentional focus in old age. *BMC geriatrics*, *9*(1), 15.

de La Melker Worms, J., Stins, J. F., van Wegen, E. E. H., Loram, I. D. & Beek, P. J. (2017). Influence of focus of attention, reinvestment and fall history on elderly gait stability. *Physiological reports*, *5*(1), e13061.

de La Melker Worms, J., Stins, J. F., van Wegen, E. E. H., Verschueren, S. M. P., Beek, P. J. & Loram, I. D. (2017). Effects of attentional focus on walking stability in elderly. *Gait & Posture*, *55*, 94–99.

Dubuisson, M. P. & Jain, A. K. (1994). A modified Hausdorff distance for object matching. In *Pattern Recognition, 1994. Vol. 1-Conference A: Computer Vision & Image Processing., Proceedings of the 12th IAPR International Conference on*. IEEE.

Ducharme, S. W. & Wu, W. F. W. (2015). An External Focus of Attention Improves Stability After a Perturbation During a Dynamic Balance Task. *JMLD*, *3*(2).

Durham, K. F., Sackley, C. M., Wright, C. C., Wing, A. M., Edwards, M. G. & van Vliet, P. (2014). Attentional focus of feedback for improving performance of reach-to-grasp after stroke: a randomised crossover study. *Noncommunicable diseases*, *100*(2), 108–115.

Ehrenberg, S. (2010). Reflections on reflections: mirror use in a university dance training environment. *Theatre, Dance and Performance Training*, *1*(2), 172–184.

Ehrlenspiel, F. & Maurer, H. (2007). Aufmerksamkeitslenkung beim sportmotorischen Lernen. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, *14*(3), 114–122.

Elsner, B. & Hommel, B. (2001). Effect anticipation and action control. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, *27*(1), 229–240.

Emanuel, M., Jarus, T. & Bart, O. (2008). Effect of focus of attention and age on motor acquisition, retention, and transfer: a randomized trial. *Physical Therapy*, *88*(2), 251–260.

Fitts, P. M. & Posner, M. I. (1967). *Human performance*. Belmont, CA: Brooks.

Fox, J. (2008). *Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models*. SAGE Publications.

Gentile, A. M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, *17*(1), 3–23.

Gentile, A. M. (2000). Skill acquisition: Action, movement and neuromotor processes. In J. H. Carr & R. B. Shepherd (Hrsg.), *Movement science*. Gaithersburg, Md: Aspen Publishers.

Giggins, O. M., Persson, U. M. & Caulfield, B. (2013). Biofeedback in rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *10*(1), 60.

Goble, D. J., Cone, B. L. & Fling, B. W. (2014). Using the Wii Fit as a tool for balance assessment and neurorehabilitation: the first half decade of "Wii-search". *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *11*(1), 12.

Göhner, U. (1979). Bewegungsanalyse im Sport. *Schorndorf: Hofmann*.

Goss, S., Hall, C., Buckolz, E. & Fishburne, G. (1986). Imagery ability and the acquisition and retention of movements. *Memory & Cognition*, *14*(6), 469–477. doi:10.3758/BF03202518

Granados, C. (2010). *The Effects of observation, dialogue, and attentional focus in dyadic training protocol* (Master thesis, University of Nevada, Las Vegas).

Guss-West, C. & Wulf, G. (2016). Attentional Focus in Classical Ballet A Survey of Professional Dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, *20*(1).

Hänsel, F. (2003). Instruktionen. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport* (S. 265–280). Schorndorf: Karl Hofmann.

Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior: A neuropsychological approach*. John Wiley & Sons.

Heider, F. (1925). Ding und Medium. *Symposion*, *1*, 109–158.

Hennig, E. M. & Sterzing, T. (2009). Sensitivity mapping of the human foot: thresholds at 30 skin locations. *Foot & ankle international*, *30*(10), 986–991.

Herwig, A. & Waszak, F. (2012). Action-effect bindings and ideomotor learning in intention-and stimulus-based actions. *Frontiers in psychology*, *3*, 444.

Hoffmann, J. (1993). *Vorhersage und Erkenntnis*. Göttingen: Hogrefe.

Hoffmann, J. (2003). Anticipatory behavioral control. In M. V. Butz, O. Sigaud & P. Gérard (Hrsg.), *Anticipatory behavior in adaptive learning systems* (S. 44–65). Springer.

Hoffmann, J., Berner, M., Butz, M. V., Herbort, O., Kiesel, A., Kunde, W. & Lenhard, A. (2007). Explorations of anticipatory behavioral control (ABC): A report from the cognitive psychology unit of the University of Würzburg. *Cognitive Processing*, *8*(2), 133–142.

Hoffmann, J., Butz, M. V., Herbort, O., Kiesel, A. & Lenhard, A. (2007). Spekulationen zur strukturideo-motorischer beziehungen. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, *14*(3), 95–103.

Holden, M. K. (2005). Virtual Environments for Motor Rehabilitation: Review. *CyberPsychology & Behavior*, *8*(3), 187–211.

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*(05), 849–878.

Hommel, B. & Nattkemper, D. (2011). *Handlungspsychologie. Planung und Kontrolle intentionalen Handelns*. Springer-Verlag.

Hossner, E. J. & Künzell, S. (2003). Motorisches Lernen. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport*. Schorndorf: Karl Hofmann.

Huurnink, A., Fransz, D. P., Kingma, I. & van Dieën, J. H. (2013). Comparison of a laboratory grade force platform with a Nintendo Wii Balance Board on measurement of postural control in single-leg stance balance tasks. *Journal of Biomechanics*, *46*(7), 1392–1395.

James, W. (1890). *The priciples of psychology*. New York: Dover. Zugriff unter https://hdl.handle.net/2027/hvd.32044010149714

Jordan, M. I. & Rumelhart, D. E. (1992). Forward models: Supervised learning with a distal teacher. *Cognitive science*, *16*(3), 307–354.

Jorgensen, M. G., Laessoe, U., Hendriksen, C., Nielsen, O. B. F., Aagaard, P., Peacock, L., ... Ward, C. L. (2014). Intrarater Reproducibility and Validity of Nintendo Wii Balance Testing in Community-Dwelling Older Adults. *JAPA*, *22*(2).

Kasper, R. W., Elliott, J. C. & Giesbrecht, B. (2012). Multiple measures of visual attention predict novice motor skill performance when attention is focused externally. *Human Movement Science*, *31*(5), 1161–1174.

Kim, J. H., Jang, S. H., Kim, C. S., Jung, J. H. & You, J. H. (2009). Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *88*(9), 693–701.

Koufou, N., Avgerinos, A. G. & Michalopoulou, M. (2013). The Impacts of External Focus of Attention on Elementary School Children during Physical Education Classes. *The Cyprus Journal of Sciences*, *11*, 21.

Kramer, A., Dettmers, C. & Gruber, M. (2013). *Gleichgewichtstraining in der neurologischen Rehabilitation*. Bibliothek der Universität Konstanz.

Kuhn, Y.-A., Keller, M., Ruffieux, J. & Taube, W. (2017). Adopting an external focus of attention alters intracortical inhibition within the primary motor cortex. *Acta Physiologica*, *220*(2), 289–299.

Kunde, W. (2006). Antezedente Effektrepräsentationen in der Verhaltenssteuerung. *Psychologische Rundschau*, *57*(1), 34–42.

Künzell, S. (2000). Learning the basics. In *AISB: Time for AI and Society. Proceedings of the AISB'00 Symposium on how to design a functioning mind.*

Künzell, S. (2004). Interne Modelle und motorisches Lernen-Grundlagen und Schneesportbeispiele. *Skilauf und Snowboard in Lehre und Forschung (15)*, 43–54.

Künzell, S. (2007). Optimal attentional focus in practical sport settings: Always external or task specific. *E-Journal Bewegung und Training*, *1*, 27–28.

Landers, M., Wulf, G., Wallmann, H. & Guadagnoli, M. (2005). An external focus of attention attenuates balance impairment in patients with Parkinson's disease who have a fall history. *Physiotherapy*, *91*(3), 152–158.

Laufer, Y., Rotem-Lehrer, N., Ronen, Z., Khayutin, G. & Rozenberg, I. (2007). Effect of attention focus on acquisition and retention of postural control following ankle sprain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *88*(1), 105–108.

Lawrence, G. P., Gottwald, V. M., Hardy, J. & Khan, M. A. (2011). Internal and external focus of attention in a novice form sport. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *82*(3), 431–441.

Lippens, V. & Nagel, V. (2009a). Alles im Lot? Begrenzte Ressourcen oder funktionale Integration bei dynamischen Gleichgewichtsleistungen. *Spectrum der Sportwissenschaft*, *21*(1), 21–37.

Lippens, V. & Nagel, V. (2009b). Gleichgewichtsleistungen im Handlungsbezug. *Sportwissenschaft*, *39*(4), 318–329.

Lissajous, J. A. (1857). *Mémoire sur l'étude optique des mouvements vibratoires.*

Lohse, K. R. & Sherwood, D. E. (2012). Thinking about muscles: The neuromuscular effects of attentional focus on accuracy and fatigue. *Acta Psychologica*, *140*(3), 236–245.

Lohse, K. R., Sherwood, D. E. & Healy, A. F. (2010). How changing the focus of attention affects performance, kinematics, and electromyography in dart throwing. *Human Movement Science*, *29*(4), 542–555.

Lotze, R. (1852). *Medical Psychology/The Physiology of the Soul.* Leipzig: Weidmann'sche Buchhandlung.

Magill, R. A. (1994). The influence of augmented feedback on skill learning depends on characteristics of the skill and the learner. *Quest*, *46*(3), 314–327.

Magill, R. A. & Anderson, D. (2014). *Motor learning and control: Concepts and applications* (10. Aufl.). Singapore: McGraw-Hill Education.

Magill, R. A. & Anderson, D. I. (2012). The roles and uses of augmented feedback in motor skill acquisition. In N. J. Hodges & A. M. Williams (Hrsg.), *Skill acquisition in sport: Research, theory and practice* (S. 3–21). Routledge.

Marchant, D. (2011). Attentional focusing instructions and force production. *Frontiers in psychology*, *1*.

Marchant, D., Greig, M. & Scott, C. (2008). Attentional Focusing Strategies Influence Muscle Activity During Isokinetic Biceps Curls. *Athletic Insight*, *10*(2).

MAXQDA. (2017). Software für qualitative Datenanalyse: VERBI Software. Consult. Sozialforschung GmbH. Berlin, Deutschland. Zugriff unter https://www.maxqda.de/

Maxwell, J. P. & Masters, R. S. (2002). External versus internal focus instructions: Is the learner paying attention? *International Journal of Applied Sports Sciences*, *14*(2).

Mayer, J. & Hermann, H.-D. (2009). *Mentales Training*. Springer.

McKay, B. & Wulf, G. (2012). A distal external focus enhances novice dart throwing performance. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *10*(2), 149–156.

McNevin, N. H., Shea, C. H. & Wulf, G. (2003). Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. *Psychological Research*, *67*(1), 22–29.

McNevin, N. H., Weir, P. & Quinn, T. (2013). Effects of attentional focus and age on suprapostural task performance and postural control. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *84*(1), 96–103.

McNevin, N. H. & Wulf, G. (2002). Attentional focus on supra-postural tasks affects postural control. *Human Movement Science*, *21*(2), 187–202. doi:10.1016/S0167-9457(02)00095-7

Mechsner, F. (2004a). A psychological approach to human voluntary movements. *Journal of Motor Behavior*, *36*(4), 355–370.

Mechsner, F. (2004b). Perceptual–cognitive control of bimanual coordination. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *2*(3), 210–238.

Mechsner, F., Kerzel, D., Knoblich, G. & Prinz, W. (2001). Perceptual basis of bimanual coordination. *Nature*, *414*(6859), 69–73.

Meinel, K. & Schnabel, G. (2015). *Bewegungslehre - Sportmotorik: Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt* (12., erg., [überarb.] Aufl.). Aachen [u.a.]: Meyer & Meyer.

Melvill-Jones, G. (2000). Posture. In E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessel (Hrsg.), *Principles of neuroscience* (S. 816–831). New York: McGraw-Hill.

Moghaddam, A., Vaez Mousavi, M. K. & Namazizadeh, M. (2008). The effect of task difficulty and instructions for focus of attention on performing a balance task. *World Journal of Sport Sciences*, *1*(1), 54–60.

Mullen, R. (2007). Attentional Focus and Motor Learning: Some Caveats and Cautions. *E-Journal Bewegung und Training*, *1*, 39–40.

Müller, H. & Loosch, E. (1999). Functional variability and an equifinal path of movement during targeted throwing. *Journal of Human Movement Studies*, *36*, 103–126.

Nintendo. (2008). Wii Balance Board: Operations Manual.

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97–113.

Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological bulletin*, *116*(2), 220.

Patefield, W. M. (1981). Algorithm AS 159: An efficient method of generating random R× C tables with given row and column totals. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, *30*(1), 91–97.

Peh, S. Y.-C., Chow, J. Y. & Davids, K. (2011). Focus of attention and its impact on movement behaviour. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *14*(1), 70–78.

Perkins-Ceccato, N., Passmore, S. R. & Lee, T. D. (2003). Effects of focus of attention depend on golfers' skill. *Journal of Sports Sciences*, *21*(8), 593–600.

Poolton, J. M., Maxwell, J. P., Masters, R. S. W. & Raab, M. (2006). Benefits of an external focus of attention: Common coding or conscious processing? *Journal of Sports Sciences*, *24*(1), 89–99.

Poolton, J. M., Maxwell, J. P., Masters, R. S. W. & van der Kamp, J. (2007). Moving With an External Focus: Automatic or Simply Less Demanding? *E-Journal Bewegung und Training*, *1*, 43–44.

Pooraghaei Ardakani, Z., Abdoli, B., Farsi, A. & Ahmadi, A. (2014). The effect of focus of attention instruction and manipulation of somatosensory on postural control in elderly. *Journal of Motor Behavior*, *5*(14), 91–104.

Prinz, W. (1990). A common coding approach to perception and action. In O. Neumann & W. Prinz (Hrsg.), *Relationships Between Perception and Action* (S. 167–201). Berlin, Heidelberg: Springer.

Prinz, W. (1992). Why don't we perceive our brain states? *European journal of cognitive psychology*, *4*(1), 1–20.

Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European journal of cognitive psychology*, *9*(2), 129–154.

Prinz, W. (2014). Kognitionspsychologische Handlungsforschung: Der Ideomotorische Ansatz. In W. Prinz (Hrsg.), *Experimentelle Handlungsforschung*. Stuttgart: Kohlhammer.

Proteau, L., Marteniuk, R. G. & Lévesque, L. (1992). A sensorimotor basis for motor learning: Evidence indicating specificity of practice. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *44*(3), 557–575.

R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing: R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Zugriff unter https://www.R-project.org/

Rotem-Lehrer, N. & Laufer, Y. (2007). Effect of focus of attention on transfer of a postural control task following an ankle sprain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *37*(9), 564–569.

Salmoni, A. W., Schmidt, R. A. & Walter, C. B. (1984). Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. *Psychological bulletin*, *95*(3), 355.

Savelsbergh, G. J. P., Williams, A. M., van der Kamp, J. & Ward, P. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, *20*(3), 279–287.

Scherer, H.-G. (2013). Lernen durch Effekterfahrung – Theoretische Hintergründe und praktische Perspektiven. *FdSnow, Zeitschrift für den Skiport*, *31*(43), 64–75.

Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological review*, *82*(4), 225.

Schmidt, R. A. (1991). Frequent augmented feedback can degrade learning: Evidence and interpretations. In J. Requin & G. E. Stelmach (Hrsg.), *Tutorials in motor neuroscience* (S. 59–75). Springer.

Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (5th ed.). Champaing: Human Kinetics.

Schneider, W. & Fisk, A. D. (1983). Attention Theory and Mechanisms for Skilled Performance. In R. A. Magill (Hrsg.), *Memory and control of motor behavior* (S. 119–143). Amsterdam: Nord-Holland.

Schofield, T. P., Creswell, J. D. & Denson, T. F. (2015). Brief mindfulness induction reduces inattentional blindness. *Consciousness and Cognition*, *37*, 63–70.

Shea, C. H. & Wulf, G. (1999). Enhancing motor learning through external-focus instructions and feedback. *Human Movement Science*, *18*(4), 553–571.

Shin, Y. K., Proctor, R. W. & Capaldi, E. J. (2010). A review of contemporary ideomotor theory. *Psychological bulletin*, *136*(6), 943.

Simons, D. J. & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in Our Midst: Sustained Inattentional Blindness for Dynamic Events. *Perception*, *28*(9), 1059–1074. doi:10.1068/p281059

Stock, A. & Stock, C. (2004). A short history of ideo-motor action. *Psychological Research*, *68*(2-3), 176–188.

Stoffregen, T. A., Hove, P., Bardy, B. G., Riley, M. & Bonnet, C. T. (2007). Postural stabilization of perceptual but not cognitive performance. *Journal of Motor Behavior*, *39*(2), 126–138.

Swinnen, S. P. (1996). Information feedback for motor skill learning: A review. In H. N. Zelaznik (Hrsg.), *Advances in motor learning and control* (S. 37–66). IL, USA: Human Kinetics.

Szturm, T., Betker, A. L., Moussavi, Z., Desai, A. & Goodman, V. (2011). Effects of an Interactive Computer Game Exercise Regimen on Balance Impairment in Frail Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, *91*(10), 1449–1462.

Totsika, V. & Wulf, G. (2003). The influence of external and internal foci of attention on transfer to novel situations and skills. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *74*(2), 220–232.

Tresilian, J. (2012). *Sensorimotor control and learning: An introduction to the behavioral neuroscience of action*. Basingstoke, Hampshire: Palgrave Macmillan.

Vallacher, R. R. & Wegner, D. M. (1987). What do people think they're doing? Action identification and human behavior. *Psychological review*, *94*(1), 3.

Van Vliet, P. M. & Wulf, G. (2006). Extrinsic feedback for motor learning after stroke: what is the evidence? *Disability & Rehabilitation*, *28*(13-14), 831–840.

Williams, A. M., Ward, P., Knowles, J. M. & Smeeton, N. J. (2002). Anticipation skill in a real-world task: Measurement, training, and transfer in tennis. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *8*(4), 259.

Williams, S. E., Cumming, J., Ntoumanis, N., Nordin-Bates, S. M., Ramsey, R. & Hall, C. (2012). Further validation and development of the movement imagery questionnaire. *Journal of Sport & Exercise Psychology*.

Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, *3*(4), 193–214.

Wolpert, D. M. & Flanagan, J. R. (2001). Motor prediction. *Current biology*, *11*(18), R729–R732.

Wulf, G. (2007). Attentional focus and motor learning: A review of 10 years of research. *E-Journal Bewegung und Training*, *1*(2-3), 1–11.

Wulf, G. (2009). *Aufmerksamkeit und motorisches Lernen*. München: Elsevier Urban & Fischer.

Wulf, G. (2013). Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *6*(1), 77–104.

Wulf, G., Chiviacowsky, S., Schiller, E. & Ávila, L. T. G. (2010). Frequent external focus feedback enhances motor learning. *Frontiers in psychology*, *1*(190).

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*(2), 169–179.

Wulf, G., Landers, M., Lewthwaite, R. & Töllner, T. (2009). External focus instructions reduce postural instability in individuals with Parkinson disease. *Physical Therapy*, *89*(2), 162–168.

Wulf, G., Landers, M. & Töllner, T. (2008). Postural instability in Parkinson's disease decreases with an external focus of attention. *Parkinsonism & Related Disorders*, *14*, S63.

Wulf, G., Lauterbach, B. & Toole, T. (1999). The learning advantages of an external focus of attention in golf. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *70*(2), 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*(2), 171–182.

Wulf, G. & McNevin, N. H. (2003). Simply distracting learners is not enough: More evidence for the learning benefits of an external focus of attention. *European Journal of Sport Science*, *3*(5), 1–13.

Wulf, G., McNevin, N. H., Fuchs, T., Ritter, F. & Toole, T. (2000). Attentional focus in complex skill learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *71*(3), 229–239.

Wulf, G., McNevin, N. H. & Shea, C. H. (2001). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, *54*(4), 1143–1154.

Wulf, G., Mercer, J., McNevin, N. H. & Guadagnoli, M. A. (2004). Reciprocal influences of attentional focus on postural and suprapostural task performance. *Journal of Motor Behavior*, *36*(2), 189–199.

Wulf, G. & Prinz, W. (2001). Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychonomic bulletin & review*, *8*(4), 648–660.

Wulf, G. & Shea, C. H. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic bulletin & review*, *9*(2), 185–211.

Wulf, G., Shea, C. H. & Park, J.-H. (2001). Attention and motor performance: Preferences for and advantages of an external focus. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *72*(4), 335–344.

Wulf, G. & Su, J. (2007). An external focus of attention enhances golf shot accuracy in beginners and experts. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *78*(4), 384–389.

Wulf, G., Töllner, T. & Shea, C. H. (2007). Attentional focus effects as a function of task difficulty. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *78*(3), 257–264.

Wulf, G., Wächter, S. & Wortmann, S. (2003). Attentional focus in motor skill learning: do females benefit from an external focus? *Women in Sport & Physical Activity Journal*, *12*(1), 37+.

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

Yeh, T.-T., Cinelli, M. E., Lyons, J. & Lee, T. D. (2016). Using a Manipulation Check to Uncover Age-Related Difference in Focus of Attention Instruction During a Balance Task. *Experimental Aging Research*, *42*(3), 307–313.

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*(4), 304–309.

Ziessler, M. (2007). Effect codes are important for learning and control of movement patterns. *E-Journal Bewegung und Training*, *1*, 55–56.

Ziessler, M., Nattkemper, D. & Frensch, P. A. (2004). The role of anticipation and intention in the learning of effects of self-performed actions. *Psychological Research*, *68*(2-3), 163–175.

Zimmermann, K. M., Bischoff, M., Lorey, B., Stark, R., Munzert, J. & Zentgraf, K. (2012). Neural correlates of switching attentional focus during finger movements: an fMRI study. *Frontiers in psychology*, *3*.