

UNIVERSITÄT FREIBURG, SCHWEIZ
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT
DEPARTEMENT FÜR MEDIZIN

In Zusammenarbeit mit der
EIDGENÖSSISCHEN HOCHSCHULE FÜR SPORT MAGGLINGEN

VERGLEICH DER GLEICHGEWICHTSFÄHIGKEIT
VON KINDERN BEI TESTS IM SPORTUNTERRICHT
UND BEI STANDARDISIERTEN TESTS

Abschlussarbeit zur Erlangung des Masters in
Bewegungs- und Sportwissenschaften
Option Unterricht

Referent
Prof. Dr. Wolfgang TAUBE

Betreuer
Michael WÄLCHLI

Rachel SIEGENTHALER
Engelberg, August 2016

Zusammenfassung

Die zahlreichen positiven Effekte von Gleichgewichtstraining, die schlechtere Balanceleistung im frühen Erwachsenenalter sowie der festgestellte Leistungsrückgang bei Kindern in den letzten Jahren machen deutlich, dass die Förderung und Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit bei Kindern im Sportunterricht von besonderer Relevanz sind.

Da sich jedoch die Durchführung standardisierter Verfahren zur Beurteilung des Balancevermögens während des Sportunterrichtes oftmals als schwierig erweist, zielt die vorliegende Studie darauf ab, bei einer 2. (7-9 Jahre) und einer 6. (12-14 Jahre) Primarklasse zu untersuchen, inwiefern sich die Gleichgewichtsfähigkeit bei Tests im Sportunterricht von solchen bei standardisierten Tests unterscheidet. Insgesamt 40 Kinder nahmen an der Studie teil, jeweils 20 Kinder pro Klasse.

Zum Vergleich des Balancevermögens zwischen den Tests im Sportunterricht und den standardisierten Tests wurden Spearman Korrelationskoeffizienten berechnet. Als Messverfahren der standardisierten Tests fungierten die Kraftmessplatte und der Posturomed. Das Balancieren auf umgedrehter Langbank, der Einbeinstand, die Wackelbank sowie Beobachter 1 und 2 stellten die Tests im Sportunterricht (Feldtests) dar. Obwohl bei diesem Vergleich zwar einige wenige signifikante Zusammenhänge festgestellt werden konnten, war ein bestimmtes Muster jedoch nicht erkennbar. Ausbleibende Korrelationen weisen darauf hin, dass die Tests möglicherweise nicht dasselbe messen. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass fehlende Korrelationen auf zu wenig herausfordernde Testbedingungen zurückzuführen sind, welche eine geringere Motivation auf Seiten der Probanden bewirken können. Inwieweit der Entwicklungsstand einen Einfluss auf die Ergebnisse ausübte, ist indes schwierig zu beurteilen. Weitere Forschung in diesem Bereich ist notwendig, damit die Testverfahren in Zukunft noch spezifischer auf den vorherrschenden Entwicklungsstand angepasst werden können.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung	7
2	Hintergrund und Ausgangslage	9
2.1	Posturale Kontrolle	9
2.1.1	Definition	9
2.1.2	Entwicklung im Lebensalter	10
2.2	Effekte von Gleichgewichtstraining	12
2.2.1	Gleichgewichtsfähigkeit	12
2.2.2	Leistungsfähigkeit der Muskulatur	14
2.2.3	Prävention	14
2.2.4	Rehabilitation	15
2.2.5	Reduktion von Nackenschmerzen	16
2.3	Bestehende Prinzipien zur Untersuchung der posturalen Kontrolle	17
2.3.1	Nicht-instrumentelle Tests	18
2.3.2	Instrumentelle Tests	23
3	Konkretisierte Fragestellung	25
4	Methodik	26
4.1	Untersuchungsdesign	26
4.2	Untersuchungsteilnehmer	26
4.3	Untersuchungsverfahren	27
4.3.1	Testauswahl	27
4.3.2	Testbeschreibung	31
4.4	Untersuchungsdurchführung	39
4.5	Untersuchungsauswertung	39
5	Resultate	40

6	Diskussion und Schlussfolgerungen	45
6.1	Diskussion	45
6.1.1	Wie sind die signifikanten Zusammenhänge zu begründen?	45
6.1.2	Wie sind erwartete, aber ausgebliebene signifikante Resultate zu erklären?	49
6.1.3	Testmethoden	50
6.2	Schlussfolgerung	53
	Literaturverzeichnis	54
	Selbständigkeitserklärung	63
	Urheberrechtserklärung	64

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die 14 Items der Berg Balance Scale (Schädler, 2007, S. 41)	19
Abb. 2: Gleichgewichtstraining auf instabilem Untergrund (aus Gruber et al., 2007, S. 275, veränderte Wiedergabe)	29
Abb. 3: Wackelbank	30
Abb. 4: Kraftmessplatte (Prophysics AG, n.d.)	31
Abb. 5: Messgerät „Posturomed“	33
Abb. 6: Feldtest 1 – Balancieren auf umgedrehter Langbank	35
Abb. 7: Feldtest 2 – Einbeinstand der Rekrutierung (Bundesamt für Sport BASPO, 2009, S. 9)	36
Abb. 8: Test 3 – Wackelbank: a) beidbeiniger Stand mit geschlossenen Augen; b) einbeiniger Stand mit offenen Augen; c) einbeiniger Stand mit geschlossenen Augen.	37
Abb. 9: Test 4 – Gleichgewichtsparcours	38
Abb. 10: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Posturomed: einbeinig“ und dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“	41
Abb. 11: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Posturomed: Auslenkung“ und dem Feldtest „Wackelbank“	42
Abb. 12: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Kraftmessplatte: Einbeinstand“ und dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“	43
Abb. 13: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Posturomed: einbeinig“	44
Abb. 14: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Posturomed: Auslenkung“ und dem Feldtest „Beobachtung 2“	44

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Items aus dem Mini Balance Evaluation System Test (Mod. nach Franchignoni et al., 2010, S. 324)	20
Tab. 2: Motorik- und Fitnesstests, welche eine Bewertung des Gleichgewichts beinhalten.....	21
Tab. 3: Probandenkollektiv	26
Tab. 4: Kurzbeschreibung der standardisierten Tests	28
Tab. 5: Kurzbeschreibung der Feldtests	31
Tab. 6: Überquerungsbedingungen der zwei Untersuchungsklassen	34
Tab. 7: Korrelationsmatrix der standardisierten Tests und der Feldtests der 2. Klasse	40
Tab. 8: Korrelationsmatrix der standardisierten Tests und der Feldtests der 6. Klasse	43

1 Einleitung und Problemstellung

Dass Gleichgewichtstraining nebst der Verbesserung der posturalen Kontrolle zahlreiche weitere Effekte in sich birgt, konnte in den letzten Jahren in diversen Studien aufgezeigt werden. Neben der nutzbringenden Wirkung in der Prävention und Rehabilitation, ist auch eine Verbesserung der motorischen Leistung möglich (Taube, Gruber & Gollhofer, 2008). So konnten Gruber et al. (2007) in ihrer Studie bereits nach einem vierwöchigen Gleichgewichtstraining einen signifikanten Anstieg der Explosivkraft beobachten. Weiter haben Kean, Behm und Young (2006) die Auswirkungen von Gleichgewichtstraining auf die Sprungleistungsfähigkeit untersucht und hierbei ebenfalls Verbesserungen festgestellt. Kürzlich konnte gar aufgezeigt werden, dass ein Zusammenhang zwischen Nackenschmerzen und dem Gleichgewicht besteht und durch Gleichgewichtstraining eine Reduktion der Nackenschmerzen bewirkt werden kann (Beinert & Taube, 2013).

Ergebnisse der Münchner Längsschnittstudie LOGIK bezüglich der Entwicklung motorischer Fähigkeiten haben ergeben, dass die Balanceleistung im frühen Erwachsenenalter verglichen mit der Leistung zum späten Kindesalter schlechter ausfällt und dies möglicherweise durch Ausbleiben von Gleichgewichtstraining resultiert (Ahnert & Schneider, 2007). Zudem kam es in den letzten Jahrzehnten zu einem Leistungsrückgang der motorischen Fähigkeiten bei Kindern, darunter auch des Balancevermögens (Bös et al., 2008).

Die zahlreichen positiven Effekte von Gleichgewichtstraining einerseits, die schlechtere Balanceleistung im frühen Erwachsenenalter sowie der festgestellte Leistungsrückgang in den letzten Jahren machen deutlich, dass die Förderung der Gleichgewichtsfähigkeit der Kinder besonders im Sportunterricht nicht vernachlässigt werden darf. Dies bedingt jedoch auch eine regelmässige Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit, damit Verbesserungen festgestellt und das Training entsprechend adaptiert werden kann.

In der Literatur existieren zahlreiche Prinzipien zur Quantifizierung des Balancevermögens, sowohl instrumentelle wie nicht-instrumentelle (Paillard & Noé, 2015). Da im Sportunterricht die Möglichkeit oftmals nicht besteht, die Balancefähigkeit der Kinder mittels standardisierter Verfahren zu testen, stellt sich somit die Frage, inwieweit sich die Resultate von Tests im Sportunterricht von solchen standardisierten

Tests unterscheiden. Da in der Literatur bis anhin noch kein solcher Vergleich angestellt wurde, zielt die folgende Studie darauf ab, Resultate von Tests zur Beurteilung der Gleichgewichtsleistung im Sportunterricht mit den Resultaten standardisierter Tests zu vergleichen.

2 Hintergrund und Ausgangslage

Um für das Verständnis der folgenden Studie eine gute Ausgangslage zu schaffen, wird zunächst geklärt, was unter posturaler Kontrolle zu verstehen ist. Da bei der Auswahl geeigneter Tests zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit auch die Entwicklung der posturalen Kontrolle zu beachten ist, erfolgt zudem eine genauere Analyse der Entwicklung des Gleichgewichtes im Lebensalter. Besonders thematisiert wird hierbei die Entwicklung im Kindesalter, da in der folgenden Studie Untersuchungen bei Kindern angestellt werden. Das Kapitel „Effekte von Gleichgewichtstraining“ soll einem schliesslich die enorme Relevanz von Gleichgewichtstraining nochmals vor Augen führen. Abgerundet wird das Kapitel, indem bestehende Prinzipien zur Untersuchung der posturalen Kontrolle aufgezeigt und diskutiert werden. Die Informationen aus diesen Unterkapiteln lieferten das erforderliche Wissen zur Konzipierung der hier durchgeführten Studie.

2.1 Posturale Kontrolle

2.1.1 Definition

Seit geraumer Zeit setzen sich Forscher mit der Kontrolle des Gleichgewichts auseinander. So schreibt Horak (2006) in seiner Studie, dass anfänglich von einem oder wenigen Gleichgewichtszentren im zentralen Nervensystem (ZNS) ausgegangen wurde, die für die posturale Kontrolle zuständig seien. Dies führte zu der Annahme, dass die Messung der posturalen Kontrolle ebenfalls lediglich durch einen Gleichgewichtstest messbar sei. Weitere Studien deckten jedoch auf, dass es sich bei der posturalen Kontrolle nicht um ein einziges System handeln kann, sondern diese vielmehr eine komplexe motorische Fähigkeit darstellt (Horak & Macpherson, 1996). Indes erklären auch Pollock et al. (2000) in ihrer Studie, dass der Begriff Gleichgewicht häufig Verwendung findet, jedoch bis anhin noch keine allgemeingültige Definition von Gleichgewicht besteht. So führen sie an, dass posturale Kontrolle als das Bemühen verstanden werden kann, die Balance bei jeder Haltung oder Bewegung zu erreichen, aufrechtzuerhalten oder wiederherzustellen (Pollock et al., 2000). Dies wird möglich, indem das ZNS schaut, dass sich der Körperschwerpunkt stets über der unterstützenden Fläche befindet. Kommt es zu Ungleichgewicht, kann durch gezielte

Muskelaktivierung das Gleichgewicht wieder hergestellt werden. Dies setzt jedoch voraus, dass in einem vorherigen Schritt das Ungleichgewicht wahrgenommen wurde (Taube, 2013). Hierfür sind vestibuläre (Nashner et al., 1989), taktile (Holden, Ventura & Lackner, 1994), propriozeptive (Fitzpatrick & McCloskey, 1994) und optische (Buchanan & Horak, 1999) Analysatoren zuständig. Dies bestätigen auch andere Autoren, indem sie schreiben, dass zur Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle Informationen aus mehreren Quellen integriert werden (Brandt, 2003). Je nach Kontext wird jedoch dem einen oder anderen Analysator etwas mehr Priorität eingeräumt (Taube, 2013). So ist der optische Analysator beispielsweise bei Situationen, die neu sind oder bei labilen Unterlagen besonders gefragt (Shumway-Cook & Woollacott, 1985). Horak (2006) bestätigt dieses Statement, indem er schreibt, dass bei instabilen Unterlagen ein Anstieg der visuellen und vestibulären Inputs zu verzeichnen ist. Kommt es zu schnellen Richtungsänderungen, ist besonders das taktile und propriozeptive System gefragt (Dietz, Horstmann & Berger, 1988). Bei langsamen Schwankungen hingegen spielt gemäss Mauritz und Dietz (1980) das vestibuläre System vermehrt eine wichtige Rolle. Hierbei soll jedoch nochmals betont werden, dass lediglich eine unterschiedliche Gewichtung nach Kontext erfolgt, die Informationen aber niemals einzeln analysiert werden. Welchen Beitrag jeder einzelne Analysator zur Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle leistet, konnte jedoch bis anhin noch nicht exakt definiert werden (Taube, 2013). Weitere Forschung ist hier notwendig, um Klarheit zu schaffen.

2.1.2 Entwicklung im Lebensalter

Seit Jahren widmen sich zahlreiche Studien der Entwicklung der posturalen Kontrolle im Lebensverlauf. Bedienten sich anfängliche Studien mehrheitlich räumlichen Analysen, wenden jüngste Studien neuere Methoden an, womit auch die Untersuchung des zeitlichen Verlaufs möglich wird (Gouleme et al., 2014). Durch Zusammentragen der wichtigsten Erkenntnisse aus den zahlreichen Studien, soll ein Überblick über den momentanen Forschungsstand hinsichtlich der Entwicklung der posturalen Kontrolle im Lebensalter gegeben werden:

Die Fähigkeit, das Gleichgewicht zu halten, ist im Verlaufe des Lebens durch zahlreiche Schwankungen geprägt. Im ersten Lebensjahr erwerben die Kleinkinder in der Regel die Fähigkeit zu stehen und ohne Hilfe zu laufen (Taube, 2013). Untersuchungen deuten

darauf hin, dass Kinder während dieser Phase in hohem Masse von visuellen Inputs abhängig sind (Lee & Aronson, 1974). Die Studie von Shumway-Cook und Woollacott (1985) verdeutlicht diesen Befund dahingehend, dass bei Untersuchungen mit external-induzierter Perturbation bei kongruenten vestibulären, somatosensorischen und visuellen Inputs Kinder im Alter von 15-31 Monaten vergleichbare Resultate erzielen wie 7-10 Jährige oder Erwachsene. Werden jedoch visuelle und vestibuläre Inputs unterbunden, womit lediglich somatosensorische Informationen übrig bleiben, erreichen Kinder im Alter von 15-31 Monaten keine vergleichbaren Resultate hinsichtlich der posturalen Kontrolle. Dies verdeutlicht die Annahme, dass während dieser Lebensspanne zur Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle besonders auf visuelle Inputs zurückgegriffen wird (Shumway-Cook & Woollacott, 1985).

Im Alter von 4 bis 6 Jahren hingegen scheinen die somatosensorischen Informationen an Relevanz zu gewinnen, wobei gleichzeitig die visuellen Inputs an Dominanz verlieren. Antwort-Latenzzeiten sind länger und von grösserer Variabilität geprägt im Vergleich zur vorherigen Phase und zu Erwachsenen (Shumway-Cook & Woollacott, 1985). Kugler, Kelso und Turvey (1982) führen in ihrer Begründung, weshalb Entwicklungsverläufe oftmals stufenartig und nicht in linearer Weise erfolgen, an, dass die so genannten Übergangsphasen von Variabilität und Instabilität gekennzeichnet sind. Vergleicht man diese Merkmale mit den Befunden der 4-6 Jährigen, liegt der Schluss nahe, dass es sich hierbei möglicherweise um eine kritische Phase in der Entwicklung der posturalen Kontrolle handeln könnte, in der es zur Entwicklung von sensorischen Integrationsstrategien kommt, welche denen der Erwachsenen ähneln (Shumway-Cook & Woollacott, 1985). Gemäss Kugler et al. (1982) verharret ein System in Stabilität, bis die Effektivität vorangehender motorischer Programme nicht mehr ausreicht und eine kritische Phase geprägt von Variabilität und Instabilität durchlebt werden muss, bis wieder eine Phase der Stabilität eintritt.

Wird schliesslich die Altersgruppe der 7-10 Jährigen untersucht, trifft man unter verschiedenen sensorischen Bedingungen auf Antwortmuster, welche bereits denen von Erwachsenen ähneln (Shumway-Cook & Woollacott, 1985). Wann jedoch die posturale Kontrolle das Erwachsenenlevel vollends erreicht hat, wird in der Literatur rege diskutiert. Während Shumway-Cook & Woollacott (1985), wie auch Wolff et al. (1998) davon ausgehen, dass die posturale Kontrolle im Alter von 7-10 bereits mit jener von

Erwachsenen vergleichbar ist, scheinen andere der Meinung zu sein, dass sich nach dem 9. oder 10. Altersjahr gewisse Aspekte posturaler Kontrolle stets noch in Entwicklung befinden (Nolan, Grigorenko & Thorstensson, 2005; Peterson, Christou & Rosengren, 2006). Schliesslich gibt es gar Studien, welche davon ausgehen, dass der Reifungsprozess über das 14. oder 15. Altersjahr hinausgeht (Steindl et al., 2006; Cumberworth et al., 2007).

Ist die posturale Kontrolle, wie ersichtlich wurde, zunächst von stetiger Verbesserung geprägt, kommt es im Alterungsprozess durch degenerative Veränderungen zu einer Reduktion der Gleichgewichtsfähigkeit (Taube 2013). Womit gleichzeitig eine Zunahme des Sturzrisikos resultiert (Granacher, Gollhofer & Strass, 2006). Es wird jedoch betont, dass die Gleichgewichtsfähigkeit in hohem Masse von der Aktivität abhängt (Taube, 2013). So soll die Gleichgewichtsfähigkeit gemäss Studien ebenfalls in höherem Alter trainierbar sein (Granacher et al., 2006; Last & Weisser, 2015).

Die erwähnten Befunde machen deutlich, dass die Entwicklung posturaler Kontrolle bisher ungenügend erforscht ist und es in Zukunft weiterer Forschung bedarf, um die vorherrschenden Unstimmigkeiten vollends zu klären. So schreiben auch Cuisinier et al. (2011) in ihrer Studie, dass bisher noch unklar ist, wie die Reifung der sensorischen Organisation der posturalen Kontrolle im Detail vonstatten geht.

2.2 Effekte von Gleichgewichtstraining

Um die Relevanz der Integration von Gleichgewichtstraining in den Turnunterricht und der Anwendung optimaler Testmethoden, die in der folgenden Studie untersucht werden, zu verdeutlichen, soll ein Überblick über die zahlreichen Effekte von Gleichgewichtstraining gegeben werden:

2.2.1 Gleichgewichtsfähigkeit

Obwohl bis anhin vermehrt Studien die Verbesserung der posturalen Kontrolle durch Gleichgewichtstraining bei älteren Menschen aufzeigen, wurde dieser Effekt auch bei Kindern untersucht (Granacher et al., 2011a). So führte beispielsweise ein vierwöchiges Gleichgewichtstraining bei gesunden Kindern im Alter von 6-7 Jahren zu tendenziell geringeren Schwankwegen auf einer Gleichgewichtsplattform. Als Begründung, weshalb lediglich von Tendenzen und nicht von signifikanten Ergebnissen gesprochen werden

kann, werden die Unreife des Gleichgewichtssystems genannt, wie auch Defizite im Aufmerksamkeitsfokus (Granacher et al., 2011b). Wirft man nämlich einen Blick auf die Entwicklung der Aufmerksamkeit, wird ersichtlich, dass diese in umgekehrter U-Form verläuft. Während die Aufmerksamkeit sich bis zu Beginn des Erwachsenenalters stets noch in Entwicklung befindet, ist im späteren Erwachsensein wiederum eine Verschlechterung zu verzeichnen (Humboldt-Universität zu Berlin, n.d.). Inwiefern die Aufmerksamkeit bei der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes eine Rolle spielt, wurde unter anderem in der Studie von Morioka, Hi Yamizu und Yagi (2005) analysiert. Durch die Untersuchung kamen sie zu der Schlussfolgerung, dass höhere Gehirnfunktionen, wie die Aufmerksamkeit, die posturale Kontrolle signifikant beeinflussen (Morioka et al., 2005). So wird ersichtlich, dass die sich bei Kindern entsprechend noch in Entwicklung befindende Aufmerksamkeitsleistung bei der Messung des Gleichgewichtes möglicherweise einen Einfluss hat.

Nebst dieser Studie von Granacher et al. (2011b) widmeten sich weitere Studien dieser Thematik. So konnten Donath et al. (2013) bei Primarschulkindern aufzeigen, dass durch ein 10minütiges tägliches Training auf einer Slackline während insgesamt 6 Wochen eine verbesserte Slackline-Gleichgewichtsfähigkeit erzielt werden kann. Während Donath et al. (2013) entsprechend die Effekte von Slackline-Training untersuchten, widmeten sich Muehlbauer, Kuehnen und Granacher (2013) den Effekten von Inline Skating auf die Gleichgewichtsfähigkeit. Hierbei wurden 20 Kinder im Alter von 11-12 Jahren entweder einer Kontroll- oder einer Interventionsgruppe zugeteilt. Die Kinder der Interventionsgruppe absolvierten während einem Monat jeweils zweimal pro Woche ein Inline Skating Training. Die Ergebnisse zeigten, dass bei der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikante Verbesserung des Gleichgewichtes resultierte. Schliesslich wurde auch das Eislaufen als Möglichkeit zur Förderung der posturalen Kontrolle bei Kindern untersucht (Keller, Röttger & Taube, 2014). Während in dieser Studie die Interventionsgruppe acht Eislauftrainings absolvierte, nahm die Kontrollgruppe am üblichen Sportunterricht teil. Sowohl vor wie auch nach der Interventionsphase wurden alle Probanden bei statischen und dynamischen Gleichgewichtsübungen getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass lediglich bei der Interventionsgruppe eine Verbesserung der Gleichgewichtsleistung zu verzeichnen ist.

Diese Studien verdeutlichen, dass Verbesserungen der posturalen Kontrolle durch Gleichgewichtstraining auch bei Kindern erzielt werden können.

2.2.2 Leistungsfähigkeit der Muskulatur

Weiter kann durch Gleichgewichtstraining eine leistungsfähigere Muskulatur resultieren. Dies zeigt sich durch eine bessere Sprungleistungsfähigkeit (Taube et al., 2007), wie in einem Anstieg der Explosivkraft (Gruber et al., 2007).

Sprungleistungsfähigkeit:

In der Zwischenzeit existieren bereits zahlreiche Studien, die sich mit dem Effekt von Gleichgewichtstraining auf die Sprungleistungsfähigkeit auseinandersetzen. So wurde in der Untersuchung von Taube et al. (2007), bei welcher Athleten während sechs Wochen entweder Gleichgewichtstraining oder Krafttraining absolvierten, festgestellt, dass beide Trainingsmethoden zu einer besseren Sprungleistungsfähigkeit führen.

Explosivkraft:

Möchte eine Verbesserung der Explosivkraft erzielt werden, haben Forschungen gezeigt, dass dies nicht nur über Krafttraining erreicht werden kann, sondern auch durch Gleichgewichtstraining (Gruber et al., 2007). So konnte in der Studie von Gruber et al. (2007) festgestellt werden, dass nach einem vierwöchigen Gleichgewichtstraining ebenfalls ein signifikanter Anstieg der Explosivkraft resultierte. Dies eröffnet somit die Möglichkeit, die Explosivkraft etwas variabler zu trainieren.

2.2.3 Prävention

Obwohl der Epidemiologie von Sportverletzungen bei Kindern und Jugendlichen in der Forschung bis anhin wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde, existieren dennoch Studien, welche die Effektivität von Verletzungsprävention im Kinder- und Jugendsport genauer unter die Lupe nehmen (Caine, D., Maffuli & Caine, C., 2008). So verglich beispielsweise Wedderkopp et al. im Jahre 2003 ein Programm, welches lediglich Krafttraining beinhaltete, mit einem Trainingsprogramm, das aus Krafttraining und integriertem Gleichgewichtstraining bestand. Als Untersuchungsgruppe fungierten jugendliche Handballerinnen aus insgesamt 16 Teams. Die Handballerinnen, welche am Programm mit integriertem Gleichgewichtstraining teilnahmen, zeigten signifikant

weniger moderate und gravierende Verletzungen. So konnte mithilfe der Studie gezeigt werden, dass durch Gleichgewichtstraining eine signifikant geringere Anzahl von Verletzungen bewirkt werden kann. Diesen Befund bestätigten Hübscher et al. (2010) in ihrem Review, in welchem sie sieben hochwertige Studien analysierten und zur Erkenntnis kamen, dass sich bei Ballsportarten Gleichgewichtstraining als besonders wirkungsvoll erweist in der Prävention von Sprunggelenk- und Knieverletzungen bei Jugendlichen und jungen Athleten. Nebst dem Befund, dass Gleichgewichtstraining zur Minderung der Auftretenshäufigkeit gewisser Verletzungen beitragen kann, wurde des Weiteren festgestellt, dass durch Gleichgewichtstraining auch dem Wiederauftreten von Verletzungen vorgebeugt werden kann (Verhagen et al., 2004). Es ist anzumerken, dass es sich bei den Probanden der hier erwähnten Studien in der Regel um Jugendliche handelt. Studien, die Gleichgewichtstraining und Prävention bei jüngeren Kindern untersuchen, sind bis anhin noch ausstehend.

Welche Mechanismen dazu führen, dass Gleichgewichtstraining einen präventiven Charakter aufweist, wird in der Literatur rege diskutiert. Während Gruber, Bruhn und Gollhofer (2006) in Erwägung ziehen, dass es durch verbesserte spinale Reflexabläufe zur Reduktion von Verletzungen kommt, erklären andere die Verletzungsreduktion durch eine verbesserte Sensorik (Panics et al., 2008). Wird zusätzlich die Studie von Thacker et al. (1999) hinzugezogen, wird ersichtlich, dass die beiden zuvor erwähnten Ansätze etwas in Frage gestellt werden müssen. So konnte gezeigt werden, dass spinale Reflexantworten bei Traumata, die ziemlich rasch ablaufen, eine Latenz aufweisen, die kürzer sein müsste, um überhaupt eine protektive Wirkung herbeiführen zu können (Thacker et al., 1999). Taube (2013) vermutet daher, dass der protektive Charakter von Gleichgewichtstraining einem so genannten Feedforward-Mechanismus zuzuschreiben ist. Durch das Training der posturalen Kontrolle würde eine allgemeine Optimierung der Bewegungsausführung resultieren, wobei es erst gar nicht mehr zur Einnahme ungünstiger Gelenkpositionen käme. Prävention erfolgt gemäss Taube (2013) somit davor (feedforward).

2.2.4 Rehabilitation

Bereits im Jahre 1965 (Freeman, Dean & Hanham, 1965) wurden Untersuchungen angestellt, die Aufschluss geben sollten, ob Gleichgewichtstraining auch in der

Rehabilitation einen nutzbringenden Effekt hat. Patienten mit Verstauchungen am Fuss wurden zufällig drei unterschiedlichen Behandlungsarten zugeteilt. Während bei der ersten Behandlungsart der Fuss ruhig gestellt wurde, erhielten die Patienten der zweiten Behandlungsart Physiotherapie. Die dritte Behandlungsart hingegen bestand in Physiotherapie mit zusätzlichem Gleichgewichtstraining. Die Resultate zeigten, dass sich besonders die dritte Behandlungsart mit integriertem Gleichgewichtstraining von den anderen beiden abhebt. Bei dieser Behandlungsart ist nicht nur eine geringere Auftretenshäufigkeit von propriozeptivem Defizit ersichtlich, sondern auch die funktionale Instabilität des Fusses tritt in verminderter Häufigkeit auf (Freeman et al. 1965). Nebst Freeman et al. (1965) bestätigten auch andere Studien, dass Gleichgewichtstraining in der Rehabilitation nutzbringende Effekte mit sich bringt (Henriksson, Ledin & Good, 2001).

2.2.5 Reduktion von Nackenschmerzen

Leidet ein Kind beispielsweise an Nackenschmerzen, besteht darüber hinaus die Möglichkeit, diese durch Gleichgewichtstraining zu vermindern (Beinert & Taube, 2013). Zu dieser Erkenntnis gelangten Beinert und Taube (2013) durch ihre Untersuchung, in welcher sie Probanden während fünf Wochen ein Gleichgewichtstraining absolvieren liessen. Sowohl vor wie auch nach dieser fünfwöchigen Intervention, wurde die Schmerzempfindlichkeit des Nackens bei der Trainings- und der Kontrollgruppe erhoben. Die Resultate zeigten, dass nach dem Gleichgewichtstraining bei der Trainingsgruppe eine signifikante Reduktion der Nackenschmerzen resultierte, was somit verdeutlichte, dass sich Gleichgewichtstraining nebst den anderen Effekten auch zur Reduktion von Nackenschmerzen eignet.

Durch die Auflistung der zahlreichen Effekte von Gleichgewichtstraining wird ersichtlich, dass Gleichgewichtstraining im Leistungssport, im Fitness- und Gesundheitssport, zur Sturzprophylaxe, in der Rehabilitation sowie im Kinder- und Jugendsport, welches im Zentrum der vorliegenden Studie steht, angewendet werden kann.

Ein weiterer Aspekt, weshalb Gleichgewichtstraining nebst den oben erwähnten positiven Effekten ein fundamentaler Bestandteil jedes Sportunterrichtes sein sollte, bezieht sich indes auf einen methodischen Aspekt. So kann Gleichgewichtstraining entweder im Plenum mit der ganzen Klasse durchgeführt werden oder aber in

Kleingruppen (Eils et al., 2010; Verhagen et al., 2004). Paarweises Arbeiten bietet sich gemäss Steib, Pfeifer und Zech (2014) besonders an, da hierbei die zweite Person Hilfestellung leisten kann und dadurch die Sicherheit gewährleistet wird. Ruft man sich zudem die zu erreichenden Kompetenzen ins Gedächtnis, welche als Ziele des Sport- und Bewegungsunterrichtes gelten, wird ersichtlich, dass durch das Kooperieren der Kinder bei den Gleichgewichtsaufgaben gleichzeitig deren Sozialkompetenz mitgefördert wird (Bundesamt für Sport BASPO, 2010).

2.3 Bestehende Prinzipien zur Untersuchung der posturalen Kontrolle

Durch die vielen Untersuchungen, die bereits in der vorliegenden Arbeit Erwähnung fanden, wird ersichtlich, dass die posturale Kontrolle Forschungsgegenstand zahlreicher Studien darstellt. So kam es im Laufe der Zeit zur Entwicklung von verschiedensten Methoden und Techniken zur Bestimmung der Gleichgewichtsfähigkeit (Paillard & Noé, 2015). Dies führte dazu, dass bei der Auswahl geeigneter Testmethoden oftmals das eigentliche Ziel der Testung, die Probanden, wie auch die Umgebungsbedingungen in Vergessenheit geraten sind und bei der Wahl keine Berücksichtigung fanden (Paillard & Noé, 2015). Da es keinen Goldstandard zur Bewertung der Gleichgewichtsfähigkeit gibt (Berg et al., 1992; Sibley et al., 2015), soll das folgende Kapitel einen Überblick über die momentan häufig verwendeten Techniken und Methoden geben. Eingeteilt wird das Kapitel in nicht-instrumentelle Tests und instrumentelle Tests, weil die folgende Studie darauf abzielt, einen Vergleich von Tests im Sportunterricht (nicht-instrumentelle Tests) und standardisierter Tests (instrumentelle Tests) anzustellen. Obwohl oftmals proklamiert wird, dass sich standardisierte Tests im Labor dadurch auszeichnen, dass sie in der Lage sind, Störvariablen besser zu kontrollieren und somit über eine hohe interne Validität verfügen, konnte gezeigt werden, dass Versuchsleitereffekte und andere Einflüsse auch bei Experimenten im Labor auftreten können. Auf der anderen Seite hingegen müssen Untersuchungen im Feld nicht immer direkt über eine hohe externe Validität verfügen, da auch dort die Versuchsleute in die Umgebung eindringen und die Natürlichkeit dadurch verzerrt werden kann (Schnell, Hill & Esser, 2013).

2.3.1 Nicht-instrumentelle Tests

Einfache, nicht-instrumentelle Tests werden bei älteren Menschen oft zur Bestimmung der posturalen Kontrolle und des Sturzrisikos angewendet. Gleichgewichtstests für Menschen mit Krankheiten existieren dagegen in geringerem Ausmass (Paillard & Noé, 2015). Zu den bekannten nicht-instrumentellen Tests zur Bestimmung der posturalen Kontrolle in diesen beiden Bereichen gehören beispielsweise die Berg Balance Scale (Berg et al., 1992), der „Get Up and Go“ Test (Mathias, Nayak & Isaacs, 1986), das Performance-Oriented Mobility Assessment (Tinetti, Williams & Mayewski, 1986), die Unified Balance Scale (La Porta et al., 2011) und der Mini Balance Evaluation Systems Test (Franchignoni et al., 2010). Mit dem Ziel, eine grössere Standardisierung bei der Beurteilung des Gleichgewichtes zu erreichen, kamen Sibley et al. (2015) zu der Empfehlung, dass sich besonders die Berg Balance Scale und der Mini Balance Evaluation System Test zur Bewertung der posturalen Kontrolle bewährt haben.

Die **Berg Balance Scale** beinhaltet 14 Aktivitäten, welche mit einer Punktzahl von 0 bis 4 bewertet werden (Abb. 1). Verfügt ein Proband über eine sehr gute posturale Kontrolle, kann er entsprechend insgesamt 56 Punkte erreichen. Jedoch ist hier anzumerken, dass sich die entsprechende Skala besonders bei Patienten, die neurologische Defizite aufweisen, eignet (Schädler, 2007). Bei der Durchführung dieses Tests mit gesunden Kindern oder Erwachsenen, würde vermutlich oftmals die Maximalpunktzahl erreicht werden.

Nummer und Kurztitel des Items		Bewertung 0 – 4
1	Vom Sitzen zum Stehen	
2	Stehen ohne Unterstützung	
3	Sitzen ohne Unterstützung	
4	Vom Stehen zum Sitzen	
5	Transfers	
6	Stehen mit geschlossenen Augen	
7	Stehen mit Füßen dicht nebeneinander (enger Fußstand)	
8	Mit ausgestrecktem Arm nach vorne reichen/langen	
9	Gegenstand vom Boden aufheben	
10	Sich umdrehen, um nach hinten zu schauen	
11	Sich um 360° drehen	
12	Abwechselnd die Füße auf eine Fußbank stellen	
13	Stehen mit einem Fuß vor dem anderen (Tandemstand)	
14	Auf einem Bein stehen (Einbeinstand)	
Summe der Punkte		

Abb. 1: Die 14 Items der Berg Balance Scale (Schädler, 2007, S. 41)

Weshalb sich gerade die Berg Balance Scale als empfehlenswertes Messverfahren zur Beurteilung des Gleichgewichtes etabliert hat, ist mehreren Aspekten zuzuschreiben. So haben Untersuchungen gezeigt, dass die Resultate der Berg Balance Scale mit Messungen auf der Kraftmessplatte übereinstimmen (Sabchu, Bento & Rodacki, 2012). Es wird betont, dass dieser Test entsprechend misst, was es zu messen beabsichtigt (Schädler, 2007).

Der **Mini Balance Evaluation System Test** besteht hingegen ebenfalls aus 14 Items. Der Fokus dieses Tests liegt auf der Beurteilung des dynamischen Gleichgewichtes bei Erwachsenen (Franchignoni et al., 2010).

Grundsätzlich wird bei der Gleichgewichtsfähigkeit zwischen dem statischen und dem dynamischen Gleichgewicht unterschieden. Beim statischen Gleichgewicht besteht die Aufgabe in der Minimierung von Schwankungen, wohingegen das dynamische Gleichgewicht durch selbst initiierte Störungen gekennzeichnet ist (Przysucha, Trap &

Zerpa, 2016). So haben besonders Kinder, deren statisches Gleichgewicht Mängel aufweist, Mühe im Stand oder beim Sitzen eine ruhige Position einzunehmen. Verfügen sie über ein schlechtes dynamisches Gleichgewicht, kommt es oftmals zur Vermeidung von wilden Bewegungen (Goddard Blythe, 2013). Ob das statische und dynamische Gleichgewicht korrelieren, ermittelten Drowatzky und Zuccato (1967) in ihrer Studie und kamen zum Schluss, dass ihre Messungen des statischen und dynamischen Gleichgewichtes nicht denselben Faktor messen. Manche Studien proklamieren zudem, dass sowohl das statische wie auch das dynamische Gleichgewicht im Alter von 7 bis 10 Jahren das Erwachsenenlevel erreichen (Cook & Woollacott, 2001, zitiert nach Przysucha et al., 2016, S.2). Diese Aussage ist jedoch mit Vorsicht zu genießen, konnte doch im Kapitel „Entwicklung im Lebensalter“ aufgezeigt werden, dass die Meinungen, wann die posturale Kontrolle das Erwachsenenlevel erreicht, stark divergieren und hier weitere Forschung notwendig ist, um Klarheit zu schaffen. Zudem wurde zunächst angenommen, dass das Gleichgewicht, vor allem das statische Gleichgewicht, ohne spezifische Aufmerksamkeitslenkung abläuft, sondern durch Automatisierung gekennzeichnet ist (Przysucha et al., 2016). Studien beweisen jedoch das Gegenteil (Morioka et al., 2005; Huxhold et al., 2006).

Die 14 Items des Mini Balance Evaluation System Tests, welche entsprechend das dynamische Gleichgewicht fokussieren, sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Der Test kennzeichnet sich insbesondere durch seine hohe Inhaltsvalidität aus. Denn einige der 14 Items sind Bestandteil bekannter anderer Gleichgewichtstests (Franchignoni et al., 2010). Werden die Items beispielsweise mit der Berg Balance Scale von vornherein verglichen, fällt auf, dass das erste Item von der Berg Balance Scale herrührt.

Tab. 1: Items aus dem Mini Balance Evaluation System Test (Mod. nach Franchignoni et al., 2010, S. 324)

Die 14 Items des Mini Balance Evaluation System Test	
1. Sit to Stand	8. Stance Eyes Closed, foam surface
2. Rise to Toes	9. Incline – Eyes Closed
3. Stand on One Leg	10. Change in Gait Speed

4. Stepping forward	11. Walk with Head Turns – Horizontal
5. Stepping backward	12. Walk with Pivot Turns
6. Lateral stepping	13. Step over Obstacles
7. Stance Eyes Open(feet together)	14. Get Up and Go

Die erwähnten Tests sind jedoch mehrheitlich auf die Erkennung möglicher Dysfunktionen oder Erkrankungen bei Erwachsenen ausgerichtet und weniger zur Beurteilung der posturalen Kontrolle einer homogenen Gruppe geeignet. Tests, die hingegen die Gleichgewichtsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen untersuchen, sind vielfach in so genannten Motorik- und Fitnesstests zu finden. Zu den Motorik- und Fitnesstests, welche eine Bewertung des Gleichgewichts beinhalten, gehören unter anderem der Motoriktest für 4-6 jährige Kinder (Zimmer & Volkamer, 1987), der Eurofit (Council of Europe, Committee for the Development of Sport, 1993), das Motorik Modul (Bös et al., 2004), der Körperkoordinationstest für Kinder (Kiphard & Schilling, 2007) und der Deutsche Motorik-Test 6 bis 18 (Bös et al., 2009).

Tab. 2: Motorik- und Fitnesstests, welche eine Bewertung des Gleichgewichts beinhalten

Testbatterie	Gleichgewichts-Untertest	Beschreibung
Motoriktest für 4-6 jährige Kinder (Zimmer & Volkamer, 1987)	- Balancieren vw.	- 0 Punkte werden vergeben bei keinem erfolgreichen Versuch - 1 Punkt bei einem erfolgreichen Versuch - 2 Punkte bei zwei erfolgreichen Versuchen
	- Balancieren rw.	
Eurofit (Council of Europe, Committee for the Development of Sport, 1993)	- Flamingo balance	- 50cm langer Balken, (4cm hoch; 3cm breit) - Ziel: während einer Minute im Einbeinstand auf dem Balken balancieren - Gezählt werden die Anzahl Versuche, um diese Position eine Minute lang halten zu können

<p>Motorik Modul (Bös et al., 2004)</p>	- Einbeinstand	<ul style="list-style-type: none"> - 40 cm langer Balken (7cm hoch; 3cm breit) - Ziel: während einer Minute im Einbeinstand auf dem Balken stehen - Gezählt werden die Anzahl Bodenberührungen mit dem in der Luft haltenden Bein
	- Balancieren rw.	<ul style="list-style-type: none"> - 3m langer Balken (5cm hoch; 3, 4.5 und 6 cm breit) - Ziel: pro Balkenbreite jeweils 2x rückwärts den Balken überqueren - gezählt werden die Anzahl Schritte auf dem Balken bis 8 Schritte erreicht sind oder das Kind mit einem Fuss den Boden berührt hat
<p>Körperkoordinationstest für Kinder (Kiphard & Schilling, 2007)</p>	- Balancieren rw.	<ul style="list-style-type: none"> - 3m langer Balken (5cm hoch; 3, 4.5 und 6cm breit) - Ziel: pro Balkenbreite jeweils 3x rückwärts den Balken überqueren - gezählt werden die Anzahl Schritte auf dem Balken bis 8 Schritte erreicht sind oder das Kind mit einem Fuss den Boden berührt hat
<p>Testbatterie für Rekrutierungsoffiziere und Sportexperten (Wyss et al., 2007)</p>	- Einbeinstand	<ul style="list-style-type: none"> - der Einbeinstand wird eingenommen - Ziel: während 60s den Einbeinstand halten; nach 10s müssen die Augen geschlossen, nach weiteren 10s der Kopf zusätzlich in den Nacken gelegt werden - gemessen wird die Zeit, bis der Einbeinstand nicht mehr gehalten werden kann oder eine Minute erreicht ist
<p>Deutscher Motorik-Test 6 bis 18 (Bös et al., 2009)</p>	- Balancieren rw.	<ul style="list-style-type: none"> - 3m langer Balken (5cm hoch; 3, 4.5 und 6cm breit) - Ziel: pro Balkenbreite jeweils 2x rückwärts den Balken überqueren - gezählt werden die Anzahl Schritte auf dem Balken bis 8 Schritte erreicht sind oder das Kind mit einem Fuss den Boden berührt hat

Bei der Analyse der Tests aus Tabelle 2 fällt auf, dass das Balancieren rückwärts und vorwärts auf unterschiedlich breiten Unterstützungsflächen sowie der Einbeinstand rege Verwendung finden. So schreibt auch Bös (2001), dass der Einbeinstand in zahlreichen Testbatterien zu finden ist. Bei der Erklärung, weshalb die Testbatterie für Rekrutierungsoffiziere und Sportexperten den Einbeinstand enthält, wird unter anderem auf den wissenschaftlichen Beleg der Zuverlässigkeit des Einbeinstandes verwiesen (Bundesamt für Sport BASPO, 2013). Wurde doch die Fitness-Testbatterie im Jahre 2007 auf deren Durchführbarkeit, Validität und Wiederholbarkeit untersucht (Wyss et al., 2007).

2.3.2 Instrumentelle Tests

Da es den Feldtests oftmals an Objektivität mangelt, widmeten sich einige Autoren der Entwicklung von Tests, bei denen mittels quantitativer Verfahren das Gleichgewicht ermittelt wird (Bös, 2001). So kam es zu Beginn der achtziger Jahre zunehmend zur Anwendung von Kraftmessplatten, um die Gleichgewichtsfähigkeit zu bestimmen (Jansen, Larsen & Mogens, 1982). Aus diesen ersten Entwicklungen heraus ergab sich im Laufe der Zeit die Generierung zahlreicher weiterer instrumenteller Testverfahren. Diese zielen darauf ab, entweder die Veränderungen des Körperschwerpunktes in der Horizontalebene zu erfassen (Center of Gravity, COG) oder den Druckmittelpunkt auf der unterstützenden Fläche zu bestimmen (Center of pressure, COP) (Bös, 2001). Beim COP handelt es sich jedoch um den meistgemessenen Parameter zur Bestimmung der posturalen Kontrolle (Duarte & Freitas, 2010).

Kraftmessplatten gehören allgemein zu den weit verbreitetsten instrumentellen Messverfahren zur Eruierung des Gleichgewichts (Paillard & Noé, 2015). Dass es sich hierbei gar um eines der geeignetsten Messgeräte zur Bewertung der posturalen Kontrolle handelt, begründen Browne und O'Hare (2001) dahingehend, dass es in der Lage ist, bereits kleine Veränderungen in der Fähigkeit, das Gleichgewicht zu halten, festzustellen. In der Literatur wird die Kraftmessplatte zur Bestimmung des Balancevermögens deshalb oft als Goldstandard bezeichnet (Huurnink et al., 2013). Kraftmessplatten bestehen aus einer stabilen Platte, welche auf der Unterseite mit Lastsensoren versehen ist (Paillard & Noé, 2015). Diese sind in der Lage vier Aspekte der Gleichgewichtsfähigkeit zu messen. Dabei handelt es sich um die posturale

Stabilität, die Symmetrie, die dynamische Stabilität, wie auch das dynamische Gleichgewicht. Während die posturale Stabilität die Fähigkeit darstellt, in einer möglichst ruhigen Position verharren zu können, gibt die Symmetrie an, wie die Körpermasse auf die beiden Beine aufgeteilt ist. Bei der dynamischen Stabilität geht es um die Messung der Fähigkeit, sich möglichst weit nach vorne, hinten oder auf die Seite zu lehnen, ohne Verlust des Gleichgewichtes. Schliesslich stellt das dynamische Gleichgewicht die Fähigkeit dar, auf Störungen von aussen zu reagieren (Bös, 2001).

Als weiteres einfaches Messverfahren zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit fungiert der so genannte **Posturomed** (Boeer et al., 2010). Beim Posturomed handelt es sich um eine freischwingende Plattform, welche an vier Ecken fixiert ist. Bewegungen in alle Richtungen der Transversalebene werden somit möglich. Durch das Messgerät erfolgt die Erfassung der Bewegungen der Plattform. Eine Software zur Erfassung der Messdaten hält den Weg, welche die Platte zurücklegt, fest. Dieser gibt schliesslich Aufschluss über das Balancevermögen des entsprechenden Probanden. Zusätzlich verfügt der Posturomed über eine so genannte Auslenkvorrichtung, mit welcher Störungen des Standes nachgeahmt werden können (Müller et al., 2004).

Nebst diesem kinetischen Messgerät zur Messung der posturalen Kontrolle, existieren auch kinematische Messsysteme, die die Gleichgewichtsfähigkeit erfassen. Als Alternative zu der herkömmlichen Kraftmessplatte, verweisen Studien auf preiswerte **Beschleunigungsmesser**, die auf dem Körper getragen werden und so posturale Schwankungen messen (Mancini et al., 2012).

Des Weiteren können auch so genannte **Elektrogoniometer** am Fussgelenk und an der Hüfte befestigt werden und somit über die Erfassung von Winkelverschiebungen in den Gelenken Aufschluss über das Gleichgewicht geben (Oullier et al., 2002). Hier wird jedoch darauf verwiesen, dass sich die Elektrogoniometer bei statischen Gleichgewichtsaufgaben bei gesunden Probanden weniger als Messverfahren eignen (Paillard & Noé, 2015).

Teilweise kommen auch **Laserverschiebungssensoren** zum Zuge, um die Gleichgewichtsfähigkeit zu untersuchen (Masani et al., 2014). Diese zeichnen sich besonders durch ihre Genauigkeit in der Messung von Winkelverschiebungen aus (Aramaki et al., 2001).

Nebst den kinematischen und kinetischen Messverfahren greifen manche Studien auch auf das Verfahren der Elektromyography (EMG) zurück, um die Gleichgewichtsfähigkeit zu analysieren (Paillard & Noé, 2015).

Am Ende dieses Kapitels angelangt, wird ersichtlich, dass es bezüglich der Messbarkeit der posturalen Kontrolle weiterer Forschung bedarf. Einerseits bestehen zahlreiche nicht-instrumentelle Tests, mithilfe derer die Gleichgewichtsfähigkeit nur grob beurteilt werden kann. Diesen Tests stehen hingegen instrumentelle Verfahren gegenüber, deren Objektivierung und Standardisierung bis anhin nur begrenzt möglich ist (Bös, 2001).

Vergleiche nicht-instrumenteller Tests mit instrumentellen Tests wurden bei Erwachsenen bereits angestellt. So konnten beispielsweise gute Korrelationen zwischen Feldtests und der Kraftmessplatte festgestellt werden (Sabchu et al., 2012). Inwieweit sich aber die Anwendung instrumenteller Tests zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit bei Kindern eignet, ist fraglich. Insbesondere wenn man bedenkt, dass die Kinder noch nicht über dieselben Gleichgewichtsstrategien verfügen wie die Erwachsenen (Barozzi et al., 2014; Peterson et al., 2006). Somit stellt sich die Frage, ob Kinder bei nicht-instrumentellen Tests ebenfalls dieselben Resultate erzielen, wie bei instrumentellen Tests. Da dies bis anhin Gegenstand keiner Studie darstellte, nimmt sich die vorliegende Studie diesem Vergleich an.

3 Konkretisierte Fragestellung

Das Ziel der folgenden Arbeit besteht im Vergleich der Gleichgewichtsfähigkeit von Kindern bei Tests im Sportunterricht und bei standardisierten Tests. Die daraus resultierenden wissenschaftlichen Hypothesen lauten wie folgt:

H0: Die im Sportunterricht gemessene Gleichgewichtsfähigkeit der Kinder unterscheidet sich signifikant von der Gleichgewichtsfähigkeit, die anhand standardisierter Tests erhoben wurde.

H1: Die im Sportunterricht gemessene Gleichgewichtsfähigkeit der Kinder unterscheidet sich nicht signifikant von der Gleichgewichtsfähigkeit, die anhand standardisierter Tests erfolgt sind.

4 Methodik

Um die Gleichgewichtsfähigkeit bei Kindern der 2. und 6. Primarklasse sowohl im Sportunterricht wie auch bei standardisierten Tests untersuchen und vergleichen zu können, wurden Tests ausgewählt und entwickelt, die sich an der entsprechenden Altersgruppe orientieren. Da bei diesen Gleichgewichtstests das Risiko, dass ein Kind hinfällt, gemäss Erfahrung sehr gering ist und mit spezifischen Massnahmen zusätzlich vermindert werden kann, wurde die Untersuchung als ethisch unbedenklich eingeordnet.

4.1 Untersuchungsdesign

Anhand einer Querschnittstudie soll die Gleichgewichtsfähigkeit der Kinder einer 2. und einer 6. Primarklasse sowohl bei Tests im Sportunterricht wie auch bei standardisierten Tests untersucht und verglichen werden. Während bei den Tests im Sportunterricht sowohl qualitative wie auch quantitative Datenerhebungsverfahren Verwendung fanden, erfolgten die standardisierten Tests mittels quantitativer Messgeräte.

4.2 Untersuchungsteilnehmer

Als Probanden dieser Studie fungierten eine zweite und eine sechste Primarklasse. Aus der zweiten Primarklasse nahmen insgesamt 20 Kinder im Alter zwischen 7-9 Jahren teil. Das Alter der Probanden aus der 6. Klasse belief sich auf 12-14 Jahre, wobei ebenfalls eine Teilnehmerzahl von 20 erreicht wurde. So umfasste die Studie insgesamt 40 Untersuchungsteilnehmer. Die Eltern aller Probanden wurden im Voraus über die Einzelheiten der Studie informiert und deren schriftliche Einverständniserklärung eingeholt. Zudem hat das Amt für deutschsprachigen obligatorischen Unterricht (DOA) des Kantons Fribourg die Durchführung der Studie an Schulen bewilligt.

Tab. 3: Probandenkollektiv

Probanden (n=40)		Anzahl		
		Total	Weiblich	Männlich
Klasse	2. Klasse	20	9	11
	6. Klasse	20	9	11
	Gesamt	40	18	22

4.3 Untersuchungsverfahren

Die Gleichgewichtsfähigkeit der Kinder wurde anhand nicht-instrumenteller Tests im Sportunterricht sowie mittels standardisierter Tests untersucht. Während sich die Tests im Sportunterricht sowohl qualitativer wie auch quantitativer Messverfahren bedienen, fanden bei den standardisierten Tests mittels Posturomed und der Kraftmessplatte quantitative Messverfahren Anwendung. Nach Erläuterungen zur Testauswahl werden im Anschluss alle durchgeführten Tests im Detail beschrieben.

4.3.1 Testauswahl

Einen Überblick über die durchgeführten Tests liefern die Tabelle 4 und 5. Da die Studie darauf abzielt, die Gleichgewichtsfähigkeit von Kindern bei Tests im Sportunterricht und bei standardisierten Tests zu vergleichen, galt es zunächst zu entscheiden, welche standardisierten Tests zur Bewertung des Gleichgewichts herangezogen werden. Obwohl im Kapitel „Instrumentelle Tests“ ersichtlich wird, dass bis anhin eine Vielzahl standardisierter Tests entwickelt wurde, fällt auf, dass sich besonders die Kraftmessplatte als Messverfahren etabliert hat und in der Literatur oftmals gar als Goldstandard bezeichnet wird (Huurnink et al., 2013). Aus diesem Grund stellt in der folgenden Studie die Kraftmessplatte eines von zwei instrumentellen Testverfahren zur Eruierung des Gleichgewichtes dar. Als zweites Messverfahren dient der Posturomed. Da die Kraftmessplatte über eine stabile Unterstützungsfläche verfügt, sollte das zweite Messverfahren durch Labilität geprägt sein. Zudem zeichnet sich der Posturomed durch seinen integrierten Auslenkmechanismus aus, wodurch Standstörungen simuliert werden können (Müller et al., 2004). Ausserdem fand dieses Messverfahren in den letzten Jahren in mehreren Studien Verwendung (Taube et al., 2010; Keller et al., 2014). Durch Kombination dieser beiden Messgeräte erfolgt somit die Eruierung des Gleichgewichts sowohl auf stabiler als auch auf labiler Unterstützungsfläche.

Tab. 4: Kurzbeschreibung der standardisierten Tests

Test (Kurzbeschreibung)	Unterstützungsfläche	statisch/dynamisch
Kraftmessplatte	stabil	statisch
1. Rombergtest		
2. Tandemstand		
3. Einbeinstand		
Posturomed	labil	dynamisch
1. Beidbeinig		
2. Einbeinig		
3. Einbeinig mit Auslenkung		

Waren die Tests für die standardisierte Eruiierung des Gleichgewichtes fixiert, lag die Schwierigkeit im Anschluss darin, Tests zu finden oder gar zu entwickeln, die die Gleichgewichtsfähigkeit der Kinder im Sportunterricht möglichst exakt bestimmen. In Anlehnung an die standardisierten Tests wurde bei der Auswahl darauf geachtet, dass sowohl auf labilen, wie auch auf stabilen Unterstützungsflächen getestet wurde. Wie bereits Schmid et al. (2007) als wichtiges Kriterium zur Testauswahl festgelegt haben, sollen bei den Tests im Sportunterricht alle Kinder in der Lage sein, einen Teil der Aufgabe ausführen zu können. Schmid et al. (2007) fügen hier das Beispiel an, dass sich zur Testung der Kraftausdauer „Klimmzüge“ nicht eignen, weil zahlreiche Kinder nicht imstande sind, lediglich einen einzigen Klimmzug zu tätigen. Weiter wurde bei der Auswahl und Entwicklung der Tests im Sportunterricht darauf geachtet, dass die Durchführung in einer normal eingerichteten Turnhalle ohne zusätzliches Organisieren weiterer Utensilien möglich ist.

Auf der Basis dieser Kriterien und durch die Erkenntnis im vorangehenden Kapitel, dass das Balancieren rückwärts und vorwärts auf unterschiedlich breiten Unterstützungsflächen zur Eruiierung der posturalen Kontrolle rege Verwendung findet, wurde das Balancieren auf umgedrehter Langbank in dieser Studie als erster Feldtest definiert. Als Orientierungshilfe dieses Tests diene der Körperkoordinationstest für Kinder (KTK), welcher seit über 30 Jahren in zahlreichen Studien Verwendung findet

und sich bewährt hat (Kiphard & Schilling, 2007). Ein Untertest des KTK stellt das „Rückwärts Balancieren“ dar. Da bei diesem Untertest jedoch Balancierbalken von unterschiedlicher Breite verwendet werden, war eine direkte Übernahme dieses Testes nicht möglich. Adaptionen waren erforderlich, um den Test für die Anwendung im Sportunterricht tauglich zu machen. Die vorliegende Studie soll somit aufzeigen, ob mittels einer Langbank, welche in jeder normal ausgestatteten Turnhalle vorhanden sein sollte, ebenfalls exakte Daten bezüglich der Gleichgewichtsfähigkeit bei Kindern im Schulunterricht generiert werden können.

Durch das Balancieren auf einer umgedrehten Langbank bereits ein Test mit stabiler Unterstützungsfläche geschaffen, rückte der Einbeinstand als weiterer möglicher Gleichgewichtstest im Schulunterricht in den Fokus. Wie im vorangehenden Kapitel beschrieben, zeichnet sich dieser besonders durch seine Zuverlässigkeit aus (Bundesamt für Sport BASPO, 2013). Ein weiterer Aspekt, weshalb dieser Test in die Testbatterie aufgenommen wurde, liegt in der Durchführbarkeit. Da lediglich ein Gymnastikreif sowie eine Stoppuhr notwendig sind, kann der Test somit in jeder Turnhalle durchgeführt werden.

Da nun bereits zwei Tests auf stabiler Unterstützungsfläche stattfinden, sollte der dritte Test durch Labilität geprägt sein. In der Literatur werden Gleichgewichtstrainings auf instabilem Untergrund beispielsweise mittels Matten, Kippbrettern, Kreisel oder Kissen durchgeführt (Abb. 2)(Gruber et al., 2007). Da aber solche nicht in jeder Turnhalle anzutreffen sind, stellt sich eine Testung auf solchen Geräten im Turnunterricht als weniger geeignet dar. Aus diesem Grund kam es zur Konzipierung eines eigenen Tests, der als „Wackelbank“ betitelt wurde.



Abb. 2: Gleichgewichtstraining auf instabilem Untergrund (aus Gruber et al., 2007, S. 275, veränderte Wiedergabe)

Dabei handelt es sich um eine Langbank, die am einen Ende an Ringen fixiert in der Luft hängt und somit sehr labil ist (Abb. 3). Als Ausgangslage diente der zuvor erwähnte Einbeinstand aus der Fitness-Testbatterie für Rekrutierungsoffiziere und Sportexperten (Bundesamt für Sport BASPO, 2009). Durch Adaptation und Verlagerung des Tests von einer stabilen Unterstützungsfläche auf eine labile Langbank, resultierte schliesslich der Test „Wackelbank“. Ob sich dieser Test zur Eruierung der Gleichgewichtsfähigkeit sowohl bei 2. und 6. Klässler der Primarstufe eignet, darüber soll nun die vorliegende Studie Aufschluss geben.



Abb. 3: Wackelbank

Als letzter Test wurde der „Gleichgewichtsparcours“ in die Testbatterie aufgenommen. Da besonders im Sportunterricht die Notengebung oft anhand reiner Beobachtung erfolgt, soll dieser Test zeigen, ob die Bewertung der Gleichgewichtsfähigkeit im Unterricht durch Beobachtung ähnliche Resultate liefert, wie die Bewertung mittels standardisierter Verfahren. Der Gleichgewichtsparcours wurde so konzipiert, dass eine Mischung aus stabiler und labiler Unterstützungsfläche resultierte.

Tab. 5: Kurzbeschreibung der Feldtests

Test (Kurzbeschreibung)	Unterstützungsfläche	dynamisch/statisch
1. Balancieren auf umgedrehter Langbank	stabil	dynamisch
2. Einbeinstand	stabil	statisch
3. Wackelbank	labil	dynamisch
4. Gleichgewichtsparcours	stabil und labil	dynamisch

4.3.2 Testbeschreibung

Standardisierte Tests

Die standardisierten Tests erfolgen auf der Kraftmessplatte und auf dem Posturomed. Pro Messgerät werden von den Probanden drei unterschiedliche Aufgaben ausgeführt, welche alle ohne Schuhwerk zu bewerkstelligen sind. Zudem hat jeder Proband jeweils zwei Versuche pro Testbedingung, welche jeweils 15 Sekunden andauern.

Kraftmessplatte

In der folgenden Studie wurden auf einer 508*464mm Kraftmessplatte (OR6-7 force platform, Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA) die Schwankungen des COP eruiert. Wie im vorangehenden Kapitel erklärt, handelt es sich hierbei um den meistgemessenen Parameter zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit (Duarte & Freitas, 2010)



Abb. 4: Kraftmessplatte (Prophysics AG, n.d.)

Beim Messgerät „Kraftmessplatte“ erwarteten die Kinder wiederum drei unterschiedliche Aufgabenstellungen. Alle der drei Aufgaben wurden mit offenen Augen durchgeführt.

1) **Rombergstand**

Bei der ersten Aufgabe wurden die Kinder aufgefordert, mit geschlossenen Beinen auf die Kraftmessplatte zu stehen und die Arme an den Hüften zu fixieren. Die Aufgabe bestand darin, 2x während 15 Sekunden in dieser Position zu verharren. Der Blick war auf den gekennzeichneten Punkt an der Wand gerichtet.



2) **Tandemstand**

Die Kinder wurden angewiesen, beide Füße hintereinander zu stellen und die Arme an den Hüften zu fixieren. Von Relevanz war, dass die Spitze des hinteren Fusses mit der Ferse des vorderen Fusses in Berührung stand. Der Blick war wiederum auf den gekennzeichneten Punkt an der Wand gerichtet.



3) **Einbeinstand rechts**

Die Kinder wurden angewiesen, während 15 Sekunden möglichst ruhig auf der Kraftmessplatte im Einbeinstand stehen zu bleiben, den Blick ebenfalls auf den gekennzeichneten Punkt an der Wand gerichtet. Die Arme konnten frei bewegt werden.



Posturomed

Wie bereits im Kapitel „Instrumentelle Tests“ beschrieben, erfasst der Posturomed (Haider, Bioswing, Pullenreuth, Germany) die Bewegungen der Plattform, welche von einer Software generiert werden. Diese Daten geben schliesslich Auskunft über das Balancevermögen des entsprechenden Probanden. Mit der integrierten Auslenkvorrichtung besteht gar die Möglichkeit Perturbationen auszulösen (Müller et al., 2004).

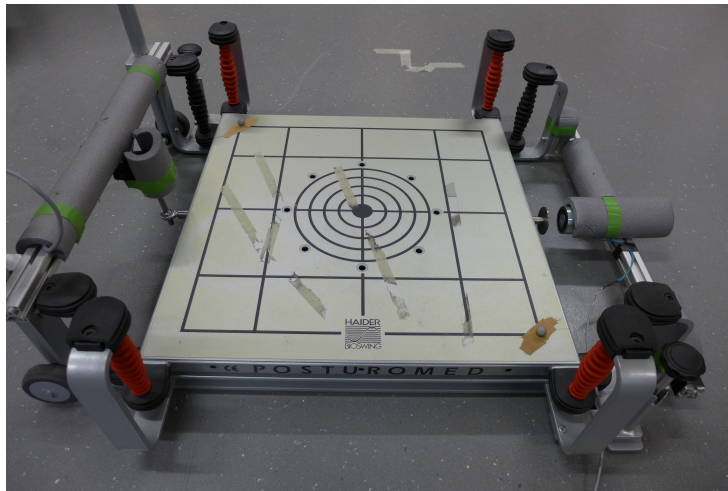


Abb. 5: Messgerät „Posturomed“

Beim Messgerät „Posturomed“ erwarteten die Kinder drei unterschiedliche Aufgabenstellungen:

1) Beidbeiniger Stand:

Bei der ersten Aufgabe wurden die Kinder aufgefordert, im beidbeinigen Stand während 15 Sekunden möglichst ruhig auf dem Gerät zu balancieren und gleichzeitig mit den Augen einen vor ihnen an der Wand gekennzeichneten Punkt zu fixieren. Die Arme mussten hinter dem Rücken verschränkt sein.

2) Einbeiniger Stand:

Als zweite Aufgabe fungierte der Einbeinstand. Hierbei wurden die Kinder aufgefordert, während 15 Sekunden auf dem rechten Bein zu stehen. Die Arme konnten hierbei frei bewegt werden. Der Blick war wiederum auf den gekennzeichneten Punkt an der Wand gerichtet.

3) Einbeiniger Stand mit Auslenkung:

Bei der dritten Aufgabenstellung wurde die Plattform arretiert und die Kinder positionierten sich wiederum im Einbeinstand rechts auf der Plattform. Auf ein Kommando hin, löst der Versuchsleiter die Arretierung, worauf die Plattform ins Schwingen geriet. Die Aufgabe des Kindes bestand nun darin, die Plattform während 15 Sekunden möglichst rasch nach der Perturbation wieder in einer ruhigen Position zu balancieren.

Tests im Sportunterricht

Im folgenden Abschnitt wird die Testdurchführung der Feldtests im Detail beschrieben, um eine optimale Ausgangslage für die Auswertung und Diskussion dieser Studie zu gewährleisten. Wie bei den standardisierten Tests absolvierten die Probanden jede Aufgabe zweimal.

Balancieren auf umgedrehter Langbank

Die Aufgabe dieses Tests bestand darin, die umgedrehte Langbank drei Mal unter unterschiedlichen Bedingungen zu überqueren. Da die 6. Klasse im Vergleich zu der 2. Klasse im Entwicklungsverlauf bereits etwas fortgeschritten ist, wurden deren Bedingungen etwas angepasst. So haben die Probanden die Langbank wie folgt zu überqueren:

Tab. 6: Überquerungsbedingungen der zwei Untersuchungsklassen

Drei Überquerungen	2. Klasse	6. Klasse
1. Überquerung	vorwärts	rückwärts
2. Überquerung	rückwärts	vorwärts mit geschlossenen Augen
3. Überquerung	vorwärts mit geschlossenen Augen	rückwärts mit geschlossenen Augen

Der Versuchsleiter demonstrierte die drei unterschiedlichen Überquerungen. Im Anschluss daran durften die Probanden den Balken gemäss der ersten Bedingung einmalig ohne Schuhwerk überqueren. Nach diesem Übungsdurchgang startete der Test. Ein Fuss wurde auf den Balken gestellt und sobald der zweite Fuss ebenfalls platziert war, wurde bewertet. Bei der 2. Klasse wurden die Anzahl Schritte gezählt, bis mit einem Fuss der Boden berührt oder beim „Rückwärts Balancieren“ die Augen geöffnet wurden.



Während die 2. Klasse ihre Arme zur Aufrechterhaltung der Balance verwenden durfte, galt es bei der 6. Klasse bei allen drei Überquerungen die Arme hinter dem Rücken verschränkt zu halten. Somit wurde bei dieser Klasse die Anzahl Schritte gezählt, bis mit einem Fuss der Boden berührt, die Augen geöffnet oder die Arme hinter dem Rücken gelöst wurden. Acht Schritte stellten pro Überquerung das Maximum dar. Die Ergebnisse der drei Überquerungen wurden addiert.

Die bessere Gesamtsumme der zwei Versuche mündete schliesslich in die Endauswertung ein.

Abb. 6: Feldtest 1 – Balancieren auf umgedrehter Langbank

Einbeinstand

Da es sich beim Test „Einbeinstand“ um einen Untertest der Fitness-Testbatterie für Rekrutierungsoffiziere und Sportexperten handelt, wurde dieser auch gemäss deren Weisungen durchgeführt (Bundesamt für Sport BASPO, 2009). So mussten die Probanden einen Fuss in die Mitte des Reifens stellen und die exakte Einbeinstand-Position einnehmen, welche den Weisungen zu entnehmen ist. Verharnte der Proband nach 20 Sekunden noch in dieser Position, hatte er die Augen zu schliessen. Stand der Proband nach 40 Sekunden noch in gleicher Position, wurde er schliesslich angewiesen, den Kopf mit geschlossenen Augen nach hinten in den Nacken zu neigen. Gemessen wurde die Zeit, bis der Proband das Gleichgewicht verlor, sprich die Einbeinstand-Position verlassen wurde. 60 Sekunden galten als das Maximum, wobei die Zeit mit einer Genauigkeit von 0.01 gemessen wurde. Ein Probeversuch stand den Probanden bei diesem Test nicht zu. Getestet wurde auf dem rechten Bein. In die Endauswertung gelangte schlussendlich der bessere Wert der zwei Versuche.

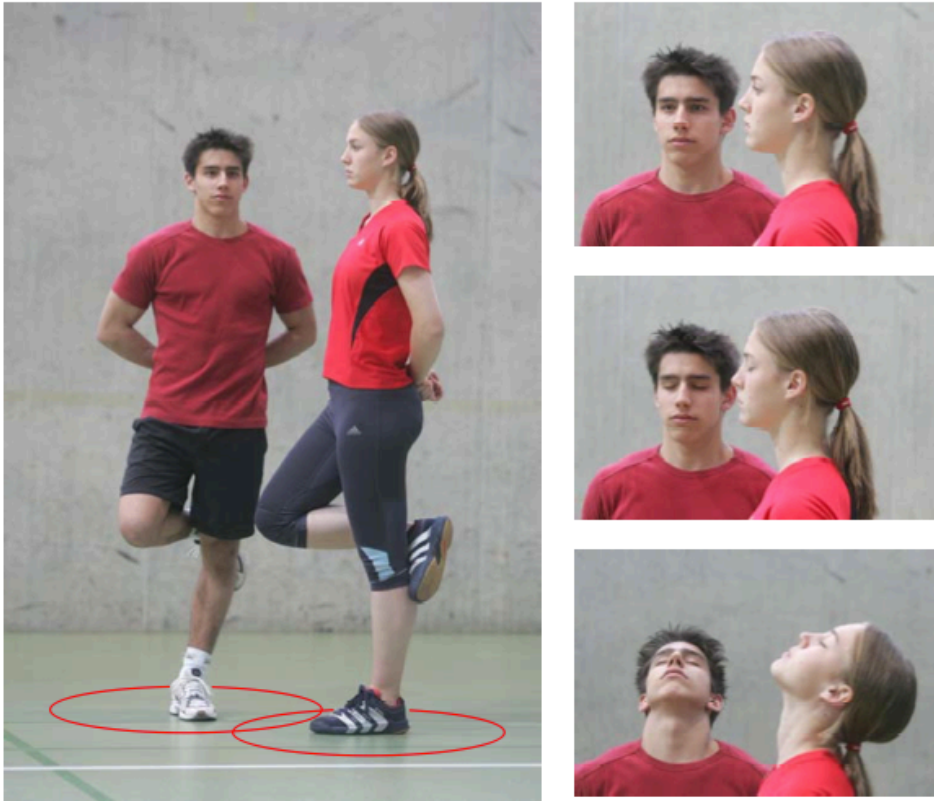


Abb. 7: Feldtest 2 – Einbeinstand der Rekrutierung (Bundesamt für Sport BASPO, 2009, S. 9)

Wackelbank

Da es sich hierbei um einen selbst entwickelten Test handelt, bedarf es zur Nachvollziehbarkeit einer detaillierteren Beschreibung. Wie aus der Abbildung 3 hervorgeht, wurde bei diesem Test eine Langbank an einem Ende an den Ringen fixiert, während diese mit dem anderen Ende am Boden auflag. Rundherum war das Areal zur Sicherheit der Probanden mit diversen Matten bestückt. Durch die einseitige Befestigung an den Ringen, war das Stehen auf der Langbank von Labilität geprägt. Die Probanden begaben sich an den markierten Punkt am oberen Ende der in der Luft taumelnden Langbank. In beidbeiniger Position bereit, mit den Armen hinter dem Rücken verschränkt, schlossen die Probanden auf ein Startsignal hin die Augen. Befand sich der Proband nach 20 Sekunden stets noch in dieser Position, konnte er die Augen öffnen und die Einbeinstand-Position einnehmen. Beim Standfuss handelte es sich bei diesem Test stets um den rechten Fuss. Der linke Fuss wurde an die Kniekehle des rechten Beines gehalten. Die Arme konnten frei bewegt werden. Verharnte der Proband nach weiteren 20 Sekunden immer noch in dieser Position, wurde er schliesslich angewiesen,

für weitere 20 Sekunden die Augen zu schliessen. Gemessen wurde wiederum die Zeit, bis der Proband das Gleichgewicht verlor. Nach 60 Sekunden wurde der Test abgebrochen und der Proband hatte die Maximalpunktzahl erreicht. Wenn die Augen geöffnet wurden oder der Proband von der Langbank fiel, wurde beim beidbeinigen Stand abgebrochen. Beim Einbeinstand mit offenen Augen wurde die Zeit gestoppt, wenn der linke Fuss keinen Kontakt mehr zur rechten Kniekehle hatte, Hilfe benötigt wurde, oder der Proband von der Bank fiel. Bei geschlossenen Augen kam schliesslich als weiteres Abbruchkriterium das Öffnen der Augen hinzu. Wie bereits im Kapitel zuvor erwähnt, orientierte sich der folgende Test am Einbeinstand der Rekrutierung, weshalb die Weisungen hier teilweise ähnlich lauten (Bundesamt für Sport BASPO, 2009).



a)



b)



c)

Abb. 8: Test 3 – Wackelbank: a) beidbeiniger Stand mit geschlossenen Augen; b) einbeiniger Stand mit offenen Augen; c) einbeiniger Stand mit geschlossenen Augen.

Jeder Proband absolvierte den Test zweimal, wobei der bessere Wert in die Endauswertung mündete.

Gleichgewichtsparcours

Beim letzten Feldtest handelt es sich um die Beobachtung der Probanden beim Absolvieren eines Gleichgewichtsparcours. Bei der Zusammenstellung des Parcours wurde darauf geachtet, dass sowohl stabile, wie auch labile Unterstützungsflächen geboten wurden, um unterschiedliche Aspekte der Gleichgewichtsfähigkeit abzudecken.



Abb. 9: Test 4 – Gleichgewichtsparcours

Der Parcours bestand aus insgesamt sechs Teilen. Gestartet wurde auf der rechten Seite der Halle bei der vollkommen in der Luft baumelnden Langbank. Der Proband begab sich vorsichtig auf die Bank und versuchte diese vorwärts zu überqueren. Wurde die Bank, welche durch Labilität in alle Richtungen der Horizontalen geprägt ist, überwunden, galt es die Hindernisse auf der breiten Langbank zu überqueren und die schmale umgedrehte Langbank rückwärts zu überqueren. War dies geschafft, bestand die Aufgabe darin, entlang dem ausgelegten Seil zu balancieren ohne den Hallenboden zu berühren. Auf der Matte angelangt, stand die Überquerung der umgekehrten Langbank bevor, welche mit Holzstäben unterlegt war. Damit die Langbank nicht wegrollen konnte, wurde sie vorne und hinten durch Matten gesichert. Schliesslich galt es soweit wie möglich von links nach rechts über die Reckstange zu balancieren und als Abschluss das wackelige Kastenoberteil, welches mit Bällen unterlegt war, zu passieren. Zwei Beobachter beobachteten den Probanden und bewerteten dessen Gleichgewichtsfähigkeit mit einer Punktzahl von 0 - 20.

4.4 Untersuchungsdurchführung

Für die Durchführung der standardisierten Tests wurde pro Klasse ein Tag eingeplant. Am Tag der Erhebung konnte dies entsprechend so umgesetzt werden. Die Kinder absolvierten einzeln während 20 Minuten die Tests auf dem Posturomed und der Kraftmessplatte. Ein Versuchsleiter war für den Posturomed verantwortlich, ein anderer für die Kraftmessplatte. Es wurde darauf geachtet, dass jedem Kind die Aufgabenstellung verständlich erklärt und demonstriert wurde, um für alle die gleiche Ausgangslage zu schaffen. Durchgeführt wurden die zwei standardisierten Tests in zwei voneinander getrennten Räumen, die lediglich mit dem Versuchsmaterial ausgestattet waren. Somit konnten ideale Versuchsbedingungen geschaffen werden. Anzumerken ist lediglich, dass beim Posturomed die Testung mit Perturbation aufgrund des lauten Knalls bei der Lösung der Arretierung vielen Kinder ein wenig Angst bereitete.

Die Durchführung der Tests im Sportunterricht erfolgte entsprechend in der Turnhalle. Pro Turnstunde erfolgte die Erhebung jeweils eines Testes. Dabei waren stets zwei Versuchsleiter vor Ort. Im Vorfeld wurden beide Versuchsleiter über die Durchführung der Tests genauestens informiert und instruiert. Obwohl die Durchführung der Tests jeweils in einer Ecke der Turnhalle stattfand, ist anzumerken, dass der Lärmpegel im Vergleich zu den standardisierten Tests entsprechend höher war und somit die Tests sicherlich grössere Anforderungen an die Aufmerksamkeitsleistung stellten.

Zu Beginn der Untersuchungen wurde stets sichergestellt, dass die Kinder in gesundem Zustand sind und über keine Verletzungen oder andere Behinderungen verfügten. Offene Fragen wurden im Vorfeld geklärt.

4.5 Untersuchungsauswertung

Da bei der Untersuchung sowohl qualitative wie auch quantitative Datenerhebungsverfahren zum Zuge kamen, wurde beim Vergleich auf das Verfahren der „Rangkorrelation“ zurückgegriffen. Anhand zweier Rangreihen ist somit deren Übereinstimmung statistisch testbar. Die statistischen Auswertungen erfolgten im Excel und mittels SPSS, wobei das Signifikanzniveau bei $p < 0.05$ liegt.

5 Resultate

Die Resultate für die 2. und 6. Klasse werden gesondert dargestellt und diskutiert. Wie aus den Tabellen 7 und 8 zu entnehmen ist, wurde ein Vergleich von jedem standardisierten Test mit jedem Feldtest angestellt. Daraus ergaben sich pro Klasse insgesamt 30 Korrelationen.

2. Klasse

Beim Vergleich der Gleichgewichtsfähigkeit der 2. Klasse beim standardisierten Test Test „Posturomed: einbeinig“ mit dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“ wurde ein signifikanter Zusammenhang mit einem r-Wert von 0.577 und einem p-Wert von 0.008 festgestellt. Ebenfalls signifikante Werte waren zwischen dem standardisierten Test „Posturomed: Auslenkung“ und dem Feldtest „Wackelbank“ zu verzeichnen. Der r-Wert belief sich bei diesem Vergleich auf 0.674 mit einem p-Wert von 0.002. Die Werte aller Vergleiche der 2. Klasse sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Tab. 7: Korrelationsmatrix der standardisierten Tests und der Feldtests der 2. Klasse

Korrelationen			Feldtests									
			Balancieren auf umgedrehter Langbank		Einbeinstand		Wackelbank		Beobachter 1		Beobachter 2	
			r-Wert	p-Wert	r-Wert	p-Wert	r-Wert	p-Wert	r-Wert	p-Wert	r-Wert	p-Wert
Standardisierte Tests	Kraftmessplatte	Rombergtest	0.124	0.601	-0.217	0.359	0.067	0.786	-0.242	0.304	-0.030	0.900
		Tandemstand	-0.099	0.679	-0.156	0.510	-0.018	0.943	-0.021	0.930	0.170	0.474
		Einbeinstand	0.103	0.667	0.143	0.548	0.326	0.173	0.182	0.443	0.305	0.191
	Posturomed	beidbeinig	0.425	0.062	-0.060	0.802	0.388	0.101	0.000	1.000	0.068	0.775
		einbeinig	0.577**	0.008	0.289	0.217	0.389	0.100	0.154	0.516	0.308	0.187
		Auslenkung	0.378	0.111	0.135	0.581	0.674**	0.002	0.274	0.257	0.311	0.196

**p < 0.05

Auf dem unten dargestellten Scatterplot wird ersichtlich, dass es sich beim standardisierten Test „Posturomed: einbeinig“ und dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“ um einen statistisch signifikant positiven mittleren Zusammenhang handelt.

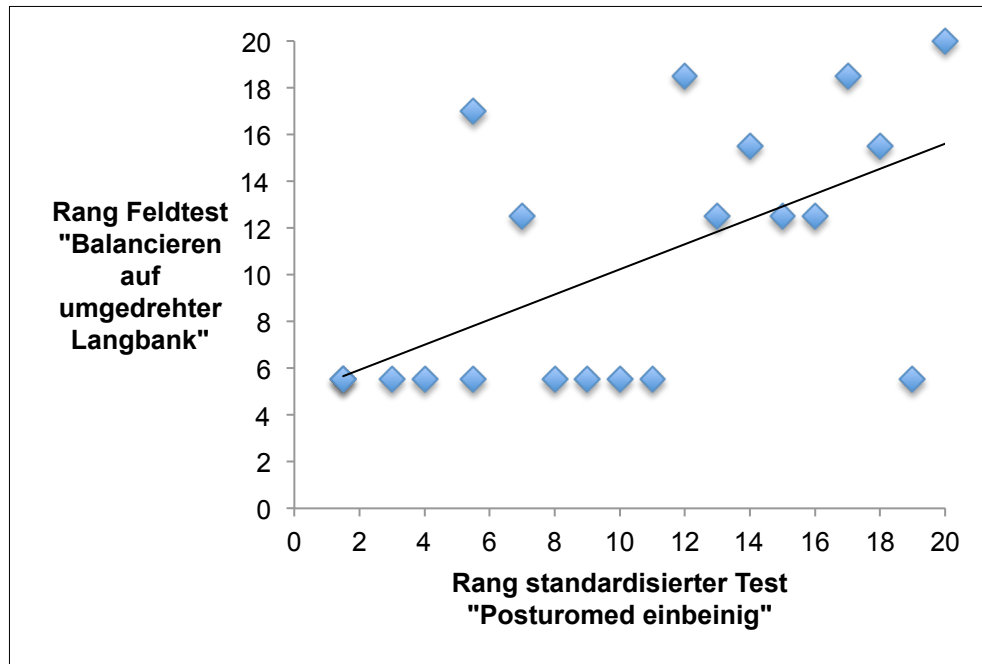


Abb. 10: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Posturomed: einbeinig“ und dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“

Der mittlere positive Zusammenhang von 0.674 zwischen dem standardisierten Test „Posturomed: Auslenkung“ und dem Feldtest „Wackelbank“ hingegen wird im nachfolgenden Scatterplot verdeutlicht (Abb. 11).

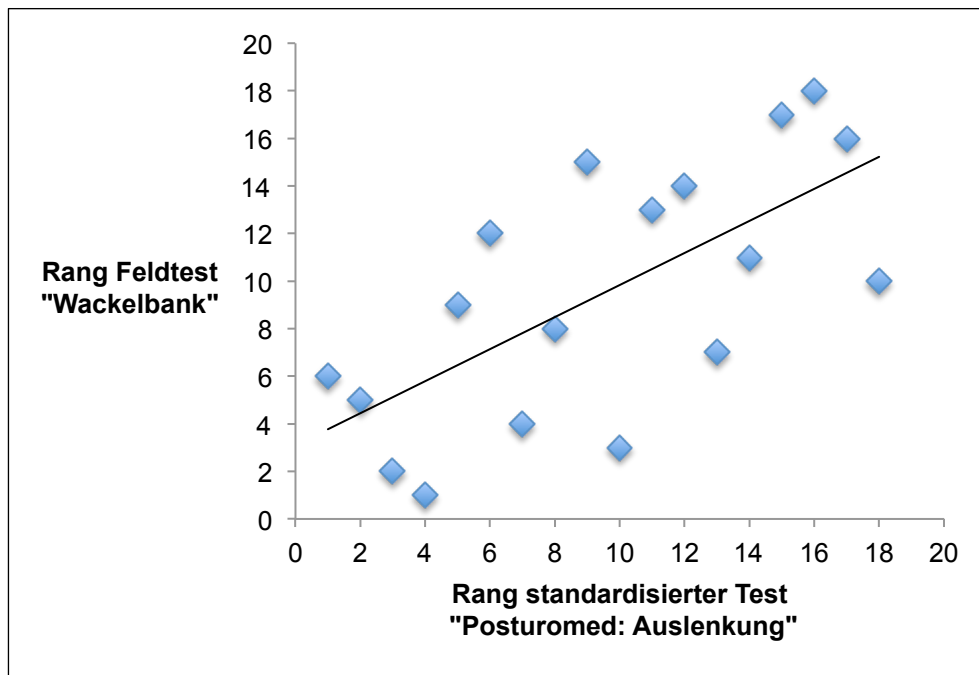


Abb. 11: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Posturomed: Auslenkung“ und dem Feldtest „Wackelbank“

6. Klasse

Bei der 6. Klasse hingegen waren insgesamt drei signifikante Korrelationen zu verzeichnen.

Zunächst wurde ein Zusammenhang mit einem r-Wert von 0.572 und einem p-Wert von 0.010 zwischen dem standardisierten Test „Kraftmessplatte: Einbeinstand“ und dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“ gefunden. Weiter scheint der standardisierte Test „Posturomed: einbeinig“ ebenfalls mit dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“ mit einem r-Wert von 0.578 und einem p-Wert von 0.010 zu korrelieren. Schliesslich ergab sich ebenfalls ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem standardisierten Test „Posturomed: Auslenkung“ und dem Feldtest „Beobachter 2“. Hier beträgt der r-Wert 0.483 und der p-Wert 0.031. Die Werte aller Vergleiche der 6. Klasse sind der Tabelle 8 zu entnehmen. Bei allen drei signifikanten Korrelationen handelt es sich um positive mittlere Zusammenhänge.

Tab. 8: Korrelationsmatrix der standardisierten Tests und der Feldtests der 6. Klasse

Korrelationen			Feldtests									
			Balancieren auf umgedrehter Langbank		Einbeinstand		Wackelbank		Beobachter 1		Beobachter 2	
			r-Wert	p-Wert	r-Wert	p-Wert	r-Wert	p-Wert	r-Wert	p-Wert	r-Wert	p-Wert
Standardisierte Tests	Kraftmessplatte	Rombergtest	0.189	0.439	0.060	0.801	-0.059	0.811	-0.429	0.059	-0.236	0.317
		Tandemstand	-0.050	0.840	-0.245	0.298	-0.059	0.811	-0.159	0.502	0.054	0.821
		Einbeinstand	0.572**	0.010	0.156	0.510	0.346	0.147	0.064	0.787	0.348	0.133
	Posturomed	beidbeinig	0.228	0.348	0.065	0.785	0.001	0.997	-0.264	0.262	-0.034	0.888
		einbeinig	0.578**	0.010	0.159	0.502	0.449	0.054	0.205	0.385	0.403	0.078
		Auslenkung	0.004	0.989	0.379	0.099	0.354	0.137	0.147	0.536	0.483**	0.031

**p < 0.05

Zur Veranschaulichung wurden die drei signifikanten positiven Korrelationen wiederum mittels Scatterplots dargestellt:

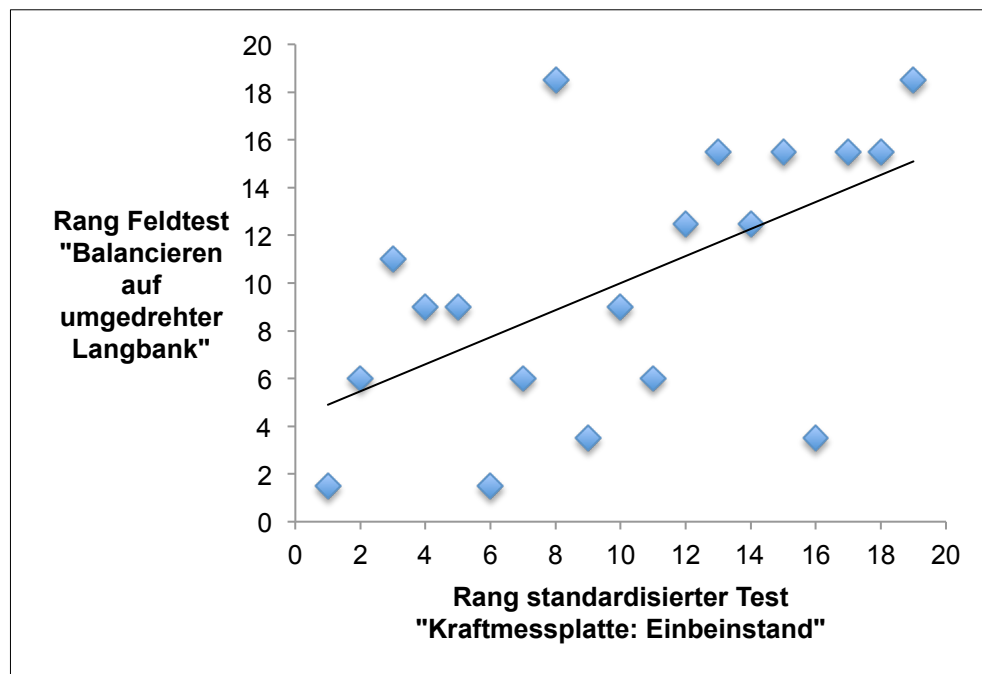


Abb. 12: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Kraftmessplatte: Einbeinstand“ und dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“

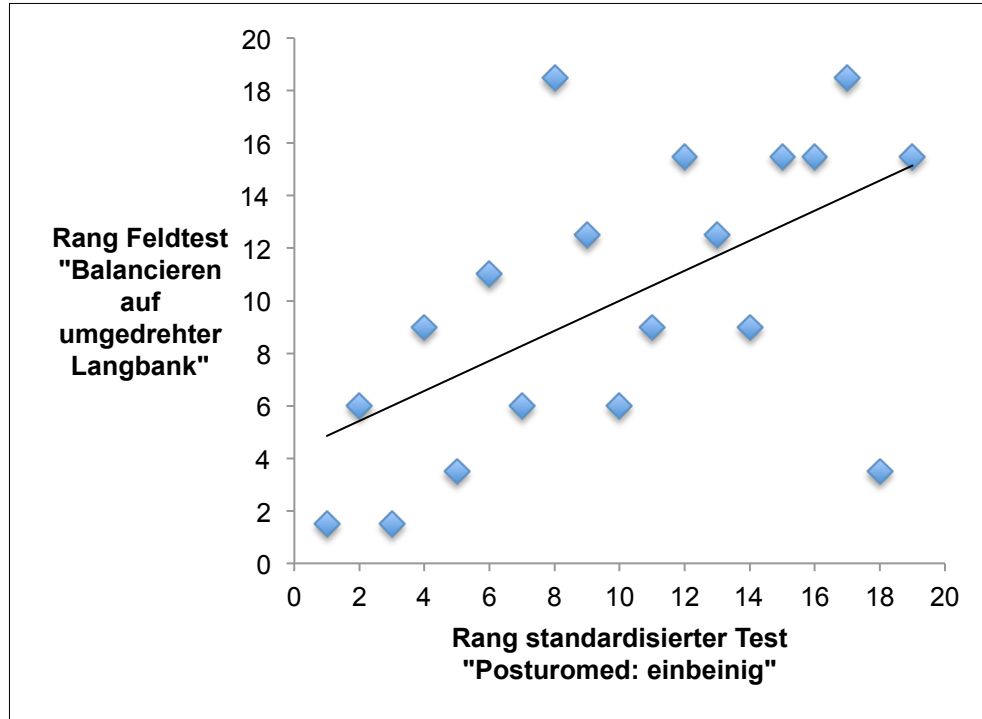


Abb. 13: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Posturomed: einbeinig“ und dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“

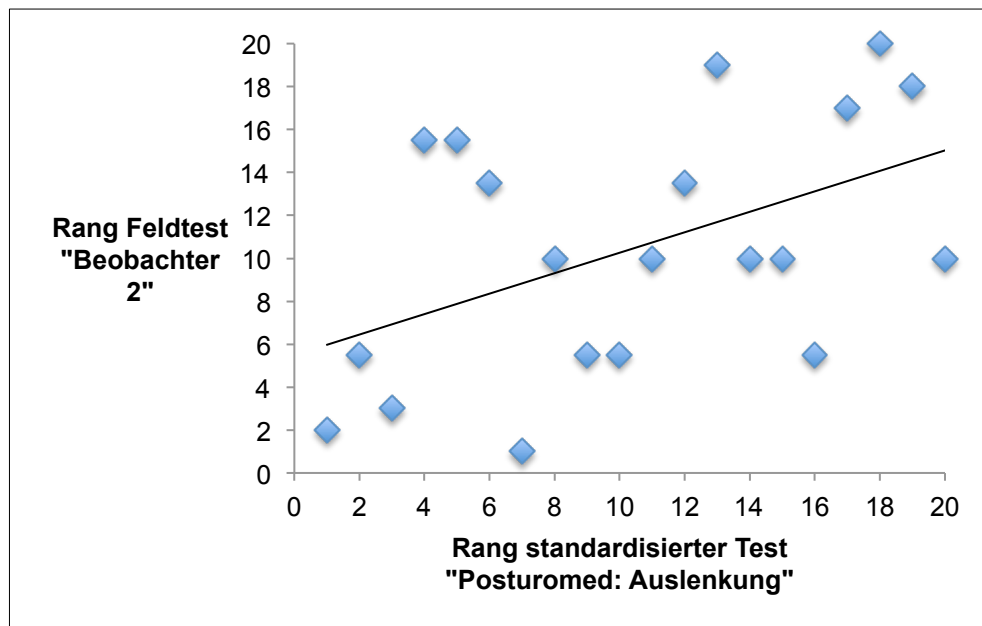


Abb. 14: Scatterplot des Vergleiches des standardisierten Tests „Posturomed: Auslenkung“ und dem Feldtest „Beobachtung 2“

6 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die zahlreichen nutzbringenden Effekte von Gleichgewichtstraining, die zuvor eingehend diskutiert wurden, sowie die schlechtere Balanceleistung im frühen Erwachsenenalter und die verzeichneten Leistungsrückgänge in den letzten Jahren, verdeutlichen die Notwendigkeit der Förderung und Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit bei Kindern im Sportunterricht. Da Schulen in der Regel nicht über die notwendigen Ressourcen zur Durchführung von standardisierten Gleichgewichtstests verfügen, stellt sich somit die Frage, inwieweit sich die Resultate von Tests im Sportunterricht von solchen standardisierter Tests unterscheiden. Die Resultate der vorliegenden Studie ermöglichen nun erstmals den Vergleich der Gleichgewichtsfähigkeit von Schulkindern (2. und 6. Primarklasse) bei standardisierten Tests und Tests im Sportunterricht.

6.1 Diskussion

Beim Vergleich der standardisierten Tests mit den Tests im Sportunterricht konnten insgesamt fünf signifikante Zusammenhänge festgestellt werden. Während bei der 2. Klasse zwei signifikante Korrelationen resultierten, waren es bei der 6. Klasse gar drei. Ins Auge sticht bei der Analyse besonders der Vergleich zwischen dem standardisierten Test „Posturomed: einbeinig“ und dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“. Hierbei war sowohl bei der 2. als auch bei der 6. Klasse ein signifikanter Zusammenhang zu verzeichnen. Der grösste signifikante Zusammenhang zwischen einem standardisierten Test und einem Feldtest wurde indes zwischen dem „Posturomed: Auslenkung einbeinig“ und dem Feldtest „Wackelbank“ mit einem r-Wert von 0.674 und einem p-Wert von 0.002 beobachtet.

6.1.1 Wie sind die signifikanten Zusammenhänge zu begründen?

Zusammenhang 1: Posturomed: einbeinig und Balancieren auf umgedrehter Langbank

Test (Kurzbeschreibung)	Unterstützungsfläche	dynamisch/statisch
Posturomed: einbeinig	labil	dynamisch
Balancieren auf umgedrehter Langbank	stabil	dynamisch

Wird ein Blick auf die Kurzbeschreibung geworfen, wird ersichtlich dass es sich bei beiden um dynamische Gleichgewichtstests handelt. Diese Übereinstimmung scheint relevant, wurde doch bei der Untersuchung von Drowatzky und Zuccato (1967) festgestellt, dass Messungen des statischen und dynamischen Gleichgewichtes nicht denselben Faktor zu messen scheinen. So waren in ihrer Studie lediglich kleine Korrelationen zwischen statischen und dynamischen Messungen bei Kindern zu verzeichnen. Muehlbauer, Kuehnen & Granacher (2013) weisen indes darauf hin, dass die Regulierung des statischen und dynamischen Gleichgewichtes möglicherweise durch unterschiedliche Mechanismen auf neuronaler Ebene erfolgt.

Obwohl zwar der standardisierte Test durch Labilität geprägt ist und hingegen das Balancieren auf umgedrehter Langbank über eine stabile Unterstützungsfläche verfügt, scheinen die beiden Tests denselben Faktor zu messen. Vergleicht man die Tests im Detail miteinander, fällt auf, dass beim Überqueren der umgedrehten Langbank beim Tätigen eines Schrittes stets für kurze Zeit auf einem Bein balanciert werden muss, bis der Fuss wiederum vor oder hinter dem anderen abgesetzt werden kann. Erscheinen die beiden Tests auf den ersten Blick entsprechend ziemlich unabhängig voneinander, sind durch die genauere Betrachtung relevante Gemeinsamkeiten auszumachen, die den signifikanten Zusammenhang sowohl bei der 2. wie auch bei der 6. Klasse plausibel erscheinen lassen.

Zusammenhang 2: Posturomed: Auslenkung und Wackelbank

Test (Kurzbeschreibung)	Unterstützungsfläche	dynamisch/statisch
Posturomed: Auslenkung einbeinig	labil	dynamisch
Wackelbank	labil	dynamisch

Den grössten signifikanten Zusammenhang war indes bei der 2. Klasse zwischen dem standardisierten Test „Posturomed: Auslenkung einbeinig“ und dem selbst konzipierten Feldtest „Wackelbank“ zu verzeichnen mit einem r-Wert von 0.674 und einem p-Wert von 0.002.

Einen Hinweis auf die Ähnlichkeit der beiden Messverfahren liefert bereits der oben aufgelistete Kurzbeschrieb. Beide Testverfahren sind durch Labilität geprägt. Während es sich beim Posturomed um eine freischwingende Plattform handelt, welche an vier

Ecken fixiert ist, baumelt beim Feldtest das eine Ende der Langbank an Ringen fixiert ebenfalls in der Luft. So steht bei beiden der Fokus auf der Messung des dynamischen Gleichgewichtes. Entsprechend überrascht es nicht, dass gerade bei diesem Vergleich bei der 2. Klasse ein signifikanter Zusammenhang resultierte. Es fragt sich jedoch, ob durch Eliminierung des „Augenschliessens“ beim Feldtest gar noch eine höhere Korrelation zustande gekommen wäre. Weshalb bei diesem Testvergleich ein signifikanter Zusammenhang lediglich bei der 2. Klasse zu verzeichnen war, ist schwierig zu erklären. Wie im Kapitel „Entwicklung im Lebensalter“ ersichtlich wurde, bestehen bezüglich der Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit kontroverse Ansichten. So kann bis anhin nicht erklärt werden, inwieweit die Kinder der 6. Klasse in der Reifung der posturalen Kontrolle gegenüber den 2. Klässlern fortgeschrittener sind. Wird die Meinung von Shumway-Cook & Woollacott (1985) vertreten, dass die posturale Kontrolle bereits im Alter von 7-10 Jahren dem Erwachsenenlevel ähnelt, hätten sowohl die 2. wie auch die 6. Klässler bereits die posturale Reife erreicht. So könnten die hier auftretenden Unterschiede nicht durch den divergierenden Entwicklungsstand deklariert werden. Stimmt jedoch die Annahme, dass der Reifungsprozess über das 14. oder 15. Altersjahr hinausgeht (Steindl et al., 2006; Cumberworth et al., 2006), wären Resultatunterschiede der beiden Klassen möglicherweise auch auf den unterschiedlichen Entwicklungsstand zurückzuführen. Klarheit darüber erhalten wir jedoch erst, wenn die Entwicklung der posturalen Kontrolle umfassend erforscht ist.

Zusammenhang 3: Kraftmessplatte: Einbeinstand und Balancieren auf umgedrehter Langbank

Test (Kurzbeschreibung)	Unterstützungsfläche	dynamisch/statisch
Kraftmessplatte: Einbeinstand	stabil	statisch
Balancieren auf umgedrehter Langbank	stabil	dynamisch

Ein weiterer signifikanter Zusammenhang war zwischen dem standardisierten Test „Kraftmessplatte: Einbeinstand“ und dem Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“ bei der 6. Klasse mit einem r-Wert von 0.572 und einem p-Wert von 0.010 zu verzeichnen. Während der Test auf der Kraftmessplatte das statische Gleichgewicht zu

eruieren versucht, zielt der Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“ auf das dynamische Gleichgewicht ab. Diese Befunde können somit die Ansicht von Drowatzky und Zuccato (1967), dass Messungen des statischen und dynamischen Gleichgewichtes lediglich über kleine Korrelationen verfügen und somit möglicherweise nicht denselben Faktor messen, nicht stützen. Weshalb hingegen bei der 2. Klasse kein signifikanter Zusammenhang resultierte, womit die Erkenntnis von Drowatzky und Zuccato (1967) hingegen wieder bestätigt wäre, ist schwierig zu erklären. Insbesondere deshalb, weil die 2. und 6. Klasse beim Feldtest nicht exakt dieselben Aufgaben ausführten. So überquerten die Kinder der 2. Klasse die Langbank vorwärts, rückwärts und vorwärts mit geschlossenen Augen, wohingegen die 6. Klasse die Langbank zunächst rückwärts überquerte und anschliessend vorwärts und rückwärts mit geschlossenen Augen. Ob möglicherweise auch Versuchsleitereffekte zu den vorliegenden Testergebnissen beigetragen haben, wird im Anschluss bei der Thematisierung möglicher Grenzen der vorliegenden Studie detailliert besprochen. Dennoch muss angeführt werden, dass die beiden Testverfahren auf stabilen Unterstützungsflächen durchgeführt wurden, weshalb trotzdem gewisse Ähnlichkeit zwischen den beiden Tests gegeben ist.

Zusammenhang 4: Posturomed: Auslenkung einbeinig und Beobachter 2

Test (Kurzbeschreibung)	Unterstützungsfläche	dynamisch/statisch
Posturomed: Auslenkung einbeinig	labil	dynamisch
Beobachter 2	stabil und labil	dynamisch

Schliesslich ergab sich wiederum bei der 6. Klasse ein signifikanter Zusammenhang zwischen einem standardisierten Test und einem Feldtest. So konnte beim „Posturomed: Auslenkung einbeinig“ und dem „Beobachter 2“ eine signifikante Korrelation von $r = 0.483$ mit einem p-Wert von 0.031 festgestellt werden. Da beide Testverfahren auf die Beurteilung des dynamischen Gleichgewichtes abzielen, ist eine wichtige Gemeinsamkeit bereits vorhanden. Dass die Verfahren zudem über labilen Unterstützungsflächen stattfinden, trägt sicherlich zu ähnlichen Ergebnissen bei. Dennoch muss hier angefügt werden, dass es etwas fraglich ist, weshalb es gerade

beim Beobachter 2 zu einer signifikanten Korrelation kam, hingegen beim Beobachter 1 keine signifikanten Werte resultierten. So könnte es hier möglicherweise zu Interpretationsproblemen gekommen sein, auf die Bös (2001) im Kapitel Testtheoretische Grundlagen hinweist. Bös erklärt, dass es besonders bei der Beobachtung von Testverhalten zu Einbussen bei der Objektivität kommen kann, wenn individuelle Auffassungen zu unterschiedlichen Interpretationen führen. So wäre bei einer erneuten Wiederholung dieses Testes eine höhere Standardisierung anzustreben. Die Korrelationen zwischen diesen beiden Tests, welche bei der 2. Klasse erzielt wurden und ebenfalls nicht signifikant ausgefallen sind, verdeutlichen diese Ansicht.

6.1.2 Wie sind erwartete, aber ausgebliebene signifikante Resultate zu erklären?

Nebst den diskutierten signifikanten Resultaten, soll hier auf Resultate eingegangen werden, die zwar erwartet wurden, jedoch nicht eingetroffen sind.

Mithilfe der Kraftmessplatte erfolgten mit dem Romberg-, Tandem- und Einbeinstand drei Tests zur Bewertung des statischen Gleichgewichtes auf stabiler Unterstützungsfläche. Vergleichbar mit diesen wurde der Feldtest „Einbeinstand“ ebenfalls auf stabiler Unterstützungsfläche durchgeführt mit demselben Ziel, der Bewertung des statischen Gleichgewichtes. Aufgrund dieser Parallelen war es umso erstaunlicher, dass Vergleiche dieser Tests lediglich zu schwachen nicht signifikanten Zusammenhängen führten. Auffällig waren insbesondere die Vergleiche des Romberg- und Tandemstandes mit den Feldtests, die durchgehend sehr schwach ausfielen. Möglicherweise sind diese Ergebnisse auf die Vermutung von Taube et al. (2010) zurückzuführen, dass Testbedingungen, welche zu einfach sind, sich nicht zur Aufdeckung von Gleichgewichtsdefiziten eignen. Vermutlich waren diese Testbedingungen für die Probanden zu wenig herausfordernd, weshalb vielleicht auch Aspekte wie Motivation die Resultate zusätzlich beeinflussten. Denn gemäss Brehm und Self (1989) führt eine angemessene Aufgabenschwierigkeit zu einer höheren Motivation. Ist diese zu leicht, können sich Einbussen in der Motivation ergeben, was hier möglicherweise der Fall war. Dies könnte ebenfalls bei Vergleichen des standardisierten Tests „Posturomed: beidbeinig“ und den Feldtests als Erklärungsgrund für die eher schwachen Korrelationen fungieren.

6.1.3 Testmethoden

Damit ein Vergleich der qualitativen und quantitativen Datenerhebungsverfahren möglich war, wurde in der folgenden Studie das Verfahren der „Rangkorrelation“ angewendet. Das Ziel bestand darin, pro Test eine Rangliste der Kinder von 1 – 20 zu generieren und anhand dieser die Rangkorrelationen zu bestimmen. Bei der Testdurchführung jedoch erzielten die Kinder bei zahlreichen Tests dieselbe Punktzahl, weshalb sich die Erstellung einer Rangliste oftmals als schwierig erwies und somit mehrere Kinder den gleichen Rang erreichten.

Während beim instrumentellen Test mit der Kraftmessplatte sowohl bei der 2. und 6. Klasse jedem Kind ein bestimmter Rang zugeordnet werden konnte, erwies sich dies beim Posturomed als schwieriger. So erzielten die Kinder beider Klassen beim „Posturomed: beidbeinig“ oftmals denselben Rang, was darauf hindeutet, dass die Testaufgabe möglicherweise für beide Klassen zu einfach war und der Posturomed hierbei nicht in der Lage ist eine genauere Differenzierung vorzunehmen. Beim „Posturomed: einbeinig“ und „Posturomed: Auslenkung einbeinig“ hingegen stellte die Erstellung einer Rangliste kein Problem dar. Wie im Theorieteil beschrieben, gehören Kraftmessplatten zu den weit verbreitetsten instrumentellen Messverfahren zur Eruierung des Gleichgewichtes (Paillard & Noé, 2015) und werden oftmals gar als Goldstandard bezeichnet (Huurnink et al., 2013). Ob die Kraftmessplatte jedoch auch bei Kindern als Goldstandard zur Beurteilung des Gleichgewichtes fungiert, scheint fraglich, wenn man bedenkt, dass Kinder oft und gerne in Bewegung sind. So kann man sich die Frage stellen, ob hier ein statischer, ruhiger Gleichgewichtstest, wie dies bei der Kraftmessplatte der Fall ist, überhaupt Sinn macht. Ausserdem kommt hinzu, dass nicht vollends klar ist, inwieweit bei solchen Tests die Konzentration der Probanden zum Resultat beiträgt. Fest steht jedoch, dass die Erstellung einer Rangreihe mittels Kraftmessplatte möglich ist.

Obwohl sich der Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“ an anderen Studien orientierte, erwies sich die Generierung einer Rangliste gerade bei diesem Test als besonders schwierig. So musste während der Testdurchführung bei der 2. Klasse festgestellt werden, dass die drei Überquerungsbedingungen der Langbank (vorwärts, rückwärts, vorwärts mit geschlossenen Augen) von zu geringer Schwierigkeit waren. Vor

allem bei den ersten zwei Bedingungen wurde von der Mehrheit der Kinder die volle Punktzahl erreicht. Dies hatte zur Folge, dass bei der Rangreihe schliesslich oftmals mehreren Kindern der gleiche Rang zugeteilt werden musste. Bei der 6. Klasse hingegen erzielten die Kinder lediglich bei der ersten Überquerung die volle Punktzahl. Dem Kriterium, dass bei den Tests stets alle Kinder in der Lage sein sollten, einen Teil der Aufgabe zu meistern, wird der Feldtest „Balancieren auf umgedrehter Langbank“ bei der 6. Klasse entsprechend gerecht. Sollte der Test in Zukunft nochmals mit einer 2. Primarklasse durchgeführt werden, macht es sicherlich Sinn, den Schwierigkeitsgrad der Überquerungsbedingungen der 6. Klasse zu übernehmen. Beim Feldtest „Einbeinstand“ und „Wackelbank“ erwies sich ausserdem die Erstellung einer Rangreihe als problemlos. Besonders die Absolvierung des selbst konzipierten Feldtests „Wackelbank“ bereitete den Kindern sichtlich Spass, da sie durch die Labilität etwas mehr herausgefordert waren. Zu Einbussen bei der Motivation, welche die Resultate, wie bereits beschrieben, beeinflussen können, sollte es bei diesem Test somit weniger gekommen sein. Wurde zuvor bei der Kraftmessplatte hinterfragt, ob ein statischer, ruhiger Gleichgewichtstest bei Kindern Sinn macht, so liefert der letzte Feldtest genau das Gegenteil. Der Gleichgewichtsparcours bietet die Möglichkeit, die Gleichgewichtsfähigkeit der Kinder während sie in Bewegung sind, zu beurteilen. Die Motivation der Kinder war besonders bei diesem Test hoch. So waren die Kinder gar daran interessiert, den Parcours nach der Testung weiter zu durchlaufen und zu üben. Dies im Vergleich zu anderen Tests, bei denen eher die Frage gestellt wurde, wie lange die Testung noch dauert. Die Resultate bei diesem Test deuten jedoch, wie bereits zuvor beschrieben, darauf hin, dass es möglicherweise zu Interpretationsproblemen gekommen ist. So ist bei zukünftiger Durchführung dieses Tests eine höhere Standardisierung anzustreben.

Grenzen:

Die vorliegende Studie verfügt über einige Grenzen, die einer Erklärung bedürfen. Zunächst muss beachtet werden, dass die Personenstichprobe dieser Studie ($n = 20$, pro Klasse) eher klein ausgefallen ist. Da bereits ähnliche andere Studien ebenfalls mit einer Probandenzahl in dieser Ordnung zu signifikanten Resultaten gelangt sind (Granacher, Gollhofer & Kriemler, 2010; Taube et al., 2010), wurde diese Studie jedoch bewusst so

durchgeführt. Für zukünftige Studien ist es jedoch ratsam, über eine grössere Stichprobe zu verfügen, um die Resultate dieser Studie bestätigen zu können.

Weiter wird in der Literatur geschrieben, dass bei motorischen Tests besonders die Durchführungsobjektivität von Relevanz ist. So soll die Untersuchung möglichst unabhängig vom Testleiter sein (Bös, 2001). Obwohl im Voraus der Messungen stets eine Schulung der Testleiter erfolgte, können Versuchsleitereinflüsse in der vorliegenden Studie nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Dies insbesondere bei den Feldtests, wo teilweise mehrere Versuchsleiter notwendig waren, um in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit alle Kinder testen zu können.

Gemäss Bös (2001) zeichnet sich hingegen die Reliabilität in der Praxis unter anderem durch Einflussgrössen von aussen und von Personen aus. Als äussere Einflussgrösse fungiert beispielsweise die Tageszeit (Bös, 2001). Wirft man diesbezüglich einen Blick in die Literatur, wird ersichtlich, dass die Tageszeit einen Einfluss auf die posturale Kontrolle hat (Gribble, Tucker & White, 2007). So konnten Gribble et al. (2007) in ihrer Studie zeigen, dass das dynamische Gleichgewicht am Morgen besser ausfällt als am Nachmittag oder am Abend. Die Resultate bezüglich des statischen Gleichgewichtes hingegen fielen nicht ganz so klar aus, weshalb hier weitere Forschung notwendig ist. Werden nun die Erhebungszeitpunkte der vorliegenden Studie betrachtet, lässt sich feststellen, dass eine Verfälschung der Resultate durch unterschiedliche Erhebungszeitpunkte nicht ausgeschlossen werden kann. So erfolgten die standardisierten Tests pro Klasse aufgrund des kleinen zur Verfügung stehenden Zeitfensters an der Schule jeweils an einem Tag. Entsprechend sind die Kinder, welche am Morgen getestet wurden, jenen, die am Nachmittag analysiert wurden, etwas bevorteilt. Die Feldtests hingegen fanden jeweils alle am Nachmittag statt. Inwieweit die unterschiedlichen Erhebungszeitpunkte schliesslich einen Einfluss auf die vorliegenden Daten gehabt haben, ist schwierig zu sagen. Bei zukünftigen Studien sollte jedoch vermehrt ein Auge darauf geworfen werden.

Die Reliabilität zeichnet sich zudem auch durch personenzentrierte Einflussgrössen aus. Darunter sind beispielsweise Konzentrationsschwankungen und Müdigkeit zu verstehen (Bös, 2001). Besonders bei den Feldtests kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Messungen des Gleichgewichtes durch Konzentrationsprobleme verzerrt wurden. Denn im Vergleich zu den standardisierten Tests, welche in einem abgeschlossenen Raum

stattfanden, erfolgten die Messungen der Feldtests in der Sporthalle. Obwohl die Messungen stets möglichst am Rande durchgeführt wurden, war der Lärmpegel durch die anderen turnenden Kinder eher hoch, wobei es sowohl für die Versuchsleiter wie auch für die Kinder nicht immer leicht war, die Aufmerksamkeit voll und ganz auf die Testung zu lenken. Die Erkenntnis, dass die Aufmerksamkeit die posturale Kontrolle signifikant beeinflussen kann (Morioka et al., 2005), verdeutlicht diese Ansicht zusätzlich. Schliesslich stellt sich auch die Frage, inwieweit die Konzentration bei einfachen Tests eine Rolle spielt. Erhält die Konzentration möglicherweise grösseres Gewicht, umso einfacher ein Test ist? Inwieweit dies möglicherweise Auswirkungen auf die Resultate haben kann, bleibt weiter zu untersuchen.

6.2 Schlussfolgerung

Abschliessend bleibt festzustellen, dass zwischen den standardisierten Tests und den Feldtests im Sportunterricht insgesamt fünf signifikante Korrelationen resultierten. Werden diese Feldtests im Sportunterricht so durchgeführt, kann davon ausgegangen werden, dass diese dasselbe messen, wie der entsprechende standardisierte Test. Jedoch muss beachtet werden, dass bis anhin einerseits keine allgemeingültige Definition von Gleichgewicht besteht und es ebenfalls noch keinen Goldstandard zur Beurteilung des Gleichgewichtes gibt. Entsprechend ist es stets schwierig zu beurteilen, welche Tests nun was genau messen. Möglicherweise misst nur einer der durchgeführten Tests tatsächlich die posturale Kontrolle. Um welchen es sich dabei handelt, ist die vorliegende Studie nicht in der Lage herauszufinden. Auch bleibt fraglich, ob das Gleichgewicht überhaupt mit einem einzigen Test messbar ist, oder ob dazu mehrere Tests notwendig sind. Da zudem bezüglich der Entwicklung der posturalen Kontrolle ebenfalls noch divergierende Meinungen bestehen, ist es auch schwierig zu beurteilen, inwiefern der vorherrschende Entwicklungsstand einen Einfluss auf die Messung hat. Die vorliegende Studie zeigt somit auf, dass im Vergleich zu den Erwachsenen bei Kindern zwischen instrumentellen Tests und Feldtests eher keine Korrelationen zu bestehen scheinen.

Literaturverzeichnis

- Ahnert, J., & Schneider, W. (2007). Entwicklung und Stabilität motorischer Fähigkeiten vom Vorschul- bis ins frühe Erwachsenenalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 39 (1), 12-24.
- Aramaki, Y., Nozaki, D., Masani, K., Sato, T., Nakazawa, K., & Yano, H. (2001). Reciprocal angular acceleration of the ankle and hip joints during quiet standing in humans. *Experimental Brain Research*, 136, 463-473.
- Barozzi, S., Socci, M., Soi, D., Di Berardino, F., Fabio, G., Forti, S. et al. (2014). Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 271 (7), 2069-2077.
- Beinert, K., & Taube, W. (2013). The effect of balance training on cervical sensorimotor function and neck pain. *Journal of Motor Behavior*, 45 (3), 271-278.
- Berg, K. O., Wood-Dauphinee, S. L., Williams, J. I., & Maki, B. (1992). Measuring Balance in the Elderly: Validation of an Instrument. *Canadian Journal of Public Health*, 83 (2), 7-11.
- Boer, J., Mueller, O., Krauss, I., Haupt, G., & Horstmann, T. (2010). Zuverlässigkeit eines Messverfahrens zur Charakterisierung des Standverhaltens und Quantifizierung des Balancevermögens auf einer instabilen Plattform (Posturomed). *Sportverletzung – Sportschaden*, 24 (1), 40-45.
- Bös, K. (Hrsg.) (2001). Handbuch Motorische Tests. Göttingen: Hogrefe.
- Bös, K., Oberger, J., Lämmle, L., Opper, E., Romahn, N., Tittlbach, S. et al. (2008). Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern. In W. Schmidt (Hrsg.), *Zweiter Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht. Schwerpunkt: Kindheit* (S. 137-157). Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K., Schlenker, L., Büsch, D., Lämmle, L., Müller, H., Oberger, J. et al. (2009). *Deutscher Motorik Test 6-18*. Hamburg: Czwalina Verlag.
- Bös, K., Worth, A., Heel, J., Opper, E., Romahn, N., Tittlbach, S. et al. (2004). *Testmanual des Motorik-Moduls im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheits surveys des Robert Koch-Instituts. Haltung und Bewegung*, 24, 6-27.

- Brandt, T. (2003). *Vertigo: Its Multisensory Syndromes* (2. Aufl.). London: Springer.
- Brehm, J. W., & Self, E. A. (1989). The intensity of motivation. *Annual Review of Psychology*, 40, 109-131.
- Browne, J. E., & O'Hare, N. J. (2001). A Review of the Different Methods for Assessing Standing Balance. *Physiotherapy*, 87 (9), 489-495.
- Buchanan, J. J., & Horak, F. B. (1999). Emergence of postural patterns as a function of vision and translation frequency. *Journal of Neurophysiology*, 81, 2325-2339.
- Bundesamt für Sport BASPO. (Hrsg.). (2009). *Technische Weisungen zum Test Fitness Rekrutierung TFR*. Zugriff am 02. Juni 2016 unter http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/de/home/themen/foerderung/breitensport/sport_armee/00.parsys.86244.downloadList.60098.DownloadFile.tmp/tfrtechnischeweisungen2009.pdf
- Bundesamt für Sport BASPO. (Hrsg.). (2010). *Selbst- und Sozialkompetenzen im Sport- und Bewegungsunterricht*. Magglingen: BASPO.
- Bundesamt für Sport BASPO. (Hrsg.). (2013). *Der Einbeinstand bei der Rekrutierung. Merkblatt zum TFR für Rekrutierungsoffiziere und Sportexperten*. Zugriff am 22. Juni 2016 unter http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/de/home/themen/foerderung/breitensport/sport_armee/00.parsys.86244.downloadList.41037.DownloadFile.tmp/merkblaetteinbeinstandbeiderrekrutierung.pdf
- Caine, D., Maffulli, N., & Caine, C. (2008). Epidemiology of injury in child and adolescent sports: injury rates, risk factors, and prevention. *Clinics in Sports Medicine*, 27 (1), 19-50.
- Council of Europe, Committee for the Development of Sport. (1993). *Eurofit. Handbook for the eurofit tests of physical fitness* (2. Aufl.). Strasbourg: Council of Europe.
- Cuisinier, R., Olivier, I., Vaugoyeau, M., Nougier, V., & Assaiante, C. (2011). Reweighting of Sensory Inputs to Control Quiet Standing in Children from 7 to 11 and in Adults, *PLoS One*, 6 (5), e19697.
- Cumberworth, V. L., Patel, N. N., Rogers, W., & Kenyon, G. S. (2007). The maturation of balance in children. *The Journal of Laryngology & Otology*, 121 (5), 449-454.
- Dietz, V., Horstmann, G., & Berger, W. (1988). Involvement of different receptors in the regulation of human posture. *Neuroscience Letters*, 94, 82-87.

- Donath, L., Roth, R., Rueegge, 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, 1093-1098.
- Drowatzky, J. N., & Zuccato, F. C. (1967). Interrelationships between selected measures of static and dynamic balance. *Research Quarterly*, 38 (3), 509-510.
- Duarte, M., & Freitas, S. M. S. F. (2010). Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 14 (3), 183-192.
- Eils, E., Schröter, R., Schröder, M., Gerss, J., & Rosenbaum, D. (2010). Multistation Proprioceptive Exercise Program Prevents Ankle Injuries in Basketball. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42 (11), 2098 – 2105.
- Fitzpatrick, R., & McCloskey, D. I. (1994). Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *Journal of Physiology*, 478, 173-186.
- Franchignoni, F., Horak, F., Godi, M., Nardone, A., & Giordano, A. (2010). Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: the mini-BESTest. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42 (4), 323-331.
- Freeman, M. A., Dean, M. R., & Hanham, I. W. (1965). The etiology and prevention of functional instability of the foot. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 47 (4), 678-685.
- Goddard Blythe, S. (2013). *Neuromotorische Schulreife. Testen und fördern mit der INPP-Methode*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Gouleme, N., Ezane, M. D., Wiener-Vacher, S., & Bucci, M. P. (2014). Spatial and temporal postural analysis: a developmental study in healthy children. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 38, 169-177.
- Granacher, U., Gollhofer, A., & Kriemler, S. (2010). Effects of balance training on postural sway, leg extensor strength, and jumping height in adolescents. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81 (3), 245-251.
- Granacher, U., Gollhofer, A., & Strass, D. (2006). Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. *Gait Posture*, 24, 459-466.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., Kressig, R. W., & Zahner, L. (2011a). An Intergenerational Approach in the Promotion of Balance and Strength for Fall Prevention – A Mini-Review. *Gerontology*, 57, 304-315.

- Granacher, U., Muehlbauer, T., Maestrini, L., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2011b). Can balance training promote balance and strength in prepubertal children?. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (6), 1759-1766.
- Gribble, P. A., Tucker, W. S., & White, P. A. (2007). Time-of-Day Influences on Static and Dynamic Postural Control. *Journal of Athletic Training*, 42 (1), 35-41.
- Gruber, M., Bruhn, S., & Gollhofer, A. (2006). Specific adaptations of neuromuscular control and knee joint stiffness following sensorimotor training. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 636-641.
- Gruber, M., Gruber, S. B. H., Taube, W., Schubert, M., Beck, S. C., & Gollhofer, A. (2007). Differential effects of ballistic versus sensorimotor training on rate of force development and neural activation in humans. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (1), 274-282.
- Henriksson, M., Ledin, T., & Good, L. (2001). Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation. *The American Journal of Sports Medicine*, 29 (3), 359-366.
- Holden, M., Ventura, J., & Lackner, J. R. (1994). Stabilization of posture by precision contact of the index finger. *Journal of Vestibular Research*, 4 (4), 285-301.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and Ageing*, 35 (2), 7-11.
- Horak F. B., & Macpherson, J. M. (1996). Postural orientation and equilibrium. In: L. B. Rowell & J. T. Shepard (Ed.), *Handbook of Physiology: Section 12, Exercise Regulation and Integration of Multiple Systems* (S. 255-292). New York: Oxford University Press.
- Hübscher, M., Zech, A., Pfeifer, K., Hänsel, F., Vogt, L., & Banzer, W. (2010). Neuromuscular Training for Sports Injury Prevention: A Systematic Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42 (3), 413-421.
- Humboldt-Universität zu Berlin. (n.d.). *Aufmerksamkeit in der Lebensspanne*. Zugriff am 14. Juni 2016 unter <http://macs2.psychologie.hu-berlin.de/aio/index.php/grundlagen/aufmerksamkeit/praxisbezug/35-aufmerksamkeit-in-der-lebensspanne>
- Huurnink, A, Fransz, D. P., Kingma, I., & van Dieën, J. H. (2013). Comparison of a laboratory grade force platform with a Nintendo Wii Balance Board on

- measurement of postural control in single-leg stance balance tasks. *Journal of Biomechanics*, 46 (7), 1392-1395.
- Huxhold, O., Li, S.-C., Schmiedek, F., & Lindenberger, U. (2006). Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Research Bulletin*, 69, 294-305
- Jansen, E., Larsen, R., & Mogens, B. (1982). Quantitative Romberg's test: Measurement and computer calculations of postural stability, *Acta Neurologica Scandinavica*, 66, 93-99.
- Kean, C. O., Behm, D. G., & Young, W. B. (2006). Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5 (1), 138-148.
- Keller, M., Röttger, K., & Taube, W. (2014). Ice skating promotes postural control in children. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24 (6), 456-461.
- Kiphard, E. J., & Schilling, F. (2007). *Körperkoordinationstest für Kinder* (2., ergänzte Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Kugler, P. N., Kelso, J. A. S., & Turvey, M. T. (1982). On the Control and Coordination of Naturally Developing Systems. In J. A. S. Kelso & J. E. Clark (Hrsg.), *The Development of Movement Control and Coordination* (S. 5-78). New York: Wiley & Sons.
- La Porta, F., Franceschini, M., Caselli, S., Susassi, S., Cavallini, P., & Tennant, A. (2011). Unified Balance Scale: classic psychometric and clinical properties. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 43, 445-453.
- Last, J., & Weisser, B. (2015). Der Einfluss von moderater sportlicher Aktivität und Alter auf Kraft, Ausdauer und Gleichgewicht im Erwachsenenalter. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 66 (1), 5-11.
- Lee, D. N., & Aronson, E. (1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception & Psychophysics*, 15 (3), 529-532.
- Mancini, M., Salarian, A., Carlson-Kuhta, P., Zampieri, C., King, L., Chiari, L. et al. (2012). ISway: a sensitive, valid and reliable measure of postural control. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 9:59.
- Masani, K., Vette, A. H., Abe, M. O., & Nakazawa, K. (2014). Center of pressure

- velocity reflects body acceleration rather than body velocity during quiet standing. *Gait & Posture*, 39 (3), 946-952.
- Mathias, S., Nayak, U. S., & Isaacs, B. (1986). Balance in elderly patients: the get-up and go test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67 (6), 387-389.
- Mauritz, K.-H., & Dietz, V. (1980). Characteristics of postural instability induced by ischemic blocking of leg afferents. *Experimental Brain Research*, 38 (1), 117-119.
- Morioka, S., Hiyamizu, M., & Yagi, F. (2005). The Effects of an Attentional Demand Tasks on Standing Posture Control. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 24 (3), 215-219.
- Muehlbauer, T., Kuehnen, M., & Granacher, U. (2013). Inline skating for balance and strength promotion in children during physical education. *Perceptual & Motor Skills: Exercise & Sport*, 117 (3), 665-681.
- Müller, O., Günther, M., Krauss, I., & Horstmann, T. (2004). Physikalische Charakterisierung des Therapiegerätes Posturomed als Messgerät – Vorstellung eines Verfahrens zur Quantifizierung des Balancevermögens. *Biomedizinische Technik*, 49 (3), 56-60.
- Nashner, L. M., Shupert, C. L., Horak, F. B., & Black, F. O. (1989). Organization of posture controls: an analysis of sensory and mechanical constraints. *Progress in Brain Research*, 80, 411-418.
- Nolan, L., Grigorenko, A., & Thorstensson, A. (2005). Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47 (7), 449-454.
- Oullier, O., Bardy, B. G., Stoffregen, T. A., & Bootsma, R. J. (2002). Postural coordination in looking and tracking tasks. *Human Movement Science*, 21 (2), 147-167.
- Paillard, T., & Noé, F. (2015). Techniques and Methods for Testing the Postural Function in Healthy and Pathological Subjects. *BioMed Research International*, Article ID 891390.
- Panics, G., Tallay, A., Paylik, A., & Berkes, I. (2008). Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 472-476.

- Peterson, M. L., Christou, E., & Rosengren, K. S. (2006). Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture*, 23 (4), 455-463.
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance?. *Clinical Rehabilitation*, 14 (4), 402-406.
- Prophys AG. (n.d.). *Optima - Human Performance System*. Zugriff am 02. Juni 2016 unter <http://www.prophys.ch/produkt Datenbank/optima-human-performance-system/>
- Przysucha, E. P., Trap, J., & Zerpa, C. (2016). Low Levels of Attentional Interference have Similar Effects on Static Balance Control of Typically Developing Children and Those with Symptoms of Developmental Coordination Disorder (DCD). *Journal of Childhood & Developmental Disorders*, 2 (2), 1-8.
- Sabchuk, R. A. C., Bento, P. C. B., & Rodacki, A. L. F. (2012). Comparison between field balance tests and force platform. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18 (6), 404-408.
- Schädler, S. (2007). *Assessment: Berg Balance Scale. Ein aufschlussreicher Test fürs Gleichgewicht*. Zugriff am 12. Juli 2016 unter http://www.igptr.ch/cms/uploads/PDF/PTR/ass_artikelserie/pp_2007_11-12_assessment-bbs.pdf
- Schmid, M., Romann, M., Kriemler, S., & Zahner, L. (2007). Wie kann die Fitness von Schulkindern gemessen werden? *Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie»*, 55 (2), 52–61.
- Schnell, R., Hill, P. B., & Esser, E. (2013). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (10., überarbeitete Aufl.). München: Oldenbourg.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (1985). The growth of stability: postural control from a development perspective. *Journal of Motor Behavior*, 17 (2), 131-147.
- Sibley, K. M., Howe, T., Lamb, S. E., Lord, S. R., Maki, B. E., Rose, D. J. et al. (2015). Recommendations for a Core Outcome Set for Measuring Standing Balance in Adult Populations: A Consensus-Based Approach. *PLoS One*, 10 (3), e0120568.
- Steib, S., Pfeifer, K., & Zech, A. (2014). Sensomotorisches Training. In H.-D. Kempf (Hrsg.), *Funktionelles Training mit Hand- und Kleingeräten. Das Praxisbuch* (S. 13-19). Berlin: Springer-Verlag.

- Steindl, R., Kunz, K., Schrott-Fischer, A., & Scholtz, A. W. (2006). Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48 (6), 477-482.
- Taube, W. (2013). Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, 14 (2), 55-63.
- Taube, W., Bracht, D., Besemer, C., & Gollhofer, A. (2010). Einfluss eines Inline-Trainings auf die Gleichgewichtsfähigkeit älterer Personen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 61 (2), 45-51.
- Taube, W., Gruber, M., & Gollhofer, A. (2008). Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica*, 193 (2), 101-116.
- Taube, W., Kullmann, N., Leukel, C., Kurz, O., Amtage, F., & Gollhofer, A. (2007). Differential Reflex Adaptations Following Sensorimotor and Strength Training in Young Elite Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 999-1005.
- Thacker, S. B., Stroup, D. F., Branche, C. M., Gilchrist, J., Goodman, R. A., & Weitman, E. A. (1999). The prevention of ankle sprains in sports. A systematic review of the literature. *The American Journal of Sports Medicine*, 27 (6), 753-760.
- Tinetti, M. E., Williams, T. F., & Mayewski, R. (1986). Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *American Journal of Medicine*, 80 (3), 429-434.
- Verhagen, E., van der Beek, A., Twisk, J., Bouter, L., Bahr, R., & van Mechelen, W. (2004). The Effect of a Proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains. *The American Journal of Sports Medicine*, 32 (6), 1385-1393.
- Wedderkopp, N., Kaltoft, M., Holm, R., Froberg, K. (2003). Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball – with and without ankle disc. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, 371-375.
- Wolff, D. R., Rose, J., Jones, V. K., Bloch, D. A., Oehlert, J. W., & Gamble, J. G. (1998). Postural balance measurements for children and adolescents. *Journal of Orthopaedic Research*, 16 (2), 271-275.

- Wyss, T., Marti, B., Rossi, S., Kohler, U., & Mäder, U. (2007). Assembling and Verification of a Fitness Test Battery for the Recruitment of the Swiss Army and Nation-wide Use. *Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie»*, 55 (4), 126-131.
- Zimmer, R., & Volkamer, M. (1987). *Motoriktest für vier- bis sechsjährige Kinder* (2., überarbeitete Aufl.). Weinheim: Beltz Test.

Selbständigkeitserklärung

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

Ort, Datum:

Unterschrift:

Engelberg, 27. August 2016

Urheberrechtserklärung

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

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

Finanzielle Ansprüche des/der Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.

Ort, Datum:

Unterschrift:

Engelberg, 27. August 2016