

Verstärkendes Feedback zur Leistungssteigerung bei Sprüngen ist dem externen und internen Auf- merksamkeitsfokus überlegen

Masterarbeit zur Erlangung des Masters in Bewegungs- und
Sportwissenschaften, Departement für Medizin, Universität
Freiburg

Autor: **Marius Gottschalk**

Referent: Prof. Dr. Wolfgang Taube
Ko-Referent: Martin Keller

Juni, 2013

Vorwort / Dank

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen meines Masterstudiums Sportwissenschaften Option Unterrichten, an der Universität Freiburg entstanden. Diese Masterarbeit bildet den Abschluss meines Studiums. Nur mit der Unterstützung von verschiedenen Personen konnte die Arbeit realisiert werden.

Als erstes möchte ich meinem Hauptreferenten Prof. Dr. Wolfgang Taube für die angenehme und sympathische Zusammenarbeit danken. Eine wichtige Person zur Realisierung dieser Arbeit war der Doktorand Martin Keller, der mich während des ganzen Arbeitsprozesses begleitet und tatkräftig unterstützt hat. Für seine kompetente und engagierte Betreuung danke ich ihm herzlich.

Weiter möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die ihren Teil zu dieser Masterarbeit beigetragen haben. Meine Eltern Thomas und Susanne Gottschalk unterstützten mich während meiner gesamten Studienzeit und halfen mir beim Korrekturlesen der Arbeit. Meine Freundin Petra Strajhar stand mir stets mit positivem Beistand zur Seite und meine Mitstudierenden Michael Werren, Michael Wälchli, Jan Stähli und Jan Ruffieux motivierten mich stets zur Weiterarbeit. Zuletzt möchte ich allen meinen Probanden danken, dass sie sich Zeit genommen und an meiner Datenerhebung teilgenommen haben. Ohne ihren tollen Einsatz im Labor hätte die Arbeit nicht realisiert werden können.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort / Dank.....	1
Inhaltsverzeichnis	2
Zusammenfassung	3
Abkürzungsverzeichnis.....	5
1. Einleitung	6
2. Hintergrund und Ausgangslage.....	8
2.1 „Focus of attention“-Theorie	8
2.1.1 Grundlagenforschungen zur Aufmerksamkeitstheorie	8
2.1.2 Aufmerksamkeitstheorie und Sprünge	10
2.1.3 Erklärungsmodelle zu den Vorteilen des externen Fokus	13
2.1.4 Erklärungsansatz aufgrund der neuromuskulären Organisation	16
2.2 Verstärkendes Feedback	19
2.2.1 Kurzzeit- und Langzeiteffekte des verstärkenden Feedbacks	20
2.2.2 Verstärkendes Feedback und Sprünge	22
2.2.3 Erklärungsansätze zu den Vorteilen des verstärkenden Feedbacks..	24
2.3 Ziel und konkrete Fragestellung	27
3. Methode	29
3.1 Untersuchungsgruppen	29
3.2 Untersuchungsdesign und Instruktionen	29
3.3 Untersuchungsinstrumente	33
3.4 Datensammlung und -aufbereitung	34
3.5 Statistik.....	36
4. Resultate	37
4.1 Sprunghöhe.....	37
4.2 Bodenreaktionskräfte	39
4.3 Muskelaktivität.....	42
5. Diskussion und Schlussfolgerungen	45
5.1 Sprunghöhen.....	45
5.2 Bodenreaktionskräfte	46

5.3 Muskelaktivität.....	47
5.4 Motivationsbedingter Einfluss.....	48
5.4 Führungsfunktion „guidance role“ des augmented Feedbacks.....	50
5.5 Schlussfolgerungen.....	51
Literaturverzeichnis	53
Abbildungsverzeichnis	59
Tabellenverzeichnis.....	60
Persönliche Erklärung und Urheberrechtserklärung	61
Anhang	62

Zusammenfassung

Die „focus of attention“-Theorie besagt, dass ein externer Aufmerksamkeitsfokus (Fokus auf das Bewegungsziel) bessere Leistung als ein interner Aufmerksamkeitsfokus (Fokus auf die Bewegung selbst) bei Bewegungsaufgaben, unter anderem bei maximalen Sprüngen, generiert. Auch durch den Einsatz von augmented Feedback konnte nachgewiesen werden, dass die Sprungleistung besser wird, wenn eine Person eine Rückmeldung zu der erbrachten Bewegung erhält.

In der vorliegenden Studie wurden die Aufmerksamkeitstheorie und die Anwendung von augmented Feedback bei maximalen Sprüngen verglichen. Allfällige der Sprunghöhe zugrundeliegenden neuromuskulären Mechanismen (Beinmuskelaktivität und Bodenreaktionskräfte) wurden bei „Counter Movement Jumps“ auf Unterschiede bei den verschiedenen Bedingungen überprüft. Hierzu führten 19 Probanden randomisiert je vier Serien an 8 Sprüngen pro Bedingung (externer Aufmerksamkeitsfokus, interner Aufmerksamkeitsfokus und augmented Feedback) aus.

Die Analyse der Sprunghöhen mittels einer ANOVA lieferte signifikante Unterschiede ($F_{2,36}=22.59$; $p<0.001$). Die Bedingung des verstärkenden Feedbacks (31.9 cm) erzielte vor dem externen (31.1 cm) und dem internen Aufmerksamkeitsfokus (30.7 cm) die höchsten Sprunghöhen.

Die vorliegende Studie zeigt, dass der Einsatz von Leistungsfeedback zur Steigerung der Trainingsqualität sinnvoll ist, da sowohl der externe als auch der interne Fokus übertroffen wurden. Durch die Auswertungen der neuromuskulären Organisation konnten die Sprungresultate nicht erklärt werden. Die Muskelaktivitäten zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Bedingungen. Bei der Untersuchung der Bodenreaktionskräfte konnten die unterschiedlichen Resultate beim internen Aufmerksamkeitsfokus mit der gegebenen Instruktion erklärt werden. Folglich sind wohl motivationsbedingte Faktoren hauptverantwortlich um die Vorteile des augmented Feedbacks erklären zu können.

Abkürzungsverzeichnis

aF =	augmented Feedback
eAF=	externer Aufmerksamkeitsfokus
CMJs =	counter movement jumps
EMG =	Elektromyographie
F-max =	maximale Kraftproduktion
F-min =	minimale Kraftproduktion
GM =	musculus gastrocnemius medialis
iAF =	interner Aufmerksamkeitsfokus
KP =	knowledge of performance
KR=	knowledge of result
SOL =	musculus soleus
TA =	musculus tibialis anterior
VA =	musculus vastus medialis

1. Einleitung

In vielen Sportarten mit Schnellkraftkomponenten (z.B. Sprint, Hochsprung), Spiel- und Kampfsportarten (z.B. Volleyball, Basketball, Handball, Fussball, Judo) wie auch in anderen Sportarten (z.B. Kunstturnen, Wasserspringen), ist die Sprungkraft in den unteren Extremitäten von grosser Bedeutung. Einheiten mit Sprüngen zur Steigerung der Schnell- respektive Explosivkraft sind deshalb bei vielen Athleten ein wichtiger Bestandteil des Trainings. Nebst dem Spitzensport ist ein Sprungtraining mit dem Effekt der Verbesserung der Sprunghöhe, dem Kraftniveau, respektive der Maximalleistung, des Vorspannungseffekts oder der Gelenkstabilität insbesondere auch für die Therapie und Rehabilitation interessant (Petersen et al., 2005). Eine zentrale Frage für Athleten, Trainer oder Betreuer ist, wie das Bewegungslernen vereinfacht werden kann und wie die Bewegungsausführung optimiert werden kann. Folglich wurde in der Vergangenheit auf verschiedene Art und Weise versucht die Trainingseffizienz zu steigern. So wurden zum Beispiel die Intensität des Trainings variiert oder alternative Trainingsformen verwendet (Markovic, 2007).

In den vergangenen Jahren geriet zudem die „focus of attention“-Theorie vermehrt in das Interesse wissenschaftlicher Untersuchungen. In vielen Studien wurden die Auswirkungen eines internen und eines externen Aufmerksamkeitsfokus bei Bewegungsaufgaben untersucht und miteinander verglichen. Die im folgenden Kapitel dargestellten Forschungsergebnisse zu diesem Thema zeigen einen grossen Einfluss auf die Leistung und die Bewegungsausführung, wenn der Aufmerksamkeitsfokus anders gesetzt wird. Durch die gewonnenen Erkenntnisse werden methodische Empfehlungen zum Training von Bewegungen für Bereiche wie Spitzensport, Physiotherapie und Rehabilitation abgegeben und die Art und Weise von Instruktionen thematisiert (Wulf, 2009).

Eine andere Herangehensweise, um die Trainingseffizienz zu steigern, ist der Einsatz eines verstärkenden Feedbacks. Verstärkendes Feedback gibt dem Athleten eine externe Rückmeldung, wodurch der Athlet seine Leistung objektiv beurteilen und dadurch zum Beispiel bessere Trainingsanpassungen erzielen kann (Swinnen et al., 1997; Keller et al., 2012). Auch zu diesem Thema wurden bereits viele Studien

durchgeführt und somit auch Empfehlungen für die Umsetzung in der Praxis abgegeben.

Diese Arbeit vergleicht die beiden methodischen Ansätze. Der Einfluss der Aufmerksamkeitsfokusse und von Feedback soll verglichen werden, um direkte Einflüsse zu evaluieren. Es soll untersucht werden, mit welcher Methode ein möglichst grosser Effekt in einem Sprungtraining erzielt werden kann. Anhand von Kraft- und EMG-Messungen sollen die eventuell vorhandenen Unterschiede erklärt werden können, um in Zukunft Empfehlungen für das Sprungkrafttraining geben zu können.

2. Hintergrund und Ausgangslage

Im vorliegenden Kapitel wird der Stand des Wissens bezüglich der Aufmerksamkeits-theorie und der Forschung zum verstärkenden Feedback bei motorischen Fertigkeiten dargestellt. Der Fokus wird dabei auf Forschungen zu Kontrollbewegungen, insbesondere Sprüngen, gerichtet. Auch soll aufgezeigt werden, wie die unterschiedlichen Leistungen aufgrund der verschiedenen Bedingungen begründet werden. So werden mögliche, dem Aufmerksamkeitsfokus oder dem Feedback zugrunde liegende Mechanismen, welche in der Literatur vorgeschlagen wurden, dargestellt und diskutiert.

2.1 „Focus of attention“-Theorie

2.1.1 Grundlagenforschungen zur Aufmerksamkeits-theorie

Die „focus of attention“-Theorie wurde von Gabriele Wulf, eine der weltweit anerkanntesten Forscher im Bereich von Aufmerksamkeitsfokus und Bewegung, aufgestellt. Sie hat in den vergangenen 15 Jahren zahlreiche Veröffentlichungen zum motorischen Lernen und zum Thema Aufmerksamkeitsfokus und motorische Fertigkeiten herausgegeben. In ihrer Theorie werden grundsätzlich zwei Arten des Aufmerksamkeitsfokus unterschieden, ein externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und ein interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF). Viele Querschnittuntersuchungen (z.B. Porter et al., 2010; Vance et al., 2004; Wulf et al., 2010), aber auch Längsschnittuntersuchungen (z. B. Schlapkohl et al., 2010; Wulf et al., 2003) haben die beiden Arten der Fokussierung gegenübergestellt und miteinander verglichen.

Ein interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF) bezieht sich gemäss Wulf (2013) auf die Körperbewegungen des Ausführenden oder auf ein bestimmtes Körperteil bei einer Bewegungsausführung. Hingegen bezieht sich ein externer Aufmerksamkeitsfokus auf den Bewegungseffekt oder auf etwas Spezifisches ausserhalb des eigenen Körpers in der Umgebung (Wulf, 2009).

Die „focus of attention“-Theorie besagt, dass ein eAF besseren Output generiert als ein iAF oder als eine Bedingung ohne speziellen Fokus. Zu diesem Schluss kam Wulf zum ersten Mal bei einer Gleichgewichtsstudie auf einem Stabilometer (Wulf,

Höß, & Prinz, 1998; siehe Abb. 1). Die Resultate zeigten, dass Probanden unter der Instruktion eines iAF bei einer Bewegungsaufgabe auf dem Skisimulator grössere Abweichungen in der Übungsphase sowie im Retentionstest aufweisen, als diejenigen Probanden, die mit einem eAF instruiert wurden oder Probanden ohne spezielle Instruktion (Kontrollgruppe). Deshalb schlussfolgerten die Autoren, dass bei der Instruktion von Übungen ein eAF zu einem besseren und schnelleren Erlernen einer motorischen Fertigkeit und die Instruktion eines iAF zu geringeren Lernergebnissen führt.

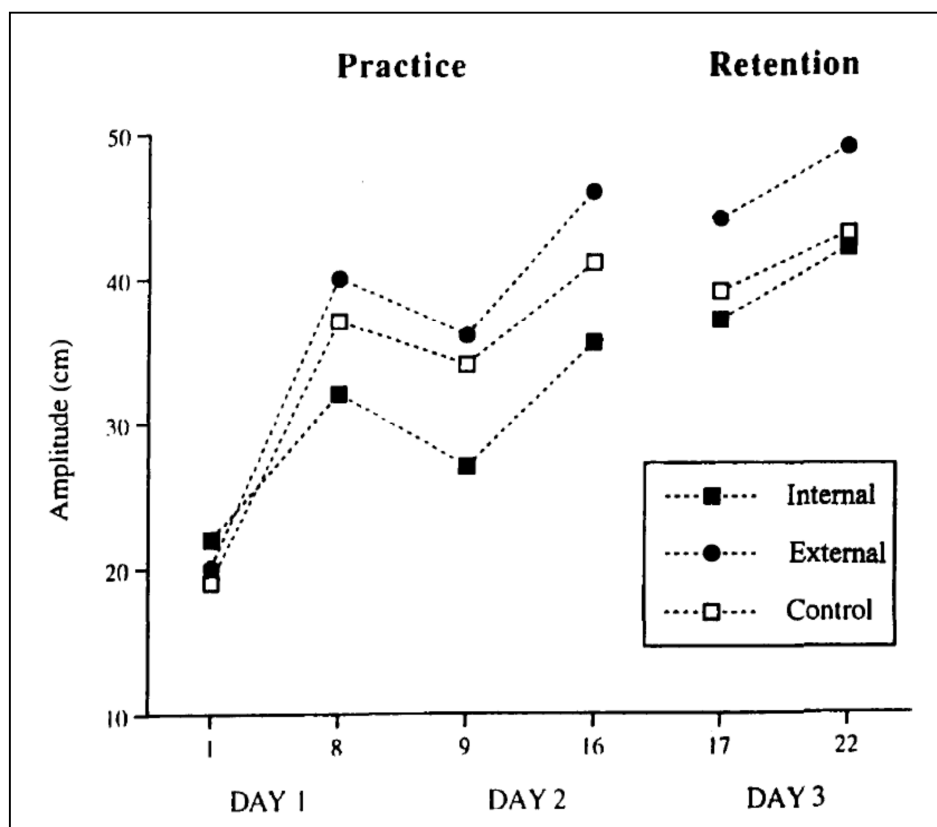


Abb. 1: Resultate der Studie von Wulf et al. (1998). Durchschnittliche Amplituden (cm) des internen Fokus, des externen Fokus und der Kontrollgruppe während der Trainingsphasen (Tag 1 und Tag 2) und des Retentionstages (Tag 3) auf dem Skisimulator (aus Wulf et al., 1998, S. 173).

Seit der ersten Publikation dieser Studie, die die verschiedenen Effekte des eAF und iAF bei einer Lernaufgabe demonstrierte, folgten zahlreiche andere wissenschaftliche Untersuchungen zu diesem Thema. Ähnliche Ergebnisse konnten von Forschungsgruppen in zahlreichen Arbeiten zu diversen sportlichen Bewegungsaufgaben wie Gleichgewicht, Genauigkeit oder Schnelligkeit bei verschiedenen Sportarten nachgewiesen werden. So führten zum Beispiel Zachary et al. (2005) einen Versuch mit Basketballfreiwürfen durch, oder Lohse et al. (2010) zu Dart-Würfen. In einem Re-

view „Attentional focus and motor learning: a review of 15 years“ wurden die verschiedenen Forschungsarbeiten zusammengetragen (Wulf, 2013). Die meisten dieser Studien konnten klare Vorteil des eAF gegenüber des iAF oder der Bedingung ohne speziellen Fokus bei Bewegungsaufgaben ausmachen. Durch diese Erkenntnis wurden Coaches, Trainern und Instruktoren empfohlen, vermehrt den eAF in der Praxis einzusetzen, um optimale Leistungsergebnisse zu generieren.

Es muss jedoch auch angemerkt werden, dass es einige wenige Studien gibt, die keinen Vorteil des externen Aufmerksamkeitsfokus aufzeigen konnten. Zum Beispiel finden Poolton et al. (2005) in ihrer Studie keine besseren Ergebnisse bei Probanden, die die Golfputs unter externem Aufmerksamkeitsbedingungen durchführten, als bei der Gruppe, die den Versuch unter einem internen Aufmerksamkeitsfokus absolvierten.

2.1.2 Aufmerksamkeitstheorie und Sprünge

Viele Studien zur Aufmerksamkeitstheorie befassen sich mit komplexen motorischen Fertigkeiten, die ziemlich anspruchsvoll sind und bei denen sich die Ausführung im Verlauf der Übungsphase oft erheblich verbesserte. Deshalb untersuchte das Forscherteam unter Wulf auch Kontrollbewegungen, die nicht erst neu erlernt werden mussten, sondern automatisierte Bewegungen beinhalteten, die einen maximalen Kraftaufwand erforderten (Wulf et al., 2007). Bei einem „jump-and-reach“ - Test mit einem VERTECTM Messgerät mussten die Probanden unter unterschiedlichen Instruktionen eine möglichst hohe Sprunghöhe erreichen. Bei der Instruktion eines eAF wurde der Fokus auf das Ziel, das berührt werden sollte, gelegt. Bei den Sprüngen unter dem iAF mussten sich die Probanden auf die Fingerspitzen konzentrieren, mit denen sie eine möglichst hohe Stufe beim VERTECTM Messgerät berühren sollten. Bei den Kontrollbedingungen wurde kein spezieller Fokus gelegt. Die einzige Instruktion war, dass der Proband möglichst hoch springen sollte. Die Resultate zeigten eindeutige Werte. Auch hier wurden mit dem eAF (24.5 cm), gefolgt von der Kontrollbedingung (23.7 cm) und dem iAF (23.2 cm), die höchsten Sprünge gemessen.

Wulf und ihr Team konnten in weiterführenden Studien mit dem VERTEC™ Messgerät die gewonnenen Erkenntnisse aus der beschriebenen Studie von Wulf et al. (2007) bestätigen (Wulf & Dufek, 2009; Wulf et al., 2010).

Auch Porter et al. (2010) wollten herausfinden, ob Ganzkörperbewegungen, wie ein Standweitsprung, ohne weitere Hilfsmittel von verschiedenen Instruktionen, insbesondere eines internen oder externen Aufmerksamkeitsfokus, beeinflusst werden. Die Probanden (n=120) wurden beliebig einer der beiden Experiment-Bedingungen (iAF, eAF) zugeordnet. Die beiden Gruppen bestanden aus jeweils derselben Anzahl Männer (n=36) wie Frauen (n=24). Nach einer 5-minütigen Aufwärmphase auf einem Hometrainer wurden fünf maximale Standweitsprünge gemessen. Zwischen den Sprüngen hatten die Testpersonen jeweils eine Sitzpause von 2 Minuten. Jeweils unmittelbar vor den Sprüngen wurden die Testpersonen wie folgt instruiert:

- iAF: „Wenn du versuchst so weit wie möglich zu springen, möchte ich, dass du deine Aufmerksamkeit darauf lenkst, deine Knie so schnell wie möglich zu strecken.“
- eAF: „Wenn du versuchst so weit wie möglich zu springen, möchte ich, dass du deine Aufmerksamkeit darauf lenkst, möglichst weit weg von der Startlinie zu springen.“

Die Resultate zeigten, dass eine verbale Instruktion eine deutliche Auswirkung auf die erzielte Sprungweite hat. Die Autoren fanden einen signifikanten Unterschied bei der Sprungweite zwischen der Gruppe eAF (187.37 ± 42.66 cm) und der Gruppe iAF (177.33 ± 40.97). Porter und Kollegen (2010) schlussfolgerten, dass es vor allem bei automatisierten Bewegungen ratsam scheint, sich auf den Effekt der Bewegung zu konzentrieren (eAF), um möglichst gute Bewegungsergebnisse zu erzielen. Die Resultate werden in der Abbildung 2 dargestellt.

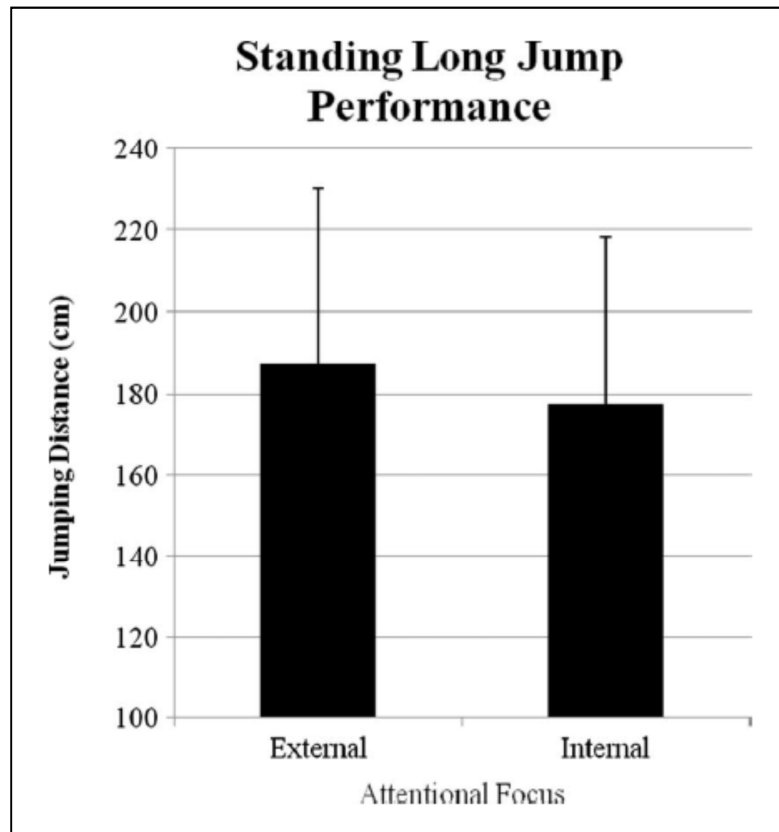


Abb. 2: Resultate der Studie von Porter et al. (2010). Sprungdistanzen (cm) bei der Standweitsprungmessung für den externen und internen Aufmerksamkeitsfokus (aus Porter et al., 2010, S. 1748).

Hierzu muss jedoch angefügt werden, dass die Probanden nur Sprünge unter einer Bedingung durchgeführt haben. Die Resultate, dass die Personen, die den Versuch unter dem eAF durchführten grundsätzlich weiter springen als die Probanden, die den Versuch unter dem iAF absolvierten, könnten deshalb als Zufallsergebnis angesehen werden. Deshalb hätten korrekterweise alle Testpersonen Sprünge unter beiden Aufmerksamkeitsbedingungen durchführen müssen. In weiteren Studien mit Standweitsprüngen konnte die Forschergruppe um Porter und Wu weitere Vorteile des eAF gegenüber dem iAF darlegen (Porter et al., 2012; Porter, Anton und Wu, 2012; Wu et al., 2012).

Gemäss diesen Studien zur Aufmerksamkeitstheorie bei maximalen Sprüngen, kann gesagt werden, dass verbale Instruktionen in Form von eAF in einem Sprungtraining gegeben werden sollen. Instruktionen zur Sprungtechnik oder zur schnellen Muskelkontraktion, die einen internen Aufmerksamkeitsfokus auslösen, sollten daher eher vermieden werden.

2.1.3 Erklärungsmodelle zu den Vorteilen des externen Fokus

Aufgrund ihrer Ergebnisse zur Aufmerksamkeitsforschung, versuchte das Team um Wulf die Daten mit einer These zu erklären und zu stützen. So formulierten sie die aufgestellte „constrained-action-hypothesis“ als Erklärungsmodell dafür, weshalb der externe Aufmerksamkeitsfokus bei einer Bewegungsausführung dem internen Fokus überlegen sein soll (Wulf, 2009).

Die Theorie geht von zwei unterschiedlichen motorischen Kontrollprozessen aus: Der automatischen Kontrolle und der bewussten Kontrolle (Ehrlenspiel & Maurer, 2007). Die Hypothese besagt, wenn sich ein Individuum auf seine eigenen Bewegungen konzentriert (iAF), hemmt dies die Kontrollvorgänge, mit denen die Koordination der Bewegungen geregelt wird. Dies weil man versucht die Bewegung bewusst zu kontrollieren und somit automatisierte Prozesse, in denen die Kontrolle effektiv und effizient abläuft, unterbricht. Ein externer Fokus reduziert hingegen den bewussten Eingriff in die automatisierten Bewegungskontrollprozesse und führt dadurch zu besseren Leistungen und Lernergebnissen (Wulf, 2009). Die These geht von einem generellen Vorteil des externen Aufmerksamkeitsfokus aus, unabhängig davon, ob die Bewegungsausführung noch in der Lernphase oder bereits automatisiert ist. Wulf (2009) stellt in ihrem Buch „Aufmerksamkeit und motorisches Lernen“ drei Aspekte für die Belegung ihrer These dar:

Anhand von Gleichgewichtsstudien konnten zwischen dem eAF und iAF Unterschiede bei der Frequenz der Bewegungskorrekturen aufgezeigt werden (Shea & Wulf, 1999; McNevin, Shea, Wulf, 2003). Wenn ein Mensch aufrecht steht, werden laufend kleine, muskuläre Korrekturen vorgenommen um den Körper zu stabilisieren. Wulf (2009) geht davon aus, dass eine hohe dominante Frequenz bei Korrekturen (z.B. 6 Hz) auf kleine, und schnelle Anpassungsreaktionen hinweist und niedrige Frequenzen (2Hz) auf grössere und langsamere Anpassungen. So machten gemäss einer Fourier-Analyse Probanden, die sich auf einen externen Aufmerksamkeitsfokus konzentrierten, kleinere und schnellere Korrekturbewegungen als Probanden, die sich intern fokussierten. Wulf (2009) kommt deshalb zum Schluss, dass mit einem eAF mehr und schnellere Reflexschleifen genutzt werden, die auf einer automatischen

und unbewussten Ebene ablaufen. Im Gegensatz dazu verwendet der Mensch mit einem iAF bewusstes und damit langsames Feedback.

Als zweite Begründung der „constrained-action-hypothesis“ gibt es laut Wulf (2009) bei internem und externem Fokus unterschiedliche Anforderungen an die Aufmerksamkeitskapazität. So untersuchte die Autorin den Aufmerksamkeitsbedarf der beiden Bedingungen mit einem Versuch auf dem Stabilometer (Wulf et al., 2001). Dabei mussten die Probanden auf ein akustisches Signal hin eine Taste drücken. Probanden, die die Gleichgewichtsaufgabe mit externer Fokussierung absolvierten, hatten eine kürzere Reaktionszeit als die Gruppe unter der Bedingung des iAF. Dieses Erkenntnis interpretieren die Autoren so, dass die Probanden mit einem eAF an weniger Aufmerksamkeitskapazität gebunden sind, da die Bewegung automatischer abläuft. Ein iAF braucht mehr Aufmerksamkeitskapazität und deshalb werden schlechtere Leistungen erzielt

Der letzte Beleg für die automatisierten Kontrollvorgänge wird mit der verminderten Muskelaktivität beim externen Fokus gegeben. Durch den Versuch von Vance et al. (2004) sieht Wulf (2009) ihre „constrained-action-hypothesis“ als bestätigt. Dabei führten die Probanden „Bizeps-Curls“ zu den verschiedenen Aufmerksamkeitsbedingungen aus. Ein externer Aufmerksamkeitsfokus ergab zum Teil weniger Muskelaktivität und zudem schnellere Bewegungsausführungen. In einer Folgestudie untersuchten Marchant et al. (2006) zudem noch eine Kontrollgruppe ohne spezielle Instruktionen. Die Forscher konnten unter den Bedingungen des iAF und der Kontrollbedingungen ähnliche EMG-Aktivitäten aufzeichnen, jedoch war die Muskelaktivität bei einem eAF tiefer. Es wird davon ausgegangen, dass der Körper eine möglichst hohe Bewegungsökonomie anstrebt und deshalb bei unbewussten Abläufen automatisch effizientere und energiesparendere Bewegungen ausführt. „Dadurch, dass die Bewegungen unter externem Fokus automatisierter und effizienter erfolgten, sollte weniger EMG-Aktivität nachweisbar sein als unter internem Fokus“ (Wulf, 2009).

Das folgende Kapitel 2.1.4. behandelt explizit diesen Erklärungsansatz und beschäftigt sich mit weiteren Studien zur verminderten Muskelaktivität unter der Bedingung des eAF. Für Wulf (2009) beweist die „constrained-action-hypothesis“ einen generellen Vorteil des externen Aufmerksamkeitseffekts.

Die „explizit monitoring theory“ von Beilock et. al. (2002) ist ein weiteres Erklärungsmodell, welches die Vorteile eines externen Aufmerksamkeitsfokus gegenüber einem internen Fokus begründen will. Dabei werden im Gegensatz zu der „constrained-action-hypothesis“ die beiden Phasen des Bewegungslernens und der Bewegungsausführung unterschieden. Eine Zuwendung zu einem internen Aufmerksamkeitsfokus zu Beginn der Lernphase wird als notwendig erachtet. Anfänger müssen sich zuerst auf Details richten, um diese dann irgendwann, infolge langen Übens automatisiert abzurufen. Erst in einem späteren Stadium der Lernphase, wenn sich die Bewegung automatisiert hat, wirkt sich ein iAF störend auf die Bewegungsausführung aus. Erfahrene Personen benötigen immer weniger Aufmerksamkeit um eine Bewegung auszuführen. Die Konzentration kann so mehr auf die Umwelt gerichtet werden, ohne dass die Leistung beeinträchtigt wird. Beilock et al. (2002) untermauern die Theorie der „explizit monitoring hypothesis“ in ihren Experimenten. Golfspieler konzentrierten sich während dem ersten Durchgang auf ihre Fertigkeit beim Einlochen und in einem zweiten Durchgang auf eine „dual task activity“, die einen eAF induziert. Die Resultate zeigen, dass erfahrene Golfspieler im zweiten Durchgang deutlich bessere Ergebnisse erreichen. Auch Fussballer mussten sich bei einer Dribblingaufgabe einerseits auf das Dribbeln selbst und in einem zweiten Versuch auf eine „dual task activity“ konzentrieren. Dabei wurden die Versuche sowohl mit dem dominanten als auch mit dem nicht dominanten Bein durchgeführt. Beim dominanten Bein erreichten die Probanden unter der „dual task“ Bedingung bessere Ergebnisse. Beim nicht dominanten Bein hingegen wurden bessere Ergebnisse mit der ersten Bedingung, bei der die Aufmerksamkeit auf die Bewegung gerichtet ist, erreicht.

Im Gegensatz zu den neuen, zu erlernenden Bewegungen, setzen die „constrained-action-hypothesis“ und die „explicit monitoring theory“ bei automatisierten Bewegungen ähnliche Ergebnisse für die interne und externe Aufmerksamkeitsausrichtung voraus (Schlapkohl et al. 2010). So führt ein Fokus auf die Bewegungsausführung (iAF) bei automatisierten Bewegungen zu einer Verschlechterung des Ergebnisses.

Trotz den unzähligen Studien in den letzten 15 Jahren gibt es in der „focus of attention“-Theorie Gebiete, die kontrovers diskutiert werden. Einige Forscher sehen die Schlussfolgerungen und so die „constrained-action-hypothesis“ von Wulf (2009) eher kritisch an. Sie meinen, dass ein Vorteil des eAF nicht generalisierbar ist. Für

Schlapkohl et. al. (2010) ist es fraglich, ob die Probanden den instruierten Aufmerksamkeitsfokus bei der Bewegungsausführung auch wirklich anwenden und beibehalten. So kommt er mit seinem Versuch zum Schluss, dass die intern- wie auch die extern- instruierten Gruppen den Aufmerksamkeitsfokus wechselten und einen neutralen Fokus modifizierten. Yi-Ching Peh und Kollegen (2011) kommen zu einer ähnlichen Schlussfolgerung und sagen, dass bei beiden Bedingungen (iAF und eAF) die Aufmerksamkeit gewechselt wird. Auch Resultate aus der Studie von Maxwell und Masters (2002) zeigten auf, dass sich Lernende nicht abgrenzbar auf einen Aufmerksamkeitsfokus beziehen, sondern die Aufmerksamkeit trotz einer Instruktion, die einen spezifischen Fokus verlangt, schnell wechseln. Gabriele Wulf deutet in Wulf et al. (2003) auf das Problem hin. Sie verweist jedoch auf ihre Studien, die besagen, dass Personen ohne Instruktion nicht automatisch den besseren Aufmerksamkeitsfokus wählen, sondern ähnliche Ergebnisse aufweisen wie die Probanden, die mit einem internen Fokus die Aufgabe ausführten und so schlechtere Ergebnisse als mit dem eAF erzielen. Ihre These lautet, dass zu Beginn einer neuen Bewegung die Probanden automatisch einen internen Fokus wählen und später in einen externen Aufmerksamkeitsfokus wechseln um die Bewegung automatischer auszuführen. Poolten et al. (2006) kritisieren aufgrund fehlender Beweise diese Sichtweise.

2.1.4 Erklärungsansatz aufgrund der neuromuskulären Organisation

Als drittes Belegstück der „constrained-action-hypothesis“ nennt Wulf (2009) Unterschiede in der neuromuskulären Organisation. Da die meisten Studien ausschliesslich den Leistungsoutput bei Bewegungen untersuchten, versuchte Vance und Kollegen (2004) aufzuzeigen, ob die beiden Aufmerksamkeitsfokusse auch muskuläre Unterschiede aufweisen, um die Vorteile des eAF zu ergründen. Die Probanden (n=11) führten in seinem Experiment „Biceps-Curls“ aus. Die Curls wurden mit Instruktionen des eAF schneller ausgeführt, doch wurde weniger Muskelaktivität (iEMG) gemessen als beim iAF. In weiteren Studien konnten diese Messungen bestätigt werden. So untersuchte Zachry et al. (2005) in einer Studie die Muskelaktivität bei Basketballfreiwürfen unter einem internem und externem Aufmerksamkeitsfokus. Mit dem eAF wurden mehr Bälle versenkt als mit einem iAF. Zudem war die Muskelaktivität tiefer als beim internen Fokus. Als Schlussfolgerung der Resultate führte

Zachary und Kollegen (2005) auf, dass mit einem eAF die Ausführung wahrscheinlich ökonomischer ist und die Störungen im motorischen System reduziert werden.

Auch für den unter Kapitel 2.1.3 erwähnten „Jump-and-reach“- Test (Wulf et al. 2007), wollte Wulf et al. (2010) bei einer Wiederholung des Versuchs die Muskelaktivität beim iAF und eAF messen. Dabei wurden folgende Muskeln gemessen: m. anterior tibialis, m. biceps femoris, m. vastus lateralis, m. rectus femoris und m. gastrocnemius. Auch hier wurden bei der Bedingung eAF im Vergleich zum iAF durchschnittlich höhere Sprungresultate erzielt. Die Verlaufsprofile der Muskelaktivitäten waren bei den beiden Bedingungen nicht unterschiedlich, jedoch war wiederum beim eAF die EMG Aktivität aller Muskeln etwas weniger hoch (siehe Abbildung 3). Dies zeigt, dass die Bewegung beim eAF effektiver und effizienter ausgeführt wird.

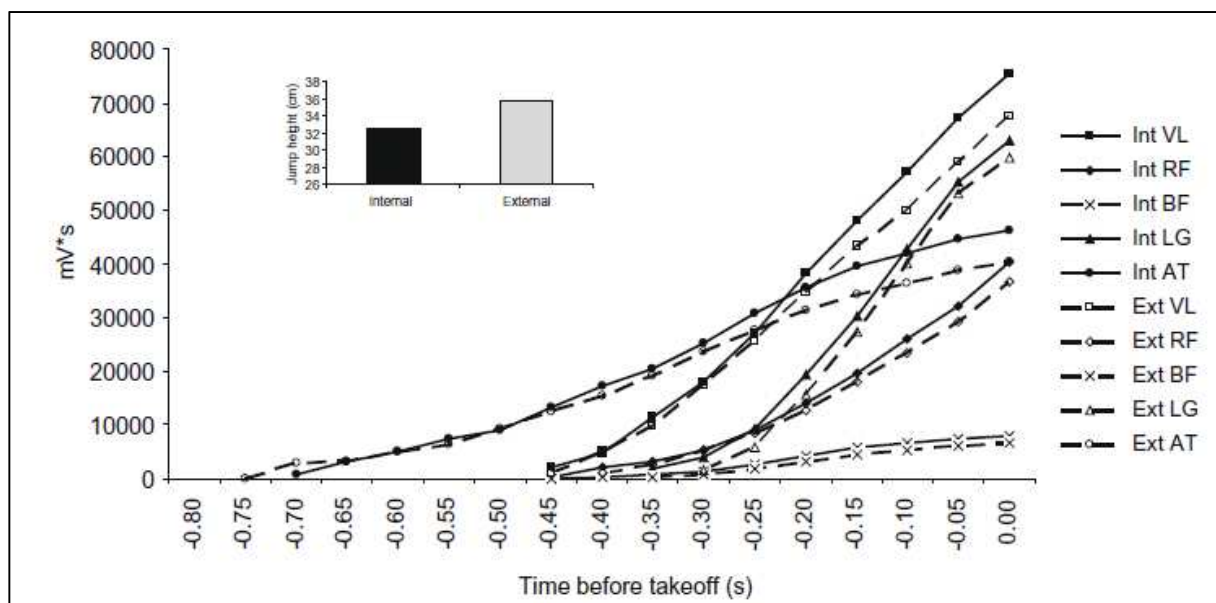


Abb. 3: Resultate der Studie von Wulf et al. (2010). Durchschnittliche Sprunghöhe und EMG-Aktivität, der 10 Versuche für den internen und externen Aufmerksamkeitsfokus eines repräsentativen Probanden für die Zeitspanne „Muskel-onset“ bis „take off“ des m. tibialis anterior; (AT) m. biceps femoris (BF), m. vastus lateralis (VL), m. rectus femoris (RF), lateral m. gastrocnemius (LG) (aus Wulf et al., 2010, S. 445).

Lohse, Sherwood, & Healy (2011) führten einen Versuch mit einer isometrischen Kraftaufgabe der Beinmuskulatur durch. Die Autoren kamen zum Schluss, dass unter der Bedingung eines eAF eine bessere und effizientere Ansteuerung, respektive Rekrutierung der Muskeleinheiten passiert, da beim Antagonist weniger EMG-Aktivität gemessen wurde. Ähnliche Resultate konnte die Forschungsgruppe bei Dart-Wurf Tests nachweisen (Lohse, Sherwood, & Healy, 2010).

Auch Porter et al. (2010) hielten sich bei der Diskussion der Resultate an die Ergebnisse von Gabriele Wulf und ihrem Team zur neuromuskulären Organisation. Die Forscher stellten Spekulationen auf, wie die besseren Ergebnisse beim eAF zustande kommen. Die Autoren verwiesen dabei auf die im Kapitel 2.1.5 beschriebene „constrained action hypothesis“ um die Ergebnisse zu erklären. Zudem nahmen die Forscher an, dass die bessere Sprungweite unter dem eAF entweder aus der grösseren Kraftproduktion oder aus dem besseren Koordinationsmuster, aufgrund der effizienteren Muskelfaserrekrutierung, resultierte. Wulf und Dufek (2009) teilen diese Vermutung. Sie nehmen an, dass bei einer Bewegung, die eine maximale Kraftproduktion erfordert, die verbesserte Sprunghöhe durch eine grössere Kraftproduktion zu Stande kam und so den Vorteil eines eAF gegenüber eines iAF belegt. Diese Ansicht konnten Marchant, Greig, und Scott (2009) in ihrer Studie belegen. Die Probanden führten „Biceps Curls“, die einen maximalen Kraftaufwand erforderten, durch. Die Resultate zeigten unter der Bedingung des eAF signifikante, höhere Maximalkraftproduktion sowie tiefere EMG-Aktivität in Agonist sowie Antagonist der Oberarmmuskulatur gegenüber dem iAF. Aufgrund dieser Annahme und Spekulationen von Porter et al. (2010) sowie Wulf und Dufek (2009), führte auch Wu et al. (2012) einen Versuch mit Standweitsprüngen durch. Die angenommene These, der erhöhten Kraftpeakwerten unter dem externen Aufmerksamkeitsfokus, konnte jedoch in dieser Nachfolgestudie zu Porter et al. (2010) nicht bestätigt werden. Bei diesem Versuch muss allerdings die Methode der Bodenreaktionskraftauswertung in Frage gestellt werden. Es ist fraglich, ob die gemessene vertikale Kraft einen repräsentativen und aussagekräftigen Wert für das Aufgabenziel Standweitsprünge darstellt, da die horizontale Komponente der Kraft nicht berücksichtigt wurde.

Zusammenfassend lässt sich aufgrund der vielen Forschungsarbeiten zur „focus of attention“ - Theorie sagen, dass die Instruktion eines eAF Vorteile gegenüber einer Instruktion eines iAF hat und offensichtlich bessere Leistungen, wie unter anderem Sprunghöhen und Sprungweiten, generiert. Nachgewiesene, erklärende Mechanismen wie die Resultate zu Stande kommen sind selten. Oft wird beim Versuch die Resultate zu begründen auf die von Gabriele Wulf aufgestellte „constrained action hypothese“ hingewiesen. Gemäss den aufgezeigten Theorien und Studien kann angenommen werden, dass ein eAF weniger Muskelaktivität benötigt (Wulf et al., 2010). Gemäss den Schlussfolgerungen von Wulf und Dufek (2009) und der Studie

von Marchant, Greig und Scott (2009) könnte man annehmen, dass bei Bewegungsaufgaben, die eine maximale Kraftproduktion erfordern, unter einem eAF eine erhöhte Maximalwerte erreicht wird. Doch aufgrund der Studie von Wu et al. (2012) muss diese Annahme kritisch hinterfragt werden.

Die Resultate und Studiendesigns zur Aufmerksamkeitsforschung werden selten kritisch hinterfragt und motivationsbedingte Faktoren, aufgrund der Aufgabenstellung, werden kaum angesprochen. In ihrem aktuellen Review über die „focus of attention“-Theorie gibt Wulf (2013) Empfehlungen ab, wie man Studien zur Aufmerksamkeits-thematik aufbauen soll. Zum Beispiel sollen Instruktionen zum iAF und eAF in ihrem Inhalt möglichst ähnlich sein. Die Instruktionen sollten jedoch spezifisch genug sein, so dass die Versuchspersonen verstehen, auf was sie sich konzentrieren müssten. Auch sollte darauf geachtet werden, dass zusätzliche Informationen (z.B. visuelle Hilfen), die den Probanden bei einer Bedingung ermutigen könnte, vermieden werden sollten.

2.2 Verstärkendes Feedback

Ein Hochspringer an Olympischen Spielen erhält während dem Sprung im Wettkampf ein intrinsisches Feedback von seinem Körper. So sieht und spürt er selbst, ob er die Latte überquert hat. Durch seine Sinne erhält der Mensch jederzeit selbst Rückmeldung über seine Bewegungen. Die Spitzensportler sind aber auch auf ein zusätzliches Feedback angewiesen, denn der Hochspringer kann zum Beispiel nicht exakt abschätzen wie gross der Abstand zur Latte war. Folglich sind Athleten stets aufmerksam, wenn der Trainer ein Feedback gibt. Durch diese externen Rückmeldungen kann ein Sportler die erbrachte Leistung besser wahrnehmen und sich so verbessern.

Eine externe, verstärkende Rückmeldung zu einer Bewegung wird als „augmented Feedback“ (aF) bezeichnet. Ein aF kann entweder von einer subjektiven Quelle (z.B. eines Trainers) oder mittels objektiven, quantitativen Daten erfolgen. Einerseits kann zur technischen Ausführung eines Sprunges Rückmeldung gegeben werden. So sieht der Sportler zum Beispiel bei der Analyse eines Volleyballangriffs auf dem Videobild, dass der Schlagarm nicht gestreckt ist. Diese Rückmeldung wird mit „know-

ledge of performance“ (KP) bezeichnet. Andererseits kann ein verstärkendes Feedback die erbrachte Leistung in Form eines konkreten Wertes wiedergeben. Mit diesem sogenannten „knowledge of result“ (KR) erhält der Ausführende, als Beispiel bei einem 100 Meter Lauf, ein Feedback in Sekunden über die gelaufene Zeit (z.B. 10.44 sek.). Im folgenden Kapitel werden diverse Studien vorgestellt, die kurzfristige sowie langfristige Effekte von verstärkendem Feedback auf die Leistung nachweisen konnten.

2.2.1 Kurzzeit- und Langzeiteffekte des verstärkenden Feedbacks

Die funktionellen Auswirkungen eines aF bei einer Bewegungsaufgabe sind in der Literatur sehr gut beschrieben. Dabei zeigten sich in verschiedenen Kraftaufgaben, dass ein KR die Leistung kurzfristig verbesserte. So konnten Figoni und Morris (1984) nachweisen, dass das gezeigte KR nach der Bewegungsausführung eine bessere Leistung nach sich bringt.

Ausserdem führte ein simultan gezeigtes Feedback in weiteren Studien auch zu verbesserten Resultaten in Kraftentwicklung und Kraftbeschleunigung. Dabei wurde das Feedback in Form einer Kraft-, respektive Kraftbeschleunigungskurve, dargestellt und führte so zu besseren Werten (Baltzopoulos, Williams, & Brodie, 1991; Hopper et al., 2003). Hopper und Kollegen (2003) konnten nachweisen, dass ein visuelles Feedback einen positiven Effekt auf die Kraftwerte während einer Beinpressaufgabe bei Landhockeyspielerinnen hat. Die Probandinnen wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe führte die Beinpressaufgabe zuerst ohne visuelles Feedback (685.4 ± 65.7 W), danach mit visuellem Feedback (698.8 ± 64.8 W) aus. Die zweite Testgruppe absolvierte den Versuch zuerst mit der Bedingung inklusive dem aF (756.0 ± 110.6 W) und danach ohne visuelles Feedback (743.3 ± 103.5 W). Die folgende Abbildung zeigt die beiden Testgruppen und die erreichten Kraftwerte in Watt während der Beinpressaufgabe zu den verschiedenen Bedingungen. In beiden Gruppen wurden bessere Werte erzielt, wenn die Probandinnen eine Rückmeldung in Form eines KR bekamen.

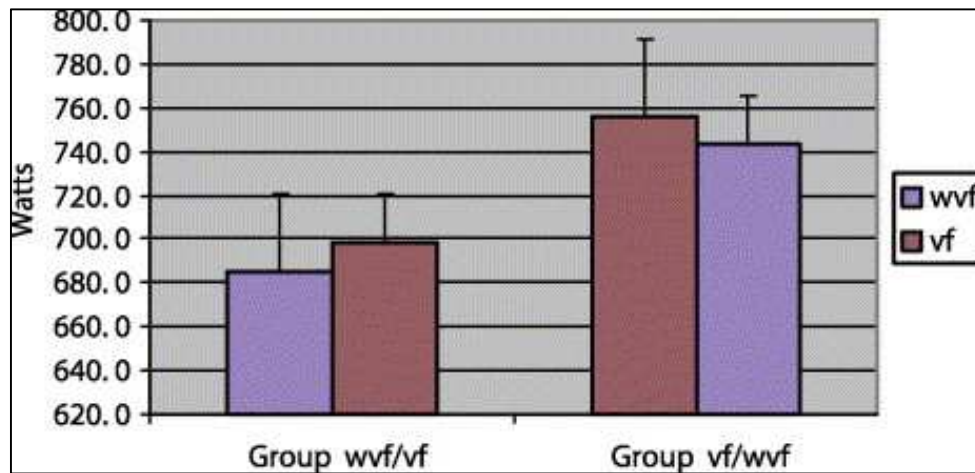


Abb. 4: Resultate der Studie von Hopper et al. (2003). Vergleich der mittleren Krafthöchstwerte in Watt aus den beiden Feedbackbedingungen respektive Testverfahren. Abkürzungen: Without visual feedback (wvf); visual feedback (vf) (aus Hopper et al., 2003, S. 185).

So konnten die Autoren aufzeigen, dass aF einen kurzfristigen Effekt auf die Leistung hat. Ähnliche Resultate zu einer kurzfristigen Verbesserung mit einem verstärkenden Feedback konnten auch mit einem EMG Biofeedback beobachtet werden (Ekblom & Eriksson, 2012).

Im Weiteren gibt es einige Studien, die den Effekt eines verstärkenden Feedbacks langfristig aufzeigen können. Zum Beispiel konnten Moran, Murphy & Marshall (2012) den Vorteil und die Notwendigkeit eines aF bei Tennisaufschlägen belegen. Bei der Messung der Geschwindigkeit des Aufschlages bei Juniorenspieler konnte festgestellt werden, dass die Probanden nicht sagen konnten, ob ein Aufschlag schneller oder langsamer als der vorhergehende war. In einem zweiten Experiment wollten die Forscher herausfinden, ob durch die Anwendung eines aF in einer Trainingsphase die Ergebnisse der Servicegeschwindigkeit verbessert werden können. Es wurden zwei Testgruppen gebildet. Die erste Gruppe trainierte drei Mal in der Woche Tennisaufschläge, wobei sie über die erzielten Geschwindigkeiten informiert wurden. Die andere Gruppe erhielt während der Trainingsphase über 12 Wochen kein augmented Feedback zu ihren Servicegeschwindigkeiten. Zu Beginn des Experiments wurde ein Pre-Test durchgeführt, nach sechs Wochen ein Post-Test und nach 12 Wochen ein Retentionstest. Die Resultate der Tests sind in der folgenden Grafik dargestellt.

	Pretest	Posttest	Retention Test
Augmented KR feedback	46.71 ± 4.70	47.69 ± 4.70	47.74 ± 4.71
No augmented KR feedback	45.56 ± 3.63	45.78 ± 3.65	45.77 ± 3.67

Abb. 5: Resultate der Studie von Moran, Murphy & Marshall (2012). Mittlere Aufschlagsgeschwindigkeiten ($m \cdot s^{-1}$) der beiden Testgruppen mit und ohne augmented Feedback über die drei Testperioden aus Moran et al., 2012, S. 757).

Die Resultate zeigten, dass sich die Servicegeschwindigkeiten bei der Testgruppe mit aF verbesserten, hingegen in der Gruppe ohne Feedback kaum. Im Retentionstest nach 36 Trainingseinheiten war die Verbesserung in der mit aF trainierenden Gruppe noch immer deutlich sichtbar. So konnte nachgewiesen werden, dass die Testgruppe mit aF eine langfristige Verbesserung der Servicegeschwindigkeit erreichte.

Mononen et al. (2003) konnten ebenfalls langfristige Effekte eines aF nachweisen. Die Autoren führten eine Studie im Schiesssport durch. Bei 58 männlichen Probanden ohne ausführliche Kenntnisse im Schiesssport wurde der Einfluss der Art und Häufigkeit von augmented Feedback in Form eines visuellen und auditiven Feedbacks gemessen. Nach einer 4-wöchigen Trainingsperiode mit verschiedenen Testgruppen inklusive verschiedenen Trainings-, respektive Feedbackbedingungen, wurden nach 2, 10 und 40 Tagen nach der letzten Trainingseinheit drei verschiedene Retentionstests ohne Feedbacks durchgeführt. Die Autoren konnten aufgrund ihren Resultate nachweisen, dass augmented Feedback die Schiessleistung und den Lernprozess beim Präzisionsschiessen stark beeinflusste.

2.2.2 Verstärkendes Feedback und Sprünge

Keller et al. (2012) wollten die kurzfristigen und langfristigen Auswirkungen eines aF bei „Drop jumps“ aufzeigen. Das Testdesign beinhaltete einen Eingangstest und einen Ausgangstest in denen die kurzfristigen Auswirkungen des aF gemessen werden sollten. Dazwischen absolvierten die Probanden eine 4-wöchige Trainingsphase mit 12 Trainingseinheiten. Dabei wurde in drei verschiedenen Gruppen trainiert. Eine Gruppe erhielt nach jedem Sprung ein aF (100%), eine andere Gruppe für die Hälfte der Sprünge (50%) und eine Gruppe erhielt keine Rückmeldung über die gesprungene Leistung. Das augmented Feedback wurde in Form der gesprungenen Höhe in Zentimetern auf einem Bildschirm angezeigt. Die Resultate zeigten, dass sich die

100% Feedback Gruppe am stärksten verbesserte (+14%), gefolgt von der 50% Gruppe (+10%) und der Gruppe ohne Feedback (+6%). Augmented Feedback führt also auch langfristig zu einer Verbesserung der Leistung.

Zudem konnte die Studie auch kurzfristige Vorteile eines aF darlegen. Wie die Abbildung 6 zeigt, war die Sprungleistung mit aF beim Eingangstest und beim Ausgangstest besser als die Sprungleistungen der Gruppe ohne verstärkendes Feedback. Das aF beeinflusste also direkt die Sprunghöhe.

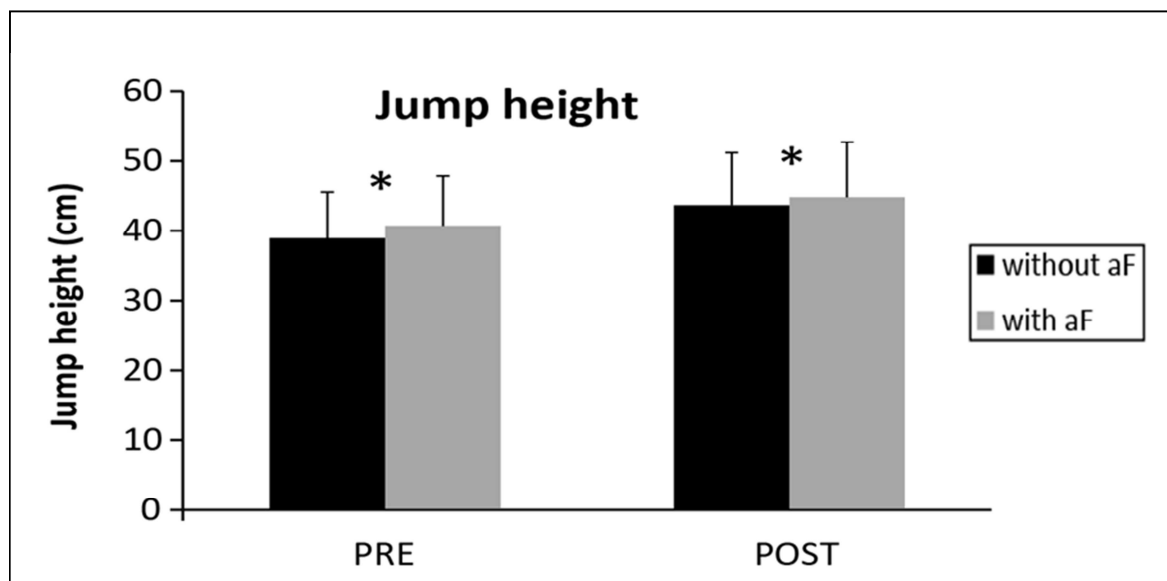


Abb. 6: Resultate aus Keller et al. (2012). Kurzfristige Veränderungen der Sprunghöhe unter Verwendung des augmented Feedbacks (aF). Augmented Feedback führt zu einer unmittelbaren Verbesserung der Sprunghöhe im Pre- sowie Post-Test (aus Keller et. al., 2012, S. 24).

Zusätzlich zu den Sprunghöhen wurde auch die Muskelaktivität bei den „Drop Jumps“ gemessen. Die EMG-Messung zeigte, dass die Muskelaktivität bei den exzentrischen Muskeln mit aF signifikant höher ist ($F_{1;68}=4.3$; $p<0.05$), als bei den Sprüngen ohne verstärkendes Feedback (siehe Abbildung 7).

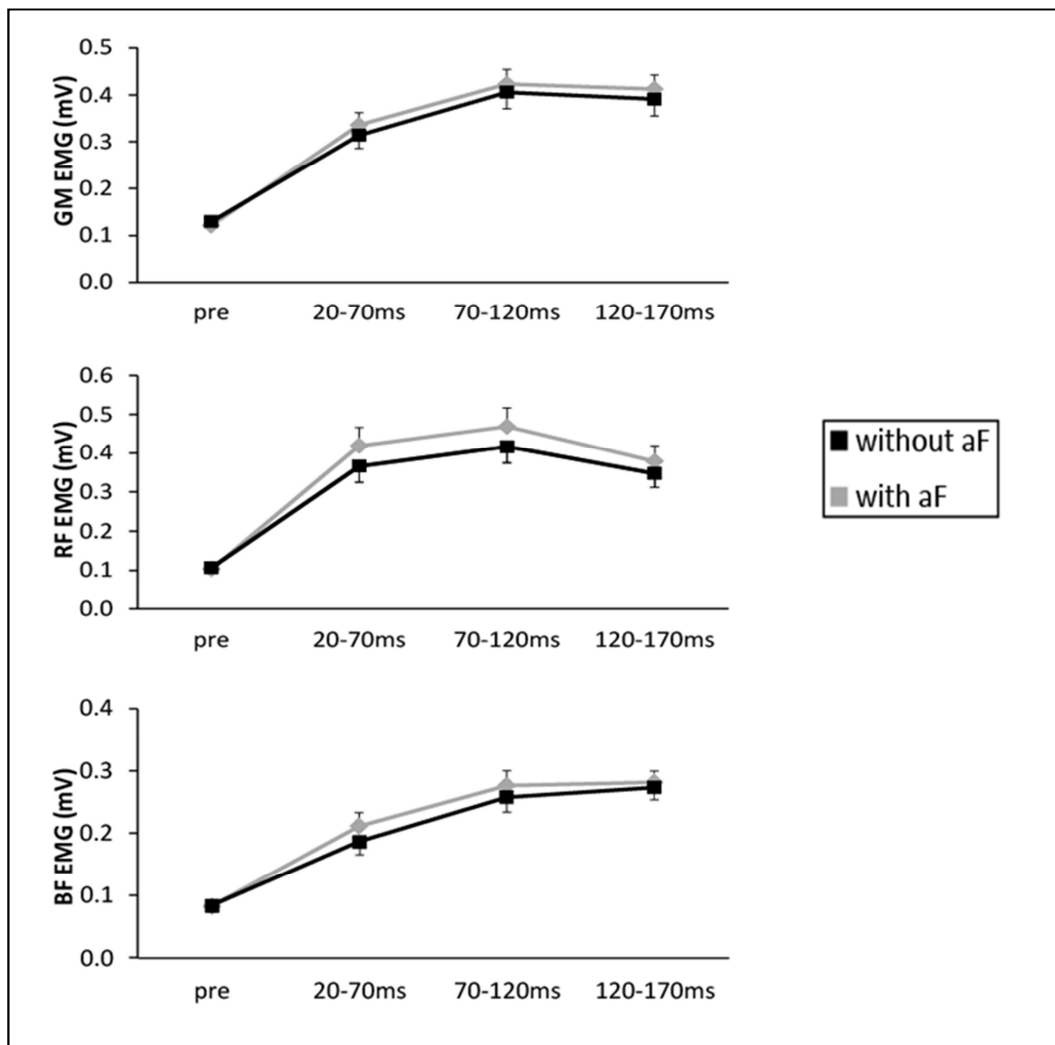


Abb. 7: Resultate aus Keller et al. (2012). Kurzfristige Veränderungen (Pre-Test) bei der Muskelaktivität unter Verwendung des augmented Feedbacks (aF). Muskelaktivität für den m. gastrocnemius medialis, m. rectus femoris und m. biceps femoris waren umgehend erhöht beim aF. Die Daten zeigen den Standardfehler (aus Keller et al., 2012, S. 24).

2.2.3 Erklärungsansätze zu den Vorteilen des verstärkenden Feedbacks

Wulf (2009) beschäftigte sich auch mit dem aF. Sie geht davon aus, dass Rückmeldungen zum Beispiel einer Zweitperson entweder einen iAF oder einen eAF induzieren. Die Autorin geht davon aus, dass eine Rückmeldung über die Bewegungszeit, Endposition oder erreichte Punktzahl, also ein KR, einen externen Fokus induzieren würde. Sie spekuliert, dass ein KR die Aufmerksamkeit der Probanden auf einen externen Aufmerksamkeitsfokus lenkt und deshalb bessere Werte erzielt (gemäß Moran et al., 2012). Aufgrund dieser Folgerung könnte man nun davon ausgehen, dass die tiefere Sprunghöhe bei den Probanden ohne augmented Feedback zu einem internen Aufmerksamkeitsfokus geführt hat. Keller et al. (2012) meinten jedoch, dass

dies eher unwahrscheinlich ist, da die Probanden nicht explizit dazu instruiert wurden.

Figoni und Morris (1984) versuchten die positiven Auswirkungen des aF einerseits anhand des Informationsverarbeitungsprozesses des gleichzeitig angezeigten Feedbacks zu erklären. Andererseits wiesen Figoni und Morris (1984) darauf hin, dass wahrscheinlich motivationsbedingte Effekte die Sprungleistung erhöhen. Zu letzterer Begründung kamen auch Keller et al. (2012) in ihrem Versuch. Da in dieser Studie das verstärkende Feedback nicht gleichzeitig, sondern nach der Bewegung gezeigt wurde, konnten die besseren Resultate mit aF nicht mit der Theorie des gleichzeitig verarbeitenden Feedbacks begründet werden. Wenn Menschen wissen, dass sie ein verstärkendes Feedback nach der Ausführung erhalten werden, geben sie sich nach Ansicht der Autoren mehr Mühe und erreichen eine höhere Intensität. Bisher war jedoch noch keine Studie in der Lage, den Effekt von Motivation und Informationsverarbeitung innerhalb einer Studie klar zu trennen. So könnte es folglich sein, dass unmittelbar gezeigtes Feedback sowohl die Motivation erhöht, aber gleichzeitig auch durch eine verbesserte Informationsverarbeitung zu einer erhöhten Leistung führt. Auch weitere Studien konnten in ihren Untersuchungen herausheben, dass gegebene Instruktionen einen grossen, motivierenden Einfluss auf die Leistung der Probanden haben können (Baltzopoulos, Williams, & Brodie, 1991; Hopper et al., 2003) und deswegen möglichst standardisiert angewendet werden sollen, um die Effekte zu minimieren (Hopper et al., 2003).

Wie im vorhergehenden Kapitel zur „focus of attention“- Theorie beschrieben wurde, konnte in verschiedenen Studien nachgewiesen werden, dass bei Bewegungsaufgaben ein eAF effektiver als ein iAF (Wulf, Shea, & Lewthwaite, 2010) war und zudem tiefere Muskelaktivität aufwies (Wulf et al., 2010). Ähnliche Resultate konnten in anderen Bewegungen, wie einfachen Kraftproduktionsaufgaben (Lohse, Sherwood, & Healy, 2011) oder Dart-Wurf Tests (Lohse, Sherwood, & Healy, 2010), nachgewiesen werden. Konträr dazu zeigte die Studie von Keller et al. (2012), dass die bessere Sprungleistung mit aF mit einer erhöhter Muskelaktivität einhergingen. Folglich spekulieren die Autoren, dass ein veränderterer Aufmerksamkeitsfokus weniger stark verantwortlich für die beobachteten Effekte in dieser Studie waren. Aus der Sicht von Keller und Kollegen (2012) ist es viel wahrscheinlicher, dass die motivierenden Ein-

flüsse mit dem augmented Feedback zu einer verbesserten Sprunghöhe führen. Aufgrund der grösseren Motivation der Probanden durch die Verwendung des aF, wird die Intensität der Trainings erhöht und so auch Langzeiteffekte erzielt. Für die Langzeiteffekte wird nebst den motivationsbedingten Faktoren auch spekuliert, dass die Probanden während den Trainings gelernt haben, die Bewegungskontrolle zu verbessern (Salmoni, Schmidt, & Walter, 1984; Schmidt & Lee, 2011). Die Anwendung des aF im Training über mehrere Wochen hinweg könnte den Versuchspersonen geholfen haben, die beste Strategie für die Bewegungsausführung zu evaluieren. Keller et al. (2012) kommen zum Schluss, dass aF die Probanden zu einem optimalen Bewegungsprogramm geführt haben könnte und die Ausführung verbessert hat, aber dass vor allem die Motivation mit dem aF auch langfristig eine grosse Rolle spielt.

Zu den zugrunde liegenden Mechanismen, die erklären wie die kurzfristigen und langfristigen Effekte des aF zustande kommen, kann nur spekuliert werden. Zusammenfassend ist die Erkenntnis der Studie von Keller et al. (2012), dass die Sprungleistung mit der Methode des augmented Feedbacks verbessert wird, von zentraler Bedeutung. Die Verwendung eines aF ist eine effiziente Methode um kurzfristige und langfristige Effekte bei Sprungtrainings zu erzielen.

2.3 Ziel und konkrete Fragestellung

Wie im vorangegangenen Kapitel Hintergrund und Ausgangslage beschrieben, wird in der motorischen Aufmerksamkeitsforschung zwischen einem internen und einem externen Aufmerksamkeitsfokus unterschieden. Mit einem eAF konnten bessere Leistungen in verschiedenen Bewegungsaufgaben gemessen werden. Forscher empfehlen deshalb, den wirkungsvolleren eAF vermehrt in der Praxis, wie in der Physiotherapie oder in Trainings, einzusetzen. Unter anderem konnte Porter et al. (2012) und Wulf et al. (2007) mit einem eAF bessere Weiten, respektive Höhen, bei maximalen Sprüngen beobachten. Zudem konnte bei Studien unter der Bedingungen des eAF tiefere muskuläre Aktivität gemessen werden (Wulf et al., 2010). Diese Erkenntnisse bestärken die „constrained-action Hypothese“ von Wulf, dass die Bewegungen mit dem eAF effizienter ausgeführt werden und deshalb zu besseren Leistungen führen.

Andere Forscher (Keller et al. 2012, Moran et al. 2011, Ekblom & Eriksson 2011) konnten aufzeigen, dass die Leistung bei einer Bewegungsaufgabe besser wird, wenn der Proband ein externes, verstärkendes Feedback erhält. Keller et al. (2012) zeigten auf, dass augmented Feedback kurzfristige und auch langfristige Auswirkungen auf die Sprunghöhe hat. Hierbei konnte jedoch mit der Bedingung augmented Feedback eine erhöhte Muskelaktivität festgestellt werden. Die unterschiedlichen Resultate wurden hauptsächlich mit motivationsbedingten Faktoren versucht zu erklären. Zusammenfassend kann daher gefolgert werden, dass sowohl verstärkendes Feedback als auch die Wahl des Aufmerksamkeitsfokus einen erheblichen Einfluss auf die Leistung nehmen können.

Die beiden nach Wulf definierten Aufmerksamkeitsfokusse iAF und eAF sollen in ihrer Wirksamkeit gegenüber der Bedingung aF verglichen werden. So sollen anhand von „Counter Movement Jumps“ die Sprunghöhe für die drei Bedingungen (iAF, eAF, aF) gemessen werden, um herauszufinden, welche Instruktion zum besten Ergebnis führt. Falls Unterschiede in der Sprunghöhe gemessen werden können, stellt sich die Frage, wie diese Differenzen zu Stande kommen. Wie das vorhergehende Kapitel beschreibt, geht Gabriele Wulf davon aus, dass Bewegungen unter der Instruktion eines eAF ökonomischer ausgeführt werden als unter einer Bedingung des iAF, da

man weniger Muskelaktivität nachgewiesen hat (Wulf et al., 2010; Zachry et al., 2005). Im Gegensatz dazu besagt die Studie von Keller und Kollegen (2012), dass die Muskelaktivität unter dem aF erhöht ist. Auch wird in der Literatur kontrovers diskutiert, ob ein eAF höhere Kraftpeakwerte aufweist und deswegen bessere Leistungen generiert (Wu, Porter, & Brown, 2012; Wulf, 2013). Es kann angenommen werden, dass die neuromuskulären Organisationsmechanismen zur Erklärung der Resultate beitragen und eine wichtige Rolle, um allfällige Ergebnisse erklären zu können, einnehmen. Deshalb soll herausgefunden werden, wie sich die neuromuskuläre Organisation (EMG Aktivität und Bodenreaktionskräfte) beim iAF und eAF im Vergleich mit dem verstärkenden Feedback verhalten.

Die Hypothesen lauten dementsprechend:

- (1) Die Bedingung aF erzielt die besten Ergebnisse bei maximalen Sprüngen gefolgt vom eAF und dem iAF.
- (2) Die Bedingung aF erzielt die höchsten und die Bedingung eAF die tiefsten Werte bei der EMG-Aktivität der Beinmuskulatur

Die konkreten Fragestellungen lauten:

- (1) „Gibt es bezüglich der durchschnittlich erzielten Sprunghöhe einen Unterschied zwischen den drei Bedingungen iAF, eAF und aF bei „Counter Movement Jumps“?
- (2) „Gibt es bezüglich der durchschnittlichen neuromuskulären Beinaktivität einen Unterschied zwischen den drei Bedingungen iAF, eAF und aF bei „Counter Movement Jumps“?

3. Methode

3.1 Untersuchungsgruppen

Die Untersuchungsgruppe setzte sich aus sportlichen Personen zwischen 21 und 38 Jahren zusammen. Dabei wurden sieben Frauen und 12 Männer gemessen ($n=19$; Alter in Jahren: 27.52 ± 4.23 ; Grösse in cm: $174,38 \pm 8.41$; Gewicht in kg: 69 ± 11.73). Eine Person sprach Englisch, die anderen Deutsch. Keiner der Probanden absolvierte kürzlich ein systematisch geführtes Sprungtraining oder ein intensives Krafttraining. 13 Probanden schlossen das Bachelorstudium Sport an der Hochschule für Sport in Magglingen ab und absolvierten zur Zeit der Untersuchung das Masterstudium Sportwissenschaft Option Unterrichten an der Universität in Fribourg. Diese Testpersonen hatten alle bereits Grundlagenvorkenntnisse im Bereich Bewegungslernen inklusive den Themen Aufmerksamkeitsfokus und aF. Die Probanden wurden vor dem Test kaum über den Versuch informiert. Lediglich das Thema „Aufmerksamkeitsfokus“ und die Versuchsmethoden „Sprünge auf der Kraftmessplatte“ sowie „Messung mit Elektromyografie“ wurden im Voraus kommuniziert. Die Probanden wurden gebeten Sportbekleidung mitzunehmen. Zu Beginn der Studie wurden alle Testpersonen über den Ablauf und das Verfahren informiert. Das Ziel der Studie wurde den Probanden aufgrund von motivationsabhängigen Faktoren erst nach der Untersuchung mitgeteilt. Alle Testpersonen unterschrieben vor dem Test eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie und zur Datenverwendung (siehe Anhang).

3.2 Untersuchungsdesign und Instruktionen

Die Studie wurde designt, um einerseits die Wirksamkeit der von Wulf definierten Aufmerksamkeitsfokusse iAF und eAF gegenüber der Bedingung aF bei CMJs vergleichen zu können, andererseits um die neuromuskulären Unterschiede für die drei Bedingungen (iAF, eAF und aF) zu messen. Die Messungen wurden alle im bewegungswissenschaftlichen Labor der Universität Freiburg durchgeführt.

Zu Beginn wurden die Probanden kurz über den Ablauf der Messungen informiert, bevor die Muskelaktivitätsmessungen vorbereitet wurden. Um Störungen bei den

Sprünge aufgrund der Verkabelung zu vermeiden, dienten ein Strumpf und Klebeband zur Befestigung der Kabel.

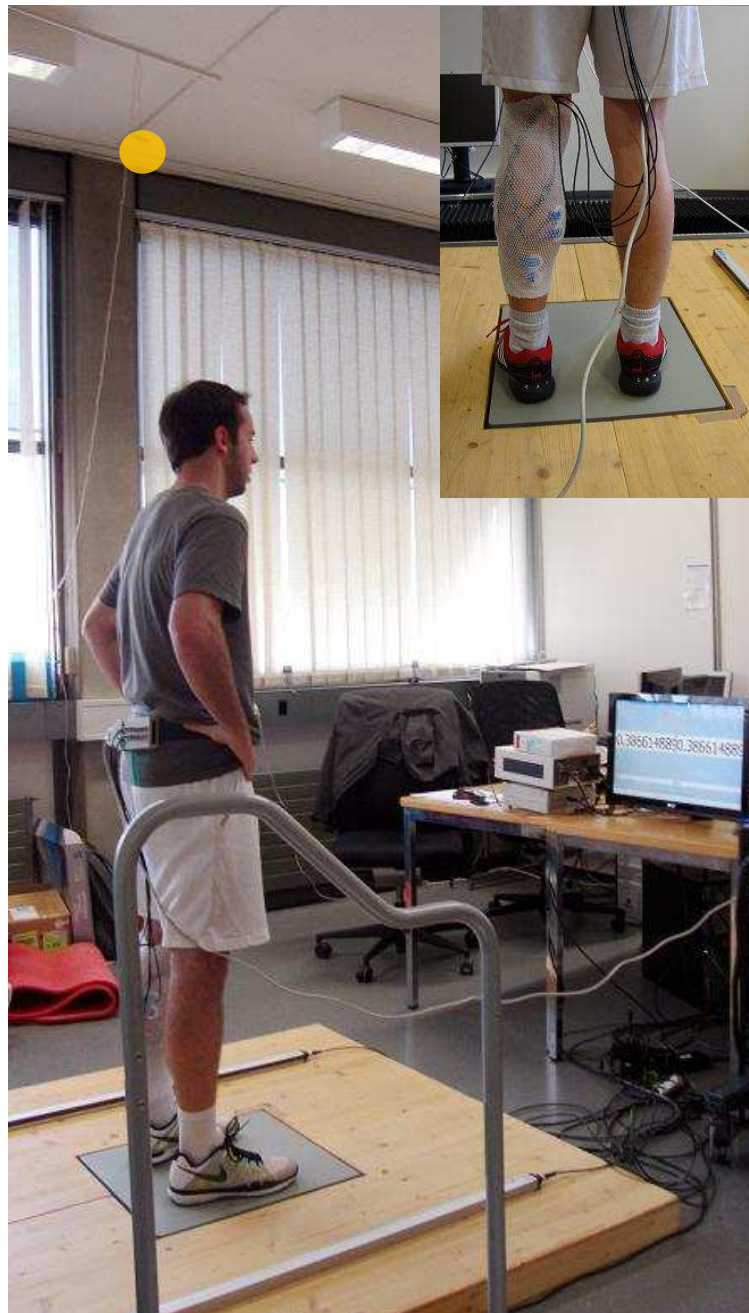


Abb. 8: Versuchsanordnung (Aufgrund besserer Darstellung wurde ein gelber Ball in die Grafik hineingezeichnet.)

Während einer kurzen individuellen Mobilisationsphase der Probanden wurden die Signale der Muskeln, sowie das Signal der Lichtschranke überprüft. Zuerst wurden die Probanden aufgefordert 3-4 Testsprünge zu absolvieren, um sich an das Sprungverfahren und an die Bedingungen wie Bodenbeschaffenheit, EMG-Verkabelung und Labor Umgebung zu gewöhnen. Vor dem ersten aufgezeichneten Sprung, wurde die Kraftmessplatte jeweils kalibriert. Der Eingangstest bestand aus fünf maximalen

„Counter Movement Jumps“ ohne spezielle Instruktion. Die Versuchspersonen wurden aufgefordert, so hoch wie möglich zu springen. Danach startete das Hauptprotokoll mit total 12 Serien an je acht Sprüngen. Die Bedingung iAF benötigte keine weiteren Einrichtungen. Für die Bedingung eAF wurde ein Ball mit einer selbst konstruierten Hängevorrichtung über der Testperson aufgehängt. Das Zielobjekt wurde so platziert, dass es nicht im Blickfeld der Testperson und dementsprechend nicht als Referenzobjekt für die Probanden, ihre Höhe in Bezug zum Ball selbst einzuschätzen, dienen konnte. Dazu wurde der Ball jeweils für jede Person individuell in der Höhe eingestellt, so dass der Scheitel bei einem maximalen Sprung etwa 5 Zentimeter davon entfernt war, wenn der Springer den Umkehrpunkt der Flugkurve erreicht hatte. Die Probanden kamen so nie in Kontakt mit dem Ball und hatten deshalb keine Rückmeldung über ihre erreichte Sprunghöhe und Leistung, wie es von Wulf (2013) empfohlen wird. Die Probanden erhielten beim iAF und eAF kein verstärkendes Feedback zu ihrer Sprungleistung. Nur bei der dritten Bedingung wurde den Probanden Feedback bezüglich der erzielten Sprunghöhe gegeben. Hierzu wurde ihnen auf einem Bildschirm (22 inch Bildschirm mit Fontgrösse 72) die Sprunghöhe in einer Zentimeterangabe nach Durchführung des Sprunges rückgemeldet.

Die drei Serien (iAF, eAF und aF) wechselten sich regelmässig ab. So wurden schliesslich je vier Serien pro Instruktion gesprungen. Um eine Verfälschung der Resultate durch Ermüdung zu vermeiden, wurde auch die Reihenfolge der Serien randomisiert und nach jedem Probanden gewechselt. Als letztes wurden wiederum fünf maximale Sprünge als Ausgangswert gemessen. Die Testpersonen wurden angehalten, mindestens fünf Sekunden zwischen den einzelnen Sprüngen zu warten und eine Sitzpause von 90 Sekunden zwischen den Serien einzulegen. Zwischen den Serien konnten sich die Probanden hinsetzen und sich verpflegen. Das Untersuchungsprotokoll ist in Tabelle 1 grafisch dargestellt.

Tab. 1: Untersuchungsprotokoll

Was	Inhalt / Instruktion	Zeit
Instruktion	<ul style="list-style-type: none"> - Testverfahren - Messungen - Einverständniserklärung, Unterschreiben 	10'
Vorbereitung EMG	<ul style="list-style-type: none"> - rasieren - reinigen - verkleben - verkabeln 	10'
Vorbereitung Sprung	<ul style="list-style-type: none"> - individuelles Aufwärmen der Beinmuskulatur (kleine Sprünge, Kniebeugen usw.) - Alle Muskelsignale überprüfen - 3-4 Testsprünge - kalibrieren 	5'
Eingangssprünge	5 maximale Sprünge ohne Instruktion	2'
Hauptprotokoll	Serie 1, 8 Sprünge iAF Serie 2, 8 Sprünge eAF Serie 3, 8 Sprünge aF Serie 4, 8 Sprünge iAF Serie 5, 8 Sprünge eAF Serie 6, 8 Sprünge aF Serie 7, 8 Sprünge iAF Serie 8, 8 Sprünge eAF Serie 9, 8 Sprünge aF Serie 10, 8 Sprünge iAF Serie 11, 8 Sprünge eAF Serie 12, 8 Sprünge aF	40'
Ausgangssprünge	5 maximale Sprünge ohne Instruktion	2'
Verabschiedung	Entkabelung	5'

Die Ausführung der CMJs wurde demonstriert und instruiert. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, dass sie auf folgende Merkmale bei der Ausführung achten sollten: Hände in der Hüfte, Absprung über die Zehen und immer gleich ausgeführte Ausholbewegung und Landung, die abgefedert wird. Für die Definition der genauen Wortwahl der Instruktion, wurde die Studie von Porter et al. 2010 zu Standweitsprün-

gen und Aufmerksamkeitsfokusse beigezogen. Gemäss dem Versuch von Porter et al. (2010) wurden die Instruktionen zu den verschiedenen Bedingungen erteilt. Die Instruktionen für die Untersuchung wurden wie folgt angepasst.

Tab. 2: Vergleich der Instruktionen des internen Aufmerksamkeitsfokus (iAF) und des externen Aufmerksamkeitsfokus (eAF) mit der Studie von Porter et al., 2010.

	Porter et al., 2010	Gottschalk, 2013
Interner Fokus	"When you are attempting to jump as far as possible, I want you to focus your attention on extending your knees as rapidly as possible".	„Wenn du versuchst so hoch wie möglich zu springen, konzentriere dich darauf, deine Beine beim Absprung so schnell wie möglich zu strecken“.
Externer Fokus	"When you are attempting to jump as far as possible, I want you to focus your attention on jumping as far past the start line as possible."	"Wenn du versuchst so hoch wie möglich zu springen, versuche den Ball mit deiner Schädeldecke zu berühren“.
Augmented Feedback		„Wenn du versuchst so hoch wie möglich zu springen, versuche einen möglichst hohen Wert auf dem Bildschirm zu erreichen“.

Die Instruktionen wurden jeweils vor einer Serie nochmals wiederholt. Während einer Serie wurden zur Erinnerung zwei bis dreimal, als Verstärkung des Aufmerksamkeitsfokus, die Inputs wiederholt. Dabei wurden die Probanden auch verbal motiviert, die Intensität der Sprünge maximal zu halten. Es wurde darauf geachtet, dass die Instruktionen und Verstärkungen in etwa der gleichen Häufigkeit und in einem gleichen motivierenden Ton gegeben wurden.

3.3 Untersuchungsinstrumente

Im Folgenden werden die verschiedenen Methoden detailliert beschrieben. Die Untersuchungsinstrumente beschränkten sich auf drei Bereiche. Da für die Bedingung aF eine schnelle Methode zur Sprunghöhenanzeige erforderlich war, wurde die Methode der Sprunghöhenmessung über eine Lichtschranke (MLGE2, SICK AG, Waldkirch, Germany) gewählt. Die Lichtschranke mass die Dauer der Flugphase des Sprunges. So konnte die Sprunghöhe schnell auf einem Bildschirm angezeigt wer-

den. Die Werte der Bodenreaktionskräfte wie des Kraftpeaks (F_{\max}), des tiefsten Kraftwerts (F_{\min}) in vertikaler Richtung, sowie die zeitliche Dauer zwischen F_{\max} resp. F_{\min} und dem Absprung, wurden mittels einer 508 * 646 mm Kraftmessplatte (OR6-7 force platform; Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA) gemessen. Die Kraftmessplatte im Bewegungswissenschaftslabor in Freiburg ist mit einer Holzkonstruktion erweitert worden, um eine grössere, ebene Landefläche zu haben. Die Methode der Elektromyografie (EMG) erlaubte die Muskelaktivität zu messen. Mit dem kinesiologicalen EMG wird die willkürliche Muskelaktivierung bei funktionellen Bewegungen untersucht. Bei einer Kontraktion eines Muskels entsteht durch die Depolarisation und Repolarisation der Muskelfasermembrane ein Aktionspotenzial. Dieser monopolare elektrische Impuls kann mit Hilfe der EMG Methode mit aufgeklebten Elektroden aufgezeichnet werden. Für den Versuch wurden vier Muskeln mit je zwei Oberflächenelektroden (Blue Sensor P, Ambu A/S, Ballerup, Dänemark) versehen. Die EMG Aufzeichnung wurde für die Muskeln M. soleus (SOL), M. gastrocnemius medialis (GM), M. tibialis anterior (TA), M. vastus medialis (VA) des linken Beines mit einer eigen angefertigten Einrichtung (EISA, University of Freiburg, Germany) gemessen. Die Qualität der EMG-Messung hängt von der korrekt durchgeführten Präparation der Haut sowie der Elektrodenpositionierung ab. Die Vorbereitung der EMG und die Platzierung der Elektroden wurden gemäss den Richtlinien von SENIAM (Hermens et al., 2000) durchgeführt. Durch die Hautvorbereitung wurde versucht den Hautleitwiderstand (Impedanz) so gering wie möglich zu machen, um einen stabilen Elektrodenkontakt zu erhalten. So wurde die Haut der Probanden rasiert, mit einem Sandpapier aufgerieben und gereinigt, um einen minimalen Leitwiderstand zu erreichen. Eine Referenzelektrode wurde auf der Haut über dem Tibiaschaft befestigt. Die Referenzelektrode diente so als Bezugspunkt und wies ein konstantes Gleichgewichtspotential auf. Die Signale der EMG wurden vorverstärkt (Faktor 1000) und mit einem Bandpassfilter (10-1000 Hz) gefiltert.

3.4 Datensammlung und -aufbereitung

Alle Signale wurden auf einer Festplatte für offline Analyse mit einer eigens angefertigten Software (LabView® based National Instruments®, Austin, Texas, USA) gespeichert. Die individuelle, angefertigte Software berechnete die Sprunghöhe anhand

der Sprunghöhenformel $= 1/8 \cdot g \cdot t^2$, wobei g die Beschleunigung der Schwerkraft und t die Dauer der Flugphase repräsentiert.

Für die weitere statistische Analyse wurden zuerst die Mittelwerte der einzelnen Probanden pro Bedingung berechnet. In einem weiteren Schritt wurden mit diesen Ergebnissen die Mittelwerte aller Probanden pro Bedingung zusammengetragen. Als letztes wurden für alle Variablen jeweils die drei Bedingungen (eAF, iAF und aF) miteinander verglichen. Die Kraftwerte (N) wurden über die Kraftmessplatte aufgezeichnet. Folgende Grafik (Abbildung 9) erläutert die zu berechnenden Faktoren für die Bodenreaktionskräfte.

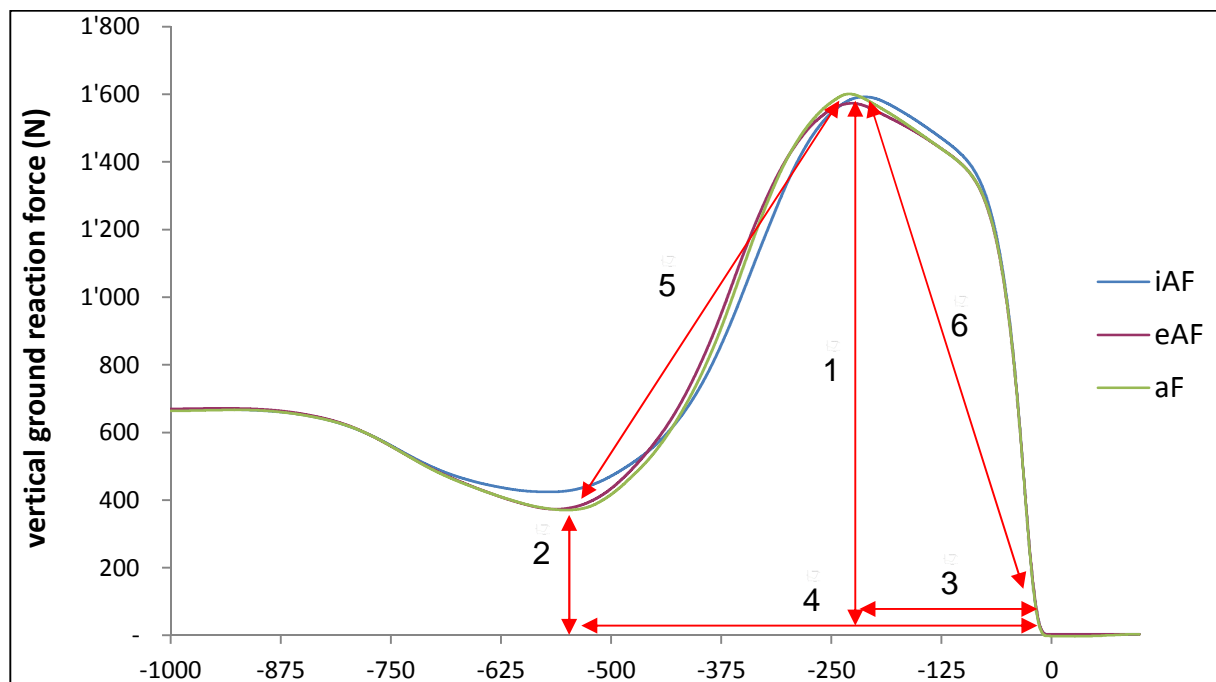


Abb. 9: Die zu berechnenden Faktoren der Kraftproduktionsmessung dargestellt in „vertical ground reaction force“ (N).

Zum einen wurden die maximale Kraftaufwendung F_{max} (1), sowie die minimale aufgewendete Kraft F_{min} (2) für die drei verschiedenen Instruktionen verglichen. Die Komponente der zeitlichen Unterschiede zwischen F_{max} (3), respektive F_{min} (4) und dem Absprung, wurden auch für die drei Bedingungen verglichen. Zwei Berechnungen zur Kraftentwicklung wurden durchgeführt. Einerseits wurden die Werte MIN zu MAX pro Millisekunde für die Kraftdifferenz zwischen F_{min} und F_{max} geteilt durch die zeitliche Differenz von F_{min} zu F_{max} ($(F_{max} - F_{min}) / (t_{min} - t_{max})$) ausgerechnet und unter den Bedingungen verglichen (5). Weiter wurde die Kraftentwicklung pro

Millisekunde von F_{\max} bis zum Verlassen des Bodens ($=F_{\max}/t_{\max}$) ausgerechnet und unter den verschiedenen Bedingungen verglichen (6).

Weiter wurden die Muskelaktivitätskurven der einzelnen Bedingungen übereinandergelegt und miteinander verglichen. Der Absprung wurde als Null-Zeit definiert $t=0$ (take off). So ergaben die Aktivitäten vor dem Absprung einen negativen Wert und die neuromuskuläre Aktivität nach dem Absprung einen positiven Wert. Die EMG Amplitude wurde durch die Entfernung der Offset-Spannung (Nullpunktfehlerkorrektur) korrigiert. Zudem wurde die Muskelaktivität in fixen 50 ms andauernden Zeitfenstern anhand einer RMS (root mean square) Kalkulation evaluiert. Somit wurden die Zeitfenster (0 bis -50ms, -50 ms bis -100 ms, etc.) analysiert.

3.5 Statistik

Für die Untersuchungsauswertung wurde die deskriptive und schliessende Statistik angewendet. Mit dem Statistikprogramm SPSS (IBM SPSS Statistics 20, IBM Corporation, Armonk, New York, USA) wurden die Daten in einer statistischen Berechnung evaluiert. Für jeden zu berechnenden Faktor wurde eine ANOVA Berechnung durchgeführt, um die Messwerte der drei Bedingungen iAF, eAF und aF zu vergleichen. Für die EMG-Analysen wurden mehrfaktorielle ANOVAs mit den Faktoren „Zeit“ und „Bedingung“ gerechnet. Auch für den Vergleich der ersten Sprünge der Serien mit den fünften Sprüngen der Serien wurde eine mehrfaktorielle ANOVA mit den Faktoren Zeit (Sprung 1 vs. Sprung 5) und Bedingung (iAF vs. eAF vs. aF) gerechnet. Im Fall von einem signifikanten Unterschied wurde ein t-Test durchgeführt und mit der Bonferroni-Korrektur des Signifikanzniveaus für Mehrfachvergleiche genauer analysiert. Allfällige Signifikanzen wurden mit den errechneten p-Werten aus den Resultaten der ANOVAs und der folgenden Tabelle bestimmt. Bei allen Tests wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0.05$ festgelegt.

Tab. 3: Zusammenhang von Wahrscheinlichkeit p und Signifikanz.

Errechnete Wahrscheinlichkeit	Signifikanz
$p \geq 0.05$	nicht signifikant
$p < 0.05$	signifikant
$p < 0.01$	hoch signifikant

4. Resultate

Die Resultate der wichtigsten Variablen (Sprunghöhe, Fmax, Fmin, zeitliche Unterschiede und Kraftentwicklungsberechnungen) zu den drei Messbedingungen (iAF, eAF, aF) sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4: Mittelwerte der wichtigsten Variablen zu den drei Messbedingungen (iAF, eAF und aF) und Signifikanzwert der jeweiligen ANOVA. Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden ($n = 19$), *Signifikanter Unterschied ($\alpha = 0.05$), ***höchst signifikanter Unterschied ($\alpha = 0.01$).

	iAF	eAF	aF	Sig.
	Mittelwert (Standardabweichung)			(1) iAF vs. eAF (2) iAF vs. aF (3) eAF vs. aF
Sprunghöhe (cm)	30.7 (6.91)	31.1 (6.80)	31.9 (7.26)	.0408 (1) * .0001 (2) *** .0002 (3) ***
Fmax (N)	1766.54 (379.63)	1752.27 (372.01)	1776.11 (407.51)	
Time to fmax (ms)	-0.246 (0.05)	-0.255 (0.05)	-0.257 (0.05)	.0034 (1) * .0076 (2) * .5169 (3)
Fmin (N)	178.17 (82.42)	153.78 (82.85)	149.798 (76.74)	.0134 (1) * .0091 (2) * .6712 (3)
Time to fmin (ms)	-0.518 (0.10)	-0.529 (0.09)	-0.524 (0.09)	
F-max to F-min (N/ms) (Differenz F/ Differenz time)	6.71 ± 2.11 N/ms	6.52 ± 2.06 N/ms	6.65 ± 2.17 N/ms	
F-max to take off (N/ms) (Fmax/Ftime)	7.48 ± 2.20 N/ms	7.17 ± 2.17 N/ms	7.17 ± 2.17 N/ms	.0731 (1) .0143 (2) * .9908 (3)

4.1 Sprunghöhe

Die Daten der Sprunghöhenmessung zeigen diverse signifikante Unterschiede ($F_{2;36}=22.59$; $p<0.001$) zwischen den drei Bedingungen (iAF vs. eAF vs. aF) auf.

Die grösste Sprunghöhe wurde unter der Bedingung des verstärkenden Feedbacks (32.0 ± 7.1 cm), gefolgt von der Instruktion des eAF (31.2 ± 6.7 cm) und der internen Fokus-Bedingung (30.7 ± 6.9 cm) gemessen. Diese Unterschiede ergaben allesamt Signifikanzen zwischen iAF vs. eAF ($p=0.041$), eAF vs. aF ($p=0.001$) und iAF vs. aF

($p=0.001$). Die folgende Abbildung zeigt die durchschnittliche Sprunghöhe in Zentimetern für die drei Bedingungen (iAF, eAF, aF).

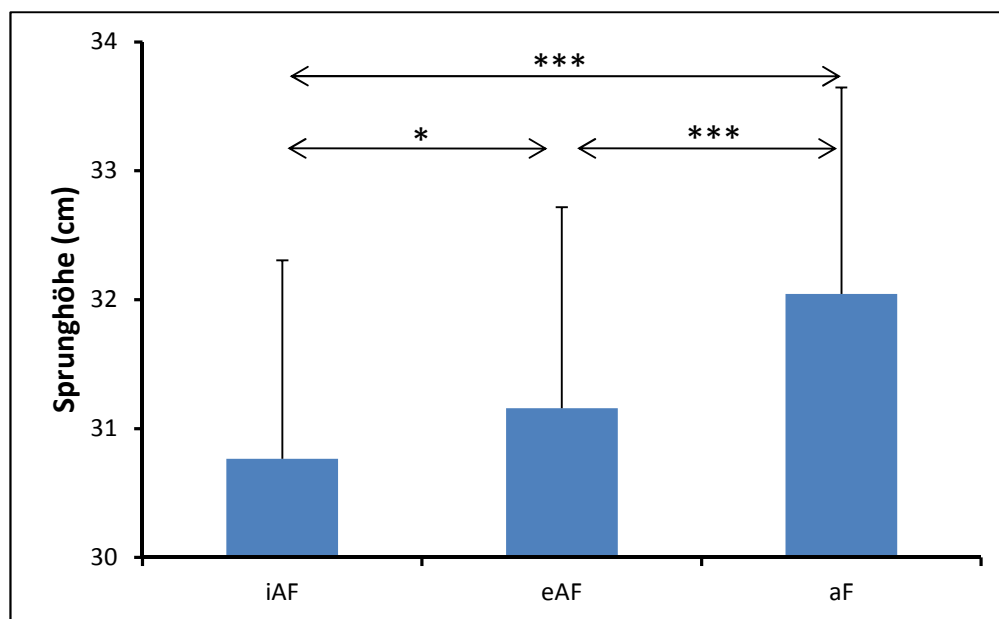


Abb. 10: Sprunghöhe (cm) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden ($n = 19$), *signifikanter Unterschied ($\alpha = 0.05$), ***höchst signifikanter Unterschied ($\alpha = 0.01$)

Die ANOVA des Vergleichs der ersten Sprünge mit den fünften Sprüngen der Serien zeigte, dass es Unterschiede zwischen den drei Versuchsvoraussetzungen gibt ($F_{2;36}=4.45$; $p=0.019$). Unter der Bedingung des iAF wurden im Vergleich mit dem eAF und aF bereits schon bei den Startsprüngen schlechtere Sprunghöhen gezeigt (31.2 ± 7.3 cm). Die Bedingungen eAF (31.88 ± 7.0 cm) und aF (31.86 ± 7.2 cm) zeigten ähnliche Mittelwerte der Sprunghöhe beim ersten Sprung der Serie. Bei allen drei Bedingungen verschlechterten sich die Probanden im fünften Versuch im Vergleich zu den ersten Sprüngen der Serien. Unterschiede zeigten sich jedoch in der Deutlichkeit der Verschlechterung. Beim externen Aufmerksamkeitsfokus (-1.01 cm, $p=0.007$), gefolgt vom internen Aufmerksamkeitsfokus (-0.61 cm, $p=0.001$), verschlechterten sich die Probanden signifikant. Beim augmented Feedback erreichten die Probanden mit den fünften Sprüngen nur um 0.1 cm nicht die Leistung in den ersten Sprüngen der Serien ($p=0.4$).

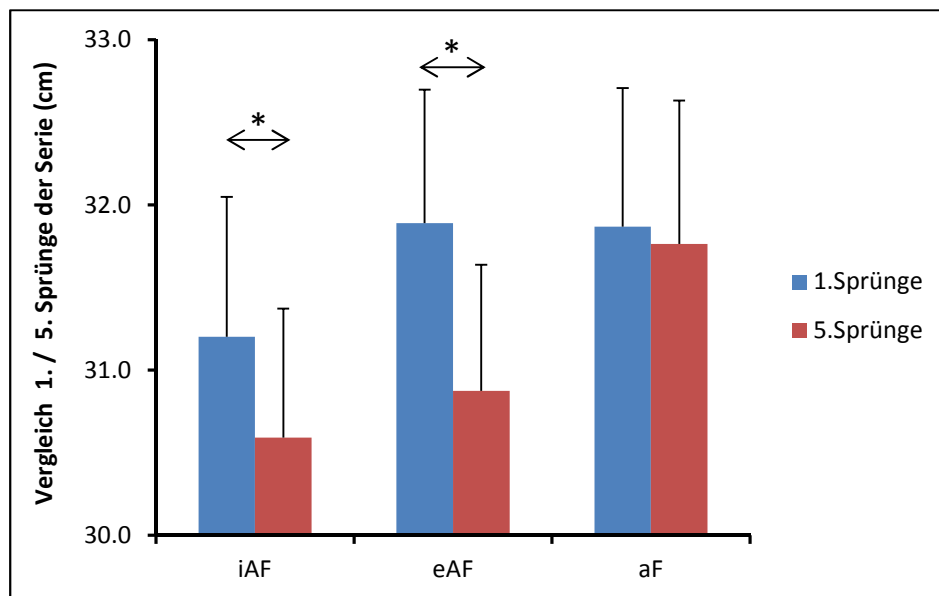


Abb. 11: Vergleich der Sprunghöhe (cm) zwischen den ersten und den fünften Sprüngen der Serien bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden ($n = 19$), *Signifikanter Unterschied ($\alpha = 0.05$).

4.2 Bodenreaktionskräfte

Beim Vergleich des maximalen Kraftaufwands (F_{\max}) zwischen den drei Bedingungen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden ($F_{2;36}=1.23$; $p=0.313$). Der Mittelwert des F_{\max} -Werts war bei der Bedingung aF am höchsten (1776.11 ± 407.51 N) und bei der Bedingung eAF (1752.27 ± 372.01 N) am tiefsten. Die Berechnung der ANOVA ergab jedoch keine signifikanten Unterschiede.

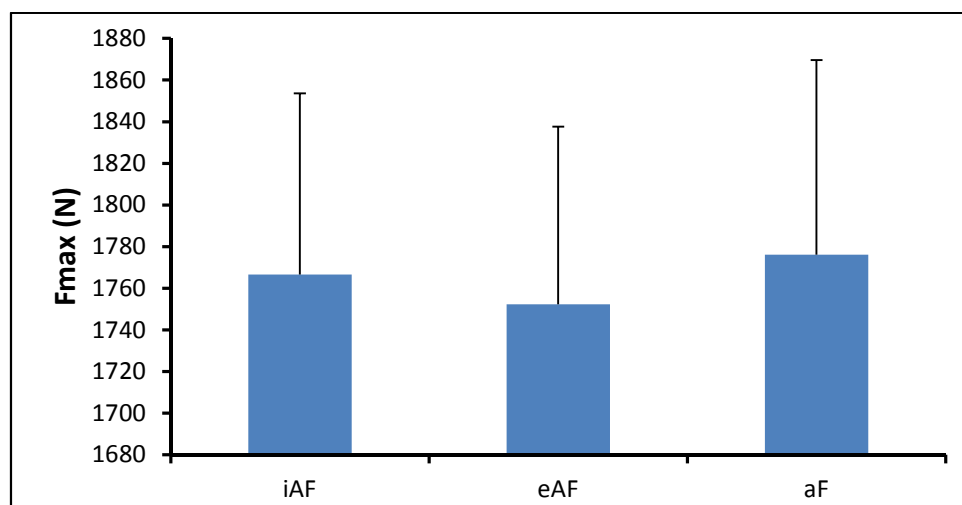


Abb. 12: F_{\max} (N) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden ($n = 19$), In der Grafik wurde aufgrund der Leserlichkeit der Standardfehler angegeben.

Die Sprünge unter der Bedingung des internen Aufmerksamkeitsfokus ergaben bei der Auswertung der Zeit zwischen dem maximalen Kraftwert und dem Absprung ($F_{2;36}=5.95$; $p=0.01$), die kürzeste Dauer (-0.246 ± 0.05 ms). Bei den Bedingungen eAF (-0.255 ± 0.05 ms) und aF (-0.257 ± 0.05 ms) waren die zeitlichen Abstände etwas länger. So ergab sich jeweils einen Signifikanzwert für den paarweisen Vergleich mit iAF vs. eAF ($p=0.034$) und iAF vs. eAF ($p=0.008$).

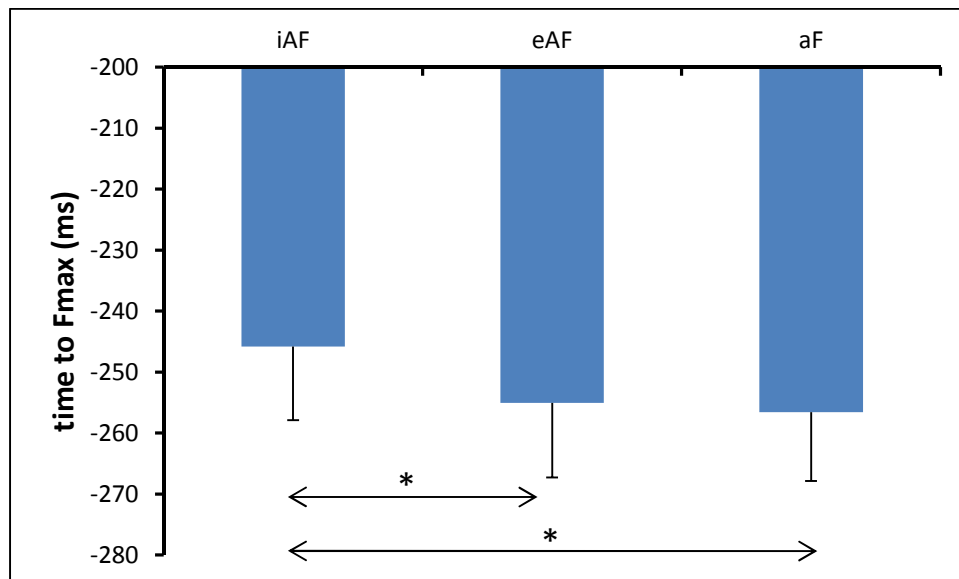


Abb. 13: time to Fmax (ms) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden ($n = 19$), *Signifikanter Unterschied ($\alpha = 0.05$). In der Grafik wurde aufgrund der Leserlichkeit der Standardfehler angegeben.

Eindeutig der höchste, durchschnittliche Fmin-Wert wurde unter der Bedingung des internen Fokus gemessen (178.17 ± 82.42 N). Die Probanden erreichten mit den Instruktionen des eAF (153.78 ± 82.85 N) und des aF (149.79 ± 76.74 N) klar eine tiefere durchschnittliche, minimale Kraftaufwendung. Die paarweisen Vergleiche für den Faktor Fmin haben ergeben ($F_{2;36}=5.46$; $p=0.01$), dass sowohl zwischen iAF und eAF ($p=0.013$), als auch zwischen iAF und aF ($p=0.009$) ein signifikanter Unterschied besteht, nicht aber zwischen eAF und aF.

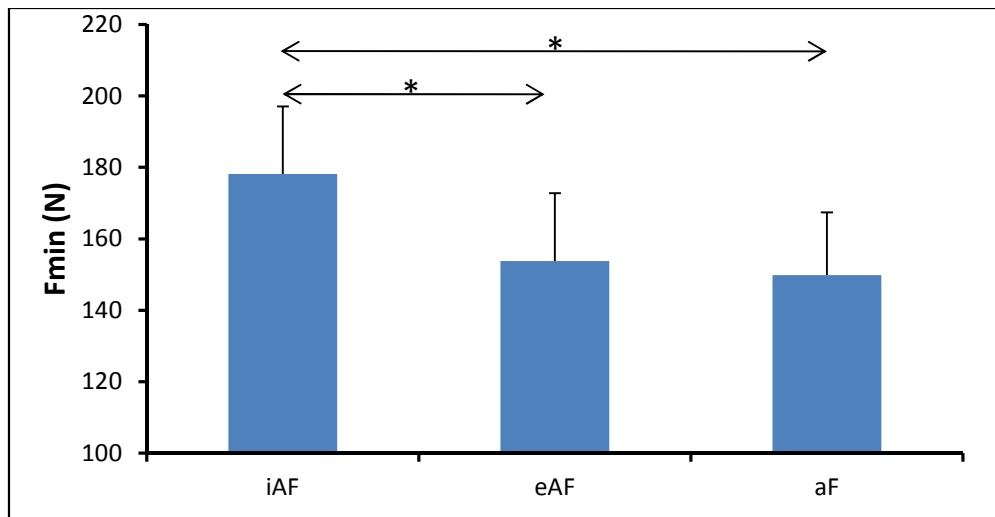


Abb. 14: time to Fmin (ms) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden ($n = 19$), *Signifikanter Unterschied ($\alpha = 0.05$). In der Grafik wurde aufgrund der Leserlichkeit der Standardfehler angegeben.

Die minimalen Kraftwerte der drei Bedingungen wurden alle ungefähr im selben zeitlichen Abstand zum Absprung gemessen und ergaben keine Unterschiede (iAF= -0.518 ± 0.10 ms, eAF= -0.529 ± 0.09 ms, aF= -0.524 ± 0.09 ms). Die ANOVA-Berechnung der Kraftentwicklung zwischen Fmin und Fmax konnte keine signifikanten Unterschiede feststellen ($F_{2;36}=1.08$; $p=0.351$). Jedoch sind die Kraftaufwände bei den Bedingungen eAF (6.52 ± 2.06 N/ms) und aF (6.65 ± 2.17 N/ms) deutlich tiefer als bei der Bedingung des iAF (6.71 ± 2.11 N/ms).

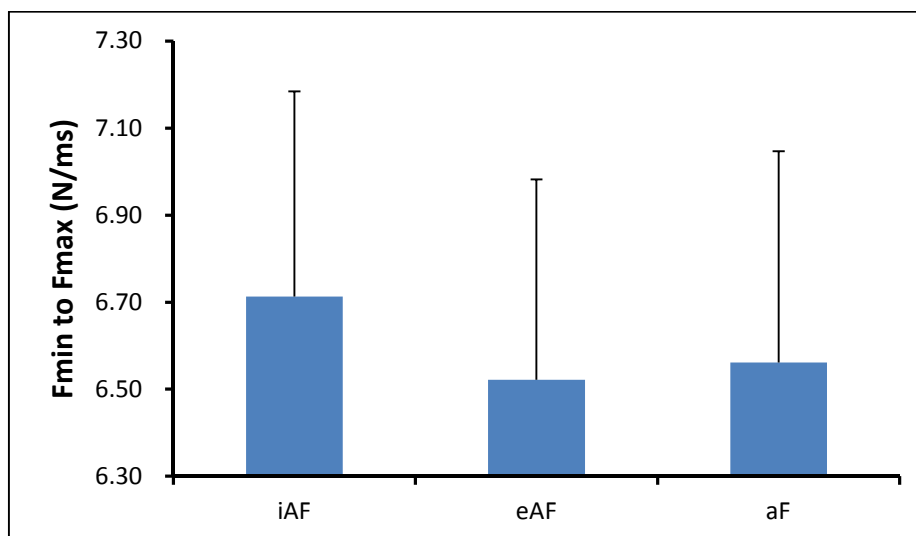


Abb. 15: Fmin to Fmax (N/ms) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden ($n = 19$). In der Grafik wurde aufgrund der Leserlichkeit der Standardfehler angegeben.

Bei der zweiten Kraftentwicklungsberechnung für den Zeitpunkt zwischen Fmax und Absprung ($F_{2;36}=3.30$; $p=0.048$) ergab sich, dass die Probanden mit dem iAF (7.48 ± 2.20 N/ms) mehr Kraft pro Millisekunde, als unter den Bedingungen mit dem eAF (7.17 ± 2.17 N/ms) und aF (7.17 ± 2.17 N/ms), produzierten. Hier ergab sich ein signifikanter Unterschied beim Vergleich der Bedingungen iAF und aF ($p=0.143$).

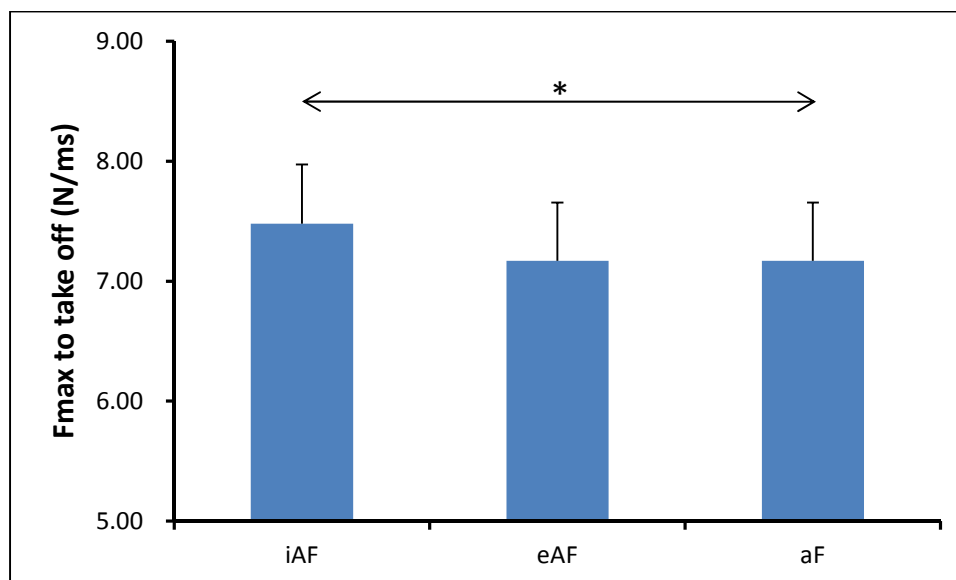


Abb. 16: Fmin to take off (N/ms) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden ($n = 19$), *Signifikanter Unterschied ($\alpha = 0.05$). In der Grafik wurde aufgrund der Leserlichkeit der Standardfehler angegeben.

4.3 Muskelaktivität

Die Muskelaktivitäten bei der Absprungbewegung der Beinmuskeln GM ($F_{22;594}=0.63$; $p=0.91$), TA ($F_{22;594}=0.32$; $p=0.1$), VA ($F_{11;396}=0.56$; $p=0.84$) und SOL ($F_{22;594}=0.07$; $p=0.1$) unterschieden sich unter den drei Bedingungen iAF, eAF und aF nicht signifikant. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Muskelaktivität bei der Absprungbewegung keinen Einfluss auf den Vergleich der verschiedenen Bedingungen hatte.

Aufgrund der Leserlichkeit und Übersichtlichkeit werden die Ergebnisse der Muskelaktivitätsmessung nicht im Detail dargestellt und nur die Aktivitätsprofile für die vier gemessenen Muskeln SOL, TA, VM, GM gezeigt. Die folgenden vier Abbildungen zeigen die einzelnen, durchschnittlichen EMG-Kurven eines einzelnen der vier Muskeln aller Probanden für die drei Untersuchungsbedingungen.

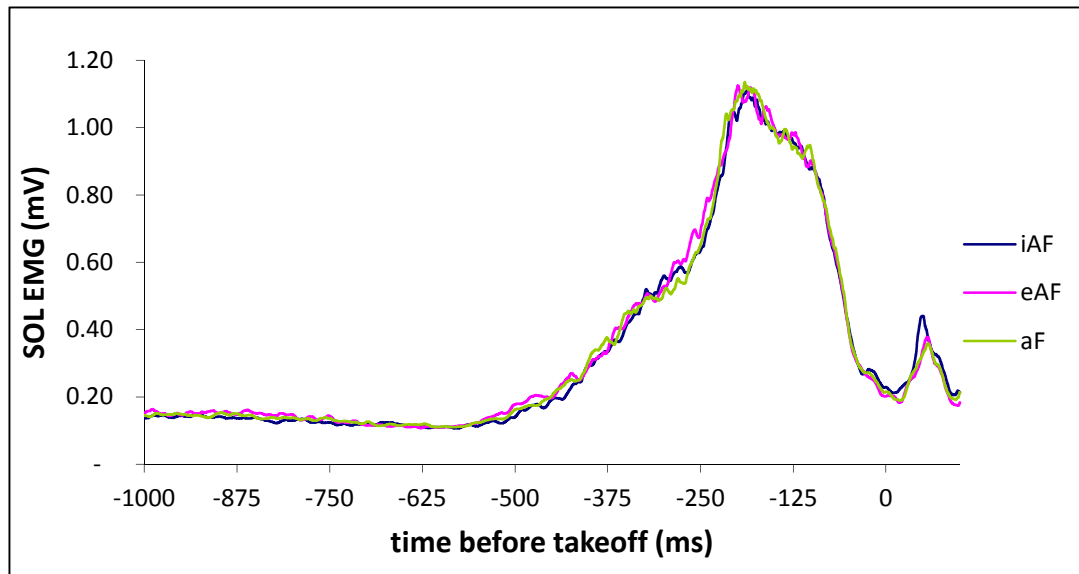


Abb. 17: SOL EMG (mV) bei "Counter Movement Jumps" für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden (n = 19).

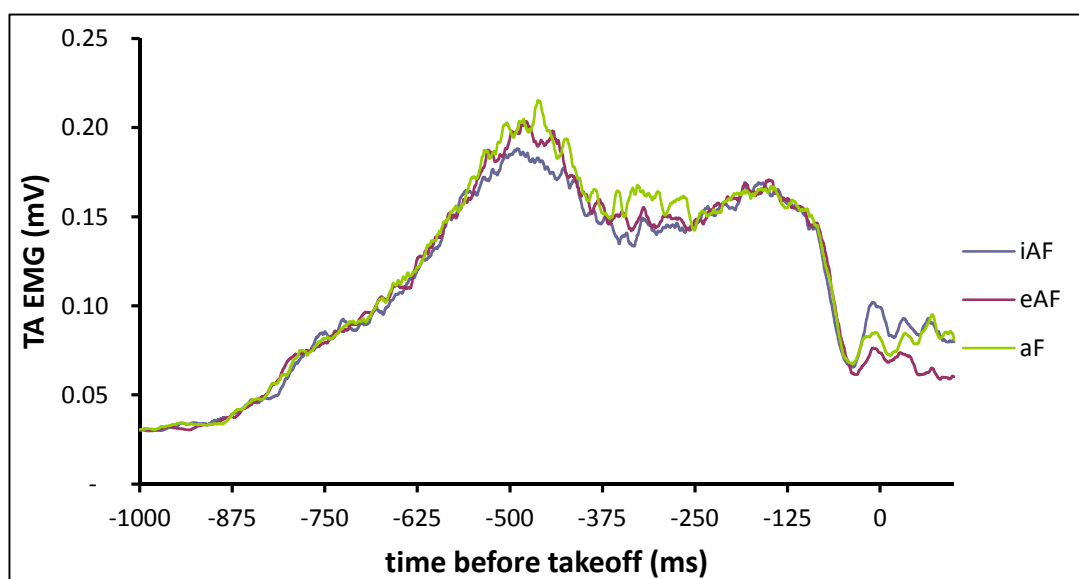


Abb. 18: TA EMG (mV) bei "Counter Movement Jumps" für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden (n = 19).

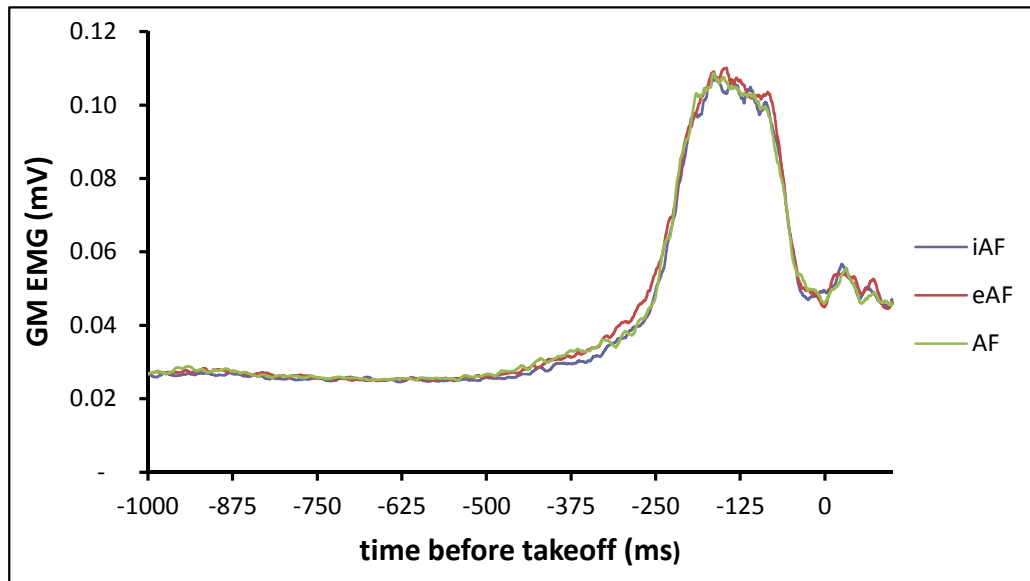


Abb. 19: GM EMG (mV) bei "Counter Movement Jumps" für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden (n = 19).

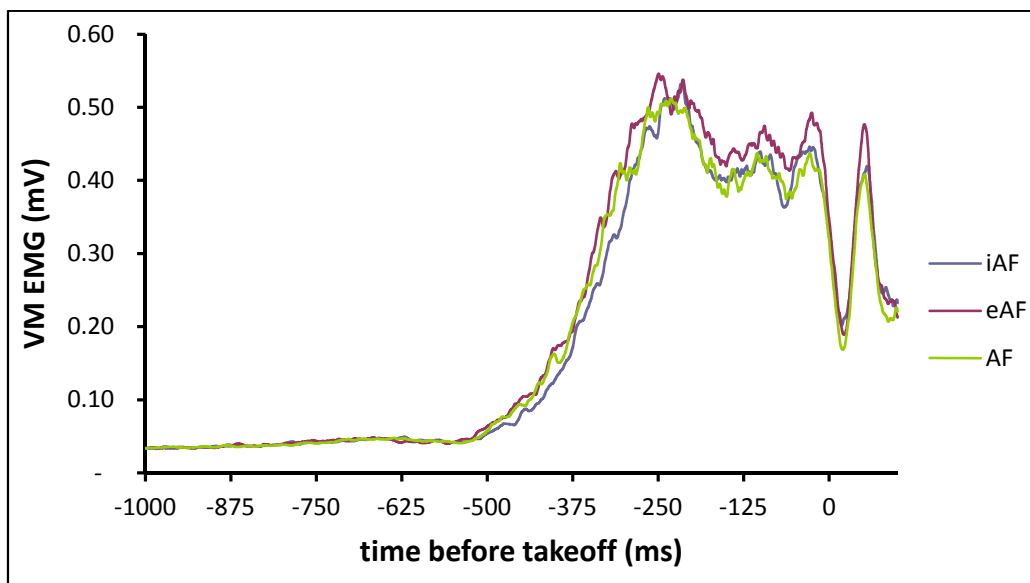


Abb. 20: VM EMG (mV) bei "Counter Movement Jumps" für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF). Alle Werte sind Mittelwerte aller Probanden (n = 19).

5. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Messung der Sprungkraft ist in der Leistungsdiagnostik und in der Biomechanik eine wichtige Untersuchungsmethode. Die Schnell- resp. Explosivkraft in den unteren Extremitäten ist in vielen Sportarten von Bedeutung. Durch Sprungkrafttests mit Athleten oder Patienten werden so häufig Parameter wie Sprunghöhe, Maximalleistung oder Vorspannungseffekt erfasst. Die Effekte einer verbalen Instruktion zum Fokus des Athleten und deren Einfluss auf die Leistung konnte bis heute noch nicht vollkommen verstanden und aufgedeckt werden. Folglich war das Ziel dieser Studie den unterschiedlichen Einfluss des externen und internen Fokus gegenüber dem Einfluss des verstärkenden Feedbacks auf die Sprungleistung bei Sprüngen mit maximaler Intensität zu evaluieren und allfällige Unterschiede in der Sprunghöhe durch die gemessene neuromuskuläre Organisation (EMG Aktivität und Bodenreaktionskräfte) erklären zu können.

Aufgrund bisheriger Forschungen konnte angenommen werden, dass ein externer Aufmerksamkeitsfokus höhere Sprunghöhen als ein iAF generiert (Wulf et al. 2007). Ferner konnte angenommen werden, dass auch die Sprünge unter der Bedingung aF hohe Sprunghöhen erreichen (Keller et al. 2012). Weiter konnte davon ausgegangen werden, dass die Auswertungen der neuromuskulären Organisation Unterschiede zwischen den Bedingungen aufzeigen. Möglicherweise würde der eAF unterschiedliche Maximalkraftwerte (Marchant, Greig & Scott, 2009; Wu, Porter, Brown, 2012; Wulf & Dufek, 2009) sowie eine reduzierte EMG-Aktivität als ein interner Aufmerksamkeitsfokus aufweisen (Wulf et al., 2010). Im Gegensatz dazu konnte aufgrund der Studie von Keller et al. (2012) angenommen werden, dass unter der Bedingung aF hohe Muskelaktivitäten gemessen werden. Gemäss den Resultaten aus der vorliegenden Studie konnten diese Annahmen nur teilweise bestätigt werden.

5.1 Sprunghöhen

Die vorliegende Studie zeigt, dass bei Sprüngen unter einem iAF die schlechteste Leistung erzielt wird. Mit der Bedingung eAF (31.2 cm) sprangen die Probanden deutlich höher als beim iAF (30.7 cm). Diese Feststellung kann einerseits zu den stets wachsenden Erkenntnissen aus der Literatur angefügt werden und bestätigt die „focus of attention“- Theorie, die besagt, dass ein externer Fokus einem internen Fo-

kus überlegen ist. Die Resultate erweitern die literarische Ansammlung, die mittels dem eAF Vorteile für das Bewegungslernen und Training ausmachen können (Wulf, 2013). Andererseits scheint es jedoch so, dass ein aF (32.0 cm), hier in Form einer Rückmeldung der Sprunghöhe nach einem Sprung, der Instruktion eines internen und externen Aufmerksamkeitsfokus überlegen ist. Augmented Feedback ist dementsprechend die beste Methode um die Intensität im Training bei Sprüngen zu steigern und empfiehlt sich für die Arbeit in der Praxis. Ob im Spitzensport, in der Rehabilitation oder in der Physiotherapie kann deshalb die Leistung durch verstärkendes Feedback optimal gesteigert werden.

5.2 Bodenreaktionskräfte

Die Annahmen von Wulf und Dufek (2009) und Porter et al. (2010), dass die besseren Leistungen aufgrund der grösseren Maximalkraftproduktion beim eAF im Vergleich zum iAF zustande kommen, konnte nicht bestätigt werden. Wie die Abbildung 12 zeigt, gab es keine signifikanten Unterschiede bezüglich des maximalen Kraftaufwands für die drei Bedingungen. Der eAF (1752.27 ± 372.01 N) erreichte sogar noch einen tieferen F-max als die Bedingung iAF (1766.54 ± 379.63 N). Auch der Vergleich mit der Bedingung des aF ergab keine signifikanten Unterschiede. Der Mittelwert des Fmax war bei der Bedingung aF nur minimal höher (1776.11 ± 407.51 N). Aufgrund dieser Resultate scheint es, dass die Maximalkraft kein entscheidender Faktor ist, um die unterschiedlichen Sprungleistungen zu erklären. Auch Wu et al., (2012) kommen in ihrer Studie zu ähnlichen Ergebnissen. Sie untersuchten in einer Wiederholungsstudie von Porter (2010) zu Standweitsprüngen die These, ob ein eAF grössere Kraftpeak-Werte generiert als ein iAF. Die maximalen Kraftwerte zeigten dabei, im Gegensatz zu den erreichten Weiten, keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Aufmerksamkeitsbedingungen eAF (1429.8 ± 289.1 N) und iAF (1453.7 ± 299.7 N). Bei dieser Studie muss jedoch, wie bereits im Kapitel Hintergrund und Ausgangslage beschrieben wurde, die Methode der Maximalkraftmessung hinterfragt werden. Es stellt sich die Frage, ob die vertikalen Bodenreaktionskräfte relevant für die gemessenen Standweitsprünge sind, da auch die Komponente der horizontalen Kraft beeinflusst, wie weit eine Person springt.

Die Bedingung des iAF hat bei der Sprunghöhe am schlechtesten abgeschnitten. Wie aus den Abbildungen 15 (Fmin to Fmax) und 16 (Fmax to take off) zu den Kraftentwicklungen hervorgeht, weisen die Sprünge unter der Bedingung iAF jedoch die grösste Kraftproduktion pro Millisekunde auf. Die Probanden hatten wahrscheinlich die Instruktion, die Beine so schnell wie möglich zu strecken, optimal umgesetzt. Dies zeigte sich auch daran, dass unter dem iAF die Minimalkraft bei der Ausholbewegung am grössten war, wie die Abbildung 14 zeigt. So holten die Testpersonen bei der Ausholbewegung weniger tief aus und versuchten die Beine so schnell wie möglich wieder zu strecken. Auch waren unter dem iAF die zeitliche Dauer von Fmax zum Absprung deutlich kürzer als bei den anderen Bedingungen und dadurch die durchschnittliche Kraftentwicklung bei der Zeitdauer Fmax zum Absprung deutlich höher. Deshalb kann angenommen werden, dass die Instruktion des iAF von den Probanden bei diesem Versuch optimal umgesetzt wurde, jedoch nicht zu einer optimalen Leistung (Sprunghöhe in Zentimetern) führte.

Die Auswertungen der Bodenreaktionskräfte ergaben für die Bedingungen aF und eAF jeweils sehr ähnlich Werte. Dies könnte die Aussage von Wulf 2009, ein aF würde ein eAF induzieren, bestärken. In bisherigen Studien wurde zwar die Bodenreaktionskräfte gemessen, doch wurde die Kraftentwicklung oft nicht berücksichtigt, wie zum Beispiel bei der Studie von Wulf und Dufek (2009). Deshalb ist die Instruktion des iAF vielleicht nicht passend gewählt, um möglichst hohe Sprünge zu erzielen.

5.3 Muskelaktivität

Die gesteigerte Leistung unter Verwendung des eAF im Vergleich mit dem iAF wird in der Literatur vor allem mit der „constrained action hypothesis“ erklärt. Wie im Kapitel 2.1.2 erläutert, gehen die Forscher bei einem eAF von einer verbesserten Automatisierung und weniger kognitiver Interferenz bei Bewegungskontrollen aus (Wulf, McNevin & Shea, 2001). Als Indiz wird hierfür auch die effizientere Aktivierung der Motoneurone herangeführt, die sich in der reduzierten EMG Aktivität widerspiegeln sollen (Vance et al., 2004). Diese These von Wulf, dass ein eAF im Vergleich zum iAF reduzierte EMG-Aktivität aufweist, konnte in dieser Studie nicht bestätigt werden. Wie die Resultate der Muskelaktivität zeigen, konnten keine Unterschiede zwischen den drei Bedingungen iAF, eAF und aF bezüglich der EMG-Aktivität der Muskeln gemessen werden. Die EMG Aktivität ist bei Bewegungsaufgaben, die einen maxi-

malen Kraftaufwand erfordern, also wahrscheinlich nicht generell reduziert. Zu diesem Schluss kommen auch Lohse und Sherwood (2012) in ihrer Studie. Gemäss der beschriebenen Literatur im Kapitel 2.2.3 kann zudem angenommen werden, dass bei augmented Feedback mehr EMG-Aktivität aufgezeichnet wird (Keller et al., 2012). Auch diese These konnte in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden. So kann also bezüglich der EMG-Aktivität weder die „constrained action hypothesis“ von Wulf noch die Studie von Keller et al. (2012) zur EMG-Aktivität bei Sprüngen mit aF bestätigt werden.

Eine Erklärung für die nicht vorhandenen Unterschiede bei den EMG-Messungen unter den drei Bedingungen könnte die fragwürdige Methode der Muskelaktivitätsmessungen sein.

Die Gesamtbewegungsdauer und die Dauer der konzentrischen und exzentrischen Krafteinsätze von Personen sind sehr individuell. Bei bisherigen EMG Auswertungen (Wulf et al., 2010) und auch in der vorliegenden Studie wurde nicht darauf geachtet, ob eine Person 800ms oder nur 500ms für die Bewegungsausführung benötigt. Deshalb kann die Analyse der EMG problematisch sein. Es werden dabei einheitliche Blöcke im Zeitstrahl betrachtet. Einige Personen arbeiten im gleichen Block mit exzentrischer Kraft, während andere bereits konzentrische Kraft einsetzen. Bisher gibt es keine Studie, die zum Beispiel nur die exzentrische Kraftaufwendung für einen internen und externen Aufmerksamkeitsfokus untersucht.

5.4 Motivationsbedingter Einfluss

Der Einfluss von verstärkendem Feedback auf die maximale Sprunghöhe wurde hinsichtlich einer verstärkten Motivation diskutiert (Keller et al., 2012). Diese Schlussfolgerung scheint auch in der vorliegenden Studie die plausibelste Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse in der Sprunghöhe zu sein.

Die durchschnittlich erreichten Sprunghöhen bei den ersten Sprüngen der Serie sind bei den Aufmerksamkeitsbedingungen iAF und eaF deutlich höher als die gemittelte Sprunghöhe aller Sprünge einer Bedingung. Die Verschlechterung gegenüber den weiteren Sprüngen, als Beispiel zum fünften Sprung der Serien, wird in der Abbildung 11 dargestellt. Diese Verschlechterung könnte nun mit der muskulären Ermü-

dung erklärt werden. Die Resultate der Bedingung aF zeigen jedoch, dass die Probanden bei den Serien unter der Instruktion des aF nur minimal an Leistung eingebüsst haben. Zudem konnte beim Vergleich der Mittelwerte der ersten gegenüber der letzten Serie bei allen Bedingungen kaum Unterschiede und keine Ermüdung erkannt werden (iAF: $30,80 \pm 6.89$ cm zu 30.66 ± 6.80 cm; eAF $31,18 \pm 6.86$ cm zu 31.13 ± 6.53 cm und aF $31,93 \pm 6.59$ cm zu 31.97 ± 6.92 cm). Deshalb ist es wohl wahrscheinlicher, dass der motivationsbedingte Einfluss während einer Serie eine grosse Rolle spielt. Zudem zeigt dieser Vergleich der ersten mit der letzten Serie einer Bedingung, dass die Pausendauer zwischen den Serien genügend gross gewählt worden war. Die Sprünge unter der Bedingung des augmented Feedbacks erreichten wahrscheinlich dank der motivierenden Wirkung, sich stets verbessern zu können, immer noch gute Resultate beim fünften Sprung der Serie. Die nachlassende Motivation ist deshalb wohl verantwortlich für die reduzierte Leistung beim fünften Sprung im Vergleich zum ersten Sprung der Serien unter den Bedingungen iAF und eAF.

Die Probanden springen unter der Bedingung des iAF, im Vergleich mit den anderen Instruktionen, bereits beim ersten Sprung der Serien am wenigsten hoch. Eine plausible Erklärung kann die für den Probanden unattraktive Instruktion sein. Die Testpersonen hatten gegenüber den anderen Bedingungen eAF („Ball berühren“) und aF („hoher Sprungwert erzielen“) keinen Anreiz um einen hohen Sprung zu zeigen. Die Aufforderung, die Beine so schnell wie möglich zu strecken, bietet keinen Anreiz und wirkt vielleicht nicht motivierend um eine maximale Sprunghöhe zu erreichen. Zudem hatten die Probanden keine Rückmeldung, ob sie die Instruktion gut umsetzten. Bei allen Bedingungen wurde darauf geachtet, dass die verbale Ermutigung maximale Sprünge zu zeigen, etwa gleich häufig und in einem ähnlichen Ton gegeben wurde. Die Studie von Campenella, Mattacola und Kimura (2000) zeigte, dass visuelles Feedback und visuelles Feedback in Kombination mit verbaler Unterstützung bessere Kraftproduktion in den Muskeln Quadrizeps und Hamstrings generierte als bei Kontrollbedingungen ohne Feedback. Je mehr Anhaltspunkte, wie zum Beispiel visuelles Feedback, eine Person erhielt, desto motivierter war eine Person und desto besser wurde die Leistung. Dies zeigte sich auch in der vorliegenden Studie.

Gemäss der aufgestellten Motivationstheorie von Brehm und Self (1989) hängt die Anstrengungsbereitschaft direkt von der wahrgenommenen Schwierigkeit der Aufga-

be ab. Eine Person ist mehr motiviert und strengt sich mehr an, je schwieriger die Aufgabe zu erreichen ist. Dies funktioniert nur bis zu einem gewissen Punkt der Schwierigkeit, denn wenn das Ziel unmöglich scheint, wird auch kein grosser Effort mehr geleistet. Diese Theorie kann auf die durchgeführte Studie übertragen werden. Bei den CMJs unter der Bedingung des iAF scheint es einfach, die Instruktion die Beine möglichst schnell durchzustrecken, umzusetzen. Die Instruktion des aF, immer eine grössere Sprunghöhe als vorher zu erzielen ist herausfordernd und deshalb sehr motivierend. Hingegen ist die Instruktion des eAF unmöglich zu erreichen und so für den Probanden kein Anreiz um maximalen Einsatz zu geben. Bei der Durchführung der Sprünge mit der Instruktion des externen Aufmerksamkeitsfokus, den Ball mit dem Scheitel zu berühren, wurde das Ziel so eingestellt, dass der Ball knapp nicht erreicht werden konnte, um ein taktils Feedback der Sprunghöhe zu vermeiden.

Die Wortwahl der Instruktion und die Methode der Bedingungen haben wahrscheinlich eine grosse Auswirkung auf die Motivation und auf die erreichten Resultate. Wie erläutert wurde, haben die Instruktionen und Methoden des iAF und des eAF weniger motivierender Charakter als die Sprungbedingungen unter dem aF und führten so zu schlechteren Sprungergebnissen. Studien besagen, dass ein eAF effektiver ist, wenn er weiter weg vom Körper gewählt wird (McNevin, Shea, Wulf, 2003; Porter et al. 2012). So kommen Porter und Kollegen (2012) zum Schluss, dass die Probanden bei Standweitsprüngen weiter springen, wenn der Fokus des eAF weiter weg gelegt wurde. Vielleicht hätte bei der Durchführung der Sprünge in der vorliegenden Arbeit, das Zielobjekt noch weiter weg aufgehängt werden sollen.

5.4 Führungsfunktion „guidance role“ des augmented Feedbacks

Eine weitere Erklärung für die Ergebnisse, könnte die „guidance role“ des augmented Feedbacks sein. Diese Führungsfunktion („guidance to an optimal motor control“) besagt, dass durch ein aF die Bewegung immer besser ausgeführt wird und somit zu einem optimalen Ergebnis führt (Salmoni, Schmidt & Walter, 1984). Die Mittelwerte der ersten Serie ($31,93 \pm 6.59$ cm) im Vergleich zu der letzten Serie (31.97 ± 6.92 cm) der Bedingung aF zeigen, dass sich die Probanden mit den Wiederholungen nicht explizit verbesserten. So kann davon ausgegangen werden, dass die „guidance

role“ beim augmented Feedback nicht stattfand. Die These wurde zwar mehrfach für das Erlernen bis dato unbekannter einfacher motorischer Aufgaben beschrieben (Salmoni, Schmidt & Walter, 1984), es ist jedoch auch bekannt, dass die Erkenntnisse dieser Studien nicht auf komplexe Bewegungen übertragen werden können (Wulf & Shea, 2002). Da die durchgeführten Sprünge aufgrund einer Vielzahl von Freiheitsgraden als komplexe Bewegung klassifiziert werden können und die Bewegung bei Beginn des Experiments schon bekannt war, können die Erkenntnisse von Salmoni et al. (1984) nicht ohne grosse Einschränkungen auf die vorliegende Ergebnisse angewendet werden. Andere Effekte müssen für die besseren Ergebnisse zuständig sein. Die logischste Erklärung für eine höhere Sprunghöhe ist folglich diejenige, dass sich die Probanden mit der Gewissheit, dass sie die erzielte Leistung mittels aF erfahren, bei der Bewegungsausführung vermehrt anstrengen. Diese Schlussfolgerung beschreiben auch Schmidt und Lee (2011). Deshalb sind wohl eher motivationale Faktoren als Veränderungen in der Bewegungskontrolle zuständig für die verbesserte Leistung mit einem aF.

5.5 Schlussfolgerungen

Unabhängig der zugrundeliegenden Mechanismen kann zusammengefasst werden, dass der Einsatz von Leistungsfeedback zur Steigerung der Trainingsqualität sinnvoll ist, da sowohl der externe Fokus als auch der interne Fokus übertroffen werden. Jedoch kann nicht abschliessend erklärt werden, weshalb die Leistung bei Bereitstellung von Feedback am grössten ist. Die Methode der Muskelaktivitätsmessung zeigte keine Unterschiede bei den drei Messbedingungen. Hierzu müsste die Methode der Muskelaktivitätsmessung angepasst werden, um die individuellen Bewegungsabläufe besser erfassen zu können. Auch die Messungen der Bodenreaktionskräfte können die Vorteile des aF gegenüber dem eAF und dem iAF nicht erklären. Für die Bedingung eAF und aF resultierten bei der Bodenreaktionskraftauswertung ähnliche Werte, jedoch nicht bei der Bedingung des iAF. Die angewendete Instruktion des iAF wurde von den Probanden wohl optimal umgesetzt, jedoch führte dies nicht zu einer maximalen Sprunghöhe, sondern zu einer optimalen Kraftentwicklung. Die höheren Kraft pro Zeit Werte, die erhöhte minimale Kraft, sowie die kürzere Zeitdauer von der maximalen Kraft bis zum Absprung können alle mit der gegebenen Instruktion erklärt werden. Ein motivationaler Effekt scheint in Anlehnung an die vorliegenden Resultate und an die Studien von Keller et al. (2012) am wahrscheinlichsten. Die Instruktionen

sowie die unterschiedlichen methodischen Eigenheiten führten bei der Durchführung des Versuchs zu Motivationsunterschieden. Ein augmented Feedback hat die höchste motivierende Wirkung und führt zu den besten Ergebnissen. Weitere Studien mit einer grösseren Probandenzahl und einem verbesserten Untersuchungsdesign sollten durchgeführt werden, um die Auswirkungen der drei Instruktionsbedingungen auf die Leistung bei maximalen Bewegungsaufgaben wie CMJs noch präziser beschreiben und vergleichen zu können. In einer weiterführenden Studie könnte noch eine Kontrollbedingung ohne Instruktion miteinbezogen werden. Auch scheint es wichtig, möglichst einheitliche, jedoch präzise Instruktionen zu wählen (Wulf, 2013).

Literaturverzeichnis

- Baltzopoulos, V., Williams, J. G. & Brodie, D. A. (1991). Sources of error in isokinetic dynamometry: effects of visual feedback on maximum torque. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 13(3), 138–142.
- 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), 6–16. doi:10.1037//1076-898X.8.1.6
- Brehm, J. W. & Self, E. A. (1989). The intensity of motivation. *Annual Review of Psychology*, 40, 109-131.
- Campenella, B., Mattacola C.G. & Kimura I. F. (2000). Effect of visual feedback and verbal encouragement on concentric quadriceps and hamstrings peak torque of males and females. *Isokinetics and Exercise Science*, 8, 1–6.
- Ehrlenspiel, F. & Maurer, H. (2007). Aufmerksamkeitslenkung beim sportmotorischen Lernen. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 14(3), 114-122.
- Ekblom, M. M. & Eriksson, M. (2012). Concurrent EMG feedback acutely improves strength and muscle activation. *European journal of applied physiology*, 112(5), 1899–1905. doi:10.1007/s00421-011-2162-2
- Figoni, S.F. & Morris, A.F. (1984). Effects of Knowledge of Results on Reciprocal, Isokinetic Strength and Fatigue. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 6(3), 190-197.
- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C. & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*, 10(5), 361-374.

- Hopper, D. M., Axel Berg, M. A., Andersen, H. & Madan, R. (2003). The influence of visual feedback on power during leg press on elite women field hockey players. *Physical Therapy in Sport*, 4(4), 182–186. doi:10.1016/S1466-853X(03)00068-3
- Johansson, C. A., Kent, B. E. & Shepard, K. F. (1983). Relationship between verbal command volume and magnitude of muscle-contraction. *Physical Therapy*, 63(8), 1260-1265.
- Keller, M., Leukel, C., Lauber, B., Gehring, D. & Taube, W. (2012). Augment your jumps with augmented feedback: short-and long-term effects. *Paper presented at the 4. Jahrestagung der SGS*
- Lohse, K. R. & Sherwood, D. E. (2012). Thinking about muscles: the neuromuscular effects of attentional focus on accuracy and fatigue. *Acta Psychol (Amst)*, 140(3), 236-45
- 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.
doi:10.1016/j.humov.2010.05.001
- Lohse, K. R., Sherwood, D. E. & Healy, A. F. (2011). Neuromuscular effects of shifting the focus of attention in a simple force production task. *Journal of Motor Behavior*, 43, 173–183.
- Marchant, DC., Greig, M., Scott, C. & Clough, P. (2006). Attentional focusing strategies influence muscle activity during isokinetic biceps curls - Poster, Jahrestagung der British Psychological Society, Cardiff, UK.
- Marchant, DC., Greig, M. & Scott, C. (2009). Attentional focusing instructions influence force production and muscular activity during isokinetic elbow flexions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2358–2366

- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytic review. *Br J Sports Med*, 41, 349–355.
- Maxwell, J.P., Masters, R.S.W., Kerr, E. & Weedon, E. (2002). The implicit benefit of learning without errors. *The quarterly journal of experimental psychology*, 54A (4), 1049–1068.
- McNevin, N. H., Shea, C. H. & Wulf, G. (2003). Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. *Psychol. Res. Psych Fo*, 67, 22–29.
- Mononen, K., Viitasalo, J. T., Konttinen, N. & Era, P. (2003). The effects of augmented kinematic feedback on motor skill learning in rifle shooting. *Journal of sports sciences*, 21(10), 867–876. doi:10.1080/0264041031000101944
- Moran, K. A., Murphy, C. & Marshall, B. (2012). The need and benefit of augmented feedback on service speed in tennis. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(4), 754–760. doi:10.1249/MSS.0b013e3182376a13
- Petersen, W., Zantop, T., Rosenbaum, D. & Raschke, M. (2005). Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 2: Präventionsstrategien und Präventionsprogramme. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56(6), 157–164
- 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
- Porter, J. M., Anton, P. M., Wikoff, N. & Ostrowski, J. (2012). Instructing skilled athletes to focus their attention externally at greater distances enhances jumping performance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. doi:10.1519/JSC.0b013e31827e1521

- Porter, J. M., Anton, P. M. & Wu, W. F. W. (2012). Increasing the Distance of an External Focus of Attention Enhances Standing Long Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2389–2393.
doi:10.1519/JSC.0b013e31823f275c
- Porter, J. M., Ostrowski, E. J., Nolan, R. P. & Wu, W. F. W. (2010). Standing Long-Jump Performance is Enhanced when Using an External Focus of Attention. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1746–1750.
doi:10.1519/JSC.0b013e3181df7fbf
- 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), 355–386. doi:10.1037/0033-2909.95.3.355
- Schlapkohl, N., Hohmann, T., Arnold, A., Philippen, P. B. & Raab, M. (2010). Der Einfluss von aufmerksamkeitslenkenden Instruktionen auf das Erlernen einer Schlagbewegung im Golf. *Sportwissenschaft*, 40(2), 103–109.
doi:10.1007/s12662-010-0119-y
- Schmidt, R.A. & Lee, T. (2011). Motor Control and Learning - A Behavioral Emphasis (5th. edition ed.). *Champaign: Human Kinetics*.
- Shea, C.H. & Wulf, G. (1999). Enhancing motor learning through external focus instructions and feedback. *Human Movement Science*, 18, 533-571.
- Swinnen, S. P., Lee, T. D., Verschueren, S., Serrien, D. J. & Bogaerds, H. (1997). Interlimb coordination: Learning and transfer under different feedback conditions. *Human Movement Science*, 16(6), 749–785. doi:10.1016/S0167-9457(97)00020-1
- Vance, J., Wulf, G., Töllner, T., McNevin, N. & Mercer, J. (2004). EMG Activity as a Function of the Performer's Focus of Attention. *Journal of Motor Behavior*, 36(4), 450–459. doi:10.3200/JMBR.36.4.450-459

- Wu, W. F. W., Porter, J. M. & Brown, L. E. (2012). Effect of Attentional Focus Strategies on Peak Force and Performance in the Standing Long Jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(5), 1226–1231.
doi:10.1519/JSC.0b013e318231ab61
- 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.
doi:10.1080/1750984X.2012.723728
- Wulf, G. & Dufek, J.S., (2009). Increased jump height with an external focus due to enhanced lower extremity joint kinetics. *J. Mot. Behav*, 41 (5), 401–409.
- Wulf, G., Dufek, J. S., Lozano, L. & Pettigrew, C. (2010). Increased jump height and reduced EMG activity with an external focus. *Human movement science*, 29(3), 440–448. doi:10.1016/j.humov.2009.11.008
- 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. doi:10.1080/00222899809601334
- Wulf, G., McNevin, N. & 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. doi:10.1080/02724980143000118
- Wulf, G., Zachry, T., Granados, C. & Dufek, J. S. (2007). Increases in Jump-and-Reach Height Through an External Focus of Attention. *International journal of Sports Science and Coaching*, 2(3), 275–284.
doi:10.1260/174795407782233182

- Wulf, G., Weigelt, M., Poulter, D. & McNevin, N., (2003). Attentional focus on suprapostural tasks affects balance learning, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 56(7), 1191-1211
- Yi-Ching Peh, S., Yi Chow, J. & Davids, K. (2011). Focus of attention and its impact on movement behaviour. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14, 70–78
- 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.
doi:10.1016/j.brainresbull.2005.06.035

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Resultate der Studie von Wulf et al. (1998)	9
Abb. 2:	Resultate der Studie von Porter et al. (2010)	12
Abb. 3:	Resultate der Studie von Wulf et al. (2010)	17
Abb. 4:	Resultate der Studie von Hopper et al. (2003)	21
Abb. 5:	Resultate der Studie von Moran et al. (2012)	22
Abb. 6:	Resultate aus Keller et al. (2012)	23
Abb. 7:	Resultate aus Keller et al. (2012)	24
Abb. 8:	Versuchsanordnung	30
Abb. 9:	Die zu berechnenden Faktoren der Kraftproduktionsmessung dargestellt in „vertical ground reaction force“ (N).	35
Abb. 10:	Sprunghöhe (cm) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF)	38
Abb. 11:	Vergleich der Sprunghöhe (cm) zwischen den ersten und den fünften Sprüngen der Serien bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF)	39
Abb. 12:	Fmax (N) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF)	39
Abb. 13:	time to Fmax (ms) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF)	40
Abb. 14:	time to Fmin (ms) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF)	41
Abb. 15:	Fmin to Fmax (N/ms) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF)	41
Abb. 16:	Fmin to Fmax (N/ms) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF), augmented Feedback (aF)	42
Abb. 17:	SOL EMG (mV) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF)	43
Abb. 18:	TA EMG (mV) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF)	43
Abb. 19:	GM EMG (mV) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF)	44
Abb. 20:	VM EMG (mV) bei „Counter Movement Jumps“ für die Bedingungen interner Aufmerksamkeitsfokus (iAF), externer Aufmerksamkeitsfokus (eAF) und augmented Feedback (aF)	44

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Untersuchungsprotokoll	32
Tab. 2:	Vergleich der Instruktionen des internen Aufmerksamkeitsfokus (iAF) und des externen Aufmerksamkeitsfokus (eAF) mit der Studie von Porter et al., 2010.	33
Tab. 3:	Zusammenhang von Wahrscheinlichkeit p und Signifikanz.	36
Tab. 4:	Mittelwerte der wichtigsten Variablen zu den drei Messbedingungen (iAF, eAF und aF) und Signifikanzwert der jeweiligen ANOVA.	37

Persönliche Erklärung und Urheberrechtserklärung

„Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Veröffentlichungen oder aus anderweitig fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.“

Bern, 25. Juni 2013

Marius Gottschalk

„Der Unterzeichnende anerkennt, dass die vorliegende Arbeit ein Bestandteil der Ausbildung, Einheit Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Freiburg ist. Er überträgt deshalb sämtliche Urhebernutzungsrechte (dies beinhaltet insbesondere das Recht zur Veröffentlichung oder zu anderer kommerzieller oder unentgeltlicher Nutzung) an die Universität Freiburg.“

Die Universität darf dieses Recht nur im Einverständnis des Unterzeichnenden auf Dritte übertragen.

Finanzielle Ansprüche des Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.

Bern, 25. Juni 2013

Marius Gottschalk

Anhang

Institut für Sport, Universität Freiburg (CH)

Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie „Leistungssteigerung bei Sprüngen: Vergleich interner Aufmerksamkeitsfokus, externer Aufmerksamkeitsfokus und augmented Feedback“

Der Unterzeichnende bestätigt hiermit:

- Ich habe die Informationen zu der Studie gelesen und verstanden und bin mit den Bedingungen einverstanden.
- Ich garantiere, dass keine der Ausschlusskriterien auf mich zutrifft, die in der Probandeninformation aufgeführt sind.
- Allfällige Fragen konnten gestellt werden und wurden verständlich beantwortet.
- Ich weiss, dass ich die Studie jederzeit ohne irgendwelche negativen Folgen abbrechen kann, auch wenn ich diese Einverständniserklärung unterzeichne. Bei Studienabbruch wird die finanzielle Entschädigung der aufgewendeten Zeit entsprechen.
- Ich verstehe, dass alle meine persönlichen Daten und Untersuchungsergebnisse sowie die Tatsache meiner Studienteilnahme vertraulich und anonymisiert behandelt werden und nur den direkt an der Studie beteiligten Forschern zugänglich sein werden.
- Ich bin damit einverstanden, dass die gesammelten Daten in anonymer und nicht identifizierbarer Form in einer oder mehreren wissenschaftlichen Veröffentlichungen publiziert werden.
- Ich entscheide mich freiwillig zur Teilnahme an der oben genannten Studie

Proband:

Name:

Vorname:

Unterschrift:

Person, die diese Studieninformationen erklärt hat:

Ich bestätige, dem oben genannten Probanden die Art, das Ziel, die Dauer, sowie auch die Wirkungen und die Risiken dieser Studie erklärt zu haben.

Name:

Vorname:

Unterschrift: