

# **Kontextuelle Interferenz beim Lernen von Gleichgewichtsaufgaben**

Abschlussarbeit zur Erlangung des  
Master of Science in Sportwissenschaften  
Option Unterricht

eingereicht von

**Laura Ruffieux**

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  
Michael Wälchli

St. Ursen, November 2017

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1 Einleitung.....	4
1.1 Unterschiede zwischen blocked und random Training.....	6
1.2 Gleichgewicht .....	12
1.3 Kontextuelle Interferenz bei Gleichgewichtsübungen.....	15
1.4 Ziel der Arbeit.....	16
2 Methode .....	18
2.1 Untersuchungsgruppe .....	18
2.2 Untersuchungsdesign .....	18
2.3 Untersuchungsverfahren und –instrumente .....	19
2.4 Datenanalyse .....	22
3 Resultate.....	23
4 Diskussion.....	28
4.1 Kontextueller Interferenzeffekt und die Gestaltung von Gleichgewichtstraining .....	30
4.2 Kognitive Anforderung, Motivation, Konzentration oder Ermüdung? .....	34
5 Schlussfolgerung.....	37
Literatur.....	38
Dank.....	42

## **Zusammenfassung**

Werden in einem Training verschiedene Aufgaben nacheinander geübt, können die Lernprozesse der einzelnen Aufgaben miteinander interferieren, man spricht von kontextueller Interferenz. Hohe kontextuelle Interferenz tritt ein, wenn häufig zwischen den Aufgaben gewechselt wird (random Training). Geringe kontextuelle Interferenz hingegen ist bei Abläufen zu beobachten, bei denen die Aufgaben geblockt werden (blocked Training). Bei blocked wurden im Vergleich zu random Trainings grössere kurzfristige Lerneffekte (innerhalb eines Trainings) beobachtet, jedoch führte ein random Training längerfristig (in Retentionstests) zu besseren Leistungen. Noch unklar ist, ob diese Effekte auch im Gleichgewichtstraining auftreten. Ziel dieser Studie war es deshalb, zu untersuchen, ob in einer einzelnen Session ein random im Vergleich zu einem blocked Gleichgewichtstraining zu grösseren Lerneffekten führt. Die Versuchspersonen trainierten dafür auf zwei verschiedenen Gleichgewichtsgeräten (Wippe und Kreisel). Bei der Blocked-Gruppe ( $n = 15$ ) wurden die Versuche auf den beiden Geräten geblockt, während bei der Random-Gruppe ( $n = 15$ ) regelmässig zwischen den Geräten gewechselt wurde. Die Leistung wurde vor und nach dem Training sowie in einem Retentionstest 24 h nach dem Training gemessen. Mit einer mixed-design ANOVA wurden die Leistungen der beiden Gruppen zu den verschiedenen Zeitpunkten miteinander verglichen. Beide Gruppen haben sich auf beiden Geräten signifikant verbessert zwischen Trainingsanfang und -ende. Die Leistung im Retentionstest war unverändert (Wippe) oder etwas tiefer, aber immer noch besser als vor dem Training (Kreisel). Es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede gefunden. Die Vermutung, dass ein random im Vergleich zu einem blocked Training kurzfristig einen kleineren Trainingseffekt aufweist, hingegen längerfristig zu besseren Trainingseffekten führt, konnte mit dieser Studie also nicht bestätigt werden. Die Tendenzen zeigten allerdings, dass die Random-Gruppe im Vergleich zur Blocked-Gruppe während des Trainings zwar weniger Fortschritte machte, sich hingegen in der Retention weniger stark verschlechterte, was beides auf einen kontextuellen Interferenzeffekt hinweist. Eindeutige Erklärungen, warum die Gleichgewichtsleistung der Random-Gruppe in der Retention nicht signifikant besser war, konnten nicht gefunden werden. Mögliche Gründe könnten eine zu kurze Trainingssession, die Motivation der Versuchspersonen, die Schwierigkeit der Aufgaben oder eine zu grosse Ähnlichkeit der Gleichgewichtsgeräte sein. Anhand der Resultate dieser Studie kann also bei einem Gleichgewichtstraining keine der Methoden klar bevorzugt werden. Weitere Studien sind nötig, um optimale Gleichgewichtstrainingsempfehlungen abgeben zu können.

## 1 Einleitung

Das Ziel eines Trainers ist üblicherweise, Lernumgebungen zu gestalten, in denen verschiedene Bewegungsfertigkeiten ausgeübt und gelernt werden können. Wirkungsvolle Umgebungen, die das Lernen während dem Trainieren fördern und die Testleistungen zu einem späteren Zeitpunkt erhöhen sollen, werden angestrebt. Eine sinnvolle Gestaltung von Trainingsinhalt und –abfolge, um das motorische Lernen zu vereinfachen, stellt jedoch eine Herausforderung für Trainer und Therapeuten dar (Porter & Magill, 2010). Sobald die Abfolge von Trainingsinhalten abgeändert wird, verändert sich der Effekt der kontextuellen Interferenz (siehe Magill & Hall, 1990 für ein Review). In der Literatur wird von kontextueller Interferenz gesprochen, wenn innerhalb einer Übungsphase verschiedene Lernaufgaben absolviert werden, die sich gegenseitig beeinflussen, respektive beeinträchtigen (Lee, Wulf & Schmidt, 1992). Hohe kontextuelle Interferenz tritt ein, wenn verschiedene Aufgaben abwechslungsweise geübt werden (bspw. AB AB AB). Geringe kontextuelle Interferenz hingegen ist bei Abläufen zu beobachten, bei denen zuerst ein Block mit der einen Aufgabe abgeschlossen wird, bevor ein Block mit einer neuen Aufgabe absolviert wird (bspw. AAA BBB). Zudem beeinflusst die Ähnlichkeit der beiden Lernaufgaben wie hoch die Interferenz ausfällt (Lee et al., 1992). Erste Untersuchungen der kontextuellen Interferenz in Zusammenhang mit dem motorischen Lernen wurden von Shea und Morgan (1979) durchgeführt. Damals wurde festgehalten, dass die kontextuelle Interferenz eine wichtige Rolle im motorischen Lernen spielt, das heisst einen positiven Effekt auf die längerfristige sowie auf die Transferleistung (d. h. die Anwendung des Gelernten in einer neuen Aufgabe) hat, wenn während der Übungsphase zwischen verschiedenen Aufgaben abgewechselt wird, statt sich auf eine einzige zu konzentrieren. Hingegen war der Leistungszuwachs in der Übungsphase bei denen höher, die sich mit nur einer Lernaufgabe befassten (siehe Abbildung 1). Das bedeutet, paradoxerweise wird trotz der Interferenz, also der gegenseitigen Störung der beiden Aufgaben, nachhaltiger gelernt. Sie vermuteten, aufgrund der Tatsache, dass in ihrer Studie die Aufgabe mit einer hohen kontextuellen Interferenz schwieriger war als die mit geringer Interferenz, dass die Gruppe mit der erstgenannten Bedingung viel mehr gefordert war. Diese Gruppe musste daher mehrere Strategien zur Ausführung der Aufgabe entwickeln, um ihre Leistung während der Übungszeit zu verbessern. Im Gegenzug waren bei der Gruppe mit geringer Interferenz solche Verarbeitungsprozesse nicht nötig. Sie nahmen an, dass diese entwickelten Verarbeitungsprozesse zu besseren Retentionsleistungen (d. h. die Fähigkeit, das Gelernte zu einem späteren Zeitpunkt wieder abzurufen) führten. Die Versuchspersonen seien flexibler und effizienter beim Um-

gang mit Bewegungskorrekturen sowie bei der Lösungsfindung. Das heisst, laut den beiden Forschern sind die Leistungsunterschiede der beiden Gruppen während dem Retentions- bzw. Transfertest auf eine effizientere Informationsverarbeitung zurückzuführen, welche in der Übungsphase gelernt wurde. Zuvor wurden die Effekte der kontextuellen Interferenz in Bezug auf kognitive Aufgaben untersucht (Battig, 1966, zitiert nach Shea & Morgan, 1979) und ergaben ähnliche Resultate. Bereits Shea und Morgan setzten im Jahre 1979 ein blocked Training gleich mit einer Aufgabe mit geringer Interferenz und ein random Training mit einer Aufgabe mit hoher Interferenz.

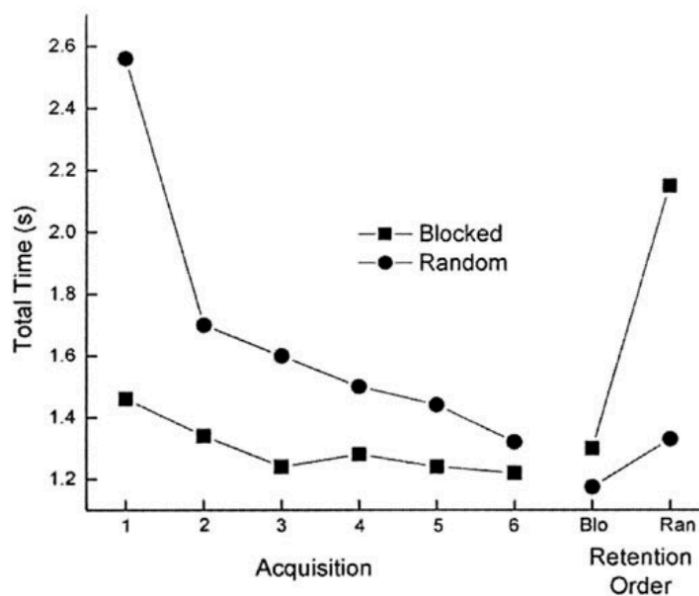


Abbildung 1. Resultate der ersten Untersuchungen der kontextuellen Interferenz in Zusammenhang mit dem motorischen Lernen, durchgeführt von Shea und Morgan (1979). In der Abbildung ist zu sehen, dass die Random Gruppe, welche zwischen verschiedenen Aufgaben abgewechselt hat, im Vergleich zur Blocked-Gruppe, welche sich auf nur eine Aufgabe konzentriert hat, zwar in der Übungsphase (kurzfristig) eine schlechtere Leistung hervorbrachte, jedoch in der Retention (längerfristig) eine bessere Leistung zeigte. Grafik übernommen von Lee und Wishart (2005), S. 73, angepasste Grafik von Shea und Morgan (1979).

In dieser Arbeit wird für das repetitive Üben einer Aufgabe, ohne durch eine andere Aufgabe unterbrochen zu werden, der Begriff «blocked» und für das Üben einer Aufgabe im Wechsel mit anderen Aufgaben der Begriff «random» verwendet. Wichtig dabei zu klären ist, dass unter random eine zufällige Reihenfolge von Trainingsübungen verstanden werden könnte.

Das ist jedoch bei den hier aufgeführten, wie auch bei der vorliegenden Studie, nicht der Fall. Unter random wird verstanden, dass in einer vorgegebenen Reihenfolge, jedoch abwechselungsweise mindestens zwei verschiedene Aufgaben absolviert werden.

Auch Lee et al. (1992) haben gezeigt, dass bei Aufgaben mit hoher kontextueller Interferenz im Vergleich zu Aufgaben mit geringer kontextueller Interferenz der Leistungszuwachs zwar während der Übungsphase vermindert wird, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt höher ist. Bei Retentions- sowie bei Transfertesten wurde beobachtet, dass die Random-Gruppe besser abschnitt als die Blocked-Gruppe, jedoch die Blocked-Gruppe in der Übungsphase bessere Leistungen zeigte (Fazeli, Taheri & Kakhki, 2017). Das würde bedeuten, dass bei random nachhaltiger gelernt wird als bei blocked. Lee et al. (1992) nannten diesen Effekt den «typischen kontextuellen Interferenzeffekt». Die Frage stellt sich, ob es diesen typischen Effekt gibt, und wenn ja, was die Voraussetzungen sein müssen. Schmidt hat bereits 1971 und 1972 in seinen Studien über motorisches Lernen den Einfluss von variantenreichen Trainingsübungen diskutiert. Nach ihm sind nur Retentions- und Transfertesten sinnvolle und zuverlässige Leistungsmessungen, wenn es darum geht, die Wirkung von verschiedenen Trainingsformen (blocked vs. random) zu erfassen. Denn Lernen wird als andauernde Veränderung des Verhaltens definiert (Lee, Swanson & Hall, 1991). Demzufolge ist zwar die Veränderung nach einem blocked Training grösser als bei einem random Training, jedoch oft nicht nachhaltig. Daher zeigt die Retentions- sowie Transferleistung, wie viel in den jeweiligen Trainingsformen wirklich gelernt wurde. Im weiteren Sinne soll die Leistung in der eigentlichen Umgebung abgerufen werden können und nicht bloss während bzw. kurz nach einer Übungsphase.

### **1.1 Unterschiede zwischen blocked und random Training**

In der Literatur werden verschiedene mögliche Gründe für den Leistungsunterschied zwischen Blocked- und Random-Gruppen genannt. Einer davon ist, dass die Random-Gruppe durch das Abwechseln der Lernaufgaben weniger abhängig vom Kontext ist, in der sie ihre Leistung abrufen muss und daher zu einem späteren Zeitpunkt und möglicherweise in einer anderen Situation schneller die nötigen Informationen abrufen kann (Bortoli, Robazza, Durigon & Carra, 1992). Eine weitere mögliche Erklärung liefern Lee und Simon (2004), welche für möglich halten, dass die Motivation eine Rolle spielt. Ein random im Vergleich zu einem blocked Training sei möglicherweise interessanter und daher gebe es als Folge von motivationalen Gründen Unterschiede in der Leistung. Die Versuchspersonen würden besser werden wollen und akzeptieren die Herausforderung. Da die Motivation allgemein beim Bewegungs-

lernen entscheidend ist, erwägen sie ebenfalls die Möglichkeit, dass das Gegenteil eintreffen könnte. Die Motivation könnte sinken, wenn bei einem schwierigen random Training im Vergleich zu einem blocked Training kaum Verbesserungen spürbar sind. Die Konsequenz daraus wäre, dass die Versuchspersonen der Random-Gruppe aufgeben sich zu verbessern und nicht mehr nach Fortschritt streben und im Gegenzug bei den Versuchspersonen der Blocked-Gruppe die Motivation hoch bleiben würde, wenn sie an einer Aufgabe dran bleiben können. Lee et al. (1991) untersuchten ebenfalls die Wirkung von Wiederholungen beim Erlernen von Bewegungen. Sie nahmen an, dass Abwechslung bedeutungsvoll ist für die erwünschte Motivation beim Bewegungslernen. Damit wurde die erste Vermutung von Lee und Simon (2004), ein random wäre möglicherweise interessanter als ein blocked Training, bekräftigt. Zudem spielt es eine Rolle, wie die Abfolge der Aufgaben strukturiert wird. Diese beeinflusst die kognitive Verarbeitung während dem Bewegungslernen, welche entscheidend dafür sei, wie gut eine Aufgabe gelernt werde (Lee et al., 1991). Eine Aussage, die mit der Vermutung von Shea und Morgan (1979) übereinstimmt. Denn die von ihnen erwähnte Entwicklung von Strategien, sowie effizientere Informationsverarbeitung als Folge der random Trainingsform, ist nichts anderes als eine kognitive Verarbeitung. Die Studie von Porter und Magill (2010) lieferte ähnliche Ergebnisse bezüglich der Motivation sowie bezüglich der Aufgabenabfolge eines Trainings wie die Studie von Lee et al. (1991). Hier wurde zusätzlich zu einer Blocked- und Random-Gruppe eine «Increasing»-Gruppe gebildet. Diese absolvierte zu Beginn den gleichen Ablauf wie die Blocked-Gruppe und in einem zweiten Teil wurde ihre Aufgabe mit einer zunehmenden kontextuellen Interferenz anspruchsvoller. Es ging darum, Variationen der Puttbewegung im Golf zu erlernen. Die Erwartung war, dass ein Einsteiger, der Variationen einer Bewegungsfertigkeit erlernen soll, bessere Leistungen in Retentions- und Transfertesten zeigt, wenn er ein Trainingsprogramm absolviert, bei dem die kontextuelle Interferenz zunehmend steigt, als wenn er einem herkömmlichen blocked oder random Training folgt. Die Resultate belegten die Erwartungen. Lee und Wishart (2005) vermuten, dass die Motivation eine Rolle spielt. Durch die Fortschritte, die innerhalb des blocked Trainings erreicht wurden, stieg die Motivation und dies helfe möglicherweise, weiterhin Fortschritte zu erzielen, auch wenn die kontextuelle Interferenz im Verlaufe des Trainings höher wurde. Was bedeuten würde, dass die Kombination von einem blocked Ablauf mit einem Ablauf mit kontextueller Interferenz (d.h. random) innerhalb eines Trainings hilfreich ist, um eine neue Bewegung zu erlernen. Lee und Simon (2004) nennen die Kombination von blocked und random Training «hybrid» Training und definieren es als eine Mischform, bei der die Leistungsvorteile eines blocked mit den Lernvorteilen eines random Trainings kombiniert werden. Darauf wird später

in der Einleitung eingegangen. Wie auch immer, die Argumente der Motivation beziehungsweise der Ablaufgestaltung lassen offen, wie der Unterschied zwischen den kurz- und den längerfristigen Anpassungen bezüglich blocked und random zustande kommt. Für Broadbent, Causer, Williams & Ford (2017) spielt der Umgang mit dem Feedback möglicherweise eine Rolle. Sie sind der Meinung, dass die Kombination von random (abwechslungsweise eine Aufgabe erfüllen) und der Umgang mit Feedback, d.h. gemachte Fehler ausmerzen, eine erhöhte mentale Leistung verlangt, im Vergleich zur Blocked-Gruppe. Durch diese erhöhte mentale Leistung während der Übungsphase würde die Random-Gruppe zu einem späteren Zeitpunkt bessere Leistungen vollbringen können. Diesbezüglich zeigten sie, dass bei einem random Training nicht nur der häufige Aufgabenwechsel und die damit verbundene erhöhte Konzentration verantwortlich sind für eine erhöhte mentale Leistung. Sie betonen die Bedeutung vom Umgang mit Fehlern. Daraus wird geschlossen, dass Trainer eine Trainingseinheit so gestalten sollten, dass Repetitionen vermieden und Lernaufgaben abgewechselt werden. So würden Fehler provoziert, welche die mentale Leistung beanspruchen. Die Überlegungen von Lee und Magill (1983, 1985) gehen in eine ähnliche Richtung. Durch das Löschen von alten und Formen von neuen Bewegungsmustern während eines random Trainings wird die Gedächtnisleistung erhöht im Vergleich zum blocked Training, bei dem immer wieder die gleichen Bewegungsmuster trainiert werden. Ein random Training fördere somit Problemlösestrategien. Bereits Shea und Morgan (1979) kritisierten, dass Sportlehrpersonen ihren Schülern während einer Lektion oft nur eine einzige Bewegungsfertigkeit lehren und ihnen genügend Übungszeit lassen, bis sie die Bewegung beherrschen, bevor eine neue, ähnliche Bewegung gelernt werde, um ein Durcheinander zu vermeiden. Stattdessen sollten Lehrpersonen, nach ihren gewonnenen Erkenntnissen, während jeder Lektion mehrere Bewegungsfertigkeiten lehren und diese über mehrere Lektionen, damit möglichst grosse Retentions- und Transfereffekte bewirkt werden. Mit dem Risiko, dass in der Anfangsphase möglicherweise nur kleine Fortschritte erzielt werden.

Es gibt auch gegenteilige Studienergebnisse, die dem typischen kontextuellen Interferenzeffekt widersprechen. Mehrere Studien (Barreiros, Figueiredo & Godinho, 2007; Brady, 1998; Magill & Hall, 1990; Porter & Magill, 2010) haben entgegen den Erwartungen gezeigt, dass ein random Training nicht bessere Leistung hervorbringt als ein blocked Training. Nachfolgend werden mögliche Gründe für die widersprüchlichen Ergebnisse genannt. Zugleich weisen die aufgeführten Autoren indirekt darauf hin, auf welche Aspekte bei einer Ablaufplanung geachtet werden sollte. Beispielsweise in der Studie von Brady (1997), wurde als Bewe-



gungsvariation die Geschwindigkeit und die Distanz beim Schlagen eines Golfballs gewählt und es bewirkte keinen kontextuellen Interferenzeffekt. Magill und Hall (1990) gehen davon aus, dass der kontextuelle Interferenzeffekt nicht eintritt, wenn die neue Lernaufgabe nur Änderungen der Gesamtdauer, des Krafteinsatzes oder der Muskelauswahl einer Bewegung erfordert. Das Ergebnis dieser Studie liess Magill und Hall (1990) zudem darauf schliessen, dass ein ausschliessliches blocked, beziehungsweise random Training keine kontextuelle Interferenz bewirkt, sondern eine Mischung des kontextuellen Interferenzniveaus erforderlich ist. Brady (1998) schlussfolgerte, dass die unterschiedlichen Ergebnisse bezüglich der kontextuellen Interferenz damit zu tun haben, dass der Effekt oft bei Laborbedingungen, jedoch nicht bei Feldtests auftritt. Bei Feldtests sei für das Auftreten des positiven kontextuellen Interferenzeffekts entscheidend, dass eine serielle Aufgabe mit einem hohen Schwierigkeitsgrad absolviert werden muss (Barreiros et al., 2007). Eine weitere Erklärung für gegensätzliche Ergebnisse könnten die Argumente von Guadagnoli, Holcomb und Weber (1999) sowie von Landin und Hebert (1997) liefern. Gemäss den beiden Studienergebnissen ist das sportliche Niveau der Versuchspersonen ausschlaggebend. Fortgeschrittene würden mehr von einer random Trainingsform profitieren und Anfänger würden in einem blocked Training mehr Fortschritte erzielen. Giboin, Gruber & Kramer (2015), zählen weitere Gründe auf, welche die Ursache für gegenteilige Studienergebnisse sein könnten: die Interventionsdauer sowie die Verallgemeinerung einer spezifischen Aufgaben auf andere ähnliche motorischen Fähigkeiten. Lee et al. (1992) zählen zudem allgemeine Faktoren auf, welche die Phänomene des motorischen Lernens während einer Forschungsintervention beeinflussen können: Die Testpersonen sowie die Anforderungen der Lernaufgabe, die Gestaltung der Übungsphase, die Art von Feedback sowie die Testkriterien, welche die Leistungsfähigkeit beurteilen, werden genannt. Bereits früher (Jenkins, 1979, zitiert nach Lee et al., 1992; Shea & Zimny, 1983) wurde darauf hingewiesen, dass Faktoren wie die Probanden- und Aufgabenmerkmale jeweils auf unterschiedliche Weise interagieren, welche die Leistungen der Trainingssession wie auch der Retentions- und Transfertests beeinflussen. Die Tatsache, dass viele verschiedene Faktoren das motorische Lernen beeinflussen, erschwert den Vergleich von Studien untereinander. So wird auch eine allgemeine Aussage über die Vorgehensweise bei der kontextuellen Interferenz erschwert. Die Forscher fordern in ihren Untersuchungen unterschiedliche Bewegungsaufgaben, welche dementsprechend zu unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich der kontextuellen Interferenz führen. Fest steht, dass die Ähnlichkeit der Aufgabe die kontextuelle Interferenz beeinflusst (Lee et al., 1992). In welche Richtung die Beeinflussung geht, ob ähnliche oder nicht ähnliche Aufgaben mehr interferieren, ist nicht eindeutig. Einige Forscher (Battig,

1979; Lundbye-Jensen, Petersen, Rothwell & Nielsen, 2011) kamen zum Schluss, dass ähnliche Aufgaben kontextuell mehr interferieren als nicht ähnliche und andere (Lee & Magill, 1985) zeigten das Gegenteil.

Um die Frage der Ähnlichkeit von Aufgaben zu beantworten, müsste man den Begriff Ähnlichkeit präzisieren. Eine Möglichkeit dazu liefern die Studien, welche die Unterschiede zwischen den gleichen und den unterschiedlichen generalisierten motorischen Programmen (GMP) nach Schmidts (1975) Schematheorie untersucht haben. Mehrere Studien (Brady, 1998; Magill & Hall, 1990; Magnuson & Wright, 2004) haben gezeigt, dass Trainings mit Bewegungsaufgaben mit unterschiedlichen GMP im Vergleich zu solchen mit gleichen GMP einen limitierenden Faktor für den kontextuellen Interferenzeffekte sind. Porter und Magill (2010) konnten hingegen zeigen, dass bei gleichen (z.B. einen Golfball aus verschiedenen Distanzen putten) wie auch bei unterschiedlichen (z.B. einen Basketball mit verschiedenen Armbewegungen passen) GMP die Gruppe mit der zunehmenden kontextuellen Interferenz im Vergleich zur random und blocked Gruppe die besten Resultate erzielte. Das bedeutet, dass die Vorteile der zunehmenden kontextuellen Interferenz während eines Trainings nicht auf die gleichen GMP beschränkt sind, sondern auch bei unterschiedlichen GMP auftreten (Porter & Magill, 2010). Aufgrund dieses Ergebnisses, wie auch der Tatsache, dass in der heutigen Bewegungswissenschaft die Schematheorie nach Schmidt umstritten ist, wird nicht ausführlicher auf GMP eingegangen. Porter und Magill (2010) haben bewusst eine zusätzliche Trainingsform zu den Trainingsformen blocked und random, welche in den bereits bestehenden Studien vorkommen, gewählt, um Erkenntnisse bezüglich der kontextuellen Interferenz zu gewinnen, welche die bisherigen erweitern würden. Es handelt sich um die Trainingsform, bei der mit einer zunehmenden kontextuellen Interferenz trainiert wird. Bei einem hybrid Training, wie es Lee und Simon (2004) nennen, wird ein Training in drei Stufen geteilt (Porter & Magill, 2010). Begonnen wird mit einem blocked Ablauf, dann steigt die kontextuelle Interferenz auf eine mittlere Stufe an und im letzten Teil wird ein random Ablauf absolviert. Diese neue Strategie soll die Vorteile eines blocked mit denen eines random Trainings kombinieren. Beim blocked profitiert man im Vergleich zu random Training von einem erhöhten Trainingseffekt während einer Trainingssession und die Motivation bleibt erhalten durch die spürbaren Fortschritte, da man an einer Aufgabe dranbleiben kann. Hingegen sind die Vorteile von random Trainings, dass die kognitive Verarbeitung durch die immer wechselnden Aufgaben erhöht wird und dadurch in Retentionstests, das heisst längerfristig, bessere Leistungen abgerufen werden können und somit der Lerneffekt in der Übungsphase grösser war im Ver-

gleich zum blocked. Porter und Magill (2010) liefern mögliche Erklärungen, warum hybrid Training das Bewegungsklernen fördert. Eine Erklärung bezieht sich auf die sportliche Fähigkeit der Versuchspersonen bzw. ihre Fähigkeit, Informationen zu verarbeiten. Dies beeinflusst, wie gut etwas gelernt wird. Für einen Einsteiger kann eine zu schwierige random Aufgabe erniedrigend sein, was zu fehlenden Verarbeitungsprozessen führt und somit zu schlechten Retentionstests (Guadagnoli et al., 1999). Eine weitere Vermutung ist, dass beim Erlernen eines neuen Bewegungsmusters Wiederholungen und die Versuch und Irrtum Methode benötigt wird, um das Handlungsziel zu erreichen (Gentile, 1972). Ein Training mit einem blocked Ablauf zu Beginn würde die Erreichung dieses Ziels erleichtern. Ausgehend von diesem Ansatz schlägt Magill (2011) vor, dass beim Erlernen von motorischen Bewegungsfertigkeiten mit einer geringen kontextuellen Interferenz begonnen wird und diese im Verlaufe des Trainings erhöht wird. Eine dritte Erklärung bezieht sich auf die Gestaltung der zunehmenden Schwierigkeit. Wie Porter und Magill (2010) annehmen, sollten die Anforderungen einer Aufgabe während eines Trainings immer schwieriger werden, damit Lernende gefordert und somit Fortschritte erzielt werden können. Kontinuierliche, angemessene Herausforderungen schaffen eine optimale Lernumgebung. Eine Möglichkeit, die Schwierigkeit der Aufgabe schrittweise zu erhöhen, sei die zunehmende kontextuelle Interferenz (Porter & Magill, 2010). Der Zusammenhang zwischen der zunehmenden Schwierigkeit einer Aufgabe und der erhöhten Fähigkeit, das Gelernte effizient zu verarbeiten, könnte die Erklärung sein, warum in der Studie von Porter und Magill (2010) bei beiden Experimenten die Versuchspersonen, welche mit der zunehmenden kontextuellen Interferenz trainieren mussten, am meisten Fortschritte erzielt haben.

In weiteren Sportarten stellten sich bereits diverse Forscher die Frage, welche Trainingsform, blocked oder random, zu einer höheren sportlichen Leistung führt. Zum Beispiel Goode und Magill haben 1986 eine Random-Gruppe mit einer Blocked-Gruppe im Badmintonanspiel verglichen. Zwar zeigte die Blocked-Gruppe in der Erwerbsphase eine hohe Leistungsfähigkeit, jedoch konnte gezeigt werden, dass die Random-Gruppe in Retentions- sowie Transfertests bessere Leistung zeigten als die Blocked-Gruppe. Eine weitere Studie wurde im Volleyball als Feldtest durchgeführt (Bortoli et al., 1992). Studenten wurden aufgeteilt in vier Gruppen: random, blocked, «serial» und «serial mit hoher Interferenz». Sie absolvierten während sechs Wochen ein wöchentliches Training, einen Eingangs-, einen Retentions- und Transfertest. Dabei mussten sie jeweils von einer bestimmten Feldposition aus, entweder mit Manchette, Pass oder dem Aufschlagspiel von unten, den Ball auf die andere Netzseite auf ein

Ziel am Boden treffen. Die Blocked-Gruppe lernte in jedem Training nur eine Technik und zwar jeweils im ersten und vierten, zweiten und fünften, dritten und sechsten Training die gleiche. Die Random-Gruppe absolvierte in jedem Training alle drei Techniken, in einer vorbestimmten, aber zufälligen Reihenfolge. Es wurde jeweils sechsmal die gleiche Technik geübt, bevor die Gruppe zu einer anderen überging. Ebenso für die Serial-Gruppe und die Serial-Gruppe *mit hoher Interferenz*, ausser, dass ihre vorbestimmte Reihenfolge immer dieselbe war und die Gruppe mit hoher Interferenz die gleiche Technik jeweils nur zwei- statt sechsmal wiederholte. Insgesamt absolvierten alle jede Technik 72 Mal. Die Resultate zeigten, dass die Random- und Serial-Gruppe im langfristigen Transfertest, welcher der schwierigste Test war, eine signifikant bessere Leistung als die beiden anderen Gruppen erbrachten. Dies bestätigt die Aussage von Shea und Morgan (1979), wie bereits zu Beginn erwähnt, dass ein random Training während der Übungsphase im Vergleich zum blocked Training hohe Anforderungen an die Verarbeitungsprozesse stellt und dadurch positive Effekte auf die Retentions- sowie auf die Transferleistung zeigt. Die Ansicht von Porter und Magill (2010), ein random Training löse, unter der Bedingung, dass die Schwierigkeit durch die zunehmende kontextuelle Interferenz steigt, kontextuelle Interferenzeffekte aus, wird ebenfalls belegt.

## **1.2 Gleichgewicht**

Diemer und Sutor (2007) definieren Gleichgewicht als eine Fähigkeit, die dafür verantwortlich ist, einen Körper «gegen die Schwerkraft über seiner Unterstützungsfläche im Gleichgewicht zu halten oder diesen Zustand wiederherzustellen» (S. 89). Sie spielen nicht nur in der Sportmotorik, Sturzprävention oder Rehabilitation eine wichtige Rolle, sondern sei auch in alltäglichen Bewegungen von grosser Bedeutung. Diese Fähigkeit, den menschlichen statischen oder dynamischen Körper, unter Einfluss der Schwerkraft, in einer aufrechten Körperposition beizubehalten, wird posturale Kontrolle genannt (Strobel, 2009). Ein gesunder Körper ist dazu befähigt, sich automatisch in einer aufrechten Position auszubalancieren. Diese Kontrolle geschieht durch die Verarbeitung von verschiedenen Wahrnehmungen des multisensorischen Regelkreises, in welchem das vestibuläre System eine wichtige Rolle trägt. Weiter sind das optische und propriozeptive System des menschlichen Körpers entscheidend. Je nach äusseren (Schwerkraft) und inneren (Körperbewegungen an sich) Kräften werden die benötigten Muskeln situationsangepasst aktiviert, um den Körper im Gleichgewicht zu halten. Das bedeutet, auch bei einem statischen Halten des Gleichgewichts, handelt es sich meistens um ein dynamisches Gleichgewicht, da die Kräfte kompensatorisch gegeneinander wirken (Strobel, 2009). Giboin et al. (2015) finden es sinnvoll, eine Gleichgewichtsaufgabe als eine

motorische Fähigkeit zu betrachten, bei der viele verschiedene Systeme und Subsysteme des Nervensystems involviert und somit Teil der posturalen Kontrolle sind. Jedoch fügen sie hinzu, dass eine geringe Übertragung eines Lerneffektes von einer motorischen Aufgabe auf eine andere zu erwarten sei.

Gleichgewichtsübungen werden immer öfters in ein Training eingebaut. Sei es um die Leistung von jungen Athleten zu verbessern, präventiv um Verletzungen vorzubeugen, um bei älteren Personen die Sturzgefahr zu verringern oder in der Rehabilitation (siehe Kümmel, Kramer, Giboin & Gruber, 2016, für ein systematisches Review). Um die Wirksamkeit von Gleichgewichtstrainings auswerten und optimieren zu können, ist es wichtig, den aktuellen Wissensstand über die Effekte von Gleichgewichtstraining zu erhöhen (Giboin et al., 2015). In der Literatur wird Gleichgewicht nicht selten als eine allgemeine Fähigkeit beschrieben (siehe Lubetzky-Vilnai & Kartin, 2010 für ein systematisches Review). Demzufolge werden üblicherweise allgemeine Tests (bspw. Einbeinstand) eingesetzt, um Aussagen über das Gleichgewicht zu machen. Die Frage, die sich mehrere Forscher (Giboin et al., 2015; Kümmel et al., 2016, Donath et al., 2013; Donath, Roth, Zahner & Faude, 2015) stellten, ist, ob durch die absolvierten Gleichgewichtsübungen nur die Leistung der spezifisch trainierten Übungen verbessert wird, oder ob diese allgemein zu einer verbesserten Gleichgewichtsleistung beitragen. Ihre Resultate zeigten, dass Gleichgewichtstraining die Leistung der spezifisch trainierten Gleichgewichtsübungen verbessert, jedoch keinen oder nur geringen Einfluss auf andere Gleichgewichtsübungen hat. Solche Erkenntnisse sind entscheidend für künftige Gleichgewichtstrainingsempfehlungen wie auch für die weitere Forschung. Es scheint sinnlos zu sein, allgemeine Gleichgewichtstest durchzuführen, um Aussagen über die Wirkung und den Lernfortschritt von spezifischen Gleichgewichtsfähigkeiten zu machen (Giboin et al., 2015). Die Leistung von Gleichgewichtsübungen scheint genauso aufgabenabhängig zu sein, wie die von anderen motorischen Bewegungen auch und daher nur spezifisch trainierbar. Folglich sollten Therapeuten und Trainer genau bestimmen, welche Gleichgewichtsübungen verbessert werden sollten und diese entsprechend im Training wie auch als Teil der Testbatterie vor und nach der Intervention einsetzen, um die Wirksamkeit des Trainingsprogramms zu erfassen (Kümmel et al., 2016). Beispielsweise könnte ein Ziel von Gleichgewichtstraining die Sturzprävention bei älteren Personen sein. Hier sollten typische Sturzrisikosituationen für diese Population ausfindig gemacht werden und diese dann spezifisch in einem Training eingebaut werden. Falls diese Situationen nicht eindeutig zu definieren sind, sollte als Alternative das Programm möglichst breit gefächert gestaltet werden. Das bedeutet, es sollten verschiedene Gleichgewichtsaufgaben mit vielen Variationen eingebaut werden, welche die be-

troffene Population auf Situationen mit einem höheren Sturzrisiko vorbereiten (Giboin et al., 2015). Somit werden die spezifischen Aufgaben, die verbessert werden wollen, identifiziert und können dann in einem speziell zugeschnittenen Trainingsprogramm umgesetzt werden. Hingegen konnte auch das Gegenteil, dass sich die Gleichgewichtsfähigkeit auch in nicht spezifisch trainierten Übungen gesteigert hat, gezeigt werden (Hirase, Inokuchi, Matsusaka & Okita, 2015; Sayenko et al., 2012). Allerdings sollten immer auch das Studiendesign sowie die Gleichgewichtsaufgaben zwischen, wie auch innerhalb der Studien verglichen werden, um die Resultate deuten zu können (Giboin et al., 2015). Beispielsweise bei Donath et al. (2013) führten zehnjährige Schulkinder während sechs Wochen täglich ein zehnminütiges Slacklinetraining durch. Die Kinder waren gesund und hatten keine Erfahrung mit der Slackline oder anderen Gleichgewichtstrainings. Vor und nach der Intervention wurde das statische und dynamische Gleichgewicht im Stehen, Sprungkraft, Rückwärtsgehen auf einem Balken und einwie auch beidbeiniger Stand auf der Slackline getestet. Ähnlich führten auch ältere Versuchspersonen während sechs Wochen ein Slacklinetraining durch (Donath et al., 2015) und wurden vor und nach der Intervention im statischen Gleichgewicht im Stand, Stand auf der Slackline sowie in der Kraft im Fussgelenk getestet. In beiden Studien von Donath et al. (2013; 2015) verbesserten sich die Versuchspersonen zwar in der Slacklineleistung, jedoch gab es keine Transfereffekte auf die nicht trainierten Gleichgewichtsaufgaben. Giboin et al. (2015) führten eine Studie mit vier verschiedenen Gleichgewichtsaufgaben durch. Zwei Aufgaben waren auf einem Gleichgewichtsbrett mit einer Störung in der medio-lateralen Richtung bzw. anterior-posterior Richtung und zwei Aufgaben mit denselben Störungsrichtungen auf einem Posturomed, einer Plattform die mittels in den Ecken angebrachten Federn je nach Einstellung in die eine oder andere Richtung unruhig wird. Nur auf den Geräten, die in der medio-lateralen Richtung stören, wurde während der Übungsphase trainiert. Vor, sowie nach der Intervention wurde die Leistung auf allen vier Geräten, also in der trainierten wie auch in der nicht trainierten Gleichgewichtsaufgabe erfasst. Alle Versuchspersonen, gesunde, sportliche Studenten, unerfahren in den getesteten Gleichgewichtsaufgaben, absolvierten sechs Trainingssessionen während zwei Wochen. Bei allen Übungen ging es darum, einbeinig auf das Brett, beziehungsweise die Plattform zu stehen und in einer horizontalen Position zu bleiben. Durch die Gleichgewichtsaufgaben wurde die Leistung in den spezifisch trainierten Aufgaben verbessert und es gab keine oder kaum Transfereffekte auf nicht trainierte Aufgaben. Im Vergleich dazu, mussten bei Hirase et al. (2015) ältere Leute entweder auf einer instabilen (Schaumstoffmatte) oder einer stabilen Unterlage während vier Monaten einmal pro Woche 60 Minuten trainieren. Vor, während und nach der Intervention wurden der Einbeinstand,

*chair standing test*, *timed up-and-go test* und *tandem-stance test* durchgeführt. Die Resultate zeigten, dass beide Methoden zu einer verbesserten Gleichgewichtsleistung auch in den nicht spezifisch trainierten Aufgaben führten. Zudem wurde die Kraft der unteren Extremitäten erhöht, wie auch die Angst zu stürzen vermindert. Das Training auf der instabilen Unterlage führte im Vergleich zur stabilen Unterlage sogar zwei Monate früher zu den selben Effekten. Sayenko et al. (2012) führten eine posturale Perturbation durch, bei der die Versuchspersonen auf einer ruhigen Plattform standen und dadurch, dass sie Haltungsanweisungen folgen mussten, aus dem Gleichgewicht gebracht wurden. Gemessen wurden Muskel- und Gehirnaktivitäten. Sie zeigten, dass durch ein postural-Perturbation-Training auch die Reaktion auf unerwartete Gleichgewichtsstörungen in Alltagssituationen verbessert wird. Die genannten Studien zeigen, dass die Anforderungen der Lernaufgabe, sowie die Voraussetzungen der Lerner, sehr unterschiedlich sind. Bereits Magill und Hall (1990) wiesen darauf hin, dass die Anforderungen der Lernaufgabe sowie die Voraussetzung der Lerner beim Vergleichen von Forschungsergebnissen berücksichtigt werden sollten.

Oft werden Gleichgewichtsübungen innerhalb eines Circuittrainings absolviert. Das bedeutet, verschiedene Gleichgewichtsübungen werden nacheinander absolviert, in der Absicht, das Gleichgewicht zu schulen und zu verbessern. Die Frage, welche sich hier aufdrängt ist, ob es sinnvoll ist, abwechselungsweise verschiedene Übungen zu absolvieren oder ob grössere Fortschritte erzielt werden, wenn Gleichgewichtsübungen im Block trainiert werden. Eines der entscheidenden Kriterien hierfür ist, ob und welche Gleichgewichtsübungen interferieren. Dabei spielt die Ähnlichkeit, das heisst, der betroffene Muskel und die Bewegungsrichtung (Lundbye-Jensen et al., 2011), wie auch der zeitliche Abstand (Brashers-Krug, Shadmehr & Bizzi, 1996) der Übungen eine Rolle. Die Forscher sind sich diesbezüglich nicht einig. Gemäss Battig (1979) sind die Unterschiede zwischen der Blocked- und der Random-Gruppe grösser bei den Aufgaben, die sich ähnlich sind. Daraus schliesst er, dass ähnliche Aufgaben unter random Bedingungen mehr interferieren als Aufgaben mit geringer Ähnlichkeit. Auch die Resultate von Lundbye-Jensen et al. (2011) zeigten, dass Interferenz bewegungsspezifisch auftritt. Im Gegenzug zeigten die Resultate von Lee und Magill (1985) hohe Interferenz bei nicht ähnlichen Übungen. Lee et al. (1992) vermuten, dass die unterschiedlichen Schwierigkeiten der Aufgaben für die unterschiedlichen Studienergebnisse eine Rolle spielen könnten.

### **1.3 Kontextuelle Interferenz bei Gleichgewichtsübungen**

Das Interesse dieser Arbeit liegt darin, die kontextuelle Interferenz in Bezug auf Gleichgewichtsübungen zu untersuchen. Die Frage stellt sich, wie spezifisch eine Gleichgewichts-

übung sein muss, damit keine Interferenz ausgelöst wird und wie ein Trainingsablauf gestaltet werden muss, um von einem positiven kontextuellen Interferenzeffekt profitieren zu können. Wie bereits im Kapitel 1.2 erwähnt, haben sich Giboin et al. (2015) mit der Frage des spezifischen Gleichgewichts auseinandergesetzt. Ob eine spezifisch trainierte Gleichgewichtsübung auch positive Effekte auf nicht trainierte Übungen, sowie auf die Verbesserung des allgemeinen Gleichgewichts hat. Diese Frage beeinflusst ebenfalls die Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit. Giboin et al. (2015) konnten zeigen, dass Versuchspersonen nach einem Training auf einem spezifischen Gleichgewichtsgerät bessere Leistungen erzielten als die Gruppen, welche andere spezifische Gleichgewichtsaufgaben trainierten und ebenfalls besser als die Kontrollgruppe. Jedoch wurden sie auf den nicht trainierten Gleichgewichtsgeräten nicht besser als die Kontrollgruppe, welche kein Training absolviert hat. Mit der vorliegenden Studie soll ein weiterer kleiner Beitrag zur Beantwortung der offen stehenden Forschungsfragen geleistet werden.

Konkret soll mit dieser Arbeit aufgezeigt werden, ob es einen Unterschied gibt bezüglich der Gleichgewichtsleistung, respektive dem Trainingseffekt zwischen einem blocked und einem random Training unter Berücksichtigung der kontextuellen Interferenz. Es handelt sich dabei in dieser Studie um ein kurzfristiges Training, das nur aus einer Trainingssession besteht. Ebenfalls sollte präzisiert werden, dass die zweite Messung eine kurzfristige Retention war und nur einen Tag später stattgefunden hat.

#### **1.4 Ziel der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit ist es herauszufinden, ob in einer einzelnen Session ein random im Vergleich zu einem blocked Training zu einem grösseren Trainingseffekt führt. Hierfür wurden folgende konkrete Fragestellungen formuliert:

- a) Gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen einem blocked und einem random Training im kurzfristigen Lerneffekt bei einer Gleichgewichtsaufgabe?
- b) Gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen den Trainingsformen in der 24 h-Retention?
- c) Wenn ja, welche Trainingsform, blocked oder random, führt zu einem grösseren kurzfristigen Lerneffekt (innerhalb der Trainingssession) respektive zu einer besseren Retention?

Es wird vermutet, dass ein blocked Gleichgewichtstraining den kurzfristigen Trainingseffekt erhöht, nicht aber die längerfristige Leistung, in diesem Fall die Leistung, die einen Tag spä-



ter gezeigt wird. Zudem wird erwartet, dass ein random Gleichgewichtstraining kurzfristig einen kleineren Trainingseffekt aufweist als ein blocked Training. Jedoch in der Erwartung, dass die Gleichgewichtsleistung nach einem random Training im Gegensatz zum blocked Training längerfristig (einen Tag später) erhöht bleibt (siehe Abbildung 1).

## 2 Methode

### 2.1 Untersuchungsgruppe

30 gesunde, junge, männliche und weibliche Erwachsene zwischen 16 und 40 Jahre alt wurden für die Studie rekrutiert. Die Versuchspersonen wurden randomisiert in die beiden Gruppen eingeteilt, unter Vorbehalt, schlussendlich in beiden Gruppen die gleich grosse Stichprobe zu haben. Das Ziel der Studie wurde den Versuchspersonen nicht bekannt gegeben.

Tabelle 1

*Charakteristiken der Versuchspersonen, gemittelt auf die Gruppe*

Trainingsform	Geschlecht	Alter	Körpergrösse	Körpergewicht
	(w/m)	Jahre	cm	kg
	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung			
Blocked ( $n = 15$ )	3/12	26.1 $\pm$ 2.3	176.3 $\pm$ 8.8	74.3 $\pm$ 12.8
Random ( $n = 15$ )	7/8	24.6 $\pm$ 4.1	175.1 $\pm$ 8.2	69.5 $\pm$ 12.3

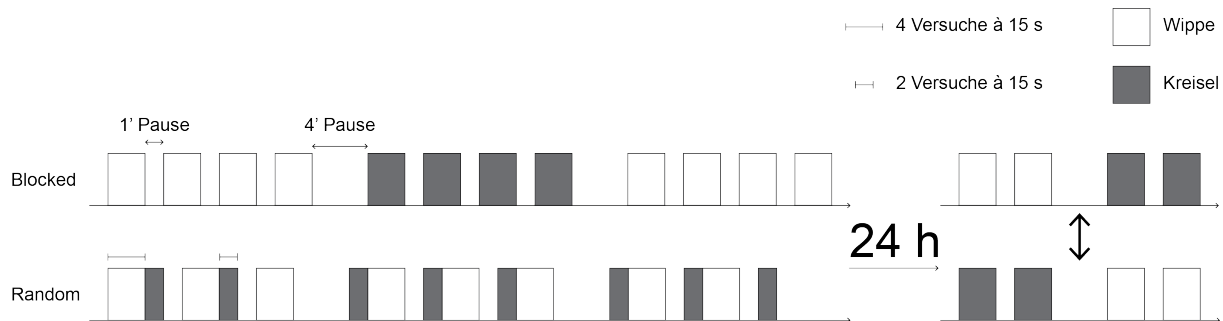
*Anmerkung.* w = weibliche Versuchspersonen; m = männliche Versuchspersonen.

### 2.2 Untersuchungsdesign

Eine Gruppe absolvierte ein blocked Training, die andere ein random Training (Abbildung 2). Jede Versuchsperson kam einzeln zur Datenerhebung. In der blocked Trainingsform gab es drei Blöcke mit je vier Serien. Pro Serie absolvierten die Versuchspersonen vier Versuche à 15 s. Nach jedem Versuch hatten sie 45 s und zwischen den Serien eine Minute Pause. Nach einem Block gab es jeweils vier Minuten Pause. Im ersten und dritten Block trainierten die Versuchspersonen der blocked Gruppe auf einer Wippe und im mittleren Block auf einem Kreisel. Die Versuchspersonen der random Trainingsform absolvierten die gleiche Anzahl Versuche auf den beiden Geräten, jedoch unterschieden sich die beiden Trainingsformen in der Ablaufgestaltung. In der Random-Gruppe wurde regelmässiger zwischen den beiden Geräten hin und her gewechselt. Die genaue Struktur des Trainings ist in Abbildung 2 dargestellt. Vor jedem Versuch gab die Testperson ca. zehn Sekunden vor Beginn die Anweisung «bereit machen» und sobald die Versuchsperson ruhig stand, «los».

24 Stunden nach der ersten Messung wurden die Versuchspersonen ein zweites Mal gemessen (Abbildung 2, rechte Seite). Beim zweiten Mal absolvierten alle die gleiche Messung, ausser dass die einen zuerst mit dem Kreisel und die anderen zuerst mit der Wippe begannen. Von

jeder Gruppe begann die Hälfte der Versuchspersonen mit dem Kreisel und die andere Hälfte mit der Wippe. Je zwei Serien à vier Versuche wurden auf jedem der beiden Geräte absolviert. Der Versuch dauerte wieder 15 s, zwischen den Versuchen gab es 45 s, zwischen den Serien eine Minute und zwischen den Geräten vier Minuten Pause.



**Abbildung 2.** Entweder absolvierten die Versuchspersonen die Trainingsform Blocked oder Random. 24 Stunden später wurde im Retentionstest entweder die eine oder die andere Reihenfolge absolviert. Wippe = eine aus Holz angefertigte Wippe mit einer Achse unter den Füßen, welche Kippbewegungen nach vorne und hinten zuließ. Kreisel = Gleichgewichtsgerät aus Holz, welches Bewegungen in alle Richtungen zuließ. Nach jedem Versuch gab es 45 s, nach einer Serie zusätzlich eine Minute und nach vier Serien zusätzlich vier Minuten Pause.

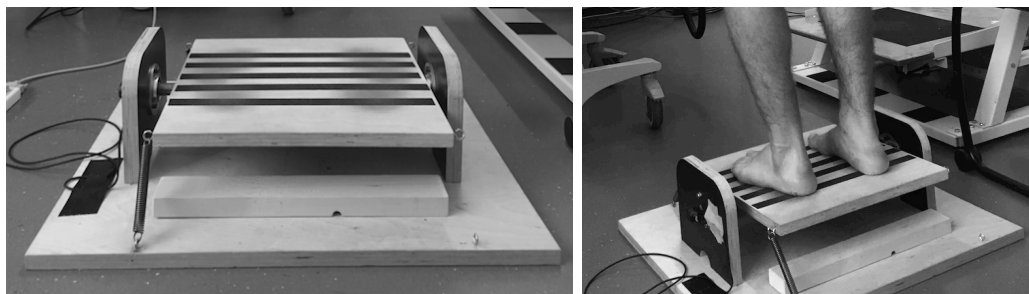
## 2.3 Untersuchungsverfahren und –instrumente

Die Versuchspersonen trainierten auf zwei verschiedenen Gleichgewichtsgeräten, Wippe und Kreisel (je ca. 40 cm breit, siehe Abbildungen 3 und 4), und absolvierten eine der beiden Trainingsformen. Es handelte sich um ähnliche Gleichgewichtsgeräte, die sich in ihren Freiheitsgraden unterschieden. Die Wippe liess Bewegungen um eine (Querachse) und der Kreisel um drei Achsen (Pfeil-, Längs- und Querachse) zu. Die beiden Geräte werden in den folgenden Kapiteln genauer beschrieben. Die Wahl dieser Geräte lässt sich damit begründen, dass diese ohne grossen Aufwand in einem Training eingesetzt werden können und auch bereits als Trainingsgerät in Trainingsgruppen eingesetzt wurden. Somit handelt es sich bei dieser Studie um eine realistische Trainingssession.

Den Versuchspersonen war auf beiden Geräten freigestellt, wie sie ihre Füße hinstellten, ob zusammen oder eher breit. Die Beine durften durchgestreckt oder gebeugt werden und die Arme durften zum Ausgleichen gebraucht werden. Einzige Bedingung war, während dem Versuch das Kreuz zu fixieren, das vor jedem Gerät auf Augenhöhe an der Wand klebte. Die Versuchspersonen wurden instruiert, möglichst ruhig auf dem Gleichgewichtsgerät zu stehen und möglichst nicht abzustehen. Wurde abgestanden, das heisst die Versuchsperson verliess das Gerät, galt der Versuch als ungültig. Neben beiden Geräten stand ein Stuhl zur Verfü-

gung, der das Aufsteigen und das Ruhigstehen vereinfachen sollte, bevor der Versuch gestartet wurde. Vor jeder Messung wurden die Geräte von der Testperson kalibriert. Somit wurden Messfehler möglichst klein gehalten. Die Versuchspersonen absolvierten den Test barfuss, um allfällige Verzerrungen durch unterschiedliches Schuhwerk, welches zu unterschiedlicher Stabilität führen kann, zu beseitigen.

**2.3.1 Wippe.** Das erste Gerät war eine aus Holz angefertigte Wippe (selbst hergestellt) mit einer Achse unter den Füßen, welche Kippbewegungen nach vorne und hinten zuließ (Abbildung 3). An der Achse war ein Goniometer angebracht, welcher die Winkelposition des Brettes mass. Die Softwareprogramme Imago (Imago Record, Pfitec, Endingen, Germany) und Matlab (Matlab R2015a, The MathWorks, Inc., Natick, MA, USA) dienten dazu, die Werte der durchschnittlichen Abweichung des Brettes von der Horizontalen nach vorne und hinten sowie die Anschlagsdauer aufzuzeichnen, beziehungsweise zu veranschaulichen.

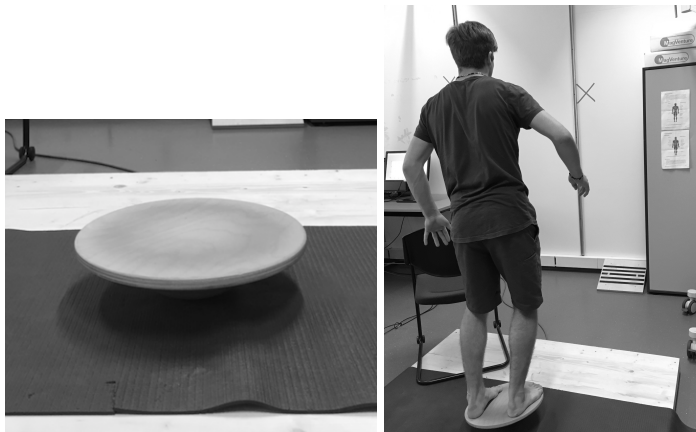


*Abbildung 3.* Wippe: Eines der beiden Trainingsgeräte. Eine aus Holz angefertigte Wippe mit einer Achse unter den Füßen, welche Kippbewegungen nach vorne und hinten zuließ. Ersichtlich ist auf beiden Bildern eine der beiden Federn, mit denen sich das Schwierigkeitsniveau anpassen liess und der Goniometer auf der linken Seite auf Höhe der Achse, der die Winkelposition des Brettes mass.

Der maximale Winkel auf beiden Seiten betrug 20 Grad. Auf einer Seite des Geräts wurden vorne und hinten Stahlfedern montiert, damit die Aufgabe nicht zu schwierig wurde und jede Versuchsperson ein ihr angepasstes Schwierigkeitsniveau hatte. Diese waren in den Stärken 1.25 bis 3.4 mm Durchmesser vorhanden. Vor Beginn der Messung wurde das Schwierigkeitsniveau bestimmt, indem die verschiedenen Federstärken getestet wurden. Es wurde darauf geachtet, dass die Aufgabe eher zu einfach als zu schwierig war, damit ein Leistungsfortschritt möglich wurde und nicht daran scheiterte, dass die Aufgabe von Beginn weg zu schwierig war. Anhand von Testmessungen wurden die Referenzwerte festgelegt. Der Testversuch zur Bestimmung der Federstärke, ebenfalls 15 s, sollte folgende Werte nicht über-

schreiten: Eine durchschnittliche Abweichung von der horizontalen Position von  $6^\circ$  sowie zwei Sekunden im Anschlag.

**2.3.2 Kreisel.** Das zweite Gerät war ein Gleichgewichtskreisel aus Holz (Abbildung 4). Dieser befand sich auf einer Kraftmessplatte (508\*464 mm; OR6-7, Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA). Um die Kraftmessplatte herum war ein Holzpodest angebracht, um die Höhe vom Kreisel zum Boden zu reduzieren, für den Fall, dass die Versuchsperson vom Kreisel fallen würde. Zwischen der Kraftmessplatte und dem Kreisel lag eine dünne Matte, die das Rutschen des Kreisels auf der Kraftmessplatte verhinderte. Die Kraftmessplatte registrierte die Kräfte und Drehmomente, welche die Versuchsperson über den Kreisel auf die Platte ausübte, in allen drei Ebenen. Die Kräfte und Drehmoment wurden mit Imago aufgezeichnet. Daraus wurden in Matlab die Lageänderungen, d.h. die Verschiebungen des Druckmittelpunktes (centre of pressure, COP) auf der Unterstützungsfläche berechnet. Aus der Lageveränderung des COP über die Zeit wurde die Länge des gesamten Schwankweges berechnet.



*Abbildung 4.* Kreisel: Eines der beiden Trainingsgeräte. Der Holzkreisel befand sich auf einer Kraftmessplatte mit einer dünnen Matte dazwischen, gegen das Rutschen. Rund um die Kraftmessplatte war ein Holzpodest angebracht, um die Fallhöhe vom Kreisel zu reduzieren.

**2.3.3 Feedback.** Die Versuchspersonen erhielten nach jedem Versuch ein direktes Feedback über einen Computerbildschirm. Bei der Wippe wurde die Winkelveränderung nach vorne, beziehungsweise nach hinten, in einer Grafik abgebildet, die durchschnittliche Abweichung von der horizontalen Position, sowie die Anzahl Sekunden im Anschlag angezeigt. Beim Kreisel wurde der Schwankweg in Zentimetern angezeigt und ebenfalls mit einer Grafik abgebildet. Es wurde bei jeder Versuchsperson genau gleich gehandhabt. Das Feedback sollte die Motivation der Versuchspersonen aufrechterhalten und den Lernprozess der Versuchspersonen unterstützen.

## 2.4 Datenanalyse

Alle Daten vom ganzen Gleichgewichtstraining wurden aufgezeichnet. Die Daten wurden mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel (Microsoft Excel für Mac 2011, Microsoft Corporation, Redmond, USA) sowie mithilfe der Statistiksoftware SPSS (IBM SPSS Statistics 24, IBM) aufbereitet und statistisch analysiert. In jeder Serie wurde der Mittelwert der vier resp. zwei Versuche für die Darstellung der Resultate verwendet. Für die statistische Analyse wurden jeweils die Mittelwerte der ersten (Pre) und letzten (Post) vier Versuche des Trainings sowie der ersten vier Versuche des Retentionstests miteinander verglichen, separat für die beiden Geräte. Dafür wurde eine 2x3 mixed-design ANOVA mit den Faktoren GRUPPE (blocked vs. random) und ZEITPUNKT (Pre vs. Post vs. Retention) gerechnet. Signifikante Haupteffekte wurden mit post hoc *t*-Tests analysiert, eine signifikante Interaktion mit separaten einfaktoriellen ANOVAs (Faktor ZEITPUNKT) für die beiden Gruppen. Resultate werden im Text als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung angegeben.

### 3 Resultate

Die Mittelwerte der durchschnittlichen Abweichung von der Horizontalen auf der Wippe sowie der Mittelwert der Länge des gesamten Schwankweges auf dem Kreisel beider Gruppen (Blocked und Random) zu den drei Messzeitpunkten (Pre, Post, Retention) sind in Tabelle 2 dargestellt. Abbildung 5 zeigt den Verlauf der Gleichgewichtsleistung auf der Wippe und Abbildung 6 auf dem Kreisel jeweils für beide Gruppen. Es handelt sich um die Mittelwerte aller Versuchspersonen zu allen gemessenen Zeitpunkten. Grössere Werte stehen für eine grössere Abweichung bzw. einen grösseren Schwankweg, was eine schlechtere Gleichgewichtsleistung bedeutet. Für die Random-Gruppe wurden jeweils zwei aufeinanderfolgende Serien gemittelt, um den Vergleich zur Blocked-Gruppe übersichtlicher darzustellen. Beide Gruppen absolvierten insgesamt gleich viele Versuche, ausser, dass die Random-Gruppe jeweils nur zwei statt wie die Blocked-Gruppe vier aufeinanderfolgende Versuche auf dem Kreisel hatte.

Tabelle 2

*Mittelwerte beider Gruppen auf beiden Geräten zu den drei Messzeitpunkten (Pre, Post, Retention)*

	Pre	Post	Retention
	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		
Wippe <sup>a</sup>	Mittlere Abweichung von der Horizontalen (°)		
Blocked	3.9 $\pm$ 1.4	2.3 $\pm$ 1.0	2.7 $\pm$ 1.8
Random	3.8 $\pm$ 1.3	2.7 $\pm$ 0.9	2.7 $\pm$ 0.7
Kreisel <sup>b</sup>	Mittlerer Schwankweg (cm)		
Blocked	28.4 $\pm$ 6.7	20.6 $\pm$ 4.7	24.6 $\pm$ 5.7
Random	33.5 $\pm$ 10.9	24.8 $\pm$ 7.4	27.3 $\pm$ 7.1

*Anmerkung.* Pre = Erste vier Versuche des Trainings; Post = Letzte vier Versuche des Trainings; Retention = Erste vier Versuche des Retentionstests. n = 15 pro Gruppe. <sup>a</sup> = Pre unterscheidet sich von Post und von Retention (beide  $p < 0.001$ ), nicht aber Post von Retention. <sup>b</sup> = alle Zeitpunkte unterscheiden sich ( $p < 0.001$ ). Es wurden keine Gruppeneffekte festgestellt.

Für beide Geräte wurde ein signifikanter Haupteffekt für Zeitpunkt (Wippe:  $F(2,56) = 32.43$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2_p = 0.54$ ; Kreisel:  $F(2,56) = 42.93$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2_p = 0.61$ ) festgestellt. Paarweise Vergleiche für die Wippe für den Faktor Zeit haben ergeben, dass sowohl zwischen Pre und Post, als auch zwischen Pre und Retention (beide  $p < 0.001$ ) ein signifikanter Unterschied besteht, nicht aber zwischen Post und Retention ( $p = 0.481$ ). Die Werte zeigten, dass sich die

Versuchspersonen während dem Training verbesserten und dann gleich gut blieben. Gleicher signifikanter Effekt konnte für den Kreisel festgestellt werden ( $p < 0.001$ ), ausser, dass im Vergleich zur Wippe ebenfalls zwischen Post und Retention ( $p < 0.001$ ) ein signifikanter Unterschied besteht. Und zwar haben sich die Versuchspersonen, wie in Tabelle 2 ersichtlich, auf dem Kreisel von Post zu Retention verschlechtert. Alle Durchschnittswerte beim Retentionstest sind besser als die bei der Pre-Messung, nicht aber besser als die bei der Post-Messung. Das zeigt, dass beide Trainingsformen, auf beiden Geräten zu einer Verbesserung der Gleichgewichtsleistung führten, wenn auch die Leistung auf dem Kreisel im Retentionstest bereits wieder abgenommen hatte im Vergleich zur Leistung am Ende der Trainingssession (Post).

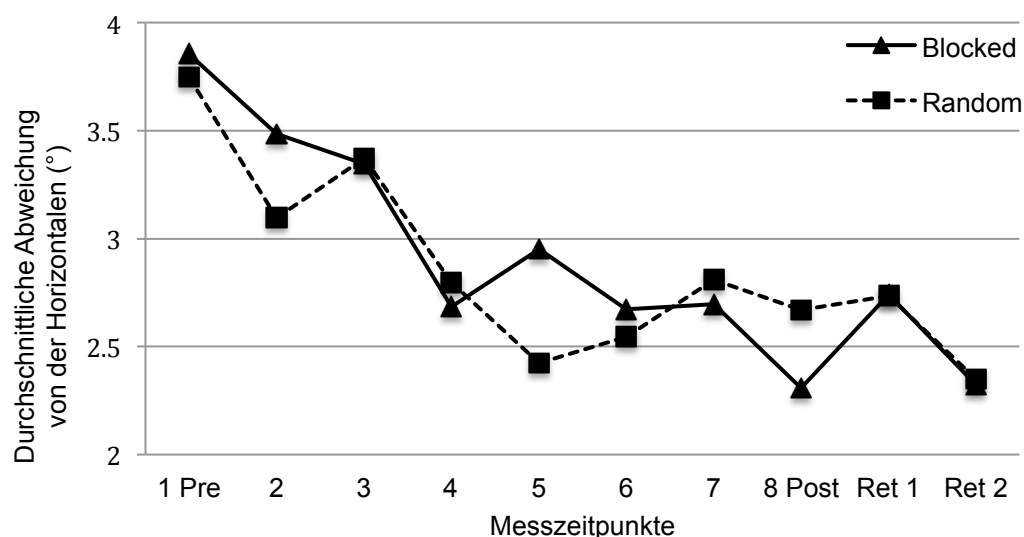
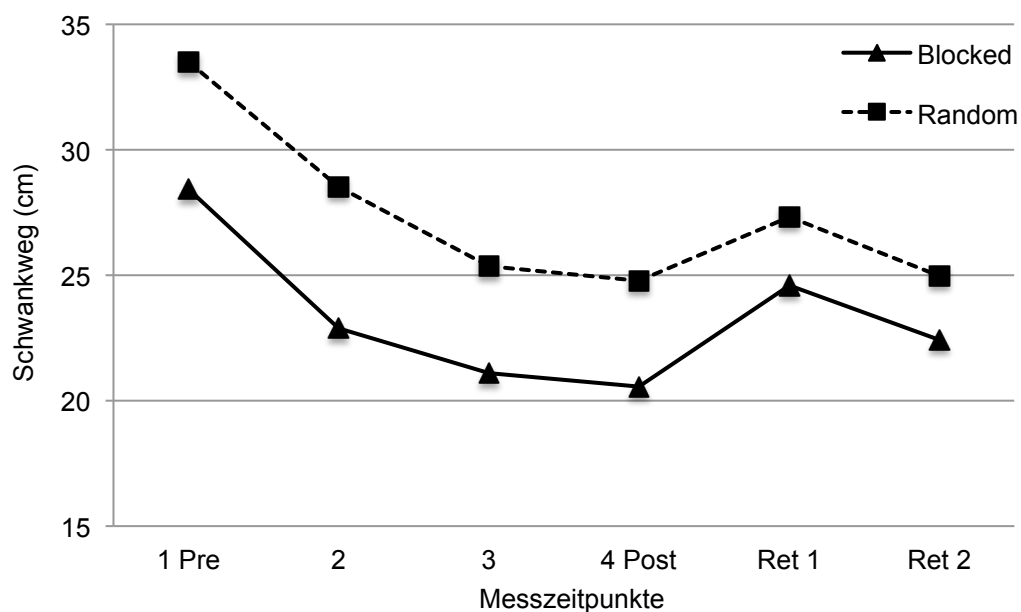


Abbildung 5. Verlauf der Gleichgewichtsleistung: Die Mittelwerte der durchschnittlichen Abweichung von der Horizontalen auf der Wippe für beide Gruppen (Blocked und Random) zu allen gemessenen Zeitpunkten. Ein Messzeitpunkt entspricht dem Mittelwert von vier Versuchen à 15 s. Pre = Erste vier Versuche des Trainings; Post = Letzte vier Versuche des Trainings; Ret = Erste beziehungsweise zweite vier Versuche des Retentionstests.

Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen der Blocked- und der Random-Gruppe (Wippe:  $F(1,28) = 0.04$ ;  $p = 0.838$ ;  $\eta^2_p = 0.00$ ; Kreisel:  $F(1,28) = 2.66$ ;  $p = 0.114$ ;  $\eta^2_p = 0.09$ ), wie auch für die Interaktion Zeit\*Gruppe (Wippe:  $F(2,56) = 1.02$ ;  $p = 0.367$ ;  $\eta^2_p = 0.04$ ; Kreisel:  $F(2,56) = 0.87$ ;  $p = 0.426$ ;  $\eta^2_p = 0.03$ ) wurde kein signifikanter Effekt gefunden. Das zeigt, dass sich die Gruppen, auf beiden Geräten, nicht signifikant unterschiedlich verbessert haben. Die Versuchspersonen der Blocked-Gruppe haben sich auf der Wippe von Pre zu Post durchschnittlich um  $38 \pm 23 \%$  und von Pre zu Retention durchschnittlich um  $32 \pm 24 \%$  ver-



bessert. Die individuellen Werte reichten von 3 bis 61 % beziehungsweise von -7 bis +66 %. Für die Random-Gruppe betrug die Verbesserung von Pre zu Post durchschnittlich  $27 \pm 17$  % und von Pre zu Retention durchschnittlich  $23 \pm 20$  % (-11 bis +67 % beziehungsweise -30 bis +62 %). Auf dem Kreisel haben sich die Versuchspersonen der Blocked-Gruppe von Pre zu Post durchschnittlich um  $27 \pm 12$  % und von Pre zu Retention durchschnittlich um  $12 \pm 18$  % verbessert. Die individuellen Werte reichten von 2 bis 43 % beziehungsweise von -38 bis +32 %. Für die Random-Gruppe betrug die Verbesserung von Pre zu Post durchschnittlich  $25 \pm 12$  % und von Pre zu Retention durchschnittlich  $16 \pm 14$  % (1 bis 41 % beziehungsweise -5 bis 37 %). Die durchschnittliche Verschlechterung auf dem Kreisel von Post zu Retention betrug für die Blocked-Gruppe  $20 \pm 13$  % und für die Random-Gruppe  $12 \pm 15$  %. Die individuellen Werte reichten von 41 bis -10 % beziehungsweise von 39 bis -17 %. Wie in Tabelle 2 beschrieben, veränderte sich die Leistung auf der Wippe nicht signifikant von Post zu Retention. Dennoch werden die prozentualen Werte aufgeführt, da sich die Versuchspersonen auch auf der Wippe von Post zu Retention tendenziell verschlechtert haben. Für die Blocked-Gruppe betrug die durchschnittliche Verschlechterung  $14 \pm 35$  % und für die Random-Gruppe  $9 \pm 30$  % (99 bis -25 % beziehungsweise 86 bis -29 %).

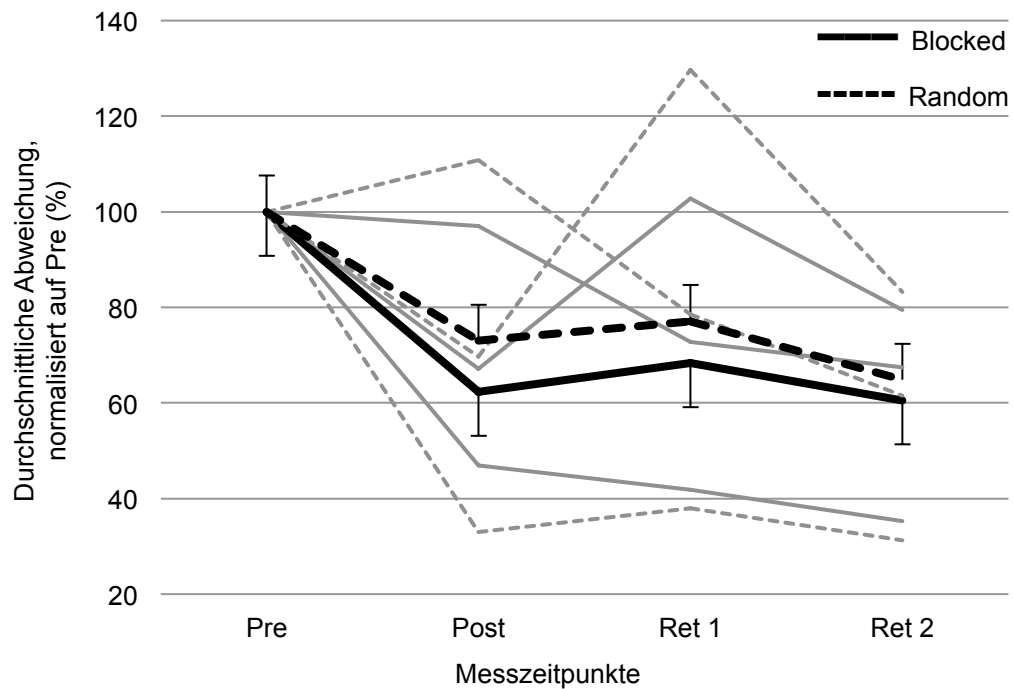


*Abbildung 6.* Verlauf der Gleichgewichtsleistung: Die Mittelwerte des Schwankweges auf dem Kreisel für beide Gruppen (Blocked und Random) zu allen gemessenen Zeitpunkten. Ein Messzeitpunkt entspricht dem Mittelwert von vier Versuchen à 15 s. Pre = Erste vier Versuche des Trainings; Post = Letzte vier Versuche des Trainings; Ret = Erste beziehungsweise zweite vier Versuche des Retentionstests.

Betrachtet man trotz der fehlenden signifikanten Gruppenunterschiede die prozentualen Veränderungen der beiden Gruppen, sieht man, dass sich die Blocked-Gruppe auf der Wippe wie auch auf dem Kreisel von Pre zu Post durchschnittlich mehr verbessert hat und von Post zu Retention mehr verschlechtert hat als die Random-Gruppe.

Die Retention bestand aus zwei Serien. Die bisher aufgeführten Resultate beziehen sich auf die Durchschnittswerte der ersten Serie der Retention. Wird die zweite Serie der Retention betrachtet, so stieg die Gleichgewichtsleistung auf dem Kreisel im Vergleich zur ersten Retentionsserie wieder leicht an und näherte sich dem Niveau von Post (Blocked-Gruppe Post:  $20.6 \pm 4.7$ ; Retention 1:  $24.6 \pm 5.7$ ; Retention 2:  $22.4 \pm 4.6$ ; Random-Gruppe: Post:  $24.8 \pm 7.4$ ; Retention 1:  $27.3 \pm 7.1$ ; Retention 2:  $25.0 \pm 7.4$ ). Da die zweite Serie der Retention nicht in die statistische Analyse miteinbezogen wurde, kann jedoch nur von Tendenzen gesprochen werden.

Abbildung 7 zeigt die Entwicklung der Gleichgewichtsleistung einzelner ausgewählter Versuchspersonen der Blocked- und Random-Gruppe sowie die Mittelwerte beider Gruppen auf der Wippe. An den Fehlerbalken ist die grosse Streuung der Werte innerhalb der Versuchspersonen zu erkennen. Die grosse Streuung der Daten und der eher kleine Unterschied zwischen den Gruppen erschweren es, einen signifikanten Gruppeneffekt zu erhalten. In Abbildung 5 ist ersichtlich, dass die Versuchspersonen der Random-Gruppe auf der Wippe im Durchschnitt ihre beste Leistung nicht im letzten, sondern bereits im fünften Block zeigten, danach schlechter wurden. Würde für jede Versuchsperson die beste Serie genommen und die Mittelwerte für die beste Serie berechnet, wäre der Unterschied zwischen den Gruppen, im Vergleich zum Mittelwert der letzten Serie, kleiner. Der Mittelwert der besten Serien der Blocked-Gruppe beträgt  $2.1 \pm 1.0$  und der Mittelwert der letzten Serie (Post) beträgt  $2.3 \pm 1.0$ . Bei der Random-Gruppe beträgt der Mittelwert der besten Serie  $2.2 \pm 0.6$  und der Mittelwert der letzten Serie (Post) beträgt  $2.7 \pm 0.9$ .



*Abbildung 7.* Verlauf der Gleichgewichtsleistung. Die Werte zeigen die durchschnittliche Winkelveränderung auf der Wippe. Ein Messzeitpunkt entspricht dem Mittelwert der vier Versuche à 15 s. Die Werte wurden auf den Wert der ersten Serie (Pre) normalisiert. Die fettgedruckten Linien zeigen die Mittelwerte der Gruppen (durchgezogene = Blocked-Gruppe; gestrichelte = Random-Gruppe; beide  $n = 15$ ). Die Fehlerbalken stehen für eine Standardabweichung. Die restlichen Linien zeigen die sehr unterschiedlichen Verläufe einzelner Versuchspersonen. Nicht der Gruppeneffekt, sondern vor allem die Interaktion Gruppe\*Zeit interessiert und diese unterscheidet sich zu keinem Zeitpunkt signifikant. Post = Letzte vier Versuche des Trainings; Ret = Erste beziehungsweise zweite vier Versuche des Retentionstests.

## 4 Diskussion

Das Ziel dieser Studie war es herauszufinden, ob in einer einzelnen Session ein random im Vergleich zu einem blocked Training zu einem grösseren Trainingseffekt führt. Um eine Antwort darauf zu geben, stellten sich drei Fragen. Einerseits ob es einen signifikanten Unterschied zwischen einem blocked und einem random Training im kurzfristigen Lerneffekt bei einer Gleichgewichtsaufgabe gibt, und andererseits ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Trainingsformen in der 24 h-Retention gibt. Falls Unterschiede vorhanden sind, welche Trainingsform, blocked oder random, zu einem grösseren kurzfristigen Lerneffekt (innerhalb der Trainingssession) respektive zu einer besseren Retention führt. Die Erkenntnisse sollten dazu verhelfen, künftig sinnvolle Gleichgewichtstrainings planen und gestalten zu können.

Beide Gruppen verbesserten sich unabhängig vom Trainingsgerät, Wippe oder Kreisel, von Pre zu Post signifikant. Für die Beantwortung meiner Fragestellung zeigt dies, dass es keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen im kurzfristigen Lerneffekt gibt. Das bedeutet, beide Gruppen wurden gleich gut und entwickelten sich nicht statistisch signifikant voneinander.

Wird die längerfristige Leistung betrachtet, so blieben auf der Wippe beide Gruppen im Retentionstest gleich gut wie bei der Post-Messung. Auf dem Kreisel waren beide Gruppen signifikant besser in der Postmessung als im Retentionstest, das bedeutet, sie verschlechterten sich im Retentionstest im Vergleich zur Postmessung.

Die Trainingsformen blocked und random unterschieden sich also zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikant voneinander. Werden dennoch die beiden Gruppen näher betrachtet, sieht man, dass die Random-Gruppe auf dem Kreisel zwar weniger Fortschritte als die Blocked-Gruppe erzielte, sich aber von Post zu Retention weniger stark als die Blocked-Gruppe verschlechtert hat. Auf der Wippe machte die Random-Gruppe ebenfalls weniger Fortschritte als die Blocked-Gruppe, jedoch war auch hier der prozentuale Leistungsabfall von Post zu Retention kleiner als bei der Blocked-Gruppe.

Erwähnenswert ist zudem, dass, wenn die zweite statt die erste Serie der Retention betrachtet wird, die Gleichgewichtsleistung auf dem Kreisel wieder leicht anstieg im Vergleich zur ersten Serie, und sich dem Niveau näherte, welches bei der Post-Messung erreicht wurde. Das bedeutet, sie wurden wieder ähnlich gut wie bei der Postmessung. Wie bereits im Resultatenteil erwähnt, wurde die zweite Retention nicht in die statistische Analyse miteinbezogen. Den-

noch lohnt es sich einen Blick auf die Werte zu werfen, welche in der zweiten Retention auf dem Kreisel erreicht wurden. Werden die individuellen Werte der Versuchspersonen auf dem Kreisel betrachtet, stellt man fest, dass bei der Random-Gruppe, bis auf einige wenige Ausreisser, bei der zweiten Retention das Niveau der Postmessung sogar leicht überstiegen wurde. Hingegen bei der Blocked-Gruppe gab es nur wenige, welche in der zweiten Retention das Niveau der Postmessung überstiegen. Die durchschnittlichen Werte der zweiten Retention überstiegen jedoch in beiden Gruppen das durchschnittliche Niveau der Postmessung nicht. Auf die Werte der Wippe der zweiten Retention wird nicht näher eingegangen, da aufgrund der grossen Streuung der Daten keine sinnvolle Tendenz formuliert werden kann. Die Verbesserung auf dem Kreisel in der zweiten Serie der Retention im Vergleich zur ersten Serie deutet auf den Effekt der kontextuellen Interferenz hin. Obwohl nicht nur die Random- sondern auch die Blocked-Gruppe sich in der zweiten Serie der Retention verbesserte, wenn auch nicht gleich stark und aufgrund der grossen Streuung weniger aussagekräftig als die Random-Gruppe.

Zur Wiederholung, gemäss Lee et al. (1992) weist ein blocked Training eine geringe und ein random Training eine erhöhte kontextuelle Interferenz auf. Ein blocked Training bewirke zwar im Vergleich zum random Training während der Übungsphase eine höhere Leistung, jedoch hätte ein random Training einen positiven Effekt auf die längerfristige Leistung (Retention). Was bedeuten würde, dass durch ein random Training nachhaltiger gelernt werden würde. Dadurch, dass in dieser Studie die Retention eher kurzfristig war, zeigte sich möglicherweise auch nicht der erwartete kontextuelle Interferenzeffekt. Dennoch kommt bei der Random-Gruppe die Tendenz eines kontextuellen Interferenzeffekts zum Vorschein. Wird die zweite Serie der Retention in die Diskussion miteinbezogen, wird das Resultat der ersten Serie der Retention, welche für die Studienresultate gewählt wurde, relativiert. Möglicherweise wäre die Gleichgewichtsleistung in einer dritten und vierten Serie sogar noch mehr angestiegen im Vergleich zur zweiten, welche bereits höher war als die erste Serie. Die erhöhte Leistung der Random-Gruppe, welche zwar erst in der zweiten Serie der Retention erreicht wurde, entspräche dann den Erwartungen dieser Studie wie auch den Ergebnissen früherer Studien (Fazeli et al., 2017; Lee et al., 1991, Lee et al., 1992; Shea und Morgan, 1979). Würde nur die erste Serie der Retention interpretiert, so wären die Erwartungen der Studie klar nicht erfüllt worden. Jedoch sollten, wenn solche Spekulationen angestellt werden, gleichzeitig mögliche Gründe für die anfängliche verschlechterte Leistung der ersten Serie der Retention gefunden werden.

Es scheint naheliegend, dass die Versuchspersonen bei der Retention eine Angewöhnungszeit brauchten, um wieder das Ausgangsniveau der Postmessung zu erreichen. Ein möglicher Grund dafür könnte die Trainingsdauer sein. Das Training war im Vergleich zu anderen Studien eher kurz. Es bestand aus einer einzelnen Session und die Postmessung fand während der Trainingssession statt und zwar wurde die letzte Serie dafür bestimmt. Gleichzeitig stellt sich die Frage, ob die Versuchspersonen bei einer längeren Trainingsintervention zu Beginn der Retention nicht auch eine Angewöhnungszeit brauchen. Möglicherweise hätte die Random-Gruppe bei einer längeren Trainingsintervention im Retentionstest schneller Fortschritte gemacht und hätte die Retention länger gedauert, bestünde die Möglichkeit, dass man signifikante Gruppenunterschiede gefunden hätte.

Wenn in Betracht gezogen wurde, dass das Training zu kurz gewesen sein könnte, um signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen zu finden, muss aufgrund der Resultate der Trainingssession auch das Gegenteil in Betracht gezogen werden, nämlich, dass das Training zu lang war. Dies weil der Trainingsverlauf der Random-Gruppe auf der Wippe mit dem besten Versuch bereits in der fünften von acht Serien vermuten lassen könnte, dass die Versuchspersonen während des Trainings ermüdet sind (siehe Abbildung 5). Diese Interpretation scheint jedoch unwahrscheinlich, da die Pausen zwischen den Serien ausgereicht haben sollten, gar nicht erst zu ermüden. Es sei denn, die Leistungsabnahme sei auf motivationale Gründe zurückzuführen. Auf die Motivation wird später näher eingegangen.

#### **4.1 Kontextueller Interferenzeffekt und die Gestaltung von Gleichgewichtstraining**

Trotz grosser individueller Unterschiede, wie im Resultatenteil ersichtlich, sind Tendenzen erkennbar. Zur Wiederholung, die Tendenzen zeigen, dass die Random-Gruppe auf dem Kreisel zwar weniger Fortschritte als die Blocked-Gruppe machte, sich aber von Post zu Retention weniger stark als die Blocked-Gruppe verschlechtert hat. Auch auf der Wippe machte die Random-Gruppe ebenfalls weniger Fortschritte als die Blocked-Gruppe, jedoch war auch hier der prozentuale Leistungsabfall von Post zu Retention kleiner als bei der Blocked-Gruppe. Die Tendenzen bestätigen die Resultate anderer Studien (Fazeli et al., 2017; Lee et al., 1991, Lee et al., 1992; Shea und Morgan, 1979), welche zeigten, dass die Random-Gruppe langfristig bessere Leistungen zeigt als die Blocked-Gruppe. Daraus lässt sich den, bereits oben erwähnten, möglichen Schluss ziehen, dass ein blocked Gleichgewichtstraining im Unterschied zu einem random Gleichgewichtstraining tendenziell zu einem grösseren kurzfristigen Trainingseffekt führt, jedoch längerfristig gesehen die Leistung bei einem random Training besser erhalten bleibt als bei einem blocked Training.

Diese Tendenz in Kombination mit den Resultaten von früheren Gleichgewichtsstudien (Giboin et al., 2015; Kümmel et al., 2016) gibt eine Richtung vor, in welche die Planung von Gleichgewichtstraining in Zukunft führen sollte. Bei den genannten Studien wurde gezeigt, dass die Gleichgewichtsleistung aufgabenabhängig ist. Das bedeutet im Fall dieser Studie, dass durch Gleichgewichtstraining die Leistung der spezifisch trainierten Aufgabe verbessert wird, aber keinen oder nur geringen Einfluss auf andere Gleichgewichtsaufgaben hat. Damit wird gezeigt, dass Gleichgewichtstraining nicht zu einer allgemein verbesserten Gleichgewichtsleistung führt. Kombiniert mit den Erkenntnissen des kontextuellen Interferenzeffekts bedeutet dies, dass bei der Gestaltung eines Gleichgewichtstrainings bewusst auf die Aufgabenwahl, das heisst spezifisch welches Gleichgewicht verbessert werden möchte, sowie die Ablaufgestaltung (blocked vs. random) geachtet werden muss, um optimale Fortschritte zu erzielen. Zusammenfassend bedeutet dies, dass Gleichgewichtsübungen spezifisch trainiert werden sollten, insofern sich bestimmen lässt, welche spezifische Übung verbessert werden sollte. Lässt sich diese nicht definieren, so sollte das Gleichgewicht vielseitig trainiert werden, da keine Transfereffekte zu erwarten sind. Gemäss der Theorie der kontextuellen Interferenz sowie der Tendenzen dieser Arbeit wird gezeigt, dass wenn vielseitig trainiert wird, häufig zwischen den Aufgaben abgewechselt werden sollte, um eine hohe kontextuelle Interferenz zu erreichen, da das Lernen so längerfristig nachhaltiger ist.

Die Frage, ob das Gerät einen Einfluss hatte, oder ob sich diese Tendenz auf alle Geräte übertragen lässt, drängt sich auf. In der vorliegenden Arbeit scheint der Kreisel die grösseren Unterschiede zwischen den Gruppen hervorgerufen zu haben als die Wippe. In Abbildung 5 ist ersichtlich, dass die Gleichgewichtsleistung der Blocked- und Random-Gruppe im Verlaufe der Trainingssession auf der Wippe immer abwechselte, mal war eine Gruppe besser, zeitweise waren beide ähnlich und manchmal war wieder die andere Gruppe besser. Hingegen auf dem Kreisel (Abbildung 6) zeigte die Blocked-Gruppe immer eine etwas bessere Leistung (nicht signifikant) als die Random-Gruppe. Hier ist wichtig zu erwähnen, dass der Effekt der unterschiedlichen Leistungen, welche in Bezug auf die beiden Geräte erbracht wurden, in dieser Arbeit nicht von Interesse war und daher nicht untersucht wurde. Die zwei Geräte wurden für das Hervorrufen des kontextuellen Interferenzeffekts gewählt, welcher, wie in der Einleitung erwähnt wurde, unter anderem abhängig von der Ähnlichkeit der Aufgabe ist. Demzufolge ist die Frage der Geräteauswahl in Bezug auf die Interferenz berechtigt. Es ist denkbar, dass sich die Aufgabe auf der Wippe und die auf dem Kreisel zu ähnlich waren und sich deshalb die Gruppen nicht signifikant unterschieden. Möglicherweise war für einige Ver-

suchspersonen, beispielsweise aufgrund ihrer erhöhten Gleichgewichtsfähigkeiten, der Gerätewechsel zwischen Wippe und Kreisel kein grosser Unterschied bezüglich der motorischen und kognitiven Anforderungen und das würde zur Folge haben, dass es keine Rolle gespielt hat, ob jemand ein blocked oder ein random Training absolviert hatte. Ob der Unterschied zwischen der Blocked- und Random-Gruppe mit einer anderen Gerätewahl grösser und somit signifikant gewesen wäre, darüber lässt sich nur spekulieren und müsste in einer nächsten Studie untersucht werden.

Wichtig für das Eintreten des kontextuellen Interferenzeffekts scheint dennoch, dass sich die Geräte ähnlich sind (Lee et al., 1992), damit man sich beim ständigen Wechsel zwischen zwei Geräten jeweils wieder mit kognitiver Anstrengung an die Bewegungen, welche das Gerät verlangte, anpassen und zurückerinnern muss. Wären sich die Geräte zu wenig ähnlich, wäre die Abspeicherung des Gelernten zu einfach, und hätte keinen Interferenzeffekt zur Folge. Das bedeutet, die Geräte dürfen sich womöglich nicht zu sehr, aber auch nicht zu wenig ähnlich sein. Für Battig (1979) steigt der kontextuelle Interferenzeffekt, je ähnlicher die Aufgaben sind. Laut Porter und Magill (2010), wie in der Einleitung erwähnt, sind die Vorteile der kontextuellen Interferenz nicht abhängig vom GMP, was darauf hindeutet, dass bei einer Aufgabe Parameter wie die Bewegungsrichtung oder die involvierten Muskeln keine Einschränkungen des Effekts darstellen.

Sie weisen darauf hin, dass die *zunehmende* kontextuelle Interferenz entscheidend ist. Darunter wird verstanden, dass die Aufgabenschwierigkeit mithilfe der kontextuellen Interferenz zunehmend steigt. Das bedeutet, es würde mit einer geringen kontextuellen Interferenz gestartet, also ein blocked Ablauf, und im Verlaufe des Trainings würde die kontextuelle Interferenz erhöht und somit immer mehr zu einem random Ablauf übergegangen. Ob sich diese Vorgehensweise auch bei Gleichgewichtsaufgaben bewährt, müsste in einer weiterführenden Studie untersucht werden. Ein interessantes Kriterium, welches dafür spricht, ist das sportliche Ausgangsniveau der einzelnen Versuchspersonen (Guadagnoli et al., 1999; Porter & Magill, 2010). Darauf wird im Kapitel 4.2 näher eingegangen. Für Fortgeschrittene kann ein blocked Training zu einfach sein, dementsprechend kann ein zu schwieriges random Training für Einsteiger erniedrigend sein. Beide Fälle können fehlende Motivation zur Folge haben, was sich ungünstig auf die Verarbeitungsprozesse auswirkt. Der Ablauf mit der zunehmenden kontextuellen Interferenz würde beide Niveaus, sowie die positiven Effekte eines blocked und random Trainings, vereinen (Porter & Magill, 2010).



Die Frage drängt sich auf, ob der in dieser Studie als *random* definierte Ablauf, dem random Ablauf, der am häufigsten in der Literatur vorkommt, entspricht, oder ob es vielleicht eher etwas zwischen blocked und random ist? Porter und Magill (2010) beispielsweise stellen sich die Frage, ob ein Ablauf, bei dem zuerst Aufgabe A, dann B, gefolgt von C absolviert und diese Sequenz wiederholt wird, als eine Zwischenstufe zwischen blocked und random definiert werden könnte. In der vorliegenden Studie wurde im Vergleich dazu nur zwischen zwei Aufgaben abgewechselt, sowie mehr als nur einmal wiederholt, und zudem dauerten die einzelnen Aufgaben möglicherweise weniger lange, als sie bei der genannten Vermutung von Porter und Magill (2010) dauern würden. Daraus lässt sich schliessen, dass die hier angewandte Trainingsabfolge eher eine random als eine Zwischenstufe zur blocked Trainingsform war. Dennoch, obwohl auch in anderen Studien nicht alle Abläufe genau gleich gestaltet wurden, könnte die Definition von *random* teilweise die unterschiedlichen Resultate begründen.

Um grössere Unterschiede zwischen den beiden Trainingsformen zu finden sowie für aussagekräftigere Vergleiche mit anderen Studien, hätte zudem während der Retention möglicherweise ein blocked wie auch ein random Test für alle durchgeführt werden sollen. Ähnlich wie es Lee und Wishart (2005) und Shea und Morgan (1979; Abbildung 1) durchgeführt haben.

Die Resultate der vorliegenden Studie können die Hypothesen nicht bestätigen, weisen aber darauf hin, dass ein random im Vergleich zu einem blocked Training zwar kurzfristig weniger Fortschritte erzielt, jedoch längerfristig die Gleichgewichtsleistung nachhaltiger ist. Ein möglicher Grund, warum sich die Gruppen, Blocked und Random, nicht signifikant voneinander unterscheiden, könnte sein, wie bereits weiter vorne in der Diskussion angesprochen, dass die Trainingsintervention von nur einer Session zu kurz war und auch die Retention einen Tag später zu kurzfristig nach der Trainingssession stattgefunden hat. In anderen Studien werden die Trainings über mehrere Tage und Wochen absolviert. Beispielsweise bei Bortoli et al. (1992) führten die Versuchspersonen während sechs Wochen ein wöchentliches Training durch. Der Retentionstest fand zwar am Ende der letzten Trainingssession statt, hingegen dauerte die Trainingsintervention über einen längeren Zeitraum. Die Resultate zeigten, dass die Random-Gruppe (und die Serial-Gruppe) im langfristigen Transfertest, welcher der schwierigste Test war, eine signifikant bessere Leistung als die Blocked-Gruppe (und die Serial-mit-hoher-Interferenz-Gruppe) erbrachte. Die Erwartung, dass sich die Random-Gruppe signifikant von der Blocked-Gruppe unterscheidet, beruht unter anderem auf den Resultaten von Studien mit anderen motorischen Aufgaben. Jedoch hatte meines Wissens bisher keine

andere Studie die beiden Trainingsabfolgen, blocked und random, mit Gleichgewichtsaufgaben untersucht. Möglicherweise lassen sich Gleichgewichtsaufgaben nicht mit anderen Sportarten vergleichen, wie auch unterschiedliche Gleichgewichtsaufgaben sich möglicherweise nicht untereinander vergleichen lassen.

#### **4.2 Kognitive Anforderung, Motivation, Konzentration oder Ermüdung?**

Die Argumentation von Shea und Morgan (1979), dass die Random- im Vergleich zur Blocked-Gruppe während der Übungsphase überfordert wurde und als Folge eine bessere Retentionsleistung zeigte, scheint plausibel. Durch die erhöhte kontextuelle Interferenz waren die Versuchspersonen kognitiv mehr gefordert, mussten dadurch mehrere Strategien entwickeln, welche zu effizienteren Verarbeitungsprozessen führten. Da nur tendenziell gezeigt wurde, dass die Random-Gruppe langfristig bessere Leistung zeigte, kann auch hier nur spekuliert werden, ob es aufgrund der erhöhten kognitiven Forderung war. In einer nächsten Studie könnten die Empfindungen bezüglich der Schwierigkeit der Aufgabe regelmässig während des Trainings von jeder einzelnen Versuchsperson erfasst werden. Obwohl dies schwierig zu interpretieren sein wird, da die Versuchspersonen keinen Vergleich zum Ablauf der anderen Gruppen haben werden.

Denkbar wäre auch die Möglichkeit, dass individuelle Gründe der Versuchspersonen eine Rolle spielten. Einige bevorzugen ein blocked Training und andere machen mehr Fortschritte in einem random Training. Die einen machen mehr Fortschritte, wenn sie gefordert werden, das bedeutet eher ein random Ablauf absolvieren, und andere lassen sich mehr begeistern und erzielen somit wahrscheinlich bessere Fortschritte, wenn eine Aufgabe nicht allzu schwierig ist, was eher einem blocked Ablauf entspricht. Es lässt sich auch darüber spekulieren, ob die Ermüdung während des Trainings eine Rolle spielte. Die Ermüdung kann auch einen Einfluss auf die Konzentration haben. Die Konzentration kann aber auch abhängig von der Motivation sein, welche wiederum abhängig vom Leistungsfortschritt sowie von der allgemeinen Haltung, die gegenüber der Aufgabe eingenommen wird, sein kann. Das bedeutet, es gibt viele Faktoren, die sich gegenseitig beeinflussen und schlussendlich die Gleichgewichtsleistung positiv wie auch negativ beeinflussen können. Werden die einzelnen Versuchspersonen betrachtet, sieht man, dass nicht alle zum gleichen Zeitpunkt ihre beste Serie absolvierten. Ob dies möglicherweise mit der Ermüdung, Konzentration oder auch Motivation zusammenhing, ist schwierig zu beurteilen und könnte in einer nächsten Studie mittels Befragungen miterfasst werden. Beispielsweise zeigten, wie bereits weiter vorne in der Diskussion erwähnt, die Ver-

suchspersonen der Random-Gruppe auf der Wippe im Durchschnitt ihr bestes Resultat in der fünften Serie und wurden dadurch motiviert dranzubleiben. Möglicherweise spielte es eine Rolle für den Verlauf des Trainings und somit für den Lernprozess, zu welchem Zeitpunkt eine Versuchsperson ihr bestes Resultat zeigte.

Zudem hatten nicht alle Versuchspersonen das gleiche Ausgangsniveau bezogen auf die Gleichgewichtsleistung der verlangten Aufgaben. Zwar wurde für die Darstellung der prozentualen Daten, die Mittelwerte der ersten Serie jeder Versuchsperson als Baseline gesetzt, jedoch haben die unterschiedlichen Niveaus vermutlich einen Einfluss auf das Lernverhalten, sei es die Motivation oder auch auf die Fortschritte der motorischen Fähigkeiten. Wie bereits im Kapitel 4.1 erwähnt, beeinflusst das individuelle Ausgangsniveau möglicherweise auch, welcher Ablauf, blocked oder random, zu einer grösseren Motivation der Versuchsperson führt. Die mentale Einstellung, also unter anderem die Motivation der Versuchspersonen während des Trainings ist entscheidend für die Qualität der Verarbeitungsprozesse, welche ausschlaggebend ist für die Retention (Guadagnoli et al., 1999). Diesbezüglich scheint wichtig, dass nicht nur die Leistung, sondern auch der Lerneffekt bewertet werden sollte. Damit ist die kognitive Verarbeitung gemeint, deren Wirkung, wie gesagt, während eines Retentionstests zur Geltung kommt. Dazu müsste das individuelle Ausgangsniveau sowie der Trainingsverlauf und die Retention der einzelnen Versuchspersonen näher analysiert werden.

Die Gruppen unterschieden sich nur gering und die Streuung der Daten war eher gross, was es erschwert, einen signifikanten Gruppeneffekt zu erhalten. Die grossen Unterschiede lassen einmal mehr vermuten, dass nicht alle Versuchspersonen gleichermassen mit der Motivation, der Konzentration wie auch der Ermüdung während des Trainings umgingen.

Eine weitere Möglichkeit, welche die Resultate beziehungsweise die Leistung der einzelnen Versuchspersonen beeinflusst haben könnte, wurde bisher noch nicht angesprochen. Es betrifft die Wahl der Feder, das heisst das Schwierigkeitsniveau auf der Wippe, welches vor Beginn des Trainings bestimmt wurde. Wie im Methodenteil beschrieben, wurde mittels verschiedener Federstärken für jede Versuchsperson ein möglichst angepasstes Niveau ausgetestet, um optimale Fortschritte zu erzielen. Falls jedoch für jemanden die Aufgabe auf der Wippe eher etwas schwieriger ausgefallen war, weil beispielsweise die nächste Stufe bereits wieder zu einfach gewesen wäre, war der Wechsel zwischen der Wippe und dem Kreisel ein anderer, als für jemanden der es auf der Wippe eher einfach hatte. Einerseits ist damit die kognitive Anforderung gemeint, andererseits die Motivation wie auch die Konzentration, welche damit zusammenhängen. Es wird vermutet, dass Versuchspersonen mit einem eher zu tief ge-

wählten Niveau auf der Wippe bessere Retentionsleistungen gezeigt haben könnten, wären sie in der Trainingssession durch die schwierigere Aufgabe auf der Wippe mehr gefordert worden. Die erhöhten Retentionsleistungen hätten somit möglicherweise zu einem grösseren kontextuellen Interferenzeffekt geführt.

Anhand dieser Resultate lässt sich keine klare Empfehlung abgeben, welche Trainingsform bei einem kurzzeitigen Gleichgewichtstraining besser ist. Es zeichnen sich Tendenzen ab, dass ein random Training zu nachhaltigeren Leistungen führt (siehe Abbildungen 5 und 6), aber es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt. Um die Studie aussagekräftiger zu gestalten, müsste ausserdem in einer nächsten Studie eine grössere Stichprobe untersucht werden. Interessant für die Studie wäre auch, wie bereits mehrmals erwähnt, das Training über eine längere Zeitspanne, das heisst über mehrere Wochen durchzuführen, statt nur innerhalb einer Trainingssession zu absolvieren. Auch für die Retention wäre spannend, erst nach einer Pause von mehreren Tagen bis Wochen die Gleichgewichtsleistung zu erfassen sowie Transferleistungen zu untersuchen, insofern die Trainingssession länger gestaltet werden würde. Dies würde jedoch deutlich mehr Arbeit für die Untersuchung wie auch mehr Aufwand für die Versuchspersonen bedeuten.

## **5 Schlussfolgerung**

Die vorliegende Arbeit untersuchte, ob bei Gleichgewichtstraining kontextuelle Interferenzeffekte auftreten, wonach ein random Training einem blocked Training vorzuziehen wäre, wenn es darum geht, nachhaltige Lerneffekte zu erzielen. Beide Trainingsmethoden haben während des Trainings zu Leistungsverbesserungen geführt, welche einen Tag später unverändert oder leicht zurückgegangen waren. Obwohl keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Trainingsmethoden gefunden wurden, war die Tendenz erkennbar, dass ein random Training zu etwas kleineren kurzfristigen Fortschritten, jedoch zu besseren Retentionsleistungen führt, was auf einen kontextuellen Interferenzeffekt hinweist. Anhand der Resultate dieser Studie kann also die Frage, ob es den typischen kontextuellen Interferenzeffekt in einem Gleichgewichtstraining gibt und welche Voraussetzungen dazu nötig sind, sowie die Frage nach der optimalen Methode bei einem Gleichgewichtstraining noch nicht abschliessend beantwortet werden. Die Studienergebnisse zeigen jedoch auf, in welche Richtung zukünftige Studien gehen könnten, um die Frage nach den optimalen Gleichgewichtstrainingsempfehlungen zu beantworten.

## Literatur

- Barreiros, J., Figueiredo, T., & Godinho, M. (2007). The contextual interference effect in applied settings. *European Physical Education Review*, 13(2), 195-208.
- Battig, W. F. (1979). The flexibility of human memory. In L. S. Cermak & F. I. M. Craik (Hrsg.), *Levels of processing and human memory* (S. 23-44). Hove and New York: Psychology Press.
- Brady, F. (1997). Contextual interference and teaching golf skills. *Perceptual and motor skills*, 84(1), 347-350. doi:10.2466/pms.1997.84.1.347
- Brady, F. (1998). A theoretical and empirical review of the contextual interference effect and the learning of motor skills. *Quest*, 50(3), 266-293.
- Brashers-Krug, T., Shadmehr, R. & Bizzi, E. (1996). Consolidation in human motor memory. *Nature*, 382(6588), 252-255. doi:10.1038/382252a0
- Bortoli, L., Robazza, C., Durigon, V. & Carra, C. (1992). Effects of contextual interference on learning technical sports skills. *Perceptual and motor skills*, 75(2), 555-562.
- Broadbent, D. P., Causer, J., Williams, A. M. & Ford, P. R. (2017). The role of error processing in the contextual interference effect during the training of perceptual-cognitive skills. *Journal of Experimental Psychology: American Psychological Association Human Perception and Performance*, 43(7), 1329–1342. doi:10.1037/xhp0000375
- Diemer, F. & Sutor, V. (2007). *Praxis der medizinischen Trainingstherapie* (1 Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Donath, L., Roth, R., Ruegge, A., Groppa, M., Zahner, L. & Faude, O. (2013). Effects of slackline training on balance, jump performance & muscle activity in young children. *International journal of sports medicine*, 34(12), 1093-1098. doi:10.1055/s-0033-1337949
- Donath, L., Roth, R., Zahner, L. & Faude, O. (2016). Slackline training and neuromuscular performance in seniors: a randomized controlled trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(3), 275-283. doi:10.1111/sms.12423
- Fazeli, D., Taheri, H. R. & Kakhki, A. S. (2017). Random versus blocked practice to enhance mental representation in golf putting. *Perceptual and Motor Skills*, 124(3), 674-688. doi:10.1177/0031512517704106
- Gentile, A. M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, 17(1), 3-23. doi:10.1080/00336297.1972.10519717

- Giboin, L.-S., Gruber, M. & Kramer, A. (2015). Task-specificity of balance training. *Human movement science* 44, 22-31. doi:10.1016/j.humov.2015.08.012
- Goode, S. & Magill, R. A. (1986). Contextual interference effects in learning three badminton serves. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57(4), 308-314. doi: 10.1080/02701367.1986.10608091
- Guadagnoli, M. A., Holcomb, W. R. & Weber, T. J. (1999). The relationship between contextual interference effects and performer expertise on the learning of a putting task. *Journal of Human Movement Studies*, 37(1), 19-36.
- Hirase, T., Inokuchi, S., Matsusaka, N. & Okita, M. (2015). Effects of a balance training program using a foam rubber pad in community-based older adults: a randomized controlled trial. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 38(2), 62-70. doi:10.1519/JPT.0000000000000023
- Kümmel, J., Kramer, A., Giboin, L.-S. & Gruber, M. (2016). Specificity of balance training in healthy individuals: A systematic review and meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(9), 1261-1271. doi:10.1007/s40279-016-0515-z
- Landin, D. & Hebert, E. P. (1997). A comparison of three practice schedules along the contextual interference continuum. *Research quarterly for exercise and sport*, 68(4), 357-361. doi:10.1080/02701367.1997.10608017
- Lee, T. D. & Magill, R. A. (1983). The locus of contextual interference in motor-skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9(4), 730-746. doi:10.1037/0278-7393.9.4.730
- Lee, T. D. & Magill, R. A. (1985). Can forgetting facilitate skill acquisition? *Advances in Psychology*, 27, 3-22. doi:10.1016/S0166-4115(08)62528-5
- Lee, T. D. & Simon, D. (2004). Contextual interference. In A. M. Williams & N. J. Hodges (Hrsg.), *Skill acquisition in sport: research, theory and practice* (S. 29-44). London: Routledge.
- Lee, T. D., Swanson, L. R. & Hall, A. L. (1991). What is repeated in a repetition? Effects of practice conditions on motor skill acquisition. *Physical therapy*, 71(2), 150-156.
- Lee, T. D. & Wishart, L. R. (2005). Motor learning conundrums (and possible solutions). *Quest*, 57(1), 67-78. doi:10.1080/00336297.2005.10491843
- Lee, T. D., Wulf, G. & Schmidt, R. A. (1992). Contextual interference in motor learning: Dissociated effects due to the nature of task variations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 44(4), 627-644. doi:10.1080/14640749208401303

- Lubetzky-Vilnai, A. & Kartin, D. (2010). The effect of balance training on balance performance in individuals poststroke: a systematic review. *Journal of neurologic physical therapy*, 34(3), 127-137. doi:10.1097/NPT.0b013e3181ef764d
- Lundbye-Jensen, J., Petersen, T. H., Rothwell, J. C. & Nielsen, J. B. (2011). Interference in ballistic motor learning: specificity and role of sensory error signals. *PloS one*, 6(3), e17451. doi:10.1371/journal.pone.0017451
- Magill, R. A. (2011). *Motor learning and control: Concepts and applications* (9. Aufl.). New York: McGraw-Hill.
- Magill, R. A. & Hall, K. G. (1990). A review of the contextual interference effects in skill acquisition. *Human Movement Science*, 9(3-5), 241–289. doi:10.1016/0167-9457(90)90005-X
- Magnuson, C. E. & Wright, D. L. (2004). Random practice can facilitate the learning of tasks that have different relative time structures. *Research quarterly for exercise and sport*, 75(2), 197-202. doi: 10.1080/02701367.2004.10609151
- Porter, J. M. & Magill, R. A. (2010). Systematically increasing contextual interference is beneficial for learning sport skills. *Journal of sports sciences*, 28(12), 1277-1285. doi:10.1080/02640414.2010.502946
- Sayenko, D. G., Masani, K., Vette, A. H., Alekhina, M. I., Popovic, M. R. & Nakazawa, K. (2012). Effects of balance training with visual feedback during mechanically unperturbed standing on postural corrective responses. *Gait & posture*, 35(2), 339-344. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.10.005
- Schmidt, R. A. (1971). Retroactive interference and amount of original learning in verbal and motor tasks. *Research Quarterly*, 42, 314–326.
- Schmidt, R. A. (1972). The case against learning and forgetting scores. *Journal of Motor Behaviour*, 4, 71–88.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological review*, 82(4), 225. doi:10.1037/h0076770
- Shea, J. B. & Morgan, R. L. (1979). Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5(2), 179-187.
- Shea, J. B. & Zimny, S. T. (1983). Context effects in memory and learning movement information. *Advances in Psychology*, 12, 345-366. doi:10.1016/S0166-4115(08)61998-6



Strobel, J. (2009). Reliabilitätsprüfung des Biodex Balance Systems (Dissertation, Universität Ulm, Deutschland). Zugriff unter <https://oparu.uni-ulm.de/xmlui/handle/123456789/2140>

## **Dank**

Mein Dank gilt allen, die mich beim Erstellen der vorliegenden Arbeit in irgendeiner Weise begleitet und unterstützt haben.

Meinen Betreuern Michael Wälchli und Jan Ruffieux für die professionelle und tatkräftige Unterstützung sowie die sehr angenehme Zusammenarbeit. Besonders danken möchte ich Jan für sein grosses Engagement und seine enorme Hilfsbereitschaft während allen Teilschritten dieser Arbeit.

Den Versuchspersonen, die sich Zeit für meine Studie genommen und vollen Einsatz gegeben haben und sogar zweimal im Labor erschienen sind.

Sven für die gelungene Zusammenarbeit bei der Durchführung der Messungen.

Meinen Eltern für das Interesse und ihre Unterstützung während dem Studium. Besonderer Dank gilt meiner Mutter für ihre Unterstützung und das Durchlesen der Arbeit.