

**Effekt eines dreiwöchigen Countermovement
Jump-Trainings mit augmented Feedback alleine oder in
Kombination mit einem externen Aufmerksamkeitsfokus
auf die Verbesserung der Sprunghöhe**

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht

eingereicht von

Tristan Wieland

an der
Universität Freiburg, Schweiz
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Departement für Medizin

in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
Prof. Dr. Wolfgang Taube

Betreuer
Jan Ruffieux

Freiburg, Oktober 2017

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1 Einleitung.....	4
1.1 Die Aufmerksamkeitsfokustheorie	4
1.2 Augmented Feedback.....	10
1.3 Die Kombination der Theorien	15
1.4 Ziel der Arbeit.....	18
2 Methode	21
2.1 Stichprobe	21
2.2 Design der Studie.....	21
2.3 Ablauf der Pre- und Posttests.....	21
2.4 Trainings	23
2.5 Untersuchungsmethoden und Instrumente.....	24
2.6 Auswertung und statistische Analyse der Daten.....	25
3 Resultate.....	27
4 Diskussion.....	29
4.1 Unterschiede zwischen den Bedingungen	29
4.2 Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen	31
4.3 Fazit und Ausblick	33
5 Schlussfolgerung.....	34
Literaturverzeichnis	35

Zusammenfassung

Die Aufmerksamkeitsfokustheorie besagt, dass die Anwendung eines externen Fokus (EF: Fokus auf den Bewegungseffekt) gegenüber einem internen Fokus (IF: Fokus auf eigene Körperbewegung) auf allen Lernniveaus zu einer effektiveren Leistung und zu effektiverem Lernen führt. Zudem wird dieselbe Bewegung unter einem EF mit einer geringeren muskulären Aktivität durchgeführt und ist somit ökonomischer und effizienter. Dadurch wird die Bewegung automatisiert und unbewusste, schnelle und reflexartige Kontrollprozesse werden zugelassen (Wulf & Lewthwaite, 2010). Ebenfalls augmented Feedback (aF), welches das intrinsische Feedback eines Individuums verbessert, wirkt sich positiv auf die Leistungsfähigkeit aus. Es liefert dem Individuum zusätzliche Informationen, welche vom sensorischen System eines Individuums selbst nicht erkannt werden können. Augmented Feedback ist dabei dem EF sowie dem IF übergestellt (Keller, Lauber, Gottschalk & Taube, 2015). Wälchli, Ruffieux, Bourquin, Keller und Taube (2016) konnten in ihrer Studie herausfinden, dass mittels Kombination von EF und aF signifikant höhere Leistungen erreicht werden können als mit EF oder aF alleine. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob diese Kombination (EF+aF), im Vergleich zu aF alleine, auch bei einem dreiwöchigen Sprungkrafttraining die grösseren Verbesserungen der Sprunghöhe aufweist. Gruppen-, zeit- und bedingungsabhängige Sprunghöhen wurden von insgesamt 43 sportlichen, jungen Erwachsenen zwischen 18 und 35 Jahren ohne körperlichen Beschwerden während Countermovement Jumps mit Armeinsatz erfasst und ausgewertet. Hierzu führten alle Probanden vor und nach dem Training 10 Sprünge in vier unterschiedlichen Bedingungen (neutral, EF, aF, EF+aF) durch. Dazwischen absolvierten die Probanden in den sechs Trainings je 10 Serien à sechs Sprünge in einer der drei Gruppen (Kontroll, aF oder EF+aF). Die Mixed-Design-ANOVA zeigte, dass die Probanden ihre Sprunghöhen vom Pre- zum Posttest durchschnittlich um 2.7 cm (5.5 %) höchstsignifikant verbessern konnten. Die Sprunghöhen in der neutralen Bedingung waren signifikant kleiner als in den anderen Bedingungen (alle $p < 0.01$), während sich die Sprunghöhe in den anderen Bedingungen nicht signifikant unterschieden. Interessanterweise konnten sich alle Gruppen in der neutralen Bedingung am meisten verbessern. Dies könnte damit erklärt werden, dass die Probanden beim Pretest aufgrund der fehlenden Erfahrung mit der CMJ-Bewegung mehr auf unterstützende Instruktionen angewiesen war als nach dem Training. Zudem kann aufgrund der fehlenden Signifikanz des Faktors Gruppe sowie deren Interaktionen mit den Faktoren Zeitpunkt und Bedingung nicht aufgezeigt werden, dass die Gruppe EF+aF nach einem dreiwöchigen CMJ-Training grössere Fortschritte erzielen konnte als die Gruppe mit aF alleine.

1 Einleitung

In zahlreichen Sportarten gehören Sprünge zu den zentralen Elementen. Dabei ist die Sprungkraft für viele Sportarten der leistungsentscheidende Faktor, um hoch springen zu können (Richter, 2011). Viele Sportler und Trainer suchen deshalb nach Möglichkeiten, um die sportliche Leistung kurzfristig zu erhöhen oder die Trainingseffekte zu maximieren. Verschiedene Ansätze wie Aufmerksamkeitsfokusse sowie augmented Feedback (aF) wurden gezeigt, welche dies ermöglichen können. Das Ziel der Arbeit ist es, herauszufinden, ob die Kombination solcher Ansätze zu grösseren Trainingsfortschritten führt als ein Ansatz alleine. In der Folge werden die beiden Ansätze detailliert beschrieben. Zudem werden Resultate erster Studien dargestellt, welche verschiedene Ansätze kombiniert haben.

1.1 Die Aufmerksamkeitsfokustheorie

Beinahe jede Bewegung benötigt eine zielgerichtete Aufmerksamkeit. Die Aufmerksamkeitsfokustheorie von Gabriele Wulf beschäftigt sich seit Jahren mit dem Aufmerksamkeitsfokus. Dabei wird zwischen zwei Arten, dem internen (IF) und dem externen (EF) Aufmerksamkeitsfokus, unterschieden (Wulf & Dufek, 2009).

Nach Wulf, Höss und Prinz (1998) wird bei einem IF die Aufmerksamkeit einer Person auf die eigene Körperbewegung gerichtet, wobei bei einem EF die Aufmerksamkeit auf den Effekt, den die Bewegung auf die Umwelt hat, gerichtet wird. Beispielsweise konzentriert sich ein Snowboardfahrer bei einem IF darauf, so viel Kraft wie möglich durch die Zehen auf das Brett zu drücken, um eine Kurve zu fahren. Bei einem EF hingegen würde sich dabei der Snowboardfahrer nur darauf konzentrieren, die Brettkante so fest wie möglich in den Schnee zu drücken. Diese Unterschiede bezüglich dieser Fokusse sowie die Effektivität und Effizienz werden im Anschluss dargestellt und diskutiert.

1.1.1 Effektivität von Aufmerksamkeitsfokussen. Individuelle Aufmerksamkeitsfokusse haben eine bedeutsame Wirkung auf die Leistung und das Lernen von motorischen Fertigkeiten. Durch zahlreiche Untersuchungen zu den Effekten von Aufmerksamkeitsfokussen wurde aufgezeigt, dass ein EF zu einer effektiveren Leistung und zu effektiverem Lernen führt als ein IF (Freudenheim, Wulf, Madureira, Pasetto & Corrêa, 2010; Kal, van der Kamp & Hou-dijk, 2013; Wulf & Dufek, 2009). Zudem wird das Ergebnis mit weniger Aufwand erreicht (Wulf, 2007a; Wulf, 2007b).

Viele Lernende, Trainer und Trainerinnen sind sich nicht bewusst, was Aufmerksamkeitsfokusse sind. Sie können einen EF von einem IF nicht unterscheiden und wenden somit zufällig den einen oder anderen Fokus, ohne Bekanntheit der Effektivität, an. In vielen Trainingssituationen oder Wettkämpfen werden Instruktionen über bestimmte, korrekte Bewegungsabläufe gegeben. Dabei wird oft Bezug zur Koordination des eigenen Körpers genommen (Wulf & Lewthwaite, 2010). Genau hier ist es wichtig als Trainer bzw. Trainerin anzusetzen. Instruktionen sollen die Lernenden dazu verleiten, einen EF anzuwenden, indem der Trainer bzw. Trainerin bewusst Instruktionen bezüglich des Bewegungseffektes erteilt. Es kommt nur auf die Art und Weise an, wie Instruktionen gemacht werden. Es geht um minimale Abweichungen von Formulierungen, welche schlussendlich entscheiden, ob ein EF oder ein IF angewendet wird (Wulf & Su, 2007).

Die Anwendung eines EF ist nicht nur für Fortgeschrittene, sondern ebenfalls auch für Unerfahrene und Novizen nützlich. Es ist im Vergleich zu einem IF nicht nur effektiver für die Leistung und das Lernen, sondern ebenfalls für die Ökonomie der Bewegung. Der Lernprozess wird somit beschleunigt und das gewünschte Fähigkeitslevel kann dadurch früher erreicht werden (Wulf, 2007b).

Um die Effekte von IF und EF zu erklären, haben Wulf, McNevin und Shea (2001) die «constrained-action hypothesis» in den Vordergrund gebracht. Sie prognostizierten, dass Individuen, welche bewusst versuchen ihre Bewegung zu kontrollieren, einen IF anwenden und dazu neigen, das motorische System einzuschränken und somit in automatische, kontrollierte Prozesse einzugreifen. Der automatische Kontrollmechanismus, welcher die Kapazität hat, Bewegungen effektiv und effizient zu kontrollieren, wäre demnach gestört. Im Gegensatz würde die Anwendung eines EF dem motorischen System erlauben, sich natürlicherweise selbst zu organisieren. Es begünstigt unbewusste, schnelle und reflexartige Kontrollprozesse. Das erwünschte Resultat wird nahezu als Begleiterscheinung erreicht (Wulf & Lewthwaite, 2010). Um diese Hypothese zu testen haben Wulf et al. (2001) einen Stabilometer genutzt, mit dem die Probanden eine dynamische Gleichgewichtsaufgabe zu absolvieren hatten. Sie standen dabei auf einer beweglichen Plattform, welche sie so horizontal wie möglich zu halten versuchten. Den Probanden wurden zufällig der eine oder andere Aufmerksamkeitsfokus auferlegt. Die Gruppe IF bekam die Instruktion, die Aufmerksamkeit auf die Füße zu lenken und diese stets auf gleicher Höhe zu halten, während die Gruppe EF die Aufmerksamkeit auf die Marker, welche auf der Plattform vor den Füßen angebracht waren, lenken musste. Die Marker sollten ebenfalls so horizontal wie möglich gehalten werden. Die Probanden der Gruppe EF produzierten generell geringere Gleichgewichtsfehler als die Probanden der Gruppe IF

und reagierten mit einer höheren Frequenz auf Gleichgewichtsfehler. Dies ist ein Zeichen dafür, dass es bei der Gruppe EF zu einem höheren Zusammenfluss von freiwilligen und reflexiven Mechanismen führte. Zusätzlich wurde den Probanden die Absolvierung eines Dual-Tasks auferlegt, indem sie auf ein plötzlich, ertönenden Stimulus mit dem Finger reagieren mussten. Die Probanden der Gruppe EF wiesen tiefere Reaktionszeiten auf als die Probanden der Gruppe IF, was als Indiz für einen höheren Grad an Automatisierung und weniger Interferenz in den Kontrollprozess der Gleichgewichtsaufgabe gesehen werden kann. Zusammenfassend konnte die «constrained-action hypothesis» bestätigt werden, denn die Gruppe EF wies bessere Gleichgewichtsfortschritte, erhöhte Antwortfrequenzen sowie auch verringerte Aufmerksamkeitsanforderungen auf als die Gruppe IF (Wulf et al., 2001).

McNevin, Shea und Wulf (2003) haben in einer erweiterten Studie herausgefunden, dass ebenfalls die Distanz zum Objekt bei einem EF entscheidend für den Lernprozess ist. Durch Erhöhung der Distanz zwischen dem Körper und dem Bewegungseffekt sollte der Lernprozess mit einem EF verbessert werden. Die Marker befanden sich bei dieser Studie in unterschiedlichen Distanzen zu den Füßen. Die Probanden, welche in eine von drei unterschiedlichen Gruppen mit EF zufällig eingeteilt wurden, absolvierten nach zwei Trainingstagen den Retentionstest. Ein Retentionstest wird nach einer bestimmten Zeitdauer nach dem Posttest angesetzt, um zu prüfen, in welchem Ausmass die erlernte Fertigkeit noch vorhanden ist.

Jede Gruppe musste sich dabei auf Marker mit unterschiedlichen Distanzen zum Körper konzentrieren («far-outside», «far-inside», «near»). Die far-outside- und die far-inside-Gruppe wiesen eine höhere Frequenz bei der Bewegungsanpassung auf als die near-Gruppe. Dieses Resultat bestätigt, dass durch die Fokussierung der Aufmerksamkeit auf eine weitere Distanz der Lernprozess verbessert wird, indem dadurch der natürliche Kontrollmechanismus gefördert wird (McNevin et al., 2003).

Viele andere Studien haben ebenso die Vorteile von EF bezüglich IF für eine Vielzahl an Sportarten bestätigt. Es wurde beispielsweise aufgezeigt, dass die Genauigkeit bei Golfschlägen verbessert wird, wenn sich ein Golfer nicht auf den Armschwung, sondern auf den Schwung des Schlägers konzentriert und folglich einen EF anwendet (Wulf, Lauterbach & Toole, 1999). Auch bei Basketballfreiwürfen und Volleyballaufschlägen konnte dies bestätigt werden (Al-Abood, Bennet, Hernandez, Ashford & Davids, 2002; Wulf, McConnel, Gärtner & Schwarz, 2002).

1.1.2 Effizienz von Aufmerksamkeitsfokussen. Wenn eine gewünschte Bewegung mit weniger Energie erreicht werden kann, ist das Bewegungsmuster effizienter oder ökonomischer

(Sparrow & Newell, 1998). Interozeptive, sensorische Informationen über den Energieverbrauch werden als Mittel gesehen, das die Wahl der motorischen Reaktion des Organismus regelt und das zur Feinabstimmung von Reaktionen mit der Praxis führt: «In being receptive to sensory information about metabolic energy expenditure, organisms select the least effortful coordination and control function, and, with practice, the selected control parameters are refined to attain the task goal with less metabolic energy expenditure» (Sparrow & Newell 1998, S. 190).

In einer Studie von Lay, Sparrow, Hughes und O'Dwyer (2002) wurde untersucht, wieviel physikalische Energie für eine Bewegung benötigt wird. Dabei wurden zehn 16-minütige Ergometereinheiten absolviert. Herausgefunden wurde, dass durch Training der metabolische Energieverbrauch bei jeder zusätzlichen Einheit reduziert wurde. Diese Abnahme wurde für den Sauerstoffverbrauch sowie auch für die Herzfrequenz festgestellt. Infolge der Abnahme des Sauerstoffverbrauchs wurde die Bewegungsökonomie gesteigert (Lay et al., 2002). Zusätzlich konnte aufgedeckt werden, dass die muskuläre Aktivität, welche mittels Elektromyographie (EMG) gemessen wird, sowie die wahrgenommene Anstrengung aus Sicht der Teilnehmer ebenfalls von Training zu Training abnahm. All diese Änderungen zum Energieverbrauch sind vermutlich eine Funktion einer erhöhten Bewegungseffizienz, die durch eine grössere Bewegungsstabilität, minimierte Kokontraktionen und einer ökonomischeren Muskelaktivierung hervorgerufen wird (Wulf & Lewthwaite, 2010).

Schücker, Hagemann, Strass und Völker (2009) haben in ihrer Studie ebenfalls untersucht, welche Effekte unterschiedliche Aufmerksamkeitsfokusse auf die Bewegungseffizienz haben. In dieser Studie rannten Langstreckenläufer mit individueller Geschwindigkeit. Die Laufgeschwindigkeit wurde so festgelegt, dass jeder Läufer bzw. jede Läuferin bei 75 % der maximalen Sauerstoffaufnahme rannte. Die Läufer bzw. Läuferinnen rannten in unterschiedlichen Bedingungen. In der ersten Bedingung sollte die Aufmerksamkeit auf die eigene Rennbewegung (IF) und in der zweiten Bedingung auf die Atmung gelenkt werden (IF). In der dritten Bedingung konnte ein Video gesehen werden, indem ein Läufer aus seiner Perspektive zu sehen war. Die Aufmerksamkeit sollte in dieser Bedingung auf diesen Film gelenkt werden (EF). Es konnte festgestellt werden, dass in der EF-Bedingung der Sauerstoffverbrauch geringer war als in den beiden IF-Bedingungen. Zudem war der Laktatwert am geringsten und die Probanden schätzten die persönliche Anstrengung während dem Rennen in dieser Bedingung am tiefsten ein (Schücker et al., 2009).

Um die Bewegungseffizienz zu untersuchen, hat die Studie von Vance, Wulf, Töllner, McNevin und Mercer (2004) die muskulären Aktivitäten untereinander verglichen, wenn die Pro-

banden unter IF oder EF eine motorische Aufgabe durchführen mussten. Die Aufgabe bestand darin, Biceps Curls zu absolvieren. Das Gewicht der Stange wurde auf jeden Probanden so eingestellt, dass das Gewicht jeweils 50 % der Maximalkraft jedes Probanden entsprach. Die Autoren verwendeten EMG, um die elektrische Aktivität in den gewünschten Muskeln (m. biceps brachii und m. triceps brachii) zu messen. Im ersten Experiment führten die Probanden Biceps Curls aus, währendem sie die Aufmerksamkeit auf ihre Arme (IF) oder auf die Stange (EF) lenken mussten. Wie erwartet nahm die muskuläre Aktivität durch die Wiederholungen zu. Die muskuläre Aktivität von den Muskeln m. biceps brachii sowie m. triceps brachii war jedoch in der EF-Bedingung im Vergleich zur IF-Bedingung tiefer. Auch hier konnte wiederum bestätigt werden, dass durch Anwendung eines EF das motorische System effizienter arbeitet (Vance et al., 2004).

In einer weiteren Studie von Zachry, Wulf, Mercer und Bezodis (2005) wurde ebenfalls die muskuläre Aktivität in EF und IF untersucht. Bei dieser Studiendurchführung war jedoch ein klares Ziel erkennbar. Die Probanden mussten Freiwürfe im Basketball ausführen. Die Probanden führten Würfe in beiden Bedingungen durch und mussten in der EF-Bedingung die Aufmerksamkeit auf den Korbrahmen und in der IF-Bedingung auf die Handgelenkbeugung lenken. Die muskuläre Aktivität wurde an den Muskeln m. flexor carpi radialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii und m. deltoideus des Wurfarms der Probanden gemessen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Freiwurfquote bei der Gruppe EF höher als bei der Gruppe IF war. Zudem wies die Gruppe EF für die gleiche Bewegung eine geringere Aktivität dieser vier Muskeln auf. Sie konnten somit bestätigen, dass durch Anwendung eines EF das Bewegungsmuster effektiver und effizienter wird und sich zudem die Bewegungsgenauigkeit verbessert (Zachry et al., 2005). Interessanterweise konnten in der Studie von Zachry et al. (2005) Aufmerksamkeitsfokusunterschiede bezüglich der muskulären Aktivität in den Muskelgruppen (Biceps, Triceps) festgestellt werden, obwohl die Probanden nicht spezifisch instruiert worden sind, sich auf diese Muskelgruppen konzentrieren zu müssen. Dies deutet darauf hin, dass die Auswirkungen des EF auf das motorische System allgemeiner Natur ist. Der Fokus auf einen bestimmten Teil des Körpers, wie beispielsweise die Konzentration bei einem IF auf die Handgelenkbeugung, hat Einfluss auf die Kontrolle von anderen Bereichen des motorischen Systems (Wulf & Lewthwaite, 2010).

Wulf, Dufek, Lozano und Pettigrew (2010) haben für die geringere muskuläre Aktivität bei einem EF mögliche zugrundeliegende, neurophysiologische Mechanismen gesucht und mittels EMG untersucht. Sie fanden heraus, dass durch die Anwendung eines EF die neurophysi-

ologische Koordination, also die Koordination innerhalb der Muskeln, verbessert wurde (Wulf et al., 2010).

Weitere Studien konnten herausfinden, dass Individuen, welche die Aufmerksamkeit auf den Bewegungseffekt richten, eine erhöhte Kraftproduktion aufweisen. Eine Sprungkraftstudie von Wulf, Zachry, Granados und Dufek (2007) konnten diese erhöhte Kraftproduktion bei einem EF bestätigen. In ihrer Studie ging es darum, so hoch wie möglich zu springen. Die Probanden absolvierten Sprünge in drei Bedingungen (within-participant design). Der Vorteil von diesem Studiendesign ist, dass Probleme aufgrund von Probandenunterschieden in den Faktoren Alter, Grösse, Gewicht, Kraft, Fähigkeitslevel, etc. reduziert werden. In der EF-Bedingung wurden die Probanden so instruiert, dass sie bei jedem Sprung die Aufmerksamkeit auf ein Objekt richteten, welches sie zu berühren versuchten. Bei der IF-Bedingung bekamen sie die Instruktion, sich auf ihre Finger zu konzentrieren, mit welchen sie das Objekt zu berühren versuchten und in der neutralen Bedingung gab es nur die Instruktion, so hoch wie möglich zu springen. In einem ersten Experiment konnte herausgefunden werden, dass die Probanden in der EF-Bedingung signifikant höher gesprungen sind als in den beiden anderen Bedingungen. Dieses Resultat ist bei vielen anderen Studien ebenfalls bestätigt worden (Wulf et al., 2007; Wulf & Dufek, 2009; Wulf et al., 2010). Diese Studie jedoch war die Erste, welche diesen Effekt für eine Aufgabe, welche die Produktion der Maximalkraft erfordert, untersuchte. Das Resultat kann jedoch noch nicht direkt mit einer erhöhten Sprunghöhe oder einer erhöhten Kraftproduktion gerechtfertigt werden, da die Möglichkeit besteht, dass die Probanden während dem Sprung eine erhöhte Streckung in einem oder mehreren Gelenken erfahren haben. Um diese Möglichkeit auszuschliessen haben Wulf et al. (2007) zudem die Verschiebung des Schwerpunktes bei den Sprüngen untereinander verglichen. Wenn also eine erhöhte Schwerpunktverschiebung in der EF-Bedingung im Vergleich zu den beiden anderen Bedingungen beobachtet werden konnte, dann sprangen diese effektiv höher. Mechanisch gesehen ist die einzige Möglichkeit, einen erhöhten Schwerpunkt bei den Sprüngen zu erreichen und folglich höher zu springen, die Kraftproduktion zu erhöhen. In der gleichen Studie konnten Wulf et al. (2007) zeigen, dass die erzeugten Impulse, die Gelenkmomente sowie die Streckung der Fuss-, Knie- und Hüftgelenke bei der EF-Bedingung im Vergleich zu der IF- und der neutralen Bedingung signifikant grösser waren. Diese Resultate sind der Beweis dafür, dass die erhöhte Sprunghöhe in der EF-Bedingung durch grössere Kraftproduktion erreicht worden ist (Wulf et al., 2007).

All diese Studien beweisen, dass die Bewegungseffizienz durch unterschiedliche Aufmerksamkeitsfokusse variiert. Wenn ein Individuum einen EF anwendet, so ist die Bewegung nicht

nur effektiver, sondern ebenfalls ökonomischer. Die Kraftproduktion ist höher und zudem werden die gleichen Kräfte mit weniger Muskelaktivität und Energieverbrauch erreicht (Wulf & Lewthwaite, 2010).

In einer Studie von Freudenheim et al. (2010) wurden die Effekte von einem EF auf die Schwimmgeschwindigkeit untersucht. Die Probanden schwammen dabei in beiden Bedingungen (EF und IF), um den Einfluss des Fähigkeitslevels auf die Schwimmgeschwindigkeit zu reduzieren. In der IF-Bedingung erhielten die Probanden die Instruktion, sich auf die Hände oder die Füße zu konzentrieren. In der EF-Bedingung wurden die Probanden so instruiert, dass sie die Aufmerksamkeit auf den Bewegungseffekt, welche die Hände oder Füße auf das Wasser haben, lenken sollten. Geschwommen wurde eine Distanz von 16 Meter im Crawl Schwimmstil. Die Schwimmzeit, welche dafür benötigt wurde, war in der EF-Bedingung kürzer als in der IF-Bedingung. Somit kann bestätigt werden, dass durch die Anwendung eines EF Zeit gespart werden konnte, da die Bewegungsgeschwindigkeit höher war (Freudenheim et al., 2010).

1.1.3 Externer Aufmerksamkeitsfokus als Teil des impliziten Lernens. Durch die Automatisierung der Bewegung, welche unbewusste, schnelle und reflexartige Kontrollprozesse zulässt, kann der EF zu den impliziten Lernprozessen zugeordnet werden (Wulf & Lewthwaite, 2010). Der bewusste Eingriff in ein Bewegungsmuster, der mit einem IF gefördert wird, kann dadurch reduziert werden (Wulf, 2009). Doch wie kann eine Bewegung automatisiert werden? Durch implizite Trainingsmethoden, wie beispielsweise der Dual-Task, lässt sich eine Bewegung automatisieren (Lopes, 2011). Der Dual-Task besteht aus einer gleichzeitigen Durchführung von zwei Aufgaben. Bei der ersten Aufgabe handelt es sich dabei um eine geschlossene Fertigkeit, während eine zweite kognitive Aufgabe, wie beispielsweise das Zurückzählen von 1000 in Siebener-Schritten, vollbracht werden muss (Moran, 2004). Die Anhäufung von relevantem Wissen wird verhindert, da die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses mit einer zweiten Aufgabe überladen wird. Dem Bewegungsablauf wird daher kaum Aufmerksamkeit gewidmet (Lopes, 2011). So konnte Kal et al. (2013) in ihrer Studie aufzeigen, dass es nur zu einer Bewegungsstörung kommt, wenn ein IF angewandt wurde. Bei Anwendung eines EF war die Bewegung stabil (Kal, et al., 2013).

1.2 Augmented Feedback

Der Begriff Feedback wird generell für Informationen über eine Leistung, welche eine Person während oder nach einer Tätigkeit erhält, eingesetzt. Feedback unterstützt jede Art des moto-

rischen Lernens (Magill, 2011). Das sensorische Feedback ist notwendig, um sich erfolgreich bewegen zu können sowie um sich neue motorische Fähigkeiten anzueignen. Das sensorische Feedback liefert dem menschlichen Körper Informationen über sich selbst sowie über die Umwelt. Es kann in drei verschiedene Feedbackarten unterteilt werden. Die eine Art ist das intrinsische, interne Feedback, welches die durch die Sensorik wahrgenommenen Informationen über den Zustand unseres Körpers liefert und somit Auskunft über die Leistung gibt. So liefert uns dieses beispielsweise Informationen darüber, ob der Arm zu einem bestimmten Zeitpunkt gebeugt oder gestreckt ist. Die zweite Art von Feedback ist das intrinsische, externe Feedback, welches Informationen über den Zustand der externen Welt liefert. Die dritte und letzte Art von Feedback ist das extrinsische Feedback, in dieser Arbeit augmented Feedback genannt, welches uns informiert, wie wir mit der externen Welt interagieren und ist daher für das motorische Lernen zentral (Leukel & Lundbye-Jensen, 2013).

Augmented Feedback bedeutet «der Zusatz» oder «etwas verbessern». In diesem Zusammenhang bedeutet aF die Verbesserung des intrinsischen Feedbacks, indem aF dem Individuum Informationen liefert, welche durch das sensorische System eines Individuums alleine nicht erkannt werden kann. Im Prozess des motorischen Lernens spielt aF zweierlei eine wichtige Rolle: Einerseits wird das Erreichen eines Bewegungsziels erleichtert und andererseits wird ein Individuum zusätzlich motiviert, das Bewegungsziel zu erreichen. Das aF wiederum kann in zwei Formen unterteilt werden. Bei der ersten Form, knowledge of performance (KP), handelt es sich um Informationen über die Bewegungsmerkmale, die zum Leistungsergebnis führen (Magill, 2011). Hierbei wird Bezug auf die Abweichung zwischen der Bewegungsbahn des Lernenden und der gewünschten Bewegungsbahn genommen (Leukel & Lundbye-Jensen, 2013). KP kann entweder mittels verbalen (bspw. durch einen Trainer) oder nonverbalen Mitteln mitgeteilt werden. Ein nonverbales Mittel kann beispielsweise ein Video sein, welches für das Individuum während seiner Bewegungsausführung aufgenommen wurde. Durch das Ansehen dieses Videos kann einem Individuum gezeigt werden, wie sich dieses während einer Bewegungsausführung verhält. KP kann vor allem in Sportarten nützlich sein, bei welchen die Bewegung nach bestimmten Bewegungsmerkmalen ausgeführt werden muss und die Koordination von spezifischen Bewegungskomponenten erfordert wird. Ein typisches Beispiel dazu wären die Sportarten Gymnastik und Turmspringen. Bei der zweiten Form von aF, knowledge of result (KR), handelt es sich um das Wissen über die Erreichung eines Ziels einer bestimmten Leistung oder um extern erhaltene Informationen über das Ergebnis der Durchführung einer Tätigkeit (Magill, 2011). Die Bewegung ist hier bereits abgeschlossen, was bedeutet, dass hier Bezug zur Abweichung zwischen dem Bewegungsendpunkt und dem

Ziel genommen wird (Leukel & Lundbye-Jensen, 2013). Beispielsweise erhält ein Individuum nach einem Sprung Feedback über die erreichte Sprunghöhe. KR kann das Leistungsergebnis beschreiben oder liefert dem Individuum lediglich Informationen darüber, ob das Ziel erreicht wurde oder nicht. Die Verwendung des KR hat für den Lernenden viele Vorteile. Dieser kann dadurch die Einschätzung der aufgabenspezifischen intrinsischen Aufgabe bestätigen. KR wirkt motivierend auf die Lernenden und führt dazu, dass sie weiterhin üben (Magill, 2011). Feedback kann das motorische Lernen verbessern. Eine sorgfältige Planung des Zeitablaufs und des Inhalts sowie des aufmerksamkeitsorientierten Fokus durch Feedback kann die Effektivität des Trainings erheblich steigern. Auch wenn motorische Aufgaben ohne aF gelernt werden können, zeigen Vergleiche, dass mittels aF besser und vor allem schneller gelernt wird (van Vliet & Wulf, 2006).

Das Ziel der Studie von Sharma, Chevidikunnan, Khan und Gaowgzeh (2016) war der Vergleich der Effektivität der zwei verschiedenen Formen von aF. Dabei wurden 30 Probanden zufällig einer der zwei folgenden Gruppen zugeteilt. Die Gruppe eins erhielt ein KR-Feedback, die Gruppe zwei ein KP-Feedback. Das Ziel war, Softbälle mit der nicht-dominanten Hand so weit wie möglich zu werfen. 40 Bälle wurden dabei pro Tag geworfen und dies sechs Mal pro Woche während vier Wochen. Nach zehn Würfen wurde für 40 Sekunden eine Pause eingelegt und die Probanden erhielten ihr Feedback. Bei dem KR-Feedback wurde jeweils die weitest geworfene Distanz den Probanden mitgeteilt. Bei dem KP-Feedback konnten die Probanden ein Video ansehen, indem sie sich selber bei diesen 10 Würfen zuschauen konnten. Zudem erhielten sie verbale Tipps. In dieser Studie konnte aufgezeigt werden, dass beide Gruppen Verbesserungen aufweisen konnten. Es besteht jedoch ein signifikanter Unterschied in den Würfen zwischen den beiden Gruppen. Die Gruppe zwei (KP) konnte einen grösseren Fortschritt als die Gruppe eins (KR) erzielen. Der Grund dafür könnte darin liegen, dass durch KP von repetitiven Bewegungen die motorische Endbewegung besser wird (Sharma et al., 2016).

Bei der Anwendung von aF gilt es drei Aspekte zu beachten. Der erste Aspekt betrifft den Inhalt der Informationen. Es berücksichtigt die aus der Bewegung extrahierten Variablen. Hierbei wird beispielsweise folgende Frage gestellt: Welche Merkmale der Bewegung werden dargestellt? Die Unterscheidung von KP und KR gehört beispielsweise zu dieser Gruppe. Der Reichtum an Informationen ist ebenfalls zu berücksichtigen. Hierzu könnte ein Basketballspieler lediglich Informationen darüber erhalten, ob dieser bei einem Wurf getroffen hat oder nicht. Es handelt sich lediglich um Erfolg oder Misserfolg. Des Weiteren könnte dieser jedoch auch detaillierte Informationen darüber erhalten, wie gross die Distanz zwischen dem Ball

und dem Korb bei einem Fehlschuss war. Hier werden Informationen über die Grösse oder Richtung des Bewegungsfehlers gegeben. Zudem ist es möglich, dass echte oder falsche Informationen mitgeteilt werden. Ein letzter Punkt hierzu könnte die Methode sein, die für die Übermittlung der Informationen angewandt wurde, um die Bewegung zu analysieren. Die Informationen können auf einer kinematischen oder kinetischen Analyse der Bewegung beruhen. Beispielsweise kann auf der einen Seite der Ellbogenwinkel und auf der anderen Seite die Kräfte, welche bei der Bewegung vorkommen, dargestellt werden (Leukel & Lundbye-Jensen, 2013).

Der zweite Aspekt beinhaltet die Frequenz des Feedbacks. Hierbei wird folgende Frage gestellt: Wie oft soll ein Lernender aF erhalten? Neben den Möglichkeiten von Feedbacks in jedem Teil der Bewegung oder nur in bestimmten Teilbewegungen gibt es mehrere Techniken, nämlich die Zusammenfassungstechnik, die durchschnittliche Technik, Bandbreitentechnik sowie Selbstselektionstechnik. In der Zusammenfassungstechnik erhält der Lernende Feedback nach einer definierten Anzahl an Versuchen für alle bisher ausgeführten Versuche. Diese Technik ist besonders für eine Reihe an Bewegungen geeignet, welche schnell aufeinander folgen. Die Durchschnittstechnik ähnelt der Zusammenfassungstechnik. Sie unterscheidet sich darin, dass das Feedback den Durchschnitt aller vorherigen Versuche zusammen beinhaltet. In der Bandbreitentechnik ist ein Bereich vordefiniert, indem eine Bewegung erfolgreich ist. Beispielsweise könnte bei einem Tennisaufschlag festgestellt werden, dass es zum Erfolg führt, wenn der Ball jeweils an die Aussenlinie serviert wird. Wenn der Tennisspieler jedoch das Aufschlagsfeld verpasst, dann wird ein aF über die Fehldistanz zur Linie mitgeteilt. In der Selbstselektionstechnik entscheidet der Lernende selbst, zu welchem Zeitpunkt er ein Feedback erhalten möchte. Der Vorteil hierbei liegt darin, dass der Lernende mehr Aufmerksamkeit der Bewegung widmen kann, um zu beurteilen, wann die Bewegung falsch und somit ein aF erforderlich ist (Leukel & Lundbye-Jensen, 2013).

Der dritte und letzte Aspekt beinhaltet die Zeitangabe des aF. Hier wird folgende Frage gestellt: In welcher Phase einer Bewegung soll ein Feedback erfolgen? Es gibt dabei zwei Arten, um Feedback zu geben. Entweder wird das Feedback während der Bewegung gegeben oder wenn die Bewegung bereits beendet ist. Als Beispiel eines Feedbacks während der Bewegung könnte das Überwachen der Herzfrequenz während dem Laufen sein (Leukel & Lundbye-Jensen, 2013).

Mehrere Studien konnten die kurzfristigen Effekte von aF aufzeigen. So untersuchten Hopper, Axel Berg, Andersen und Madan (2003) den Einfluss von visuellem Feedback auf die Leistung bei einer Beinpressaufgabe. Sie fanden heraus, dass ein visuelles Feedback sich positiv

auf die Leistungsfähigkeit auswirkt. Die Leistungsfähigkeit kann durch die Anwendung eines visuellen Feedbacks folglich optimiert werden (Hopper et al, 2003).

In der Studie von Moran, Murphy und Marshall (2012) wurden erstmals die langfristigen Effekte von aF mittels Tennisaufschlägen untersucht. Die Studie bestand aus drei Tests, nämlich Pre-, Post- und Retentionstest. Die Probanden trainierten drei Mal pro Woche Tennisaufschläge für eine Zeitperiode von insgesamt 12 Wochen. Die Probanden wurden auf zwei Gruppen verteilt. Zu Beginn wurde ein Pretest durchgeführt, um die Tennisaufschlaggeschwindigkeit von jedem Einzelnen feststellen zu können. Es folgten sechs Wochen Training gefolgt von dem Posttest. In dieser Zeitspanne trainierte die eine Gruppe ohne Feedback und die andere Gruppe mit aF, wobei nach jedem Aufschlag auf einem Bildschirm die Geschwindigkeit des Balles abgelesen werden konnte. In den sechs darauffolgenden Wochen, von Post- zu Retentionstest, erhielt keine Gruppe mehr aF. Der Grund dafür war, um am Ende feststellen zu können, ob ebenfalls längerfristige Verbesserungen trotz Wegnahme des aF festgestellt werden könnten. Die Resultate sind in Abbildung 1 ersichtlich.

	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

Abbildung 1. Resultate des 2. Experimentes der Studie von Moran, Murphy und Marshall (2012) zu den mittleren Aufschlagsgeschwindigkeiten ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) im Tennis unter den beiden Testgruppen «augmented KR feedback» und «No augmented KR feedback» über die drei Testperioden Pretest, Posttest und Retentionstest. KR = Knowledge of result. Moran et al. (2012), S. 757.

Die Resultate zeigen, dass sich die Gruppe aF von Test zu Test verbessern konnte. Interessanterweise ist dies ebenfalls der Fall, wenn das aF von Post- zu Retentionstest weggelassen wurde. Bei der Gruppe, welche ohne aF trainierte, konnten kaum Fortschritte festgestellt werden. Moran et al. (2012) konnten somit bestätigen, dass die Probanden der Gruppe aF langfristige Effekte für die Geschwindigkeit des Tennisaufschlages erfahren durften.

Keller, Lauber, Gehring, Leukel und Taube (2014) haben in ihrer Studie erstmals die kurzfristigen sowie auch die langfristigen Trainingseffekte von aF anhand einer durch einen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus charakterisierten Bewegung untersucht. Die Probanden wurden zufällig in eine der drei folgenden Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe erhielt nach jedem Sprung über einen Bildschirm die gesprungene Höhe mitgeteilt (100 %), eine nur für die Hälfte der Sprünge in jeder Serie (50 %) und die letzte Gruppe bekam die Sprunghöhe nie mitgeteilt (0

%). Trainiert wurde drei Mal pro Woche für eine Zeitperiode von vier Wochen. Durch die separate Analyse der Pretest-Daten sowie der Posttest-Daten untereinander konnten kurzfristige Effekte von aF festgestellt werden. Es wurden lediglich die mittleren Werte der Sprunghöhe von der aF Gruppe mit der Gruppe ohne aF verglichen. Die Sprunghöhe war in der Gruppe aF signifikant höher (+4.60 %). Ebenfalls konnte aufgrund von Vergleichen zwischen Pretestleistungen mit Posttestleistungen aufgezeigt werden, dass sich die Gruppe, die nach jedem Sprung aF bekam, sich über diese vier Wochen hinweg am deutlichsten verbessern konnte, gefolgt von der 50 % und von der 0 % Gruppe. Somit konnte Keller et al. (2014) ebenfalls längerfristige Effekte von aF bestätigen. Zudem wird vermutet, dass durch die Anwendung von aF die Probanden zusätzlich motiviert werden, die Sprünge mit einer höheren Intensität durchzuführen. Die vorliegenden Beobachtungen zeigen einen positiven Einfluss von einer hohen Frequenz an aF auf die motorische Leistung. Es scheint daher vernünftig, aF mit einer hohen Frequenz in das Sprungtraining von Athleten zu integrieren, da es direkt die Sprungleistung sowie auch längerfristig die Trainingswirksamkeit steigert (Keller et al., 2014).

1.3 Die Kombination der Theorien

Bedingungen wie EF, IF und aF haben gezeigt, dass Leistungen verbessert werden können. Bisher wurden aber noch keine Vergleiche zwischen diesen Bedingungen bezüglich der Effizienz gezogen. Demnach untersuchte Keller et al. (2015), welche dieser drei Bedingungen zu der grösstmöglichen Leistung bei einem Countermovement Jump (CMJ) führt. Die Probanden führten dabei in jeder dieser Bedingungen vier Serien CMJ durch. Die Reihenfolge, in welcher die Probanden die Sprünge absolvieren mussten, wurde zufällig festgelegt. In der EF-Bedingung galt es, mittels einem CMJ so nahe wie möglich mit dem Kopf an einen Tennisball, welcher senkrecht über der Kraftmessplatte an der Decke fixiert war, zu gelangen. In der IF-Bedingung galt es lediglich, sich auf die schnellstmögliche Streckung der Knie zu fokussieren und in der aF-Bedingung, die nach jedem Sprung angegebene Sprunghöhe als Wert in Zentimeter von Sprung zu Sprung zu maximieren. In allen Bedingungen beinhaltete die Instruktion, dass die Probanden so hoch wie möglich zu springen zu versuchen hatten. Lediglich die Instruktion wurde von Bedingung zu Bedingung verändert, so dass die Probanden sich eindeutig mit diesen Bedingungen identifizieren konnten.

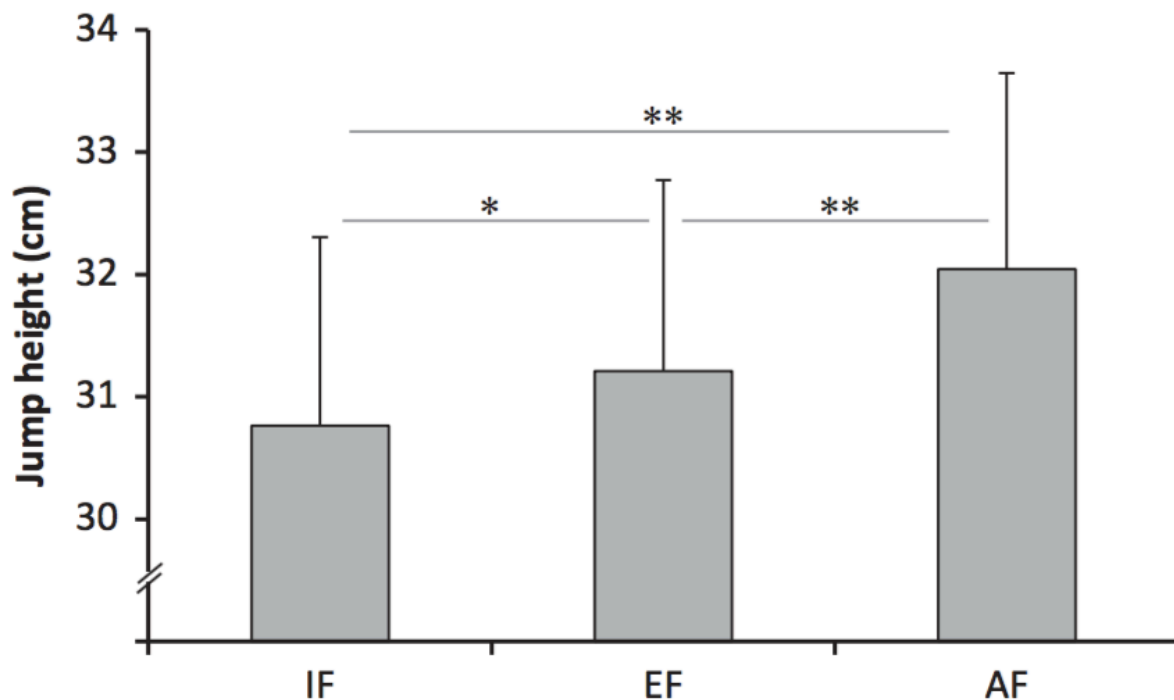


Abbildung 2. Vergleich der unterschiedlichen Bedingungen während einem Countermovement Jump. aF = augmented Feedback. EF = externer Aufmerksamkeitsfokus. IF = interner Aufmerksamkeitsfokus. Keller et al. (2015), S. 1070.

Die Resultate dieser Studie (siehe Abbildung 2) zeigten, dass durch das Anwenden eines aF im Vergleich mit EF oder IF die besten Leistungen erzielt werden konnten. Ebenfalls konnte vorgelegt werden, dass die Anwendung eines EF dem IF kurz- und längerfristig überlegen ist. Ein Grund dafür, dass die Anwendung von aF zu den besten Leistungen führt, ist, dass die aF-Bedingung ebenso die anspruchsvollste Bedingung ist, da sie von jeder Person von Sprung zu Sprung verlangt, die Leistung stets zu verbessern. Die bestmögliche Erklärung für dieses Resultat ist die Motivation, die die Probanden während der aF-Bedingung erfahren durften (Keller et al., 2015).

Bisher wurden aF und EF in separaten Studien oder in einer Studie direkt gegeneinander untersucht. Es gab noch keine Studie, welche diese Faktoren miteinander kombinierten. Wälchli, et al. (2016) versuchten daher in ihrer Studie, die stärkste Kombination der Bedingungen zu identifizieren. Sie untersuchten, welche der sechs folgenden Bedingungen die besten Resultate beim CMJ erzielten: Neutral (NE), aF, Belohnung (RE), EF+aF, aF+RE, EF+aF+RE. Die Probanden absolvierten Sprünge in jeder dieser Bedingungen. Auch in dieser Studie wurde jeweils die Instruktion gegeben, so hoch wie möglich zu springen. Lediglich die Instruktion wurde verändert, um die Unterschiede zwischen den Bedingungen zu gewährleisten. Als EF

wurde eine Schnur auf dem unteren Rücken fixiert, welche durch eine Rolle auf dem Boden und von dort aus in einem 90° Winkel zur Schnurspindel verlief. In dieser Bedingung galt es, so viel Schnur wie möglich für jeden Sprung aus der Spindel zu ziehen. Für die aF-Bedingung wurde die Flugzeit mittels einer Lichtschranke gemessen. Basierend darauf wurden den Probanden die Sprunghöhen nach jedem Sprung auf einem Bildschirm angezeigt. Die Sprunghöhen für die weiteren Analysen wurden jedoch auf Grundlage der Daten des Bewegungserfassungssystems (Vicon) berechnet, da dieses als äusserst zuverlässig angesehen wird. In der RE-Bedingung wurden die Probanden durch hohe Sprünge belohnt. Durch die zwei neutralen Serien konnte die Durchschnittsprunghöhe festgelegt werden. Die Höhe der Belohnung wurde folglich im Verhältnis zur erreichten mittleren Sprunghöhe in der neutralen Bedingung zu Beginn des Experimentes berechnet. Da den Probanden der Wert dieser Messung nicht bekannt war, konnten sie nicht einschätzen, wieviel sie durch ihre Sprünge verdienten. Somit hat die RE-Bedingung die Probanden nicht mit zusätzlichen Informationen über ihre erbrachten Leistungen versorgt, wie beispielsweise aF.

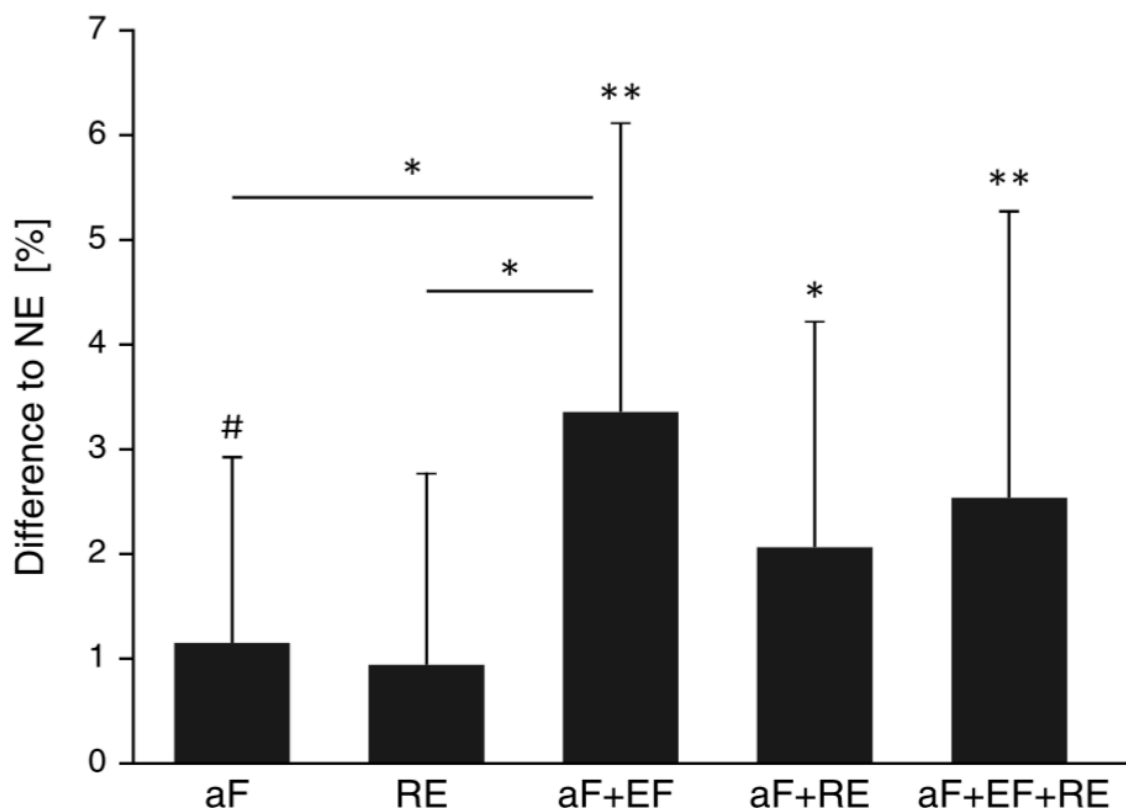


Abbildung 3. Vergleich der Sprunghöhen des CMJ für die unterschiedlichen Bedingungen. Die Werte sind als Prozent der Differenz zu der neutralen Bedingung (NE) dargestellt. aF = augmented Feedback. EF = externer Aufmerksamkeitsfokus. RE = finanzielle Belohnung. Wälchli et al. (2016), S.716.

Die Resultate zeigten, dass die höchsten Sprünge mittels der Kombination von EF mit einem aF erreicht wurden und die tiefsten, wie erwartet, in der neutralen Bedingung (siehe Abbildung 3). Weiter konnte die Kombination von EF mit einem aF signifikant höhere Leistungen im Vergleich mit aF und RE alleine aufgezeigt werden. Diese Kombination wurde noch nie getestet, obwohl bereits bekannt war, dass diese beiden Bedingungen gut geeignet sind, um die Leistung sofort zu verbessern. Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass diese Kombination noch effizienter und daher der beste Weg ist, die Leistung kurzfristig zu steigern, zumal es keine weiteren Steigerungen gab, wenn EF+aF+RE kombiniert wurde. Letzteres lässt sich durch die Tatsache erklären, dass sich die Teilnehmer durch die Instruktion auf drei Ansätze konzentrieren mussten und somit die Probanden durch zu viele Informationen überfordert wurden. Im Gegensatz zu vielen anderen Studien führte die Anwendung von aF im Vergleich mit der neutralen Bedingung nicht zu signifikanten Leistungssteigerungen. Es muss jedoch festgestellt werden, dass die bisherigen Studien (Hopper et al., 2003; Keller et al., 2014) nur aF gegen NE geprüft haben, während in dieser Studie sechs Bedingungen gegeneinander getestet wurden. Dieses Untersuchungsdesign kann die Auswirkungen der einzelnen aF-Bedingungen im Vergleich zu der NE-Bedingung geschwächt haben. Die verbesserte Sprungleistung in der EF+aF-Bedingung sowie EF+aF+RE-Bedingung zeigte eine positive Auswirkung des EF-Ansatzes. In diesen beiden Bedingungen mit EF haben die Probanden ihren m. rectus femoris signifikant weniger stark aktiviert (Wälchli et al., 2016). Dieses Erkenntnis der reduzierten Muskelaktivität trotz einer besseren Leistung steht im Einklang mit früheren Studien, bei denen die Muskelaktivität im Allgemeinen reduziert und die Leistung bei der Anwendung eines EF erhöht wurde (Vance et al., 2004). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch die Kombination von EF mit einem aF die grössten Leistungssteigerungen erzielt werden konnten. So führt EF zu einer grösseren Effizienz der Bewegung und aF dient als Motivator für die intrinsische Motivation der Probanden. Diese Ansicht kann damit begründet werden, dass aF relevante Informationen für die Leistungssteigerung liefert, was kurzfristige Anpassungen im Lernprozess zulässt (Wälchli et al., 2016).

1.4 Ziel der Arbeit

Wie bereits beschrieben gibt es für die Leistung und das Lernen von motorischen Fertigkeiten grosse Unterschiede, ob ein EF oder ein IF angewendet wird (Wulf, 2007a; Wulf, 2007b). Vor allem in der Praxis werden kaum Abgrenzungen zwischen den individuellen Aufmerksamkeitsfokussen gemacht. Instruktionen von Trainern und Trainerinnen sollen Lernende dazu verleiten, einen EF anzuwenden. Dadurch würde es dem motorischen System erlauben sich

natürlicherweise selbst zu organisieren. Unbewusste, schnelle und reflexartige Kontrollprozesse werden dadurch begünstigt (Wulf & Lewthwaite, 2010). Zudem arbeitet das motorische System durch Anwendung eines EF effizienter. Die muskuläre Aktivität ist für eine gleiche Bewegung in der EF-Bedingung geringer (Vance, et al., 2004). Grund dafür ist die Verbesserung der neurophysiologischen Koordination (Wulf, et al., 2010).

Wie beschrieben wirkt sich aF ebenfalls positiv auf die Leistungsfähigkeit aus (Hopper et al., 2003). Augmented Feedback weist dabei kurzfristige sowie auch langfristige Effekte auf die Leistungsfähigkeit auf. Zudem führen Lernende Bewegungen mit mehr Motivation durch und sind folglich in der Lage, diese mit einer höheren Intensität durchzuführen (Keller et al., 2014).

Im direkten Vergleich zur Effektivität von Aufmerksamkeitsfokussen oder aF konnte aufgedeckt werden, dass aF dem EF sowie dem IF übergestellt ist (Keller et al., 2015).

Wälchli et al. (2016) untersuchten erstmals die stärkste Kombination all dieser Bedingungen. Die Kombination von EF mit einem aF in einer Querschnittsstudie führte zu signifikant höheren Leistungen im Vergleich zu den anderen Kombinationen. Diese Kombination ist somit noch effektiver und effizienter und daher der beste Weg, die Leistung kurzfristig zu steigern (Wälchli et al., 2016).

Bisher existiert noch keine Studie, welche die längerfristigen Effekte der Kombination von EF mit einem aF mit einer Trainingsintervention untersuchte.

Das Ziel meiner Masterarbeit ist somit festzustellen, ob die Kombination von aF mit einem EF während einem dreiwöchigen CMJ-Training einen grösseren Effekt auf die Verbesserung der Sprunghöhe hat als aF alleine. Um dies zu überprüfen wurden folgende Fragestellungen formuliert:

- a) Gibt es bezüglich der mittleren Sprunghöhe bei CMJ Unterschiede in den Bedingungen neutral, EF, aF und EF+aF?
- b) Erzielt die Gruppe EF+aF nach einem dreiwöchigen CMJ-Training grössere Fortschritte als die Gruppe mit aF alleine?

Um diese Fragestellungen wissenschaftlich überprüfen zu können, wurden die folgenden Hypothesen aufgestellt:

H1: Die Kombination von EF mit einem aF während einem dreiwöchigen Sprungkraft-Training hat einen grösseren Effekt auf die Verbesserung der Sprunghöhe als aF alleine.

H2: Die Kombination von EF mit einem aF zeigt nach einem dreiwöchigen Sprungkrafttraining Verbesserungen in allen vier Bedingungen auf, während aF nur in den Bedingungen aF und EF+aF Verbesserungen aufzeigt.

2 Methode

2.1 Stichprobe

An der Studie nahmen 47 sportliche, junge Erwachsene (22 ± 4 Jahre) ohne körperliche Beschwerden teil. Alle Probanden treiben in ihrer Freizeit regelmässig Sport. Vor der schriftlichen Zustimmung zur Teilnahme an der Studie wurden die Probanden über den Verlauf und das Ziel der Studie informiert. Drei Probanden, davon zwei Männer und eine Frau, konnten aufgrund von körperlichen Beschwerden während der Trainingsintervention die Trainings sowie die Ausgangsmessung nicht abschliessen. Bei einem Probanden wurden Messfehler aufgezeichnet. Dieser Proband wurde für die Auswertung nicht miteinbezogen. Somit blieben 43 Probanden (Geschlecht: m = 27, w = 16; Mittelwert \pm Standardabweichung: Alter 22 ± 4 Jahre, Körpergrösse 177.9 ± 9.3 cm, Gewicht 72.7 ± 9.4 kg) für die Untersuchung übrig. Die Probanden wurden nach dem Pretest einer der folgenden Trainingsgruppen zugeteilt:

- a. Neutrale Trainingsgruppe (Kontrollgruppe ohne EF und ohne aF)
- b. Trainingsgruppe mit aF (Gruppe aF)
- c. Trainingsgruppe mit EF+aF (Gruppe EF+aF)

Dabei wurden die Gruppen für Geschlecht, die Sprunghöhe, das Alter, die Körpergrösse und den Trainingszustand aneinander angepasst. So kann davon ausgegangen werden, dass jede Gruppe im Mittelwert ungefähr dieselben Werte bezüglich Alter, Körpergrösse, etc. aufwies. In die Kontrollgruppe und die Gruppe EF+aF wurden je 14 Probanden und in die Trainingsgruppe aF 15 Probanden zugeteilt.

2.2 Design der Studie

Es handelte sich bei dieser Arbeit um eine Trainingsstudie, welche durch einen Pretest, sechs Trainings innerhalb von drei Wochen sowie einem Posttest gekennzeichnet ist. Die Pre- und Posttests wurden allesamt im bewegungswissenschaftlichen Labor der Universität Freiburg durchgeführt. Die sechs Trainings wurden je nach Verfügbarkeit dieses Labors im bewegungswissenschaftlichen Labor der Universität Freiburg oder in einem Vorraum absolviert.

2.3 Ablauf der Pre- und Posttests

Der Pre- sowie der Posttest waren identisch aufgebaut und beinhalteten für jeden Probanden 10 CMJ in den vier unterschiedlichen Bedingungen:

- a. Neutrale Bedingung
- b. mit EF

c. mit aF

d. mit der Kombination von EF mit einem aF

Die Reihenfolge, in welcher die Probanden die Sprünge absolvierten, wurde randomisiert, war aber für jeden Probanden vor und nach dem Training dieselbe. So konnte im Nachhinein die Möglichkeit der Beeinflussung des Resultats durch die Reihenfolge ausgeschlossen werden. Die Probanden wurden mündlich über den Ablauf der Studie sowie über den Ablauf des Pre- und Posttest informiert. Die Probanden begannen den Pre- sowie den Posttest mit der Durchführung des Aufwärmprogrammes. Dieses wurde auf einem Blatt Papier an einem Schrank befestigt, damit die Probanden genau über den Ablauf informiert waren. Das 10-minütige Aufwärmprogramm beinhaltete eine Minute Seilspringen, 30 Sekunden «Jumping Jacks», eine Minute Seilspringen, 30 Sekunden «Mountain Climbers», zwei Minuten Mobilisation, eine Minute Ausfallsschritte vorwärts und eine Minute Ausfallsschritte seitwärts. Was unter diesen spezifischen Aufwärbegriffen verstanden wird, wurde den Probanden zuvor erklärt und kurz vorgezeigt.

Nach dem Aufwärmprogramm wurden die Probanden mit der CMJ-Sprungform vertraut gemacht. Die Sprungform wurde zweimal vorgezeigt, zudem führten die Probanden 10 Testsprünge durch. Als die Probanden auf der Kraftmessplatte standen, begann der Computer mit der Meldung «Get Ready». Die Probanden mussten sich zu diesem Zeitpunkt aufrecht und so ruhig wie möglich auf der Platten befinden. Die Füße standen parallel auf dem Boden und der Kopf schaute geradeaus. Die Meldung «Stand Still» erschien auf dem Bildschirm. Das Ziel war es, so ruhig wie möglich auf der Platte zu stehen. Danach erschien die Meldung «Jump». Hier galt es, sich auf den Sprung vorzubereiten und einen ersten Sprung zu absolvieren. Dieses Prozedere wurde für jeden Sprung wiederholt. Zwischen den Sprüngen wurde jeweils eine 10-sekündige Pause und zwischen den Bedingungen eine Pause von drei Minuten eingehalten. Die Probanden absolvierten 10 Sprünge pro Bedingung.

Vor jeder Bedingung wurde den Probanden eine bestimmte Instruktion erteilt (siehe Tabelle 1). Bei der EF-Bedingung galt es, einen Tennisball, welcher senkrecht über dem Kopf der Probanden an der Decke aufgehängt war, mit dem Kopf zu berühren. Die Probanden hatten das Recht, vor jedem Sprung kurz den Ball über dem Kopf anzusehen, mussten danach jedoch bei der Vorbereitung des Sprunges wieder geradeaus an die Wand schauen. Die Höhe des Balles wurde so festgelegt, dass die Probanden jeweils den Ball knapp verfehlten. So wurde die Höhe des aufgehängten Balles von Person zu Person bzw. von Sprung zu Sprung jeweils angepasst, damit keine direkte Rückmeldung zur Sprunghöhe erfolgen konnte. Wichtig war, dass der Kopf der Probanden in der Luft jeweils gerade verweilte, damit die Sprungform nicht

abgefälscht wurde. Bei der aF-Bedingung wurde den Probanden nach jedem Sprung jeweils die effektiv erzielte Sprunghöhe als Wert in Zentimeter auf einem Bildschirm angezeigt bzw. konnten sie die Sprunghöhe auf dem Bildschirm selber ablesen. In dieser Bedingung galt es, diesen angezeigten Wert von Sprung zu Sprung zu maximieren. Bei der EF+aF-Bedingung wurden diese beiden Bedingungen kombiniert. Somit versuchten die Probanden jeweils den Tennisball mit dem Kopf zu berühren und die Sprunghöhe, welche nach jedem Sprung auf dem Bildschirm angezeigt wurde von Sprung zu Sprung zu maximieren. In der neutralen Bedingung mussten die Probanden lediglich versuchen, so hoch wie möglich zu springen. Für die unterschiedlichen Bedingungen wurden unterschiedliche Instruktionen den Probanden erteilt. Diese Instruktionen blieben für die jeweiligen Bedingungen von Pre- zu Posttest exakt dieselben. Der Messparameter beinhaltete die Sprunghöhe.

Tabelle 1

Verbale Instruktionen der unterschiedlichen Bedingungen für die Probanden vor den Sprüngen

Bedingungen	Verbale Instruktionen zu Beginn jeder Sprungserie
Neutrale Bedingung	«Versuche bei jedem Sprung so hoch wie möglich zu springen»
EF-Bedingung	«Versuche bei jedem Sprung so hoch wie möglich zu springen und versuche den Ball, welcher senkrecht über dir hängt, mit deinem Kopf zu berühren. Halte dein Kopf während dem Sprung jedoch gerade.»
aF-Bedingung	«Versuche bei jedem Sprung so hoch wie möglich zu springen. Deine erzielte Sprunghöhe, welche nach jedem Versuch auf diesem Bildschirm angezeigt wird, versuchst du von Sprung zu Sprung zu maximieren.»
EF+aF-Bedingung	«Versuche bei jedem Sprung so hoch wie möglich zu springen. Deine erzielte Sprunghöhe, welche nach jedem Sprung auf diesem Bildschirm angezeigt wird, versuchst du zu maximieren. Zusätzlich versuchst du, den Ball, welcher senkrecht über dir hängt mit deinem Kopf zu berühren. Halte dein Kopf während dem Sprung jedoch gerade.»

2.4 Trainings

Jeder Proband absolvierte sechs Trainings in einer der genannten Gruppe. Die sechs Trainingseinheiten wurden innerhalb von drei Wochen absolviert. Das Aufwärmprogramm der Pre- und Posttests wurden für die Trainingseinheiten exakt übernommen. Den Probanden

wurde auch hier der genaue Ablauf der Trainingseinheiten erklärt. Die Probanden führten 10 Serien à 10 CMJ in der ihnen zugeteilten Bedingung durch. Zwischen den Sprüngen wurde eine Pause von 10 Sekunden, zwischen den Serien eine Pause von 2 Minuten eingehalten. Nach den ersten fünf Serien wurde zusätzlich eine grössere Pause von fünf Minuten absolviert.

Zusätzlich zu beachten galt, dass die Trainingseinheiten spätestens in der darauffolgenden Woche nach dem Pretest begannen. Zwischen den einzelnen Trainings wurde mindestens ein Ruhetag eingebaut, an dem keine Trainingseinheit absolviert wurde. Nach der letzten Trainingseinheit musste der Posttest spätestens eine Woche danach erfolgen. Zudem mussten sich die Probanden für den Pre- und Posttest sowie für die Trainingseinheiten in einem erhaltenen Zustand befinden und jeweils für alle Sitzungen dieselben Turnschuhe tragen, um gleiche Bedingungen zu gewährleisten.

2.5 Untersuchungsmethoden und Instrumente

Für die Pre- und Posttestmessungen wurden alle Sprünge auf einer Kraftmessplatte (OR6-7, Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA; 46.6 x 50.8 cm) absolviert. So konnten in den Bedingungen, welche aF beinhalteten, eine direkte Rückmeldung bezüglich der Sprunghöhe über einen Bildschirm den Probanden mitgeteilt werden. Mit dieser Kraftmessplatte können präzise die Bodenreaktionskräfte gemessen werden. Die Plattform misst dabei die drei orthogonalen Kraftkomponenten entlang der x-, y- und z-Achse und die Momente um die drei Achsen, die allesamt sechs Ausgänge erzeugen («OR6-7,.pdf», o.D.) Um diese Kraftmessplatte herum wurde die Platte durch einen Holzrahmen ergänzt, um den Landungsumfang der Sprünge zu erweitern (siehe Abbildung 4). Für die Auswertung der Sprünge wurden bei den Pre- und den Posttests die Sprunghöhe über ein Motion Capture-System (OptiTrack, NaturalPoint Inc., Corvallis, OR, USA) berechnet, indem die vertikale Verschiebung eines Markers, welcher auf der Hüfte befestigt war, berechnet wurde.



Abbildung 4. Versuchsanordnung der Kraftmessplatte OR 6-7.

Für die Trainingseinheiten wurde lediglich das OptoGait (Microgate Srl, Bolzano, Italien) benötigt. Dieses Instrument ist fähig, über die Flugzeit die Sprunghöhe zu berechnen. Somit konnte den Probanden nach jedem Sprung ihre Sprunghöhe über das Programm OptoGait auf einem Laptop mitgeteilt werden. Das OptoGait besteht aus zwei Messstäben, nämlich einem Sender- und einem Empfängerstab. Jeder Messstab besitzt 96 LED-Lichter, welche untereinander kommunizieren. So können die Kontakt- und Flugzeit für Sprünge mit der Genauigkeit von einer tausendstel Sekunde berechnet werden («Microgate OptoGait», o.D.).

2.6 Auswertung und statistische Analyse der Daten

In einem ersten Schritt wurden für jeden Probanden und jede Bedingung die besten und die schlechtesten zwei Versuche gelöscht. Für die restlichen Versuche wurde der Mittelwert berechnet. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels Mixed-Design-ANOVA, wobei die Faktoren Gruppe (aF vs. EF+aF vs. Kontroll), Zeitpunkt (Pre vs. Post) und Bedingung (Neutral vs. EF vs. aF vs. EF+aF) untersucht und miteinander verglichen wurden.

Zu Beginn wurde die deskriptive Statistik erläutert. Weiter wurde die Sphärizität getestet, welche eine wichtige Voraussetzung für eine ANOVA mit Messwiederholung ist. Sie wurde durch den Mauchly-Test berechnet. Wenn der p-Wert des Mauchly-Tests grösser als 0.05 war oder die Variable ≤ 2 Ebene hatte, war die Sphärizität gewährleistet. Wenn der p-Wert jedoch

signifikant war ($p < 0.05$), war die Sphärizität verletzt und wurde mittels Greenhouse-Geisser korrigiert. Die signifikanten Effekte wurden mit post-hoc-Tests analysiert.

3 Resultate

In Tabelle 2 sind alle Resultate der Studie zusammengefasst.

Tabelle 2

Mittlere Sprunghöhe jeder Gruppe in den verschiedenen Bedingungen vor (Pre) und nach (Post) dem Training

	Neutral	EF	aF	EF+aF	Total
	Sprunghöhe, Mittelwert ± Standardfehler, cm				
Kontrollgruppe					
Pre	48.6 ± 2.6	50.9 ± 2.6	50.6± 2.6	50.8 ± 2.6	50.2 ± 2.5
Post	51.8 ± 2.7	53.2 ± 2.6	52.9 ± 2.8	52.6 ± 2.6	52.6 ± 2.7
Pre + Post	50.2 ± 2.6	52.0 ± 2.6	51.7 ± 2.6	51.7 ± 2.6	51.4 ± 2.6
Gruppe aF					
Pre	47.2 ± 2.5	49.1 ± 2.5	47.6 ± 2.5	48.9 ± 2.5	48.2 ± 2.5
Post	50.7 ± 2.6	50.7 ± 2.5	50.9 ± 2.7	51.3 ± 2.5	50.9 ± 2.6
Pre + Post	48.9 ± 2.5	49.9 ± 2.5	49.3 ± 2.5	50.1 ± 2.5	49.6 ± 2.5
Gruppe EF+aF					
Pre	47.1 ± 2.6	50.0 ± 2.6	48.2 ± 2.6	49.5 ± 2.6	48.7 ± 2.5
Post	51.2 ± 2.7	51.6 ± 2.6	51.9 ± 2.8	52.3 ± 2.6	51.8 ± 2.7
Pre + Post	49.2 ± 2.6	50.8 ± 2.6	50.0 ± 2.7	50.9 ± 2.6	50.2 ± 2.6
Alle Gruppen zusammen					
Pre	47.6 ± 1.5	50.0 ± 1.5	48.8 ± 1.5	49.7 ± 1.5	49.0 ± 1.5
Post	51.3 ± 1.6	51.8 ± 1.5	51.9 ± 1.6	52.0 ± 1.5	51.8 ± 1.5
Pre + Post	49.4 ± 1.5	50.9 ± 1.5	50.3 ± 1.5	50.9 ± 1.5	50.4 ± 1.5

Anmerkung. aF = Augmented Feedback. EF = Externer Aufmerksamkeitsfokus.

Die Mixed-Design-ANOVA zeigte einen höchstsignifikanten Haupteffekt des Faktors Zeitpunkt, $F(1,40) = 28.58$ bei $p < 0.001$ und $\eta^2 = 0.417$, aufgrund einer durchschnittlich um 2.7 cm (5.6 %) grösseren Sprunghöhe nach dem Training. Ebenfalls wurde ein höchstsignifikanter Haupteffekt für den Faktor Bedingung gefunden, $F(2,28, 91.51) = 13.64$ bei $p < 0.001$ und $\eta^2 = 0.254$. Post-hoc-Tests haben gezeigt, dass die Sprunghöhe in der neutralen Bedin-

gung signifikant kleiner war als in den anderen Bedingungen (alle $p < 0.01$), während sich die Sprunghöhe in den anderen Bedingungen nicht signifikant unterschieden.

Die signifikante Interaktion der beiden eben genannten Faktoren Zeitpunkt und Bedingung, $F(3, 120) = 3.57$ bei $p = 0.016$ und $\eta^2 = 0.082$, zeigt allerdings, dass der Effekt des Trainings auf die Sprunghöhe nicht in allen Bedingungen derselbe war. Aus Abbildung 5 ist ersichtlich, dass die Probanden in der neutralen (7.6 %) und der aF-Bedingung (6.4 %), welche vor dem Training die tiefsten Werte aufwiesen, grössere Fortschritte erzielt haben, als in den beiden Bedingungen mit EF (EF+aF: 4.7 %; EF: 3.6 %).

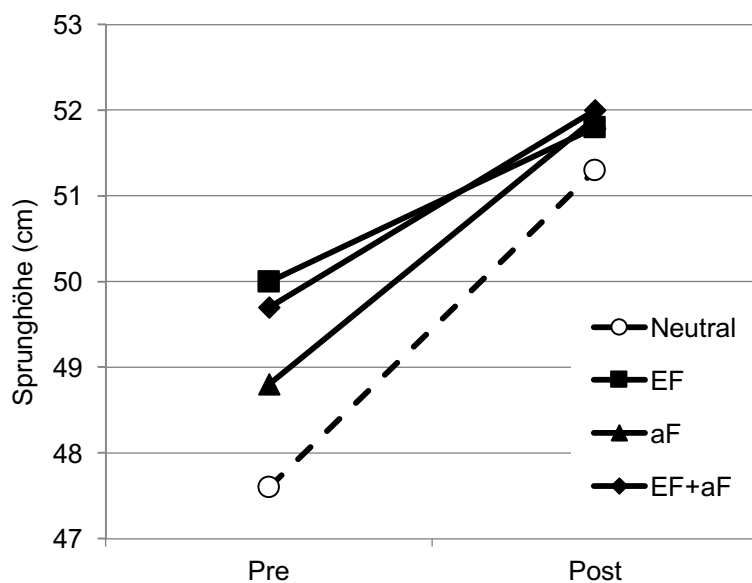


Abbildung 5. Effekt des Trainings auf die Sprunghöhe in den verschiedenen Bedingungen. Es ist ersichtlich, dass sich die Sprunghöhen in den verschiedenen Bedingungen durch das Training einander angeglichen haben, wobei die Probanden in der neutralen Bedingung die grössten Fortschritte erzielt haben. EF = Externer Aufmerksamkeitsfokus. aF = Augmented Feedback. Pre = Vor dem Training. Post = Nach dem Training.

Der Haupteffekt für den Faktor Gruppe war nicht signifikant, $F(2,40) = 0.14$ bei $p = 0.870$ und $\eta^2 = 0.007$. Ebenso waren alle Interaktionen mit dem Faktor Gruppe nicht signifikant (Gruppe*Zeitpunkt: $F(2,40) = 0.14$ bei $p = 0.866$ und $\eta^2 = 0.007$; Gruppe*Bedingung: $F(4.58, 91.51) = 0.87$ bei $p = 0.497$ und $\eta^2 = 0.042$; Gruppe*Zeitpunkt*Bedingung: $F(6,120) = 0.46$ bei $p = 0.838$ und $\eta^2 = 0.022$). Die EF+aF-Gruppe konnte durch das Training die Sprunghöhe um durchschnittlich 6.3 % steigern, während es bei der aF-Gruppe 5.6 % und bei der Kontrollgruppe 4.8 % waren. Allerdings sind diese Unterschiede, wie gerade gesehen, nicht statistisch signifikant. Dies zeigt, dass die weiter oben genannten Trainings- und Bedingungs-effekte in allen Gruppen ähnlich waren und somit die Trainingsform keinen signifikanten Einfluss hatte.

4 Diskussion

4.1 Unterschiede zwischen den Bedingungen

Den Resultaten ist zu entnehmen, dass das Springen in der EF-Bedingung vor dem Training zu den besten Leistungen geführt hat. Diese Erkenntnis stimmt mit der bisher durchgeführten Studie von Keller et al. (2015) nicht überein. Wie auf der Abbildung 2 zu sehen ist, sollten unter der aF-Bedingung die bestmöglichen Leistungen im Vergleich zu EF und IF erreicht werden. Dieser Ansatz wird von Keller et al. (2015) damit begründet, dass die aF-Bedingung die anspruchsvollste Bedingung ist. Sie verlangt von Sprung zu Sprung die Leistung stets zu verbessern. Die Erkenntnis von Keller et al. (2015), dass die Anwendung eines aF dem EF sowie dem IF überlegen war, konnte in dieser Studie somit nicht bestätigt werden, obwohl nach dem Training in der aF-Bedingung minimal bessere Leistungen erzielt werden konnten als in der EF-Bedingung. Erwartet wurde, dass durch die Anwendung eines aF die Probanden zusätzlich motiviert werden, die Sprünge mit einer höheren Intensität durchzuführen. Zudem soll ein visuelles Feedback sich positiv auf die Leistung auswirken. Diese Annahmen wurden von Hopper et al. (2003) sowie von Magil (2011) geteilt und können in dieser Studie bestätigt werden. Werden die Trainingsgruppen nicht berücksichtigt, fällt auf, dass in der aF-Bedingung, unabhängig des Zeitpunktes, bessere Leistungen erzielt werden konnten als in der neutralen Bedingung.

Interessanterweise konnte vor dem Training das Springen in der EF+aF-Bedingung nicht zu den bestmöglichen Sprunghöhen führen. Im Gegensatz dazu erzielte die EF+aF-Bedingung nach dem Training die bestmöglichen Sprunghöhen. Diese Tatsache stimmt mit den Resultaten von Wälchli et al. (2016) nicht überein, welche den positiven Aspekt von EF+aF gegenüber dem Springen unter einem aF oder ohne Feedback aufzeigten. Mittels EF+aF sollten signifikant höhere Leistungen erzielt werden. Die Resultate dieser Studie könnten damit begründbar sein, dass die Probanden vor dem Training in allen Bedingungen nur 10 Sprünge absolvierten. Diese Anzahl an Sprüngen reichte jedoch für die Überprüfung dieser Tatsache nicht aus. Nach dem Training haben die Probanden jedoch bereits die dreiwöchige Trainingsintervention abgeschlossen und konnten somit in der EF+aF-Bedingung die besten Sprunghöhenwerte erzielen. Ein weiterer Grund, weshalb dies vor dem Training nicht festgestellt werden konnte, könnte darin liegen, dass sich die Probanden in der EF+aF-Bedingung auf zwei Ansätze zur selben Zeit konzentrieren mussten und sie somit mit zu vielen Informationen überfordert wurden. Bis hin zum Posttest konnten die Probanden hunderte von Sprün-

gen üben. So waren sie mit der Sprungbewegung viel vertrauter als vor dem Training und die Möglichkeit der Überflutung von Informationen nach dem Training verschwand.

Wie angenommen wurden vor und nach dem Training die tiefsten Sprunghöhen im direkten Vergleich zu den anderen Bedingungen (EF, aF, EF+aF) in der neutralen Bedingung festgestellt. Nur das Springen in der neutralen Bedingung unterschied sich von den anderen Bedingungen. Diese Tatsache lässt sich mit zahlreichen Studien teilen, welche die Vorteile von IF, EF, aF sowie EF+aF gegenüber dem Springen ohne Bedingung bestätigten (Freudenheim et al., 2010; Hopper et al., 2003; Keller et al., 2014; Wälchli et al., 2016). In der Studie von van Vliet und Wulf (2006) wurde herausgefunden, dass durch Feedback die Effektivität erheblich gesteigert werden kann. Diese Tatsache liess sich mit den oben erwähnten Resultaten bestätigen. Alle Probanden wurden in allen Bedingungen, unabhängig der Gruppen, vor und nach dem Training auf die Sprunghöhe getestet. In den beiden Bedingungen, welche eine Form von Feedback beinhalteten (aF und EF+aF), konnte ebenfalls eine höhere Effektivität im direkten Vergleich zur neutralen Bedingung festgestellt werden. Durch die Trainings konnte der Unterschied bezüglich der mittleren Sprunghöhen in der neutralen Bedingung im direkten Vergleich zu dem Springen in den anderen Bedingungen (EF, aF und EF+aF) jedoch verkleinert werden. Diese Erkenntnis ist damit zu erklären, dass die Probanden vor dem Training noch kaum mit der CMJ-Sprungform vertraut waren. Das Springen in der neutralen Bedingung war vor dem Training zusätzlich erschwert, da die Probanden überhaupt kein Feedback über ihre Sprunghöhe erhielten. So konnten von Sprung zu Sprung kaum Anpassungen gemacht werden, welche für die Erhöhung der Sprunghöhe von grosser Bedeutung gewesen wäre. In der Trainingsintervention jedoch trainierten zwei Drittel der Probanden in einer Bedingung mit aF bzw. EF+aF. Diese zwei Drittel konnten natürlich aufgrund ihrer Bedingung die Sprungtechnik verbessern und erzielten somit nach dem Training ebenfalls in der neutralen Bedingung ähnlich hohe Sprünge wie in den anderen Bedingungen, was als möglicher Grund der Verringerung des Unterschieds gesehen werden kann. Es kann also gesagt und somit die erste Fragestellung beantwortet werden, dass es bezüglich der mittleren Sprunghöhe beim CMJ signifikante Unterschiede in den Bedingungen neutral, EF, aF und EF+aF gab. Aufgrund fehlenden Signifikanzen unterscheidet sich nur die neutrale Bedingung von den anderen. Das Springen in der neutralen Bedingung führt nämlich zu schlechteren Leistungen als das Springen in den anderen Bedingungen.

Allgemein lässt sich sagen, dass alle Trainingsgruppen in der neutralen Bedingung die grössten Fortschritte wahrnehmen konnten. Somit haben die Gruppen aF und EF+aF die Bestwerte der Sprunghöhen nicht in der eigenen Bedingung erreicht, in welcher sie trainiert haben. Le-

diglich die Kontrollgruppe hat in ihrer Bedingung (neutral) den besten Fortschritt erreichen können. Hier stellt sich die Frage, weshalb gerade alle drei Gruppen in derselben Bedingung den grössten Fortschritt erfahren durften?

Wie bereits erwähnt haben die Probanden noch kaum Erfahrungen mit der CMJ-Sprungform machen können. Eine Vielzahl der Probanden absolvierte beim Pretest sogar zum ersten Mal bewusst einen CMJ mit Armschwung. Somit kann angenommen werden, dass sie mit dieser Sprungtechnik noch kaum vertraut und somit auf externe Hilfe angewiesen waren, um technisch korrekte, hohe Sprünge zu absolvieren. Dies ist womöglich der Grund, weshalb alle Gruppen vor dem Training in der neutralen Bedingung die schlechtesten Werte erzielten. In den anderen Bedingungen konnten bessere Werte erzielt werden, da die Probanden mittels aF, EF bzw. EF+aF auf die richtige Sprungtechnik hingeführt wurden. Da sie die Instruktionen befolgten, konnten die Sprünge bereits mit einer deutlich besseren Qualität durchgeführt werden. Nach der Trainingsintervention waren alle Probanden durch die zahlreichen Sprünge mit der Sprungtechnik vertraut und konnten in allen Bedingungen deutlich höher springen. Somit führte diese Technikverbesserung bei allen Gruppen in der neutralen Bedingung zu den bestmöglichen Verbesserungen, da die Probanden vor dem Training vor allem in dieser Bedingung noch kaum in der Lage waren, technisch korrekte, hohe Sprünge auszuführen, was als Grund für die grössten Verbesserungen in der neutralen Bedingung angesehen werden kann. Ebenso zentral ist, dass die Probanden vor dem Training nicht wussten, in welcher Trainingsgruppe sie die Trainings absolvieren werden. Die Probanden der Gruppen aF sowie EF+aF verbesserten aufgrund deren spezifischen Bedingung ganz autonom ihre richtige Sprungtechnik. Die Probanden der Kontrollgruppe mussten jedoch ohne äussere Einwirkung die Sprungtechnik selbst versuchen zu verbessern.

4.2 Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen

Wie angenommen fällt beim Vergleichen der Gruppen untereinander auf, dass die Gruppe EF+aF den grössten Fortschritt (+3.1 cm), gefolgt von der Gruppe aF (+2.7 cm) von Pre- zu Posttest erfahren durfte. Dieses Resultat ist jedoch mit Vorsicht zu deuten, da der Haupteffekt der Gruppe die Signifikanz von $p = 0.87$ weit verfehlte und somit keinen statistischen Unterschied bezüglich der Trainingsgruppen festgestellt werden konnte. Wie bereits erwähnt waren ebenso alle Interaktionen mit dem Faktor Gruppe nicht signifikant. Die Probanden der Gruppen aF sowie EF+aF erhielten nach jedem Sprung ein KR-Feedback, welches dem Probanden jeweils die erreichte Sprunghöhe mitteilte. Vermutet wurde, dass diese Art von Feedback auf die Probanden längerfristig motivierend wirken sollte. In den Trainings konnten nämlich sub-

jektive Unterschiede der Motivation bezüglich der unterschiedlichen Trainingsgruppen festgestellt werden. Die Probanden der Kontrollgruppe waren deutlich weniger motiviert, jeden Sprung mit maximaler Kraft durchzuführen als die Probanden der Gruppe aF bzw. der Gruppe EF+aF. Es wurde angenommen, dass die Gruppen aF und EF+aF im direkten Vergleich zu der Kontrollgruppe nicht nur grössere Fortschritte, sondern ebenso bessere Mittelwerte der Sprunghöhen aufweisen sollten, was nicht beobachtet werden konnte. Diese beiden Gruppen wiesen zwar grössere Verbesserungen von Pre- zu Posttest auf, konnten jedoch im direkten Vergleich zur Kontrollgruppe nicht die besseren Mittelwerte der Sprunghöhen erzielen. Der Grund dafür könnte an der Art des aF liegen. Zum Zeitpunkt des Pre- und Posttests wurden die Sprunghöhen jeweils auf der Kraftmessplatte mittels Impuls berechnet und als Wert auf einem Bildschirm den Probanden sichtbar gemacht. Für die Probanden war es nicht möglich, diesen Wert zu beeinflussen. In den Trainings führten die Probanden der Gruppe aF sowie EF+aF die Sprünge nicht auf dieser Kraftmessplatte durch, sondern auf dem OptoGait. Beim OptoGait wird im Vergleich zur Kraftmessplatte die Sprunghöhe nicht mittels Impuls, sondern mittels der Flugzeit des Probanden berechnet. Da die Sprunghöhe mittels Flugzeit berechnet wurde, konnte die Sprunghöhe, welche nach jedem Sprung auf dem Bildschirm angezeigt wurde, von den Probanden beeinflusst werden. Beispielsweise lässt sich durch das Landen eines Sprunges mit angewinkelten Knien die Flugzeit und somit die Sprunghöhe beeinflussen. Dies verändert so das gewöhnliche Sprungverhalten der Probanden und verfälscht somit das KR-Feedback. Die Art und Weise, wie die Probanden den EF nutzten, konnte hingegen weder in dem Pre- und Posttest noch in den Trainings beeinflusst werden. Die Probanden mussten lediglich versuchen den Tennisball mit dem Kopf zu berühren. Für die Probanden war es abgesehen von der Kraft, welche sie für den Absprung auf den Boden ausübten, nicht möglich, die Sprungbewegung zu ändern, um einfacher an den Ball heranzukommen.

Die erste Hypothese, welche besagt, dass die Kombination von EF mit einem aF während einem dreiwöchigen Sprungkrafttraining einen grösseren Effekt auf die Verbesserung der Sprunghöhe hat als aF alleine muss verworfen werden. Diese Verbesserung konnte in dieser Studie zwar festgestellt werden, jedoch aufgrund der fehlenden Signifikanz nicht bestätigt werden. Somit kann die zweite Fragestellung mit nein beantwortet werden.

Die zweite Hypothese welche besagt, dass die Kombination von EF mit einem aF nach einem dreiwöchigen Sprungkrafttraining Verbesserungen in allen vier Bedingungen aufzeigt, während aF nur in den Bedingungen aF und EF+aF Verbesserungen aufweist, muss ebenfalls verworfen werden. Die Gruppe EF+aF wies zwar Verbesserungen in allen Bedingungen auf, die Gruppe aF konnte jedoch nicht nur in den aF- und EF+aF-Bedingungen, sondern ebenso

in der EF- und neutralen Bedingung Verbesserungen erzielen. Zudem konnte diese Hypothese ebenfalls aufgrund der fehlenden Signifikanz nicht bestätigt werden.

4.3 Fazit und Ausblick

Leider konnte in dieser Studie aufgrund der fehlenden Signifikanz des Faktors Gruppe sowie deren Interaktionen nicht aufgezeigt werden, dass die Trainingsgruppe EF+aF die effektivste Trainingsmethode ist, um während einem dreiwöchigen CMJ-Trainings die Sprunghöhe zu verbessern.

Bis heute gibt es noch keine Studie, welche die Kombination von EF mit einem aF während einer Trainingsintervention untersucht hatte. Diese Studie ist somit die Erste, welche sich damit befasste und mit 43 Probanden die Vorteile der Kombination von EF mit einem aF gegenüber aF alleine bezüglich der Verbesserung der Sprunghöhe untersuchte.

Als Schwachpunkt dieser Studie muss sicherlich die Art des aF während den Trainings angesehen werden. Durch die Möglichkeit der Beeinflussung der Sprunghöhen durch das Anwinkeln der Knie wurden in den Gruppen aF sowie EF+aF teilweise sicherlich das Sprungverhalten verfälscht. Bei einer weiterführenden Studie sollte darauf geachtet werden, dass die Sprunghöhen immer mit derselben Messmethode berechnet werden. Um die Möglichkeit der Beeinflussung der Sprunghöhen auszuschliessen, sollten somit für die Pre- und Posttests sowie ebenfalls für die Trainings die Sprunghöhen nur mittels der Kraftmessplatte berechnet werden.

5 Schlussfolgerung

Abschliessend kann gesagt werden, dass es bezüglich der mittleren Sprunghöhen bei CMJ Unterschiede in den Bedingungen neutral, EF, aF und EF+aF gab. Dabei zeigten die Resultate, dass in der neutralen Bedingung die tiefsten Sprunghöhen im direkten Vergleich zu den anderen Bedingungen erzielt wurden. Zudem unterschieden sich die Sprunghöhen in den anderen Bedingungen statistisch gesehen aufgrund der fehlenden Signifikanz nicht voneinander. Die Trainingsgruppe EF+aF konnte vom Pre- zum Posttest nach einem dreiwöchigen CMJ-Training die grössten Fortschritte und somit grössere Fortschritte erzielen als die Gruppe aF alleine. Aufgrund der weit verfehlten Signifikanzen des Faktors Gruppe sowie deren Interaktionen mit den Faktoren Zeitpunkt und Bedingung kann dieses erwartete Resultat jedoch statistisch und wissenschaftlich nicht bestätigt werden. Ein höchst wahrscheinlicher Grund für diese weit verfehlte Signifikanz könnte an der Art und Weise gelegen haben, wie aF in den Trainings bzw. Pre- und Posttests eingesetzt wurde. Wie bereits erwähnt bestand in den Trainings die Möglichkeit, dass die Probanden das KR-Feedback beeinflussen konnten, indem sie bei den Sprüngen mit angewinkelten Knien gelandet sind. Dadurch wurde die natürliche Sprungbewegung für die Trainings sowie für den Posttest verfälscht. Für weitere Studien sollten demnach mögliche Manipulationen bezüglich der Sprunghöhen vorzeitig ausgeschlossen werden, um im Hinblick auf die Trainingsgruppenunterschiede signifikante Resultate erhalten zu können.

Literaturverzeichnis

- Al-Abood, S., Bennett, S., Hernandez, F., Ashford, D. & Davids, K. (2002). Effect of verbal instructions and image size on visual search strategies in basketball free throw shooting. *Journal Of Sport Sciences*, 20(3), 271-278. <http://dx.doi.org/10.1080/026404102317284817>
- Freudenheim, A., Wulf, G., Madureira, F., Pasetto, S. & Corrêa, U. (2010). An External Focus of Attention Results in Greater Swimming Speed. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 5(4), 533-542. doi:10.1260/1747-9541.5.4.533
- Hopper, D., Axel Berg, M., 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
- Kal, E., van der Kamp, J. & Houdijk, H. (2013). External attentional focus enhances movement automatization: A comprehensive test of the constrained action hypothesis. *Human Movement Science*, 32(4), 527-539. doi:10.1016/j.humov.2013.04.001
- Keller, M., Lauber, B., Gehring, D., Leukel, C. & Taube, W. (2014). Jump performance and augmented feedback: Immediate benefits and long-term training effects. *Human Movement Science*, 36, 177-189. doi:10.1016/j.humov.2014.04.007
- Keller, M., Lauber, B., Gottschalk, M. & Taube, W. (2015). Enhanced jump performance when providing augmented feedback compared to an external or internal focus of attention. *Journal Of Sports Sciences*, 33(10), 1067-1075. doi:10.1080/02640414.2014.984241
- Lay, B., Sparrow, W., Hughes, K. & O'Dwyer, N. (2002). Practice effects on coordination and control, metabolic energy expenditure, and muscle activation. *Human Movement Science*, 21(5-6), 807-830. doi:10.1016/s0167-9457(02)00166-5
- Leukel, C. & Lundbye-Jensen, J. (2012). The role of augmented Feedback in human motor learning. In A. Gollhofer, W. Taube & J. B. Nielsen (Hrsg.), *Routledge Handbook of Motor Control and Motor Learning* (S. 135- 154). New York: Routledge.
- Lopes, M.C. (2011). *Wirksamkeit von impliziten und expliziten Lernprozessen. Aneignung taktischer Kompetenzen und motorischer Fertigkeiten im Basketball* (Dissertation, Universität Heidelberg, Deutschland). Zugriff unter http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/12026/1/Doktorarbeit_VersionIII_endgueltige.pdf
- Magill, R. (2011). *Motor learning and Control* (9. durchgesehene Aufl.). New York: McGraw-Hill.

- McNevin, N. H., Shea, C. H. & Wulf, G. (2003). Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. *Psychological Research*, 67(1), 22-29. doi:10.1007/s00426-002-0093-6
- Microgate OptoGait – Was ist Optogait. (o.D.). Zugriff unter <http://www.optogait.com/Was-ist-Optogait>
- Moran, A. P. (2004). *Sport and exercise psychology. A critical introduction*. London and New York: Routledge.
- Moran, K., Murphy, C. & Marshall, B. (2012). The Need and Benefit of Augmented Feedback on Service Speed in Tennis. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 44(4), 754-760. doi:10.1249/mss.0b013e3182376a13
- OR6-7.pdf. (o.D.). Zugriff unter <http://downloadcentral.interfaceforce.co.uk/downloads/OR6-7.pdf>
- Richter, A. (2011). *Aspekte der Sprungkraft und Sprungkraftdiagnostik unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung im Kindes- und Jugendalter* (Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland). Zugriff unter <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000023198/1728636>
- Schücker, L., Hagemann, N., Strauss, B. & Völker, K. (2009). The effect of attentional focus on running economy. *Journal Of Sports Sciences*, 27(12), 1241-1248. doi:10.1080/02640410903150467
- Sharma, D., Chevidikunnan, M., Khan, F. & Gaowgzeh, R. (2016). Effectiveness of knowledge of result and knowledge of performance in the learning of a skilled motor activity by healthy young adults. *Journal Of Physical Therapy Science*, 28(5), 1482-1486. doi:10.1589/jpts.28.1482
- Sparrow, W. & Newell, K. (1998). Metabolic energy expenditure and the regulation of movement economy. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(2), 173-196. doi:10.3758/bf03212943
- van Vliet, P. & Wulf, G. (2006). Extrinsic feedback for motor learning after stroke: What is the evidence?. *Disability And Rehabilitation*, 28(13-14), 831-840. doi:10.1080/09638280500534937
- 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

- Wälchli, M., Ruffieux, J., Bourquin, Y., Keller, M. & Taube, W. (2016). Maximizing Performance: Augmented Feedback, Focus of Attention, and/or Reward?. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 48(4), 714-719. doi:10.1249/mss.0000000000000818
- Wulf, G. (2009). *Aufmerksamkeit und motorisches Lernen*. München: Elsevier Urban & Fischer.
- Wulf, G. & Dufek, J. (2009). Increased Jump Height with an External Focus Due to Enhanced Lower Extremity Joint Kinetics. *Journal Of Motor Behavior*, 41(5), 401-409. doi:10.1080/00222890903228421
- Wulf, G., Dufek, J., 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., Lauterbach, B. & Toole, T. (1999). The Learning Advantages of an External Focus of Attention in Golf. *Research Quarterly For Exercise And Sport*, 70(2), 120-126. doi:10.1080/02701367.1999.10608029
- Wulf, G. & Lewthwaite, R. (2010). Effortless Motor Learning?: An External Focus of Attention Enhances Movement Effectiveness and Efficiency. In B. Bruya (Hrsg.), *Effortless Attention: A new Perspective in the Cognitive Science of Attention and Action* (S. 75-101). Cambridge, Mass.: The MIT Press
- Wulf, G. 2007a. Attentional focus and motor learning: A review of 10 years of research. *E-Journal Bewegung und Training*, 1, 1-64.
- Wulf, G. 2007b. *Attention and motor skill learning*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wulf, G., McConnel, N., Gärtner, M. & Schwarz, A. (2002). Enhancing the Learning of Sport Skills Through External-Focus Feedback. *Journal Of Motor Behavior*, 34(2), 171-182. doi:10.1080/00222890209601939
- Wulf, G., McNevin, N. & Shea, C. (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. & Su, J. (2007). An External Focus of Attention Enhances Golf Shot Accuracy in Beginners and Experts. *Research Quarterly For Exercise And Sport*, 78(4), 384-389. doi:10.5641/193250307x13082505158336

- Wulf, G., Zachry, T., Granados, C. & Dufek, J. (2007). Increases in Jump-and-Reach Height through an External Focus of Attention. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 2(3), 275- 284. doi:10.1260/174795407782233182
- 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