

Sofortige Leistungssteigerung: Augmented Feedback und externer Aufmerksamkeitsfokus

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht

eingereicht von

Stefan Moret

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
Dr. Michael Wälchli
Matteo Bugnon

Fribourg, 12. Februar 2019

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1 Einleitung.....	4
1.1 Wissenschaftlicher Hintergrund und Ausgangslage	5
1.2 Ziel der Arbeit	14
2 Methode	17
2.1 Untersuchungsgruppe.....	17
2.2 Studiendesign	18
2.3 Datenanalyse	22
2.4 Statistische Analyse.....	22
3 Resultate	24
4 Diskussion	29
4.1 Manipuliertes Augmented Feedback.....	29
4.2 Augmented Feedback.....	31
4.3 Augmented Feedback kombiniert mit einem externen Aufmerksamkeitsfokus	31
4.4 Stärken und Schwächen der Studie	34
5 Schlussfolgerung	37
Literatur.....	38
Anhang.....	43
Dank.....	53

Zusammenfassung

Laut etlichen Forschern steigert ein Augmented Feedback (AF) durch die damit mitgeteilten zusätzlichen Informationen die Motivation eines Sportlers und dadurch seine Leistung. Ein externer Aufmerksamkeitsfokus (EF) lenkt die Aufmerksamkeit des Sportlers auf die Auswirkung einer Bewegung, eines Geräts (Schläger, Ball etc.) oder auf die Umgebung (Wulf et al., 1998). Dies schien bisher im Allgemeinen auch zu besseren Leistungen zu führen und bewirkte gleichzeitig eine Reduzierung der Muskelaktivität und damit eine effizientere Bewegungsausführung (siehe Vance et al., 2004).

Bei einer Kraftaufgabe sind die leistungssteigernden Effekte mit einem AF deutlich stärker als bei einem EF (Keller et al., 2015). Wälchli et al. (2016) konnten aufzeigen, dass EF und AF in Kombination die Leistung noch zu steigern vermögen. Diese Annahme konnte jedoch erst kürzlich in einer Untersuchung mit Elite-Tennisspielern nicht bestätigt werden (Keller et al., 2018).

Es ist zum heutigen Zeitpunkt unklar, in welcher Form oder wie exakt ein AF sein muss, um die gewünschte Leistungssteigerung hervorzurufen. Deshalb soll mit der vorliegenden Arbeit herausgefunden werden, ob sich die Leistung bei einer Maximalkraft- und einer Explosivkraftaufgabe auch verbessert, wenn das AF falsch ist. Des Weiteren wurde bisher nicht untersucht, wie sich der Einfluss eines EF bei den beiden erwähnten Bewegungsaufgaben verändert, wenn er mit einem AF kombiniert wird. Mit dieser Arbeit wird deshalb auch untersucht, ob ein EF zusätzlich zum AF sowohl die Maximal- als auch die Explosivkraft gleichermassen steigern kann.

Diese beiden Schwerpunkte wurden in der vorliegenden Studie mit 32 Probanden in der Form eines Labortests mit einem Dynamometer untersucht. Die Probanden wurden randomisiert in zwei Gruppen aufgeteilt, wobei eine Gruppe ein korrektes AF und die andere ein falsches bzw. ein manipuliertes AF (MAF) erhielt. Untersucht wurde die Leistung mit einer neutralen Bedingung als Referenz, einmal mit einem AF und einmal mit einem AF zusammen mit einem EF. Ein neuartiges Ergebnis dieser Studie war, dass es bei der isometrischen Maximalkraftaufgabe keinen signifikanten Unterschied der beiden Gruppen gab. Allein das AF bei der Explosivkraftaufgabe resultierte in einer signifikant höheren Leistung. Kombiniert mit einem AF konnte der EF die Leistung weder bei der isometrischen Maximalkraftaufgabe noch bei der isometrischen Explosivkraftaufgabe weiter steigern. Die verbreitete Annahme, dass ein EF grundsätzlich die Leistung verbessere, ist deshalb anzuzweifeln.

1 Einleitung

Wissenschaftler, die das motorische Lernen untersuchen, versuchen seit Jahrzehnten die Wirkung des AF zu erklären. Auch Lehrer, Trainer, Instrukturen oder Therapeuten versuchen seit jeher kontinuierlich, durch Instruktionen die Technik und die korrekte Ausführung einer Fertigkeit zu vermitteln, um den Lernprozess zu unterstützen.

Neben der Fähigkeit, Muskelkraft angemessen einzusetzen, spielt das Erlernen von motorischen Fähigkeiten eine entscheidende Rolle im Alltag, insbesondere aber für die sportliche Leistung von Athleten. Es ist allgemein bekannt, dass sich die Leistung durch Training verbessert. Jedoch ist nicht nur die Anzahl der durchgeführten Trainings entscheidend, sondern auch die *Trainingsbedingungen*, deren Qualität einen erheblichen Einfluss auf die Lerngeschwindigkeit und somit auf die endgültige Leistung haben kann (Schmidt, Lee, Winstein, Wulf & Zelaznik, 2018).

In Bezug auf die Qualität des Trainings gibt es viele Optimierungsmöglichkeiten, um den Lernprozess zu verbessern. Diese Studie untersucht einerseits den Einfluss von verbalen Instruktionen, d.h. die Steuerung des Aufmerksamkeitsfokus, und andererseits den Einsatz von Augmented Feedback (nachfolgend «AF») auf die Kraftleistung beim Kniestrecker, weshalb nachfolgend auf diese Themen vertieft eingegangen wird. AF soll die Motivation erhöhen und den Lernprozess unterstützen und optimieren. AF und auch verbale Instruktionen sind für eine Untersuchung gut geeignet, da sie im Labor kontrollierbar und reproduzierbar sind.

Die Erzeugung von Muskelkraft ist unter vielen Umständen wichtig, insbesondere bei sportlichen Bewegungen und zur Prävention von Verletzungen. Die Muskelkraft erzeugt Drehmomente, welche die Bewegung der Gliedmassen ermöglichen und Gelenke vor Verletzungen schützen können.

Die Maximalkraft, also die Drehmomenthöchstleistung, ist «die höchstmögliche Kraft, die das Nerv-Muskel-System bei maximaler willkürlicher Kontraktion auszuüben vermag» (Weineck, 2009). Es dauert mindestens 300 ms vom Beginn einer Muskelkontraktion bis zum Erreichen der Drehmomenthöchstleistung (Thorstensson, Karlsson, Viitasalo, Luhtanen & Komi, 1976). Je schneller dieser Kraftaufbau gemacht wird, desto explosiver ist die Bewegung.

Unter Explosivkraft versteht man die Fähigkeit, die Maximalkraft in kürzester Zeit aufzubauen (Zatsiorsky & Kraemer, 2006) oder einen möglichst steilen Kraftanstiegsverlauf zu realisieren

(Weineck, 2009). Die Explosivkraft ist somit auch abhängig vom Niveau der Maximalkraft (Cronin & Sleivert, 2005).

Eine höhere Drehmomententwicklung wurde bei Spitzenathleten mit einer erhöhten Explosivkraft in Verbindung gebracht (Maffiuletti et al., 2016). Zudem scheint sie zu einer erhöhten Haltungsstabilität und einem schnelleren Wiederaufbau des Gleichgewichts bei verletzten älteren Personen zu führen (Maffiuletti et al., 2016). Eine schnelle Drehmomenterzeugung insbesondere der Kniestrecker scheint ausserdem wichtig für die Erholung nach einer Verletzung (Angellozzi et al., 2012) und für die Leistungsfähigkeit zu sein (Oliveira, Corvino, Caputo, Aagaard & Denadai, 2016; Oliveira et al., 2016). Aus all diesen Gründen ist es sinnvoll, Strategien zu erforschen, um die Drehmomenthöchstleistung des Kniestreckers zu verbessern. Unter anderem auch deshalb wurde für diese Arbeit eine entsprechende Übung mit dem Kniestreckergewählt.

1.1 Wissenschaftlicher Hintergrund und Ausgangslage

1.1.1 Feedback. Der Begriff «Feedback» bezieht sich im Zusammenhang mit dem motorischen Lernen auf leistungs- oder bewegungsbezogene Informationen, die jemand während oder nach einer Bewegungsaufgabe erhält. Es gibt zwei Arten von Feedback in der Bewegungslehre: (Aufgaben-)intrinsisches Feedback und AF.

Intrinsisches Feedback. Das intrinsische Feedback ist ein subjektives Feedback und bezieht sich auf Informationen, die als natürliche Folge einer Bewegung an das Hirn gesendet werden. Dieses ist für die motorische Leistung und das Bewegungslernen unerlässlich. Es besteht aus sensorischen Informationen, die entweder aus Quellen ausserhalb des Körpers (Exterozeption) oder aus dem Inneren des Körpers (Interozeption) stammen. Exterozeptoren liefern Informationen über die Bewegung der Objekte in der Umgebung überwiegend durch das Sehen und Hören. Dazu gehört aber auch «die Aufnahme und Verarbeitung aller von aussen kommenden mechanischen, thermischen, optischen, akustischen, olfaktiven und gustativen Reize» (Reiche, 2003).

Interozeptoren liefern Informationen über die Bewegung des eigenen Körpers, wie z.B. die Wahrnehmung der Körper- und Gliedmassenbewegung und -lage und der Position der Gelenke (Propriozeption). Gemäss Kelly (1991, zitiert nach Schmidt et al., 2018) geschieht dies über das vestibuläre System sowie über Muskel-, Gelenk- und Hautrezeptoren. Durch dieses intrinsische Feedback ist der Mensch in der Lage, die eigenen Bewegungen ohne Unterstützung

durch andere Quellen, wie z.B. Anweisungen oder Geräte, wahrzunehmen. Obwohl in vielen Fällen intrinsisches Feedback keine bewusste Verarbeitung fordert, muss der Mensch in manchen Situationen lernen, wie man sensorische Informationen wie Gelenkwinkel oder die Position der Extremitäten bewertet (Schmidt et al., 2018).

Augmented Feedback. Informationen, welche das intrinsische Feedback ergänzen oder verstärken, werden in der Lehre unter dem Begriff «Augmented Feedback» (AF) zusammengefasst (Schmidt et al., 2018). AF wird als «Rückmeldung durch eine externe Quelle» definiert und kann in «Knowledge of Result» und «Knowledge of Performance» unterteilt werden (Shumway-Cook & Woollacott, 2007). Während mit «Knowledge of Result» Informationen über das Bewegungsergebnis (als Feedback zur Zielerreichung) geliefert werden, wird mit «Knowledge of Performance» über die Qualität der Bewegungsausführung informiert, also eine Rückmeldung in Bezug auf das Bewegungsmuster gegeben. Diese Arbeit geht ausschliesslich auf die Information zum Bewegungsergebnis (Knowledge of Result) ein.

Es ist allgemein bekannt, dass die motorische Leistung durch AF verbessert werden kann (Lauber & Keller, 2014; Sigrist, Rauter, Riener & Wolf, 2013). Zu beachten ist aber, dass AF nur dann einen Vorteil bringt, wenn dieses *zusätzliche* Informationen zur subjektiven Wahrnehmung (intrinsisches Feedback) liefert (Magill, Chamberlin & Hall, 1991).

Sowohl die mehrmalige als auch nur eine einmalige Information über das Bewegungsergebnis kann eine Leistungssteigerung herbeiführen (Keller, Lauber, Gehring, Leukel & Taube, 2014; Shumway-Cook & Woollacott, 2007). Schon vor Jahrzehnten konnte gezeigt werden, dass ein AF zu einer erhöhten Leistung führt, wenn Probanden eine Maximalkraftaufgabe des Kniestrecker ausführen (Peacock, Westers, Walsh & Nicholson, 1981). In dieser Studie erhielten die Teilnehmer nach dem Zufallsprinzip entweder ein visuelles Feedback über das von ihnen erzeugte Drehmoment oder gar kein Feedback. Wenn ein AF gegeben wurde, kontrahierten die Probanden mit höheren Drehmomentwerten, d.h. produzierten eine höhere Maximalkraft als bei den Kontraktionen ohne Feedback.

Die Beobachtungen von Keller et al. (2014) bestätigten die Annahme, dass bei maximalen Kraftaufgaben unmittelbar erhöhte Kraft-/Drehmomentwerte erzielt werden, wenn ein Proband über das Bewegungsergebnis informiert wird. Auch andere Studien zeigten dieselben positiven Effekte bei Maximalkraftaufgaben auf (Baltzopoulos, Williams & Brodie, 1991; Hopper, Axel Berg, Andersen & Madan, 2003). Die Studie von Moran, Murphy und Marshall (2012) konnte beispielsweise aufzeigen, dass Tennisspieler, welche die Information über ihre Servicegeschwindigkeit (d.h. das Bewegungsergebnis) im Training angezeigt erhielten, später schneller

servieren konnten. Die Tennisspieler konnten ihre Servicegeschwindigkeit selbst nicht genau beurteilen, weshalb es sich bei dem Feedback um eine zusätzliche Information handelte. Die Spieler, die diese zusätzliche Information erhielten, konnten nach sechs sowie auch noch nach zwölf Wochen signifikant schneller servieren als die Kontrollgruppe ohne dieses AF. Somit kann AF als ein wirkungsvolles Werkzeug angesehen werden, um die motorische Leistung kurzfristig wie auch längerfristig zu steigern.

Die kurzfristigen Leistungssteigerungen, sobald AF eingesetzt oder entfernt wurde (siehe dazu «Timing des Augmented Feedbacks.» im Kapitel 1.1.1), könnten u.a. gemäss Wälchli, Ruffieux, Bourquin, Keller und Taube (2016) auf motivierende Effekte auf den Sportler zurückzuführen sein. Sie begründeten diese Annahme damit, dass bei den Ergebnissen aus früheren Experimenten (Keller et al., 2014; Moran et al., 2012) keine Zeit für einen Lernprozess vorhanden war und die Leistungssteigerung deshalb nur mit einer erhöhten Motivation erklärbar sei.

Die Motivation hat nicht nur einen indirekten, sondern auch einen direkten Einfluss auf das Lernen eines Sportlers (Schmidt et al., 2018), weshalb es schwierig ist, den Einfluss von AF, beziehungsweise der Motivation, von anderen Einflüssen abzugrenzen.

Gemäss Figoni und Morris (1984) helfen die Informationen (AF) den motivierten Probanden, Leistungsziele zu definieren. Die beiden Autoren schlussfolgern, dass die Motivation demnach zu einem gewissen Grad von diesen Informationen abhängen kann. Deswegen strengen sich Probanden, die ein AF erhalten, mehr an, arbeiten intensiver oder halten länger durch. Unter anderem aus diesem Grund wird heute allgemein angenommen, dass die Leistungssteigerung durch Feedback– ob kurz- oder langfristig –, auf Motivationsfaktoren zurückzuführen ist (Figoni & Morris, 1984; Keller et al., 2014; Keller, Lauber, Gottschalk & Taube, 2015; Moran et al., 2012; Sigrist et al., 2013; Wälchli et al., 2016).

Timing des Augmented Feedbacks. Im Hinblick auf den Zeitpunkt der Information über das Bewegungsergebnis sind zwei Zeitintervalle zu berücksichtigen:

- die Zeit zwischen dem Ende einer Übung und dem AF (Verzögerungsintervall) und
- die Zeit zwischen dem AF und der darauffolgenden Übung (Post-Intervall).

Bei Tieren scheint das Verzögerungsintervall keinen grossen Einfluss auf das Erlernen von Fertigkeiten zu haben (Adams, 1987). Motorisches Lernen scheint beim Menschen jedoch verbessert zu werden, wenn das AF als Information über das Bewegungsergebnis etwas verzögert gegeben wird. Es wird vermutet, dass diese *Verzögerung* für das Erlernen von Fähigkeiten entscheidend ist, da der Lernende im Zeitraum unmittelbar nach der Bewegung bereits intrin-

sisches Feedback über die gerade abgeschlossene Übung erhält, weshalb das AF in dieser Zeitspanne hemmend auf den Lernprozess wirken könnte. Zudem scheint es unmittelbar nach der Bewegung förderlich zu sein, die eigene, subjektive Leistung zu reflektieren (Swinnen, Schmidt, Nicholson & Shapiro, 1990). Aber das Verzögerungsintervall sollte nicht zu gross sein, es sollte nur eine *kurze* Zeitspanne von wenigen Sekunden zwischen der Ausführung einer Aufgabe und dem AF liegen (gemäss Weinberg, Guy und Tupper (1964) sollten 5 Sekunden dazwischen liegen wohingegen Rogers (1974) davon ausging, dass diese Zeitspanne vom Alter abhängt).

Beim Post-Intervall gibt es hingegen keine Hinweise auf eine optimale Dauer zwischen dem Feedback und der darauffolgenden Übung; auch eine Obergrenze für die Dauer dieses Intervalls konnte noch nicht eruiert werden (Magill & Anderson, 2014). Wissenschaftler gehen davon aus, dass ein Sportler beim Bewegungslernen während dem Post-Intervall mit wichtigen Planungsaktivitäten beschäftigt ist und sich auf die Ausführung der kommenden Aufgabe konzentriert. Diese Planungsaktivitäten sind kognitiv anspruchsvoll. Befunde aus früheren Studien deuten darauf hin, dass kognitiv herausfordernde Aufgaben während diesem Intervall das Bewegungslernen beeinträchtigen (Magill & Anderson, 2014).

Wenn das Feedback gleichzeitig oder unmittelbar nach der Ausführung einer Aufgabe gegeben wird, kann eine starke Abhängigkeit von diesem Feedback entstehen (Hodges, 2012). Das heisst, wenn das Feedback gegeben wird, wird die Leistung zwar unmittelbar gesteigert, aber wenn danach das Feedback ausbleibt, führt dies zu einer deutlichen Leistungsreduzierung. Die Autoren schlussfolgern daraus, dass der Lernprozess mit dieser Abhängigkeit vom Feedback unterbunden werde.

Manipuliertes Augmented Feedback. Nur wenige wissenschaftliche Studien haben sich bisher mit dem Einfluss der *Korrektheit* des AF auf die Leistung auseinandergesetzt. In der Studie von McNevin, Magill und Buekers (1994) mussten die Probanden zeitgleich mit dem rhythmischen Aufleuchten einer Lampenreihe einen Schalter betätigen. Das Feedback – in der Form eines Timers, welcher die vermeintliche Zeitdifferenz zwischen dem Aufleuchten der letzten Lampe und der Schalterbetätigung durch den Probanden aufzeigte – wurde am Übungstag bei der einen Gruppe dahingehend manipuliert, dass dem Feedback in der Anzeige jeweils 100 ms zum tatsächlichen Wert hinzugefügt wurden. Die Probanden, welche das fehlerhafte Feedback (nachfolgend «MAF» für «Manipuliertes Augmented Feedback») erhielten, passten ihre Reaktionen – gleich wie die Kontrollgruppe – entsprechend des Feedbacks an. Die Probanden verliessen sich also auf die externe Quelle von (Fehl-) Informationen (AF/MAF) und ignorierten

ihr eigenes intrinsisches Feedback, obwohl dies im Resultat zu ungenaueren motorischen Reaktionen führte.

Am Tag darauf führten die Probanden 15 Versuche der gleichen Aufgabe ohne Feedback durch, jedoch leuchtete die Lampenreihe mit einer anderen Geschwindigkeit bzw. in einem anderen Rhythmus auf. Die Probanden, welche das MAF erhalten hatten, betätigten den Schalter mit einer ähnlichen Verzögerung wie am vorherigen Übungstag, also gemäss dem vormals erhaltenen MAF. Dies zeigte auf, dass diese verzerrte Wahrnehmung durch das MAF auch bei einer Variation der ursprünglichen Übung noch immer Wirkung zeigte, also entsprechend übertragen wurde.

1.1.2 Verbale Instruktionen. Eine effektive verbale Kommunikation zwischen Trainer, Lehrer oder Therapeut und Athlet, Schüler oder Patient ist für eine optimale Leistung unerlässlich. Unabhängig vom Kontext ist diese Interaktion sehr komplex und umfasst sowohl visuelle (Vorzeigen, Gestik, Mimik etc.) als auch verbale Komponenten. Diese Arbeit konzentriert sich auf die verbalen Instruktionen.

Verbale Instruktionen bestehen aus Anweisungen und Hinweisen. Diese Begriffe sind zwar ähnlich, bedeuten jedoch nicht genau das gleiche. Gemäss Benz, Winkelmann, Porter und Nimphius (2016) sind Anweisungen mittlere bis lange Sätze, die vor der Ausführung einer Fertigkeit gegeben werden. Hinweise sind kürzer (ein oder zwei Wörter) und werden unmittelbar vor oder während der Ausführung einer Fertigkeit kommuniziert. Anweisungen vermitteln, wie eine Bewegung ausgeführt werden soll, Hinweise erinnern den Athleten an die wichtigsten Aspekte der Bewegung. Bei korrekter Anwendung lenken sowohl Anweisungen wie auch Hinweise die Aufmerksamkeit eines Lernenden auf die entscheidenden Aspekte einer Fertigkeit. In der vorliegenden Studie wurden Anweisungen verwendet, da sichergestellt werden sollte, dass die Informationen einheitlich vermittelt wurden und ausreichten, um den Aufmerksamkeitsfokus zu steuern.

1.1.3 Aufmerksamkeitsfokus. Der Aufmerksamkeitsfokus ist die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit, welche für den Erfolg einer bestimmten Aktivität erforderlich ist, gezielt zu steuern und aufrechtzuerhalten. Die Steuerung des Aufmerksamkeitsfokus wird von Trainern als «die wichtigste mentale Fähigkeit im Sport» bezeichnet (Tenenbaum & Eklund, 2007). Indem die Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Fokus gelenkt wird, können Denkprozesse eines Lernenden bei der Ausführung einer Aufgabe beeinflusst werden (Benz et al., 2016). Wenn dies der Fall ist, wird der Fokus der Aufmerksamkeit zum Gegenstand der mentalen Konzentration

und nicht nur eines flüchtigen Denkens oder eines visuellen Fokus (Benz et al., 2016). In Magill und Anderson (2014) wird der Aufmerksamkeitsfokus als «Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf bestimmte Merkmale bei einer motorischen Handlung oder auf Aktivitäten zur Vorbereitung einer solcher Handlung» beschrieben. Dieser Prozess der Aufmerksamkeitsregulation wird als Aufmerksamkeitsfokus bezeichnet.

Mit beiden der oben erwähnten Formen der verbalen Kommunikation – Anweisungen und Hinweise – kann die Aufmerksamkeit auf zwei verschiedene Fokusse gelenkt werden: auf den internen Aufmerksamkeitsfokus (nachfolgend IF) oder den externen Aufmerksamkeitsfokus (nachfolgend EF). Ein IF lenkt die Aufmerksamkeit des Lernenden auf den eigenen Körper oder auf körperinterne Bewegungen. Dem gegenüber richtet ein EF die Aufmerksamkeit auf die *Auswirkung* einer Bewegung, auf ein Gerät (Schläger, Ball etc.) oder auf die Umgebung (Wulf, Höss & Prinz, 1998). Wenn beispielsweise bei Kniebeugen ein IF provoziert werden soll, könnte die Anweisung wie folgt lauten: «Konzentrieren Sie sich auf die Beine und gehen Sie in die Knie. Danach strecken Sie die Beine wieder gleichmässig.», während folgende Anweisung auf einen EF abzielt: «Gehen Sie in die Knie, als würden Sie auf einem Stuhl sitzen. Danach drücken Sie den Boden weg!». Während beide Anweisungen dasselbe Bewegungsmuster beschreiben, können die Wörter selbst eine unterschiedliche Verarbeitung im Gehirn auslösen. Benz et al. (2016) zählen Analogien und Metaphern auch zu den Anweisungen des EF. Diese Anweisungen liefern dem Sportler zielgerichtete Anweisungen, ausgelöst durch ein bekanntes Bild oder Muster.

Die Kenntnis der Steuerung des Aufmerksamkeitsfokus und der verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten ist von entscheidender Bedeutung, denn es gibt umfangreiche Forschungsergebnisse, die belegen, dass die Leistung erheblich (positiv oder negativ) beeinflusst werden kann. Angesichts der Verbreitung dieses Forschungsgebietes und der Effektivität des Aufmerksamkeitsfokus ist es sinnvoll, diese Mechanismen zu verstehen, damit Trainer, Lehrer und Therapeuten wissen, wie sie ihr Klientel anweisen müssen, um die Leistung positiv zu beeinflussen.

Externer Aufmerksamkeitsfokus. Die Reviews von Wulf und Prinz (2001) und von Wulf (2013) bieten umfangreiche Informationen zu wissenschaftlichen Untersuchungen zur Rolle des Aufmerksamkeitsfokus beim Bewegungslernen. Die Autoren fassen Studien zusammen, die den Einfluss des Aufmerksamkeitsfokus auf das Lernen von motorischen Fähigkeiten untersuchen. Demnach scheint es im Allgemeinen förderlich zu sein, die Aufmerksamkeit der Probanden auf die *Auswirkungen* ihrer Bewegungen zu lenken (EF) statt auf die Bewegungen

selbst (IF) (Wulf, 2013). Gemäss Wulf, Shea und Park (2001) behindert die bewusste Steuerung von Bewegungen die automatischen Steuerungsprozesse (genannt «constrained action hypothese»). Der Aufmerksamkeitsfokus gerichtet auf die Auswirkung der Bewegung (EF) hingegen ermögliche es dem Bewegungsapparat, sich unbewusst und deshalb natürlicher zu organisieren, was zu besseren Leistungen bei gleichzeitiger Reduzierung der Muskelaktivität führe und damit zu einer effizienteren Bewegungsausführung (Vance, Wulf, Töllner, McNevin & Mercer, 2004).

Ein EF kann für langfristige (Moran et al., 2012; Wulf, 2013) und auch für kurzfristige Leistungssteigerungen (Vance et al., 2004; Wulf, Mercer, McNevin & Guadagnoli, 2004) eingesetzt werden. So nutzten Wulf et al. (2004) eine Aufgabe, bei der die Teilnehmer auf einer aufgeblasenen Gummischeibe balancieren mussten. Obwohl sie nur drei Versuche mit einer Dauer von jeweils 15 s ausführten, führte die Anwendung eines EF zu einer geringeren Haltungsschwankung als ein IF, was zeigt, dass die Auswirkungen des Aufmerksamkeitsfokus auf die Leistung nahezu unmittelbar sein können.

Die meisten Forschungsergebnisse zur Untersuchung von Auswirkungen der Aufmerksamkeitsfokussierung wurden auf die Durchführung und das Erlernen relativ schwieriger Fertigkeiten ausgerichtet. Wulf, Töllner und Shea (2007) konnten bei Balanceübungen aufzeigen, dass der Effekt des EF von der Schwierigkeit der Aufgabe abhängt. D.h. je schwieriger die Aufgabe war, desto grösser war der Mehrwert des EF. Aber sogar bei sehr einfachen, isolierten isokinetischen Maximalkraftaufgaben, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass ein EF im Vergleich zu einem IF zu einer deutlich höheren Kraftproduktion und einer geringeren Muskelaktivität führt (Marchant, Greig & Scott, 2009). Auch bei Sprungübungen haben mehrere Studien mit einem EF eine bessere Leistung und eine geringere Muskelaktivität aufgezeigt als mit einem IF oder ohne spezielle Anweisungen. Keller, Lauber, Gottschalk und Taube (2015) beispielsweise haben die Auswirkungen von IF, EF und AF auf die Sprungleistung verglichen. In Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen führte der EF zu besseren Sprunghöhen als der IF. Allerdings verbesserte sich die Sprunghöhe mit dem AF nochmals deutlich stärker als beim EF.

Grenzen des Aufmerksamkeitsfokus. Zu beachten ist, dass sich bei einigen Studien die beiden Anweisungen für den IF oder den EF eindeutig auf verschiedene Aspekte der Aufgabe bezogen oder sogar irreführende Anweisungen für den IF gegeben wurden (Porter, Anton, Wikoff & Ostrowski, 2013). Einige Kognitionspsychologen postulieren zudem, dass es bei der Verarbei-

tung von Informationen während der Ausführung einer Fertigkeit Unterschiede zwischen Experten und Anfängern gibt (Singer, Lidor & Cauraugh, 1993). Dementsprechend könnte bei der Lenkung des Aufmerksamkeitsfokus auch das Leistungsniveau eines Lernenden von Bedeutung sein. Die Ursache dieser unterschiedlichen Informationsverarbeitung könnte aber auch darin liegen, dass Anfänger in der Regel durch einen IF angewiesen und trainiert werden (Singer et al., 1993). So wird Anfängern oft gesagt, sie sollen sich auf Gelenkwinkel, bestimmte Körperteile oder das Bewegungsmuster an und für sich konzentrieren (Singer et al., 1993). Diese allgemein verbreitete Anwendung des IF bei Anfängern lässt sich dadurch erklären, dass laut Beilock, Carr, MacMahon und Starkes (2002) die Bewegungsabläufe von Anfängern noch nicht automatisiert sind und sie sich deshalb bewusst auf die systematischen Komponenten einer Fertigkeit konzentrieren müssen. Diese Hypothese von Beilock et al. (2002) konnte auch bei einer komplexen Aufgabe im Labor, wie einem Abschlag im Baseball, nicht widerlegt werden (Castaneda & Gray, 2007). Bei dieser Untersuchung haben weniger geübte Spieler mit einem EF nicht besser abgeschnitten als mit einem IF. Die Autoren erklären sich diese Resultate damit, dass sich die automatische Verarbeitung erst dann entwickeln könne, wenn Fähigkeiten bereits oft geübt wurden und deshalb vertraut seien. Wenn eine Person zu einem Experten wird, müsse sie nicht mehr darüber nachdenken, was sie genau macht, denn die Bewegungen würden automatisiert ablaufen und somit sei für Experten ein EF effektiver (Beilock et al., 2002; Castaneda & Gray, 2007).

In der vorerwähnten Studie von Castaneda und Gray (2007) mussten die Probanden beim Baseballabschlag beurteilen, in welche Richtung sich ihre Hände (intern) oder der Schläger (extern) bewegten. Wulf (2013) meinte dazu, dass diese zusätzlichen Anforderungen für Anfänger überfordernd wirkten und somit jegliche Wirkung des EF aufgehoben worden sei. Sie schreibt ausserdem, dass es in den meisten Fällen klare methodische Gründe für das Nichtauftreten eines positiven Effekts des EF gebe. Bei der Durchführung von Studien zum Aufmerksamkeitsfokus sollten gemäss Wulf (2013) die Forscher insbesondere auf folgende Elemente achten:

- visuelles Feedback vermeiden, das den Aufmerksamkeitsfokus beeinträchtigen könne,
- Anweisungen verwenden, die für die Aufgabenerfüllung relevant seien und
- motorische Aufgaben stellen, die eine ausreichende Herausforderung darstellten.

Wahrscheinlich sind es Resultate wie aus der oben erwähnten Studie von Castaneda und Gray (2007) und die daraus gezogenen Schlüsse, die dazu beitragen, dass die Auffassung, ein IF sei bei Anfängern vorteilhaft, immer noch weit verbreitet ist. Die meisten Studien zeigen jedoch, dass es auch bei Anfängern förderlich ist, Anweisungen mit einem externen Fokus zu geben

(Marchant, 2011; Singer et al., 1993). Auch für Wulf (2013) überwiegen die positiven Effekte eines EF gegenüber einem IF deutlich auf allen Niveau- und Altersstufen, bei gesunden sowie verletzten Erwachsenen, aber auch bei Menschen mit motorischen Einschränkungen. Darüber hinaus überwiegen für sie die positiven Effekte eines EF auch bei Aufgaben, bei denen eine höhere Effizienz (z.B. Kraftentwicklung) oder Effektivität (z.B. Genauigkeit oder Gleichgewicht) gefragt ist.

Laut Wulf (2013) ist es ausserdem entscheidend, wie die Aufmerksamkeitsfokusse bei diesen Studien induziert wurden. Wie erwähnt waren nicht alle Anweisungen für das Erreichen des Aufgabenzieles relevant. Die Anweisung muss also bei beiden Aufmerksamkeitsfokussen, beim IF wie auch beim EF, für das Ziel der Aufgabe sinnvoll sein. Auch muss die Anweisung klar und spezifisch sein, so dass die Probanden verstehen, worauf sie sich genau konzentrieren sollen.

Gleichzeitig attestiert jedoch auch Wulf, dass die leistungssteigernden Effekte von Anweisungen für den EF – zwar nicht bei Anfängern, sondern bei Elite-Athleten – begrenzt sein können. Diese Erkenntnis über die Grenzen des Aufmerksamkeitsfokus basiert auf einer Studie, die die Effekte des Aufmerksamkeitsfokus mit Top-Level-Athleten (Balance-Akrobaten) untersuchte (Wulf, 2008). Die Teilnehmer führten eine Balanceaufgabe auf einer aufgeblasenen Gummischeibe durch. Dabei wurde der Unterschied zwischen drei Aufmerksamkeitsfokus-Bedingungen untersucht: EF, IF und neutrale Bedingung (ohne Fokusanweisungen). Während es keine Unterschiede zwischen den Bedingungen in Bezug auf die Höhe der Haltungsschwankungen gab, wurden in der neutralen Bedingung häufiger Bewegungsanpassungen gemacht, sowohl im Vergleich zum EF als auch zum IF. Dies deutet darauf hin, dass die Bewegungsautomatik und die Haltungsstabilität am grössten waren, als die Balance-Experten ihren «normalen» Fokus anwenden durften. Auch Winkelmann, Clark und Ryan (2017) haben bei einer Studie mit einem Zehn-Meter-Sprint mit erfahrenen Athleten keine Unterschiede zwischen einem EF und einer neutralen Bedingung festgestellt.

Heute geht man generell davon aus, dass die positiven Effekte des EF gegenüber dem IF für praktisch alle Personengruppen überwiegen, wenn dieser spezifisch, sinnvoll und für die Wirkung einer Aufgabe relevant ist. Der EF ist demnach auch eine gute Möglichkeit, die motorische Leistung sofort zu verbessern, ohne dabei aber – wie dies beim AF angenommen wird – die Motivation zu beeinflussen.

1.1.4 Augmented Feedback in Kombination mit dem externen Aufmerksamkeitsfokus.

Im Jahr 2016 wurde geprüft, ob die Mechanismen von einem EF auch wirken, wenn sie mit

anderen leistungssteigernden Ansätzen wie AF oder einer Belohnung kombiniert werden, um kurzfristig ein noch besseres Ergebnis zu erzielen (Wälchli et al., 2016). In dieser Untersuchung führte der EF kombiniert mit AF unmittelbar zu einer noch besseren Sprungleistung, als wenn die Methoden einzeln angewendet wurden.

Im Rahmen einer anderen Studie von Keller et al. (2014) konnte festgestellt werden, dass ein AF einem EF bzgl. Leistungssteigerung überlegen war, da die Sprungleistung mit einem AF deutlich besser war als mit einem EF. Die Autoren vermuten, dass die verschiedenen Ansätze (EF und AF) auf unterschiedlichen Mechanismen beruhen und deshalb in Kombination die Leistung noch mehr zu steigern vermögen. Dabei führe wie bereits beschrieben der EF zu einer effizienteren Bewegung (Wulf, 2013), während der AF die intrinsische Motivation erhöhen soll (Keller et al., 2014).

Die Forschungsergebnisse und Hypothesen von Wälchli et al. aus dem Jahr 2016 konnten jedoch 2018 von Keller et al. in einer Untersuchung mit Elite-Tennisspielern nicht bestätigt werden. Erstens haben die Autoren keine Unterschiede zwischen den Resultaten eines IF und eines EF festgestellt und zweitens konnte ein EF in Kombination mit einem AF keine zusätzlichen leistungssteigernden Effekte erzielen. Die Autoren haben den Einfluss der folgenden Bedingungen auf die Servicegeschwindigkeit bei Elite-Tennisspielern miteinander verglichen:

- AF allein,
- IF allein,
- EF allein,
- AF kombiniert mit einem EF und
- eine neutrale Bedingung.

Die Probanden, in diesem Fall Spitzen-Nationalspieler, erhielten die Aufgabe, Aufschläge mit maximaler Geschwindigkeit in eine Zielzone zu servieren. Die Analyse ergab signifikant schnellere Aufschläge mit einem AF im Vergleich zu Aufschlägen mit neutraler Bedingung und auch im Vergleich mit einem EF. Die Autoren schlussfolgern entsprechend, dass ein AF allein am wirkungsvollsten sei, um die Leistung des Tennisaufschlags bei Elite-Spielern unmittelbar zu verbessern.

1.2 Ziel der Arbeit

Wie oben beschrieben, ist heute das Potenzial des AF bekannt. Bei Timing-Aufgaben konnte bereits aufgezeigt werden, wie wichtig die korrekte Wiedergabe des Resultats ist (McNevin et

al., 1994). Bei Maximalkraft- oder Explosivkraftaufgaben ist jedoch unklar, in welcher Form oder wie exakt die Information über das Bewegungsergebnis sein muss, um die gewünschte Leistungssteigerung hervorzurufen. Es fragt sich, ob die Information über das Resultat bei diesen Aufgaben ebenfalls möglichst genau sein muss, um eine spontane Leistungssteigerung herbeizurufen zu können. Deshalb wird in dieser Arbeit versucht, die folgende Frage zu beantworten:

1. Verbessert sich mit einem MAF die Leistung bei einer Maximalkraft- und einer Explosivkraftaufgabe gleich oder ähnlich wie mit einem AF?

Aus der Beantwortung dieser Frage kann abgeleitet werden, wie wichtig die Korrektheit des AF ist und ob es einen Unterschied in der spontanen Leistungsveränderung bei technisch anspruchsvollen oder einfachen Aufgaben gibt, wenn das Feedback korrekt bzw. falsch ist. Durch den Vergleich der Leistungsveränderung bei AF oder MAF können die Mechanismen des AF besser verstanden werden. So wird die Leistung entweder nur durch die intrinsische Motivation beeinflusst, oder die Probanden verarbeiten die Information und benutzen diese für das Bewegungslernen.

Ob die bessere, akkurate Kenntnis des Ergebnisses auch das Bewegungslernen nachhaltig fördert, kann aus zeitlichen Gründen in dieser Studie nicht untersucht werden, da kein Retention-Test gemacht wurde.

Als Hypothese für die 1. Fragestellung wird angenommen, dass die Leistungssteigerung in der komplexeren Explosivkraftaufgabe mit einem AF grösser sein wird als mit einem MAF, während bei der Maximalkraftaufgabe keine unterschiedlichen Resultate mit einem AF oder MAF erwartet werden. Diese Annahme gründet einerseits auf der Studie von McNevin et al. (1994), wonach davon ausgegangen wird, dass sich die Probanden auf das AF verlassen und dadurch weniger auf ihr intrinsisches Feedback hören. Andererseits ist die isometrische Maximalkraftaufgabe technisch sehr einfach, weshalb für die vorliegende Arbeit angenommen wird, dass der Informationsgehalt des AF weniger wichtig für das Bewegungslernen dieser Aufgabe ist als bei der komplexeren Explosivkraftaufgabe. Des Weiteren geht man wie bereits erwähnt davon aus, dass das AF die intrinsische Motivation anspricht. Infolgedessen wird für die vorliegende Untersuchung erwartet, dass sich die Leistung bei der einfachen Maximalkraftaufgabe mit einem MAF ähnlich wie mit einem AF steigert.

Bei den bisher oft untersuchten Sprungübungen ist die Technik ein entscheidender Faktor. Mir sind demgegenüber keine Untersuchungen des Aufmerksamkeitsfokus mit isometrischen Maximal- oder Explosivkraftaufgaben bekannt, weshalb bisher keine Daten darüber vorliegen, wie sich der Einfluss der beiden Ansätze (EF und AF) auswirkt, wenn technisch einfachere Aufgaben ausgeführt werden.

In der vorliegenden Arbeit wird deshalb untersucht, wie sich AF und EF auf das Ausmass der Anstrengung bzw. der eingesetzten Kräfte auswirkt. In Anlehnung an die Untersuchung von Wälchli et al. (2016) wird eine Studie durchgeführt, welche die spontane Leistungssteigerung unter Einfluss der beiden genannten Methoden mit einer möglichst technisch einfachen Aufgabe – einer isometrischen Maximalkraftaufgabe – und einer technisch anspruchsvolleren Aufgabe – einer isometrischen Explosivkraftaufgabe – untersucht. Im Vorfeld dieser Arbeit wurden keine Studien gefunden, in der zwei Aufgaben mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden und in der Kombination mit zwei leistungssteigernden Methoden direkt miteinander verglichen wurden. Folglich stellt sich zusätzlich folgende Frage:

2. Kann ein EF in Kombination mit einem AF oder MAF sowohl die Maximalkraft als auch die Explosivkraft gleichermassen steigern?

Es wurde nachgewiesen, dass je schwieriger die Bewegungsaufgabe, desto signifikanter der positive, leistungssteigernde Effekt des EF ist (Wulf et al., 2007). Deshalb wird erwartet, dass die Leistungssteigerung bei der Explosivkraftaufgabe grösser ist als bei der Maximalkraftaufgabe, wenn man das AF und den EF kombiniert.

2 Methode

Die vorliegende Studie untersuchte die Wirkung der folgenden Bedingungen auf die Maximal- und die Explosivkraft des Kniestreckers:

- AF,
- MAF,
- die Kombination eines AF mit einem EF und
- die Kombination eines MAF mit einem EF.

2.1 Untersuchungsgruppe

Insgesamt haben 32 Freiwillige (12 davon weiblich und 20 männlich) an dieser Untersuchung teilgenommen (siehe Tabelle 1). Um die 1. Frage zu beantworten, wurden die Probanden in zwei Gruppen eingeteilt. Die eine Hälfte – Gruppe «Norm» – erhielt ein korrektes AF und die andere – Gruppe «Man» – ein MAF.

Tabelle 1

Übersicht: Alter, Gewicht und Grösse der Probanden, aufgeteilt in Gruppen Norm und Man

Gruppe	n	Alter	Gewicht	Grösse
Norm	16	26.6 ± 2.5	67.0 ± 9.5	174.6 ± 7.8
Man	16	25.6 ± 3.3	72.3 ± 14.1	174.3 ± 10.6

Anmerkung. Norm = Gruppe mit Augmented Feedback. Man = Gruppe mit Manipuliertem Augmented Feedback.

Alle Probanden waren körperlich gesund und voll einsatzfähig. Ihr Fitnesszustand und das Leistungsniveau spielten bei dieser Untersuchung allerdings keine wichtige Rolle, da die Messungen der beiden Gruppen Norm und Man je in sich durch verbundene Stichproben verglichen wurden. Männer und Frauen wurden gleichmässig auf die beiden nicht verbundenen Stichproben verteilt.

Die Probanden wurden im Vorfeld angeschrieben und instruiert (Anhang A: Information für Probanden - Masterarbeit), jedoch durften sie nicht mit dem Untersuchungsdesign vertraut sein, damit keine ungewollten Einflüsse die Daten verfälschen konnten. Die Probanden wurden gebeten, körperlich ermüdende Aktivitäten am Tag der Messung sowie am Tag zuvor zu vermeiden. Vor der ersten Messung füllten die Probanden das Probandenformular aus (Anhang B: Subject Form).

2.2 Studiendesign

Die Untersuchung wurde an der Universität Fribourg durchgeführt. Um allfällige störende Einflüsse zu vermeiden, waren während den Messungen nur die Teilnehmer und die Untersuchungsleiter im Labor anwesend. Zuerst wurde ein standardisiertes Aufwärmprogramm durchgeführt (zehn Minuten auf dem Ergometer), um die Probanden anschliessend mit dem isokinetischen Dynamometer (Cybex NORM, Humac, CA, USA) – welcher das Drehmoment misst und quantifiziert – und dem Testverfahren vertraut zu machen.

Die Probanden wurden informiert, dass das auf den Gerätearm ausgeübte Drehmoment aufgezeichnet würde und dass sich der Gerätearm nicht bewege (isometrische Kraftübung). Der Dynamometer wurde nach den Empfehlungen des Herstellers (Anhang C: Dynamometer Pattern Selection and Setup) eingestellt.

Die vorliegende Untersuchung ist Teil einer grösseren Studie, die zudem noch die Muskelaktivität untersucht. Deshalb wurden bei den Probanden jeweils vor dem Aufwärmprogramm EMG-Elektroden auf der Haut für den *Musculus rectus femoris* und den *Musculus vastus lateralis* angebracht.

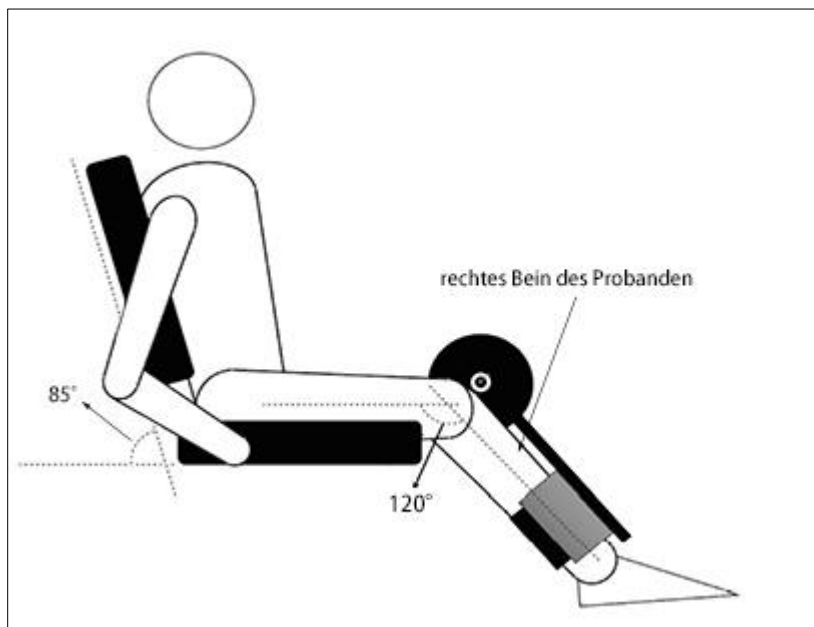


Abbildung 1: Positionierung der Probanden auf dem Dynamometer.

Die Probanden wurden nach dem Aufwärmen gemäss Abbildung 1 auf dem Sitz des Dynamometers positioniert. Der Drehpunkt des Hebelarms war auf den seitlichen Epikondylus des rechten Beines ausgerichtet. Das linke Bein hing frei in der Luft. Die Hände umgriffen die

seitlichen Haltegriffe des Sitzes, und der Hebelarm wurde direkt über dem Knöchel straff befestigt. Die Rückenlehne des Sitzes wurde der Grösse des Probanden angepasst. Der Winkel des Hebelarms wurde so fixiert, dass das Knie einen 120°-Winkel aufwies. Nach einer Angewöhnung von drei bis fünf Kontraktionen wurden die Probanden dazu angeleitet, die folgenden zwei Aufgaben auszuführen:

- Aufgabe 1: Maximale isometrische Kraftaufgabe des Kniestreckers. Drei Wiederholungen pro Serie, insgesamt 12 Kontraktionen (Versuche) gemäss Abbildung 2.
- Aufgabe 2: Maximale isometrische Explosivkraftaufgabe des Kniestreckers. Zehn Wiederholungen pro Serie, insgesamt 40 Kontraktionen (Versuche) gemäss Abbildung 3.

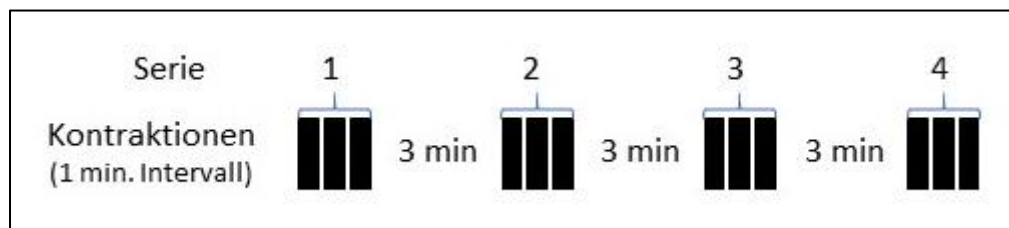


Abbildung 2: Ablauf der Maximalkraftaufgabe (Aufgabe 1) mit den Pausenangaben. Jeweils eine Minute Pause nach jeder Kontraktion und je eine 3-minütige Pause zwischen den Serien.

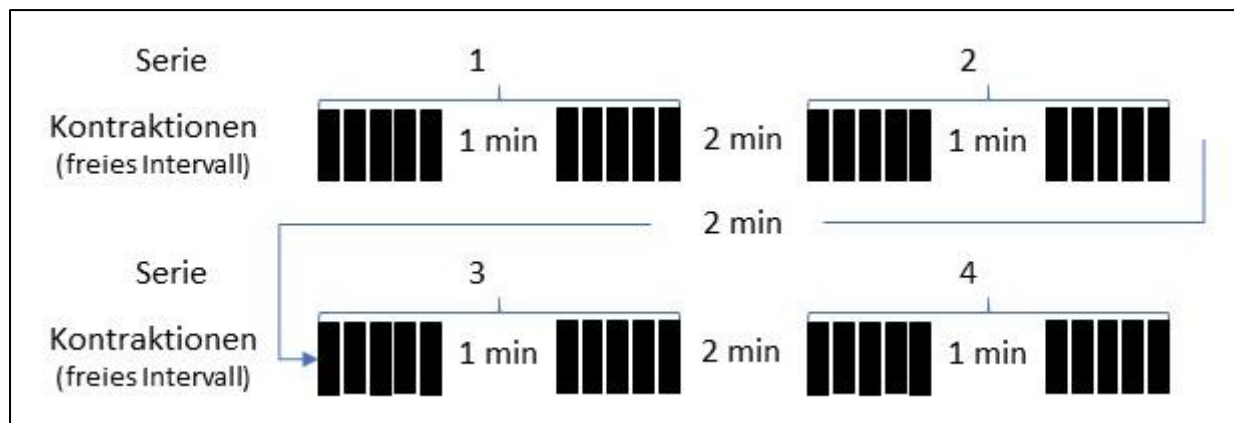


Abbildung 3: Ablauf der Explosivkraftaufgabe (Aufgabe 2) mit den Pausenangaben. Jeweils eine Minute Pause nach fünf Kontraktionen und je eine 2-minütige Pause zwischen den Serien. Die Pausen innerhalb einer Serie konnten frei gewählt werden.

Bei der Explosivkraftaufgabe wurden insgesamt 40 Kontraktionen ausgeführt, da eine höhere Variabilität erwartet wurde und die neuromuskuläre Ermüdung bei einer solchen Aufgabe geringer ist, als dies bei einer Maximalkraftaufgabe – bei der nur 12 Kontraktionen ausgeführt

wurden – der Fall ist. Diese beiden Aufgaben wurden mit denselben Probanden an zwei unterschiedlichen Tagen ausgeführt, gemessen und anhand der entsprechenden Protokolle dokumentiert (Anhang D: Case Report Forms). Um sicherzustellen, dass sich die Muskulatur zwischen den beiden Übungstagen vollständig regenerierte, wurden die beiden Messungen mit einem Abstand von mindestens vier Tagen durchgeführt. Wichtig war, dass die Resultate nicht durch Faktoren wie Erschöpfung oder veränderte Motivation verfälscht wurden, weshalb großen Wert auf identische Rahmenbedingungen bei den zwei Testtagen gelegt wurde. Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurden die beiden Aufgaben unter Einfluss der in Tabelle 2 beschriebenen Methoden und Anweisungen gemessen.

Tabelle 2

Bedingungen für die Aufgaben Maximalkraft und Explosivkraft

Bedingung	Anweisung	Informationen
NE Pre und NE Post	«Drücke so stark/schnell ^a wie du kannst!»	Es wird <i>kein</i> Feedback angezeigt.
AF	«Drücke so stark/schnell ^a wie du kannst! Nach dem Versuch wird dir die Leistung angezeigt.»	Es wird das korrekte AF in Newtonmeter und Prozent angezeigt.
MAF	«Drücke so stark/schnell ^a wie du kannst! Nach dem Versuch wird dir die Leistung angezeigt.»	Es wird ein inkorrektes MAF in Newtonmeter und Prozent angezeigt.
AF + EF	«Drücke so stark/schnell ^a wie du kannst gegen den Hebel! Nach dem Versuch wird dir die Leistung angezeigt.»	Es wird das korrekte AF in Newtonmeter und Prozent angezeigt.
MAF + EF	«Drücke so stark/schnell ^a wie du kannst gegen den Hebel! Nach dem Versuch wird dir die Leistung angezeigt.»	Es wird ein inkorrektes MAF in Newtonmeter und Prozent angezeigt.

Anmerkung. NE Pre und NE Post = Neutrale Bedingungen. AF = Augmented Feedback. MAF = Manipuliertes Augmented Feedback. EF = Externer Aufmerksamkeitsfokus.

^abei der Maximalkraftaufgabe wurde «stark» verwendet und bei der Explosivkraftaufgabe «schnell».

Das AF sowie das MAF wurde auf einem Computerbildschirm angezeigt. Das Feedback bestand jeweils aus der Anzeige des Drehmomentes des Kniestreckers sowohl vom aktuellen als auch vom vorhergehenden Versuch (bei der Maximalkraftaufgabe in Newtonmeter und bei der

Explosivkraftaufgabe in Newtonmeter pro Sekunde). Ebenso wurde die prozentuale Veränderung dieser beiden Versuche angezeigt. Beim MAF wurde die Leistung im Verhältnis zum Mittelwert der ersten Serie mit der neutralen Bedingung («NE Pre») errechnet. Die Veränderung zu diesem Mittelwert wurde beim MAF jeweils mit -1 multipliziert, und somit wurde den betroffenen Probanden die umgekehrte (falsche) Leistungsveränderung angezeigt.

Das Feedback wurde manuell um einige Sekunden verzögert (Verzögerungsintervall), so dass das intrinsische Feedback, wie unter «Timing des Augmented Feedbacks.» im Kapitel 1.1.1 dieser Arbeit beschrieben, verarbeitet werden konnte. Es wurde in diesem Verzögerungsintervall darauf verzichtet, die eigene subjektive Leistungseinschätzung der Probanden einzuholen, da die Gefahr bestand, dass durch diese bewusste Reflexion diejenigen, welche ein MAF erhielten, eher misstrauisch geworden wären und eine fehlerhafte Anzeige oder Messung vermutet hätten. Dies wiederum hätte einen Einfluss auf die Motivation der Probanden haben und somit die Daten verfälschen können.

Der Aufmerksamkeitsfokus wurde durch adäquate Anweisungen gesteuert (siehe Tabelle 2). Diese Anweisungen entsprechen den Empfehlungen von Vance et al. (2004), wonach der EF auf das Gerät oder den Hebel gesteuert werden soll, auf den die Kraft des Probanden einwirkt. Auch die Empfehlungen von Wulf (2013), wonach sich die beiden Anweisungen für einen IF – respektive, angewendet auf die vorliegende Untersuchung, einer neutralen Bedingung – und einen EF nur durch ein oder zwei Wörter unterscheiden sollten, um den Einfluss von anderen Variablen zu vermeiden, wurden somit umgesetzt.

Wie in der Einleitung beschrieben, wurde so beim EF die Aufmerksamkeit des Probanden auf die Auswirkung seiner Bewegung gelenkt. Gemäss Literatur sollten demnach bessere Ergebnisse resultieren, als wenn der Aufmerksamkeitsfokus nicht aktiv durch einen Hinweis oder eine Anweisung gesteuert wird.

2.2.1 Randomisiertes Verfahren. Alle Methoden und Anweisungen (Bedingungen) wurden in randomisierter Reihenfolge durchgeführt (siehe Anhang E: Randomisierungsplan), wobei immer die erste und letzte Serie eine neutrale Bedingung war (siehe Tabelle 2). Die letzte Serie NE Post am Ende jeder Messung wurde nicht in die Hauptanalyse einbezogen, sondern diente der Überprüfung der neuromuskulären Ermüdung. Weibliche und männliche Probanden waren gleichmässig auf diese zwei Gruppen verteilt.

Tabelle 3

Gruppeneinteilung mit den durchgeführten Bedingungen

Gruppe	n	1. Serie	2. Serie	3. Serie	4. Serie
Man	16	NE Pre	MAF	MAF+EF	NE Post
Norm	16	NE Pre	AF	AF+EF	NE Post

Anmerkung. Die Serien 2 und 3 wurden in zufälliger Reihenfolge durchgeführt. Norm = Gruppe mit Augmented Feedback. NE Pre/NE Post = Neutrale Bedingungen; Man = Gruppe mit Manipuliertem Augmented Feedback. n = Anzahl Probanden. NE = Neutrale Bedingung. MAF = Manipuliertes Augmented Feedback. AF = Augmented Feedback. EF = Externer Aufmerksamkeitsfokus.

2.3 Datenanalyse

Die analogen Drehmomentsignale in Newtonmeter vom Dynamometer wurden mit der Software IMAGO (Pfitec, Endingen, Deutschland) mit einer Frequenz von 1000 Hz aufgezeichnet. Mit dem Programm Matlab (R2017a, The Math-Works Inc., Natick, USA) wurde der Ablauf der Messungen gesteuert und die Daten wurden am Ende jeder Messung automatisch in einer Excel-Datei abgespeichert. Jede Messung wurde visuell überprüft, um die Kontraktionen zu kontrollieren und eine allfällige Ausholbewegung zu erkennen. Die Explosivkraftmessung wurde berechnet, indem der Bereich mit der grössten Steigung innerhalb von 30 ms bei jeder Kontraktion berücksichtigt wurde.

Nach der Datenerhebung mussten acht Probanden von der Analyse ausgeschlossen werden, da es bei diesen Probanden technische Probleme bei der Maximalkraftaufgabe gab und die Drehmomente des Dynamometers nicht verarbeitet werden konnten.

2.4 Statistische Analyse

Nach der Datenbereinigung wurden alle Kontraktionen, welche mit der gleichen Bedingung ausgeführt wurden, als Mittelwerte zusammengefügt, so dass je Proband und Bewegungsaufgabe vier Mittelwerte entstanden. Alle Bedingungen wurden unter Verwendung von RStudio Version 1.0.136 (RStudio, Inc., Boston, MA) analysiert. Die Normalität und Homogenität der Varianzen wurden für alle vier Bedingungen pro Bewegungsaufgabe unter Verwendung des Shapiro-Wilk-Tests bzw. des Levene-Tests bewertet. Für die Varianzhomogenität und die Normalverteilung der ersten neutralen Bedingung NE Pre wurden die Mittelwerte beider Gruppen zusammen geprüft, da alle Probanden identische Bedingungen hatten (siehe

Tabelle 3 für die Gruppeneinteilung mit den durchgeführten Bedingungen).

Die abhängigen Variablen in dieser Studie waren die Maximalkraft und die Explosivkraft. Bei den beiden Bewegungsaufgaben wurden die Probanden zuerst auf Ermüdung überprüft, indem ein gepaarter t-Test mit den Resultaten der ersten Serie, mit der Bedingung NE Pre, und der letzten Serie, der zweiten neutralen Bedingung («NE Post»), gemacht wurde. Dieser t-Test wurde nur mit der Gruppe Norm, welche das AF erhalten hat (ohne die Gruppe Man mit dem MAF), durchgeführt, da nur diese Gruppe nicht durch Falschinformationen manipuliert worden war.

Um die 1. Fragestellung zu beantworten, wurde eine Varianzanalyse (Mixed-Design ANOVA) mit einem Zwischensubjektfaktor (GROUP), bestehend aus den beiden nicht verbundenen Stichproben der Gruppe Norm und Gruppe Man, und einem Innersubjektfaktor (CONDITION), bestehend aus den drei gepaarten Bedingungen NE Pre, AF/MAF und AF/MAF kombiniert mit einem EF gemacht. Dies wurde für beide Bewegungsaufgaben separat durchgeführt. Um die 2. Fragestellung zu beantworten, mussten die beiden Bewegungsaufgaben (Maximal- und Explosivkraft) mit beiden Gruppen (Norm und Man) verglichen werden. Dazu mussten die Daten im Verhältnis zur Bedingung NE Pre normalisiert werden. Die Bedingung NE Pre wurde demnach als 100 % definiert. Um die zwei unabhängigen Gruppen mit den gepaarten Bedingungen auf signifikante Unterschiede zu prüfen, wurde eine weitere Varianzanalyse (Mixed-Design ANOVA) mit einem Zwischensubjektfaktor (GROUP) und zwei Innersubjektfaktoren (CONDITION, MOVEMENT) gemacht. Das Signifikanzniveau für alle statistischen Analysen wurde vorgängig auf 0,05 festgelegt. Signifikante F-Werte ($p < 0,05$) wurden durch post hoc t-Tests (Student's t-Tests korrigiert mit der Bonferroni-Methode) überprüft.

3 Resultate

Sowohl die Resultate des Shapiro-Wilk- als auch des Levene-Tests waren nicht signifikant, was darauf hindeutet, dass die Daten normalverteilt und die Varianzen homogen waren. Die Ergebnisse des gepaarten t-Tests zeigten, dass es bei der Explosivkraftaufgabe (NE Pre 1335.2 ± 441.0 Nm/s und NE Post 1365.0 ± 464.2 Nm/s, $p = 0.206$) und bei der Maximalkraftaufgabe (NE Pre: 227.4 ± 58.9 Nm und NE Post: 225.4 ± 58.0 Nm, $p = 0.525$) keine signifikante Veränderung von der Bedingung NE Pre im Vergleich zu NE Post bei der Gruppe Norm gab (Abbildung 4 und Abbildung 5).

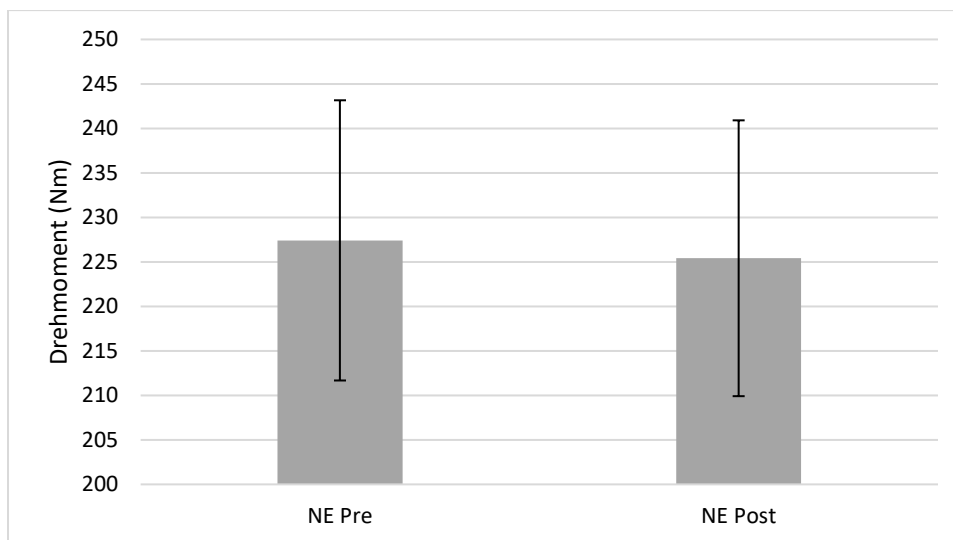


Abbildung 4: Vergleich der Maximalkraftaufgabe, Bedingung NE Pre mit NE Post bei der Gruppe Norm. NE Pre = Neutrale Bedingung zu Beginn einer Messung. NE Post = Neutrale Bedingung am Ende einer Messung. Fehlerbalken stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar. $p = 0.525$.

Auch bei der Explosivkraftaufgabe gab es zwischen den Durchschnittswerten der Bedingungen NE Pre und NE Post (nach dem AF und dem AF mit EF) keinen Unterschied. Zwar war der Mittelwert bei NE Post höher als bei der Bedingung NE Pre, jedoch war der Unterschied nicht signifikant ($p = 0.206$).

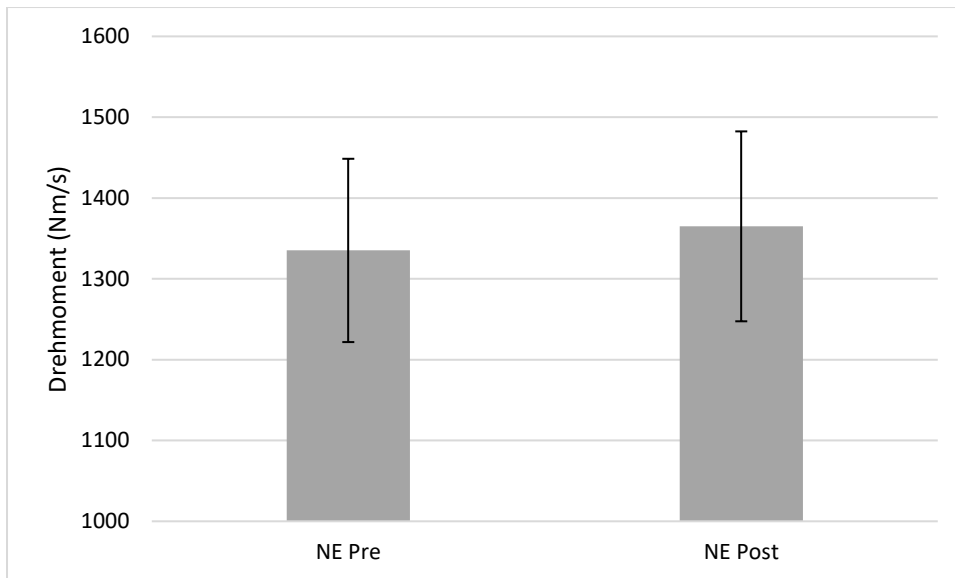


Abbildung 5: Vergleich der Explosivkraftaufgabe der Bedingung NE Pre mit NE Post bei der Gruppe Norm. NE Pre = Neutrale Bedingung zu Beginn einer Messung. NE Post = Neutrale Bedingung am Ende einer Messung. Fehlerbalken stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar. $p = 0.206$.

Ein Blick auf die Mittelwerte der Bedingungen beider Gruppen in Abbildung 6 zeigt auf, dass die Linien parallel verlaufen und somit in beiden Gruppen bei der Maximalkraftaufgabe die gleiche Tendenz bestand. Die Varianzanalyse der drei Bedingungen bei dieser Aufgabe ergab in der Tat keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen Norm und Man (Faktor GROUP) [$F(1,24) = 0.143$, $p = 0.709$, $\eta^2_p = 0.006$], und auch keine signifikante CONDITION*GROUP Interaktion [$F(1,48) = 0.261$, $p = 0.771$, $\eta^2_p < 0.001$]. Nur der Faktor CONDITION ergab einen Haupteffekt von: $F(2, 48) = 3.862$, $p = 0.028$, $\eta^2_p < 0.001$. Aufgrund des Effekts beim Faktor CONDITION wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse mit beiden Gruppen zusammen gemacht, um zu überprüfen, ob sich die Bedingungen auch ohne Zwischensubjektfaktor (GROUP) voneinander unterschieden. Auch diese Varianzanalyse ergab einen Haupteffekt für den Faktor CONDITION [$F(2, 50) = 4.160$, $p = 0.021$, $\eta^2_p < 0.001$].

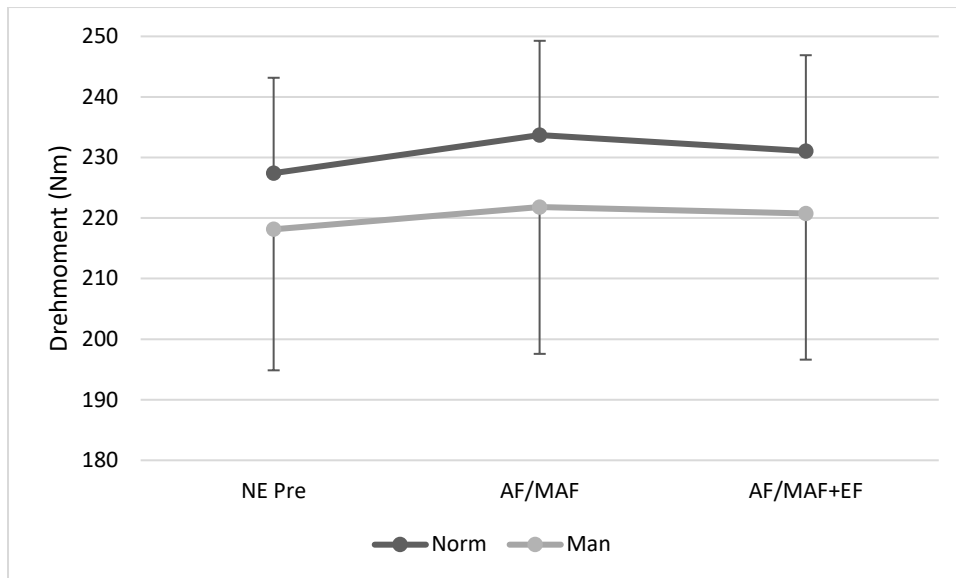


Abbildung 6. Vergleich der Maximalkraft der Gruppen Norm und Man mit den Bedingungen NE Pre, AF/MAF und AF/MAF+EF. NE Pre = Neutrale Bedingung. AF = Augmented Feedback. MAF = Manipuliertes Augmented Feedback. EF = Externer Aufmerksamkeitsfokus. Fehlerbalken stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar. Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab einen Haupteffekt für den Faktor CONDITION [$F(2, 50) = 4.160, p = 0.021, \eta^2_p < 0.001$].

Die Bonferroni korrigierten post hoc t-Tests zeigten, dass sich die Resultate der Bedingungen Feedback und Neutral nicht signifikant voneinander unterschieden ($p = 0.077$). Auch die Kontraktionen mit einem zusätzlichen EF unterschieden sich nicht signifikant von den Kontraktionen mit Feedback ($p = 0.742$) und den neutralen Kontraktionen ($p = 0.142$). Ohne Bonferroni-Korrektur hingegen unterschieden sich die Bedingungen AF ($p = 0.026$) und AF kombiniert mit einem EF ($p = 0.047$) im Vergleich zu der Bedingung NE Pre signifikant.

Die Varianzanalyse der Explosivkraftaufgabe ergab keinen Haupteffekt für den Faktor CONDITION [$F(2, 60) = 3.431, p = 0.071, \eta^2_p < 0.001$], jedoch eine signifikante CONDITION*GROUP Interaktion [$F(2, 60) = 6.148, p = 0.004, \eta^2_p = 0.004$]. Das heisst, dass sich das MAF und das AF, wie in Abbildung 7 ersichtlich, in einer entgegengesetzten Wirkung auf die Leistung der Probanden auswirkte. Die beiden Gruppen Norm und Man (Faktor GROUP) unterschieden sich nicht signifikant voneinander [$F(1,30) < 0.001, p = 0.977, \eta^2_p < 0.001$].

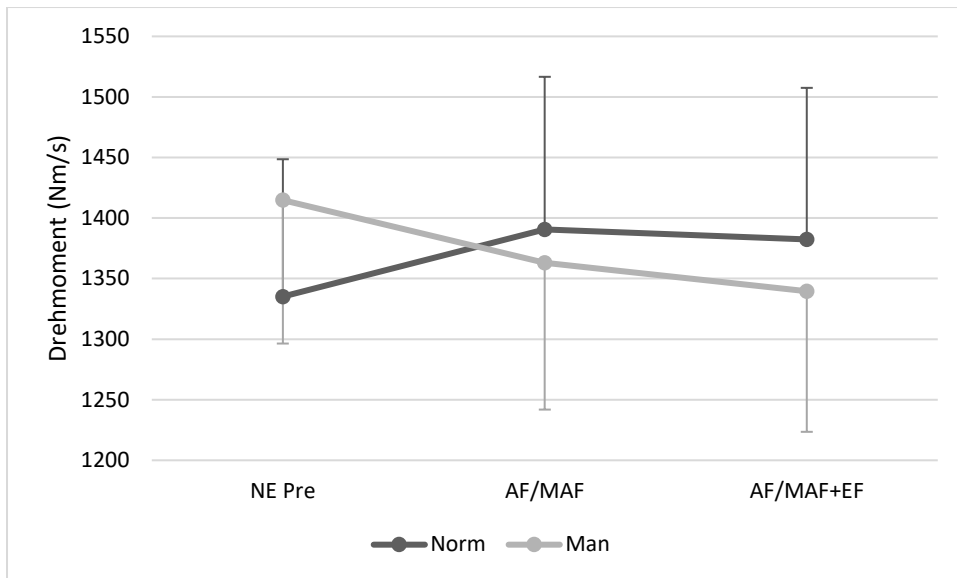


Abbildung 7. Vergleich der Explosivkraft der Gruppen Norm und Man mit den Bedingungen NE Pre, AF/MAF und AF/MAF+EF. NE Pre = Neutrale Bedingung. AF = Augmented Feedback. MAF = Manipuliertes Augmented Feedback. EF = Externer Aufmerksamkeitsfokus. Fehlerbalken stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar.

Anschliessend wurden aufgrund der Interaktion der beiden Gruppen zwei einfaktorielle Varianzanalysen gemacht, um beide Gruppen getrennt auf Unterschiede zu überprüfen. Die Analyse der Gruppe Norm, welche ein AF erhalten hatte, ergab einen Haupteffekt für den Faktor CONDITION [$F(2, 30) = 5.772, p = 0.008, \eta^2_p = 0.003$], jedoch ergab die Analyse bei der Gruppe Man, die ein MAF erhalten hatte, keinen Haupteffekt für den Faktor CONDITION [$F(2, 30) = 2.464, p = 0.102, \eta^2_p = 0.005$].

Die Bonferroni korrigierten post hoc t-Tests der Gruppe Norm, welche ein AF erhalten hatte, zeigten, dass sich bei der Explosivkraftaufgabe die Leistung mit der Bedingung AF signifikant von der Bedingung NE Pre unterschied ($p = 0.047$). Die Leistung mit der Bedingung AF in Kombination mit einem EF unterschied sich nicht von der Leistung mit der Bedingung ohne EF ($p = 1$) und auch nicht von der Leistung mit der Bedingung NE Pre ($p = 0.065$). Ohne Bonferroni-Korrektur hingegen unterschieden sich die Leistungen mit den Bedingungen AF ($p = 0.016$) und AF kombiniert mit einem EF ($p = 0.022$) im Vergleich zur Leistung mit der Bedingung NE Pre signifikant.

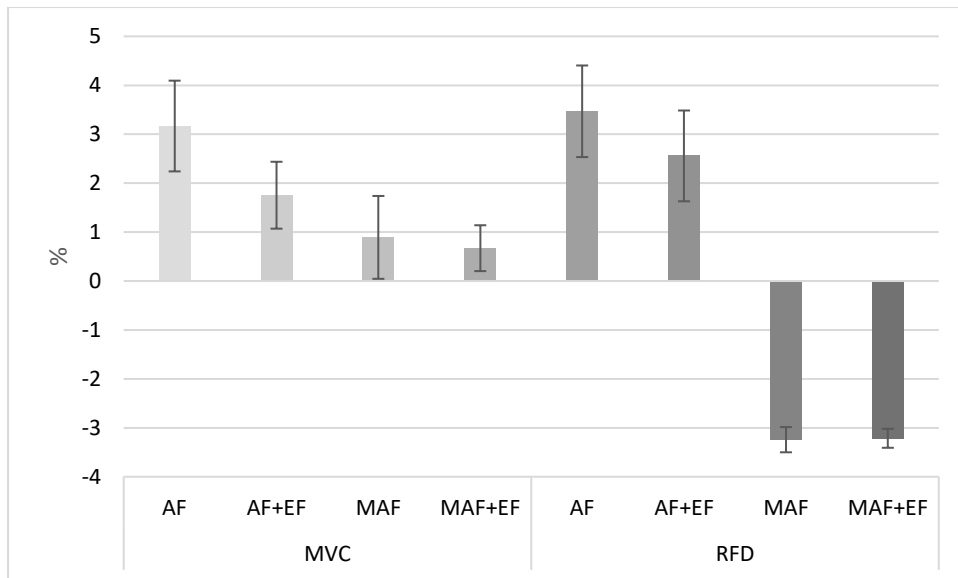


Abbildung 8. Vergleich der Maximal- und Explosivkraft der Gruppen Norm und Man mit den Bedingungen AF/MAF und AF/MAF+EF. AF = Augmented Feedback. MAF = Manipuliertes Augmented Feedback. EF = Externer Aufmerksamkeitsfokus. MVC = Maximalkraftaufgabe. RFD = Explosivkraftaufgabe. Fehlerbalken stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar.

Trotz der sichtbaren Unterschiede der Leistungen unter den verschiedenen Bedingungen in Abbildung 8 ergab die Varianzanalyse mit einem Zwischensubjektfaktor (GROUP) und zwei Innersubjektfaktoren (CONDITION, MOVEMENT) mit den normalisierten Daten bei einem Signifikanzniveau von 0,05 keine signifikanten Unterschiede.

4 Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte die Wirkung eines AF (in der Form von Knowledge of Result durch die Anzeige der Leistung auf einem Bildschirm) und der Kombination dieses AF mit einem EF auf die Maximal- und die Explosivkraft des Kniestreckers. Zudem wurde der Hälfte der Probanden ein MAF, statt einem korrektes AF gegeben.

4.1 Manipuliertes Augmented Feedback

Ein neuartiges Ergebnis dieser Studie ist, dass es bei der (technisch einfacheren) isometrischen Maximalkraftaufgabe keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen Norm und Man (Zwischensubjektfaktor GROUP) gab. Es machte also bei dieser Aufgabe keinen Unterschied, ob ein AF oder ein MAF gegeben wurde. Der Wahrheitsgehalt der Information über das Resultat wirkte sich demnach bei der Maximalkraftaufgabe nicht unterschiedlich auf die Leistung aus. Im Vergleich zu einer neutralen Bedingung steigerte sich bei dieser Aufgabe die Leistung mit einem AF jedoch etwas stärker, nämlich um 3.2 %, als mit dem MAF, welches die Leistung der Probanden nur um 0.9 % erhöhte.

Bei der technisch anspruchsvolleren Explosivkraftaufgabe waren die Auswirkungen der Information über die Leistung (AF) anders, es wirkte sich nämlich nur das AF unmittelbar positiv auf die Explosivkraftleistung aus. Die Varianzanalyse dieser Aufgabe ergab eine signifikante CONDITION*GROUP Interaktion ($p = 0.004$) der beiden Gruppen, und nur die Leistung mit der Bedingung AF unterschied sich signifikant von der Bedingung NE Pre beim Bonferroni korrigierten post hoc t-Tests in der Gruppe Norm. Die Analyse bei der Gruppe Man, die ein MAF erhalten hat, ergab keinen Haupteffekt für den Faktor CONDITION [$F(2, 30) = 2.464$, $p = 0.102$, $\eta^2_p = 0.005$].

Somit kann die 1. Fragestellung «Verbessert sich mit einem MAF die Leistung bei einer Maximalkraft- und einer Explosivkraftaufgabe gleich oder ähnlich wie mit einem AF?» wie folgt beantwortet werden:

Das MAF wirkte sich bei der Maximalkraftaufgabe – gleich wie das AF – nicht signifikant leistungssteigernd auf die Probanden aus. Bei der Explosivkraftaufgabe wirkte sich nur das AF signifikant besser als die neutrale Bedingung auf die Leistung aus. Damit bestätigte sich die Hypothese der ersten Fragestellung in dieser Studie.

Die isometrische Maximalkraftaufgabe der vorliegenden Studie war eine sehr einfache Aufgabe. Sie wurde durchgeführt, um einen Lerneffekt auch nach mehreren Wiederholungen möglichst auszuschliessen und andere Einflüsse (bspw. der intermuskulären Koordination) einzuschränken. Die unmittelbaren Leistungssteigerungen durch das MAF und auch durch das AF können deshalb höchstwahrscheinlich mit einer daraus resultierenden, gesteigerten Motivation erklärt werden (siehe auch Keller et al., 2014; Wälchli et al., 2016).

Die Betrachtung der einzelnen Kontraktionen bei der Explosivkraftaufgabe zeigte bereits bei den ersten drei Kontraktionen mit Feedback eine verminderte Leistung mit dem MAF und eine erhöhte Leistung mit dem AF auf. Bei der Maximalkraftaufgabe wurde ebenfalls nach der dritten Kontraktion – die letzte Kontraktion der Bedingung AF und MAF – eine höhere Leistung registriert. Ich gehe deshalb davon aus, dass die Auswirkungen des AF und MAF über die ganze Serie bei der Explosiv- wie auch bei der Maximalkraftaufgabe stabil war, obwohl dies statistisch nicht belegt wurde.

Bei Timing-Aufgaben konnte in der Vergangenheit bereits aufgezeigt werden, wie wichtig die korrekte Wiedergabe des Resultats ist (McNevin et al., 1994). Dass die Informationen des Feedbacks auch verarbeitet wurden, um den Bewegungsablauf zu optimieren, respektive dass die Motivation der Probanden einen direkten Einfluss auf das Lernen haben könnte, zeigten die unterschiedlichen Resultate des AF im Vergleich zum MAF bei der Explosivkraftaufgabe der vorliegenden Studie (vgl. auch Schmidt et al., 2018). Anhand dieser Resultate und den Ergebnissen aus der Untersuchung mit der Timing-Aufgabe von McNevin et al. kann man mutmassen, dass die Korrektheit des AF wichtiger ist, je komplexer die Bewegungsaufgabe ist.

Die Ermüdung der Probanden nach den entsprechenden Repetitionen der Übung wurde mit einem gepaarten t-Test untersucht, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen NE Pre und NE Post erkannt wurde und somit keine Ermüdung sichtbar war (Abbildung 4 und Abbildung 5). Dennoch ist es überraschend, dass die durchschnittliche Leistung während der Explosivkraftaufgabe bei den letzten zehn Kontraktionen höher war als bei den ersten zehn. Dies untermauert die Annahme, dass die Information über das Ergebnis bei einer Explosivkraftaufgabe wichtig für die Leistung ist und diese Information für das Bewegungslernen verwendet wurde. Daraus, dass die Leistung der Probanden ohne bzw. nach den Feedbacks (NE Post) höher war als vorher (NE Pre), kann man auch die Vermutung ableiten, dass die Probanden keine starke Abhängigkeit zum Feedback entwickelten, wie es bei anderen Untersuchungen der Fall war, wo das Feedback gleichzeitig oder unmittelbar nach der Ausführung einer Aufgabe gegeben wurde (vgl. Hodges, 2012).

Es muss vermerkt werden, dass anhand der vorliegenden Studie kein aussagekräftiges Urteil über das Bewegungslernen und die Abhängigkeit zum Feedback gemacht werden kann, da es keinen Retentionstests gab, um beobachten zu können, ob das AF eine nachhaltige Wirkung gehabt hätte. Da ein Ziel dieser Studie jedoch darin bestand zu sehen, ob die Leistung bei einer Maximal- und einer Explosivkraftaufgabe bei einem MAF und einem AF gleichermassen verbessert werden könne, wird diese Untersuchung gleichwohl als erfolgreich angesehen, da das Ergebnis neue Aspekte des AF aufgezeigt hat.

4.2 Augmented Feedback

In dieser Studie scheinen die Probanden von einem AF im Vergleich zu einer neutralen Bedingung profitiert zu haben. Die Resultate von Peacock et al. (1981) konnten jedoch mit der vorliegenden Studie nicht ganz bestätigt werden, weil hier weder das AF noch das MAF bei der Maximalkraftaufgabe signifikant leistungssteigernd wirkte. Aufgrund des Haupteffekts beim Faktor CONDITION in der Varianzanalyse, und auch weil andere Studien mit Maximalkraftaufgaben sofortige Leistungsverbesserungen mit einem AF gezeigt haben (Baltzopoulos et al., 1991; Hopper et al., 2003; Keller et al., 2014, 2015), ist die Wahrscheinlichkeit eines Typ-II-Fehlers als gross einzuschätzen (d.h. dass die durchgeführten Bonferroni korrigierten post hoc t-Tests möglicherweise keinen signifikanten Unterschied aufzeigten, obwohl es in Wahrheit einen gegeben hätte)(siehe Armstrong, 2014). Deshalb ist trotz dieser nicht signifikanten Resultate der Bonferroni-korrigierten t-Tests ist das AF als ein wirkungsvolles Instrument anzusehen, um die Leistung bei einer Maximalkraftaufgabe unmittelbar zu steigern.

Die Resultate der zitierten Studien, welche einen Unterschied zwischen den beiden Bedingungen erkannt haben, konnten mit der in dieser Studie durchgeführten Explosivkraftaufgabe reproduziert werden, da der positive Effekt eines AF bei der Explosivkraftaufgabe einen signifikanten Unterschied ausmachte.

4.3 Augmented Feedback kombiniert mit einem externen Aufmerksamkeitsfokus

Bei Counter Movement Jumps – einer vertikalen Sprungbewegung – konnte bereits aufgezeigt werden, dass die Kombination der beiden Ansätze AF und EF leistungssteigernd wirken kann (Wälchli et al., 2016). In der vorliegenden Untersuchung hatte allerdings der EF in Kombination mit dem AF oder auch mit dem MAF keine Leistungssteigerung zur Folge, was im Gegensatz zu der Studie von Wälchli et al. (2016) und meiner Hypothese steht.

Die 2. Fragestellung «Kann ein EF in Kombination mit einem AF oder MAF sowohl die Maximalkraft als auch die Explosivkraft gleichermassen steigern?» wird demnach wie folgt beantwortet:

Ein EF in Kombination mit einem AF oder MAF konnte die Leistung weder bei der isometrischen Maximalkraftaufgabe noch bei der isometrischen Explosivkraftaufgabe steigern.

Meine Annahme, dass es eine Leistungssteigerung bei den zwei durchgeführten Aufgaben gibt, wenn man das AF und den EF kombiniert, konnte somit nicht bestätigt werden, obwohl frühere Forschungsergebnisse gemäss dem Review von Wulf (2013) und den Ergebnissen der Studie von Wälchli et al. (2016) dies vermuten liessen. Allerdings konnten diese Ergebnisse kürzlich auch von Keller et al. (2018) in einer Untersuchung mit Elite-Tennisspielern nicht bestätigt werden. Erstens haben die Autoren keine Unterschiede zwischen den Resultaten eines IF und denjenigen eines EF gefunden und zweitens konnte der EF keine zusätzlichen leistungssteigernden Effekte erzielen. Die Kombination von AF und EF konnte die Leistung der Elite-Tennisspieler, wie auch der Probanden in der vorliegenden Studie, nicht weiter steigern. Die Autoren Keller et al. (2018) erklären sich diese Resultate teilweise mit dem Fachwissen der Athleten. In den Studien mit Freizeitsportlern von Wulf (2013) erzielten die Probanden bessere Leistungen mit einem EF gegenüber einem IF, was ein weiteres Indiz dafür ist, dass unterschiedliche Niveaustufen anders auf die Steuerung des Aufmerksamkeitsfokus reagieren. Keller et al. (2018) kommen dementsprechend zum Schluss, dass das Fachwissen den Einfluss der verschiedenen Aufmerksamkeitsfokusse beeinflusse. Zudem relativieren die Autoren die bisherigen Resultate zur Effektivität des EF bei Maximalkraftaufgaben, welche in vergangenen Studien ausgewiesen wurden. Bei einigen Studien zielten die Anweisungen auf unterschiedliche Wirkungen ab oder enthielten sogar irreführende Anweisungen, weshalb ein Vergleich mit einem neutralen Aufmerksamkeitsfokus oder einem IF nicht valide war (vgl. die Ausführungen hierzu unter «Grenzen des Aufmerksamkeitsfokus.» im Kapitel 1.1.3).

Das Potenzial des EF konnte bei etlichen verschiedenen Aufgabenbereichen aufgezeigt werden. Verglichen wurde der EF aber meistens mit einem IF und nicht mit einer neutralen Bedingung (vgl. Marchant, 2011; Wulf, 2013). So auch bei der Untersuchung von Marchant et al. (2009), wo kein Vergleich mit einer neutralen Bedingung angestellt wurde, sondern der IF der Probanden, der auf den Arm und die Muskeln gerichtet wurde, mit dem EF, der auf die Bewegung des Griffs abzielte, verglichen wurde.

Es gibt zudem kontroverse Meinungen über die Wirkung des EF bei Anfängern und bei Experten. Wulf (2013) attestierte, dass die leistungssteigernden Effekte eines EF bei Elite-Athleten

begrenzt sein können (vgl. auch «Grenzen des Aufmerksamkeitsfokus.» im Kapitel 1.1.3). Jedoch konnte in der Vergangenheit bei keiner Niveaugruppe ein *negativer* Effekt eines EF ausgewiesen werden.

Die vorliegende Arbeit lässt keine Schlussfolgerung darüber zu, wie sich die *Schwierigkeit* einer Aufgabe auf den Aufmerksamkeitsfokus auswirkte, da keine signifikanten Unterschiede – weder zwischen den beiden Aufgaben, noch innerhalb der Aufgaben- in der Leistung mit einem EF ausgewiesen wurden. Bisher wurden keine Studien mit einem vergleichbaren Untersuchungsdesign durchgeführt, um die erwähnte Vermutung, dass ein EF effektiver wird, je schwieriger die Bewegungsaufgabe ist, zu bestätigen (vgl. «Externer Aufmerksamkeitsfokus.» im Kapitel 1.1.3). Wulf (2013) erwähnte in ihrem Review, dass eine motorische Aufgabe unter anderem eine ausreichende Herausforderung darstellen soll, um die positiven Effekte eines EF feststellen zu können. Es ist deshalb denkbar, dass bei zu einfachen Aufgaben, respektive bei einem ausgereiften Ausführungsniveau und folglich auch Fachwissen der Probanden, die Bewegung schnell auf einem hohen Niveau ausgeführt werden kann und deshalb keine Unterschiede erkannt werden können. Der Aufmerksamkeitsfokus könnte demnach bei diesen einfachen Aufgaben unbedeutende Auswirkungen auf die Leistung haben und unterscheidet sich in dieser Hinsicht deshalb von komplexen Aufgaben.

In dieser Studie war zwar die Explosivkraftaufgabe technisch anspruchsvoller als die Maximalkraftaufgabe. Dennoch ist im Hinblick auf die oben erwähnten Gründe unklar, ob die Aufgabe immer noch zu einfach war, was erklären könnte, dass sich die Leistung mit dem EF verglichen mit einer neutralen Bedingung auch bei dieser Aufgabe nicht signifikant unterscheiden hat.

Lohse und Sherwood (2011) nahmen an, dass ein EF auch bei isometrischen Kraftaufgaben im Vergleich zu einem IF zu einer effektiveren Leistung führe. Diese Annahme ist zumindest in Bezug auf isometrische *Maximalkraftaufgaben* zu hinterfragen, weil ein Effekt des EF in der vorliegenden Studie im Vergleich zu einem neutralen Fokus ausblieb. Es sind mir keine anderen Studien bekannt, die einen positiven Effekt eines EF bei einer isometrischen Kraftaufgabe ausweisen konnten. Die einzige mir bekannte Studie, welche bisher einen positiven Effekt der *Kombination* der zwei leistungssteigernden Ansätze AF und EF gezeigt hat, der grösser war, als einer der beiden Ansätze alleine, war die Untersuchung von Wälchli et al. (2016). Die Autoren untersuchten unter anderem den Einfluss von AF und die Kombination von AF und EF im Vergleich zu einer neutralen Bedingung. Für den EF wurde eine Schnur an der unteren Rückenpartie der Teilnehmer befestigt, welche senkrecht zum Boden und dann zu einer Spule

zwei Meter hinter den Probanden führte. Für die Bedingungen wurden die folgenden Anweisungen verwendet: neutrale Bedingung: «Springe so hoch wie möglich.» AF: «Springe so hoch wie möglich. Nach jedem Sprung siehst du deine Sprunghöhe auf dem Bildschirm angezeigt.» EF in Kombination mit AF: «Springe so hoch wie möglich, während du dich darauf konzentrierst, so viel von der Schnur wie möglich abzuspulen. Nach jedem Sprung siehst du deine Sprunghöhe auf dem Bildschirm angezeigt.» Die Resultate der Muskelmessungen zeigten eine klare Effizienzsteigerung, wenn der EF zusätzlich zum AF angewendet wurde, was darauf hindeutet, dass der Aufmerksamkeitsfokus korrekt von den Probanden umgesetzt wurde. Die speziellen Umstände (angebrachte Schnur am Rücken der Probanden), das allfällige auditive und haptische Feedback der Schnur, könnten jedoch auch noch andere unbekannte Einflüsse auf die Leistungen der Probanden gehabt haben, weshalb diese Ergebnisse nicht vorbehaltlos auf die Praxis angewendet werden sollten. Auch unterschieden sich die Anweisungen deutlich voneinander, was den Empfehlungen der Forscherin Wulf (2013), um einen validen Vergleich anzustellen, widerspricht.

Basierend auf den Resultaten der vorliegenden Studie kann keine abschliessende Erklärung gegeben werden, weshalb keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen erkannt werden konnten. In dieser Studie wurden die post hoc t-Tests für Mehrfachvergleiche korrigiert. Gemäss Armstrong (2014) reduzieren die angewendeten Bonferroni-Korrekturen das Risiko eines Typ-I-Fehlers (dass die *richtige* Nullhypothese verworfen wird) auf Kosten eines Typ-II-Fehlers (dass die *falsche* Nullhypothese *nicht* verworfen wird). Dementsprechend könnten diese Mehrfachvergleiche zumindest teilweise erklären, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen gefunden wurden. So zeigten die nicht korrigierten Vergleiche in der Tat signifikante Ergebnisse zwischen den Bedingungen NE Pre und AF und auch zwischen den Bedingungen NE Pre und AF mit EF auf. Der EF hat allerdings in keinem der Vergleiche einen Unterschied gemacht.

4.4 Stärken und Schwächen der Studie

Die vorliegende Studie konnte, wie erwähnt, neue Aspekte des AF und auch des AF in Kombination mit einem EF aufzeigen. Eine Stärke der Studie liegt in der starken Standardisierung und den guten Laborbedingungen, welche reproduzierbar sind. Zudem wurden Empfehlungen von früheren Untersuchungen miteinbezogen, um Fehler im Studiendesign zu vermeiden. Beispielsweise habe ich im vorliegenden experimentellen Design gemäss den Empfehlungen von

Wulf (2013) versucht, den EF und die neutrale Bedingung so ähnlich wie möglich zu gestalten, dass sie sich nur durch ein oder zwei Wörter unterscheiden.

Eine Einschränkung stellt die Tatsache dar, dass ich keine Rückmeldung über den durch die Probanden effektiv angewendeten Aufmerksamkeitsfokus abgefragt habe. Insbesondere konnte ich somit die gemessenen Ergebnisse nicht mit subjektiven Aussagen der Probanden vergleichen, um zu kontrollieren, wie erfolgreich sie die Anweisungen zur Steuerung des Aufmerksamkeitsfokus verstanden und angewendet hatten. Darüber hinaus hätte eine solche Rückmeldung auch die Möglichkeit geboten, den «normalen», neutralen Fokus der Teilnehmer während der Kontrollbedingungen zu beurteilen.

Eine weitere mögliche Limitation könnte die Tatsache darstellen, dass jeweils nur die Mittelwerte einer Serie analysiert wurden und somit ein Abfall oder eine Steigung innerhalb einer Serie statistisch nicht belegt wurde. Wie beschrieben, wäre anhand der Betrachtung der einzelnen Kontraktionen eine lineare Veränderung wahrscheinlich.

Zu berücksichtigen ist möglicherweise des Weiteren der Einfluss meiner Person, da ich einige der Probanden persönlich kannte und alle Probanden selbst angewiesen habe. Da ich mit den Forschungsergebnissen eines EF vertraut war, ist es möglich, dass subtile Unterschiede im Tonfall meiner Anweisung die Art und Weise beeinflusst haben könnten, wie die Teilnehmer die Anweisungen aufnahmen.

Die Aussagekraft der Studie könnte ausserdem durch eine grössere Stichprobenanzahl gestärkt werden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass eine grösseren Anzahl Probanden mit dem in dieser Studie verwendeten Studiendesign, die Tendenz der ausgewiesenen Unterschiede zwischen den Bedingungen und den zwei unabhängigen Gruppen unterstützen würde.

Verbesserungspotenzial im *Studiendesign* sehe ich unter anderem darin, dass man das Verzögerungsintervall des AF automatisieren könnte, so dass das Feedback immer gleich lang verzögert wird. Dies würde die Messung weiter standardisieren und könnte die Abhängigkeit zum Feedback noch stärker lösen. Zudem könnte man nach jedem Feedback eine Selbsteinschätzung der Probanden einführen, um das ganze Potenzial des AF zu nutzen. Eine explizit erfragte Selbsteinschätzung könnte allerdings, wie in Kapitel «2.2 Studiendesign» erwähnt, mit einem MAF interferieren, was auf jeden Fall vermieden werden sollte.

Der EF könnte dahingehend optimiert werden, dass die Anweisung für das Ziel der Aufgabe sinnvoller und damit wirkungsvoller gestaltet werden könnte. Der EF könnte die Probanden negativ beeinflusst haben, weil sie den Hebel bei den isometrischen Kraftaufgaben drücken

mussten, sich der Hebel aber per Definition nicht bewegen liess. Eine Möglichkeit, dies zu bewerkstelligen, wäre die Verwendung von Metaphern.

5 Schlussfolgerung

Laut etlichen Forschern steigert ein AF die Motivation eines Sportlers und dadurch seine Leistung. Auch bei einem EF wurde bisher allgemein vermutet, dass dieser zu besseren Leistungen führe und gleichzeitig eine Reduzierung der Muskelaktivität und damit eine effizientere Bewegungsausführung bewirke (siehe Vance et al., 2004). Vorbehalte zur Effektivität des EF wurden bisher hauptsächlich in Bezug auf die fehlenden oder umgekehrt stark vorhandenen Fachkenntnisse bei Anfängern und Experten angebracht (Beilock et al., 2002; Castaneda & Gray, 2007; Keller et al., 2018; Wulf, 2008).

Bis anhin war die Kombination eines AF mit einem EF bei isolierten Maximalkraft- und Explosivkraftaufgaben unerforscht. Gemäss den Resultaten der vorliegenden Studie brachte ein EF zusätzlich zu einem AF bei der isometrischen Maximal- und Explosivkraftaufgabe keinen zusätzlichen Nutzen. Die verbreitete Annahme, dass ein EF grundsätzlich die Leistung verbessert, ist deshalb anzuzweifeln – und dies nicht nur für Personen, die entweder als Anfänger oder als Experten gelten, sondern generell für einfache Bewegungsaufgaben.

Des Weiteren war bis zum heutigen Zeitpunkt unklar, in welcher Form oder wie exakt ein AF sein muss, um die gewünschte Leistungssteigerung hervorzurufen. Gemäss den vorliegenden Studienresultaten spielte die Korrektheit eines AF bei der Maximalkraftaufgabe keine Rolle; bei der Explosivkraftaufgabe war es hingegen wichtig, den Probanden das korrekte Resultat der Leistung anzuzeigen. Dies lässt den Schluss zu, dass je komplexer die Aufgabe ist, desto wichtiger wird ein objektiv gemessenes leistungsbezogenes Resultat und dessen Feedback für den Lernenden.

Abschliessend kann gesagt werden, dass ein AF weiterhin als eine gute Methode für die spontane Leistungssteigerung angesehen werden kann. Die Wirkung der Steuerung des Aufmerksamkeitsfokus erscheint komplexer und die Ergebnisse sind nicht immer eindeutig. Für wissenschaftliche Untersuchungen müssen die vielen bereits durchgeführten Untersuchungen zu EF kritisch analysiert werden und einige wichtige methodische Punkte müssen wie in dieser Arbeit erwähnt berücksichtigt werden. Da bis heute keine negativen Effekte eines EF aufgezeigt werden konnten, würde ich Lehrern, Trainern, Instruktoren und Therapeuten generell empfehlen, beim Bewegungslernen einen EF anzuwenden.

Literatur

- Adams, J. A. (1987). Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. *Psychological Bulletin*, 101(1), 41–74. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.101.1.41>
- Angelozzi, M., Madama, M., Corsica, C., Calvisi, V., Properzi, G., McCaw, S. T., & Cacchio, A. (2012). Rate of force development as an adjunctive outcome measure for return-to-sport decisions after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 42(9), 772–780. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3780>
- Armstrong, R. A. (2014). When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic & Physiological Optics: The Journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 34(5), 502–508. <https://doi.org/10.1111/opo.12131>
- 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. <https://doi.org/10.2519/jospt.1991.13.3.138>
- 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.
- Benz, A., Winkelman, N., Porter, J., & Nimphius, S. (2016). Coaching Instructions and Cues for Enhancing Sprint Performance. *Strength & Conditioning Journal*, 38(1), 1. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000185>
- Castaneda, B., & Gray, R. (2007). Effects of focus of attention on baseball batting performance in players of differing skill levels. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29(1), 60–77.
- Cronin, J., & Sleivert, G. (2005). Challenges in Understanding the Influence of Maximal Power Training on Improving Athletic Performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213–234. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535030-00003>
- Figoni, S. F., & Morris, A. F. (1984). Effects of Knowledge of Results on Reciprocal, Isokinetic Strength and Fatigue. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 6(3), 190–197.

- Hodges, N. J. (2012). *Skill acquisition in sport : research, theory and practice* (2nd ed.). London: Routledge.
- 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. [https://doi.org/10.1016/S1466-853X\(03\)00068-3](https://doi.org/10.1016/S1466-853X(03)00068-3)
- Keller, M., Kuhn, Y.-A., Lüthy, F., & Taube, W. (2018). How to Serve Faster in Tennis: The Influence of an Altered Focus of Attention and Augmented Feedback on Service Speed in Elite Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, Publish Ahead of Print*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002899>
- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.984241>
- Lauber, B., & Keller, M. (2014). Improving motor performance: Selected aspects of augmented feedback in exercise and health. *European Journal of Sport Science*, 14(1), 36–43. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.725104>
- Lohse, K. R., & Sherwood, D. E. (2011). Defining the Focus of Attention: Effects of Attention on Perceived Exertion and Fatigue. *Frontiers in Psychology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00332>
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Magill, R. A., & Anderson, D. J. (2014). *Motor learning and control : concepts and applications* (10th ed). New York: McGraw-Hill.
- Magill, R. A., Chamberlin, C. J., & Hall, K. G. (1991). Verbal knowledge of results as redundant information for learning an anticipation timing skill. *Human Movement Science*, 10(4), 485–507. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(91\)90016-Q](https://doi.org/10.1016/0167-9457(91)90016-Q)
- Marchant, D. C. (2011). Attentional Focusing Instructions and Force Production. *Frontiers in Psychology*, 1. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2010.00210>

- Marchant, D. C., 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. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8d1e5>
- McNevin, N., Magill, R. A., & Buekers, M. J. (1994). The effects of erroneous knowledge of results on transfer of anticipation timing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65(4), 324–329. <https://doi.org/10.1080/02701367.1994.10607636>
- 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. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182376a13>
- Oliveira, A. S., Corvino, R. B., Caputo, F., Aagaard, P., & Denadai, B. S. (2016). Effects of fast-velocity eccentric resistance training on early and late rate of force development. *European Journal of Sport Science*, 16(2), 199–205. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1010593>
- Peacock, B., Westers, T., Walsh, S., & Nicholson, K. (1981). Feedback and maximum voluntary contraction. *Ergonomics*, 24(3), 223–228. <https://doi.org/10.1080/00140138108559236>
- Porter, J. M., Anton, P. M., Wikoff, N. M., & Ostrowski, J. B. (2013). Instructing skilled athletes to focus their attention externally at greater distances enhances jumping performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2073–2078. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827e1521>
- Reiche, D. (2003). *Roche Lexikon Medizin* (5th ed.). München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH.
- Rogers, C. A. (1974). Feedback precision and postfeedback interval duration. *Journal of Experimental Psychology*, 102(4), 604–608.
- Schmidt, R. A., Lee, T., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. (2018). *Motor control and learning : a behavioral emphasis* (Sixth edition). Champaign: Human Kinetics.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2007). *Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R., & Wolf, P. (2013). Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(1), 21–53. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0333-8>

- Singer, R. N., Lidor, R., & Cauraugh, J. H. (1993). To Be Aware or Not Aware? What to Think about while Learning and Performing a Motor Skill. *The Sport Psychologist*, 7(1), 19–30. <https://doi.org/10.1123/tsp.7.1.19>
- Swinnen, S. P., Schmidt, R. A., Nicholson, D. E., & Shapiro, D. C. (1990). Information feedback for skill acquisition: Instantaneous knowledge of results degrades learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(4), 706–716. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.4.706>
- Tenenbaum, G., & Eklund, R. C. (2007). *Handbook of Sport Psychology* (3.). Hoboken, N.J: Wiley.
- Thorstensson, A., Karlsson, J., Viitasalo, J. H. T., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1976). Effect of Strength Training on EMG of Human Skeletal Muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 98(2), 232–236. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1976.tb00241.x>
- 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. <https://doi.org/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 and Science in Sports and Exercise*, 48(4), 714–719. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000000818>
- Weinberg, D. R., Guy, D. E., & Tupper, R. W. (1964). Variation of postfeedback interval in simple motor learning. *Journal of Experimental Psychology*, 67(1), 98–99. <https://doi.org/10.1037/h0045649>
- Weineck, J. (2009). *Optimales Training* (16th ed.). Balingen: Spitta.
- Winkelman, N. C., Clark, K. P., & Ryan, L. J. (2017). Experience level influences the effect of attentional focus on sprint performance. *Human Movement Science*, 52, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.01.012>
- Wulf, G. (2008). Attentional focus effects in balance acrobats. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(3), 319–325. <https://doi.org/10.1080/02701367.2008.10599495>
- Wulf, G. (2013). Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 77–104. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2012.723728>
- 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. <https://doi.org/10.1080/00222899809601334>

- Wulf, G., Mercer, J., McNevin, N., & Guadagnoli, M. A. (2004). Reciprocal influences of attentional focus on postural and suprapostural task performance. *Journal of Motor Behavior*, 36(2), 189–199. <https://doi.org/10.3200/JMBR.36.2.189-199>
- Wulf, G., & Prinz, W. (2001). Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(4), 648–660. <https://doi.org/10.3758/BF03196201>
- Wulf, G., Shea, C., & Park, J. H. (2001). Attention and motor performance: preferences for and advantages of an external focus. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72(4), 335–344. <https://doi.org/10.1080/02701367.2001.10608970>
- Wulf, G., Töllner, T., & Shea, C. H. (2007). Attentional focus effects as a function of task difficulty. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78(3), 257–264. <https://doi.org/10.1080/02701367.2007.10599423>
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. Human Kinetics.

Anhang A: Information für Probanden - Masterarbeit

Messung:

Gemessen wird die Maximalkraft und Explosivkraft des rechten Kniestreckers unter Einfluss eines Feedbacks. Die beiden Messungen (Tag 1/Tag 2) müssen mindestens drei Tage auseinander liegen. Durch den Isokineten (siehe Bilder) und die Elektromyographie (EMG mit aufgeklebten Elektroden auf der Haut) werden die Daten quantifiziert.

Ablauf:

- An beiden Tagen: 10 Minuten aufwärmen auf dem Ergometer
- Tag 1: Maximale isometrische Kraftaufgabe. Dauer: ca. 35 Minuten
- Tag 2: Maximale isometrische Explosivkraftaufgabe. Dauer: ca. 30 Minuten

Bemerkung:

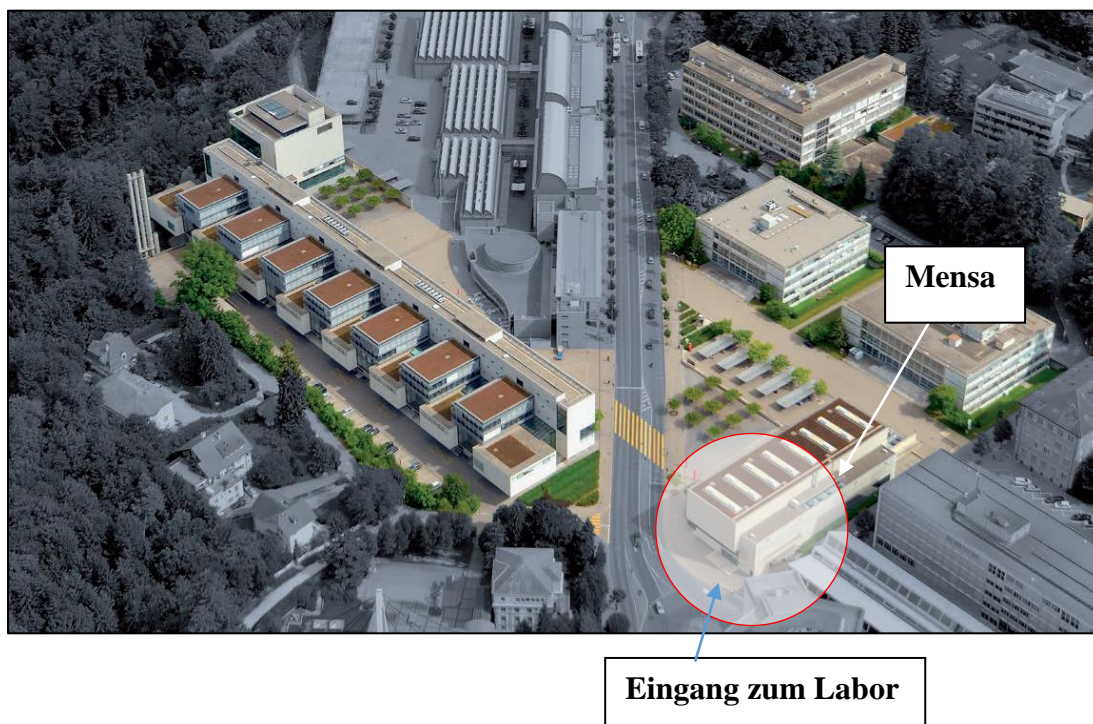
Zur Anbringung der Elektroden (rectus femoris und vastus lateralis) auf dem Oberschenkel muss eine kleine Stelle rasiert werden. Dies wird bei jedem Probanden vor der Messung gemacht.

Mitbringen:

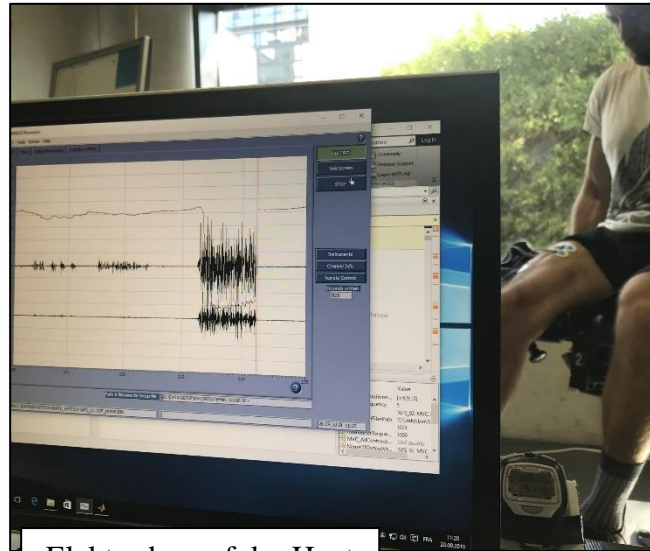
Kurze Hosen (ev. Sportkleider)

Link zu Google-Maps

<https://goo.gl/maps/epfUuu2ucrj>



Maschine „Rüfe“



Elektroden auf der Haut

Die Maschinen im Einsatz...

Maschine
„Isokinet“

Maschine „Nätku“



Anhang B: Subject Form

Augmented feedback study

Subject Form

Name: _____

Vorname: _____

Subject data			
Birthday			
Weight		Height	
Shooting leg			
Sex	<input type="checkbox"/> Male	<input type="checkbox"/> Female	
Mail			
Phone			

Dates	
<i>Date 1</i>	
<i>Date 2</i>	

Favorite chocolate

Anhang C: Dynamometer Pattern Selection and Setup

KNEE: EXTENSION/FLEXION (SEATED)

Parts Needed

- Knee/Hip Adapter
- Knee/Hip Pad
- Contralateral Limb Stabilizer
- Lumbar Cushion

Scale or Position	Scale or Position Setting	Right Limb Scale	Left Limb Scale
Chair Rotation Scale	40°	Teal	Black
Chair-Back Angle	85°		
Chair-Seat position	Up		
Dyna Tilt Scale	0°		
Dyna Height Scale	8		
Dyna Rotation Scale	40°	Teal	Black
Monorail Scale	38		

Reclining Chair Preparation

- Install Contralateral Limb Stabilizer in chair receiving tube #2 (if indicated.)

Dynamometer Preparation

- To install adapter on dyna input arm:
 1. Secure Knee/Hip Pad on Knee/Hip Adapter with the pad offset toward the dynamometer.
 2. Insert adapter into long end of input arm and secure.

Position Patient

- Position patient appropriately on chair; provide *Lumbar Cushion* (if indicated.)
 1. Have patient move forward or back on seat until the knee is just lightly touching the chair-seat cushion.
 2. Rotate Crank to adjust chair-back to meet patient's back.
 3. Secure Seat Belt and Shoulder Belts.
- Chair-Seat Fore/Aft: Move and secure chair at an appropriate distance from dyna to properly align knee axis of rotation with dyna axis.
- Position *Knee/Hip Pad* on patient's leg and secure.
- Secure Thigh Stabilizer Strap.
- Test patient's ROM. Adjust set-up if required.
- Record all scale values and click OK.

Anhang D: Case Report Forms



UNIVERSITÉ DE Fribourg
UNIVERSITÄT FREIBURG

SCIENCES DU MOUVEMENT ET DU SPORT
BEWEGUNGS- UND SPORTWISSENSCHAFTEN

Augmented feedback study

Case Report Form

MVC session

Name subject: _____

Date Test: _____ Time: _____

Subject data			
Subject ID <i>(afs_xx)</i>			
Birthday			
Weight		Height	
Shooting leg			
Sex	<input type="checkbox"/> Male	<input type="checkbox"/> Female	
Group	<input type="checkbox"/> <i>af</i>	<input type="checkbox"/> <i>maf</i>	
Session #	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	

Sequence of conditions			
<i>ne</i>			<i>ne</i>

Conditions:

- « *ne* »
- « *af* »
- « *af_af* »
- « *maf* »
- « *maf_af* »

Case Report Form

Version 1.0, 17.08.2018

Seite 1 von 3

Protocol

Warm-Up

Warm-Up (10 min bike)

MVCa: familiarisation

Filename: *ats_XX_mvc_fam* // Script *fam_ats*

Familiarisation conditions:

- 2x submaximal
- 1x maximal (MVC)

MVCa: conditions

Filename: *ats_XX_mvc* → same file for all conditions // Script: *mvc_at* or *mvc_maf*

Condition 1: *re*

1

→

Pause
1 min

→

2

→

Pause
1 min

→

3

Pause
3 min

△

Change
condition

Condition 2

4

→

Pause
1 min

→

6

→

Pause
1 min

→

8

Pause
3 min

△

Change
condition

Case Report Form

Version 1.0, 17/08/2018

Slide 2 van 3

Condition 3

7

→

Pause
1 min

→

8

→

Pause
1 min

→

9

Pause
3 min

△

Change
condition

Condition 4: *re*

10

→

Pause
1 min

→

11

→

Pause
1 min

→

12

Comments:

Case Report Form

Version 1.0, 17/08/2018

Slide 3 van 3

48

Augmented feedback study
Case Report Form
RFD session

Name subject: _____

Date Test: _____ Time: _____

Subject data			
Subject ID <i>(afs_xx)</i>			
Birthday			
Weight		Height	
Shooting leg			
Sex	<input type="checkbox"/> Male	<input type="checkbox"/> Female	
Group	<input type="checkbox"/> <i>af</i>	<input type="checkbox"/> <i>maf</i>	
Session #	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	

Sequence of conditions			
<i>ne</i>			<i>ne</i>

Conditions:

- « *ne* »
- « *af* »
- « *af_af* »
- « *maf* »
- « *maf_af* »

Pretest:

Warm-Up

Warm-Up (10 min bike)

MVCs: for normalization

Filename: *afs_XX_rfd_norm* // No Matlab

Familiarization contractions (1-2x submaximal)
Maximal contractions (2x MVC)

RFD: familiarization

Filename: *afs_XX_rfd_fam* // Script *fam_afs*

Familiarization contractions:
• 1x submaximal
• 2x maximal

RFD: de-familiarization

Filename: *afs_XX_rfd* → same file for all conditions // Script: *rfd_afs* or *rfd_maf*

Condition 1: *re*

1					
2					
3					
4					
5					

Pause
1 min

6					
7					
8					
9					
10					

Pause
2 min

Condition 2:

11					
12					
13					
14					
15					

Pause
2 min

Change
condition

16					
17					
18					
19					
20					

Change
condition

Condition 3:

21					
22					
23					
24					
25					

Pause
1 min

26					
27					
28					
29					
30					

Condition 4: *re*

31					
32					
33					
34					
35					

Pause
2 min

Change
condition

36					
37					
38					
39					
40					

Comments:

Anhang E: Randomisierungsplan

Session 1	Con1_1	Con1_2	Session 2	Con2_1	Con2_2	Participant ID	Exclude from MVC
RFD	af-ef	af	MVC	af-ef	af	1	
RFD	af-ef	af	MVC	af-ef	af	5	
RFD	af-ef	af	MVC	af	af-ef	16	
RFD	af-ef	af	MVC	af	af-ef	18	
RFD	af	af-ef	MVC	af	af-ef	23	X
RFD	af	af-ef	MVC	af	af-ef	28	
RFD	af	af-ef	MVC	af-ef	af	11	
RFD	af	af-ef	MVC	af-ef	af	10	
MVC	af-ef	af	RFD	af-ef	af	2	
MVC	af-ef	af	RFD	af-ef	af	6	
MVC	af-ef	af	RFD	af	af-ef	19	X
RFD	af-ef	af	MVC	af-ef	af	32	
MVC	af	af-ef	RFD	af	af-ef	25	
MVC	af	af-ef	RFD	af	af-ef	24	X
MVC	af	af-ef	RFD	af-ef	af	13	
MVC	af	af-ef	RFD	af-ef	af	12	

Anmerkung. Fortsetzung auf nächster Seite

Session 1	Con1_1	Con1_2	Session 2	Con2_1	Con2_2	Participant ID	Exclude from MVC
RFD	maf-ef	maf	MVC	maf-ef	maf	3	X
RFD	maf-ef	maf	MVC	maf-ef	maf	8	
RFD	maf-ef	maf	MVC	maf	maf-ef	20	
RFD	maf-ef	maf	MVC	maf	maf-ef	21	X
RFD	maf	maf-ef	MVC	maf	maf-ef	31	X
RFD	maf	maf-ef	MVC	maf	maf-ef	27	
RFD	maf	maf-ef	MVC	maf-ef	maf	17	
RFD	maf	maf-ef	MVC	maf-ef	maf	14	
MVC	maf-ef	maf	RFD	maf-ef	maf	4	
MVC	maf-ef	maf	RFD	maf-ef	maf	7	
MVC	maf-ef	maf	RFD	maf	maf-ef	22	
MVC	maf-ef	maf	RFD	maf	maf-ef	29	
MVC	maf	maf-ef	RFD	maf	maf-ef	30	
MVC	maf	maf-ef	RFD	maf	maf-ef	26	X
MVC	maf	maf-ef	RFD	maf-ef	maf	15	X
MVC	maf	maf-ef	RFD	maf-ef	maf	9	

Anmerkung. MVC = Maximalkraftaufgabe. RFD = Explosivkraftaufgabe. af = Augmented Feedback. maf = Manipuliertes Augmented Feedback. af-ef = Augmented Feedback mit zusätzlichem externem Aufmerksamkeitsfokus. maf-ef = Manipuliertes Augmented Feedback mit zusätzlichem externem Aufmerksamkeitsfokus.

Dank

Ich danke Matteo Bugnon und Dr. Michael Wälchli herzlich für den Aufwand ihrer Zeit und Mühe, mir bei der Durchführung dieses Projekts zu helfen. Sie haben mich intensiv bei den Messungen betreut und mich bei jedem Schritt des Prozesses begleitet. Ich möchte auch den 32 Probanden dafür danken, dass sie ihr volles Engagement eingebracht und ihre Zeit geopfert haben, um die für diese Arbeit nötigen Messungen mit mir durchzuführen. Nicht zuletzt möchte ich meiner Familie, insbesondere meiner Frau und meinen Schwiegereltern für ihre Unterstützung und Korrekturlesungen ganz herzlich danken; sie haben es mir nicht nur ermöglicht, die nötige Zeit und Energie in dieses Projekt zu investieren, sondern auch einen Mehrwert für die Arbeit eingebracht. Ausserdem gebührt auch meiner einjährigen Tochter Ella Maria Dank dafür, dass sie mich während dieser Zeit (einigermassen/manchmal) schlafen liess und oft zum Lachen brachte, was meinen persönlichen (Aufmerksamkeits-)Fokus immer wieder auf das Wesentliche lenkte.