

UNIVERSITÄT FREIBURG, SCHWEIZ  
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT  
DEPARTEMENT FÜR MEDIZIN

In Zusammenarbeit mit der  
EIDGENÖSSISCHEN HOCHSCHULE FÜR SPORT MAGGLINGEN

*Gleichgewichtstraining bei 6- bis 7- jährigen Kindern -  
Auswirkungen auf die Gleichgewichtsfähigkeit, Kraftentwicklung,  
antizipierbare und nicht-antizipierbare Perturbationen.*

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

Referent: Prof. Dr. Wolfgang TAUBE

Betreuer-In: Michael WÄLCHLI

*Stefanie Anna STRAHM*

*Fribourg, Januar, 2016*

## **Zusammenfassung**

Das veränderte Bewegungsverhalten vieler Kinder hat häufig motorische Defizite und Übergewicht zur Folge. Es stellt sich daher die wichtige Frage, wie stabile motorische Fähigkeiten gefördert und aufrechterhalten werden können. Eine Vielzahl von Untersuchungen zeigt auf, dass Gleichgewichtstraining nicht nur zu Leistungsverbesserungen der Gleichgewichts- und Kraftfähigkeit führt sondern auch die Prävention und Rehabilitation von Verletzungen unterstützt. Die Forschungslage ist bei jungen Kindern diesbezüglich jedoch spärlich. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist, festzustellen, ob durch ein dieser Altersgruppe spezifisch angepasstes spielerisches und kindergerechtes Gleichgewichtstraining eine verbesserte Haltungskontrolle erlangt werden kann. Zudem werden Transfereffekte des Gleichgewichtstrainings auf die Sprungkraft und Explosivkraft gemessen. Erstmals wird auch die Veränderung der stabilen Gleichgewichtsleistung auf antizipierbare und nicht-antizipierbare Störungen gemessen. In der vorliegenden Untersuchung nahmen fünfzehn 6- bis 7- jährige Erstklässler an einer Pre- und Postmessung teil. Dazwischen wurde während fünf Wochen zehn Mal während des regulären Turnunterrichts trainiert. Die vorliegende Untersuchung zeigt erstmals auf, dass ein spezifisch angepasstes Gleichgewichtstraining bei 6- bis 7- jährigen Kindern die instabile Gleichgewichtsleistung verbessert. Dies trägt auch zur Prävention bei. Stürze und dadurch verursachte Verletzungen können durch die erlangte stabilere Haltung öfters vermieden werden. Ebenfalls ist in den Ergebnissen der Gleichgewichtstests erkennbar, dass der Schwierigkeitsgrad der Tests scheinbar mit der erreichten signifikanten Veränderung zusammenhängt. Je anspruchsvoller der Test desto stärker die Verbesserung. Die Resultate der antizipierten und nicht-antizipierten Störungen zeigen widersprüchliche Resultate. Transfereffekte konnten nur auf die Explosivkraft festgestellt werden. Die Ergebnisse werden zum Schluss der Arbeit diskutiert und daraus Implikationen für die künftige Forschung und Praxis abgeleitet.

---

# Inhaltsverzeichnis

1 Einführung.....	1
2 Wissenschaftliche Ausgangslage .....	3
2.1 Die Gleichgewichtsfähigkeit.....	3
2.2 Gleichgewicht und sensorische Informationen .....	3
2.2.1 Visuelle Informationen.....	4
2.2.2 Vestibuläre Informationen .....	5
2.2.3 Taktile Informationen.....	5
2.2.4 Propriozeptive Informationen .....	5
2.2.5 Entwicklung der sensorischen Informationen.....	6
2.3 Leistungsentwicklung während der Lebensspanne .....	7
2.3.1 Motorische Leistungsentwicklung .....	7
2.3.2 Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit .....	9
2.3.3 Entwicklung der Kraftfähigkeit.....	11
2.3.4 Zusammenhang Sturzrate und Leistungsentwicklung .....	12
2.4 Auswirkungen von Gleichgewichtstraining.....	13
2.4.1 Gleichgewichtstraining und Kraft.....	13
2.4.2 Gleichgewichtstraining und Reaktivkraft .....	16
2.4.3 Gleichgewichtstraining in der Prävention .....	18
2.4.4 Gleichgewichtstraining in der Rehabilitation .....	21
2.5 Gleichgewichtstraining bei Kindern.....	22
2.5.1 Klassisches Gleichgewichtstraining .....	22
2.5.2 Slacklinetraining .....	23
2.5.3 Inline Skaten .....	24
2.5.4 Eislaufen .....	24
3 Zielsetzung und Hypothesen .....	27
4 Methoden .....	28
4.1 Untersuchungsdesign .....	28
4.2 Untersuchungsteilnehmer .....	29
4.2.1 Biologisches Alter.....	29
4.2.2 Probandeninformation .....	30
4.3 Trainingsintervention.....	30
4.4 Messmethoden .....	31
4.4.1 Biometrie .....	32
4.4.2 Posturomed.....	32
4.4.3 Kraftmessplattform .....	33
4.4.4 Isokinet.....	34
4.5 Datenanalyse .....	35

5 Resultate .....	36
5.1 Stabile Gleichgewichtsleistung .....	36
5.2 Instabile Gleichgewichtsleistung .....	37
5.3 Störungen .....	39
5.4 Explosivkraft RFD .....	41
5.5 Sprunghöhe CMJ .....	42
6 Diskussion.....	43
6.1 Gleichgewichtsfähigkeit .....	43
6.1.1 Stabile Gleichgewichtsleistung.....	44
6.1.2 Instabile Gleichgewichtsleistung .....	46
6.1.3 Antizipierbare und nicht-antizipierbare Störungen .....	48
6.1.4 Romberg offen oder mit geschlossenen Augen .....	51
6.2 Kraftfähigkeit .....	53
6.3 Gleichgewichtstraining in der Prävention und Rehabilitation .....	56
7 Schlussfolgerung und Ausblick .....	58
Literaturverzeichnis.....	61
Anhang.....	68

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Altersabhängige Veränderung der Haltungskontrolle (Riach & Hayes, 1987). .	10
Abbildung 2: Entwicklung Gleichgewicht während der Lebensspanne (Granacher et al., 2011b, S. 306).....	11
Abbildung 3: Entwicklung der Maximalkraft während der Lebensspanne (Granacher, 2011b, S. 308).....	12
Abbildung 4: Entwicklung Sturzrate während der Lebensspanne (Granacher, 2011b, S. 305). .....	13
Abbildung 5: Leistungsveränderung Reaktivkraft bei Kinder (Granacher, 2011a, S. 1763)...	18
Abbildung 6: Biometrische Daten von allen teilnehmenden Kindern (n=15). Drei durchschnittlich entwickelte Kinder (orange markiert) und drei früh entwickelte Kinder (blau markiert). ....	29
Abbildung 7: Mittelwerte und Standardabweichung der Tests für die stabile Gleichgewichtsleistung auf der Kraftmessplatte (N = 15). ....	36
Abbildung 8: Mittelwerte und Standardabweichung der einbeinigen (N = 15) und beidbeinigen (N = 15) Tests für die instabile Gleichgewichtsleistung auf dem Posturomed. ....	37
Abbildung 9: Mittelwerte und Standardabweichung der Tests für die einbeinige (n = 12) und beidbeinige (N = 15) instabile Gleichgewichtsleistung auf der.Kraftmessplatte mit Kreisel ...	38
Abbildung 10: Mittelwerte und Standardabweichung der Tests für die instabile Gleichgewichtsleistung nach Störungen auf dem Posturomed nach antizipierbaren (N = 15) und nicht-antizipierbaren (n = 12) Störungen. Alle Mittelwerte der Seiten verrechnet. ....	39
Abbildung 11: Mittelwerte und Standartabweichung der Tests für die instabile Gleichgewichtsleistung mit antizipierbaren (N = 15) und nicht-antizipierbaren Störungen (n = 12). Alle Seiten einzeln dargestellt. ....	40
Abbildung 12: Mittelwerte und Standardabweichung der Rate of Force Development (N = 15). ....	41
Abbildung 13: Mittelwerte und Standartabweichung des Counter Movement Jump (N = 15). .....	42

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Untersuchungsdesign.....	28
Tabelle 2: Inhalte der Trainingslektionen .....	31

# 1 Einführung

Im Unterschied zu den Säugetieren bewegt sich der Mensch in einer aufrechten Körperhaltung. Dadurch erhöht sich der Körperschwerpunkt. Der Gleichgewichtssinn sorgt dafür, den aufrechten Körper auf einer kleinen Unterstützungsfläche zu halten. Die Ausbildung der Gleichgewichtsfähigkeit geschieht vor allem in den ersten sieben Lebensjahren und ist Teil der normalen Entwicklung eines Kindes (Taubе, Gruber, & Gollhofer, 2008a).

Um den aufrechten menschlichen Gang bis ins hohe Alter zu erhalten, ist ein fortwährendes gezieltes Training der motorischen Fähigkeiten notwendig. Die Entwicklung der motorischen Fähigkeiten ist von deren Beanspruchung abhängig (Gschwind & Pfenninger, 2013). Ahnert und Schneider (2007) stellen in ihrer Studie fest, dass es wichtig ist diese bereits im jungen Alter zu fördern. Im Wissen um das veränderte Bewegungsverhalten vieler Kinder in unserer modernen Gesellschaft, das häufig zu einer Zunahme von motorischen Defiziten und Übergewicht führt (Hartmann, 1999), wird die Frage wichtig, wie stabile motorische Fähigkeiten gefördert und erhalten werden können (Ahnert & Schneider, 2007).

Die Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) weist darauf hin, dass viele Unfälle durch gezieltes Training vermieden werden könnten. Neben dem Leid, das durch ungefähr 1'200 Todesfälle durch Stürze verursacht wird, könnten so auch die Kosten von rund drei Milliarden Franken gesenkt werden (Gschwind & Pfenninger, 2013). Bisher ist bekannt, dass das Fallrisiko bei Senioren (Blake et al., 1988) und Kindern (Kahl, Dortschy, & Ellsäßer, 2007) höher ist als bei gesunden Erwachsenen im erwerbsfähigen Alter. Um die Häufigkeit der Stürze bei diesen Altersgruppen zu mindern, scheint die Entwicklung von adäquaten Trainingsprogrammen für die Kraft und das Gleichgewicht notwendig (Urs Granacher, Muehlbauer, Gollhofer, Kressig, & Zahner, 2011). Die sensible Phase für die Entwicklung des zentralen Nervensystems liegt zwischen sechs und zwölf Jahren. In diesem Zeitraum wird das Erlernen von koordinativen Fähigkeiten begünstigt und sollte dementsprechend genutzt werden (Hegner, 2008).

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Einfluss des Gleichgewichtstrainings bei 6- bis 7- jährigen Kindern. Einerseits wird untersucht, ob ein fünfwöchiges Gleichgewichtstraining einen Einfluss auf die Haltungskontrolle hat. Andererseits werden Transfereffekte auf die Sprungkraft und die Explosivkraft gemessen.

Auf die Gleichgewichtsfähigkeit haben verschiedene Faktoren einen Einfluss, so zum Beispiel die Fähigkeit zur Aufnahme von sensorischen Informationen oder die aktuelle Leistungsentwicklung der Kinder. Diese beiden Einflussfaktoren werden am Anfang der wissenschaftlichen Ausgangslage genauer betrachtet. Im Weiteren wird ein Zusammenzug von Studien aufgezeigt, welche die Einflüsse von Gleichgewichtstraining auf die Gleichgewichtsfähigkeit, Kraft, Reaktivkraft, Prävention und Rehabilitation untersuchen. Um die theoretische Ausgangslage zu vervollständigen, werden vier Studien aufgezeigt, welche die Auswirkungen von verschiedenen Gleichgewichtstrainings bei jungen Altersgruppen untersuchen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen sind die Hypothesen abgeleitet. Diese werden mit den beschriebenen Methoden untersucht. Am Schluss dieser Arbeit sind die Resultate dargelegt. Diese werden im Diskussionsteil in Bezug auf die theoretische Grundlage besprochen.



## **2 Wissenschaftliche Ausgangslage**

### **2.1 Die Gleichgewichtsfähigkeit**

Der Begriff koordinative Fähigkeiten beinhaltet endogene Voraussetzungen für die Regulation und Steuerung von Bewegungen. Die koordinativen Fähigkeiten beinhalten nach der Definition von Hirz die Differenzierungs-, Reaktions-, Orientierungs-, Rhythmisierungs- und Gleichgewichtsfähigkeit (Hirz, 1985 zit. n. Hegner, 2008, S. 227). „Unter Gleichgewichtsfähigkeit wird die Fähigkeit verstanden, den gesamten Körper im Gleichgewichtszustand zu halten oder während und nach umfangreichen Körperverschiebungen diesen Zustand beizubehalten beziehungsweise wieder herzustellen“ (Meinel, Schnabel, & Krug, 2007, S. 225). Es wird zwischen dem statischen und dem dynamischen Gleichgewicht unterschieden. Das statische Gleichgewicht bezieht sich darauf, in einer relativen Ruhestellung oder während langsamen Bewegungen das Gleichgewicht zu halten. Für motorische Bewegungen bildet es demnach die Grundlage in aufrechter oder liegender Körperhaltung zu verbleiben. Bei diesem Gleichgewichtserhalt verarbeitet der Körper vor allem kinästhetische, taktile und optische Reize. Anders das dynamische Gleichgewicht, welches sich auf umfangreichere Lageveränderungen des Körpers bezieht. Besonders bei rotierenden Bewegungen des eigenen Körpers wird die Aufnahme von vestibulären Informationen wichtig (Schnabel 1973 zit. n. Meinel et al., 2007, S. 225). Die Gleichgewichtsfähigkeit ist somit die Basis der aufrechten menschlichen Haltung und Fortbewegung.

### **2.2 Gleichgewicht und sensorische Informationen**

Die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts bedingt, sensorische Informationen aufzunehmen und die Lage des Körpers in der Umwelt zu bestimmen. Sensorische Informationen erzeugen ein zeitlich verzögertes Feedback in einem Regelkreis. Folglich kann die Haltungskontrolle nur gelingen, wenn die sensorischen Informationen richtig aufgenommen, vorausgesagt und in die motorischen Kontrollstrategien integriert werden. Das zentrale Nervensystem erstellt aufgrund dieser Informationen Bewegungsmuster (Taube et al., 2008a). Im Folgenden werden die sensorischen Aufnahmekanäle, welche der Gleichgewichtskontrolle dienen, kurz erläutert und in Bezug auf die vorliegenden Untersuchungen gestellt.

### **2.2.1 Visuelle Informationen**

Die Haltungskontrolle wird von visuellen Informationen beeinflusst. Dies bestätigt unter anderem eine Studie, welche den Einfluss von verschiedenen visuellen Bedingungen (geschlossene vs. offene Augen, dunkler vs. heller Raum) auf die Haltungskontrolle untersuchte. Dabei stellte sich heraus, dass die Haltungskontrolle mit offenen Augen signifikant besser ist. Zudem stellte die Studie fest, dass ein eingeschränktes Sehfeld die Haltungskontrolle verschlechtert (Hafström, Fransson, Karlberg, Ledin, & Magnusson, 2002). Eine weitere Studie bezüglich der visuellen Informationen führten Lee und Aronson (1974) durch. Sie untersuchten Kleinkinder im Alter von 13 bis 16 Monaten. In dieser Untersuchung standen die Kinder auf festem Grund. Die Testleiter schoben die Wände des Raumes vor und zurück. Währenddessen wurden die Reaktionen der Kinder aufgezeichnet. In 82 Prozent aller Versuche zeigten die Kinder eine kompensatorische Reaktion sobald sich der Raum veränderte: 26 Prozent der Kinder bewegten sich, 23 Prozent taumelten und 33 Prozent fielen hin. In der Studie wird angenommen, dass sich Kleinkinder bereits stark auf visuelle Informationen verlassen können. Mit der Entwicklung verbessert sich jedoch das gesamte propriozeptive System. Somit spielen beim Erwachsenen die visuellen Informationen eine weniger grosse Rolle (Lee & Aronson, 1974). In Bezug auf diese Untersuchung ist auch die Studie von Ledebt, Becher, und Savelsbergh (2005) interessant. 5- bis 11- jährige Kinder absolvierten ein visuelles Feedbacktraining. Dabei fixierten die Kinder einen Punkt auf Augenhöhe, welcher als Ebenbild für die Position ihres Körpermittelpunktes galt. Dieser Punkt sollte in einem bestimmten Bereich gehalten werden. Dabei wurde festgestellt, dass Gleichgewichtstraining mit visuellen Anhaltspunkten zusammenhängt. Auch Taube, Leukel, und Gollhofer (2008b) stellten bei jungen Erwachsenen fest, dass die Verschiebung des Körperschwerpunktes abnimmt, wenn mit visuellem Feedback gearbeitet wird.

Aus diesen Studien lässt sich schliessen, dass die visuelle Kontrolle einen Einfluss auf die Gleichgewichtsleistung hat. Interessant ist, dass das visuelle System, ob bei Kleinkindern, Kindern oder jungen Erwachsenen, immer ein wichtiger Faktor bei der Gleichgewichtskontrolle ist (Lee & Aronson, 1974; Ledebt et al., 2005; Taube et al.,

2008a). Zudem ist es ein Unterschied, ob ein visueller Anhaltspunkt vorhanden ist oder nicht (Ledeby et al., 2005; Taube et al., 2008b).

### **2.2.2 Vestibuläre Informationen**

Bei der Haltungskontrolle ist eine der wichtigsten Verbindungen zum visuellen System der Gleichgewichtssinn respektive das Vestibulärsystem. Bereits im Mutterleib fängt ein Kind Gleichgewichtsreize auf und reagiert darauf. Die Rezeptoren des Vestibulärapparates nehmen Bewegungen nach vorn und hinten, Kipp- und Drehbewegungen auf. Kinder trainieren ihr Gleichgewichtssystem automatisch mit Drehen, Schaukeln, Rutschen oder Balancieren. Symptome wie schlechte Körperwahrnehmung im Raum, Müdigkeit, Reiseübelkeit oder verzögerte motorische Entwicklung weisen auf einen schlecht ausgebildeten Vestibulärapparat hin (Ayres, 2013).

### **2.2.3 Taktile Informationen**

Das vestibuläre und visuelle System wird vor allem durch die Lage des Kopfes im Raum beeinflusst. Über die Haut können weitere Informationen aufgenommen werden, die der Gleichgewichtskontrolle dienen. Über Rezeptoren auf der Haut werden Reize wie Schmerzen, Temperaturen oder Berührungen aufgenommen (Ayres, 2013). Eine interessante Studie zum Einfluss taktiler Informationen auf die Standstabilität wurde von Meyer, Oddsson und De Luca (2004a) durchgeführt. Mit Hilfe der Messungen mit einer Kraftmessplatte stellten sie fest, dass die Fußsohle nur einen moderaten Einfluss auf die Standstabilität hat. Dies wurde unter verschiedenen Bedingungen, wie dem Einbeinstand oder Stehen mit geschlossenen Augen, gemessen. In der Studie wurde vermutet, dass sich der Körper bei geschlossenen Augen mehr auf die taktilen Informationen verlässt (Meyer et al., 2004a). Zudem zeigten dieselben Autoren in einer anderen Untersuchung auf, dass taktile Informationen der Füße wichtig sind, wenn die Standfläche Perturbationen ausgesetzt wird (Meyer, Oddsson, & De Luca, 2004b).

### **2.2.4 Propriozeptive Informationen**

Propriozeption bezieht sich auf die Wahrnehmung von sensorischen Informationen, welche durch Kontraktion, Strecken von Muskeln oder Bewegungen der Knochen

verursacht werden. Kinder mit schlechter propriozeptiver Wahrnehmung bekommen Schwierigkeiten, wenn das Bewegungsergebnis visuell nicht klar erkennbar ist (Ayres, 2013). Eine Studie von Fitzpatrick und McCloskey (1994) zeigt, dass die Kontrolle des aufrechten Stands mit geschlossenen Augen vor allem durch das somatosensorische System organisiert wird. Die Propriozeption der Gelenke im Fuss ist bei der Haltungskontrolle eine wichtige Information. Zudem zeigt diese Studie auf, dass auch ohne visuelle oder vestibuläre Informationen die Kontrolle der aufrechten Haltung immer noch möglich ist (Fitzpatrick & McCloskey, 1994).

### **2.2.5 Entwicklung der sensorischen Informationen**

Gemäss Lee und Aronson (1974) entwickelt sich das propriozeptive und visuelle System während der Lebensspanne. Vorerst verlassen sich Kinder vor allem auf das visuelle System. Durch Üben und Sammeln von Erfahrungen entwickelt sich das mechanische propriozeptive System. Somit müssen sich Erwachsene weniger nur auf die visuelle Kontrolle verlassen (Lee & Aronson, 1974). Weitere Studien zeigen, dass diese Entwicklung altersabhängig ist. Shumway-Cook und Woollacott (1985) postulieren in ihrer Untersuchung, dass 4- bis 6- jährige Kinder vor allem visuelle Informationen benutzen um das Gleichgewicht zu halten. 7- bis 10- jährige Kinder beginnen erwachsene Strategien der Gleichgewichtskontrolle zu entwickeln. Diese beziehen sich mehr auf die vestibuläre und propriozeptive Informationsaufnahme (Shumway-Cook & Woollacott, 1985).

Riach und Hayes (1987) behaupten, dass in weiteren Studien Evidenz vorhanden ist, dass bei Kindern eine grosse Variabilität beim Entwicklungsstand der sensorischen Informationsaufnahme vorherrscht. Dies zeigt sich auch in der unterschiedlichen Leistung bei der Haltungskontrolle (Riach & Hayes, 1987).

In den letzten Abschnitten ist ersichtlich, dass die Aufnahme von visuellen (Hafström, 2002; Lee & Aronson, 1974; Ledebt et al., 2005; Taube et al., 2008b), vestibulären (Ayres, 2013), taktilen (Meyer et al., 2004a; Meyer et al., 2004b) und propriozeptiven (Fitzpatrick & McCloskey, 1994) sensorischen Informationen stark mit der posturalen Kontrolle zusammenhängt. Je nachdem welche Informationen genutzt werden, können sich die Systeme jedoch auch gegenseitig entlasten (Fitzpatrick &

McCloskey, 1994). An der vorliegenden Untersuchung nehmen 6- bis 7- jährige Kinder teil. Es wird vermutet, dass diese Probanden noch zu wenig entwickelt sind, damit sich die sensorischen Systeme genügend entlasten können. Somit wird eine Abnahme der Gleichgewichtsleistung erwartet, wenn die Kinder bei dieser Untersuchung während den Messungen die Augen schliessen oder auf einem Bein stehen müssen.

## **2.3 Leistungsentwicklung während der Lebensspanne**

In einer Literaturübersicht zeigen Granacher und Kollegen auf, dass die Haltungskontrolle als ein dynamischer Prozess während der Lebensspanne angesehen werden kann. Sie belegen, dass die verschlechterte Haltungskontrolle bei Kindern und älteren Menschen nicht nur auf die Sensorik zurückzuführen ist. Weitere Faktoren sind motorische Defizite oder auch muskuläre Schwäche (Granacher, Muehlbauer, Maestrini, Zahner, & Gollhofer, 2011b). Im Folgenden wird daher die motorische Entwicklung von Kindern bezüglich der Gleichgewichtsfähigkeit, Maximal- und Sprungkraft dokumentiert.

### **2.3.1 Motorische Leistungsentwicklung**

Gut ausgebildete motorische Fähigkeiten gelten als lebenslanger Schutzfaktor bei der Bewältigung von Alltagsherausforderungen. Zudem wirken sie gesundheitsschädigenden Folgen von Bewegungsmangel entgegen (Hartmann, 1999). In Deutschland wurde im Jahr 2007 erstmals eine repräsentative Studie über die motorische Leistungsfähigkeit von Kindern im Alter von 4 bis 17 Jahren durchgeführt. In den Dimensionen Koordination, Ausdauer, Kraft und Beweglichkeit zeigte sich, dass grundsätzlich ältere Kinder und Jugendliche gegenüber jüngeren bessere Testergebnisse aufwiesen. Mädchen zeigten in den meisten Tests signifikant bessere Resultate als Jungen. In Bezug auf die vorliegende Untersuchung sind besonders die koordinativen Tests dieser Studie interessant. Mit dem Test ‚Einbeinstand‘ wurde das Standgleichgewicht überprüft. Die Kinder standen während einer Minute im Einbeinstand. Die Anzahl Bodenkontakte wurden gezählt. Die Mädchen berührten zweimal weniger den Boden als die Jungen. Den Ergebnissen ist auch zu entnehmen, dass 6- bis 7- Jährige zwischen 11 und 17 Mal den Boden

berührten. 9- bis 10- Jährige taten dies ungefähr halb so oft und 4- bis 5- Jährige ungefähr doppelt so viel (Starker et al., 2007).

Die Münchner Längsschnittstudie LOGIK untersuchte Probanden im Alter von 4, 5, 6, 8, 10, 12 und 23 Jahren. Zwischen 4 und 6 Jahren wurde der Motoriktest ‚MOT 4-6‘ durchgeführt. Dieser sportmotorische Test ist auf das Vorschulalter ausgerichtet und prüft keine spezifischen Fertigkeiten. Der Test umfasste unter anderem zwölf Aufgaben zur Koordination mit Präzisionsaufgaben (zum Beispiel Zielwurf oder Balancieren). Ab 5 Jahren wurde mit den Probanden der ‚Körperkoordinationstest für Kinder‘ (KTK) durchgeführt. Dieser beinhaltete unter anderem rückwärts Balancieren auf einem Langbalken und einbeiniges Überspringen von sukzessiv höher aufgeschichteten Schaumstoffplatten. Beide dieser Aufgaben beanspruchten die Gleichgewichtsfähigkeit. Zwischen 4 und 6 Jahren nahm der MOT- Wert signifikant zu. Mädchen waren den Jungen wieder deutlich überlegen, besonders hinsichtlich der Koordinationsaufgaben. Der KTK-Test zeigt, dass die Leistungsentwicklung bis zum zwölften Lebensjahr deutlich zunahm und anschliessend bis zum Alter von 23 Jahren nur noch eine geringe Verbesserung erfuhr (Ahnert & Schneider, 2007).

Aus diesen zwei Studien lässt sich schliessen, dass Kinder zwischen 4 und 12 Jahren eine starke Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit respektive der Gleichgewichtsfähigkeit durchleben (Ahnert & Schneider, 2007; Starker et al., 2007). Nach Ahnert und Schneider (2007) ist dieser Entwicklungsverlauf jedoch stark vom Geschlecht und der beanspruchten motorischen Fähigkeit abhängig. In der LOGIK Studie wurde mit 18 Jahre alten Jugendlichen leider keine Messung gemacht. Jedoch tritt nach Bös das Leistungsmaximum beim Gleichgewicht erst im frühen Erwachsenenalter auf. Die meisten Studien belegen für den Altersbereich zwischen 11 und 18 Jahren eine beschleunigte Entwicklung. Dies ist vor allem auf die biologischen Wachstumsprozesse zurückzuführen (Bös, 1994; zit. n. Ahnert & Schneider, 2007, S. 13).

In diesem Abschnitt wird ersichtlich, dass 4- bis 6- jährige Kinder durch die biologischen Prozesse eine starke Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit erfahren. Beim jährlichen MOT Test zeigten die 4- bis 6- Jährigen auch ohne

Intervention eine starke Entwicklung. Es ist anzunehmen, dass Trainingsinterventionen die normalen biologischen Prozesse noch verstärken. Dies ist jedoch stark vom Zeitrahmen der Untersuchung abhängig. In der vorliegenden Studie werden die Kinder in einem Zeitraum von zwei bis drei Monaten untersucht, wobei nicht grosse Veränderungen der Körperstatur zu erwarten sind.

### **2.3.2 Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit**

Verschiedene Studien belegen einen Zusammenhang zwischen dem Alter und der Haltungskontrolle (Barozzi et al., 2014; Cuisinier, Olivier, Vaugoyeau, Nougier, & Assaïante, 2011; Gouleme, Ezane, Wiener-Vacher, & Bucci, 2014; Riach & Hayes, 1987; Shumway-Cook & Woollacott, 1985). Bereits 1985 untersuchte eine Studie die Haltungskontrolle bei Kindern in drei Altersgruppen: zwischen 15 und 31 Monaten und zwischen 4 bis 6 und 7 bis 10 Jahren. Mit Hilfe einer beweglichen Plattform wurde die Gleichgewichtsfähigkeit getestet. Dazu wurden elektromyographische und kinematographische Verfahren angewendet. Die Ergebnisse zeigen, dass die richtungsspezifische Organisation der Muskeln bei Kindern von unter sechs Jahren noch nicht gänzlich entwickelt ist. Die Verbesserung der Haltungskontrolle verläuft nicht linear zu den Altersstufen. Die 4- bis 6- Jährigen haben die grösste Variabilität bei der Haltungskontrolle. Die Studie zeigt auf, dass besonders bei 4- bis 6- Jährigen eine Transformation der sensorischen Haltungskontrolle stattfindet. Vorher können sensorische Konflikte noch nicht behoben werden. Nach dieser Übergangszeit entwickelt die sensorische Haltungskontrolle eine erwachsene Strategie, welche im Kapitel 2.2.5 bereits ausführlich beschrieben wurde (Shumway-Cook & Woollacott, 1985).

Auch Riach und Hayes (1987) zeigten in ihrer Untersuchung eine altersabhängige Entwicklung der Haltungskontrolle auf. Wie in der vorderen Studie aufgezeigt, weisen ältere Kinder eine bessere laterale und anterior-posteriore Haltungskontrolle auf. Dies resultierte aus Messungen bei 2- bis 14- jährigen Kindern mit Hilfe einer Kraftmessplatte. Bedeutsame Unterschiede zeigten sich auch bei der Variabilität der Resultate bei Kleinkindern. Dies ist in Abbildung 1 aufgeführt. Die Punkte zeigen den quadratischen Mittelwert der Abweichung bei der Haltungskontrolle. Je mehr Abweichung bei den Gleichgewichtstests desto mehr ‚Sway‘ respektive Weg wird

gemessen. In der Abbildung ist ersichtlich, dass mit zunehmendem Alter der Weg abnimmt. Somit verbessert sich die Haltungskontrolle respektive die Gleichgewichtsfähigkeit. Auch die Heterogenität der individuellen Leistungen nimmt mit zunehmendem Alter ab. Im Alter von sechs Jahren ist sie am grössten. Dies ist ebenfalls in Abbildung 1 ersichtlich (Riach & Hayes, 1987).

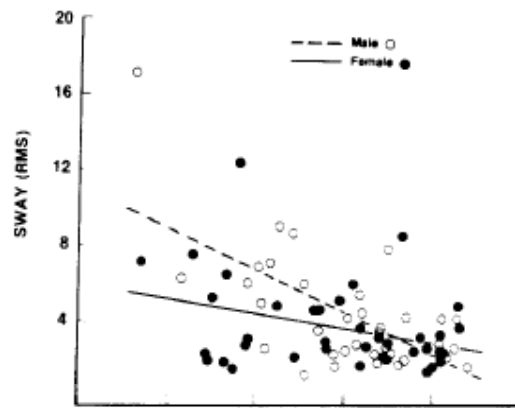


Abbildung 1: Altersabhängige Veränderung der Haltungskontrolle (Riach & Hayes, 1987)

Weitere Resultate einer neueren Studie zeigen ebenfalls eine grosse Variabilität der Gleichgewichtsfähigkeit bei 4- bis 10- Jährigen, welche dann bis zum Alter von 30 Jahren abnimmt (Gouleme et al., 2014). Mit Geschlecht, Grösse oder Gewicht kann die Heterogenität der Haltungskontrolle bei jungen Kindern nicht gänzlich erklärt werden. Weitere Faktoren scheinen einen Einfluss zu haben (Riach & Hayes, 1987). So wurde im Abschnitt 2.2 aufgezeigt, dass die unterschiedliche Entwicklung der sensorischen Wahrnehmung einen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit hat (Gouleme et al., 2014; Riach & Hayes, 1987; Shumway-Cook & Woollacott, 1985). In der vorliegenden Untersuchung ist somit eine grosse Variabilität bei der Haltungskontrolle der Kinder zu erwarten.

Im vorherigen Abschnitt wurde ersichtlich, dass jüngere Kinder grössere Abweichungen bei der Haltungskontrolle aufweisen (Barozzi et al., 2014; Cuisinier et al., 2011; Gouleme et al., 2014; Riach & Hayes, 1987; Shumway-Cook & Woollacott, 1985). Wird der weitere Entwicklungsverlauf betrachtet, ist feststellbar, dass auch bei älteren Erwachsenen grössere Abweichungen feststellbar sind. Dies ist in Abbildung 2 ersichtlich. Daher ergibt der Entwicklungsverlauf der statischen und dynamischen



Gleichgewichtskontrolle eine U-Form (Hytönen, Pyykkö, Aalto, & Starck, 1993; Oberg, Karsznia, & Oberg, 1993).

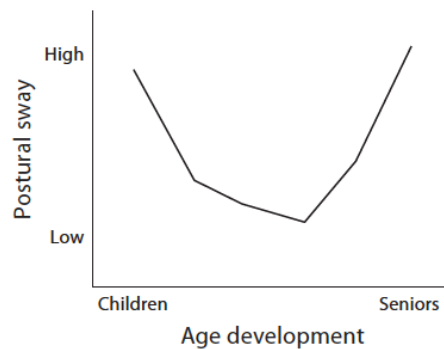


Abbildung 2: Entwicklung Gleichgewicht während der Lebensspanne (Granacher et al., 2011b, S. 306)

### 2.3.3 Entwicklung der Kraftfähigkeit

Zusätzlich zur Haltungskontrolle spielt bei der motorischen Kontrolle die Muskelstärke eine wichtige Rolle (Martin, Farrar, Wagner, & Spirduso, 2000). Auch die statische und die dynamische Muskelkraft entwickeln sich in einer umgekehrten U-Form (Granacher et al., 2011b). Dies zeigt Abbildung 3 auf der nächsten Seite. Die Kraftfähigkeit steigt während der Kindheit an und nimmt mit zunehmendem Alter wieder ab. Zwischen 25 und 30 Jahren wird ein Maximum an Maximal- und Muskelkraft erreicht. Diese Unterschiede sind jedoch eher von der Muskelmasse und dem Muskelfasertyp abhängig als vom Alter. Dies zeigt eine Studie, welche Probanden im Alter von 8 und 70 Jahren untersuchte (Martin et al., 2000). Schmidtbleicher (1994) zeigt auf, dass im Kindesalter zwischen den Geschlechtern bezüglich Kraft und Muskelmasse kaum Unterschiede bestehen. In der Pubertät erfolgt bei den männlichen Probanden vor allem eine Zunahme im Kraftbereich. Dies ist durch das hormonell bedingte Wachstum der Muskelmasse zu erklären (Schmidtbleicher, 1994). Gemäss Bös (1994) kann bereits im Jugendalter ein Leistungsmaximum bei Schnelligkeit, Ausdauer, Koordination und Beweglichkeit erreicht werden. Maximale Kraft und optimaler Gleichgewichtssinn sind aber erst im frühen Erwachsenenalter voll entwickelt (Bös, 1994).

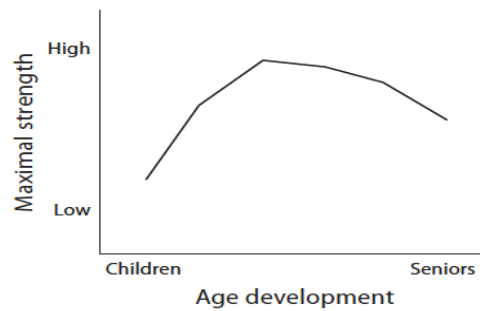


Abbildung 3: Entwicklung der Maximalkraft während der Lebensspanne (Granacher, 2011b, S. 308)

### 2.3.4 Zusammenhang Sturzrate und Leistungsentwicklung

Wie bereits erwähnt, ist das Sturzrisiko bei Senioren (Blake et al., 1988) und Kindern (Kahl et al., 2007) höher als bei gesunden Erwachsenen im erwerbsfähigen Alter. In Abbildung 4 ist ersichtlich, dass Granacher (2011b) dies als U-förmige Kurve darstellt, die eine Lebensspanne zusammenfasst. Zum selben Ergebnis kommen auch Hochrechnungen der bfu. In der Schweiz beläuft sich die Anzahl registrierter Stürze der 0- bis 16- Jährigen auf 104'290. Zwischen 17 und 25 Jahren sind lediglich 23'770 verzeichnet. Bei Senioren über dem 65. Lebensjahr summieren sich 68'710 Stürze (Michel & Bochud, 2012) .

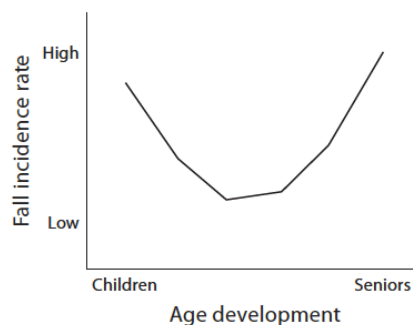


Abbildung 4: Entwicklung Sturzrate während der Lebensspanne (Granacher, 2011b, S. 305)

Die Entwicklungskurven der Sturzrate, des Gleichgewichts und der Kraft können zusammengefasst werden. So zeigt Granacher (2011b) auf, dass ein Defizit in der

Haltungskontrolle und bei der Muskelkraft mit höheren Sturzszenen bei Kindern und Senioren zusammenhängt.

## **2.4 Auswirkungen von Gleichgewichtstraining**

Laut Kambas und Kollegen (2004) sind intrinsische Faktoren für 77% der Stürze bei Kindern verantwortlich. Um den präventiven Effekt von Gleichgewichtstraining darzulegen, werden Studien aufgezeigt, welche den Effekt Gleichgewichtstraining auf die intrinsischen Sturfaktoren wie Gleichgewichtsfähigkeit, Sprunghöhe, Maximal- und Explosivkraft untersuchten.

### **2.4.1 Gleichgewichtstraining und Kraft**

Die Maximalkraft ist „die grösstmögliche Kraft, die ein Muskel oder eine Muskelgruppe bei maximal willkürlicher Aktivierung entfalten kann“ (zit. n. Hegner, 2008, S. 127). Sie wird auch ‚maximal voluntary contraction‘ kurz MVC genannt. (Hegner, 2008).

Die Explosivkraft ist eine Komponente der Schnellkraft. Sie wird auch ‚rate of force development‘ kurz RFD genannt. Dies meint die Fähigkeit einen schnellen Anstieg der Kraftwerte zu realisieren. Je steiler der Kraftanstieg in kurzer Zeit, desto grösser ist die  $RFD_{max}$ . Vor allem bei Unfällen und Verletzungen im Alltag ist diese Kraftart entscheidend. Ist die  $RFD_{max}$  hoch, so ist es möglich, Muskelkraft schnell zu mobilisieren und einen hohen Kraftimpuls zu erzielen. So können unvorhergesehene Ereignisse wie Stürze besser vermieden werden. Des Weiteren wird in vielen Studien oft eine verbesserte inter- und intramuskuläre Koordination als Grund für die verbesserten  $RFD_{max}$  genannt. Dies als Folge eines Sensomotorik- und Gleichgewichtstrainings (Hegner, 2008).

Studien bei jungen Erwachsenen zeigen, dass RFD durch Gleichgewichtstraining verbessert wird (Gruber et al., 2007; Gruber & Gollhofer, 2004). Gruber et al. (2007) verglichen Trainingsadaptionen von Ballistischem Krafttraining (BST) und Sensomotorischem Training (SMT) bei 25- bis 27- jährigen Probanden. Das sensomotorische Training beinhaltete einbeinige Gleichgewichtsübungen auf Balance Pads, Balancierkreisel, Balance-Boards oder auf einem Luftkissen. Das BST

beinhaltete maximale Plantar- und Dorsalflexionen an Kraftgeräten. Das Training dauerte eine Stunde und wurde während vierzehn Wochen sechzehn Mal durchgeführt. Während sich der MVC bei beiden Trainingsgruppen nicht veränderte, nahm die  $RFD_{max}$  bei beiden Trainingsgruppen signifikant zu. Jedoch verbesserte sich in diesem Bereich die BST-Gruppe signifikant mehr als die SMT-Gruppe. Weiter wurde festgestellt, dass SMT einen Anstieg der maximalen Bewegungsgeschwindigkeit des Musculus Gastrocnemius und Musculus Soleus zur Folge hatte. Das BST führte nur zu einer Verbesserung beim Musculus Soleus. Daraus schliessen Gruber und Kollegen, dass BST und SMT verschiedene spezifische neuronale Adaptionen auslösen. Diese beeinflussen die Rekrutierungs- oder Entladungsraten der motorischen Einheiten beim Beginn einer willentlichen Kontraktion. Daher soll BST immer auch mit SMT ergänzt werden. Vor allem in Sportarten, welche schnelle Bewegungen beinhalten und somit grosse Anforderungen an die Haltungskontrolle verlangen (Gruber et al., 2007).

Gruber und Gollhofer (2004) erklären die verbesserte  $RFD_{max}$  der Beinextensoren mit der Abnahme der präsynaptischen Hemmung der Ia-Motoneurone am Anfang der Kraftentwicklung. Sie führten während vier Wochen acht SMT durch, welche 60 Minuten dauerten. Die Trainingsinhalte waren ähnlich wie in der Studie von Gruber et al. (2007). Dazu trainierten die Probanden mit einem Posturomed. Die statische Maximalkraft veränderte sich nicht. Die  $RFD_{max}$  verbesserte sich signifikant von  $4.95 \pm 0.48$  N/ms auf  $6.58 \pm 0.76$  N/ms ( $P < 0.05$ ). In Bezug auf Verletzungssituationen ist die neuromuskuläre Aktivierung von grosser Relevanz, um Gelenke möglichst schnell zu verhärten und somit Unfälle zu vermeiden (Gruber & Gollhofer, 2004).

Ein 13-wöchiges SMT führten Granacher, Gruber, Strass und Gollhofer (2007) mit Senioren durch. Sie zeigten auf, dass auch bei älteren Menschen die Maximal- und Explosivkraft durch SMT signifikant erhöht wird. Sie meinen, dass eine verbesserte Explosivkraft mehr Bedeutung und Einfluss bei der Vermeidung von Stürzen hat als eine bessere Maximalkraftfähigkeit. So dauert die Zeit, bis die Maximalkraft erreicht ist, zu lange um einen Sturz zu verhindern. Eine schnelle und hohe Kraftentwicklung in Verbindung mit einer guten Gleichgewichtsfähigkeit sind somit zentral bei der Vermeidung von Stürzen. Zudem ist BST kombiniert mit SMT effektiver als nur reines

Krafttraining (Granacher et al., 2007). Taube et al. (2007a), Beck et al. (2007) und Bruhn, Kullmann, und Gollhofer (2004) führten eine ähnliche Untersuchung wie Gruber et al. (2007) durch. Im Kontrast zu anderen Studien veränderte sich das  $RFD_{max}$  von jungen Eliteathleten in der Studie von Taube et al. (2007a) weder durch Kraft- noch durch Gleichgewichtstraining. Nur das MVC nahm in dieser Untersuchung durch Krafttraining zu. Dies wird durch methodologische oder trainingsspezifische Unterschiede erklärt. Auch die Studie von Beck et al. (2007) zeigte eine Zunahme der  $RFD_{max}$ . Die Autoren zeigten auf, dass Gleichgewichtstraining eine Zunahme der kortikalen Übertragung zum antagonistischen Muskel zur Folge hat. Dadurch werden der Muskel und die Gelenke stabilisiert. Dies kann bei einer Kontraktion genutzt werden und führt zu einer erhöhten Explosivkraft (Taube et al., 2008a). Bruhn et al. (2004) begründen die Zunahme der  $RFD_{max}$  durch SMT mit der Zunahme an afferenten Inputs im zentralen Nervensystem.

Klassisches Krafttraining dagegen verbessert die mechanische Effizienz der efferenten Motoneurone. In einer weiteren Studie zeigen Granacher, Gollhofer und Kriemler (2010a) die Effekte eines vierwöchigen Gleichgewichtstraining bei 17- bis 19-jährigen High-School Studenten. Die  $RFD_{max}$  wird mit einer Beinpress-Maschine gemessen. Dabei werden die Füße auf eine Kraftmessplatte gesetzt. Die  $RFD_{max}$  der Interventionsgruppe nimmt im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant zu.

In diesen aufgeführten Studien ist ersichtlich, dass die Zunahme der  $RFD_{max}$  durch Gleichgewichtstraining vielfach bewiesen ist. Die Autoren nennen verschiedene Ursachen für die Zunahme der Explosivkraft. Meist ist sie mit einer besseren Ansteuerung der Muskulatur verbunden (Beck et al., 2007; Bruhn et al., 2004; Granacher et al., 2007; Gruber et al., 2007; Gruber & Gollhofer, 2004). Dass Gleichgewichtstraining auch einen Einfluss auf die Zunahme der MVC hat, konnte in den aufgeführten Studien nicht bewiesen werden (Granacher et al., 2007; Gruber & Gollhofer, 2004; Taube et al., 2007a). Jedoch ist die Maximalkraft bei der Verhinderung von Stürzen nach Granacher und Kollegen (2007) auch weniger relevant.

Werden die Studien in Bezug auf das Alter betrachtet, so zeigen sie eine Zunahme der Kraft durch Gleichgewichtstraining bei Senioren (Granacher et al., 2007), jungen Erwachsenen (Beck et al., 2007; Bruhn et al., 2004; Granacher et al., 2010b; Gruber et al., 2007; Gruber & Gollhofer, 2004) und Adoleszenten (Granacher et al., 2010a; Taube et al., 2007a). Bei Kleinkindern ist es schwieriger Studien zu finden.

Eine klassische Gleichgewichtsstudie, welche den Effekt von Gleichgewichtstraining auf die Explosiv- und Maximalkraft untersuchte, wurde von Granacher und Kollegen durchgeführt. Sie stellten in ihrer Studie mit 6- bis 7-jährigen Kindern fest, dass ein vierwöchiges Gleichgewichtstraining keine signifikanten Unterschiede bei der Maximal- und Explosivkraft mit sich bringt (Granacher, et al., 2011a). Die Kraftmessungen wurden liegend auf einem Isokinet durchgeführt, wie es auch in der vorliegenden Studie der Fall ist.

Weitere Studien, welche Transfereffekte von Gleichgewichtstraining auf die Explosiv- und Maximalkraft bei 6- bis 7-jährigen Kindern untersuchen, wurden nicht gefunden. Auch ähnliche Studien, welche den unterschiedlichen Effekt von Gleichgewichts- und Krafttraining bei Kindern vergleichen, wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht entdeckt. Lediglich in der Studie von Donath und Kollegen (2013) wurden mit 10-jährigen Kindern MVC Tests gemacht. Die Interventionsgruppe absolvierte ein sechswöchiges Slacklinetraining. Gemessen wurden, sitzend und stehend, die isometrische Plantarflexion und nur sitzend die isometrische Dorsalextensionskraft. Bei der Interventionsgruppe wurde keine signifikante Zunahme der Maximalkraft in den Beinen festgestellt. Dies wird auf die unterentwickelte neuronale Ansteuerung zurückgeführt (Donath et al., 2013).

#### **2.4.2 Gleichgewichtstraining und Reaktivkraft**

Die Reaktivkraft wird stark durch die Maximalkraft und die muskuläre Stiffness beeinflusst. Es ist „die Fähigkeit, in einem Dehnung-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) einen hohen Kraftimpuls zu realisieren, indem eine vorgespannte Muskelschlinge in kurzer Folge exzentrische und explosiv-konzentrische Arbeit leistet.“ (zit. n. Hegner, 2008, S. 130). Muskelaktionen, bei denen auf eine exzentrische Phase eine konzentrische Aktion folgt, sind in vielen Sportarten häufig. Bei der Reaktivkraft wird zwischen

einem kurzen und einem langen DVZ unterschieden. Die Grenze liegt bei 200 ms. Für den kurzen DVZ wird in wissenschaftlichen Untersuchungen der Drop-Jump (DJ) genutzt. Dabei versuchen die Probanden nach dem Bodenkontakt möglichst hoch zu springen. Für Messungen der langen DVZ wird der Counter Movement Jump genutzt (CMJ). Die Probanden machen bei dieser Sprungform vorerst eine Ausholbewegung mit den Beinen. Anschliessend versuchen sie so hoch wie möglich abzuspringen. (Hegner, 2008).

In wissenschaftlichen Gleichgewichtsstudien werden Messungen der Reaktivkraft oft mit Messungen der Maximal- und Explosivkraft verbunden. So zeigten Taube et al. (2007a) bei jungen Elite Athleten, dass durch Gleichgewichts- und Krafttraining die Resultate des DJ und CMJ signifikant höher wurden. Sie führen die Verbesserung der Sprungkraft auf eine bessere inter- und intramuskuläre Koordination der Beinextensoren zurück (Taube et al., 2007a). Weitere Studien bei jungen Erwachsenen zeigten eine signifikante Zunahme der Sprungkraft durch klassisches Gleichgewichtstraining auf (Bruhn et al., 2004; Granacher, 2010a). In Bezug auf Sprungkraft und Gleichgewichtstraining ist die Studie von Kean, Behn, und Young (2006) interessant. Die 25- jährigen Studienteilnehmerinnen absolvierten entweder ein Gleichgewichtstraining auf einem sich bewegenden Brett oder ein spezifisches Lande- und Sprungtraining. Diese Trainings wurden während vier Wochen sechs Mal durchgeführt. Die Höhe des CMJ berechnete das kinematische Messgerät mit Hilfe der Flugzeit. Im Gegensatz zu den Messungen im Pretest, verbesserten alle Teilnehmenden beider Gruppen signifikant ihre Sprunghöhe. Die Gleichgewichtstrainings hatten im Vergleich mit der Kontrollgruppe und der Sprungtrainingsgruppe eine grössere Verbesserung der Sprunghöhe (+9.5%) zur Folge. Die lässt sich aber auch durch die Squats erklären, welche während des Gleichgewichtstrainings durchgeführt wurden (Kean et al., 2006).

Im aufgeführten Artikel wird davon ausgegangen, dass Gleichgewichtstraining einen Effekt auf die Reaktivkraft bei jungen Elite Athleten (Taube et al., 2007a) und bei jungen Erwachsenen (Bruhn et al., 2004; Kean et al., 2006) hat. Bezüglich Kindern ist die aktuelle Forschungslage wiederum spärlich. In der Studie von Granacher et al. (2011a) konnte bei Kindern nach vier Wochen Gleichgewichtstraining keine

signifikante Veränderung des CMJ festgestellt werden. Wie auch bei der  $RFD_{max}$  konnten nur kleine bis mittlere Effekte festgestellt werden (Siehe dazu Abbildung 5).

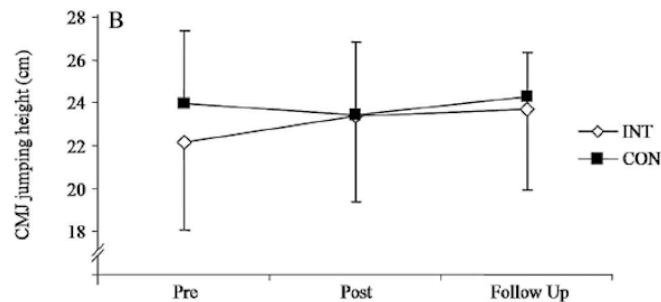


Abbildung 5: Leistungsveränderung Reaktivkraft bei Kinder (Granacher, 2011a, S. 1763)

Auch die Studie von Donath et al. (2013) stellte bei 10- jährigen Kindern keine signifikanten Veränderungen der Sprunghöhe durch Slacklinetraining fest. Auch bei jungen Erwachsenen wurde keine signifikante Wirkung des Slacklinetrainings auf die Sprunghöhe festgestellt (Granacher, Iten, Roth, & Gollhofer, 2010b). Dies weist auf die spezifische Wirkung eines Slacklinetrainings hin (Donath et al., 2013; Granacher et al., 2010b). Muehlbauer, Kuehnen und Granacher (2013) postulieren, dass sie erstmals eine signifikante Zunahme von 8% ( $p < 0.05$ ) der Sprunghöhe (CMJ) durch Inlineskating feststellten. Die 11- bis 12- jährigen Kinder absolvierten ein vierwöchiges Inlineskatetraining. Sie trainierten zweimal pro Woche zu je 90 Minuten (Muehlbauer et al., 2013). Gemäss Gruber und Gollhofer (2004) konnte die Muskelmasse während vier Wochen Gleichgewichtstraining nicht zunehmen. Daher kann die Zunahme der Kraft durch erhöhte Reflexbeiträge auf spinalem Level erklärt werden. Die Autoren spekulieren, dass die Abnahme der präsynaptischen Inhibition von afferenten (Ia) Sensoren beim aktivierten Muskel zu einer besseren Krafftähigkeit führt (Gruber & Gollhofer, 2004).

### 2.4.3 Gleichgewichtstraining in der Prävention

Präventive Interventionsprogramme können sich auf intrinsische oder extrinsische Faktoren konzentrieren. Defizite bei der Haltungskontrolle und Muskelkraft sind massgebende intrinsische Risikofaktoren für Stürze (Granacher, 2011a). Wie die vorherigen Kapitel aufzeigen, kann Gleichgewichtstraining eine Wirkung auf die Explosiv- und Reaktivkraft haben. Daraus lässt sich schliessen, dass Gleichgewichtstraining das Potential hat, Stürze zu vermindern.



Zu dieser Erkenntnis kommen auch Kambas und Kollegen (2004). Ihre Untersuchung zeigte bei 4- bis 6-jährigen Kindern, dass 77% der Unfälle aus motorischen Defiziten resultieren und diese durch Training vermindert werden können (Kambas et al., 2004). Auch Granacher et al. (2007) zeigten in ihrer Studie auf, dass SMT die Kraftfähigkeit bei älteren Menschen nachhaltig erhöht, indem die neuronale Ansteuerung der agonistischen und synergistischen Muskulatur verbessert wird. Zum selben Schluss kamen auch Taube et al. (2007a) bei jungen Eliteathleten.

Der präventive Aspekt von Gleichgewichtstraining wurde in verschiedenen Sportarten untersucht. Besonders in Teamsportarten gehören Zerrungen oder Bänderrisse am Fussgelenk zu den häufigsten Verletzungen. Eine Studie untersuchte, ob ein Präventionsprogramm bei Handballspielerinnen die Häufigkeit bei Verletzungen mindert. Sie kam zum Schluss, dass die Verbesserung der Sprungkraft und des Gleichgewichts zu weniger Verletzungen an den Fussgelenken und Knien führte (Petersen et al., 2005). Im Fussball und Basketball zeigten zum Beispiel McGuine und Keene (2006) auf, dass Gleichgewichtstraining das Risiko von Fussgelenksverletzungen bei High School Athleten vermindert. In einer weiteren Studie wurde mit über 600 halbprofessionellen Fussballspielern ein propriozeptives Training mit vier verschiedenen Typen von Gleichgewichtskreiseln durchgeführt. Während drei Saisons trainierten die Fussballer zusätzlich jeden Tag zwanzig Minuten auf diesen Geräten. Caraffa und seine Kollegen konnten feststellen, dass Gleichgewichtstraining das Risiko einer vorderen Kreuzbandverletzung signifikant vermindert (Caraffa, Cerulli, Proietti, Aisa, & Rizzo, 1996). Myklebust et al. (2003) führten eine ähnliche Intervention mit einem weiblichen Handballteam durch. Zudem erlernten die Sportlerinnen eine bessere Landetechnik, was ebenfalls zu einer Verminderung des vorderen Kreuzbandrisses beigetragen hat (Myklebust et al., 2003).

Neben der Reduktion von Verletzungen in Teamsportarten vermindert Gleichgewichtstraining auch Stürze bei Senioren. Granacher und Kollegen meinen, dass Reflexaktivitäten bei der Sturzprävention von hoher Relevanz sind. Sie fassen aus verschiedenen Studien zusammen, dass Gleichgewichtstraining die Fähigkeit zur Kompensation von Störreizen durch verkürzte Latenzzeiten, den modulierten H-

Reflex und Achillessehnenreflex-Antworten verbessern lässt (Granacher, Gollhofer, & Zahner, 2010c). So zeigen Granacher, Gollhofer, und Strass (2006) auf, dass SMT zu einer signifikanten Verbesserung des Reflexsystems führt. Es wird vermutet, dass dies hilft, Stürze durch Stolpern oder Ausrutschen zu vermeiden. Die tatsächliche Verminderung von Stürzen wird in dieser Studie jedoch nicht untersucht (Granacher et al., 2006). Ein weiterer Grund für die häufigeren Stürze im Alter könnte auch der Verlust an Muskelspindelfasern sein. Durch die verringerte Anzahl reduziert sich die Geschwindigkeit und Genauigkeit, wie die Muskelspindeln auf Muskellängenveränderungen reagieren. Wenn diese Dehnungsempfindlichkeit der Muskelspindeln vermindert ist, können posturale Unsicherheiten nicht mehr ausreichend kompensiert werden. In ihrer Studie wurde ein Perturbationstraining bei älteren Menschen durchgeführt (Mynark & Koceja, 2001). Auch Granacher et al. (2006) machen für eine verbesserte posturale Kontrolle eine erhöhte Wahrnehmungsempfindlichkeit der Muskelspindeln verantwortlich. Ist die Wahrnehmungssensibilität erhöht, so können sensorische Informationen besser aufgenommen und verarbeitet werden. Dies hat wiederum eine verbesserte reflektorische Ansteuerung der Muskeln zur Folge (Mynark & Koceja, 2001).

Die Prävention zur Verminderung von Stürzen bei Kindern ist durch Gleichgewichtstraining möglich (Kambas et al., 2004). Wie in diesem Kapitel ersichtlich, wird dies in den verschiedenen Studien, welche den direkten positiven Effekt von Gleichgewichtstraining auf Verletzungen untersuchen, belegt (Caraffa et al., 1996; McGuine & Keene, 2006; Myklebust et al, 2003; Petersen et al, 2005). Gemäss Taube et al. (2008a) wird in vielen Studien der Effekt von Gleichgewichts- und Krafttraining auf die Sturzhäufigkeit untersucht. Somit kann die verminderte Sturzhäufigkeit nicht einzig auf das Gleichgewichtstraining zurückgeführt werden (Taube et al., 2008a). Zudem wurden im Rahmen dieser Arbeit keine Studien gefunden, welche den direkten Effekt von Gleichgewichtstraining auf die Prävention von Stürzen und Sturzverletzungen bei Kindern aufzeigen. Wie oben erläutert, sind bei Senioren schlechtere Funktionen der Reflexe (Granacher et al., 2006) oder weniger Sensibilität der Muskelfaserspindeln (Mynark & Koceja, 2001) intrinsische Faktoren für die Sturzhäufigkeit. Diese können jedoch schlecht auf Kinder übertragen

werden, da es sich laut Granacher et al. (2006) um Alterungsprozesse des somatosensorischen Systems handelt.

Ausserdem verbessert SMT die intra- und intermuskuläre Koordination und verstärkt die Tiefenmuskulatur im Rücken (Taube et al., 2007b), was wiederum zur Reduktion von Verletzungen und Rückenbeschwerden führt. Zudem hat Gleichgewichtstraining einen positiven Effekt auf die Schmerzwahrnehmung bei chronischen Nackenbeschwerden. Dies zeigte eine neuere Studie von Beinert und Taube (2013). Die Probanden dieser Studie litten an Nackenbeschwerden, Beeinträchtigung der sensomotorischen Kontrolle von Kopfbewegungen und verschlechterter Gleichgewichtsfähigkeit. Nach fünf Wochen Gleichgewichtstraining verbesserten sich die Gleichgewichtsfähigkeit und die Wahrnehmung der Halswirbelsäule. Zudem nahmen die Nackenbeschwerden signifikant ab (Beinert & Taube, 2013).

Wird die aktuelle Sturzprävention bei Kindern betrachtet, so beschränkt sich diese eher auf extrinsische Faktoren. Gemäss dem Sicherheitsdossier der bfu verlagern sich Sturzunfälle bei 5- bis 9- Jährigen vom Haus- und Freizeitbereich in die Unfallbereiche Sport und Strassenverkehr. Es wird empfohlen im Haus- und Freizeitbereich Risikofaktoren, wie zum Beispiel unebene Fussbodenbeläge, zu eliminieren und gefährliche Spielplatzgeräte zu meiden. Zusätzlich wird im Dossier darauf hingewiesen, dass bei Kindern während der ganzen Wachstumsphase Anpassungen der koordinativen, konditionellen und sensorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten entwickelt werden. Dies ist mit physiologischen Defiziten verbunden, welche als Ursache für Stürze angesehen werden. Daraus wird gefolgert, dass im Schulalter diese Defizite durch ein Gleichgewichts- und Krafttraining sowie durch ein ganzheitliches Training der motorischen Hauptbeanspruchungsformen kompensiert werden könnten (Michel & Bochud, 2012). Laut Buchner et al. (1997) müssen aber Präventionstrainings auf die Risikofaktoren abgestimmt sein. Ist dies der Fall, kann das Risiko eines Sturzes um 20 bis 50% vermindert werden (Bucher et al., 1997).

#### **2.4.4 Gleichgewichtstraining in der Rehabilitation**

Wie im vorherigen Kapitel aufgezeigt wurde, dient Gleichgewichtstraining als präventive Massnahme um Stürzen vorzubeugen. Jedoch kann es auch in der

Rehabilitation eingesetzt werden. So zeigten Studien auf, dass Gleichgewichtstraining, im Anschluss an eine Verletzung, die Regeneration von neuromuskulären Strukturen unterstützt (Eils & Rosenbaum, 2001; Henriksson, Ledin, & Good, 2001). Eils und Rosenbaum (2001) untersuchten in ihrer Studie, ob sich ein Gleichgewichtsstationstraining auf die Fussgelenkinstabilität der Probanden auswirkt. Sie absolvierten während sechs Wochen einmal pro Woche ein Training mit weichen Matten, Therapiekreiseln, Trampolin und weiteren Trainingsgeräten. Die Messungen zeigten einen signifikanten Effekt auf die Gleichgewichtsfähigkeit, auf die Reaktionszeit der Muskeln bei einer Perturbation und auf die Wahrnehmung der Fussgelenkposition (Eils & Rosenbaum, 2001). Auch Henriksson et al. (2001) haben mit Kreuzbandpatienten in der Rehabilitation ein Gleichgewichtstraining durchgeführt. Sie zeigten auf, dass ein SMT, kombiniert mit Geschicklichkeitstraining, die funktionelle Stabilität der Kniegelenke verbessert und somit die Rehabilitation unterstützt (Henriksson et al., 2001). Im Weiteren stellten Verhagen et al. (2004) fest, dass SMT zu deutlich weniger Wiederverletzungen bei den Fussgelenken führt. So wurde bei der Interventionsgruppe ein signifikanter Rückgang einer erneuten Verstauchung bewiesen. Jedoch wurde die Häufigkeit einer Übernutzung der Kniegelenke durch SMT erhöht. Auch McGuine und Keene (2006) stellten fest, dass ein SMT das Risiko einer erneuten Fussgelenksverletzung reduziert.

## **2.5 Gleichgewichtstraining bei Kindern**

Viele Studien weisen auf den positiven Effekt von Gleichgewichtstraining auf die Gleichgewichtsfähigkeit bei älteren Menschen (Blake et al., 1988; Granacher et al., 2006; Granacher et al., 2007), jungen Erwachsenen (Bruhn et al., 2004; Kean et al., 2006; Verhagen et al., 2004) oder bei jungen Eliteathleten (Taube et al., 2007a) hin. Im Folgenden werden vier ähnliche Studien aufgeführt, welche verschiedene Gleichgewichtstrainings mit jungen Kindern untersuchten und für die vorliegende Untersuchung bereits wichtig Erkenntnisse liefern.

### **2.5.1 Klassisches Gleichgewichtstraining**

Die Studie von Granacher und seinen Kollegen untersuchte 6- bis 7-jährige Kinder. Die Interventionsgruppe ( $n=15$ ,  $6.7 \pm 0.5$  Jahre) nahm während vier Wochen drei Mal pro Woche an einem Gleichgewichtstraining während des Schulturnens teil. Das

Training beinhaltete ein klassisches Gleichgewichtstraining, welches sich bei anderen Altersgruppen bereits als effektiv herausgestellt hat. So wurde ein Circuit-Training durchgeführt, wobei die Kinder während 45 Minuten auf weichen Matten, Balance-Boards, Gleichgewichtskreisel und Luftkissen trainierten. Die Übungen wurden vier mal 20 Sekunden mit 40 Sekunden Pause durchgeführt. Um die Posten zu erschweren, wurden die Unterstützungsfläche verkleinert (einbeinig), die sensorischen Inputs verändert (Augen schliessen) oder Perturbationen herbeigeführt. Zwei Lehrpersonen betreuten 15 Kinder. Zudem wurden an den Wänden Bilder mit Instruktionen aufgehängt. Die Messungen für die Gleichgewichtsfähigkeit erfolgten auf einer Gleichgewichtsplatte ( $f=0.14$ ;  $p>0.05$ ). Die MVC und RFD wurden auf einem Isokinet gemessen ( $f=0.18$ ;  $p>0.05$ ). Und die CMJ wurden auf einer Kraftmessplatte ausgeführt ( $f=0.25$ ;  $p>0.05$ ). Die Resultate zeigen bei allen Messungen keine signifikante Zunahmen, jedoch kleine bis mittlere Effekte auf. Granacher und seine Kollegen führen diese Resultate vor allem auf das klassische Gleichgewichtstraining zurück. Sie meinen, dass Kinder ein spezifisch angepasstes Training benötigen um eine stärkere Verbesserung zu erzielen. Oft hätten die Kinder während des Gleichgewichtstrainings nur ungenügend trainiert, wenn nicht gerade ein Versuchsleiter die Übungen kontrollierte (Granacher et al., 2011a).

### **2.5.2 Slacklinetraining**

Somit wurde in der Studie von Donath et al. (2013) getestet, ob Slacklinetraining bei 10-jährigen Kindern ( $n=21$ ) einen Trainingseffekt zeigt. Das Training wurde sechs Wochen während zehn Minuten an jedem Schultag durchgeführt. Zwei bis drei Schüler und Schülerinnen (SuS) trainierten in einem separaten Zimmer während des regulären Unterrichts. Aufsummiert sind dies 280 Minuten Trainingszeit zwischen Pre- und Posttest. Die Kinder erhielten verschieden schwierige Übungen (laufen ohne Hilfe, blind stehen, mit Ball dribbeln etc.). Vor und nach der Trainingsphase wurde gemessen, wie lange die SuS auf der Slackline stehen konnten. Statische und dynamische Gleichgewichtstests wurden mit einer transversal bewegbaren Kraftmessplattform durchgeführt. Die Kinder mussten beidbeinig möglichst ruhig auf der Plattform stehen. Weiter wurde die Gleichgewichtsfähigkeit getestet, indem die Kinder rückwärts auf einem Balken balancierten. Die Anzahl Schritte und die Höhe des CMJ wurden gemessen. Die Auswertungen zeigen, dass das Training zu

Slackline-spezifischen Verbesserungen führt. Transfereffekte auf die Gleichgewichtsfähigkeit oder auf die Sprungkraft konnten nicht festgestellt werden. Die Autoren empfehlen für weitere Studien verschiedene Trainingsmodalitäten mit anderen koordinativen Aufgaben (Donath et al., 2013).

### **2.5.3 Inline Skaten**

Im gleichen Jahr untersuchten Muehlbauer und Kollegen zwanzig 11- bis 12- jährige Kinder. Die Hälfte der Kinder (n=10) nahm während vier Wochen zweimal pro Woche 90 Minuten an einem Inline Skate Training teil. Aufsummiert war dies eine effektive Trainingszeit von 560 Minuten. Das Training beinhaltete die Aneignung der richtigen Technik, Falltechnik, des Slalom- und Einbeinfahrens. Die Gleichgewichtsfähigkeit wurde anhand des Star Excursion Test gemessen. Die Probanden standen einbeinig auf einer Markierung. Von dieser gingen acht Linien weg. Sie versuchten mit dem anderen Bein einen möglichst weiten Bewegungsumfang zu erreichen. Die Muskelkraft wurde anhand der Sprunghöhe mit CMJ gemessen. Bei beiden Messungen konnte eine signifikante Verbesserung festgestellt werden. Somit scheint Inline Skating eine sichere und effektive Methode zu sein um die Gleichgewichts- und Kraftfähigkeit bei Kindern zu verbessern (Muehlbauer et al., 2013).

### **2.5.4 Eislaufen**

Auch Keller und Kollegen (2014) erforschten, ob ein alternatives Gleichgewichtstraining wie Eislaufen einen Einfluss auf die Gleichgewichtsleistung hat. Während vier Wochen trainierten die 13- jährigen Kinder (n=17) ungefähr 700 Minuten. Die Trainingsinhalte waren: Grundtechnik erlernen, Skaten mit Zweitaufgaben, Rückwärtsskaten, Springen und Landen, Eiskunstlauf oder Eishockey. Mit Hilfe eines Posturomeds und dem Functional Reach Test (ähnlich wie der Star Excursion Test), wurde festgestellt, dass die Kinder ihre Gleichgewichtsfähigkeit verbesserten. Ebenfalls zeigte diese Studie, dass die Kinder nach dem Training bei Perturbationen auf dem Posturomed signifikant weniger ausgleichen mussten (Keller, Röttger, & Taube, 2014).

Wie im ersten Teil der theoretischen Ausgangslage beschrieben, spielen die sensorischen Informationen eine wichtige Rolle bei der Gleichgewichtskontrolle

(Gibson, 1966; Lee & Aronson, 1974; Schumway-Cool & Woolacott, 1985). In einem weiteren Teil der theoretischen Ausgangslage wird die Lebensspanne betrachtet. Kinder und ältere Menschen weisen die grösste Abweichung bei der Haltungskontrolle auf. Auch die isometrische und die dynamische Muskelkraft sind in diesen Altersabschnitten wenig entwickelt (Granacher, 2011b). Gleichzeitig sind Stürze erhöhte Risikofaktoren bei Kindern (Kahl et al., 2007) und Senioren (Blake et al., 1988). Werden diese Erkenntnisse zusammengefasst, scheint die Verringerung der Haltungskontrolle und Muskelkraft ein bedeutender intrinsischer Risikofaktor für Stürze zu sein (Granacher, 2011b).

Somit ist das Training von Muskelkraft und Gleichgewichtsfähigkeit wichtig um Stürze zu verhindern. Bisher wird festgestellt, dass Gleichgewichtstraining zu einer Verbesserung der Maximal- und Explosivkraft bei älteren Menschen (Granacher, Gruber, Strass, & Gollhofer, 2007) und bei Adoleszenten (Granacher, Gollhofer, & Kriemler, 2010) führt. Jedoch zeigt die theoretische Ausgangslage, dass die Wirkung von Gleichgewichtstraining auf die Maximal- und Explosivkraft bei Kindern noch wenig erforscht ist. Weder die Studie von Granacher et al. (2010) noch die Untersuchung von Donath et al. (2013) konnten signifikante Effekte aufzeigen. Ein ähnlicher Forschungsstand zeigt sich auch bei der Haltungskontrolle. Laut Granacher et al. (2011a) beweisen viele Untersuchungen den positiven Effekt von Gleichgewichtstraining auf die Haltungskontrolle bei älteren Menschen. Bei Kindern dagegen ist die aktuelle Forschungslage spärlich. Bisher gibt es keinen konsistenten Beweis, dass Gleichgewichtstraining die Haltungskontrolle oder Krafftähigkeit von 6- bis 7-jährigen Kinder verbessert (Granacher et al., 2011a).

Jedoch wäre gerade für Kinder Gleichgewichtstraining von Vorteil, da es laut (Taube et al., 2008a) das System nur moderat stresst und somit zu keiner Überbelastung führt. Zudem ist bekannt, dass Gleichgewichtstraining in der Prävention (Caraffa et al., 1996; Granacher et al., 2007; Kambas et al., 2004; McGuine & Keene, 2006; Myklebust et al., 2003; Petersen et al., 2005; Taube et al., 2007b) wie auch in der Rehabilitation (Eils & Rosenbaum, 2001; Henriksson, Ledin, & Good, 2001) von Nutzen ist.

Die aufgeführten Studien, welche mit Kindern durchgeführt wurden, zeigen, dass bei klassischen Gleichgewichtstrainings oft die Konzentration während des Trainings gefehlt hat (Granacher, 2011a). Studien mit Inlineskaten (Muehlbauer et al., 2013) und Eislaufen (Keller et al., 2014) können bereits bei 11- bis 13- Jährigen eine Verbesserung der Gleichgewichts- und Kraftfähigkeit beweisen. Gemäss der theoretischen Ausgangslage scheint es somit möglich, dass ein adäquates Gleichgewichtstraining intrinsische Risikofaktoren, wie verminderte Kraft- oder Gleichgewichtsfähigkeit, reduziert. Einerseits können dadurch das Fallrisiko und Sturzverletzungen vor allem bei Kindern und älteren Menschen verkleinert werden. Andererseits werden Kosten vermindert, welche sich durch Sturzunfälle auf das Gesundheitssystem auswirken. Somit gilt es in der vorliegenden Untersuchung zu klären, ob auch bei 6- bis 7- Jährigen ein besonders motivierendes und spielerisches Training die Gleichgewichts- und Kraftfähigkeit verbessern kann.



### 3 Zielsetzung und Hypothesen

Das Ziel dieser Studie ist festzustellen, ob durch ein Gleichgewichtstraining, das 6- bis 7- jährigen Kindern spezifisch angepasst ist, eine verbesserte Haltungskontrolle festgestellt werden kann. Zudem werden Transfereffekte des Gleichgewichtstrainings auf die Sprungkraft, Maximalkraft und die Muskelaktivität gemessen. In dieser Studie wird erstmals geprüft, ob der Einfluss von antizipierten und nicht-antizipierten Störungen auf die Haltungskontrolle vor und nach der Intervention kleiner wird.

*Anhand der bisherigen Forschung lassen sich folgende Hypothesen ableiten:*

H0: Die Resultate der Haltungskontrolle, Sprunghöhe, Explosivkraft der Plantarflexion unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den Prä- und Posttests.

H1: Spezifisch angepasstes Gleichgewichtstraining führt zu einer signifikanten Verbesserung des stabilen und instabilen Gleichgewichts.

H2: Spezifisch angepasstes Gleichgewichtstraining führt zu einem signifikanten Anstieg der Sprunghöhe und der Explosivkraft (Transfereffekte).

H3: Kinder im Alter von 6 bis 7 Jahren können im Vergleich zwischen antizipierbaren und nicht-antizipierbaren Störungen besser auf antizipierbare reagieren.

H4: Der Einfluss von antizipierbaren und nicht-antizipierbaren Störungen auf die Haltungskontrolle kann durch angepasstes Gleichgewichtstraining signifikant vermindert werden.

## 4 Methoden

Um die Fragestellung dieser Studie zu beantworten, wurden folgende Methoden angewandt.

### 4.1 Untersuchungsdesign

Die Probanden werden während fünf Wochen zwei Mal wöchentlich an einem Gleichgewichtstraining teilnehmen. Dieses beträgt 45 Minuten und findet während der Sportlektion in der Schule statt. Die Gleichgewichtstrainings basieren auf der Masterarbeit, welche verschiedene Gleichgewichtsinterventionen bei Kindern analysiert hat (Bislin, 2015). Die Prä- und Posttests finden vor und nach der Trainingsintervention statt. Diese werden in zwei verschiedenen Labors der Universität Fribourg durchgeführt und dauern pro Proband ungefähr 90 Minuten.

Tabelle 1: Untersuchungsdesign.

Phase	Inhalt
<b>Probandeninformation</b>	Folgendes wird den teilnehmenden SuS ausgehändigt: <ul style="list-style-type: none"><li>• Einverständniserklärung</li><li>• Probandeninformation</li><li>• Informationsschreiben</li></ul>
<b>Pretest</b>	Folgende Messungen werden durchgeführt: <ul style="list-style-type: none"><li>• Biometrische Daten</li><li>• Kraftmessplatte</li><li>• Isokinet</li><li>• Posturomed</li><li>• Posturomed mit Störungen</li></ul>
<b>Intervention</b>	5 Wochen Gleichgewichtstraining mit der gesamten Schulklasse (2x pro Woche à 45 Minuten)
<b>Posttest</b>	Folgende Messungen werden durchgeführt: <ul style="list-style-type: none"><li>• Kraftmessplatte</li><li>• Isokinet</li><li>• Posturomed</li><li>• Posturomed mit Störungen</li></ul>

## 4.2 Untersuchungsteilnehmer

Für die Untersuchung wurden fünfzehn gesunde Schüler und Schülerinnen zwischen 6 und 7 Jahren ( $M = 6.33$ ,  $SD = 0.49$ ) ausgewählt. Die SuS sind gerade eingeschult worden und befinden sich alle in derselben Schulklasse. Die Untersuchungsgruppe ( $N = 15$ ) setzt sich aus acht Knaben und sieben Mädchen zusammen. Im Durchschnitt wiegen sie 23.02 Kilogramm ( $SD = 4.29$ ) und sind 119.5 cm ( $SD = 6.52$ ) gross.

### 4.2.1 Biologisches Alter

Kinder desselben chronologischen Alters können nach Mirwald (2002) einen unterschiedlichen Entwicklungsstand aufweisen. Daher wurde das biologische Alter der Versuchsteilnehmer und Versuchsteilnehmerinnen anhand des Peak Height Velocity (PHV) bestimmt. Dieser Indikator zeigt Unterschiede zwischen verschiedenen Körperdimensionen innerhalb und zwischen Individuen auf. Durch die Messung von Körpergrösse, Sitzhöhe und Beinlänge wird das biologische Alter respektive der Entwicklungsstand der Kinder festgelegt (Mirwald, 2002). So nahmen an der Studie drei ‚durchschnittlich entwickelte‘ und zwölf ‚früh entwickelte‘ Kinder teil.

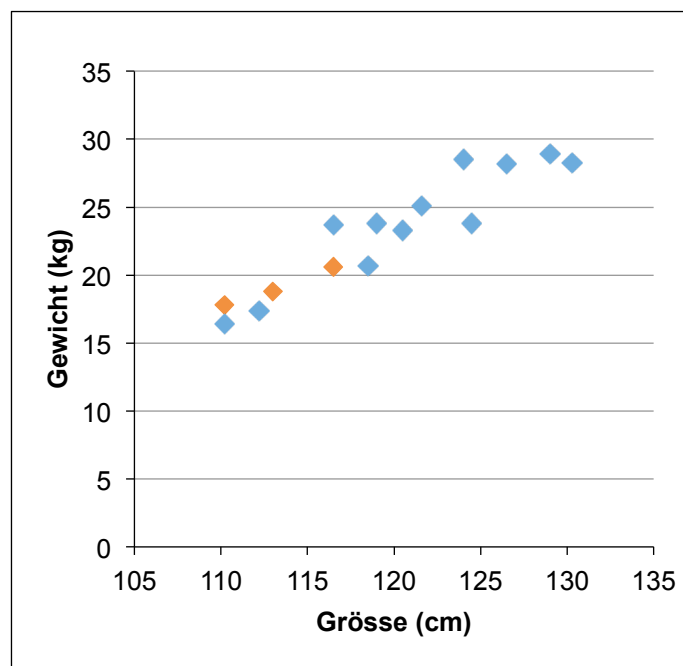


Abbildung 6: Biometrische Daten von allen teilnehmenden Kindern ( $n=15$ ). Drei durchschnittlich entwickelte Kinder (orange markiert) und zwölf früh entwickelte Kinder (blau markiert).

#### **4.2.2 Probandeninformation**

Aufgrund des jungen Alters der Probanden unterschrieben die Eltern als Erziehungsbevollmächtigte die Einverständniserklärung. Diese wurde vor Beginn des Posttests der Versuchsleiterin ausgehändigt. Zusätzlich erhielten die Eltern und Kinder eine schriftliche Probandeninformation und ein weiteres Informationsschreiben (siehe Anhang Einverständniserklärung, Probandeninformation, Informationsschreiben).

#### **4.3 Trainingsintervention**

Die Schulklasse besteht aus 21 SuS. Davon nahmen 15 Kinder an den Messungen der vorliegenden Untersuchung teil. Aus organisatorischen Gründen waren alle SuS der ausgewählten Schulklasse bei der Trainingsintervention dabei. Die Kinder absolvierten zweimal wöchentlich jeweils 45 Minuten Training in der Schulturnhalle. Zu Beginn führte die Versuchsleiterin ein 10- minütiges gleichgewichtsorientiertes Aufwärmen durch. Pro Sportlektion resultierte eine effektive Trainingszeit von 30 Minuten. Auf fünf Wochen Trainingsphase summiert, ergab dies 300 Minuten Trainingszeit.

Während der Sportlektion waren die Versuchsleiterin und die Klassenlehrerin anwesend. Jedes Training beinhaltete Übungen auf klassischen Gleichgewichtsgeräten wie Balancierkreisel, weichen Matten, Fussgelenk-Kippen, Medizinbällen, Pedalos, Balancierkissen oder Gleichgewichtsboards. Die Aufgaben waren, im Gegensatz zu früheren Studien, mit spielerischen Inhalten wie ‚Murmeltransport‘ verbunden. Neben den Übungen an klassischen Geräten beinhalteten die Sportlektionen weitere spielerische Inhalte wie Kampfspiele oder Parcours mit Geräten aus der Sporthalle. Das Training wurde kindergerecht, interessant und herausfordernd gestaltet. Zusatzanforderungen waren zum Beispiel Stehen auf einem Bein, Schliessen der Augen oder sich drehen um die eigene Körperachse. Während der Ausführung der Übung wurden auch Zweitaufgaben gestellt. Zum Beispiel das Fangen oder Werfen eines Balls, das Beantworten einer kognitiven Frage oder das Balancieren eines Balls auf dem Federballschläger. Das Training

wurde zudem mit bildlichen Vorstellungen bereichert. So wurden im ‚Krokodilbecken‘ die SuS spielerisch dazu angehalten, den Boden nicht zu berühren.

Um die Trainingszeit effektiver zu gestalten, wurden in zwei aufeinander folgenden Sportlektionen oft ähnliche Inhalte absolviert. Im Folgenden sind die Trainings kurz zusammengefasst. Die detaillierten Informationen sind in den Lektionsplanungen im Anhang zu finden. Diese wurden der tatsächlichen Durchführung angepasst.

Tabelle 2: Inhalte der Trainingslektionen von Woche 1 bis 5.

Woche	Inhalt der Lektionen
1	Postenlauf mit 4 Posten: Reckstangen balancieren, verschiedene Balanciergeräte mit Zweitaufgabe, Kugel gehen und Ballteppich. Pro Posten ca. 7 Minuten Trainingszeit.
2	Parcours: mit Sprossenwand, Lilienwald, Barren kombiniert mit Langbänken, umgedrehte Langbänke, Schwedenkastenhindernis und Reckstangen balancieren.
3	Postenlauf mit 4 Posten: Ballteppich, Barren kombiniert mit Langbänken und Ziehtau, Medizinball gehen, verschiedene Balanciergeräte mit Zweitaufgabe.
4	Kämpfen: Die Kinder kämpfen gegeneinander auf umgekehrten Langbänken einbeinig oder im Tandemstand. Zudem wird auf Medizinbällen und Balancierkreisel geübt.
5	Kleine Spiele: Einerseits ein Balancierkreis mit Reck, Bänken und Ziehtau. Andererseits spielerisches Balancieren auf Gleichgewichtskreisel, Balance Pads und Medizinbällen (Marmelitransport).

#### 4.4 Messmethoden

Um die Auswirkungen der Trainingsintervention zu überprüfen, wurden verschiedene Tests zur Messung der Haltungskontrolle durchgeführt. Eine Untersuchung hat gezeigt, dass eine Verbesserung während des Trainings nur durch herausfordernde Gleichgewichtsaufgaben erreicht werden kann (Taube, Bracht, Besemer, & Gollhofer, 2010). Somit wurden die Gleichgewichtsmessungen einbeinig, blind oder mit antizipierbaren oder nicht-antizipierbaren Störungen durchgeführt. Die verschiedenen

Tests zur Gleichgewichtsfähigkeit sind unten aufgeführt. Die Testpersonen konnten die jeweiligen Testbedingungen vor den Messungen kurz üben. Im Anhang befindet sich das Messprotokoll, welches eine Übersicht über die verschiedenen Tests gibt.

#### **4.4.1 Biometrie**

Zu Beginn der Messung wurde die Grösse der Kinder stehend und sitzend gemessen. Anschliessend wurde das Gewicht mit Hilfe einer Waage bestimmt. Mit diesen Faktoren konnte der Entwicklungsstand festgestellt werden.

#### **4.4.2 Posturomed**

Der Posturomed (Haider, Bioswing, Pullenreuth, Deutschland) besteht aus einer beweglichen Platte, welche an vier Federn aufgehängt ist. Eine Infrarotkamera (Vicon Motion Systems Limited, UK) zeichnet die transversalen Bewegungen der Platte auf, wenn die Probanden darauf stehen. Auf diese Weise wird der Schwankweg der Plattform gemessen. Der maximale Bewegungsumfang in medio-lateraler und anterior-posteriorer Richtung ist 70 mm. Auf dem Posturomed werden verschiedene Bedingungen getestet.

##### *Ohne Perturbation*

Für die Messung wurden die Probanden gebeten, einbeinig oder beidbeinig, mit 30° Knieflexion 20 Sekunden möglichst ruhig auf der Platte zu stehen. Die Arme wurden bei der Hüfte abgestützt und der Blick fixierte einen Punkt an der gegenüberliegenden Wand. Dies wurde beidbeinig und einbeinig je dreimal wiederholt. Bevor gemessen wurde, konnten die Probanden bei Testversuchen üben. Falls einbeinig 20 Sekunden nicht erreicht wurden, notierte der Testleiter die Zeit bis zum Abbruch.

##### *Mit antizipierbarer und nicht-antizipierbarer Perturbation*

Auf demselben Messgerät wurden die Probanden mit einer antizipierbaren Perturbation gemessen. Die SuS standen beidbeinig auf der Plattform. Anschliessend wurden sie einer Perturbation medio-lateral (die Platte schwenkt transversal nach links oder rechts aus) oder anterior-posterior (die Platte schwenkt transversal nach vorne oder hinten aus) ausgesetzt. Die Richtung war in Blöcken randomisiert. Es

folgten immer drei Versuche hintereinander in dieselbe Richtung, die anschliessend wechselte. Damit die SuS die Perturbation antizipieren konnten, wurden sie zwei Sekunden vor der Ausschwenkung über die Richtung informiert. Die Zeit zwischen den Perturbationen lag bei 10 Sekunden.

In einem zweiten Teil wurden die Probanden nicht mehr informiert in welche Richtung die Platte ausschwenkte. Somit war es nicht mehr möglich die Richtung der Perturbation zu antizipieren. Die Richtungen waren komplett randomisiert und der Vorgang wiederholte sich zwölf Mal.

Zwischen den verschiedenen Testbedingungen erfolgten jeweils kurze Pausen. Aufgrund des kleinen Bewegungsumfangs der Platte waren keine besonderen Sicherheitsvorkehrungen notwendig. Die Probanden wurden dennoch gebeten aufmerksam zu sein und Körperspannung zu bewahren, damit ihre Sicherheit gewährleistet war.

#### **4.4.3 Kraftmessplattform**

Die 508 \* 464mm Kraftmessplattform (OR6-7 force platform, Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA) misst Kräfte in drei Dimensionen und berechnet daraus den Körperschwerpunkt (centre of pressure; COP). Einerseits werden mit diesem Gerät stabile und instabile Gleichgewichtstests durchgeführt. Andererseits wird der Counter Movement Jump (CMJ) ausgeführt, wobei die Sprunghöhe ermittelt wird. Die Probanden wurden gebeten, unter verschiedenen Testbedingungen zwanzig Sekunden möglichst ruhig auf der Platte zu stehen. Bei allen Tests wurden die Arme in der Hüfte abgestützt, die Knie waren leicht gebeugt (30° Flexion). Der Blick fixierte einen Punkt an der gegenüberliegenden Wand. Die verschiedenen Testbedingungen werden folgend aufgeführt.

##### *Stabile Tests*

Zuerst standen die Probanden während der vorgegebenen Zeit im Tandemstand. Die Füsse standen in einer Linie hintereinander. Anschliessend folgte der Romberg Test. Nun musste die Testperson mit nebeneinander stehenden Füßen möglichst ruhig stehen. Als letzter stabiler Gleichgewichtstest wurde der Romberg mit geschlossenen Augen durchgeführt.

### *Instabile Tests*

Die letzten zwei Tests wurden zuerst beidbeinig und anschliessend einbeinig (rechtes Bein) auf einem Gleichgewichtskreisel (Pedalo® Kreisel "Pro-Pedes"; ø 27 cm, Höhe: 4.9 cm) durchgeführt. Die Körperposition war gleich wie in den vorherigen Tests. Wenn die Probanden nicht während der ganzen Testzeit einbeinig stehen konnten, wurde die Zeit bis zum Abbruch im Messprotokoll notiert. Damit sich der Gleichgewichtskreisel nicht verschob, befand sich eine Gummimatte zwischen Kraftmessplatte und Kreisel.

### *Counter Movement Jump (CMJ)*

Bisherige Studien zeigen, dass Gleichgewichtstraining die Sprungkraftleistung verbessert (Taube et al., 2007a). Daher wurde ebenfalls der CMJ auf der Kraftmessplatte gemessen. Die Probanden übten die Sprünge neben der Kraftmessplatte. Der Versuchsleiter zeigte die Bewegungsabfolge vor. Die Beine waren symmetrisch und hüftbreit platziert, die Arme waren auf der Hüfte abgestützt und der Oberkörper aufrecht. Vor dem Sprung war es den Probanden erlaubt, durch eine Ausholbewegung in den Knien Schwung zu holen. Die SuS wurden gebeten so hoch wie möglich und mit dem maximalen Effort zu springen. Der Sprung wurde sechs Mal wiederholt.

#### **4.4.4 Isokinet**

Die Fähigkeit in einer kurzen Zeit viel Kraft zu produzieren ist in Bezug auf die Gleichgewichtsfähigkeit und bei dem Abfangen von Perturbationen wichtig. Studien zeigen, dass sich das RFD durch Gleichgewichtstraining verbessert (Gruber et al., 2007; Gruber & Gollhofer, 2004). In der vorliegenden Untersuchung wurde mit Hilfe des Isokinet (Humac Norm, Coputer Sports Medicine Inc. (CSMi), Stoughton, MA, USA) die Schnellkraft der Plantarflexion gemessen. Die Probanden lagen auf dem Isokinet und hatten den rechten Fuss im Turnschuh, welcher am Pedal des Isokineten fixiert war. Damit nur noch die Bewegung des Fussgelenkes möglich war, wurde zusätzlich das Bein fixiert. Nach einigen Testversuchen wurden die Probanden gebeten, zehn Mal alle sechs Sekunden möglichst schnell und mit maximaler Kraft



gegen das Pedal zu drücken. Nach einer Minute Pause wurde der Vorgang wiederholt. Die Werte der Kraftentwicklung wurden aufgezeichnet.

#### **4.5 Datenanalyse**

Um potentielle Differenzen zwischen den Pre- und Posttests zu erkennen, wurden zuerst die besten Resultate der einzelnen Messungen ausgewertet. Das Signifikanzniveau wurde mit einem abhängigen t-Test im SPSS (IBM SPSS Statistics 20, IBM Corporation, Armonk, New York, USA) bestimmt. Das Signifikanzniveau wurde bei allen Tests auf  $p < .05$  festgelegt. Aufgrund der kleinen Stichprobenanzahl wurde im Excel (2010, Microsoft Corporation) das Cohen's d (Cohen, 1988) berechnet, um die Effektgrösse festzustellen ( $r = .1$  indiziert einen kleinen Effekt;  $r = .3$  einen mittleren;  $r = .5$  einen starken Effekt). Zusätzlich wurde mit den Faktoren antizipierbar und nicht-antizipierbar und den Faktoren Romberg Augen offen und Romberg blind eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Die Effektgrösse wird dabei als partielles Eta Quadrat angegeben ( $\eta^2_p$ ; 0.02 = kleiner Effekt; 0.13 = mittlerer Effekt und 0.26 = grosser Effekt).

## 5 Resultate

Im ersten Teil sind die Resultate getrennt nach stabilen und instabilen Gleichgewichtstests dargestellt. Anschliessend folgen die Ergebnisse der antizipierbaren und nicht-antizipierbaren Störungen. Zum Schluss folgen die Resultate der Sprunghöhe und der Explosivkraft.

### 5.1 Stabile Gleichgewichtsleistung

In Abbildung 7 ist der während 15 Sekunden aufgezeichnete Schwankweg von verschiedenen Testbedingungen aufgeführt. Die Messungen zeigen eine leicht verbesserte Gleichgewichtsleistung im Tandemstand vom Pretest ( $M = 69.91$ ,  $SD = 22.80$ ) zum Posttest ( $M = 58.34$ ,  $SD = 18.57$ ), wobei keine Signifikanz resultiert ( $t(14) = 1.73$ ,  $p > .11$ ,  $r = .42$ ). Im Pretest zeigt der Rombergtest mit geschlossenen Augen einen leicht grösseren Schwankweg auf ( $M = 44.51$ ,  $SD = 13.1$ ) als mit offenen Augen ( $M = 33.76$ ,  $SD = 9.61$ ). Im Posttest sind im Vergleich weder mit geschlossenen Augen ( $M = 44.30$ ,  $SD = 19.74$ ), ( $t(14) = 0.05$ ,  $p > .97$ ,  $r = .01$ ) noch mit offenen Augen ( $M = 31.79$ ,  $SD = 9.28$ ), ( $t(14) = 1.1$ ,  $p > .31$ ,  $r = .27$ ) signifikante Unterschiede zum Pretest ersichtlich.

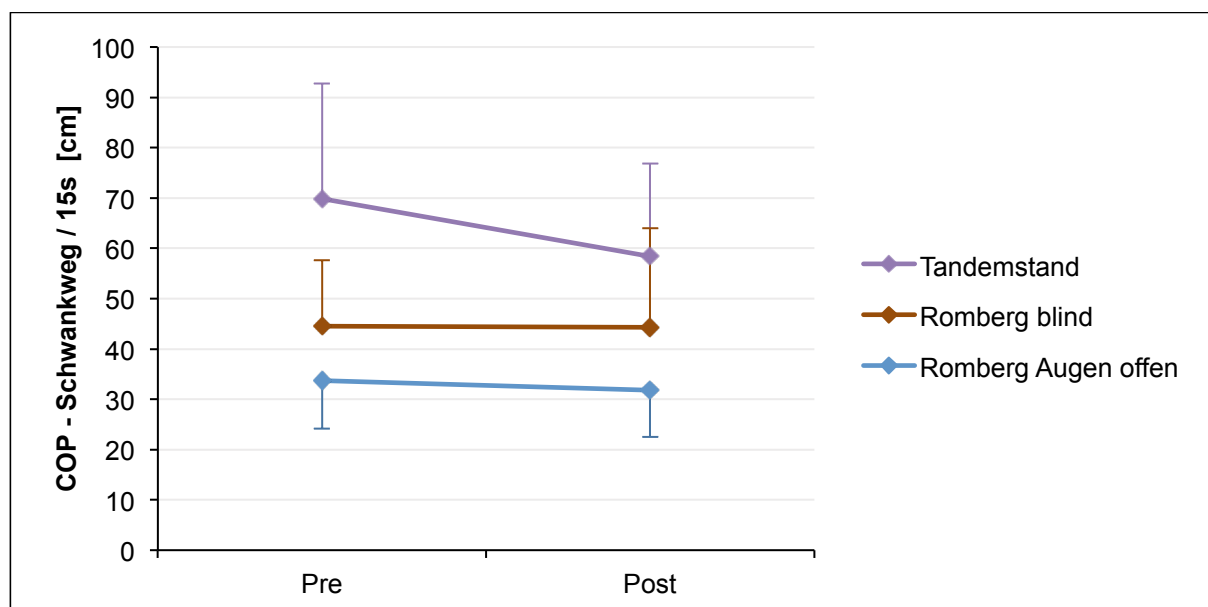


Abbildung 7: Mittelwerte und Standardabweichung der Tests für die stabile Gleichgewichtsleistung auf der Kraftmessplatte ( $N = 15$ ).

Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt beim Faktor TEST (Romberg blind vs. Romberg Augen offen) einen signifikanten Haupteffekt ( $F_{1,11} =$

22.94  $p < .01$ ;  $\eta^2_p = 0.62$ ). Demnach zeigten die Probanden mit offenen Augen eine bessere Gleichgewichtsleistung als blind. Im Gegensatz dazu wurden beim Faktor MESSZEITPUNKT ( $F_{1,11} = 0.171$ ;  $p > .69$ ;  $\eta^2_p = 0.012$ ) und für die Interaktion MESSZEITPUNKT\*TEST ( $F_{1,11} = 0.345$ ;  $p > .57$ ;  $\eta^2_p = 0.03$ ) keine signifikanten Unterschiede berechnet.

## 5.2 Instabile Gleichgewichtsleistung

In Abbildung 8 ist der während 15 Sekunden aufgezeichnete Schwankweg in cm dargestellt. Auf dem Posturomed hat sich die Gleichgewichtsleistung im beidbeinigen Stand vom Pretest ( $M = 10.54$ ,  $SD = 5.27$ ) zum Posttest ( $M = 7.75$ ,  $SD = 2.99$ ) leicht, aber bedeutend verbessert ( $t(14) = 1.52$ ,  $p > .15$ ,  $r = .44$ ). Dagegen konnten sich die Probanden im einbeinigen Stand vom Pretest ( $M = 78.35$ ,  $SD = 39.76$ ) zum Posttest ( $M = 35.46$ ,  $SD = 20.46$ ) stark signifikant verbessern ( $t(11) = 2.94$ ,  $p < 0.01$ ,  $r = .73$ ).

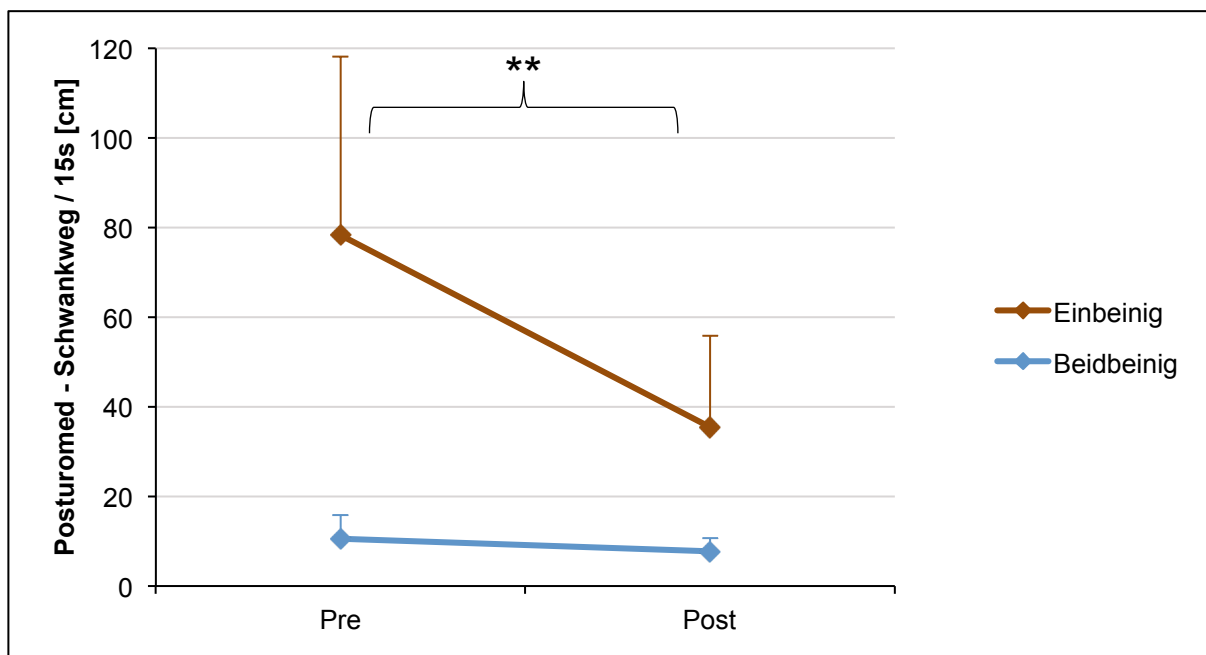


Abbildung 8: Mittelwerte und Standardabweichung der einbeinigen ( $N = 15$ ) und beidbeinigen ( $N = 15$ ) Tests für die instabile Gleichgewichtsleistung auf dem Posturomed (\*\* =  $p < 0.01$ ).

Die Resultate des zweiten instabilen Gleichgewichtstests sind in Abbildung 9 aufgeführt. Die beidbeinige Gleichgewichtsleistung auf dem Kreisel verändert sich auch auf der Kraftmessplatte vom Pretest ( $M = 59.08$ ,  $SD = 8.87$ ) zum Posttest ( $M = 54.51$ ,  $SD = 8.49$ ), ( $t(14) = 1.52$ ,  $p > .15$ ,  $r = .38$ ) nicht signifikant. Einbeinig auf dem Kreisel ist vom Pretest ( $M = 142.27$ ,  $SD = 59.36$ ) zum Posttest ( $M = 96.18$ ,  $SD = 34.29$ ), ( $t(11) = 2.94$ ,  $p < .05$ ,  $r = .66$ ) ein stark signifikant kleinerer Schwankweg ersichtlich. Dabei stehen 15s Messzeit zur Verfügung.

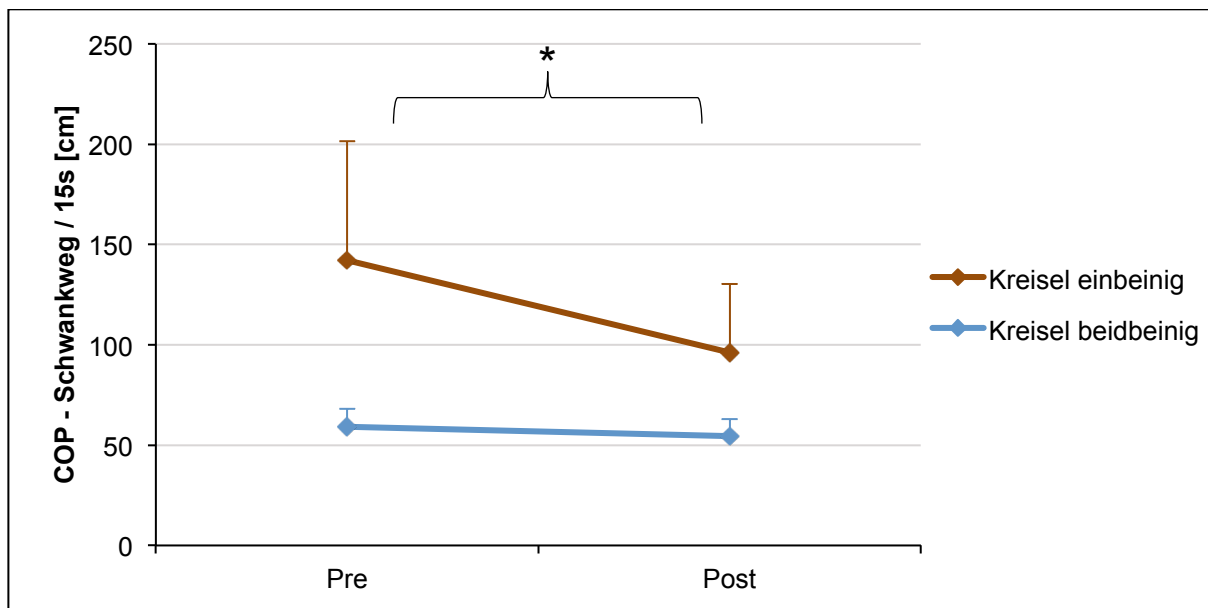


Abbildung 9: Mittelwerte und Standardabweichung der Tests für die einbeinige ( $n = 12$ ) und beidbeinige ( $N = 15$ ) instabile Gleichgewichtsleistung auf der Kraftmessplatte mit Kreisel (\* =  $p < 0.05$ ).

### 5.3 Störungen

Der Schwankweg der Probanden ( $n = 12$ ) in Abbildung 10 und 11 wurde während sechs Sekunden nach der Störung aufgezeichnet. In Abbildung 10 sind die Mittelwerte der Störungen gegen alle Seiten (vorne, hinten, rechts, links) verrechnet.

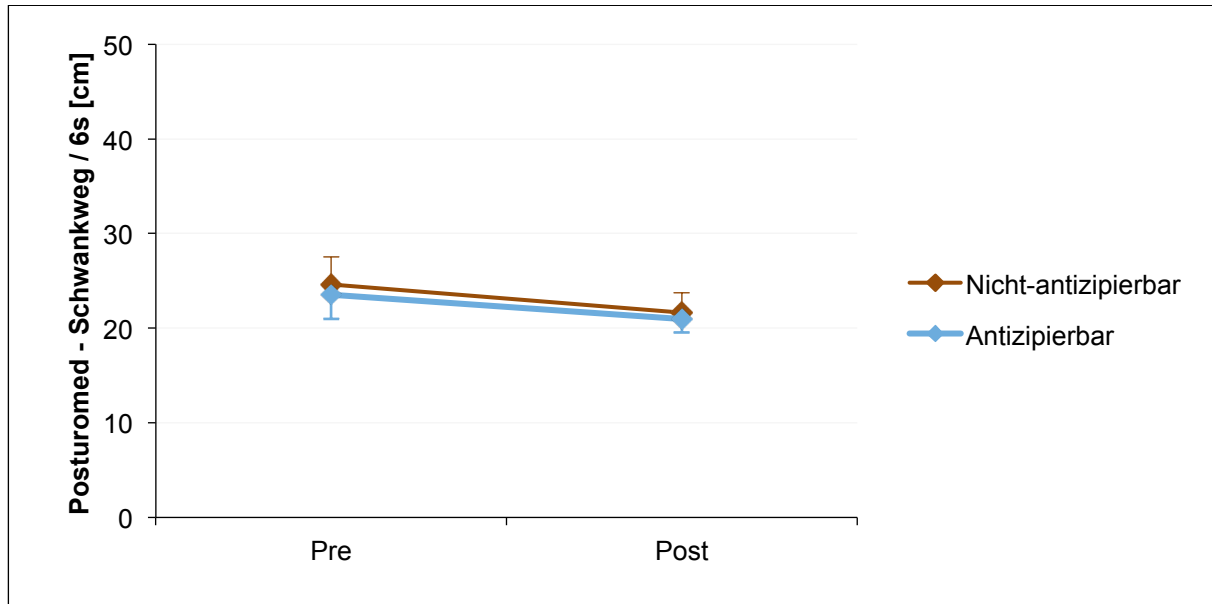


Abbildung 10: Mittelwerte und Standardabweichung der Tests für die instabile Gleichgewichtsleistung nach Störungen auf dem Posturomed nach antizipierbaren ( $N = 15$ ) und nicht-antizipierbaren ( $n = 12$ ) Störungen. Alle Mittelwerte der Seiten verrechnet.

Die statistische Analyse mittels zweifaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt für die Störungen auf dem Posturomed keine signifikante Resultate für die MESSZEITPUNKT\*TEST Interaktion ( $F_{1,11} = 3.199$ ;  $p > .05$ ;  $\eta^2_p = 0.225$ ). Für die Faktoren TEST ( $F_{1,11} = 10.361$ ;  $p < .01$ ;  $\eta^2_p = 0.485$ ) und MESSZEITPUNKT ( $F_{1,11} = 11.215$ ;  $p < .01$ ;  $\eta^2_p = 0.505$ ) hingegen wurde ein signifikanter Unterschied berechnet.

In Abbildung 11 sind die Störungen jeder Richtung einzeln dargestellt. Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung bei Störungen gegen links zeigt beim Faktor MESSZEITPUNKT einen signifikanten Unterschied ( $F_{1,11} = 9.943$ ;  $p < 0.01$ ;  $\eta^2_p = 0.475$ ). Im Gegensatz dazu wurden beim Faktor TEST ( $F_{1,11} = 2.896$ ;  $p > 0.12$ ;  $\eta^2_p = 0.208$ ) und für die MESSZEITPUNKT\*TEST ( $F_{1,11} = 0.715$ ;  $p > 0.42$ ;  $\eta^2_p = 0.061$ ) Interaktion keine signifikanten Effekte berechnet. Bei Störungen gegen rechts zeigt die Analyse der Daten einen signifikanten Unterschied beim Faktor TEST ( $F_{1,11} = 10.058$ ;  $p < 0.01$ ;  $\eta^2_p = .478$ ). Der Faktor MESSZEITPUNKT ( $F_{1,11} = 1.860$ ;  $p$

$> 0.2$ ;  $\eta^2_p = 0.145$ ) und die Interaktion MESSZEITPUNKT\*TEST ( $F_{1,11} = 0.149$ ;  $p > 0.71$ ;  $\eta^2_p = 0.013$ ) zeigen keine signifikanten Unterschiede.

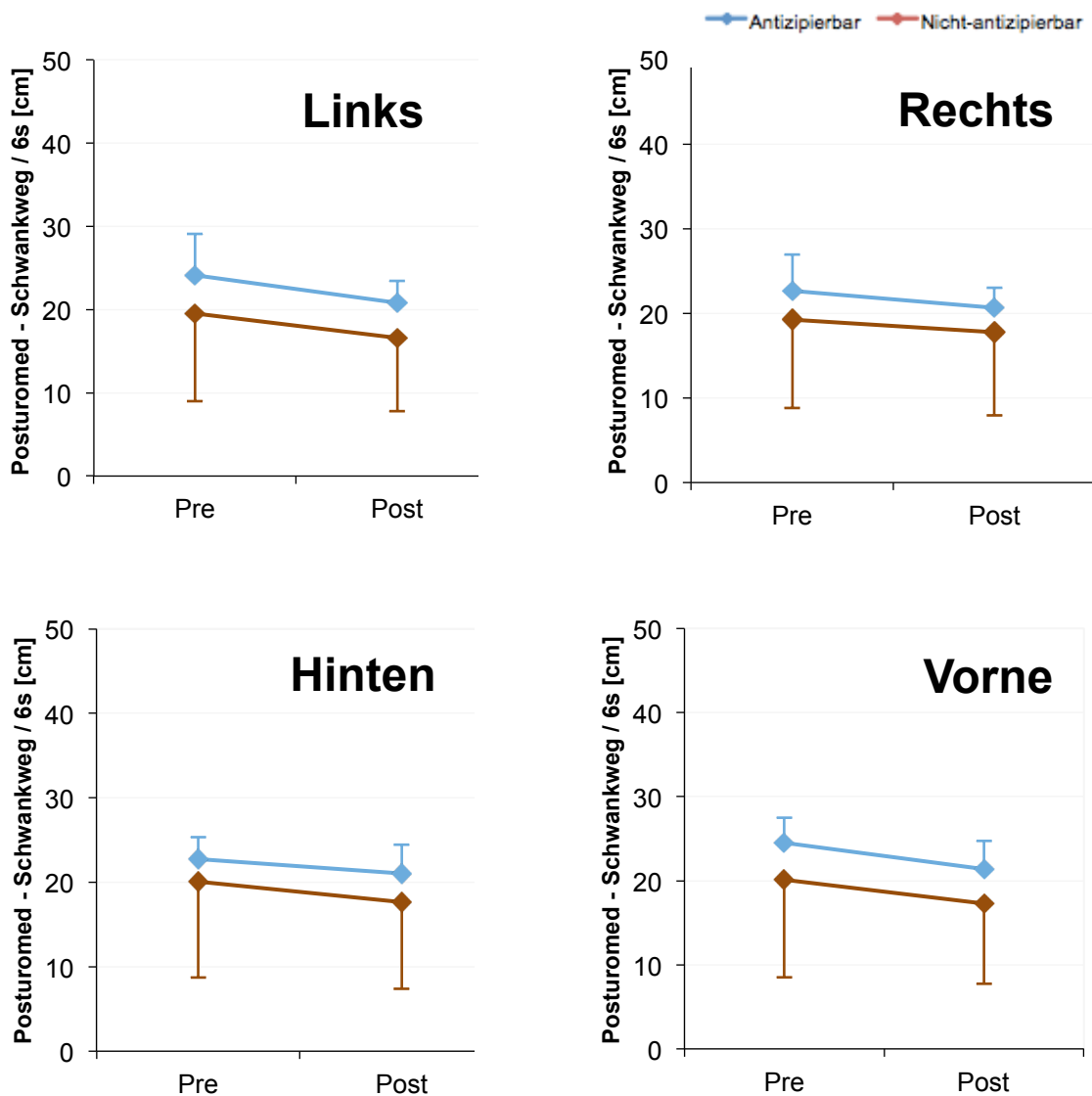


Abbildung 11: Mittelwerte und Standardabweichung der Tests für die instabile Gleichgewichtsleistung mit antizipierbaren ( $N = 15$ ) und nicht-antizipierbaren Störungen ( $n = 12$ ). Alle Seiten einzeln dargestellt.

Für die Störungen auf dem Posturomed gegen vorne sind keine signifikanten Resultate für die MESSZEITPUNKT\*TEST Interaktion ( $F_{1,11} = .162$ ;  $p > 0.70$ ;  $\eta^2_p = 0.014$ ) und für den Faktor TEST ( $F_{1,11} = 0.069$ ;  $p > 0.80$ ;  $\eta^2_p = 0.006$ ) feststellbar. Beim Faktor MESSZEITPUNKT ( $F_{1,11} = 6.899$ ;  $p < 0.02$ ;  $\eta^2_p = 0.385$ ) hingegen wurde ein signifikanter Unterschied berechnet. Die antizipierten und nicht-antizipierten Störungen gegen hinten zeigen keine signifikanten Effekte auf.

## 5.4 Explosivkraft RFD

In Abbildung 12 ist die Entwicklung der Explosivkraft in Nm/s dargestellt. Die Probanden konnten ihre Explosivkraft vom Pretest ( $M = 125.82$ ,  $SD = 39.74$ ) zum Posttest ( $M = 146.52$ ,  $SD = 44.99$ ) leicht verbessern. Es resultiert eine signifikante Veränderung ( $t(14) = -2.17$ ,  $p < .05$ ,  $r = .50$ ).

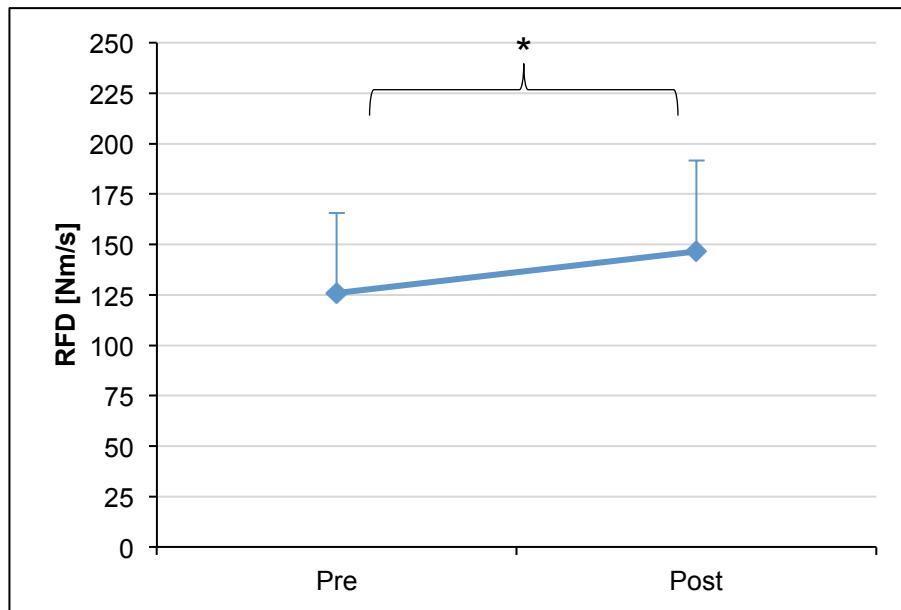


Abbildung 12: Mittelwerte und Standardabweichung ( $N = 15$ ) der Rate of Force Development (\* =  $p < 0.05$ ).

## 5.5 Sprunghöhe CMJ

In Abbildung 12 ist die gemessene Sprunghöhe in cm aufgeführt. Diese unterscheidet sich vom Pretest ( $M = 14.73$ ,  $SD = 2.98$ ) zum Posttest ( $M = 14.72$ ,  $SD = 2.71$ ), ( $t(14) = .02$ ,  $p > .99$ ,  $r = .004$ ) nicht signifikant.

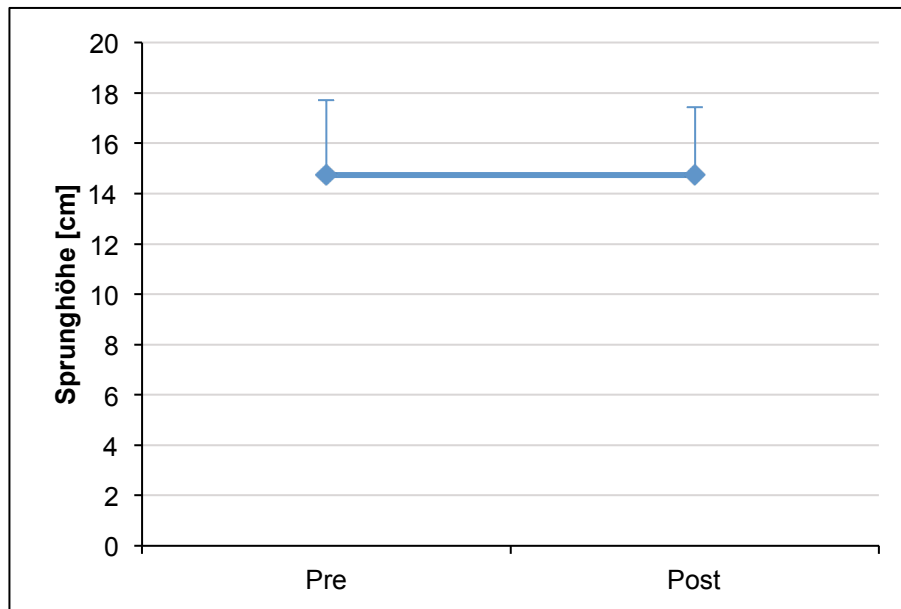


Abbildung 13: Mittelwerte und Standardabweichung des Counter Movement Jump ( $N = 15$ ).



## 6 Diskussion

Die vorliegende Untersuchung hat den Effekt eines spielerischen Gleichgewichtstrainings auf die Gleichgewichtsfähigkeit, auf die Explosiv- und die Reaktivkraft bei 6- bis 7- jährigen Kindern geprüft. Zudem ist die Verbesserung der Gleichgewichtsleistung auf antizipierbare und nicht-antizipierbare Störungen untersucht worden. Diese Studie zeigt erstmals auf, dass ein spezifisch angepasstes Gleichgewichtstraining bei 6- bis 7- jährigen Kindern die instabile Gleichgewichtsleistung verbessert. Bei der stabilen Gleichgewichtsleistung erfolgte keine Veränderung. Die Resultate der antizipierten und nicht-antizipierten Störungen sind nur teilweise signifikant. Transfereffekte von Gleichgewichtstraining können auf die Explosivkraft festgestellt werden. Die Sprunghöhe hat sich nicht signifikant verändert. In den folgenden Abschnitten werden anhand der Hypothesen die Resultate diskutiert.

### 6.1 Gleichgewichtsfähigkeit

An der Studie nahmen drei ‚durchschnittlich entwickelte‘ und zwölf ‚früh entwickelte‘ Kinder teil. Die nach Mirwald (2002) bestimmten Entwicklungsstufen sollten ermöglichen, ähnliche Leistungsniveaus zu erreichen. In den Auswertungen der Gleichgewichtstests wurde festgestellt, dass dennoch starke Leistungsunterschiede auftraten. Dies wurde vor allem bei schwierigeren Testbedingungen ersichtlich. Es ist wahrscheinlich, dass erschwerte Bedingungen Leistungsunterschiede besser aufzeigen. So weisen zum Beispiel die einbeinigen oder die nicht-antizipierbaren Gleichgewichtstests sehr grosse Standardabweichungen auf. Gemäss Abbildung 6 (Verteilung biometrischer Daten) unterscheiden sich die Kinder im Gewicht zwischen 16 und 29 kg und weisen rund 20cm Unterschied bei der Körpergrösse auf. Vermutlich hatte dies einen bedeutenden Einfluss auf die Leistungen. Somit scheint die Einteilung nach Mirwald (2002) wenig überzeugend. Leistungstests, wie zum Beispiel der MOT 4-6, wären zur Einteilung sinnvoller. Dieser testet unter anderem die allgemeinen koordinativen Fähigkeiten. Diese würden wahrscheinlich mehr über die Leistungsentwicklung der Kinder aussagen als rein biometrische Daten.

### **6.1.1 Stabile Gleichgewichtsleistung**

Der positive Effekt von Gleichgewichtstraining auf die Gleichgewichtsfähigkeit ist bei Senioren (Blake et al., 1988; Granacher et al., 2006; Granacher et al., 2007), jungen Erwachsenen (Bruhn et al., 2004; Kean et al., 2006; Verhagen et al., 2004) oder bei jungen Eliteathleten (Taube et al., 2007a) bewiesen. Die erste Hypothese ‚Spezifisch angepasstes Gleichgewichtstraining hat einen Einfluss auf die stabile Gleichgewichtsfähigkeit‘ wird in der vorliegenden Untersuchung jedoch widerlegt. Die Kinder haben nach den Gleichgewichtstrainings weder beim Tandemstand noch beim Rombergttest mit offenen oder geschlossenen Augen signifikant bessere Leistungen erzielt.

Eine Erklärung dafür ist, dass sich das statische Training auf den Gleichgewichtsgeräten als schwierig umsetzbar erwiesen hat. Die zwanzig Kinder konnten im Unterricht nicht genügend beaufsichtigt werden. So standen sie kaum fünfzehn Sekunden oder länger ruhig und konzentriert auf den Geräten. Deshalb wurden in den Turnstunden nur wenige statische Gleichgewichtsübungen durchgeführt, die demnach nicht genügend trainiert wurden. Die Messungen stellten jedoch solche oder ähnliche Anforderungen an die Kinder.

Ein weiterer Grund für das nicht signifikante Ergebnis bei den stabilen Gleichgewichtstests kann sein, dass der Rombergttest und der Tandemstand zu tiefe motorische Anforderungen an die Kinder stellten. Gefordert war eher eine hohe Konzentrationsfähigkeit. Bittmann et al. (2005) belegen, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Gleichgewichtsleistung und der Kognition besteht. Mehrere Studien zeigen auf, dass gerade Kinder zwischen vier und zwölf Jahren eine starke Entwicklung der motorischen und kognitiven Leistungsfähigkeit durchleben (Ahnert & Schneider, 2007; Starker et al., 2007). Dies betrifft die hier getestete Altersgruppe. Ältere Kinder können sich gemäss Bittmann et al. (2005) besser konzentrieren. Damit lässt sich teilweise erklären, warum das Gleichgewichtstraining bei älteren Untersuchungsgruppen einen Effekt gezeigt hat.

Die Entwicklung spielt nicht nur bei den kognitiven Fähigkeiten eine Rolle. Riach und Hayes (1987) zeigen in ihrer Studie eine altersabhängige Entwicklung der

Haltungskontrolle auf. Je älter die Kinder sind, desto kleinere Abweichungen resultieren bei der Haltungskontrolle auf der Kraftmessplatte (siehe Abbildung 1). Die richtungsspezifische Organisation der Muskeln ist bei Kindern zwischen vier bis sechs Jahren noch nicht gänzlich entwickelt. Erst ab sechs Jahren beginnen sie eine erwachsene Strategie der Haltungskontrolle anzunehmen (Shumway-Cook & Woolacott, 1985). 6- bis 7- jährige Kinder befinden sich demnach in einer Übergangsphase der Haltungskontrolle. Einige haben schon erwachsene Haltungskontrollstrategien angenommen und andere nicht. Diese Entwicklung zeigt sich besonders in der grossen Standardabweichung der stabilen Gleichgewichtstests. Einige Kinder scheinen bereits erwachsene Strategien angenommen zu haben und andere nicht. Ein weiterer Faktor für die unterschiedliche Entwicklung der Haltungskontrolle ist gemäss Riach und Hayes (1987) die grosse Variabilität beim Entwicklungsstand der sensorischen Informationsaufnahmen. Die Heterogenität der Gleichgewichtsleistung nimmt mit zunehmendem Alter ab. Dies bestätigt die Studie von Gouleme et al. (2014). Werden also Studien mit Erwachsenen durchgeführt, sind geringere Unterschiede zwischen den Versuchspersonen zu erwarten, was eher zu signifikanten Ergebnissen führt. Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, dass die statistisch überprüfte Wirkung der angewandten Trainingsformen bei Kindern schwieriger feststellbar ist.

Ein weiterer Grund für die nicht signifikanten Ergebnisse bei den stabilen Gleichgewichtstests könnte sein, dass das spielerische und abwechslungsreiche Gleichgewichtstraining nicht an jeden Probanden die gewünschte Herausforderung stellte. Besonders auch wegen der unterschiedlich fortgeschrittenen motorischen Entwicklung der 6- bis 7- jährigen Probanden kann davon ausgegangen werden, dass einige Kinder während den Lektionen unter- oder überfordert waren. Obwohl zwei Trainingsleiterinnen anwesend waren, und sehr aufwendige niveauangepasste Trainingsstunden geplant wurden, konnten keine Effekte festgestellt werden. Ein weiterer Einfluss auf die nicht signifikanten Resultate könnte sein, dass die Interventionsdauer von fünf Wochen zu kurz war, um Effekte zu erzielen. Werden Gleichgewichtstrainings in den Turnunterricht miteinbezogen, kann meist auch nicht mehr Trainingszeit zur Verfügung gestellt werden, weil der Lehrplan bereits gedrängt ist. Eine weitere Möglichkeit das Gleichgewicht in der Schule zu fördern, wäre ein

bewegter Unterricht während der Lektionen. Interessante Gleichgewichts-Übungsbeispiele dazu sind in der Masterarbeit von Anja Ritter (2014) vorhanden. So werden während der Schullektionen Bewegungspausen abgehalten mit Übungen wie Einbeinstand im Kreis oder Standwaage mit geschlossenen Augen. Mit einer kontinuierlichen, über die Schuljahre hinweg andauernden Einbeziehung solcher Übungen, könnten vermutlich Fortschritte bei der Gleichgewichtsfähigkeit erzielt werden.

### **6.1.2 Instabile Gleichgewichtsleistung**

In Anbetracht der aufgeführten Argumente hätte die zweite Hypothese ‚Gleichgewichtstraining hat einen Einfluss auf die instabile Gleichgewichtsleistung‘ ebenfalls widerlegt werden sollen. Jedoch ist beim einbeinigen Stand auf dem Posturomed und dem einbeinigen Stand auf dem Therapiekreisel eine signifikante Verbesserung der Gleichgewichtskontrolle ersichtlich. Auch nach Cohen’s Einstufung handelt es sich bei diesen Resultaten um grosse Effekte (beide  $r > .5$ ). Somit scheint das spezifisch angepasste Training einen Einfluss auf die instabile Gleichgewichtsleistung zu haben.

Ein solcher Effekt konnte bei Kindern bisher nur durch Inlineskaten (Muehlbauer et al., 2013) und Eislaufen (Keller et al., 2014) festgestellt werden. Keller et al. (2014) untersuchten ihre Probanden, wie in der vorliegenden Studie, ebenfalls einbeinig auf dem Posturomed. Muehlbauer et al. (2013) dagegen benutzten den Star Excursion Test, um die Gleichgewichtsleistung zu bewerten. Dieser wird ebenfalls auf einem Bein durchgeführt. Im Weiteren haben diese Studien eine etwas andere Konzeption. Einerseits ist die Trainingszeit in diesen Studien länger. Bei Muehlbauer et al. (2013) konnten die Kinder rund 560 Minuten Inline Skaten und in der Untersuchung von Keller et al. (2014) trainierten die Kinder rund 700 Minuten auf dem Eis. In der vorliegenden Studie resultiert eine effektive Trainingszeit von nur 300 Minuten. Auch ist das Alter der Probanden in den anderen Studien höher (Muehlbauer et al., 2013: 11- bis 12- Jährige; Keller et al., 2014: 13- Jährige), was, wie bereits besprochen, einen Einfluss auf die Gleichgewichtsleistung hat. Dies scheint auch gemäss Granacher et al. (2011a) die Effektivität der Trainingslektionen zu erhöhen. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass bei 6- bis 7- jährigen Kindern ein spezifisch auf

ihr Alter angepasstes Training bei der instabilen Gleichgewichtsleistung von Nutzen ist. Im Vergleich zu anderen Studien konnte die instabile Gleichgewichtsleistung sogar mit einer kürzeren Trainingszeit und mit jüngeren Probanden verbessert werden. So kann die Vermutung von Granacher et al. (2011a) bestätigt werden, dass in ihrer Studie die Trainingsformen zu wenig kindergerecht gestaltet worden sind, um Effekte auf die Gleichgewichtsfähigkeit festzustellen.

Ein möglicher Grund für die Verbesserung der Gleichgewichtsleistung im einbeinigen Stand auf dem Posturomed und dem einbeinigen Stand auf dem Kreisel ist, dass in den Trainingslektionen die statischen Gleichgewichtsübungen meist einbeinig durchgeführt wurden. Die Absicht dabei war, die Anforderungen zu erhöhen. Somit ist die stark signifikante Verbesserung vermutlich auf die trainingsspezifischen Anpassungen dieser Untersuchung zurückzuführen. Ein solcher Effekt wurde auch schon in der Slacklinestudie von Donath et al. (2013) festgestellt.

Eine weitere mögliche Erklärung für die deutlich signifikantere Verbesserung beim einbeinigen Stand sind die höheren Testanforderungen. Hier mussten sich die Kinder mehr konzentrieren, damit sie nicht aus dem Gleichgewicht fielen. Dies zeigen auch die Messresultate. Zu Beginn konnten nur acht von fünfzehn Kindern 15 Sekunden auf dem Posturomed stehen ohne mit dem anderen Bein den Boden zu berühren. Bei der zweiten Messung waren es bereits dreizehn Kinder. Für die Auswertung wurden alle Resultate miteinbezogen, da es resultatmässig als Nachteil galt, wenn die Kinder mit einem Bein abstehen mussten. Herausfordernde Tests scheinen demnach beim Überprüfen der Gleichgewichtsfähigkeit besseren Erfolg zu gewährleisten. Werden die Testresultate der Gleichgewichtsleistung verglichen, (siehe Abbildung 6, 7, 8) ist erkennbar: Je schwieriger der Test, desto stärker wird die Signifikanz zwischen Pre- und Posttests. Der einbeinige Stand auf dem Posturomed scheint die herausforderndste Übung zu sein, es sind aber auch die stärksten Verbesserungen festzustellen. Einbeinig auf dem Kreisel zu stehen, scheint eine kleinere Herausforderung zu sein. Bereits beim Pretest konnten alle Probanden 15 Sekunden stehen ohne herunterzufallen. Jedoch scheint der Test immer noch eine genügend hohe Herausforderung darzustellen.

Dieser Effekt wurde bereits in anderen Studien aufgezeigt. Taube, Bracht, Besemer und Gollhofer (2010) untersuchten bei Senioren den Effekt von Inline-Training auf die Gleichgewichtsfähigkeit. Beim beidbeinigen Stand auf dem Posturomed und auf der Kraftmessplatte verschlechterten sich die Probanden. Bei den anspruchsvollsten Gleichgewichtstests (Einbeinstand auf Therapiekreisel) erzielten die Probanden die grössten Fortschritte. Daraus wird geschlossen, dass einfache Testbedingungen nicht dazu geeignet sind, funktionell relevante Gleichgewichtsdefizite zu messen (Taube et al., 2010). Eine weitere Studie mit gesunden Menschen und Parkinson-Patienten bestätigt diese Annahme. So konnte bei einfachen Gleichgewichtstests kein Leistungsunterschied zwischen Parkinson-Patienten mit oder ohne Unfallvergangenheit festgestellt werden. Wurden die Testbedingungen erschwert, wie zum Beispiel mit Einbeinstand oder Stand-Perturbationen, entstand eine Differenz zwischen Patienten mit und ohne Unfallvergangenheit. Die Autoren nennen dies ‚Ceiling-Effekt‘ respektive Deckeneffekt (Smithson, Morris, & Iansek, 1998). So würde ein guter Test nicht nur zwischen einer starken und schwachen Gleichgewichtsleistung unterscheiden, sondern auch innerhalb der maximalen Leistungsbereiche differenzierte Resultate hervorbringen. Ist ein Test zu einfach gestaltet, können zu viele Probanden das Maximum erreichen. Trotz der tatsächlich unterschiedlichen Leistungsfähigkeit ist es bei zu einfachen Tests somit nicht möglich im maximalen Bereich zwischen den Testpersonen zu differenzieren (Bortz & Döring, 2006).

Ein weiteres messtechnisches Problem stellte sich beim Posturomed heraus. Beherrschten die Probanden den Einbeinstand nicht einwandfrei, begann sich die Platte zu bewegen. Die entstehende Federung führte zu vermehrt unkontrollierten Bewegungen. Unsichere Probanden wurden also noch schlechter, wenn sie den einbeinigen Stand auf dem Posturomed nicht von Beginn an beherrschten.

### **6.1.3 Antizipierbare und nicht-antizipierbare Störungen**

Die Hypothese ‚Kinder im Alter von 6 bis 7 Jahren können im Vergleich zwischen antizipierbaren und nicht-antizipierbaren Störungen besser auf antizipierbare reagieren‘ wird aufgrund der widersprüchlichen Resultate weder angenommen noch verworfen.

Werden alle Richtungen gemeinsam betrachtet, so lässt sich eine signifikant bessere Gleichgewichtsleistung bei den antizipierbaren Perturbationen feststellen. Somit kann vermutet werden, dass die antizipierbaren Störungen eine kleinere Anforderung an die Gleichgewichtsleistung der Probanden gestellt haben als die nicht-antizipierbaren Störungen. Dem widerspricht jedoch die Betrachtung der einzelnen Seiten. Die antizipierten Störungen gegen rechts hatten einen signifikant grösseren Schwankweg als die nicht-antizipierten Störungen zur Folge. Bei den anderen Richtungen ist erkenntlich, dass nicht-antizipierbare Störungen nicht signifikant, aber doch weniger Schwankweg zur Folge hatten. Antizipierbare Störungen sollten eigentlich besser absorbierbar sein. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Kinder bei den nicht-antizipierten Perturbationen mehr auf den Zeitpunkt der Auslösung der Störung fokussierten. Somit waren sie konzentrierter als wenn sie bereits wussten, gegen welche Richtung die Störung kam. Es kann vermutet werden, dass eher die Konzentrationsfähigkeit als die Gleichgewichtsleistung der limitierende Faktor war. Zudem scheint der Unterschied zwischen den antizipierbaren und nicht-antizipierbaren Störungen zu gering zu sein. Während den Messungen wurde festgestellt, dass sich die Probanden immer mehr an die Störungen gewöhnten. Da die nicht-antizipierten Störungen erst zum Schluss gemessen wurden, waren die Bewegungen der Platte keine spezielle Herausforderung mehr. Dies könnte ein weiterer Grund für die bessere Gleichgewichtsleistung bei den nicht-antizipierten Perturbationen sein.

Während der Gleichgewichtstrainings wurde nicht mit Perturbationen trainiert. Die Studie von Muehlbauer et al. (2013) zeigt jedoch, dass die gewählten Testmethoden mit den Trainings vergleichbar sein sollten, um Adaptionen festzustellen. Auch Taube et al. (2007b) meinen, dass keine signifikante Verbesserung resultiert, wenn andere Muskelgruppen, als die im Test gemessenen, trainiert werden.

Auch mit der Literatur sind die Resultate der Perturbationen schwierig zu vergleichen, da in der vorliegenden Untersuchung erstmals mit solchen Störungen gearbeitet wurde. Einzig die Studie von Keller et al. (2014) zeigt, dass Kinder nach 700 Minuten Eislauftraining signifikant besser auf Perturbationen reagieren können.

Weder bei den gemeinsam verrechneten Richtungen noch bei der einzelnen Betrachtung der Richtungen konnte eine Interaktion festgestellt werden. Somit scheint das Training keine Wirkung auf die zwei Testbedingungen antizipierbar und nicht-antizipierbar zu haben. Dies ist ein Hinweis darauf, dass keine der Testformen auf die Intervention anspricht. Aufgrund der oben aufgeführten widersprüchlichen Resultate und der nicht vorhandenen Interaktion zwischen dem ersten Messzeitpunkt und dem Test kann die aufgeführte Hypothese nicht bestätigt werden.

Wird die Veränderung zwischen Pre- und Posttest betrachtet, zeigen sich auch widersprüchliche Resultate. Somit wird die Hypothese ‚Der Einfluss von antizipierbaren und nicht-antizipierbaren Störungen auf die Haltungskontrolle kann durch angepasstes Gleichgewichtstraining signifikant vermindert werden‘ ebenfalls nur teilweise bestätigt.

Werden alle Seiten gemeinsam verrechnet so resultiert ein signifikanter Unterschied zwischen den zwei Messzeitpunkten. Die Probanden werden demnach vom Pre- zum Posttest signifikant besser. Werden die Richtungen der Störungen einzeln betrachtet, resultieren jedoch widersprüchliche Resultate. Bei antizipierbaren Störungen gegen vorne und links haben sich die Probanden unabhängig von der Testbedingung vom Pre- zum Posttest signifikant verbessert. Die Richtungen hinten und rechts zeigen keine signifikante Veränderung.

Bei dem signifikanten Ergebnis bei den Störungen gegen links könnte die Händigkeit der Kinder eine Rolle gespielt haben. Wenn also mehr Kinder mit der linken dominanten Seite an der Untersuchung teilgenommen hatten, konnten sie auch Störungen gegen links besser auffangen. Im Weiteren wäre es aber naheliegender, wenn sich die Kinder entweder in medio-lateraler Richtung (links - rechts) oder in anterior-posteriorer Richtung (vorne - hinten) verbesserten. Somit ist bei diesen Testbedingungen zu vermuten, dass ebenfalls ein ‚Ceiling-Effekt‘ mitspielt. Die ausgelösten Störungen stellten an die Probanden eine zu geringe Herausforderung, um funktional relevante Anpassungen festzustellen. Bei zukünftigen Messungen von antizipierbaren und nicht-antizipierbaren Störungen sollte die Testapparatur eine grössere Herausforderung an die Probanden stellen. Eine Möglichkeit hierfür wäre, den Test mit Perturbationen einbeinig durchzuführen, wie bereits Keller et al. (2014)



dies mit Jugendlichen gemacht hat. Er konnte eine signifikante Verbesserung feststellen. Dies könnte vermutlich bei 6- bis 7- jährigen Kindern nicht angewendet werden, da die Probanden alleine schon Probleme damit hatten, einbeinig auf dem Posturomed zu stehen. Das Fallrisiko wäre somit zu hoch. Zudem ist bei der Analyse des Schwankweges auf dem Posturomed wichtig, dass die Probanden nicht mit dem zweiten Bein abstehen. Bei Jugendlichen und Erwachsenen wären solche Testbedingungen wegen der fortgeschrittenen motorischen Entwicklung eher durchführbar.

Um das Auffangen der Störungen bei Kindern nur wenig zu erschweren, könnte ein Balance Pad oder ein Gleichgewichtskreisel auf die Platte gelegt werden. So würden die Kinder immer noch beidbeinig stehen, wären jedoch einer etwas grösseren Herausforderung ausgesetzt.

Im Weiteren ist in den Resultaten erkenntlich, dass die Standartabweichung der nicht-antizipierbaren Störungen deutlich grösser ist, als bei den antizipierbaren. Die grosse Streuung der Gleichgewichtsleistung nach dem Auffangen der Perturbationen könnte wiederum mit dem unterschiedlichen kognitiven Entwicklungsstand der untersuchten Kinder zusammenhängen. So werden vermutlich bei nicht-antizipierbaren Störungen die kognitive Vorbereitung und die Konzentration stärker beansprucht. Dies fällt den weiter entwickelten Schülern oder Schülerinnen einfacher.

#### **6.1.4 Romberg offen oder mit geschlossenen Augen**

Bisherige Studien zeigen, dass visuelle Informationen auf jeder Altersstufe eine wichtige Rolle bei der Gleichgewichtskontrolle spielen (Lee & Aronson, 1974; Ledebt et al., 2005; Taube et al., 2008b). In der vorliegenden Studie resultieren, wie erwartet, signifikant längere Schwankwege beim blinden Rombergtest im Vergleich zum Rombergtest mit offenen Augen. Eine Begründung für diesen Unterschied könnte sein, dass sich die Kinder mehr auf taktile Informationen verlassen, wenn sie die Augen schliessen. Wird die Messung mit einer Kraftmessplatte durchgeführt, nutzen die Kinder somit ihre Fusssohlen verstärkt zur Gleichgewichtskontrolle. Dies stellten auch bereits Meyer et al. (2004a) in ihrer Studie fest.

Weiter kann der längere Schwankweg mit blinden Augen auch darauf zurückzuführen sein, dass die eigene Körperposition nicht visuell erkennbar ist. Dies führt gemäss Ayres (2013) besonders bei Kindern mit einer schlechten propriozeptiven Wahrnehmung zu Schwierigkeiten bei der Haltungskontrolle. Der Unterschied zwischen offenen und geschlossenen Augen im Stand weist darauf hin, dass Kinder noch fest an das visuelle System gebunden sind. Dies postuliert auch die Studie von Shumway-Cook und Woolacott (1985). Erst ab sieben bis zehn Jahren entwickeln Kinder eine erwachsene Strategie der Gleichgewichtskontrolle, bei welcher sich die sensorischen Systeme gegenseitig entlasten (Fitzpatrick & McCloskey, 1994). Somit kann vermutet werden, dass die Kinder der vorliegenden Untersuchung Probleme hatten, die fehlenden visuellen Informationen durch taktile Informationen (zum Beispiel Spüren der Fusssohle) zu ersetzen. Somit erzielten sie blind eine schlechtere Gleichgewichtsleistung als mit offenen Augen. Durch die Trainings konnten die Kinder jedoch weder beim Rombergtest blind noch mit offenen Augen signifikante Fortschritte zwischen Pre- und Posttest erzielen. Auch die Effektstärke ist beim Rombergtest mit offenen Augen mittel und beim Rombergtest blind klein. Die Gleichgewichtsübungen wurden oft blind durchgeführt. So konzentrierten sich die Kinder mehr auf andere Sinne als auf die visuellen Informationen. Dies sollte ihnen helfen eher eine erwachsene Strategie der Gleichgewichtskontrolle zu entwickeln. Es wurde keine Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Test festgestellt. Somit wirkte sich das Training auf beide Testbedingungen (blind, offene Augen) gleich aus.

Die Auswertungen der stabilen Gleichgewichtstests zeigen keine Unterschiede zwischen Pre- und Posttest. Bei den instabilen Tests konnte bei den einbeinigen Testbedingungen eine Differenz zwischen Pre- und Posttest erkannt werden. Somit scheint es ein Unterschied zu sein, ob statische oder dynamische Gleichgewichtstests durchgeführt werden. Dies zeigt auch die Untersuchung von Drowatzky und Zuccato (1967). Sie stellten bei 12- bis 14- jährigen Kindern keine Korrelation zwischen statischen und dynamischen Gleichgewichtstests fest. Auch Muehlbauer et al. (2013) vermuten, dass statische und dynamische Gleichgewichtsübungen von unterschiedlichen neuronalen Mechanismen gesteuert

werden. Wie bereits besprochen, besteht die Möglichkeit, dass der Schwierigkeitsgrad der Tests und die Konzentrationsfähigkeit limitierende Faktoren für signifikante Resultate sind. Im Weiteren besteht auch die Möglichkeit, dass das ganzheitliche Gleichgewichtstraining, welches eine verbesserte Körperkontrolle zur Folge hat, eher einen Einfluss auf das dynamische als auf das statische Gleichgewicht hat. Es kann vermutet werden, dass auch Stürze mit der Verbesserung des dynamischen Gleichgewichts verhindert werden können. Somit scheint es möglich, dass sich die Verletzungshäufigkeit durch spezifisch angepasstes Gleichgewichtstraining bei 6- bis 7-jährigen Kindern tatsächlich vermindert.

## **6.2 Kraftfähigkeit**

Die Hypothese ‚Spezifisch angepasstes Gleichgewichtstraining führt zu einer signifikanten Verbesserung der Sprunghöhe und der Explosivkraft‘ wurde in der vorliegenden Untersuchung nur bezüglich der Explosivkraft bestätigt.

Im Gegensatz zu den Gleichgewichtstests sind die Resultate der Kinder bei der Explosivkraft und der Reaktivkraft homogener. So kann die Aussage vom Schmidtbleicher (1984) bestätigt werden, dass im Kindesalter bezüglich Kraft und Muskelmasse kaum Unterschiede bestehen. Erst in der Adoleszenz beginnt bei den männlichen Probanden eine stärkere Zunahme im Kraftbereich (Schmidtbleicher, 1984).

Aus der Messung der Explosivkraft resultiert eine knapp signifikante Verbesserung. Im Vergleich mit der Literatur lassen sich bezüglich der Explosivkraft unterschiedliche Ergebnisse finden. Die vergleichbare Studie mit 6- bis 7-jährigen Kindern von Granacher et al. (2011a) und die Untersuchung mit Adoleszenten von Donath et al. (2013) konnten keine signifikanten Verbesserungen feststellen. Dagegen zeigen andere Studien bei Jugendlichen eine signifikante Verbesserung (Granacher et al., 2010a; Taube et al., 2007a). Über die Lebensspanne betrachtet, lässt sich das Resultat der vorliegenden Untersuchung nur schwierig in die Literatur eingliedern. So zeigt auch eine Untersuchung von Martin et al. (2000) auf, dass die Kraftfähigkeit mit zunehmendem Alter zunimmt. Gemäss dem Vergleich mit anderen Studien kann angenommen werden, dass die Explosivkraft bei Kindern schwierig messbar oder

verbesserbar ist, da sie kaum vorhanden zu sein scheint. Es kann eine umso stärkere Verbesserung der Explosivkraft erzielt werden, je älter die Probanden sind. So zeigen Studien bei Adoleszenten (Granacher et al., 2010a; Taube et al., 2007a) und jungen Erwachsenen (Beck et al., 2007; Bruhn et al., 2004; Granacher et al., 2010b; Gruber et al., 2007; Gruber & Gollhofer, 2004) und Senioren (Granacher et al., 2007) eine signifikante Zunahme der Explosivkraft als Folge von Gleichgewichtstraining. Bei Senioren soll der Kraftanstieg besonders gross sein, da sie eine tiefere Ausgangslage haben und somit mehr Fortschritte erzielen können (Granacher et al., 2007).

Das signifikante Resultat bei der Explosivkraft scheint im Vergleich mit der Literatur überraschend. Auch gemäss Taube et al. (2007a) scheint es schwierig mit Hilfe der isolierten Plantarflexion Trainingsadaptionen nachzuweisen. Somit zeigt sich, dass es eine Rolle spielt, welche Muskelgruppen trainiert und welche gemessen werden, wie dies auch bei den Gleichgewichtsmessungen der Fall ist. Bei der Untersuchung von Gruber und Gollhofer (2004) trugen die Probanden während des Trainings Skischuhe. Somit trainierten sie die Sprunggelenke weniger als die obere Beinmuskulatur. Anschliessend wurde mit einer Beinpressmaschine die RFD des Quadrizeps femoris gemessen. Damit konnte eine signifikante Verbesserung festgestellt werden (Gruber & Gollhofer, 2004). Später konnten Gruber et al. (2007) aber auch eine Verbesserung der RFD der Plantarflexion durch spezifisches Sprunggelenktraining feststellen. In der vorliegenden Studie wurde ähnlich wie in der Studie von Gruber et al. (2007) trainiert. Oft wurden Therapiekreisel und Balance Boards eingesetzt, was ein Grund für die signifikante Zunahme sein könnte. Der Kraftanstieg wird durch spezifische neuronale Adaptionen erklärt (Gruber et al., 2007). Granacher et al. (2011a) stellten fest, dass Stürze mit einer verminderten Krafftähigkeit zusammenhängen. Folglich ist es möglich, durch spezifisch angepasstes Gleichgewichtstraining auch bei 6- bis 7- jährigen Kinder die neuronale Ansteuerung zu verbessern. Dies hat einen direkten Effekt auf die Verletzungshäufigkeit nach Stürzen. Gemäss Gruber & Gollhofer (2004) ist besonders die neuronale Aktivierung in Verletzungssituationen relevant. Sie hilft, Gelenke möglichst schnell zu verhärten und somit Unfälle zu vermeiden. Der Effekt von Gleichgewichtstraining auf die Explosivkraft könnte auch auf das Älterwerden der

Kinder zurückzuführen sein. Kinder zwischen 4 und 12 Jahren durchleben gemäss Studien (Ahnert & Schneider, 2007; Starker et al., 2007) eine starke Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit. Um solche Entwicklungseffekte von den Trainingseffekten differenzieren zu können, wäre eine Kontrollgruppe ohne Intervention nötig.

Die Sprunghöhe zeigt ein anderes Resultat als die Explosivkraft. Sie hat sich nicht signifikant verändert und zeigt auch nur eine kleine Effektstärke. Die Werte im Posttest haben sich im Vergleich zum Pretest kaum verändert. Studien mit jungen Eliteathleten (Taube et al., 2007a) oder jungen Erwachsenen (Bruhn et al., 2004; Granacher 2010a; Kean et al., 2006) zeigen eine signifikante Zunahme der Sprungkraft dank klassischem Gleichgewichtstraining. Bei Kindern sieht die Forschungslage anders aus und gleicht dem gemessenen Resultat der vorliegenden Untersuchung. Durch klassisches Gleichgewichtstraining (Granacher et al., 2011a) oder Slacklinetraining (Donath et al., 2013) werden keine signifikanten Verbesserungen der Sprungkraft festgestellt. Dies lässt sich wiederum mit den Trainingsschwierigkeiten eines klassischen Gleichgewichtstrainings mit Kindern und auf die spezifische Wirkung des Slacklinetrainings zurückführen. Nur die Studie von Muehlbauer et al. (2013) konnte eine signifikante Verbesserung der Sprunghöhe feststellen. Jedoch wurde diese Studie mit 11- bis 12- Jährigen durchgeführt, was nicht der Altersgruppe der vorliegenden Untersuchung entspricht. Somit gibt es immer noch keine Evidenz dafür, dass Gleichgewichtstraining bei 6- bis 7- jährigen Kindern zu einer Verbesserung der Reaktivkraft führt. Jedoch kann die Aussage von Granacher et al. (2011a) verstärkt werden, dass bei Kindern die neuronalen Systeme noch nicht vollständig ausgereift sind. Somit wird es schwierig die Explosivkraft bei Kindern zu messen.

Sowohl bei der Explosivkraft als auch bei der Reaktivkraft sind die Tests mit Kindern schwierig durchführbar. Auf dem Isokinet hatten die Kinder Schwierigkeiten nur mit den Fussspitzen zu drücken. Die Kinder verstanden nicht, wie sie ihre Füsse bewegen sollten, um einen möglichst hohen Kraftanstieg zu erzeugen, obwohl mit einer kindergerechten Metapher gearbeitet wurde („mache einen möglichst hohen Berg“). Bei der Messung der Reaktivkraft mit Hilfe des Counter Movement Jump

(CMJ) zeigte der Testleiter den Sprung einige Male vor. Trotzdem zogen die Kinder beim Springen oft eher die Beine an, statt möglichst fest von der Kraftmessplatte abzustossen. Vor allem der CMJ ohne Arme ist eine offensichtlich komplexe und unbekannte Bewegung für die Kinder, da sie normalerweise die Arme zum Hochspringen benützen. Dies ist ein weiterer Grund für das nicht signifikante Resultat der Sprunghöhe. Ein anderer Test, wie zum Beispiel ein Drop Jump, wäre jedoch auch schwierig durchführbar. Auch dieser stellt hohe koordinative Anforderungen an die Probanden.

Zusammengefasst wird festgestellt, dass Transfereffekte bei 6- bis 7-jährigen Kindern eher schwierig messbar sind. Dies hängt einerseits mit der noch nicht ausgereiften neuronalen Entwicklung zusammen. Andererseits scheint der Inhalt der Gleichgewichtstrainings bedeutsam zu sein. Je nach beanspruchter Muskulatur, Zeitdauer, Intensität, statischen oder dynamischen Gleichgewichtsübungen können die Effekte wahrscheinlich verstärkt werden. Im Weiteren ist es schwierig, verschiedene Resultate von Studien bezüglich der Gleichgewichtstrainings und deren Transfereffekte zu vergleichen. Bei den bisherigen Studien mit Kindern, Adoleszenten, Erwachsenen und Älteren wurden oft unterschiedliche Mess- und Interventionsmethoden gewählt. Dies erschwert auch den Vergleich zwischen den Altersgruppen. Somit ist es notwendig in weiterführenden Studien verschiedene Altersgruppen mit denselben Testbedingungen zu vergleichen.

### **6.3 Gleichgewichtstraining in der Prävention und Rehabilitation**

Motorische Defizite sind für 77% der Unfälle bei 4- bis 6- jährigen Kindern verantwortlich. Diese Defizite können jedoch durch Training vermindert werden (Kambas et al., 2004). Besonders in Sportsportarten kann Gleichgewichtstraining zu weniger Verletzungen verhelfen. So zeigen Studien auf, dass die Verbesserung von Sprungkraft und Gleichgewicht zu weniger Verletzungen im Handball (Peterson et al., 2005, Myklebust et al., 2003), im Fussball (McGuine & Keene, 2006) und im Basketball (Caraffa et al., 1996) führt. Werden die Resultate der vorliegenden Untersuchung betrachtet, kann davon ausgegangen werden, dass die signifikanten Verbesserungen der instabilen Gleichgewichtstest und der Explosivkraft zu einer Reduktion der Verletzungshäufigkeit der 6- bis 7- jährigen Kinder führen. Es ist

möglich, dass Gleichgewichtstraining die Fähigkeit zur Kompensation von Störreizen durch verkürzte Latenzzeiten, den modulierten H-Reflex und die Achillessehnenreflex-Antworten verbessert (Granacher et al., 2010c). Zudem verbessert sich die Haltungskontrolle auch durch eine erhöhte Wahrnehmungsempfindlichkeit der Muskelspindeln.

Wie aber auch bereits Taube et al. (2008b) festgestellt haben, kann die Sturzhäufigkeit nicht einzig auf das Gleichgewichtstraining zurückgeführt werden. Die meisten aufgeführten Studien haben Gleichgewichtstraining mit Krafttraining kombiniert. So zeigen auch Michel und Bochud (2012) auf, dass physiologische Defizite, welche zu Verletzungen führen, durch ein ganzheitliches Gleichgewichts- und Krafttraining kompensiert werden können. Gemäss Granacher et al. (2011a) ist die Verbesserung der Kraft ebenfalls ein wichtiger intrinsischer Faktor bei der Verhinderung von Stürzen. Somit wären weitere Tests erforderlich, welche den direkten Effekt der Gleichgewichtstrainings bei Kindern untersuchen. Solche Untersuchungen könnten ebenfalls im Rahmen einer Schulklasse oder in einem Sportverein durchgeführt werden. Neben dem Training und den Messungen wären Fragebogen zur Verletzungshäufigkeit über eine längere Zeit notwendig. Der Nutzen eines Gleichgewichtstrainings ist aber nicht nur in der Prävention sondern auch in der Rehabilitation sichtbar. So regenerieren sich verletzte neuromuskuläre Strukturen eher (Eils & Rosenbaum, 2001; Henriksson et al., 2001) und Wiederverletzungen werden vermindert (Verhagen et al., 2004).

## 7 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Resultate der stabilen Gleichgewichtstests (Romberg und Tandemstand) auf der Kraftmessplatte, der Antizipationstests sowie auch die Auswertung der zweibeinigen instabilen Tests auf dem Posturomed ergeben keine signifikante Veränderung der Gleichgewichtsfähigkeit. Es wird vermutet, dass diese Tests vor allem eine hohe Anforderung an die Konzentrationsfähigkeit stellen, welche bei jungen Kindern gemäss Ahnert und Schneider (2007) noch nicht gänzlich entwickelt ist. Ein weiterer Grund für das nicht signifikante Resultat ist vermutlich der ‚Ceiling-Effekt‘ (Smithson et al., 1998). Demnach stellt der Test zu tiefe motorische Anforderungen an die Kinder um funktionell relevante Gleichgewichtsunterschiede festzustellen (Taubе et al., 2010). So konnte nur bei den schwierigeren instabilen Gleichgewichtstests auf dem Kreisel oder beim einbeinigen Stand eine signifikante Veränderung festgestellt werden. Es scheint, je schwieriger die Testanforderung desto stärker die Verbesserung zwischen Pretest und Posttest. Die Resultate der Kraftmessung weisen ebenfalls darauf hin, dass die untersuchten Kinder im Kraftbereich noch nicht gänzlich entwickelt sind. Aus den Resultaten kann geschlossen werden, dass es grundsätzlich schwierig ist, eine Testbatterie für junge Kinder zu entwickeln, welche sowohl die Gleichgewichtsfähigkeit als auch Transfereffekte misst.

Wie in der Einleitung beschrieben, wird unter Gleichgewichtsfähigkeit „die Fähigkeit verstanden, den gesamten Körper im Gleichgewichtszustand zu halten oder während und nach umfangreichen Körperverschiebungen diesen Zustand beizubehalten beziehungsweise wieder herzustellen“ (Meinel et al., 2007, S. 225).

In der vorliegenden Studie wurde die Messung der Gleichgewichtsfähigkeit auf stabile und instabile, einbeinige oder zweibeinige Testanlagen reduziert. Je nachdem wie Gleichgewichtsfähigkeit definiert wird, können auch andere Faktoren gemessen werden. Wie viel die zahlreichen durchgeführten Tests mit der Kraftmessplatte oder dem Posturomed tatsächlich nur über die Gleichgewichtsfähigkeit und der damit zusammenhängenden Sturzhäufigkeit aussagen, ist nicht ganz klar eruierbar.

Die angewandten standardisierten Messtechniken weisen Probleme auf, vor allem wenn sie bei jungen Kindern angewandt werden. Die vorliegende Untersuchung kommt zum Schluss, dass bei zukünftigen Untersuchungen die Tests praxisnäher



respektive altersangepasst gestaltet werden müssen. Nur so können relevante aussagekräftige Messungen resultieren. Es gibt einfache Möglichkeiten die Testanforderungen zu ändern. Zahlreiche verschiedene Gleichgewichtsübungen könnten in der Turnhalle durchgeführt werden, so zum Beispiel Gehen auf dem Balken, Stehen auf dem Gleichgewichtskreisel oder Durchlaufen eines Gleichgewichtsparcours. Hier stellt sich allerdings das Problem der fehlenden standardisierten Messmethode. Somit wäre es sinnvoll bei der ersten Testanwendung bereits angewandte Messsysteme (Posturomed, Kraftmessplatte) anzuwenden und diese anschliessend mit den praxisnahen Resultaten zu vergleichen. Um den entwickelten Test auf seine Validität zu überprüfen, könnten Rangkorrelationskoeffizienten berechnet werden. Dazu müssen gemäss Bortz und Schuster (2010) die Testergebnisse von Punktzahlen in Rangplätze überführt werden. So würde also dem Kind mit dem kleinsten Schwankweg auf dem Posturomed der erste Platz zugeordnet. Dem Kind mit der längsten Zeit auf dem Gleichgewichtskreisel dementsprechend auch. Anschliessend würden beide Rangreihen miteinander verglichen und die Stärke dieses Zusammenhanges statistisch überprüft. Wenn die Rangreihen der bereits bekannten Messsysteme und der praxisnahen Tests übereinstimmen, kann der Test als brauchbar eingestuft werden.

Es wäre eine Herausforderung Testresultate in der Turnhalle zu generieren, aus welchen eine Rangliste erstellt werden kann. Dazu sind ordinalskalierte Werte notwendig. Eine Möglichkeit wäre, dass die Kinder eine umgekehrte Langbank überqueren. Diese wird in Etappen unterteilt. Je mehr Etappen die Kinder überqueren desto höher ist der Rang. Die Etappen müssten aber so gewählt werden, dass zwischen den Kindern differenziert werden kann. Im Weiteren müssten die praxisnahen Tests in stabile und instabile Gleichgewichtstests unterteilt werden, um sie mit den bereits bekannten Methoden zu vergleichen. Ein Vorteil des Rangkorrelations- Tests wäre, dass dieser gemäss Bortz und Schuster (2010) viel robuster gegen Ausreisser ist. Somit könnte mit dieser Untersuchungsmethodik dem unterschiedlichen Entwicklungsstand der Kinder respektive der grossen Variabilität bei den Resultaten entgegengewirkt werden. Jedes Kind auf würde auf seinem persönlichen Niveau getestet. Weitere Verbesserungsmöglichkeiten der vorliegenden

Untersuchung wäre eine Kontrollgruppe ohne Interventionen oder eine grössere Stichprobenanzahl zu wählen.

Trotz den doch zahlreichen Fragwürdigkeiten zeigt die vorliegende Untersuchung erstmals auf, dass spezifisch angepasstes Gleichgewichtstraining bei 6- bis 7-jährigen Schulkindern zu einer Verbesserung der Haltungskontrolle führt. Durch spielerisches und kindergerechtes Training kann die Gleichgewichtsfähigkeit verbessert werden. Stürze und dadurch verursachte Verletzungen können durch die erlangte stabilere Haltung öfters vermieden werden. Die Integration von Gleichgewichtsübungen in der Sportlektion oder im allgemeinen Schulunterricht verspricht demnach eine wesentliche präventive Wirkung.

## 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.
- Ritter, A. (2014). *Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit durch Gleichgewichtstraining*. Freiburg: Universität Freiburg.
- Ayres, A. J. (2013). *Bausteine der kindlichen Entwicklung Die Bedeutung der Integration der Sinne für die Entwicklung des Kindes* (5., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- 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.
- Baur, J. (1987). Über die Bedeutung sensibler Phasen für das Kinder- und Jugendtraining. In J. M. Steinacker (Hrsg.), *Rudern: Sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte* (S. 9-14). Berlin: Springer.
- Beck, S., Taube, W., Gruber, M., Amtage, F., Gollhofer, A., & Schubert, M. (2007). Task-specific changes in motor evoked potentials of lower limb muscles after different training interventions. *Brain Research*, 1179, 51–60.
- 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.
- Bislin, S. (2015). *Kinderspezifisches Gleichgewichtstraining im Schulsportunterricht*. Fribourg: Universität Fribourg.
- Blake, A. J., Morgan, K., Bendall, M. J., Dallosso, H., Ebrahim, S. B., Arie, T. H., et al. (1988). Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age and Ageing*, 17(6), 365–372.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. überarb. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Sozial- und Humanwissenschaftler* (7. überarb. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bös, K. (1994). Differentielle Aspekte der Entwicklung motorsicher Fähigkeiten. In J. Baur, K., Bös, & R. Singer (Hrsg.), *Motorische Entwicklung - Ein Handbuch* (S. 238-253). Schorndorf: Hofmann.
- Brandt, T., Wenzel, D., & Dichgans, J. (1976). Die Entwicklung der visuellen Stabilisation des aufrechten Standes beim Kind: Ein Reifezeichen in der Kinderneurologie. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 223(1), 1–13.

- Bruhn, S., Kullmann, N., & Gollhofer, A. (2004). The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *International Journal of Sports Medicine*, 25(1), 56–60.
- Buchner, D. M., Cress, M. E., de Lateur, B. J., Esselman, P. C., Margherita, A. J., Price, R., & Wagner, E. H. (1997). The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 52(4), 218–224.
- Caraffa, A., Cerulli, G., Proietti, M., Aisa, G., & Rizzo, A. (1996). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 4(1), 19–21.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2. Aufl.)*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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).
- Drowatzky, J.N., & Zuccato, F.C. (1967). Interrelationships between selected measures of static and dynamic balance. *Research Quarterly*, 38(3), 509–510.
- Donath, L., Roth, R., Rueegg, A., Groppa, M., Zahner, L., & Faude, O. (2013). Effects of slackline training on balance, jump performance and muscle activity in young children. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1093–1098.
- Eils, E., & Rosenbaum, D. (2001). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(12), 1991–1998.
- Fitzpatrick, R., & McCloskey, D. I. (1994). Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *Journal of Physiology*, 478(1), 173–186.
- Frank I. Michel, & Bochud, Y. (2012). *Zusatzmaterial zum Titel «Unfallprävention» - Thema Sturz* (Auszug aus bfu-Sicherheitsdossier Nr. 09 Haus und Freizeit). Bern: Bubenberg.
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin.
- 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(4), 459–466.
- Granacher, U., Gollhofer, A., & Zahner, L. (2010). Kraft und posturale Kontrolle im Alter: Auswirkungen von Training. In *Kräftig altern: Fachhandbuch „Die positiven Effekte von Muskeltraining in der 3. Lebensphase“* (1. Auflage, S. 7–30). Karlsruhe: Karlsruhe.
- Granacher, U., Gruber, M., Strass, D., & Gollhofer, D. A. (2007). The impact of sensorimotor training in elderly men on maximal and explosive force production capacity. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58(12), 446–451.
- Granacher, U., Iten, N., Roth, R., & Gollhofer, A. (2010). Slackline training for balance and strength promotion. *International Journal of Sports Medicine*, 31(10), 717–723.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., Kressig, R. W., & Zahner, L. (2011). An intergenerational approach in the promotion of balance and strength for fall prevention – a mini-review. *Gerontology*, 57(4), 304–315.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Maestrini, L., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2011). Can balance training promote balance and strength in prepubertal children? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1759–1766.
- Gruber, M., & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*, 92(1-2), 98–105.
- 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. *The journal of strength and conditioning research*, 21, 274–282.
- Gschwind, Y. J., & Pfenninger, B. (2013). *Training zur Sturzprävention - bfu-Fachdokumentation 2.104*. Bern: Beratungsstelle für Unfallverhütung. Abgerufen von [http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu\\_2.104.01\\_bfu-Fachdokumentation%202.104%20-%20Training%20zur%20Sturzprävention.pdf](http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_2.104.01_bfu-Fachdokumentation%202.104%20-%20Training%20zur%20Sturzprävention.pdf)
- Hafström, A., Fransson, P.-A., Karlberg, M., Ledin, T., & Magnusson, M. (2002). Visual influence on postural control, with and without visual motion feedback. *Acta Oto-Laryngologica*, 122(4), 392–397.

- Hartmann, C. (1999). Zur fördernden Beeinflussung der Motorik schulunreifer Kinder, *Körpererziehung*(49), 30–34.
- Hegner, J. (2008). *Training fundiert erklärt: Handbuch der Trainingslehre* (3. Aufl). Herzogenbuchsee: Ingold.
- 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.
- Hytönen, M., Pyykkö, I., Aalto, H., & Starck, J. (1993). Postural control and age. *Acta Oto-Laryngologica*, 113(2), 119–122.
- Kahl, H., Dortsch, R., & Ellsäßer, G. (2007). Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen (1–17 Jahre) und Umsetzung von persönlichen Schutzmaßnahmen: Ergebnisse des bundesweiten Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 718–727.
- Kambas, A., Antoniou, P., Xanthi, G., Heikenfeld, R., Taxildaris, K., & Godolias, G. (2004). Unfallverhütung durch Schulung der Bewegungskoordination bei Kindergartenkindern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55(2), 44–47.
- Kean, C. O., Behn, 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), 138–148.
- Keller, M., Röttger, K., & Taube, W. (2014). Ice skating promotes postural control in children: Ice skating promotes balance in children. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(6), 456–461.
- Ledebt, A., Becher, J., & Savelsbergh, G. J. P. (2005). Balance training with visual feedback in children with hemiplegic cerebral palsy. *Gait & Posture*, 21, 86.
- Lee, D. N., & Aronson, E. (1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception & Psychophysics*, 15(3), 529–532.
- Martin, J. C., Farrar, R. P., Wagner, B. M., & Spirduso, W. W. (2000). Maximal power across the lifespan. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(6), 311–316.
- McGuine, T. A., & Keene, J. S. (2006). The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(7), 1103–1111.
- Meinel, K., Schnabel, G., & Krug, J. (Hrsg.). (2007). *Bewegungslehre - Sportmotorik: Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt* (11., überarb. und erw. Aufl). Aachen: Meyer & Meyer.

- Meyer, P. F., Oddsson, L. I. E., & De Luca, C. J. (2004a). The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. *Experimental Brain Research*, 156(4), 505–512.
- Meyer, P. F., Oddsson, L. I. E., & De Luca, C. J. (2004b). The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. *Experimental Brain Research*, 156(4), 505–512.
- Mirwald, R. L., G. Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 689–694.
- Mombarg, R., Jelsma, D., & Hartman, E. (2013). Effect of wii-intervention on balance of children with poor motor performance. *Research in Developmental Disabilities*, 34(9), 2996–3003.
- Muehlbauer, T., Kuehnen, M., & Granacher, U. (2013). Inline skating for balance and strength promotion in children during physical education. *Perceptual and Motor Skills*, 117(3), 665–681.
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Braekken, I. H., Skjølberg, A., Olsen, O.-E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 13(2), 71–78.
- Mynark, R. G., & Koceja, D. M. (2001). Effects of age on the spinal stretch reflex. *Journal of Applied Biomechanics*, 17, 188–203.
- Oberg, T., Karsznia, A., & Oberg, K. (1993). Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 30(2), 210–223.
- Petersen, W., Braun, C., Bock, W., Schmidt, K., Weimann, A., Drescher, W., et al. (2005). A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 125(9), 614–621.
- Riach, C. L., & Hayes, K. C. (1987). Maturation of postural sway in young children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 29(5), 650–658.
- Richter, A., Jekauc, D., Woll, A., & Schwameder, H. (2010). Effects of age, gender and activity level on counter movement jump performance and variability in children and adolescents. Konstanz: International Society of Biomechanics in Sports.
- Röthig, P., & Prohl, R. (Hrsg.). (2003). *Sportwissenschaftliches Lexikon* (7., neu bearb. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.

- Schmidtbleicher, D. (1994). Entwicklung der Kraft und Schnelligkeit. Differentielle Aspekte der Entwicklung motorischer Fähigkeiten. In J. Baur, K. Bös & R. Singer (Hrsg.), *Motorische Entwicklung – Ein Handbuch* (S. 129-150). Schorndorf: Hofmann.
- 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.
- Skinner, R. A., & Piek, J. P. (2001). Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents. *Human Movement Science*, 20(1-2), 73–94.
- Smithson, F., Morris, M. E., & Iansek, R. (1998). Performance on clinical tests of balance in Parkinson's disease. *Physical Therapy*, 78(6), 577–592.
- Starker, A., Lampert, T., Worth, A., Oberger, J., Kahl, H., & Bös, K. (2007). Motorische Leistungsfähigkeit: Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 775–783.
- 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., Beck, S., Faist, M., Gollhofer, A., & Schubert, M. (2007b). Cortical and spinal adaptations induced by balance training: correlation between stance stability and corticospinal activation. *Acta Physiologica*, 189(4), 347–358.
- Taube, W., Gruber, M., & Gollhofer, A. (2008a). 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. (2007a). Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 999–1005.
- Taube, W., Leukel, C., & Gollhofer, A. (2008b). Influence of enhanced visual feedback on postural control and spinal reflex modulation during stance. *Experimental Brain Research*, 188(3), 353–361.
- 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: a prospective controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(6), 1385–1393.



- Videan, E. N., & McGrew, W. C. (2002). Bipedality in chimpanzee (*Pan troglodytes*) and bonobo (*Pan paniscus*): Testing hypotheses on the evolution of bipedalism. *American Journal of Physical Anthropology*, 118(2), 184–190.
- World health organization. (2006). WHO child growth standards based on length/weight and age. *Acta Paediatrica, Suppl. 450*, 76–85.

## Anhang

Einverständniserklärung.....	I
Probandeninformation.....	II
Informationsschreiben.....	VI
Lektionsprotokolle.....	VIII
Messprotokoll.....	XIX
Danksagung.....	XX
Persönliche Erklärung.....	XXI
Urheberrechtserklärung.....	XXII

***Einverständniserklärung der Eltern zur Teilnahme Ihres Kindes an der Studie***

**Untersuchung der Gleichgewichtsfähigkeit von Kindern in verschiedenen Altersstufen, Erwachsenen und Senioren**

- Bitte lesen Sie dieses Formular sorgfältig durch.
- Bitte fragen Sie, wenn Sie etwas nicht verstehen oder genauer wissen möchten.

**Der/die Unterzeichnende bestätigt hiermit:**

- Ich habe die Informationen zu der Studie gelesen und verstanden und bin mit den Bedingungen einverstanden.
- Ich garantiere, dass keines der in der Probandeninformation aufgeführten Ausschlusskriterien auf mein Kind zutrifft.
- Allfällige Fragen konnten gestellt werden und wurden verständlich beantwortet.
- Ich weiss, dass mein Kind die Studie jederzeit ohne irgendwelche negativen Folgen abbrechen kann, auch wenn ich diese Einverständniserklärung unterzeichne.
- Ich verstehe, dass alle persönlichen Daten und Untersuchungsergebnisse meines Kindes sowie die Tatsache seiner Studienteilnahme vertraulich und anonymisiert behandelt werden und nur den direkt an der Studie beteiligten Forschern zugänglich sein werden.
- Ich bin damit einverstanden, dass die gesammelten Daten in anonymer und nicht identifizierbarer Form in einer oder mehreren wissenschaftlichen Veröffentlichungen publiziert werden.
- Mein Kind entscheidet sich freiwillig zur Teilnahme an der oben genannten Studie.
- Diese Studie wurde von der Ethikkommission für die Forschung am Menschen am 18. Mai 2015 bewilligt.

Elternteil/e

Name und Vorname:

Unterschrift:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Person, die diese Studieninformationen erklärt hat

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

Name und Vorname:

Unterschrift:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **Informationen für die Eltern der teilnehmenden Kinder zur Studie**

<b>Untersuchung der Gleichgewichtsfähigkeit von Kindern in verschiedenen Altersstufen, Erwachsenen und Senioren</b>
---

Sehr geehrte Eltern und Kinder

Wir möchten Ihr Kind dazu einladen, an der oben genannten Studie der Abteilung für Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Freiburg teilzunehmen. In der Studie werden das motorische Lernen und die motorische Kontrolle von Gleichgewichtsbewegungen von Kindern in verschiedenen Altersstufen untersucht. Die Studie besteht aus drei Phasen: einem Eingangstest (Pretest), einer Trainingsphase und einer Ausgangsmessung nach dem Training (Posttest). Die Messungen werden im Labor der Bewegungs- und Sportwissenschaften an der Universität Freiburg durchgeführt. Die Trainings werden während des Sportunterrichts in der Schule stattfinden.

### **1. Teilnahmebedingungen und Ausschlusskriterien**

Wenn Ihr Kind gesund und einer der drei verschiedenen Altersstufen (6 bis 7 Jahre; 10 bis 11 Jahre oder 14 bis 15 Jahre) zugehört und keine der folgenden Ausschlusskriterien erfüllt, kann Ihr Kind an dieser Studie teilnehmen.

Als Ausschlusskriterien gelten:

- Neurologische und/oder motorische Beeinträchtigungen
- Ihr Kind liegt unter dem 10ten oder über dem 90ten Perzentil der entsprechenden Körpergröße der zugehörigen Altersgruppe (wird von der Universität ermittelt)

### **2. Entscheidungsfreiheit bezüglich der Teilnahme Ihres Kindes**

Selbstverständlich können Sie und Ihr Kind frei entscheiden, ob es an der geplanten Studie teilnehmen möchte oder nicht. Falls Ihr Kind teilnehmen möchte, benötigen wir Ihre schriftliche Einverständniserklärung, wobei Sie die Teilnahme Ihres Kindes auch nach Unterzeichnung jederzeit ohne Begründung widerrufen bzw. beenden können. Die Nicht-Teilnahme oder ggf. ein vorzeitiges Beenden der Teilnahme Ihres Kindes stehen in keinerlei Zusammenhang mit Ihrem Studium (falls Sie Student/Studentin sein sollten) oder Ihrer Anstellung an der Universität (falls Sie als Angestellte/Angestellter an der Universität arbeiten sollten).

### **3. Ziel der Studie**

Ziel der Studie ist die Erforschung der positiven Effekte eines aktiven Trainings auf die Gleichgewichtsfähigkeit von Kindern in verschiedenen Altersstufen, Erwachsenen und Senioren. Diese Studie wird die erste dieser Art sein, welche verschiedenen Altersstufen mit den gleichen Test- und Interventionsmethoden analysiert. Die Gleichgewichtsfähigkeit wird dabei mit verschiedenen Tests evaluiert: statische und dynamische Tests, die geringe bis anspruchsvolle Anforderungen an die Gleichgewichtsfähigkeit stellen. Die Studie soll aufzeigen, ab welchem Alter bei Kindern mit einem Gleichgewichtstraining eine verbesserte Standstabilität erreicht werden kann. Der Ablauf der Studie und das Vorgehen für die funktionellen Messungen werden Ihnen im Folgenden vorgestellt.

### **4. Ablauf der Studie**

Wenn Sie sich entscheiden Ihr Kind an der Studie teilnehmen zu lassen, wird dieses entweder der Interventionsgruppe oder der Kontrollgruppe seiner Altersklasse zugelost (Ia, IIa, IIIa, Ib, IIb, IIIb; siehe Punkt 4.1 und 4.2). Die ersten drei der sechs Gruppen führen ein geleitetes Gleichgewichtstraining durch und die letzten drei Gruppen dienen als

Kontrollgruppen, bei welchen kein spezifisches Training durchgeführt wird (normaler Sportunterricht). Die Trainingsgruppen trainieren gleichgewichtsspezifisch im Sportunterricht während 5 Wochen und führen insgesamt 10 Trainingseinheiten während 45 Minuten (inklusive Aufwärmen und cool-down) durch. Die Trainingsinterventionen sind im nächsten Kapitel beschrieben. Vor (Pretest) und nach (Posttest) der Trainingsphase werden die unten beschriebenen funktionellen und neurophysiologischen Messungen (im Labor der Bewegungs- und Sportwissenschaften an der Universität Freiburg) durchgeführt, um das Gleichgewichtsvermögen der Teilnehmer zu evaluieren.

#### 4.1 Trainingsgruppen

Falls Ihr Kind einer Trainingsgruppe zugeteilt ist, wird es seinem Alter entsprechend in eine der folgenden Gruppen eingeteilt:

*Ia) Trainingsgruppe 6 bis 7 Jahre*

*IIa) Trainingsgruppe 10 bis 11 Jahre*

*IIIa) Trainingsgruppe 14 bis 15 Jahre*

In den einzelnen Trainings während den obligatorischen Schulsportstunden wird Ihr Kind unter Anleitung von Experten dazu aufgefordert, verschiedene Gleichgewichtsaufgaben durchzuführen. Die Schwierigkeit der Aufgaben wird dem Niveau der Kinder angepasst und wird sukzessive über die Trainingsperiode gesteigert. Im Gegensatz zu Trainingsinterventionen in bereits publizierten Studien werden die geleiteten Trainings in einen spielerischen Gesamtkontext integriert (z.B. Trip durch den Dschungel, Bootfahrt bei Sturm, Zirkus, ...). Diese Geschichten sollen bezwecken, dass sich die Kinder länger angesprochen fühlen und ihr Gleichgewicht auf spielerische Art verbessern können.

#### 4.2 Kontrollgruppen

Falls Ihr Kind in einer Kontrollgruppe ist, wird es seinem Alter entsprechend in eine der folgenden Gruppen eingeteilt:

*Ib) Kontrollgruppe 6 bis 7 Jahre*

*IIb) Kontrollgruppe 10 bis 11 Jahre*

*IIIb) Kontrollgruppe 14 bis 15 Jahre*

Die Kontrollgruppe absolviert nur die Eingangs- und die Ausgangsmessung (Pre- und Posttest). Zwischen diesen beiden Messungen absolvieren sie kein spezifisches Gleichgewichtstraining, nehmen jedoch am herkömmlichen obligatorischen Schulsportunterricht teil. Die Kontrollgruppen dienen dazu, die Veränderungen vom ersten zum zweiten Testzeitpunkt ohne spezifische Trainingsintervention beschreiben zu können.

### 5. Eingangs- und Ausgangsmessungen im Labor der Universität

Nach einem zehnminütigen spielerischen Aufwärmen beginnen die Messungen, die etwa 1 Stunde dauern. Die folgenden Messungen werden durchgeführt:

#### 5.1.1 Bestimmung des biologischen Alters

Das biologische Alter wird anhand der Körperlänge im Stehen und Sitzen berechnet.

### 5.1.2 Funktionelle Messungen

In verschiedenen Tests (statisch, dynamisch) wird die Gleichgewichtsfähigkeit ihres Kindes erfasst. Zusätzlich wird dessen Kraftvermögen gemessen und wie hoch es aus dem Stand springen kann.

### 5.1.3 Neurophysiologische Messung

Bei dieser Studie wird Oberflächen-Elektromyographie (EMG) als neurophysiologische Messung verwendet. Mittels EMG wird die muskuläre Aktivität verschiedener Muskeln durch Elektroden abgeleitet. Hierzu muss eine bestimmte Stelle der Haut über dem Muskel rasiert und durch Desinfektionsmittel gereinigt werden. In Einzelfällen kann es dabei zu kleinen oberflächlichen Hautirritationen kommen. Gefahren und Nebenwirkungen sind durch die Verwendung von EMG bis heute nicht bekannt.

## 6 Risiken

Während den Gleichgewichtstest und den Trainings besteht das Risiko, dass ihr Kind hinfallen kann. Dieses Risiko ist nach unserer Erfahrung sehr gering und wird mit folgenden Massnahmen zusätzlich vermindert. Bei den Apparaturen für die Gleichgewichtstests ist jeweils ein Geländer angebracht, an welchem sich die Probanden im Falle eines Sturzes halten können. Zudem verfügt unser Labor über ein Ganzkörper-Leibgurt, welcher falls nötig ihrem Kind angezogen werden kann um es vor Stürzen zu schützen. Bei den Trainings werden die umliegenden Flächen mit Schutzmatten ausgelegt. Sofern dies nicht möglich ist, werden die Aufgaben zu zweit absolviert. Das passive Kind leistet dabei dem ausführenden Hilfestellung.

Bei allen verwendeten Untersuchungsmethoden gibt es keinerlei Hinweise auf Risiken oder Nebenwirkungen. Der Gebrauch von EMG ist wie bereits oben erwähnt ungefährlich. Ebenfalls der für die Kraftmessungen eingesetzte Isokinet stellt keine Gefahr dar. Obwohl der Isokinet mit einem Motor ausgestattet ist, wird die Kraft des Motors nur als Gegenkraft bei den Kraftmessungen eingesetzt. Der Motor generiert während den gesamten Messungen niemals eigene Kräfte. Zusätzlich ist der Isokinet mit elektrischen und mechanischen Stoppern ausgestattet. Für die Bedienung des Isokineten sind nur Prüfer unseres Instituts zugelassen, welche hierzu vom Hersteller entsprechend geschult wurden.

## 7 Versicherung

Das Institut für Bewegungs- und Sportwissenschaften ist gegen Unfälle von Versuchspersonen versichert.

## 8 Finanzielle Entschädigung

Ihr Kind wird für die Teilnahme an dieser Studie nicht finanziell entschädigt. Das Institut für Bewegungs- und Sportwissenschaften übernimmt die Reisekosten mit dem öffentlichen Verkehr.

## 9 Vorteile für Ihr Kind

Es wurde in der Vergangenheit anhand einer Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen gezeigt, dass Gleichgewichtstraining nicht nur das Gleichgewicht verbessert, sondern auch andere interessante Trainingseffekte bewirkt. Neben einem verbesserten Gleichgewicht konnte eine erhöhte Kraftentfaltung der unteren Extremitäten beobachtet werden. Zudem wird das relative Risiko sich an der unteren Extremität zu verletzen reduziert, sowie die Anzahl der Stürze wird vermindert. Daher stellt Gleichgewichtstraining eine sehr gute Trainingsform für alle verschiedenen Altersstufen dar.

## 10 Datenschutz

Sämtliche gespeicherten Daten werden anonymisiert gespeichert und analysiert. Die Informationen, die die Identifikation Ihres Kindes ermöglichen, werden verschlossen archiviert und ausschliesslich den unmittelbar beteiligten Studienleitern zugänglich sein. Sie haben das Recht, die Daten ihres Kindes einzusehen und eventuelle Fehler zu korrigieren.

## 11 Was geschieht mit den Untersuchungsergebnissen?

Die Gesamtergebnisse der Studie werden in wissenschaftlicher Fachliteratur veröffentlicht werden. Die Daten werden nicht als solche erkennbar sein. Bei Interesse werden wir Ihnen selbstverständlich eine Kopie der Veröffentlichung zukommen lassen.

## 12 Kontaktpersonen

Bei Unklarheiten, Notfällen, unerwarteten oder unerwünschten Ereignissen, die während der Studie oder nach deren Abschluss auftreten, können Sie sich jederzeit an die untenstehenden Kontaktpersonen wenden.

An die Eltern der  
Schülerinnen und Schüler  
der zukünftigen 1. Klasse

Thun, 15. Juni 2015

### **Wissenschaftliche Studie über Gleichgewichtstraining**

An die Eltern der Schülerinnen und Schüler 1.Klasse

Seit 2010 studiere ich Sportwissenschaft und Geographie. Zurzeit absolviere ich neben meiner Tätigkeit als Lehrerin und J+S-Expertin das Masterstudium an der Universität Freiburg/ EHS Magglingen. Im Rahmen dieser Ausbildung muss ich eine Masterarbeit verfassen. In der Arbeit wird untersucht, wie sich Gleichgewichtstraining bei Kindern auf die Gleichgewichtsleistung auswirkt (verglichen mit anderen Altersgruppen).

Alle nötigen Informationen über das genaue Studiendesign können Sie in der beiliegenden Probandeninformation finden. Ihre Tochter/ Ihr Sohn wird im Rahmen des normalen Sportunterrichts das Gleichgewichtstraining absolvieren. Während der Trainingsphase entsteht für Sie respektive für Ihr Kind keinerlei Mehraufwand. Jedoch wird es nötig sein, dass Ende der Sommerferien (vor der Trainingsphase) und vor den Herbstferien (nach der Trainingsphase) Gleichgewichtstests im Labor der Universität Freiburg durchgeführt werden. Dies erfordert ausserhalb der Schulzeit je einen Besuch an der Universität. Die Schülerinnen und Schüler werden immer zu zweit für die Tests aufgeboten. Die Tests dauern ungefähr eine Stunde pro Schülerin/ Schüler. Die detaillierte Terminplanung, in welcher Sie die Ihnen und Ihrem Kind möglichen Termine auswählen können, ist diesem Schreiben beigelegt.

Ich bitte Sie, die Einverständniserklärung und die Probandeninformation durchzulesen. Wenn sie weitere Fragen haben können Sie mich gerne per Telefon oder per Mail erreichen. Ihr Kind profitiert mit der Teilnahme an der Studie in mehrerer Hinsicht. Einerseits bieten die verschiedenen Tests für ihr Kind eine neue Erfahrung. Andererseits kann der Körper vom wertvollen Gleichgewichtstraining profitieren (Verletzungsprophylaxe, Kräftigung, Sensomotorische Verbesserungen). Falls Sie mit der Teilnahme Ihrer Tochter/ Ihres Sohnes einverstanden sind, bitte ich Sie, **die Einverständniserklärung** zu unterschreiben **und die Terminplanung** für die Tests in Fribourg ausgefüllt ihrem Kind wieder in die Schule mitzugeben. Wenn Sie nicht möchten, dass Ihr Kind an der Studie teilnimmt, brauche ich trotzdem eine Reaktion von Ihnen. Bitte geben Sie die Unterlagen **bis spätestens am Freitag, 26. Juni 2015** ihrem Kind wieder mit in die Schule. Ich hoffe, dass sich möglichst



alle Schülerinnen und Schüler der zukünftigen 1. Klasse zu einer Teilnahme entschliessen, damit die Mindestanzahl an Probanden erreicht werden kann.

Über die Mithilfe von Ihnen und Ihrem Kind bin ich sehr dankbar. Ich freue mich auf Ihren hoffentlich positiven Bescheid.

Freundliche Grüße

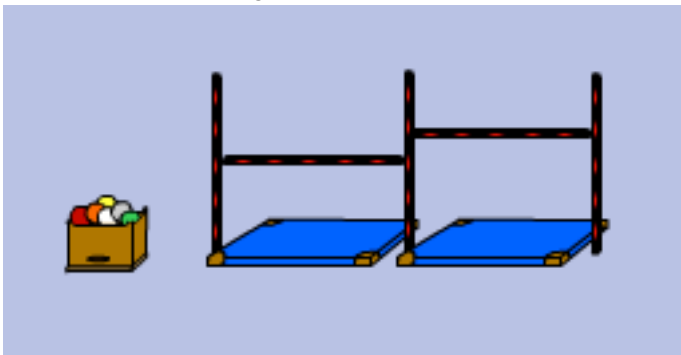
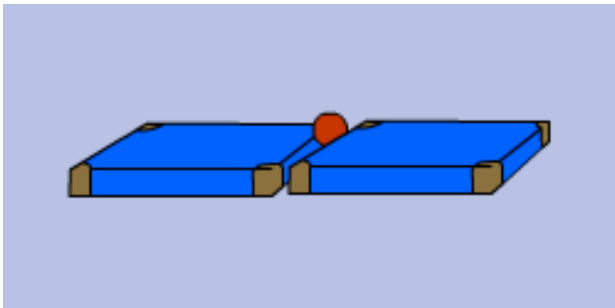
Studienleiterin

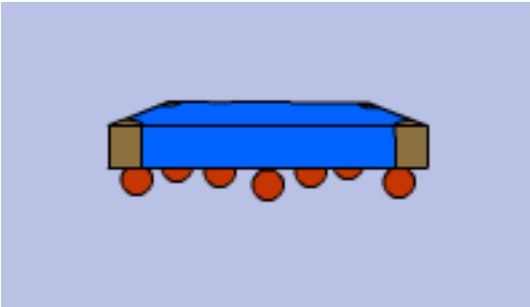
# Lektionsplanung Gleichgewicht 6- bis 7- jährige Kinder

## Woche 1: Lektion 1 (1330-1420)

### Postenarbeit

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
1330 (10 Min)	<b>Aufwärmen</b> 4 Langbänke mit der schmalen Seite nach oben in Kreuzform aufstellen.  1. Aufgabe Die SuS stellen sich in Gruppen hinter einer Langbank auf. Sie sollen alle über Langbank balancieren. Wenn ein SuS runterfällt muss die Gruppe noch einmal beginnen. <b>SuS darauf hinweisen langsam die Querbänke zu überqueren.</b>  2. Aufgabe Je 5 Schüler/innen stehen auf der Bank und positionieren sich je nach Aufgabe in der geforderten Reihenfolge. Dabei dürfen sie nicht von der Bank runtersteigen, sondern müssen ohne runterzufallen einander übersteigen oder aneinander vorbei kommen. Die Gruppe, die am schnellsten die geforderte Aufgabe ohne runterzufallen gelöst hat, bekommt einen Punkt. Aufgaben können sein <ul style="list-style-type: none"> <li>- nach Körpergrösse aufstellen (kleinster zuvorderst)</li> <li>- nach Körpergrösse aufstellen (grösster zuvorderst)</li> </ul>	4 Gruppen à 5 Kinder  (Gruppeneinteilung mit farbigen Bänder)	4 Langbänke  Je eine Farbe für Langbank (passend zu Bänder)
1340	<b>Postenlauf erklären</b>		
1350-1415	<b>Postenlauf</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posten mit Farben der Bänder kennzeichnen</li> <li>- An Wand mit Farben ablauf kennzeichnen</li> <li>- 2 Minuten Training 30 s Pause (Track Lektion 1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 x Blätter mit vier Farben der Bänder</li> <li>- Klebeband</li> </ul>
	<b>1. Reckstangen- Balance</b> Die SuS balancieren über die Reckstange. Reckstange im untersten Loch installieren. Nachdem alle einmal darüber, einteilen in selbst üben und mit Hilfe üben. <i>Hilfe: Hochsprunglatte oder Partner</i> <i>Varianten:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ½- Drehung auf der Stange</li> </ul>	<b>Betreuung erforderlich</b>	2 Reckstangen, 4 dünne Matten, ev. Hochsprunglatte, 2 Bälle

	<ul style="list-style-type: none"> <li>einen Ball fangen und zurückwerfen</li> </ul> 		
	<p><b>2. Balanciergeräte</b> Die SuS balancieren auf diversen „kleinen“ Geräten. Wenn sie Walter gefunden haben, dann Posten wechseln!</p>		<p>- Mind. 7 Balanciergeräte wie: Fussgelenk-Kippen; Balancierkreisel, Medizinball, Balancierkissen</p> <p>- Bilder an die Wand zum Walter finden</p>
	<p><b>3. Kugelgehen</b> Die SuS versuchen auf einem Medizinball zwischen zwei 16er-Matten balancierend vorwärts zu gehen. Als Hilfe beim Aufsteigen kann ein Partner dienen.</p> 		<p>4 16er-Matten, 2 Medizinbälle</p>

	<p><b>4. Ballteppich</b></p> <p>1 oder 2 Schüler versuchen auf der dicken Matte, welche mit vielen Basketbällen unterlegt ist zu stehen, während die anderen die Matte hin und her bewegen. Nach 1 Minute wechseln</p> <p><i>Variante:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nur auf einem Bein stehen</li> <li>- Augen schliessen</li> </ul> 	<b>Betreuung erforderlich</b>	1 dicke Matte, viele Basketbälle
--	--	-------------------------------	----------------------------------

### Woche 1: Lektion 2 (Mittwoche 10.50 - 11.30)

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
1050 (10 Min)	<p><b>Aufwärmen</b></p> <p>1. Aufgabe: Die SuS stehen in einen Kreis. Sie sollen die Augen schliessen. L gibt Anweisungen (unten angegeben). Anschliessend wieder alles rückwärts sagen. Ziel ist, dass SuS wieder am selben Ort stehen.</p> <p><b>Achtung: vorher abklären rechts und links!!!!</b></p> <p>Anweisungen: 1 Schritt links- Schritte rechts - auf ein Bein stehen - Bein abstellen - ganze Drehung - 3 Schritte</p>	Alle in einem grossen Kreis	Je eine Farbe für Langbank (passend zu Bündel)

	links - 1 Schritt nach vorne - Einbeinstand - 2x hüpfen - halbe Drehung - 2 Schritte nach hinten  2. Aufgabe: Alle im Kreis stehen auf ein Bein. Wer zuerst umfällt ‚fliegt raus‘ und geht zu L2 um Bündeli für Gruppeneinteilung zu holen. Nach einiger Zeit Augen schliessen.		
1100	<b>Parcours nochmal kurz erklären, Gruppen auf Posten verteilen</b>	Track Lektion 2 (hat weniger Pausen)	
1105	<b>Postenlauf mit Posten 1-4</b>		

## Woche 2: Lektion 1 (1330-1420)

### Parcours

Zeit	Inhalt	Material
1330  10 Min	<b>Aufwärmen</b> 1. Linienfangis Es werden zwei Fänger bestimmt. Alle SuS dürfen nur auf den Linien laufen.  2. Spiegel Die SuS gehen in Zweiergruppen. Sie laufen hintereinander nach auf der Linie. Der vordere macht ein Tier vor, der andere hinten macht nach. Sie dürfen sich nur auf den Linien fortbewegen. Bei Pfiff wechseln  3. Von den Zweiergruppen, geht je ein S in die linke Hallenhälfte, ein S geht in die rechte Hallenhälfte	
1340	Posten 1: Sprossenwand mit Matte Darüber Klettern und runter sprungen oder wieder runterklettern  Posten 2: Lilienwald Kinder sollen von A nach B nur über die Sprungseile, welche am Boden verteilt sind.  Posten 3: Barren mit Langbänke Die SuS gehen über Langbank hoch über Barrenholmen und über Langbank wieder runter. Als Stützhilfe dient der Barrenholmen (Wichtig: An der gegenüberliegenden Seite der Lankbänke die Holmen höher einstellen!)  Posten 4: umgedrehte Lankbänke Die Kinder balancieren über die Langbänke. Falls zu einfach, Bälle transportieren	1 dicke Matte   4 Malstäbe, 10 Sprungseile   2 Lanbänke, 6 kleine Matten, 1 Barren

	Posten 5: Schwedenkasten Die SuS steigen über den Schwedenkasten  Posten 6: Doppelreck Die SuS versuchen eine 8 zu klettern durch die reckstangen	2 Lankbänke, Bälle  1 Schwedenkasten, 1 16er Matte  2 Reckstangen, 4 kleine Matten
1345 - 1415	1. Kinder in zwei Gruppen teilen 2. Gruppe 1 macht Postenrundlauf 1, 2, 6 // Gruppe 2 macht Postenrundlauf 3,4,5. Je 15 Minuten, anschliessend Wechsel.  Ablauf Posten üben: - die Kinder sollen alle Posten einmal testen: ‚Klettert einmal über alles drüber‘ - einmal am Lehrer nach - einmal selbst durchgehen - einmal blind durchgehen (optional mit Hilfe der Lehrperson oder im zweier Team) - anschliessend Wechsel nach 15 Minuten	

## Woche 2: Lektion 2 (Mittwoch 10.50 - 11.30)

Zeit	Inhalt	Material
1050  10 Min	<b>Aufwärmen</b> 1. Linienwettkampf Partner stehen mit beiden Füßen auf einer Linie. Sie halten sich an einer Hand und versuchen sich durch Ziehen und Stossen aus dem Gleichgewichts zu bringen:  Variationen: - Eine Hand - Zwei Hände - Augen schliessen - Einbeinig  2. Rücken an Rücken Die Partner stehen Rücken an Rücken und hängen die Arme ein. Beide versuchen sich hinzusetzen und wieder aufzustehen.	

	<b>Evtl. vorzeigen!</b>	
1100	<b>1. Teil</b> Musik laufen lassen. Wenn Musik abstellt müssen alle SuS über einen selbst ausgewählten Posten laufen.	Material siehe Lektion 3  Musik zum an und abstellen <b>Track Lektion 4</b>
1110	<b>2. Teil</b> - Den Postenlauf in der Reihenfolge 1-6 vorzeigen. Alle SuS kommen hinten nach L - zu zweit den Postenlauf 1-6 machen (evtl. 2x) - Gesamten Postenlauf ab Geräten zu fallen - Postenlauf rückwärts absolvieren  Für die Kinder, welche nicht gerade an der Reihe sind, Balancegeräte bereitstellen	Balanciergeräte

### Woche 3: Lektion 1 (1330-1420)

#### Postenarbeit

Zeit	Inhalt	Material
1050  10 Min	<b>Aufwärmen</b> 1. Zweier Gruppe auf Linie 2. Linienwettkampf Partner stehen mit beiden Füßen auf einer Linie. Sie halten sich an einer Hand und versuchen sich durch Ziehen und Stossen aus dem Gleichgewichts zu bringen:  <i>Variationen:</i> <i>Einbeinig</i> <i>Beide Hände</i>	
1100	<b>Postenarbeit Balancieren</b>  Auf Pfiff wird der Posten im Uhrzeigersinn gewechselt  <b>1. Ballteppich</b> 1 oder 2 Schüler versuchen auf einer Matte, welche mit vielen Basketbällen unterlegt ist zu stehen, während die	16er Matte, viele Basketbälle

	<p>anderen die Matte hin und her bewegen. Nach 1 Minute wechseln.</p> <p><i>Variante:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>nur auf einem Bein stehen</i></li> <li>- <i>Augen schliessen</i></li> </ul> <p><b>2. Balanciergeräte</b></p> <p>Die SuS balancieren auf diversen „kleinen“ Geräten, dazu versuchen sie einen Ball 10x hin und her zu werfen wie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pedalo</li> <li>- Sypoba</li> <li>- Fussgelenk-Kippen</li> <li>- Balancierkreisel</li> <li>- Medizinball</li> <li>- Balancierkissen</li> </ul> <p><i>Variante: auf einem Bein</i></p> <p><b>3. Barren-Balancieren</b></p> <p>Die SuS balancieren über Langbank auf Barren und wieder über Langbank herunter. Von der Langbank führt ein Ziehtau wieder zum Anfang.</p> <p><i>Variante:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>einen Ball auf Tennisschläger transportieren</i></li> <li>- <i>Gymnastikball transportieren</i></li> <li>- <i>Rückwärts</i></li> </ul> <p><b>4. Medizinball-Kette</b></p> <p>Die SuS gehen mit oder ohne Hilfe eines Partners über die 6 Medizinbälle.</p> <p><i>Varianten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mit Schuhen / ohne Schuhe</i></li> <li>• <i>Augen geschlossen</i></li> <li>• <i>Rückwärts / seitwärts gehen</i></li> </ul> <p><i>Variante: Mit Körper auf Medizinball balancieren</i></p>	<p>versch. Balanciergeräte Blle</p> <p>Barren, 2 Lankbänke, Federballschläger, Federball, andere Bälle, Matten</p>
--	--	--



### Woche 3: Lektion 2 (Mittwoch 10.50 - 11.30)

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
1050 (10 Min)	<b>Aufwärmen</b> Spiegel Die SuS stehen einbeinig oder im Tandemstand auf einer Linie. Einer macht vor der andere macht Bewegungen nach. Einzige Regel ist, dass die Füße die Linie nicht verlassen dürfen.		
1100	Dasselbe Programm wie Dienstags!		

### Woche 4: Lektion 1 (1330-1420)

#### Kämpfen

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
1330 (10 Min)	<b>Aufwärmen</b> Die SuS bewegen sich frei durch die Turnhalle. Wenn die Musik stoppt sollen Sie folgende Aufgaben ausführen: - Auf 1 Bein stehen und Augen schliessen - Auf einem Bein hüpfen	Alle SuS gemeinsam	Musik
1340- 1415	<b>1. Ritterkampf:</b> Zwei Kinder stehen sich auf der schmalen Seite der Langbank gegenüber. Mit den Handflächen gegeneinander versuchen sie, sich gegenseitig aus dem Gleichgewicht und vom Bänkli zu stossen.  <b>1.1 Zweite Aufgabe: Medizinball-Kette</b> Die SuS gehen mit oder ohne Hilfe eines Partners über die 6 Medizinbälle. <i>Varianten:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mit Schuhen / ohne Schuhe</i></li> <li>• <i>Augen geschlossen</i></li> <li>• <i>Rückwärts / seitwärts gehen</i></li> </ul> <b>2. Krokodilgraben:</b> Zwei Langbänke mit der Schmalseite oben so gegenüber stellen, dass eine dicke Matte dazwischen passt. Zwei	Die SuS sind je 15 Minuten an einem Posten. Wenn jemand 3 mal gewonnen hat, wird gewechselt. Pro Posten können 4 Kinder kämpfen. Die restlichen SuS werden mit der Zweitaufgabe beschäftigt.	2 Langbänke  Medizinbälle, 2 Malstäbe   2 Langbänke, 1 dicke Matte, Seile

	<p>SuS stehen sich gegenüber auf den Bänken und halten in der Hand das Ende eines Seils. Sie versuchen den anderen aus dem Gleichgewicht zu bringen, indem mal stark oder mit Ruck am Seil gezogen wird. Die SuS stehen dabei auf einem Bein. Wer fällt zuerst in den Krokodilsgraben?</p> <p><b>2.1 Zweite Aufgabe: Balanciergeräte</b>  Die SuS balancieren auf diversen „kleinen“ Geräten. Dabei dürfen sie dem kämpfenden Kindern zuschauen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pedalo</li> <li>- Sypoba</li> <li>- Fussgelenk-Kippen</li> <li>- Balancierkreisel</li> <li>- Medizinball</li> <li>- Balancierkissen</li> </ul>		Balanciergeräte
--	--	--	-----------------

#### Woche 4: Lektion 2 (Mittwoch 10.50 - 11.30)

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
1050 (10 Min)	<p><b>Aufwärmen</b></p> <p>Alle stehen in einem Kreis und führen einzelne Aufgaben durch:</p> <p>1. alle nehmen sich an einer Hand und versuchen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- das rechte Bein möglichst weit nach vorne zu strecken</li> <li>- das linke Bein möglichst weit nach vorne zu strecken</li> <li>- Augen schliessen</li> <li>- absitzen und wieder aufstehen</li> <li>- Standwaage</li> <li>- ev. Noch zusammen kommen und absitzen</li> </ul>	Alle in einem grossen Kreis	
1100	Dasselbe Programm wie Dienstags!		

## Spielerischer Parcours

A diagram showing a storage rack with two blue platforms and a small yellow box with colorful balls. The rack has two vertical black posts and two horizontal black bars. The platforms are blue with yellow corners. The box is yellow and contains several colorful balls.

	<p><b>3. Gütertransport</b> Die SuS versuchen während der Zeit möglichst viele Marmeli zu transportieren. Wer runterfällt, muss wieder von vorne beginnen. Welche Gruppe hat am Ende der Zeit am meisten Marmeli transportiert?</p> <p><b>3.1 Auf Medizinbällen</b> Auf zwei 16er Matten werden Medizinbälle (oder andere Bälle) aneinander gereiht. Die Kinder stehen auf den Medizin- Bällen und versuchen Marmel einander weiter zu geben.</p> <p><b>3.2 Auf Balancierkreisel</b> Die Balancierkreisel werden aneinander gereiht aufgestellt. Vom Ende bis zum Schluss werden Marmeli transportiert. Wie viele Marmeli können transportiert werden?</p>		<p>Marmelis</p> <p>5 Medizinbälle, Matten</p> <p>Balancierkreisel (+1 aus Schulzimmer)</p>
--	--	--	--

#### Woche 5: Lektion 2 (Mittwoch 10.50 - 11.30)

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
1050 (10 Min)	<p><b>Aufwärmen</b> Spiegel Die SuS stehen einbeinig oder im Tandemstand auf einer Linie. Einer macht vor der andere macht Bewegungen nach. Einzige Regel ist, dass die Füße die Linie nicht verlassen dürfen.</p>		
1100	Dasselbe Programm wie Dienstags!		

## Messprotokoll

Datum				Vorname			
Name				<u>Geburtsdatum</u>			
Proband-Nr.				Test	<input type="checkbox"/> <u>Pre</u>	<input type="checkbox"/> Post	
Gruppe	<input type="checkbox"/> jung	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> alt	<input type="checkbox"/> Training	<input type="checkbox"/> Kontrolle		
Grösse stehend			Grösse sitzend			Gewicht (kg)	
<b>Isokinet (rechtes Bein)</b>							
<b>Einstellungen</b>							
Stuhl Rot	Stuhl vor/rück	Lehne	Lehne Rad	Stuhl Monorra ↓	Dyna Höhe	Dyna Rot	Dyna Neigung
55	25	0	tief	40	0	60	10
10 Wdh in 1min		<input type="checkbox"/>	1min Pause		<input type="checkbox"/>	10 Wdh in 1 min	
<b>Kraftmessplatte (Messungen 20 Sekunden; vor jeder Messung Trigger!)</b>							
Tandemstand (diagonal)				<input type="checkbox"/>	s	<input type="checkbox"/>	s
Romberg mit offenen Augen				<input type="checkbox"/>	s	<input type="checkbox"/>	s
Romberg mit geschlossenen Augen				<input type="checkbox"/>	s	<input type="checkbox"/>	s
Kreisel beidbeinig				<input type="checkbox"/>	s	<input type="checkbox"/>	s
Kreisel einbeinig (rechtes Bein)				<input type="checkbox"/>	s	<input type="checkbox"/>	s
Maximale CMJ (Hände an Hüfte)				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Posturomed</b>							
Beidbeinig ohne Störung (20s)				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				s	s	s	
Einbeinig ohne Störung (20s)				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rechtes Bein				s	s	s	
<b>Beidbeinig mit <u>antizipierbarer</u> Störung (10s; gemäss Tabelle)</b>							
3 x nach vorne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 x nach hinten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 x nach rechts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 x nach links	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Beidbeinig mit NICHT <u>antizipierbarer</u> Störung (10s; gemäss Tabelle)</b>							
1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>

s: Falls nicht 20s erreicht werden, Zeit bis Abbruch aufschreiben

## Danksagung

Bei meiner Masterarbeit wurde ich von vielen Seiten und auf verschiedene Wege unterstützt, dafür bin ich sehr dankbar.

Zuallererst möchte ich meinem sehr engagierten Betreuer Michael Wälchli danken. Er war immer sofort zur Stelle, falls irgendwo Probleme auftauchten oder Unklarheiten waren. Zudem hat er mich bei den Trainings und Messungen mit viel Zeit und Motivation unterstützt. Auch seine fachliche Kompetenz kam mir stets zu Gute. Ein weiterer grosser Dank geht an die Lehrperson, die immer topmotiviert bei der Durchführung der Trainings mitgeholfen hat. Ohne den guten Austausch und die unkomplizierte Zusammenarbeit wären die Trainings wohl nicht so gut gelungen. Zudem möchte ich allen Kindern für ihre Motivation und tollen Einsatz während den Interventionen danken. Ein Dank geht auch an die Eltern, welche mit Fahrdiensten die Organisation der Messungen sehr vereinfachten.

Zum Schluss möchte ich meiner Familie und meinem Freund herzlich danken. Sie haben mich während meiner gesamten Studienzeit unterstützt und standen mir bei der Realisierung meiner Ziele immer bei.

## **Persönliche Erklärung**

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

Thun, 29. Januar 2016

Unterschrift

## Urheberrechtserklärung

Die Unterzeichnende anerkennt, dass die vorliegende Arbeit ein Bestandteil der Ausbildung, Einheit Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Freiburg ist. 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 der Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.

Ort, Datum

Unterschrift

Thun, 29. Januar 2016



