



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Auswirkungen eines 5-wöchigen Gleichgewichtstrainings auf
die Gleichgewichtsfähigkeit bei SchülerInnen“

verfasst von / submitted by

Mag. rer. nat. Andreas Bauer, Bakk. rer. nat.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 482 412

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

UF Bewegung und Sport
UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Univ.- Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen Personen bedanken die mich im Laufe meines Studiums begleitet und unterstützt haben.

Meiner Frau Elisabeth für die Geduld, die Unterstützung und die Liebe die sie mir täglich schenkt. Für ihren Einsatz mich bedingungslos zu unterstützen und mir den Abschluss dieses Studiums neben meinen Berufen zu ermöglichen. Weiters meinem frischgeborenen Sohn Lorenz, der mir neben dem Arbeitsschreiben immer wieder viel Freude bereitet.

Vor allem meinen Eltern, Eleonore und Kurt, welche mir ein Lebensfundament bieten, auf welchem ich ein glückliches Leben aufbauen und führen kann. Sie standen mir in jeder Lebenslage zur Seite.

Weiters möchte ich mich ganz besonders bei Herrn Univ. -Prof. Mag. Dr. Harald Tschan für die Betreuung dieser Arbeit bedanken. In angenehmen und sehr wertschätzenden Gesprächen wurde diese Arbeit durch seine Betreuung zu einem Ergebnis geführt. Mit ihm möchte ich mich auch bei dem gesamten Trainingswissenschaften-Team bedanken. Für die Verwendung des „Sensewave“ Messgerätes, die Hilfe beim Transport des Gerätes und bei der Durchführung der Messungen stand mir diese Abteilung tatkräftig und motiviert zur Seite.

Weiters gilt ein ganz besonderer Dank den Kindern und Eltern meiner 2F und 2G Klasse im Bg/Brg Groß Enzersdorf, welche ich in Bewegung und Sport und in Physik unterrichtete. Ohne Ihnen wäre die Durchführung der Messung und des Trainings nicht möglich gewesen. Ihre Disziplin und Aufmerksamkeit vor allem ihr Umgang mit der Studie im Regelunterricht bereitete mir sehr große Freude diese Studie mit den beiden Klassen durchzuführen. Ihr Ehrgeiz und der Spaß an der Bewegung zeigte sich in den Ergebnissen wieder. Damit verbunden ein herzliches Dankschön an unseren Direktor Mag. Manfred Windisch, der die Durchführung meiner Studie sofort begrüßte und mich auch hierbei kompromisslos unterstützte. Meinen Kollegen und Kolleginnen für die Verfügung Stellung der SchülerInnen bei den Messungen während dem Regelunterricht. Meinen Turnkolleginnen Eva und Cornelia für das übernehmen der Kontrollgruppe und die Koordination der SchülerInnen.

Abschließend möchte ich mich noch bei allen Studienkollegen und Studienkolleginnen bedanken, die mich auf meinem 10-jährigen Studentenleben begleiteten. Ganz besonders meinem Freund Eckhard Philipp und meinen Physikerfreund(in)en Tatjana, Andrea, Josef, Tobias und Florian. Sie gaben meinem Studentenleben eine besonders lebensfrohe Note.

Zusammenfassung

Stürze bilden bei Kinder eine der Hauptunfallursachen aufgrund von dem noch nicht völlig entwickelten neuromuskulären System. Durch gezielte gleichgewichtsfördernde Maßnahmen in Kindergärten, Schulen und Sportvereinen kann die Sturzrate bei heranwachsenden minimiert werden. Mehrere Untersuchungen zeigen, dass ein Gleichgewichtstraining zum einen zu einer Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit führt und zum anderen zur Prävention von Verletzungen beitragen kann. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es festzustellen, ob ein 5-wöchiges-, an SchülerInnen spezifisch angepasstes, Gleichgewichtstraining, die Gleichgewichtsfähigkeit verbessert. Posturographische Messungen wurden vor, sowie nach einem Gleichgewichtstraining auf einem portablen Messsystem „Sensewave“ im beidbeinigen Stand jeweils statisch mit geöffneten Augen, statisch mit geschlossenen Augen, dynamisch mit geöffneten Augen und dynamisch mit geschlossenen Augen durchgeführt. Es wurde jeweils der Weg des Körperdruckpunktes COPT (center of pressure track) und die Schwankungsfläche ROM (range of motion oder sway) gemessen. Das Gleichgewichtstraining fand während dem obligatorischen Unterricht im Fach Bewegung und Sport jeweils 2x50 min pro Woche statt. Dabei führten insgesamt 22 SchülerInnen das Gleichgewichtstraining durch (Interventionsgruppe) und 24 SchülerInnen absolvierten den Regelsportunterricht (Kontrollgruppe). Die Kontrollgruppe und die Interventionsgruppe unterscheiden sich zu Beginn dieser Studie in keinem Bereich. Nach dem Gleichgewichtstraining gab es nur in der Interventionsgruppe signifikante Unterschiede zwischen Pre- und Posttest beim COPT Wert in der statischen Messung ($p=0,002$) und der dynamischen Messung ($p=0,048$). Bei den statischen COPT Messungen vergrößerte sich der Wert signifikant in der Interventionsgruppe von 26,7 ($\pm 10,6$) cm auf 28,06 ($\pm 8,3$). Bei den dynamischen COPT Messungen verkleinerte sich der Wert in der Interventionsgruppe von 37,3 ($\pm 12,9$) cm auf 34,6 ($\pm 11,5$) cm. Im ROM gab es keine signifikanten Unterschiede. Die Ergebnisse stimmen mit denen in der Literatur überein. Um genauere Aussagen über die Verbesserung der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit zu bekommen, sollten zukünftig mehrere dynamische Tests auf der Messplattform „Sensewave“ durchgeführt werden.

Schlüsselwörter: Posturale Kontrolle, Posturographie, Gleichgewichtstraining, SchülerInnen

Abstract

Children seem to be at greater risk to sustain falls than healthy young adults because their neuromuscular system is not fully developed and many fundamental motor skills are still emerging. Adequate intervention programs in kindergarten, school, or in sports clubs should be designed and administered, which have the potential to counter intrinsic fall risk factors (e.g., deficits in balance and strength) by reducing the risk of falling. Several studies show that balance training improves balance and helps to prevent injuries. The aim of this study is to determine if a 5 week specifically adapted balance training can improve the balance in schoolchildren. The Pre- and Posttest measurements were done with a portable posturography system "Sensewave" in a two leged stance with the categories "static, eyes open", "static, eyes closed", "dynamic, eyes open" and "dynamic, eyes closed". In each case the COPT (center of pressure track) and the ROM (range of motion or sway, respectively) were measured. The balance training took place during the physical education lesson in school, 2x50min per week. A total of 22 students (age=11.2 $\pm$ 0.5 years) conducted a specific balance training (intervention group) and 24 students (age= 11.3 $\pm$ 0.6 years) participated in normal physical education lessons (control group). There was no significant difference between the control group and the intervention group at the beginning of the training. After the balance training, there were significant differences between the pre- and the posttest in the intervention group in the COPT value. In the static COPT-measurements of the intervention group there was a significant ($p=0,002$) increase between pre- and posttest from 26.7 ($\pm$ 10.6) cm to 28.1 ($\pm$ 8.3) cm. In the dynamic COPT-measurements of the intervention group there was a significant ($p=0,048$) decrease between pre- and posttest from 37.3 ($\pm$ 12.9) cm to 34.6 ($\pm$ 11,5) cm. There were no significant differences in ROM. The results are consistent with those in the literature. The dynamic measurements show the development of the balance ability. In order to get more accurate statements about the improvement of the dynamic equilibrium ability, several dynamic tests on the "sensewave" measuring platform should be carried out in the future.

Key words: postural control, posturography, balance training, school kids

Inhalt

1. Einleitung.....	1
2. Theoretische Grundlagen	4
2.1. Das Gleichgewicht	4
2.2. Die Gleichgewichtsfähigkeit	6
2.3. Die Gleichgewichtsfähigkeit und die sensorischen Informationen - das posturale System	8
2.3.1 Wesentliche Systeme für die Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle	8
2.3.2 Aufbau des sensomotorischen Systems	12
3. Bedeutung des Gleichgewichts für Schüler und Schülerinnen	14
3.1. Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit	14
3.2. Zusammenhang der Sturzrate und Gleichgewicht.....	19
3.3. Gleichgewichtstraining und Verletzungen	20
3.4. Lehrplanbezug des Gleichgewichtstrainings in der Schule (vgl. Lehrplan Bewegung und Sport, 2017)	22
4. Effektives Gleichgewichtstraining bei Kindern.....	24
4.1. Auswirkungen eines spielerischen Gleichgewichtstrainings	24
4.1.1 Gleichgewichtstraining mit Nintendo Wii	24
4.1.2 Gleichgewichtstraining in Zirkelform	24
4.1.3 Slacklinetraining	25
4.2. Gleichgewichtstraining und Ablenkung	26
4.3. Schwierigkeiten beim Gleichgewichtstraining.....	27
4.4. Studien über die Effekte eines mehrwöchigen Gleichgewichtstrainings bei pubertierenden Kindern.....	27
5. Forschungsfragen.....	32
6. Methodik.....	33
6.1. Untersuchungsdesign	33
6.2. Untersuchungsteilnehmer	34
6.2.1 Informationsschreiben	34
6.2.2 Anthropometrische Daten	34

6.3.	Trainingsintervention	34
6.4.	Messmethode	35
6.4.1	Messdatenerhebung	35
6.4.2	Aufbau der Messreihe	37
6.4.3	Messparameter	39
6.4.4	Strecke des Druckmittelpunktes	40
6.4.5	Bewegungsfläche (Range of motion, ROM)	41
6.5.	Datenanalyse	41
7.	Ergebnisse	43
7.1.	Pretest Unterschiede	43
7.1.1	Alter Körpergröße und Gewicht	43
7.1.2	COPT Unterschiede	43
7.1.3	ROM Unterschiede	45
7.2.	Posttest- Unterschiede	47
7.2.1	COPT - Unterschiede	47
7.2.2	ROM Unterschiede	49
7.2.3	Kategorien statisch, dynamisch, offene Augen, geschlossene Augen	50
8.	Diskussion	53
8.1.	Statische Ergebnisse	53
8.2.	Dynamische Ergebnisse	57
8.3.	Offene Augen	60
8.4.	Geschlossene Augen	61
9.	Zusammenfassung und Ausblick	63
10.	Literatur	65
11.	Anhang	73
	Eidesstaatliche Erklärung	94

1. Einleitung

Nach Angaben einer deutschen Gesundheitsuntersuchung für Kinder und Jugendliche (im Alter von 1-18 Jahren) hatten 15,2 % von den Untersuchten innerhalb eines Jahres einen Unfall. 60,4% davon waren aufgrund von Stürzen, 20,6% wegen Kollisionen mit Objekten und 8,3 waren Verkehrsunfälle. In den letzten 10 Jahren ist die Häufigkeit an Stürzen bei Jugendlichen in der Adoleszenz gestiegen. (vgl. Granacher, 2011b).

Die unterschiedlichen Stürze bringen viele Verletzungen mit sich, welche für das Gesundheitssystem viele Behandlungen und Therapien nach sich ziehen. Die Behandlungen stellen enorme Kosten für das Gesundheitssystem dar (vgl. Granacher, 2011b).

Hallal et al. (2006) schreiben, dass ein guter Fitnesszustand in der Kindheit und der Adoleszenz einen positiven Einfluss auf die Gesundheit im Erwachsenenalter haben, und dass sich dieser Vorgang von der Kindheit über die Adoleszenz in das Erwachsenenalter vollzieht. (vgl. Hallal et al., 2006) Deshalb sollten gezielte Interventionsprogramme angeboten werden, welche das Potential der Fitness in der Adoleszenz entwickeln.

Defizite in der Motorik sind für Stürze bei Kindern und Jugendlichen zu einem großen Teil verantwortlich. Kinder sind dabei einem größeren Risiko ausgeliefert als junge Erwachsene, da ihr neuromuskuläre System noch nicht völlig entwickelt ist. Denn Defizite in der posturalen Kontrolle sind bei Kindern im Gegensatz zu Erwachsenen viel größer. Derartige Defizite können durch ein gezieltes Training vermindert werden (vgl. Kambas et al., 2004)

Nach Granacher et al. (2011b) sollten daher für den Kindergarten, die Schule und die Sportvereine Interventionsprogramme zur Verfügung gestellt werden um die intrinsischen Risikofaktoren (Defizite im Gleichgewicht und der Kraft) zu steigern und das Sturzrisiko dadurch zu senken. Diese motivierenden angepassten Übungen könnten die Kinder zu Sportaktivitäten animieren, welche wiederum für den Gesundheitstatus der Kinder von großer Bedeutung sind. (vgl. Williams et al. 2008; zit. n. Granacher, 2011b)

Die Wichtigkeit des Gleichgewichtstrainings für Jugendlichen scheint unumstritten zu sein und dennoch wird die Durchführbarkeit in vollen Turnsälen scheinbar schwierig. Da zum einen nach Granacher et al (2011b) das Gleichgewichtstraining in Zirkelform keine signifikanten Verbesserungen bringt und zum anderen laut Bislin (2016) beim Gleichgewichtstraining die Aufmerksamkeit bzw. die intrinsische Motivation sehr hoch gehalten werden sollte.

Ein weiteres Problem liegt an der Auswahl der Übungen beim Gleichgewichtstraining, sodass das statische und dynamische Gleichgewicht verbessert wird. So zeigt eine Studie

von Donath et al. (2013) dass ein gezieltes Slacklinetraining zwar zu einer Verbesserung der Balance auf der Slackline führt, nicht aber zu einer Verbesserung des statischen Gleichgewichts, des dynamischen Gleichgewichts und der Sprungkrafthöhe. Es ist für die LehrerInnen daher schwierig, ein wirkungsvolles und gezieltes Gleichgewichtstraining mit SchülerInnen durchzuführen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den Auswirkungen eines 5 wöchigen Gleichgewichtstrainings im regulären Sportunterricht der Sekundarstufe 1. Hierbei werden die Pre- und Postmessungen auf einem Gleichgewichtsmessgerät im statischen und dynamischen Zustand mit geschlossenen und geöffneten Augen durchgeführt.

Das Gleichgewichtstraining erfolgt 2x pro Woche zu je 50 Minuten während dem obligatorischen Sportunterricht. 48 SchülerInnen werden dabei in eine Kontrollgruppe und eine Interventionsgruppe geteilt.

Nach der Durchführung der Testungen sollen folgende Fragen geklärt werden:

- Unterscheiden sich die Kontrollgruppe und die Interventionsgruppe im Hinblick auf den COPT und den ROM nach dem Pretest voneinander?
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Prätest und dem Posttest bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe in den einzelnen Messungen 1-4.
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Prätest und dem Posttest bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe in der statischen posturalen Stabilität?
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Prätest und dem Posttest bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe in der dynamischen posturalen Stabilität?
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Prätest und dem Posttest bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe bei den geöffneten Augen?
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Prätest und dem Posttest bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe bei den geschlossenen Augen?

Die Arbeit gliedert sich in mehrere Abschnitte. Kapitel 2 befasst sich mit den Begriffsbestimmungen und beschreibt die wesentlichen Aspekte des Gleichgewichts. Darauf aufbauend schließt das Kapitel 3 mit der Wichtigkeit des Gleichgewichts für Schüler und Schülerinnen an. Es beschreibt die Notwendigkeit eines spielerischen Gleichgewichtstrainings im Bewegungs- und Sportunterricht. Kapitel 4 bezieht sich auf das Gleichgewichtstraining bei Kindern. Hier werden Studien bzw. durchgeführte Trainingsarten behandelt welche für ein kindgerechtes Gleichgewichtstraining von Bedeutung sind. Kapitel 5 nennt die dieser Arbeit zu Grunde liegenden Forschungsfragen. Das 6. Kapitel beschreibt

die Methodik und Vorgehensweise um die Forschungsfragen zu beantworten. Anschließend werden in Kapitel 7 die Ergebnisse beschrieben und in Kapitel 8 die wesentlichen Ergebnisse diskutiert. Die Zusammenfassung und der Ausblick für folgende Forschungen folgen abschließend in Kapitel 9.

2. Theoretische Grundlagen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über das Thema Gleichgewicht. Hierbei werden Definitionen und Begriffsbestimmungen erklärt und die verschiedenen Bezeichnungen untereinander verknüpft.

2.1. Das Gleichgewicht

Nach Fetz (1990, S. 10) wird beim Gleichgewicht zwischen einem physikalischen und einem motorischen Gleichgewicht unterschieden. Die Definition ergibt sich aus der physikalischen Betrachtungsweise und besagt, dass das Gleichgewicht ein Zustand ist, in dem sich alle dem Körper angreifenden Kräfte gegenseitig aufheben. Dies bedeutet, dass die resultierende aller Kräfte null ist. (vgl. Fetz, 1990, S. 10).

Als weitere Definition des Gleichgewichts führt Zelpour (2010, S. 504) an:

„Im engeren Sinne derjenige Zustand eines einzelnen starren Körpers oder eines (gekoppelten) Systems von starren Körpern, bei dem sich die Wirkungen aller am System angreifenden Kräfte gegenseitig aufheben, d.h. die resultierenden Beschleunigungen verschwinden.“

Das Gleichgewicht untergliedert sich in ein statisches und dynamisches Gleichgewicht. Das statische Gleichgewicht kommt dann zustande, wenn zwei Bedingungen erfüllt werden (vgl. Wick, 2009, S.65f).

1. Die Summe der auf einen Körper wirkenden Kräfte ist null und die Wirkungen heben sich gegenseitig auf.

$$\sum F = F_{res} = 0$$

2. Auch die Summe der an einen Körper angreifenden Drehmomente muss null sein.

$$\sum M = M_{res} = 0$$

Es herrschen statische Bedingungen, wenn sich aus allen Kräften die resultierende Kraft und die resultierende aller Momente aufheben. Nach Fetz (1990, S.11) untergliedert sich das Gleichgewicht folgendermaßen:

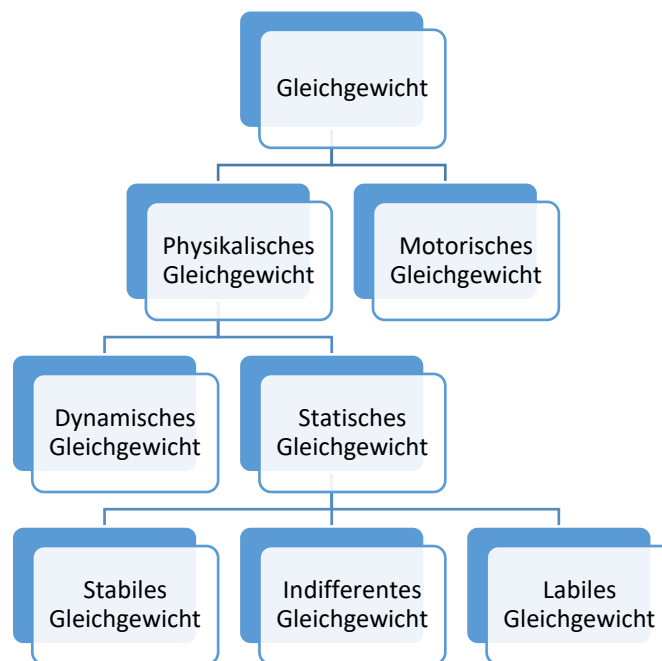


Abbildung 1: Gliederung des Gleichgewichts (mod. n. Fetz, 1990, S. 11)

Das *stabile Gleichgewicht* ist dadurch gekennzeichnet, dass bei jeder Einwirkung auf einen Körper dieser immer in die Ausgangslage zurückkehrt (vgl. Zelpour, S. 504).

Das indifferente Gleichgewicht ist dadurch definiert, dass durch beliebige Einflüsse das Gleichgewicht beibehalten werden kann. (vgl. Zelpour, 2010, S. 504).

Beim labilen Gleichgewicht handelt es sich um einen Zustand, der bei Lageveränderung durch äußere Kräfte zerstört werden kann. Hierbei gibt es durch geringe Abweichungen noch größere Veränderungen des Zustandes. (vgl. Zelpour, 2010, S. 504).

In der folgenden Abbildung sind die Arten des Gleichgewichtes dargestellt:

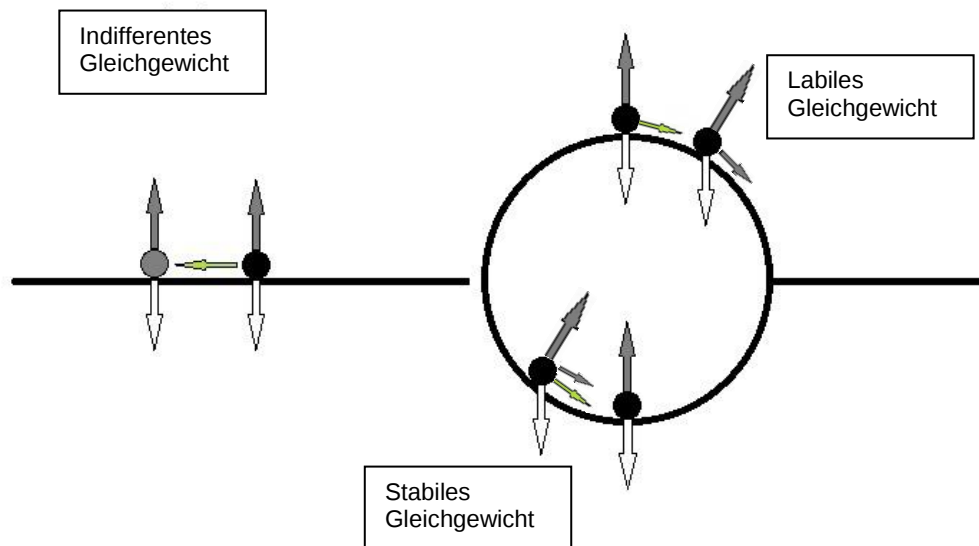


Abbildung 2: Arten des Gleichgewichts modifiziert nach Wick (2009, S. 67)

Diese physikalischen Eigenschaften spielen beim Gleichgewicht des Menschen eine übergeordnete Rolle. Anhand der koordinativen Fähigkeiten eines Menschen können die unterschiedlichsten physikalischen Gleichgewichtszustände erreicht werden. Die vielen unterschiedlichen Kräfte, die auf einen Menschen wirken, veranlassen ihn dazu, das Gleichgewicht zu halten. In der vorliegenden Arbeit spielt daher das motorische Gleichgewicht bzw. die Gleichgewichtsfähigkeit des Menschen eine übergeordnete Rolle. Diese ermöglicht es dem Menschen, das Gleichgewicht in den unterschiedlichsten Situationen herzustellen.

2.2. Die Gleichgewichtsfähigkeit

Nach Meinel et al (2007, S. 225) wird die Gleichgewichtsfähigkeit folgendermaßen definiert: „Unter der Gleichgewichtsfähigkeit wird die Fähigkeit verstanden, den gesamten Körper im Gleichgewichtszustand zu halten oder während und nach umfangreicher Körperverschiebungen diesen Zustand beizubehalten beziehungsweise wiederherzustellen.“ Es wird zwischen statischem und dynamischem Gleichgewicht unterschieden, wobei das statische darauf abzielt, in einer relativen Ruhestellung das Gleichgewicht zu halten. Beim Erhalt des Gleichgewichts verarbeitet der Körper vor allem kinästhetische, taktile und optische Reize. Das dynamische Gleichgewicht bezieht sich auf die umfangreiche Lageveränderung des Körpers. Bei rotierenden Bewegungen des eigenen Körpers ist die Aufnahme von vestibulären Informationen wichtig (vg. Schnabel 1973 zit. n. Meinel et al., 2007, S. 225)

Nach Hasenberg (1997, S.199) zählt die Gleichgewichtsfähigkeit zu den koordinativen Fähigkeiten und nimmt als solche eine zentrale Position im Bereich der Motorik ein. Diemer und Sutor (2007, S.89) beschreiben die Gleichgewichtsfähigkeit als die Fähigkeit, einen Körper „gegen die Schwerkraft über seiner Unterstützungsfläche im Gleichgewicht zu halten (postural control) oder diesen Zustand wiederherzustellen“. In der Medizin und in der Physiotherapie sind die Begriffe Gleichgewichtssinn und Balance populärer.

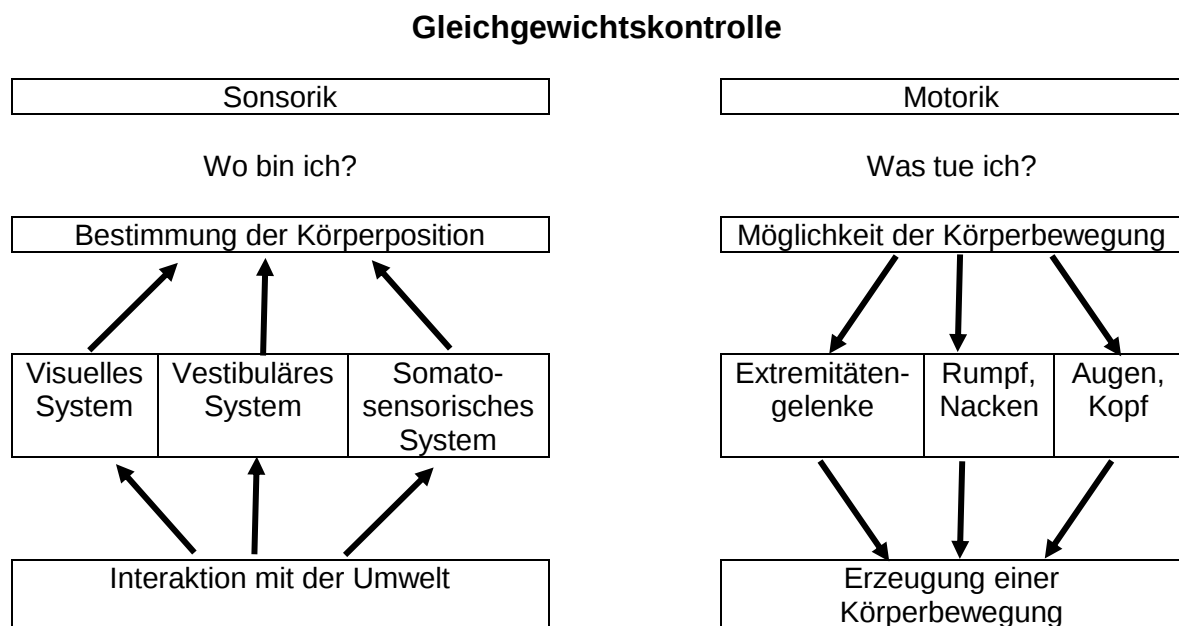


Abbildung 3: Systeme der Gleichgewichtskontrolle modifiziert nach Diemer & Sutor (2011, S. 89)

Leider gibt es keinen konsequenten Begriff, um Balanceübungen zusammen zu fassen, der darauf abzielt, die Haltungsstabilität zu verbessern. (vgl. Bernier & Perrin, 1998, Heitkamp et al., 2001). Manche nennen es „sensomotorisches Training“ (vgl. Banaschewski et al. 2001, Gruber & Gollhofer 2004) „neuromuskuläres Training“ (vgl. Petero et al. 2004) oder „propriozeptives Training“ (vgl. Wulker & Rudert 1999, Chong et al. 2001). Nach Taube (2013, S. 56) scheint der Begriff Gleichgewichtstraining am besten das Phänomen zu charakterisieren, da dieser nicht die körperinternen Vorgänge beschreibt, sondern auf die Bewegungsaufgabe an sich abzielt, die darin besteht, das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten und die Gleichgewichtsfähigkeit durch unterschiedliche Übungen zu steigern.

2.3. Die Gleichgewichtsfähigkeit und die sensorischen Informationen - das posturale System

Um das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten und die Lage des Körpers in der Umwelt zu bestimmen, bedarf es sensorische Informationen an den Körper. Diese gewährleisten dem Menschen eine aufrechte Haltung beim Stand. Das Erhalten des motorischen Gleichgewichtszustands, wird in der Literatur mit dem Begriff „posturalen Kontrolle“ definiert. (Diemer & Sutor, 2011). Übersetzt bedeutet er die „Haltungskontrolle“. Becker et. al. (2010, S. 16) beschreiben die posturale Kontrolle als die „Funktionsfähigkeit des Körpers, seine aufrechte Position im Raum zu halten“.

Der aufrechte beidbeinige Stand scheint im Alltag sehr einfach zu sein, aber es ist dem Menschen nicht bewusst, um welche anspruchsvolle sensomotorische Leistung es sich dabei handelt (vgl. Taube, 2013). Die Komplexität des Systems der posturalen Kontrolle wird erst deutlich und erkennbar, wenn die Beschaffenheit des Untergrunds anspruchsvoller wird bzw. wenn es zu Einschränkungen hinsichtlich der Funktionalität aufgrund von pathologischen Prozessen kommt. (vgl. Taube, 2013).

2.3.1 Wesentliche Systeme für die Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle

Das visuelle System

Das visuelle System nimmt nach Mareés (2003) 90% aller Umwelteindrücke auf und spielt dadurch bei der Haltungskontrolle eine wesentliche Rolle. Hafström, Fransson, Karlberg, Ledin und Magnusson (2002) belegen in einer Studie den Einfluss der verschiedenen visuellen Bedingungen (geschlossene Augen, offene Augen, dunkler Raum, heller Raum) auf die Haltungskontrolle. Offene Augen tragen demnach zu einer besseren Haltungskontrolle bei. Weiter stellen Hafström et al. (2002) fest, dass ein eingeschränktes Sehfeld die Haltungskontrolle verschlechtert.

Lee und Aronson (1974) untersuchten Kinder im Alter von 13 bis 16 Monaten hinsichtlich Gleichgewicht und visueller Information. In diesem Untersuchungsdesign wurden die Kinder auf einem festen Untergrund platziert während die Testleiter die Raumwände in Bewegung versetzten. Bei dieser Testung wurde die Reaktion der Kinder beobachtet und es stellte sich heraus, dass sie kompensatorische Reaktionen zeigen, sobald sich der Raum verändert. In dieser Studie wurde festgestellt, dass das visuelle System schon bereits bei Kindern eine wesentliche Bedeutung einnimmt.

Ledebt, Becher und Savelsbergh (2005) absolvierten ein visuelles Feedbacktraining mit 5-11-jährigen Kindern. Dabei fokussierten die Kinder einen Punkt auf Augenhöhe, welcher

als Ebenbild für die Position des Körperschwerpunkts KSPs galt. Es wurde festgestellt, dass es einen Zusammenhang zwischen Gleichgewichtstraining und Anhaltspunkten gibt. Beim Menschen hat das visuelle System eine wesentliche Auswirkung auf die Gleichgewichtskontrolle. Zudem macht es einen Unterschied ob ein visueller Anhaltspunkt vorhanden ist oder nicht.

Park et al, (2017, S. 221) stellten in einer Studie fest, dass die Ermüdung der Augen durch Smartphone Nutzung signifikant negative Auswirkungen auf die posturale Stabilität hat. Ermüdete Augen (nach 1h Smartphone Nutzung in einem Abstand von 40cm von den Augen) wirken sich negativ auf die statische als auch auf die dynamische Stabilität aus (vgl. Park et al., 2017).

Das vestibuläre System

Das vestibuläre System wird umgangssprachlich als Gleichgewichtssystem bezeichnet. (vgl. De Marées, 2003). Es liefert die Informationen über die Lage des Kopfes im Schwerfeld der Erde, dies geschieht anhand der Reize bei der Bewegung des Kopfes bezüglich Richtung (nach vorne, hinten, Kipp- und Drehbewegungen) und Beschleunigung (vgl. Meinel & Schnabel, 2015).

Kinder trainieren den Gleichgewichtssinn automatisch mit drehen, schaukeln, rutschen oder balancieren. Ein schlecht ausgebildetes Gleichgewichtssystem könne Symptome wie schlechte Körperwahrnehmung im Raum, Müdigkeit, Reiseübelkeit oder verzögerte motorische Entwicklung aufweisen (vgl. Ayres, 2013).

Ebrahimi et al. (2016) haben festgestellt, dass taube Kinder, speziell diejenigen mit cochlear Implantat, ein erhöhtes Risiko für motorische Defizite und Defizite im Gleichgewicht aufweisen.

Das somatosensorische System

Dieses komplexe System erfasst die Reize mithilfe von Rezeptoren, die sich in der Haut, im muskuloskelettalen System und den inneren Organen befinden. Es wird in der Literatur durch mehrere verschiedene Teilsysteme und durch unterschiedliche Bezeichnungen beschrieben. Großteils findet man die Untergliederung in ein taktils und propriozeptives System.

Das taktile System

Dieses System umfasst die Rezeptoren in der Haut, die mit ihren Informationen für die Gleichgewichtskontrolle dienen. Meyer et al. (2004) untersuchten in einer Studie die Wichtigkeit der taktilen Informationen in der Fußsohle bei der Gleichgewichtskontrolle. Vielen unterschiedlichen Studien war es nicht möglich die taktilen Informationen isolierend zu betrachten. Meyer et al. (2004) lähmten in ihrer Studie durch lokale Anästhesie die Fußsohlen, Sprunggelenksrezeptoren und die intrinsische Fußmuskulatur, sodass sie Aussagen über die taktilen Informationen gewinnen konnten. Die verminderten taktilen Informationen über die Fußsohlen hatten keine Auswirkungen auf den beidbeinigen Stand bei geöffneten Augen. Bei geschlossenen Augen und dem einbeinigen Stand wurde die Geschwindigkeit und die Amplitude der Gleichgewichtsschwankung erhöht. Die Ergebnisse zeigen, dass die taktilen Rückmeldungen der Fußsohlen erst bei Einschränkung des posturalen Systems von Bedeutung gewinnen. Es wird erwartet, dass eine eindeutige Verbesserung der taktilen Rückmeldung über die Fußsohlen dann stattfindet, wenn begleitende propriozeptive Defizite, wie bei peripheren neurologischen Patienten, vorhanden sind. (vgl. Meyer, 2004)

Das propriozeptive System

Dieses System wird auch als Tiefensensibilität bezeichnet, deren Reizrezeptoren direkt in den Muskeln, Sehnen und Gelenken liegen. Dieses System besteht aus den Muskelspindeln innerhalb eines Muskels, den Golgi-Sehnenorganen im Muskel-Sehnenübergang sowie den Gelenksrezeptoren in der Gelenkkapsel. (vgl. Lang, 2000).

Kinder mit einer gering ausgebildeten propriozeptiven Wahrnehmung bekommen Schwierigkeiten, wenn das Bewegungsergebnis nicht klar erkennbar ist (vgl. Ayres, 2013). Flitzpatrick & McCloskey (1994) zeigen, dass auch ohne visuelle und vestibuläre Information die Kontrolle der aufrechten Haltung immer noch möglich ist. Dies ist auf das somatosensorische System zurückzuführen.

Schmidt und Thews (1997) schreiben, dass bei der Propriozeption auch die Mechanorezeptoren in der Haut und das vestibuläre System mitwirken. Er schreibt, dass das menschliche Gehirn alle verfügbaren Informationen nutzt, indem im zentralen Nervensystem die Informationen der einzelnen Systeme verarbeitet werden und so dem Körper die jeweilige Stellung der Körperteile kommuniziert.

Eine genaue Gewichtung der einzelnen Teilsysteme ist nach Taube (2013, S. 57) sehr schwierig, da die einzelnen Informationssysteme in enger Verbindung miteinander stehen. Er unterteilt die Informationssysteme nach ihrer Reaktionszeit. Demnach sind schnelle

Richtungsänderungen der Unterstützungsfläche Großteils vom schnellen somatosensorischen System gesteuert, wohingegen das vestibuläre System die langsamen Bewegungen kontrollieren vermag.

Rinaldi, et al. (2009) untersuchten bei 27 Kinder im Alter von 4-12 Jahren den Anpassungsprozess der visuellen Information bei der posturalen Kontrolle. Die Kinder wurden dabei in einen bewegten Raum gegeben, der sich mit einer Frequenz von 0,2 Hz, einer Geschwindigkeit von 0,6 cm/s und einer Amplitude von 0,5 cm bewegt. Anschließend wurde die Geschwindigkeit auf 3,5 cm/s und einer Amplitude von 3,2 cm gesteigert. Die Ergebnisse zeigten, dass Kinder und Erwachsene fähig sind, sich an den visuellen Stimulus anzupassen, wenn die visuellen Informationseinflüsse verkleinert werden indem die Raumgeschwindigkeit/Amplitude steigt.

Nach Laube (2009, S. 42) ist das sensomotorische System die aktive Komponente des Stütz- und Bewegungssystems, weil es bei allen Bewegungsformen zwei unabhängig voneinander Leistungen erbringt. Die beiden Leistungen werden Ziel- und Stützsensomotorik genannt.

Cuisinier et al. (2011) untersuchten die Relevanz von sensorischen Informationen bei der posturalen Kontrolle im Sprunggelenk bei 7-11-jährigen Kindern. Hierbei wurden 46 Kinder untersucht. Mittels Posturographie wird das Gleichgewicht gemessen, während die sensorischen Informationen im Sprunggelenk mittels Vibrationen in Sehnenbereich gestört wurden. Dabei werden jene Muskelspindeln aktiviert, welche das ZNS mit wichtigen Informationen versorgen. Die Kinder standen in Schrittstellung, barfuß am Messgerät. Zwei Messungen wurden durchgeführt, einmal wurden die Vibratoren an den Knöcheln angebracht und einmal entfernt. Die Wichtigkeit der sensorischen Informationen über das Sprunggelenk wird in dieser Studie ersichtlich. (vgl. Cuisinier, 2011)

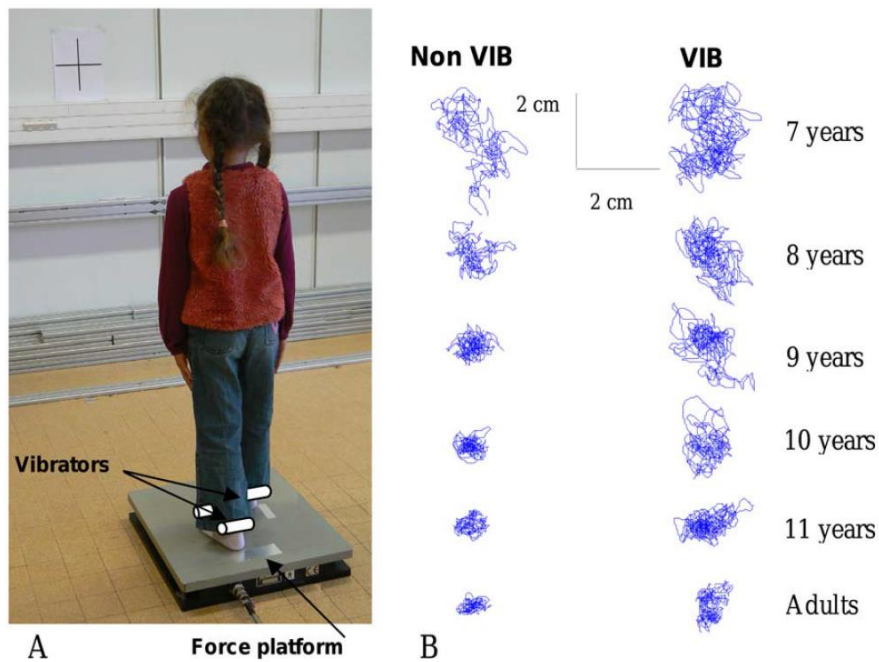


Abbildung 4: Darstellung der Untersuchung von Ciusinier et al. (2011). A) zeigt den Aufbau der Messung. B) Ein Messergebnis: Links ist ein Messergebnis ohne den Sprunggelenksvibratoren dargestellt. Rechts ein Messergebnis mit den Sprunggelenksvibratoren.

2.3.2 Aufbau des sensomotorischen Systems

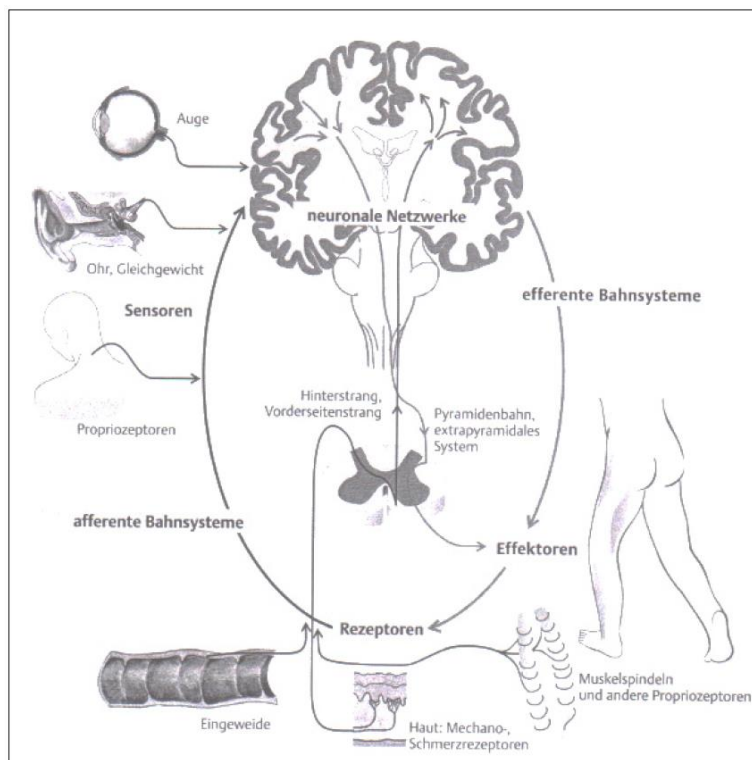


Abbildung 5: Sensomotorische System nach Laube (2009, S. 44)

Laube (2009, S. 43) teilt das sensomotorische System in 6 Elemente:

- Rezeptoren: Zu den Rezeptoren zählen alle Sensoren, die für die Aufnahme und Umwandlung von externen und internen Reizen verantwortlich sind.
- Afferente Bahnsysteme: Diese Bahnsysteme transportieren die Informationen der Rezeptoren zu den neuronalen Netzwerken.
- Spinale und supraspinale neuronale Netzwerke: Diese verarbeiten die Informationen zu einer gezielten Antwort.
- Supraspinale neuronale Netzwerke: Darin wird die Motivation, der Antrieb und die Kognition der Bewegungsidee und des Entwurfes von Bewegungen sowie die Assoziation und die sensomotorische Gedächtnisleistung verarbeitet.
- Efferente Bahnsysteme: Hier wird der Impuls der neuronalen Netzwerke zu den Effektoren weitergeleitet.
- Effektoren: Diese reagieren mit spezifischen Muskelfunktionen auf die unterschiedlich erhaltenen Funktionen.

Nach Taube (2013, S. 57) werden die Informationen der unterschiedlichen Analysatoren nicht getrennt voneinander verarbeitet, sondern integriert und situationsspezifisch unterschiedlich stark gewichtet.

Die posturalen Reflexe geben dem Kind die Fähigkeit im ersten Jahr mehrere Haltungen einzunehmen und zu erreichen, wie z.B. Sitzen und Stehen. Ein typisch entwickeltes Kind kann im Alter von 12 Monaten stehen. (vgl. Teklin 2008). Nach dem Erreichen des Stehens wird die posturale Kontrolle während der Kindheit verfeinert. Gerade in der Kindheit spielt die posturale Kontrolle eine entscheidende Rolle für die Entwicklung, da diese für Haltungsanpassung in frühen Jahren und für die Verbesserung der motorischen Fähigkeiten verantwortlich ist. Wenn sich die posturale Kontrolle nicht adäquat entwickelt, dann werden die motorischen Fähigkeiten negativ beeinflusst (vgl. Teklin, 2008; Demura, 2008). Deshalb sollten posturale Defizite so schnell wie möglich erkannt werden.

3. Bedeutung des Gleichgewichts für Schüler und Schülerinnen

3.1. Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit im Alter. Viele unterschiedliche Studien weisen auf einen Zusammenhang zwischen dem Alter und der Haltungskontrolle hin. (Barozzi et al., 2014; Cuisinier, Olivier, Vaugoyeau, Nougier, & Assaiante, 2011; Gouleme, Ezane, Wiener-Vacher, & Bucci, 2014; Riach & Hayes, 1987; Shumway-Cook & Woollacott, 1985).

Nach Taube (2013, S. 59) unterliegt die Gleichgewichtsfähigkeit im Laufe des Lebens erheblichen Schwankungen. Der aufrechte Stand bzw. das aufrechte Gehen erlernen die Kleinkinder bspw. in einem Jahr. Zum Ausbilden von erwachsenenähnlichen Gleichgewichtsstrategien bedarf es mindestens 6 weitere Jahre. Anfangs der Entwicklung findet eine stetige Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit statt und mit zunehmenden Alter nimmt diese wiederum ab (vgl. Taube, 2013, S. 59). Die Gleichgewichtsfähigkeit ist sehr stark aktivitätsbedingt und ist in jedem Lebensabschnitt trainierbar (vgl. Granacher et al, 2006)

Viele Studien finden Altersunterschiede in der Gleichgewichtshaltung bis zum Alter von 12 Jahren. (vgl. Figura et al., 1991; Bair et al., 2011; Monteiro Ferronato et al., 2011; Sakaguchi et al., 1994; Schärli et al., 2012). Ab 13 Jahren erreichen die Kinder die Fähigkeit im beidbeinigen Stand das Gleichgewicht wie Erwachsene zu halten.

Bei geschlossenen Augen ist die Gleichgewichtsschwankung bei Kindern signifikant größer. Bei geschlossenen Augen nehmen die Schwankungsgeschwindigkeit, die Schwankungsfläche und die Schwankungsamplitude mit steigendem Alter signifikant ab. (vgl. Slobounov, 1994; Rival, 2005).

Verbecque et al (2016a) stellten in einer Studie mit 96 Kindern fest, dass es bereits bei 3-6-jährigen Kindern signifikante Unterschiede beim beidbeinigen Stand gibt. Sie untersuchten die Gleichgewichtsfähigkeit im beidbeinigen aufrechten Stand mit geöffneten Augen (EO=eyes open), mit geschlossenen Augen (EC=eyes closed), mit geöffneten Augen auf einem weichen Untergrund (FEO=foam eyes open) und mit geschlossenen Augen auf einem weichen Untergrund (FEC=foam eyes closed). Die Kinder sollten fähig sein 40 Sekunden aufrecht mit der jeweiligen Aufgabe zu stehen. Anhand der folgenden Grafik ist ersichtlich, dass es wesentliche Altersunterschiede beim Schaffen dieser Aufgabe gibt. (vgl. Verbecque, 2016a, S. 118).

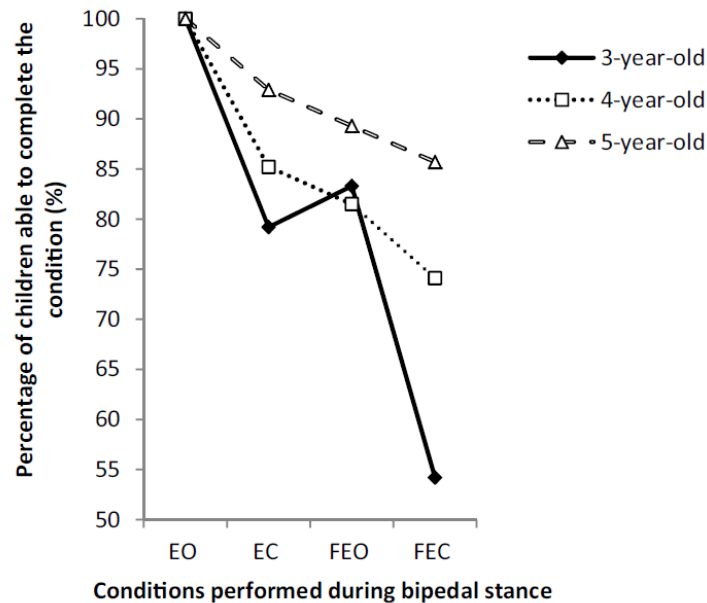


Abbildung 6: Überblick der regulären Testabsolvierung bei 3-6 jährigen Kindern beim beidbeinigen aufrechten Stand mit geöffneten Augen (EO), mit geschlossenen Augen (EC), mit geöffneten Augen auf weichem Untergrund (FEO) und mit geschlossenen Augen auf weichem Untergrund (FEC). (vgl. Verbecque, 2016a, S. 118)

Nach Ahnert (2005) zeigen alle motorischen Fähigkeiten einen typischen Verlauf über die Lebensspanne. Sie steigen im Kindes- und Jugendalter (5-7 Jahre) an, erreichen im frühen Erwachsenenalter (18-25 Jahre) ihren Höhepunkt oder stagnieren, und ab dem dritten Lebensjahrzehnt nehmen sie wiederum ab. (vgl. Ahnert, 2005, S. 52)

Bereits 1985 belegen Shumway-Cook & Woollacott, dass bei Kindern von unter 6 Jahren die richtungsspezifische Organisation der Muskeln noch nicht ausgereift ist. Genau die Altersgruppe von 4 bis 6 Jahren, hat im Gegensatz zu den Altersgruppen von 7. 10 Jahren die größte Variabilität in der Haltungskontrolle. Die Autoren zeigen, dass im Alter von 4-6 Jahren eine Veränderung der sensorischen Haltungskontrolle stattfindet.

Riach und Hayes (1987) führten Messungen mit 2 bis 14-jährigen Kindern mit einer Kraftmessplatte durch. Demnach weisen ältere Kinder eine bessere Haltungskontrolle auf und auch die Heterogenität der individuellen Leistungen nimmt mit zunehmenden Alter ab. (vgl. Riach & Hayes, 1987).

Granacher et al (2011, S. 306) stellt die posturale Kontrolle in einer U-förmigen Grafik dar. Es gibt eine Evidenz, dass junge Kinder und ältere Erwachsene die größte posturale Instabilität aufweisen und dadurch verbunden die langsamste Gehgeschwindigkeit.



Abbildung 7: Entwicklung des Gleichgewichts und die Entwicklung der Gehgeschwindigkeit während einer Lebensspanne. (vgl. Granacher et al., 2011, S. 306)

Beim statischen Gleichgewicht, z.B. Stehen auf einem Bein, zeigt sich, dass die Leistung im Alter stark ansteigt und sich im Jugendalter deutliche Leistungsvorteile zugunsten der Jungen zeigen (vgl. Abbildung 8), die über das gesamte Erwachsenenalter erhalten bleiben. (vgl. Bös, 1994, zit.n. Ahnert, 2005)

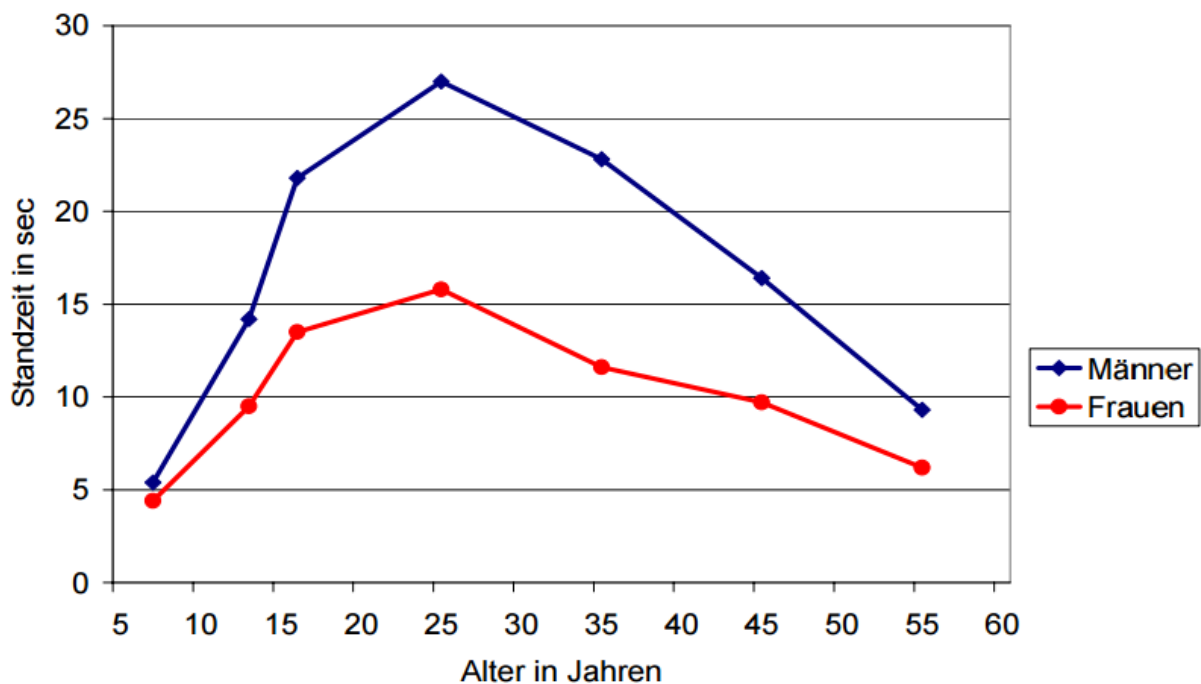


Abbildung 8: Leistungsverlauf im Schwebestehen über die Lebensspanne nach Bös (1994, zit. nach Ahnert, 2005)

Hier stellt sich die Frage, welche Gründe aber für diese beeinträchtigte posturale Kontrolle bei Kindern sprechen können. Foudriat et al. (1993; zit.n. Granacher, 2011, S. 306) untersuchten anhand von computergesteuerter dynamischer Posturographie die

sensorischen Informationen beim Gleichgewicht mit 3-6 jährigen Kindern. Sie stellten fest, dass sich die Kontrolle der Haltung vorwiegend von visualvestibulär zu somatosensorisch vestibulär zwischen den Altersstufen ändert und dass die Entwicklung im Vergleich zu Erwachsenenreaktionen im Hinblick auf die sensorischen Bedingungen mit 6 Jahren noch nicht abgeschlossen ist.

Die größten Verbesserungen um die posturale Kontrolle zu steigern, findet während der Kindheit statt. Insbesondere die Exposition gegenüber instabilen Stützflächen erwies sich als vorteilhaft beim Training der Haltungskontrolle. (vgl. Taube, 2008)

In einer weiteren Studie wurde berichtet, dass Kinder, welche jünger als 7,5 Jahre sind, sich an unangebrachte visuelle und somatosensorische Inputs anpassen, wenn sie auf einer bewegten Plattform sind (vgl. Forssberg et. al, 1993, zit.n. Granacher, 2011, S. 306).

Verbecque et al. (2016) stellten einen Review über die Gleichgewichtsschwankung bei Kindern zusammen. Die Suche erfolgte dabei in 5 Datenbanken (Pubmed, Web of Science, ScienceDirect, Cochrane Clinical Trials, Medline (Ovid)), mit den Suchwörtern: (children OR child) AND ("postural control" OR "postural stability" OR equilibrium OR posture OR "postural balance"[mesh]) AND ("quiet stance" OR standing OR stance OR "quiet stance" OR static) AND ("postural sway" OR posturography OR "body sway" OR stabilography OR "trunk sway" OR "medio-lateral sway" OR "antero-posterior sway"). In 14 relevanten Studien wurde die statische Posturographie herangezogen und die Altersunterschiede der Gleichgewichtsschwankung dargestellt. Die Hauptaussagen in diesem Review sind:

- 1) beim beidbeinigen Stand mit geöffneten Augen nimmt die Gleichgewichtsschwankung mit steigendem Alter ab.
- 2) bei geschlossenen Augen zeigen alle Kinder mehr Schwankungen als mit geöffneten Augen
- 3) nur 4 Studien berichten numerische Schwankungswerte welche als Referenzwerte herangezogen werden können, die Studien befassen mit Kindern ab dem Alter von 5 Jahren. (vgl. Verbecque et al., 2016)

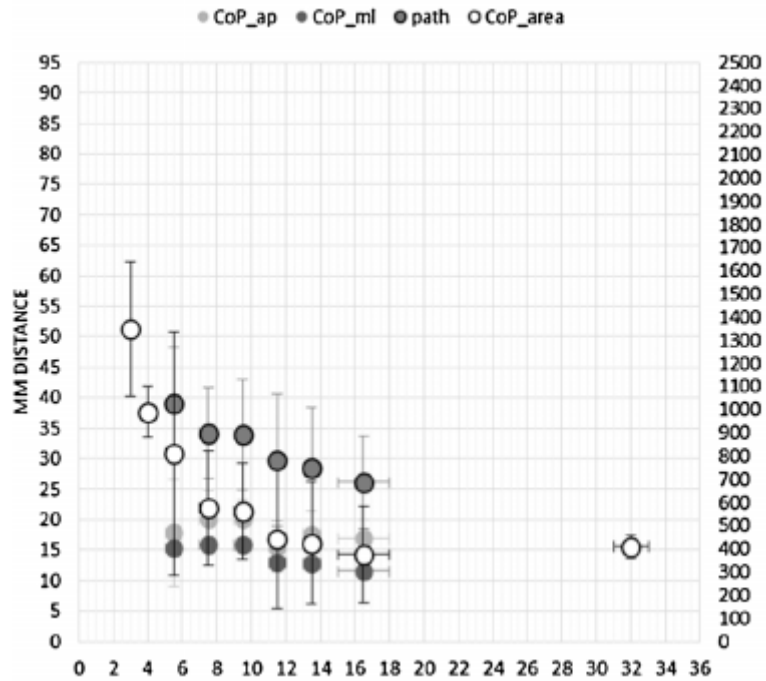


Abbildung 9: Gleichgewicht-Schwankungsgröße im steigenden Alter mit geöffneten Augen (vgl. Verbecque et al, 2016)

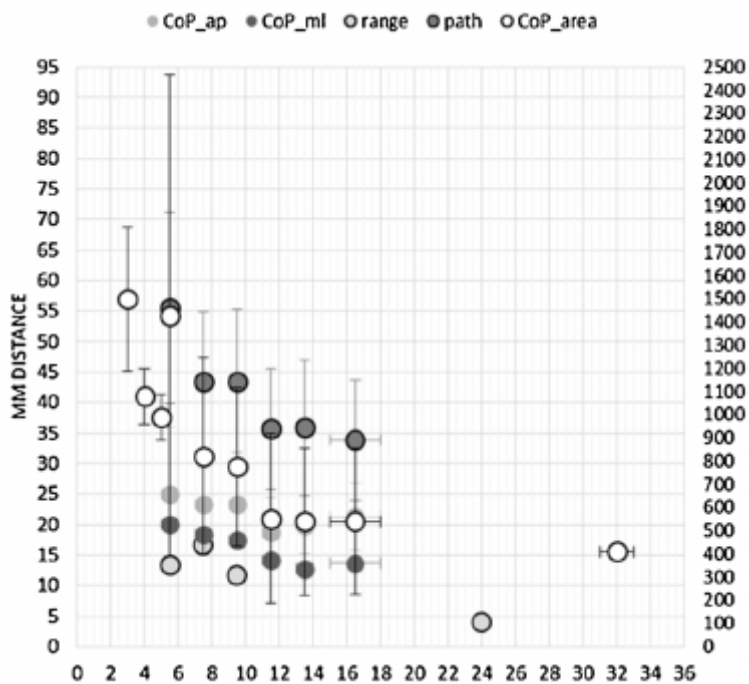


Abbildung 10: Gleichgewicht-Schwankungsgröße im steigenden Alter mit geschlossenen Augen (vgl. Verbecque et al, 2016)

3.2. Zusammenhang der Sturzrate und Gleichgewicht

Statistische Daten ergeben, dass das Sturzrisiko bei Kindern (vgl. Kahl et al, 2007) und Senioren Blake et al., 1988) relativ hoch ausfällt. Unkontrollierte Stürze sind eine Hauptursache für die Morbidität und Mortalität bei Kindern. Das Verletzungsrisiko beim Fallen ist bei den Kindern (0-12 Jahren) wahrscheinlicher als bei adoleszenten Jugendlichen (13-19 Jahren). Die Verletzungen reichen von kleineren Prellungen, Verstauchungen bis hin zu Knochenbrüchen (vgl. Kahl et al, 2007). Granacher (2011) sieht die Gründe für das erhöhte Sturzrisiko in extrinsischen Faktoren sowie den intrinsischen Faktoren wie das beeinträchtigte Gleichgewicht und eine eingeschränkte Muskelkraft.

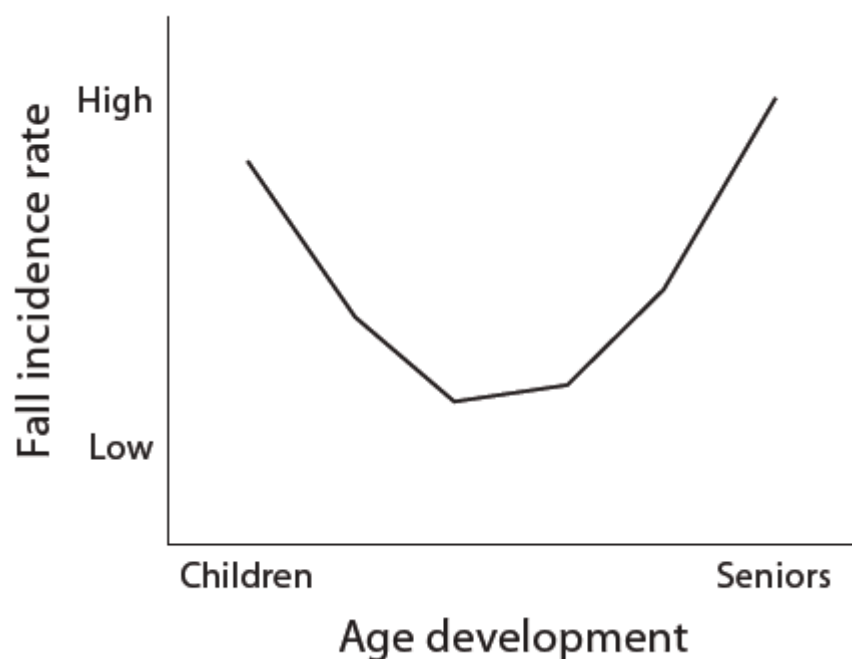


Abbildung 11: Sturzrate während der Lebensspanne (vgl. Granacher, 2011, S. 305)

Nach Laflamme et al. (1998) und Schelp et al., (1991) steigt die Unfallquote mit dem Alter an und zeigt bei 11-13 Jahren den Höchstwert. Danach sinkt die Unfallkurve wiederum ab. In bis zu 27,2% wird die Schule als Ort des Unfallgeschehens angegeben (vgl. Laflamme et al., 1998 Schelp et al., 1991; Lenaway et al., 1992)

Kambas et al., (2004) stellten in einer Studie fest, dass ein motorisches Training im Vorschulalter die Unfallhäufigkeit verringert. In dieser Studie wurden die koordinativen Fähigkeiten mit kinästhetischer Differenzierung, Reaktionsfähigkeit, Gleichgewichtsfähigkeit, Orientierungsfähigkeit und Rhythmisierungsfähigkeit und zum anderen die motorischen Fertigkeiten wie Werfen, Fangen, Springen und Schlagen geschult. Insgesamt umfasst das Übungsprogramm 60 Einheiten. Das Unfallgeschehen

wurde anhand eines Fragebogens registriert. Es zeigte sich, dass es innerhalb der einzelnen Gruppen Unterschiede im Unfallgeschehen gibt. In der folgenden Abbildung sind die Unfallzahlen abgebildet.

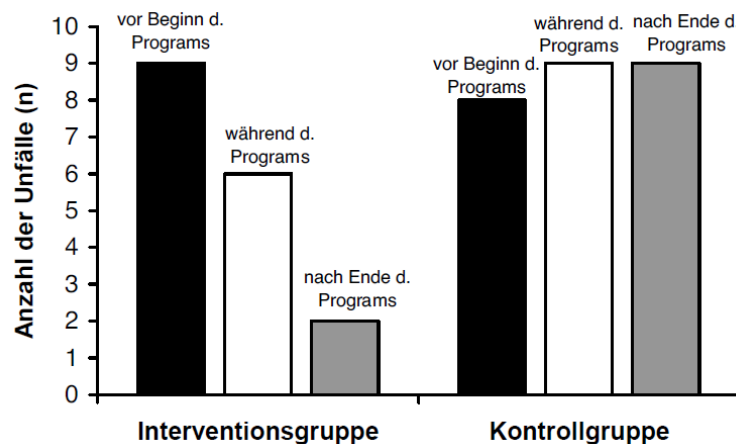


Abbildung 12: Unfallzahlen in der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe, nach Kambas et al. (2004)

Die Untersuchungsergebnisse bestätigen die Aussage über die positive Wirkung der Bewegungsförderung auf die Motorik im Vorschulalter. Die motorische Bewegungsförderung ist ein wirksames Mittel zur Unfallverhütung (vgl. Kambas et al, 2004).

Eine verbesserte Gleichgewichtsfähigkeit durch gezieltes Gleichgewichtstraining kann somit Stürze vermindern.

3.3. Gleichgewichtstraining und Verletzungen

28% aller pädiatrischen (6-12-jährigen) Krankenhausaufenthalte sind aufgrund von Stürzen und 17% aufgrund von sportbezogenen Verletzungen. Die Verletzungsrate resultiert auf Stürzen und Sportverletzungen welche vor allem bei Kindern (0-5Jahren) und jungen Kindern (6-12 Jahren) verglichen mit jungen Erwachsenen (13-19 Jahren) sehr hoch sind. (vgl. Gallagher, 1984)¹⁰ Dies ist darauf zurückzuführen, da das neuromuskuläre System noch nicht völlig ausgereift ist. Vor allem die Gleichgewichtsfähigkeit und die Muskelkraft sind bei den jüngeren Kindern unterentwickelt. (vgl. Bosco, 1980; Hytonen, 1993)

Die Verminderung von Stürzen durch Gleichgewichtstraining ist möglich (vgl. Kambas et al, 2004). Dies wird durch viele unterschiedliche Studien belegt. Bei Kindern ergibt sich durch den Alterungsprozess des somatosensorischen Systems das Problem, dass der präventive Effekt von Gleichgewichtstraining auf das Sturzrisiko, nicht eindeutig nachgewiesen werden kann (vgl. Granacher 2006). Die Entwicklung des somatosensorischen Systems und die

Variabilität der Gleichgewichtsentwicklung lassen keine empirischen Nachweise zu. Bei älteren Personen kann der direkte Effekt von Gleichgewichtstraining nachgewiesen werden. Denn bei Senioren sind die schlechteren Funktionen der Reflexe (vgl. Granacher et al, 2006) ein ausschlaggebender Aspekt für die erhöhte Sturzhäufigkeit.

Weitere Gründe für das erhöhte Verletzungsrisiko bei Kindern sieht Granacher et al. (2012a) bei den Defiziten in der posturalen Kontrolle und der fehlenden Muskelkraft, verglichen mit jungen Erwachsenen. Allerdings stellten sie in einer Studie fest, dass die Verbesserung der posturalen Kontrolle nicht zu einer Verbesserung der Muskelkraft führt (vgl. Granacher et al., 2012a).

Viele unterschiedliche Studien belegen die präventive Wirkung von Gleichgewichtstraining (vgl. Hübscher, 2010). Es kann als gesichert gelten, dass die Prävalenz von Knie- und Sprunggelenksverletzungen signifikant (um etwa 50%) reduziert werden kann. Allerdings gibt es noch wenig Anhaltspunkte für die Mechanismen die diese Verletzungsreduktion bewirken. Es wird vermutet, dass sich postural trainierte Personen durch eine generell optimierte Bewegungsausführung auszeichnen, die von vornherein verhindert, dass risikoreiche Positionen und Gelenksstellungen eingenommen werden. (vgl. Taube, 2013, S. 61)

Gleichgewichtstraining spielt für die Nackenschmerzen eine übergeordnete Rolle. In der heutigen Zeit, in der die Nackenbelastungen aufgrund der Bildschirmtätigkeiten am Computer oder Mobiltelefon,... erhöhte Kräfte erfahren, spielt das Gleichgewichtstraining als präventiver Faktor eine bedeutende Rolle. Childis et al. (2008) schreiben, dass Nackenschmerzen koordinierte Kopfbewegungen, die intersegmentale Koordination der Nackenwirbel sowie die posturale Kontrolle beeinträchtigen. Die propriozeptive Information der Halsmuskulatur wird benötigt, um eine einwandfreie Haltungs- und Blickkontrolle zu gewährleisten (vgl. Taube 2013). Eine Verbesserung der Nackenkoordination ist in der Lage, nicht nur die sensomotorische Leistungsfähigkeit der Nackenwirbelsäule zu verbessern, sondern darüber hinaus Körperschwankungen und Nackenschmerzen zu reduzieren. (vgl. Jull et al. 2007, Taimela, 2000, Roijezon, 2008, Revel, 1994; zit.n. Taube, 2013)

Beinert (2013) stellten fest, dass ein Gleichgewichtstraining Auswirkungen auf die Sensomotorik der Halswirbelsäule hat. Nach einem 5-wöchigen Gleichgewichtstraining hat sich bei der Interventionsgruppe die Fähigkeit verbessert, den Kopf in bestimmte Positionen zu bewegen, als auch die Schmerzempfindlichkeit der Nackenwirbelsäule reduziert. Bei den Gleichgewichtsübungen handelte es sich lediglich um das einbeinige Stehen, das beidbeinige Stehen und das Stehen auf einem Wackelbrett.

3.4. Lehrplanbezug des Gleichgewichtstrainings in der Schule (vgl. Lehrplan Bewegung und Sport, 2017)

Im Lehrplan ist die Gleichgewichtsfähigkeit unter den Zielen, den didaktischen Grundsätzen und dem Lehrstoff erwähnt. Die Ziele sind die: „Ausbildung und Weiterentwicklung der konditionellen und koordinativen Grundlagen des Bewegungshandelns und Verbesserung der individuellen Leistungsfähigkeit“

In den didaktischen Grundsätzen ist die Vermittlung von motorischen Schwerpunkten, wie einem 5- wöchigen Gleichgewichtstraining folgend erwähnt: „Die Bildungs- und Lehraufgabe ist in jeder der vier Schulstufen unter Setzen von alters- und entwicklungsgemäßen Schwerpunkten zu erfüllen. Diese Schwerpunkte sind den Teilbereichen des Lehrstoffes (Bewegungshandlungen) gleichmäßig zuzuordnen und auch unter Beachtung geschlechtsspezifischer Anliegen festzulegen.“

Die Überprüfung und Entwicklung der Fähigkeiten und Fertigkeiten ist im Lehrplan verankert: „Bei der Wahl der Lehrwege sowie bei der Festlegung der Anforderungen ist das motorische Entwicklungs- bzw. Leistungsniveau durch Einholen von Informationen und Erhebungen über den Leistungsstand zu berücksichtigen. Leistungskontrollen können einen Lern- und Übungsanreiz für die Schülerinnen und Schüler darstellen und auch als Rückmeldungen für die Unterrichtsplanung und -durchführung herangezogen werden.“

Die Vermittlung der motorischen Grundlagen hat in jedem Fall unter Berücksichtigung gesundheitsorientierter und motorisch fördernder Gesichtspunkte zu erfolgen. Dazu gehören vielfältige Bewegungsangebote mit individuellen gesundheitlichen und physiologischen Reizsetzungen, wobei auf die unteren und oberen Grenzen der Wirksamkeit Bedacht zu nehmen ist.

Der Kernbereich im Lehrstoff der 1. Und 2. Klassen ist bezogen auf das Gleichgewicht folgendermaßen definiert:

- „Stabilisieren der koordinativen Fähigkeiten: Gleichgewicht, Raumwahrnehmung und Orientierung, Rhythmusfähigkeit, Reaktionsfähigkeit und kinästhetische Differenzierungsfähigkeit.
- Gewinnen von Körper- und Bewegungserfahrung und Aufbau von sportartspezifischen Grundstrukturen
- Erfahren, Ausgleichen und Vermeiden allfälliger muskulärer Dysbalancen
- Körpergefühl entwickeln und Körperwahrnehmung verbessern; Reaktionen des Körpers erfahren

- Fachspezifische Informationen über Körperstatik (zB. Wirbelsäule) und Körperfunktionen (zB. Muskelfunktion, Ermüdung, Pulsfrequenz usw.) beschaffen.“

Der Lehrplanbezug erlaubt die Durchführung eines 5- wöchigen Gleichgewichtstrainings während dem obligatorischen Sportunterricht und lässt dich dadurch im Sportunterricht durchführen.

4. Effektives Gleichgewichtstraining bei Kindern

In diesem Kapitel werden unterschiedliche Trainingsformen des Gleichgewichts angeführt. Es soll die positiven Auswirkungen des Gleichgewichtstrainings bei Kindern in den unterschiedlichsten Bereichen zeigen.

4.1. Auswirkungen eines spielerischen Gleichgewichtstrainings

In vielen Untersuchungen wird die spielerische Form des Gleichgewichtstrainings bei Kindern hervorgehoben. Bislin (2016) überprüfte in ihrer Arbeit ein Gleichgewichtstraining für 6- 15 jährige Kinder auf die Tauglichkeit und den motivationalen Charakter. Hierbei kam ein spielerisches und abwechslungsreiches Gleichgewichtstraining zum Einsatz. Das Gleichgewichtstraining in dieser Studie wurde in Anlehnung an Bislin (2016) zusammengestellt. In den weiteren Unterkategorien soll die Wichtigkeit eines für Kinder adaptierten Gleichgewichtstrainings hervorgehoben werden.

4.1.1 Gleichgewichtstraining mit Nintendo Wii

Mhatre et al. (2013) zeigen in einer Studie, dass ein 30- minütiges Wii Balance spielen dreimal pro Woche mit einem Umfang von 8 Wochen, eine signifikant positive Auswirkung auf die Gleichgewichtsfähigkeit zeigt. Weiter zeigen Jelsma et al. (2014) in einer Studie, dass ein Training mit der Nintendo Wii fit die motorische Leistungsfähigkeit bei Kindern zwischen 6-12 Jahren mit geschwächtem motorischen Gleichgewicht verbessert. Das Training dauerte 6 Wochen mit jeweils 30 Min 3x pro Woche. Sie konnten dabei zwischen 18 Spielen wählen und mussten ein Spiel zweimal spielen, bevor das Spiel geändert werden durfte. Die Studie zeigte, dass ein Spielen an der Nintendo Wii die Gleichgewichtsfähigkeit bei motorisch schlechteren Kindern verbessert.

Auch Jelsma et al. (2014) beschreiben den großen Vorteil der Nintendo Wii aufgrund der Lösung von komplexeren Aufgaben im Spiel.

4.1.2 Gleichgewichtstraining in Zirkelform

Granacher et al. (2011b) untersuchten in einer Studie den Effekt eines 4- wöchigen Gleichgewichtstraining bei 6-bis 7- jährigen Kindern. Das Training findet 3 Mal pro Woche während dem Turnunterricht auf weichen Matten, Sprunggelenksscheiben, Gleichgewichtsbrettern und Luftkissen statt. Das Training fand in Form eines Zirkeltrainings statt, wobei die Unterrichtsstunde in 10 Minuten Aufwärmen, 45 Minuten

Gleichgewichtstraining und 5 Minuten Cool down gegliedert wurden. Die Übungen fanden in beidbeinigen Stand und später im einbeinigen Stand bei leicht gebeugtem Knie und barfuß statt. Bei jeder Übung wurden 4 Serien durchgeführt mit 20 Sekunden pro Serie und einer 40 Sekunden Pause dazwischen. Um die Ermüdung zu verringern wurde eine Pausenlänge von 2 Minuten gewählt. Die Übungen wurden durch Verringerung der Hilfestellungen, dynamischen Armbewegungen, Verringerung des sensorischen Inputs (z.B. Augen geschlossen) intensiviert. An den Wänden wurden Bilder mit Instruktionen aufgehängt. Die Messungen für die Gleichgewichtsfähigkeit erfolgten auf einer Gleichgewichtsplatte. Die Messung des Counter Movement Jumps wurde auf einer Kraftmessplatte durchgeführt und die MVC und RFD wurden auf einem isokinetischen Dynamometer gemessen. Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Verbesserungen, jedoch kleinere bis mittlere Effekte auf. Granacher et al. (2011b) sehen dabei das Problem im unspezifischen Kindertraining. Die Kinder benötigen ein angepasstes Training um die Gleichgewichtsfähigkeit zu verbessern. Hier wurden die Übungen von den Kindern ungenügend durchgeführt, da nicht immer ein Versuchsleiter alle Übungen kontrollieren konnte. (vgl. Granacher, 2011b).

4.1.3 Slacklinetraining

Donath et al. (2016) untersuchte in einem Metaanalytischen Review die Effekte eines 4-6-wöchigen Slackline Trainings von Kindern, Erwachsenen, und Senioren. Slackline Training zeigt vor allem in den Bereichen Trainingseffekte, die eng mit der Trainingseinheit auf der Slackline verknüpft sind z.B. Slackline Standzeit und dynamische Standgleichgewicht. Der Transfer des Trainings auf dynamische und statische Gleichgewichtsaufgaben ist limitiert. Deshalb sollte das Slackline Training in ein multimodales Gleichgewichtstraining eingebettet werden und nicht als alleineige Form des Gleichgewichtstrainings verwendet werden (vgl. Donath, 2016).

In einer Studie von Donath (2013) wurde getestet, ob das Slackline Training bei 10-jährigen Kindern (n=21) einen Trainingseffekt erkennen lässt. Das Training dauerte 6 Wochen, 5x pro Woche für 10 Minuten pro Tag. Das Training beinhaltete 4 unterschiedliche Schwierigkeitslevels vom normalen beidbeinigen Stehen bis hin zu 180° Drehungen und Slackline Sprüngen. Die Testungen fanden jeweils vor und nach der Trainingsphase statt. Dabei wurde gemessen: wie lange die Kinder auf einer Slackline stehen können; das statische und dynamische Gleichgewicht auf einer transversal bewegbaren Kraftmessplattform, und das rückwärtsgehen auf einem Balken, wobei die Anzahl der Schritte und die Höhe des CMJ gemessen wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass das Slackline Training zu slacklinespezifischen Verbesserungen führt. Verbesserungen in der

Gleichgewichtsfähigkeit oder der Sprungkraft konnten nicht festgestellt werden. Die Autoren empfehlen das Slackline Training in ein umfangreiches Gleichgewichtstraining einzugliedern. (vgl. Donath, 2013)

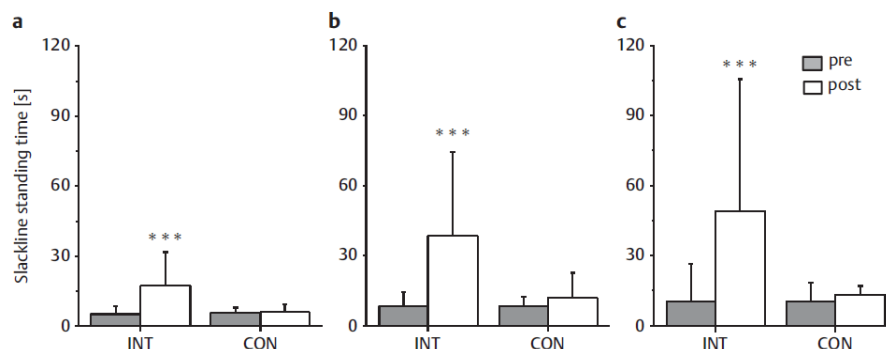


Abbildung 13: Slackline Stehzeiten im beidbeinigen Stand (a) im einbeinigen Stand rechts (b) und links (c) bei der Interventionsgruppe (INT) und der Kontrollgruppe (CON) (vgl. Donath, 2013, S. 1095)

4.2. Gleichgewichtstraining und Ablenkung

Wenn eine Person während einer Gleichgewichtsübung eine konkurrierende Aufgabe absolvieren muss, kann dies zu einem Verlust des Gleichgewichts und zu einem Sturz führen. Diese sogenannten „dual task“-Aufgaben besitzen eine sehr hohe Alltagsrelevanz. (vgl. Kramer, 2013).

Loundin-Olsson et al. (1997) stellten fest, dass ältere Personen, die während des Gehens stehen bleiben, um zu sprechen, ein erhöhtes Risiko aufweisen, innerhalb der folgenden 6 Monate zu stürzen. „Dual task“ Aufgaben besitzen beim Gleichgewichtstraining daher eine erhöhte Alltagsrelevanz. Die Zusatzaufgaben können z.B. motorisch (jonglieren) oder kognitiv (Rechenaufgaben lösen) sein. Es ist daher zielführend, sturzgefährdete alltagsrelevante „dual task“ Situationen sowohl in Gleichgewichtsprogrammen als auch in Gleichgewichtstest zu integrieren. (vgl. Granacher et al., 2012; zit.n Kramer, 2012)). Es gibt wenige Studien über „dual task“ Training und „dual task“ tests. „Single task“ Training zeigt positive Auswirkungen auf „single task“ Tests, aber kaum Effekte auf das Gleichgewicht in „dual task“ Tests (vgl. Granacher et al, 2010, zit.n. Kramer, (2012)). Die Anzahl der Studien über „dual task“ Tests ist rar, allerdings belegen die wenigen bislang existierenden Studien zum „dual task“ Training gegenüber dem „singel task“ Training signifikant bessere Ergebnisse beim „dual task“ Test. Das „dual task“ Training hat aber auch genauso positive Auswirkungen wie das „single task“ Training, beim „single task“ Test. (vgl Hyamizu, 2012, zit.n Kramer, 2012)

4.3. Schwierigkeiten beim Gleichgewichtstraining

Beim Gleichgewichtstraining ergibt sich die Schwierigkeit der Referenzparameter. Beim Krafttraining geschieht dies durch die Bestimmung der Maximalkraft oder des Ein-Wiederholungsmaximums. Die Angaben der Übungsintensität erfolgen danach in Abhängigkeit dieser Werte. Beim Gleichgewichtstraining gibt es keinen Wert, der die Übungsintensität widerspiegeln könnte. (vgl. Kramer et al., 2013)

Nach Kramer et al. (2013) liegt eine weitere Schwierigkeit beim Gleichgewichtstraining darin, dass es kein klar umrissenes Ziel gibt, auf welches man die Trainingsparameter optimieren könnte. Das Gleichgewichtstraining wird für viele Zwecke genutzt. In wenigen Fällen ist eine Verbesserung des Gleichgewichts das alleinige Ziel. Ein Gleichgewichtstraining strebt viele indirekte Ziele an. Z.B. bei älteren Menschen die Reduktion des Sturzrisikos; im Leistungssport um den Schwierigkeitsgrad der Technikübungen zu erhöhen oder um Verletzungen vorzubeugen. Ziel eines Gleichgewichtstrainings findet sich nicht in der unmittelbaren Verbesserung des Gleichgewichts, sondern vor allem in der Verletzungs- und Sturzprophylaxe mittels eines verbesserten Gleichgewichtes. Vor diesem Hintergrund kann der Mangel an Norm- bzw. Referenzwerten für die Trainingsparameter des Gleichgewichtstrainings aus methodischer Sicht erklärt werden. (vgl. Kramer et al, 2013).

Taube (2013, S. 56) schreibt, dass im Moment noch keine Richtlinien über die optimale Dauer und Intensität der Übungen vorliegen, die auf bsp. Wackelbrettern, Kipp-Kreiseln, 2-dimensionale frei schwingenden Plattformen, Matten, Kissen, etc. durchgeführt werden. Von Studie zu Studie gibt es in diesem Bereich sehr viele unterschiedliche Angaben.

4.4. Studien über die Effekte eines mehrwöchigen Gleichgewichtstrainings bei pubertierenden Kindern

Granacher, Gollhofer und Kriemler (2010) untersuchten in einer Studie die Auswirkungen eines 4-wöchigen Gleichgewichtstrainings auf die Haltungsschwankungen beim Einbeinstand, und auf die Sprunghöhe und die Kraft in den Beinstreckern. Dabei wurden insgesamt 20 TeilnehmerInnen zufällig in eine Interventionsgruppe und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Die Interventionsgruppe (3 Frauen und 7 Männer im durchschnittlichen Alter von 19 Jahren) absolvierten ein Gleichgewichtstrainingsprogramm für 4 Wochen mit jeweils 3 Einheiten pro Woche. Es wurde auf unstabilen Geräten trainiert (Weichmatten, Sprunggelenksscheiben, Balance Boards, Luftkissen). Die Pre- und Posttestungen erfolgten mit einer GKS 1000, IMM, Mitweida Gleichgewichtsplatte, welche die

Abweichungen vom COP misst. Auf der Kraftmessplatte fand der Squat Jump und der Counter Movement Jump statt. Die Kraft der Beinstrecker wurde in einer Beinpresse messbar gemacht. Die Interventionsgruppe zeigt im Vergleich zur Kontrollgruppe Verbesserungen bei den einbeinigen COP Messungen, eine Verbesserung beim SJ und beim CMJ und Verbesserungen in der Kraft der Beinstrecker. Die positiven Auswirkungen eines 4- wöchigen Gleichgewichtstrainings im Sportunterricht konnte dadurch bestätigt werden.

Keller, Röttger und Taube (2014) überprüften in einer Studie die Auswirkungen eines 4- wöchigen Eislauftrainings bei Kindern auf die Gleichgewichtsfähigkeit. Dabei wurde eine Kontrollgruppe (13 Teilnehmer) und eine Interventionsgruppe (17 Teilnehmer) mit einem Durchschnittsalter von 13 Jahren ($\pm 0,5$ Jahre) untersucht. Die Kontrollgruppe absolvierte weiterhin den üblichen Sportunterricht, wobei die Interventionsgruppe ein 4- wöchiges Eislauftraining von je 2 x 90min absolvierte. Die Pre- und Posttest wurden mit dem Gleichgewichtsmessgerät „Posturomed“ durchgeführt. Eine multiaxialen, freischwingenden Platte welche freie Bewegungen in alle Richtungen ermöglicht. Darüber hinaus wurde ein functional reach test (FRT) durchgeführt. Dabei mussten sich die Probanden bei gesteckten Knien so weit wie möglich nach unten beugen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Interventionsgruppe signifikant kleinere Gleichgewichtsschwankungen nach dem Training hatte als die Kontrollgruppe. Auch beim FRT wurden größere Reichweiten erzielt.

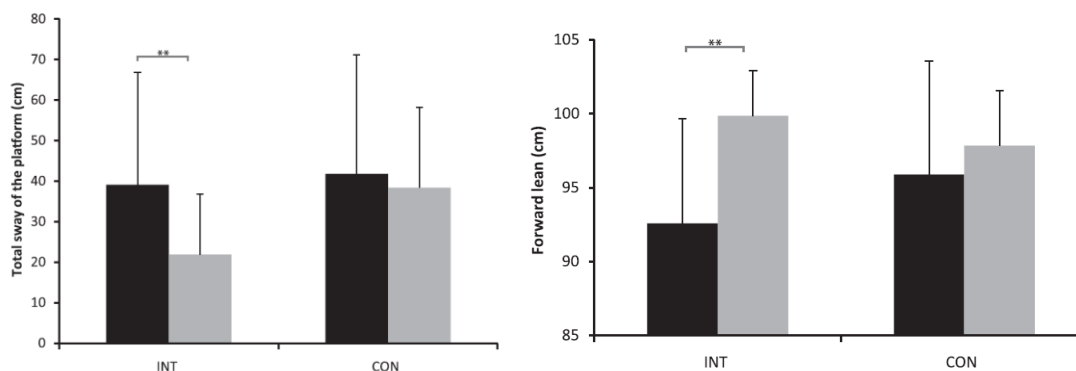


Abbildung 14: Gleichgewichtsschwankungen auf dem "Posturomed" und FRT der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe (vgl. Keller et al. 2014)

Trecroci et al (2015) erforschten in einer Studie die Auswirkungen eines 8- wöchigen Seilsprungtrainings bei 10-12 jährigen Fußballspielern auf die Gleichgewichtsfähigkeit und die Leistungsfähigkeit bei einem Boomerang-Lauf. Die Teilnehmer wurden zu je 12 Personen in eine Interventionsgruppe und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Die Interventionsgruppe absolviert im Gegensatz zur Kontrollgruppe bei 2 Trainingseinheiten

ein 15-minütiges Seilsprungtraining während die Kontrollgruppe ein Techniktraining durchführte. Das Seilsprungtraining erfolgte immer in der Aufwärmphase und beinhaltete den basic bounce step, den double basic bounce step, alternate foot step, scissors step and double under. Die Gleichgewichtsfähigkeit wurde anhand eines Einbeinstand-“Lower Quarter Y balance test” bei einem Pre- und Posttest analysiert. Die Interventionsgruppe zeigte signifikante Verbesserungen beim rechten ($p < 0,05$, Power=0,63) und beim linken ($p < 0,05$, Power = 0,54) Bein. Die Kontrollgruppe zeigte hierbei keine Veränderungen.

Limb	Group	Before training	After training	P	Part η^2
Right	Experimental	140.50 (16.28)	144.44 (17.36) *	.025	.208
	Control	133.10 (12.99)	134.21 (11.65)		
Left	Experimental	139.08 (18.62)	143.00 (17.83) *	.042	.175
	Control	133.75 (11.94)	134.67 (12.15)		

Abbildung 15: Darstellung des YBT-LQ Gleichgewichtstest vor und nach dem Seilsprungtraining. (vgl. Trecroci et al., 2015, S. 795).

Zech et al. (2014) teilten 30 Hockey Spieler (11-17 Jahre) in eine Interventionsgruppe und eine Kontrollgruppe um festzustellen, ob ein neuromuskuläres Training Auswirkungen auf die Gleichgewichtsfähigkeit aufweist. Die Gleichgewichtstests wurden zu Beginn, nach 3 Wochen, nach 6 Wochen und nach 10 Wochen durchgeführt. Die Interventionsgruppe absolvierte 2x pro Woche ein neuromuskuläres Aufwärmen. Das neuromuskuläre Aufwärmen beinhaltete Laufen, Beweglichkeit, Gleichgewicht, Kraft und polymetrische Komponenten. Das Training zeigte signifikante Verbesserungen auf die posturale Stabilität. Wobei dieses Aufwärmen nicht alle Dimensionen der posturalen Kontrolle gleich gut verbesserte.

Kyeongjin et al. (2016) erforschten die Effekte eines 8-wöchigen Gleichgewichtstrainings auf die Gleichgewichtsfähigkeit und den Gang von 14-19 jährigen Probanden mit intellektuellen Einschränkungen. Studien zufolge weisen Menschen mit einem IQ von 50-70 motorische Einschränkungen, vor allem auf die koordinative Ebene bezogen, auf. 31 Probanden wurden in eine Kontrollgruppe (15) und eine Interventionsgruppe (16) eingeteilt. Die Interventionsgruppe absolvierte ein 8 wöchiges Gleichgewichtstraining (2x pro Woche zu je 40 min), wobei ein Pretest und ein Posttest durchgeführt wurde. Beim Gleichgewichtstest wurden die Gleichgewichtsschwankungen auf einer „Good Balance“ Plattform gemessen und ein Einbeinstand -Test durchgeführt. Die Gangfunktionen wurden mit einem „time up-and-go test (TUG) gemessen sowie durch einen 10m Gehtest. Nach dem 8-wöchigen Training zeigte die Interventionsgruppe signifikante Verbesserungen bei

den Gleichgewichtsschwankungen und beim Einbeinstand. Beim Gang gab es keine signifikanten Veränderungen.

Kordi et al. (2016) untersuchten den Effekt eines Krafttrainings auf die Gleichgewichtsfähigkeit bei Kindern mit Koordinationsproblemen. Dafür untersuchten sie 475 Kinder im Alter von 7-9 Jahren um letztendlich 29 Kinder mit koordinativen Entwicklungsstörungen zu finden (DCD developmental coordination disorder). Die Interventionsgruppe und Kontrollgruppe absolvierten ein 12-wöchiges Trainingsprogramm zu je 2 Einheiten pro Woche, wobei die Interventionsgruppe ein 60-minütiges Krafttraining absolvierte und die Kontrollgruppe ein gewöhnliches Schulunterrichtsturnen. Beim Krafttraining wurden zugleich die Core Muskeln ohne zusätzlichem Gewicht trainiert. Die Kraftübungen führten bei der Interventionsgruppe zu einem verbesserten statischen Gleichgewicht. Beim dynamischen Gleichgewicht zeigten sich keine Unterschiede zur Kontrollgruppe.

Granacher et al. (2011b) stellten in ihrer Studie keine Unterschiede zwischen Kontrollgruppe und Interventionsgruppe nach einem 4-wöchigen (3x pro Woche) Gleichgewichtstraining fest. Sie untersuchten 30 Probanden im Alter von 6-7 Jahren und absolvierten mit ihnen einen Prä-, Post- und Follow up Test. Dabei überprüften sie die Gleichgewichtsfähigkeit anhand einer Gleichgewichtsplatte, den Counter Movement Jump auf einer Kraftmessplatte und die Plantarflexion in einem isokinetischen System. Das Gleichgewichtstraining wurde in Form von Stationentraining mit unterschiedlichen Gleichgewichtsgeräten durchgeführt. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe festgestellt. Die Autoren weisen auf eine unreife Gleichgewichtsfähigkeit hin, und darauf, dass die Kinder bei den Gleichgewichtsübungen nicht vollständig konzentriert waren. Sie empfehlen in diesem Alter das Gleichgewichtstraining mit einem Krafttraining zu kombinieren. (vgl. Granacher et al, 2011b).

Zech et al (2010) fassten die Ergebnisse von 20 Studien bezogen auf die Auswirkungen eines Gleichgewichtstrainings zusammen. Kriterien der Studien waren: Alter bis 40 Jahre, Gleichgewichtsfähigkeit, Muskelkraft, Beweglichkeit, Sprungleistung, Sprintleistung, Muskelreflexaktivität, Rate der Kraftentwicklung, Reaktionszeit und Elektromyographie. Gleichgewichtstraining hatte positive Auswirkungen auf die Gleichgewichtsschwankungen und das funktionelle Gleichgewicht, verglichen mit untrainierten Personen. Bei der

Sprungleistung, Beweglichkeit und neuromuskulären Kontrolle gibt es unterschiedliche Ergebnisse.

Granacher et al (2011c) untersuchten in ihrer Studie die Auswirkungen eines 8- wöchigen Krafttraining auf die Kraft und die Gleichgewichtsfähigkeit bei 15-17 jährigen Jugendlichen (n=28). Das Krafttraining wurde nach Faigenbaum in Form von einem Zirkeltraining durchgeführt wobei immer ein Proband trainierte und der andere die Technik der Ausführung kontrollierte. Die Messungen wurden mit einer Gleichgewichtsplatte (GKS 1000) durchgeführt wobei der COP gemessen wurde. Nach dem 8- wöchigen Training wurde eine größere Beinkraft festgestellt, aber es wurden keine signifikanten Unterschiede bei der Gleichgewichtsfähigkeit festgestellt.

5. Forschungsfragen

Das Ziel dieser Studie ist festzustellen, ob ein 5- wöchiges Gleichgewichtstraining, das an 10-13- jährige spezifisch angepasst ist, zu einer Verbesserung der Gleichgewichtskontrolle am Sensewave Messgerät führt. Die Einteilung in eine Kontrollgruppe und eine Interventionsgruppe und die Anzahl der Daten, anhand des Prä- und Posttests, ermöglicht es, eine große Anzahl an Untersuchungen durchzuführen und anschließend zuverlässige Aussagen zu treffen. Die Arbeit befasst sich mit folgenden Fragestellungen:

- Unterscheiden sich die Kontrollgruppe und die Interventionsgruppe im Hinblick auf den COPT und den ROM nach dem Pretest voneinander?
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Ausgangstest (Pretest) und dem End-Test (Posttest) bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe in den einzelnen Messungen 1-4.
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Pretest und dem Posttest bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe in der statischen posturalen Stabilität?
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Pretest und dem Posttest bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe in der dynamischen posturalen Stabilität?
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Pretest und dem Posttest bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe bei den geöffneten Augen?
- Gibt es Unterschiede zwischen dem Pretest und dem Posttest bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe bei den geschlossenen Augen?

6. Methodik

In diesem Kapitel wird die methodische Vorgehensweise dieser Studie genauer erklärt. Die Unterkapitel definieren die exakte Vorgehensweise in dieser Studie. Die folgenden Unterkapitel beschreiben das Untersuchungsdesign, die Untersuchungsteilnehmer, die Trainingsintervention, die Messmethode und die Datenanalyse genauer.

6.1. Untersuchungsdesign

Grundvoraussetzung für die Teilnahme an dieser Studie ist, dass die Probandinnen und Probanden in einem testfähigen Zustand erscheinen. Unter „Testfähig“ wird in diesem Zusammenhang ein Zustand bezeichnet, in dem die Schülerinnen und Schüler fähig sind, den Unterricht zu besuchen. Es durften daher keine akuten Verletzungen bzw. Krankheiten vorliegen.

Die Studie besitzt nach den organisatorischen Vorbereitungen eine Gesamtdauer von 6 Wochen. In der ersten Woche wurden Daten der SchülerInnen erhoben und die SchülerInnen auf die Studie eingeschult. Am Ende der ersten Woche erfolgte die erste Gleichgewichtsmessung (Pretest). Es folgte ein 5-wöchiges Gleichgewichtstraining während dem obligatorischen Unterricht im Fach Bewegung und Sport welcher in 2 Einzelstunden stattfand. Das Gleichgewichtstraining basiert auf der Gleichgewichtsintervention bei Kindern in Anlehnung an Bislin (2015) und Friedrich (2013). Am Ende der 5 Wochen wurde wiederum eine Gleichgewichtsmessung (Posttest) durchgeführt.

Tabelle 1: Untersuchungsdesign (in Anlehnung an Strahm, 2016)

Intervention	Inhalt	Zeit
Organisatorisch/Information	• Information und Zeiteinteilung der betroffenen LehrerInnen ☐ Information der davon betroffenen SportlehrerInnen ☐ Information der Klassenlehrer um die Zeitfreigabe bei den Gleichgewichtstestungen ☐ Organisation der Räumlichkeiten und Transfers ☐ Einverständniserklärung des Direktors • Information der Eltern und SchülerInnen ☐ Informationsschreiben ☐ Einverständniserklärung der Eltern	Schulbeginn; 2 Monate vor Studienstart
Pretest	• Transport des Messgeräts von der Universität in die Schule • Durchführung der ersten Messung • Einteilung der Gruppen durch Losziehen	1. Woche
Gleichgewichtstraining	• 5- Wöchiger Bewegungs- und Sportunterricht nach der Studie ☐ Training in einer Interventionsgruppe und einer Kontrollgruppe ☐ 2x 50 Minuten während dem obligatorischen Sportunterricht	2. Woche
Posttest	• Transport des Messgeräts von der Universität in die Schule • Durchführung der zweiten Messung • Aushändigen der Ergebnisse an die SchülerInnen	5. Woche

6.2. Untersuchungsteilnehmer

6.2.1 Informationsschreiben

Aufgrund des jungen Alters der Schülerinnen und Schüler wurden die Eltern für das Unterschreiben der Einverständniserklärung herangezogen. Diese wurde vor dem Beginn dieser Arbeit ausgehändigt und von allen TeilnehmerInnen unterschrieben. Weiters erhielten die Eltern und SchülerInnen eine Information über das genaue Studiendesign. (Einverständniserklärung, Probandeninformation, Informationsschreiben). Die Schulleitung wurde auch über das genaue Studiendesign durch eine Einverständniserklärung informiert. Alle SchülerInnen hatten freiwillig an dieser Studie teilgenommen. Sie wurden ausführlich informiert und hatten jederzeit die Gelegenheit aus der Studie auszutreten und am normalen Unterricht teilzunehmen.

6.2.2 Anthropometrische Daten

Für die Untersuchung wurden 48 gesunde Schüler und SchülerInnen herangezogen. Bei allen ProbandInnen handelt es sich um SchülerInnen eines Gymnasiums. Die folgende Tabelle zeigt die Daten der Testpersonen:

Tabelle 2: Anthropometrische Daten der Testpersonen

Anzahl (n=48)	Mittelwert	$\pm$ Std	Min	Max
Alter (Jahre)	11,25	0,56	10	13
Größe (cm)	153,8	0,08	1,37	1,73
Gewicht (kg)	46,68	11,05	27,2	74,4

6.3. Trainingsintervention

Die beiden Klassen bestehen aus insgesamt 51 Schülerinnen und Schülern. Davon nahmen im Rahmen dieser Studie insgesamt 48 Schülerinnen teil. Für die Berücksichtigung in den Endergebnissen, wurde eine Trainingsteilnahme von mind. 80% der Trainingseinheiten herangezogen. Aufgrund von dieser Trainingsteilnahme reduzierte sich die Anzahl auf 46 SchülerInnen (24 Kontrollgruppe, 22 Interventionsgruppe)

Die Schülerinnen und Schüler wurden nach der ersten Messung per Los in eine Kontrollgruppe und eine Interventionsgruppe eingeteilt. Schülerinnen und Schüler, die an

dieser Studie nicht teilnehmen wollten, besuchten den obligatorischen Unterricht im Fach Bewegung und Sport in der Kontrollgruppe. Die SchülerInnen absolvierten 2x wöchentlich zu jeweils 50 Minuten ein Training während des obligatorischen Sportunterrichts. Die Interventionsgruppe ein spielerisch orientiertes Gleichgewichtstraining (vgl. Bislin, 2016; Friedrich, 2013), die Kontrollgruppe einen gewöhnlichen Sportunterricht ohne gleichgewichtsspezifischen Schwerpunkten. Pro Sporteinheit resultierte eine effektive Trainingszeit von ungefähr 35 Minuten, da mit dem Umziehen, Erklären, Aufbauen, Stundenschluss 5 min vor dem Läuten im Regelunterricht, viel Bewegungszeit verloren ging.

Während dem Sportunterricht waren nur die SportlehrerInnen mit ihren jeweiligen Sportgruppen anwesend. Jede Sporteinheit beinhaltete unterschiedliche Schwerpunktthemen beim Gleichgewichtstraining (genaue Informationen im Anhang). Die Schwerpunkte wurden folgendermaßen gewählt:

1. Woche: Langbank Challenge
2. Woche Stationentraining an unterschiedlichen Geräten
3. Woche: Kämpfen
4. Woche Akrobatik
5. Woche: Parcour / Endchallenge

Das Training wurde daher kindgerecht, interessant und herausfordernd gestaltet. Fühlte sich ein Kind unterfordert so wurden sofort Zusatzanforderungen gestellt.

Um die Trainingszeit so effektiv wie möglich zu gestalten, wurden in einer Woche zwei ähnliche Inhalte absolviert. Um Trainingsabläufe, Gerätepositionierungen und Zusatzanforderungen zu optimieren wurden die Gleichgewichtseinheiten mit anderen Klassen zuvor durchgeführt. Dadurch wurden die Gleichgewichtseinheiten möglichst ökonomisch und zielgerecht gestaltet und die Bewegungszeit bei den SchülerInnen hoch gehalten.

6.4. Messmethode

6.4.1 Messdatenerhebung

Die Messdaten wurden mit dem portablen Messgerät „Sensewave compact“, welches dem Labor für Trainingswissenschaft am Universitätssportzentrum von der Firma Sense Product® zur Verfügung gestellt wurde, durchgeführt. Diese Messplatte besteht aus:

„Eine dreidimensional bewegliche, schwebende (statisch/dynamisch) Sensorplattform, die mit über 5.300 hochsensiblen Drucksensoren ausgestattet ist, misst die Druckpunkte an der Sohle und visualisiert diese in Echtzeit.“ (Sense Product, 2017)



Abbildung 16: "Sensewave compact" (Sense Product, 2017)

Das portable Messgerät wurde für beide Messungen von der Universität in die Schule transportiert. Die Nivellierung erfolgte beim Aufstellen anhand einer Wasserwaage. Neigungen wurden mit 4 Stellschrauben auf der Bodenplatte ausgeglichen. Die Platzierung des Gerätes wurde in einem Nebengebäude, extern des Schulgebäudes gewählt. Dies verhinderte akustische sowie vibrierende Störeinflüsse während der Messung wesentlich.

Für eine Messung wurde ein Schultag in Anspruch genommen. Hierbei kam eine genau definierte Messreihenfolge zum Einsatz. Es durften sich maximal 4 SchülerInnen im Gebäude der Messung aufhalten. Das Wechseln der SchülerInnen im Messraum erfolgte paarweise und störungsfrei während der Kennenlernphase/Einstellphase des/der Messproband/in am Gerät. Während der Messung wurde darauf geachtet, dass keine Geräusche aufkommen und alle Personen im Raum bewegungslos bleiben. Wurde eine Messung durch eine unerwartete Situation gestört, so wurde die Messung wiederholt.

Die Messreihenfolge der SchülerInnen war bei der ersten und zweiten Messung ident.

Aufgrund der beschränkten Testzeit von einem Schultag ergab sich eine Messzeit von 6,5 Minuten pro SchülerIn. Für diese kompakte Messzeit wurden alle Messabläufe mit den SchülerInnen am Tag zuvor besprochen und geprobt.

Die Bedienung des Gerätes vollzieht der seitlich angebrachte Touchscreen Monitor. Beim Messbeginn muss sich der Testleiter mit seiner eigenen angelegten „Testleiternummer“

einloggen. Danach erfolgt die Zuteilung des Probanden, indem die „Testnummer des Probanden“ am Touchscreen eingegeben wird. Die Zuteilung der Testnummer erfolgte bei der Probandeneingabe ins System. Nach der Eingabe der Probandennummer kann die Messreihe gestartet werden. Das Testprogramm führt den Testleiter durch einen standardisierten Ablauf und gewährt eine fehlerlose Vorgehensweise. Jeder Schritt wird rückgemeldet, „to do lists“ aufgezeigt, Messzeiten und Pausen eingezeichnet. Vor jeder einzelnen Messung wird die Testbedingung mit den dazugehörigen Aufgaben angezeigt. Während der Messung werden auf dem Bildschirm die Sohlen mit der Druckverteilung sichtbar. Für die Statistik erforderliche Messparameter werden im anschließenden Testprotokoll sichtbar.



Abbildung 17: Darstellung während der Messung (Sense Product, 2017)

6.4.2 Aufbau der Messreihe

Eine Messung eines Probanden setzt sich aus insgesamt 4 störungsfreien Messungen zusammen. Als „störungsfrei“ zählt das Ausschließen von Störparametern wie z.B. Geräusche, Vibrationen durch Berührung, Ablenkung,... Die folgende Tabelle zeigt die 4 Messungen:

Tabelle 3: 4 Gleichgewichtsmessungen

	Beschreibung der Einzelmessung	Abkürzung
1.Messung	Statisch, Augen offen	Stat., open
2.Messung	Statisch, Augen geschlossen	Stat., closed
3.Messung	Dynamisch, Augen offen	Dyn., open
4.Messung	Dynamisch, Augen geschlossen	Dyn., closed

Die optische Sinnesänderung von offen auf geschlossen brachte das Anbringen einer Augenbinde. Der statische und dynamische Wechsel am Gerät kann mithilfe von Kipphebeln geändert werden. Das Lösen der Kipphebel ermöglicht eine 3- dimensionale schwankende Gleichgewichtsplatte

Vor der Messung wurden die Daten der Schülerinnen und Schüler in das Online System der Firma „Sensewave“ eingegeben. Die relevantesten Daten für diese Messung waren Geburtsdatum, Körpergewicht, Körpergröße und Schuhgröße. Es durften zum Zeitpunkt der Messung z.B. keine Störungen am Bewegungsapparat oder Krankheiten vorliegen, denn dies könnte Auswirkungen auf die posturale Fähigkeit bei der Messung zeigen. Die Eingabe und Erhebung der Daten erfolgte 2 Tage vor dem ersten Messzeitpunkt.

Um den genauen Messablauf kennenzulernen wurden 3 SchülerInnen immer jeweils hinter dem Messgerät platziert. Diese waren für den/die Probanden/in nicht sichtbar und konnten die Messabfolge beobachten.

Nach dem Betreten des Messgerätes wurden die 4 Einzelmessungen durchgeführt. Nach jeder Messung musste eine Pause von 15 Sekunden eingehalten werden. Dabei wurde das Gerät verlassen und wiederum betreten. Die kurze Pause diente als Vorbereitung für die nächste Testbedingung.

Nach dem Betreten der Messplattform mussten die SchülerInnen möglichst zentral eine aufrechte Position einnehmen. D.h. dass sich der Fußballen vor der Mittellinie befindet und die Ferse hinter der Mittellinie. Die Fußspitzen und Fersen sollten dabei eine gleiche Höhe aufweisen. Eine Schablone verhalf den SchülerInnen ein schnelleres und präziseres Betreten des Messgerätes. Vor dem Messbeginn wurde die Schablone wiederum abgenommen.

Die Anweisungen an jede SchülerIn war ident. Die Standposition durfte nicht mehr verändert werden. Alle Schülerinnen standen bequem im bipedalen Stand ohne Schuhe auf der Plattform. Es wurde auf locker hängende Arme seitlich des Körpers geachtet. Die Knie sollten dabei weder überstreckt noch abgewinkelt sein. Der Kopf musste aufrecht gehalten werden und der Blick richtete sich auf einen Punkt, welcher 1,5m vor dem Messgerät an der Wand fixiert wurde. Die ersten beiden Messungen wurden statisch durchgeführt. Um die Messung dynamisch zu gestalten wurden die Fixierhebel seitlich an der Plattform gelöst. Die Sensorplatte wurde damit dreidimensional beweglich.

6.4.3 Messparameter

Nach der Messung werden dem Probanden folgende Messparameter geliefert. Die Darstellung erfolgt in einem 3 seitigen pdf.-File.

- Strecke des Druckmittelpunkts (COPT)
- Bewegungsfläche (ROM)
- Stabilitätsenergie (STEI)
- Harmonie (RQ)
- Bewegungskontrolle (zentralgesteuert/reflexgesteuert)
- Feedbackpfade der Wahrnehmung (visuell, vestibulär, somatosensorisch)
- Gewichtsverteilung (WD)

Abbildung 18 zeigt ein Messdatenblatt eines Probanden auf dem Messgerät.

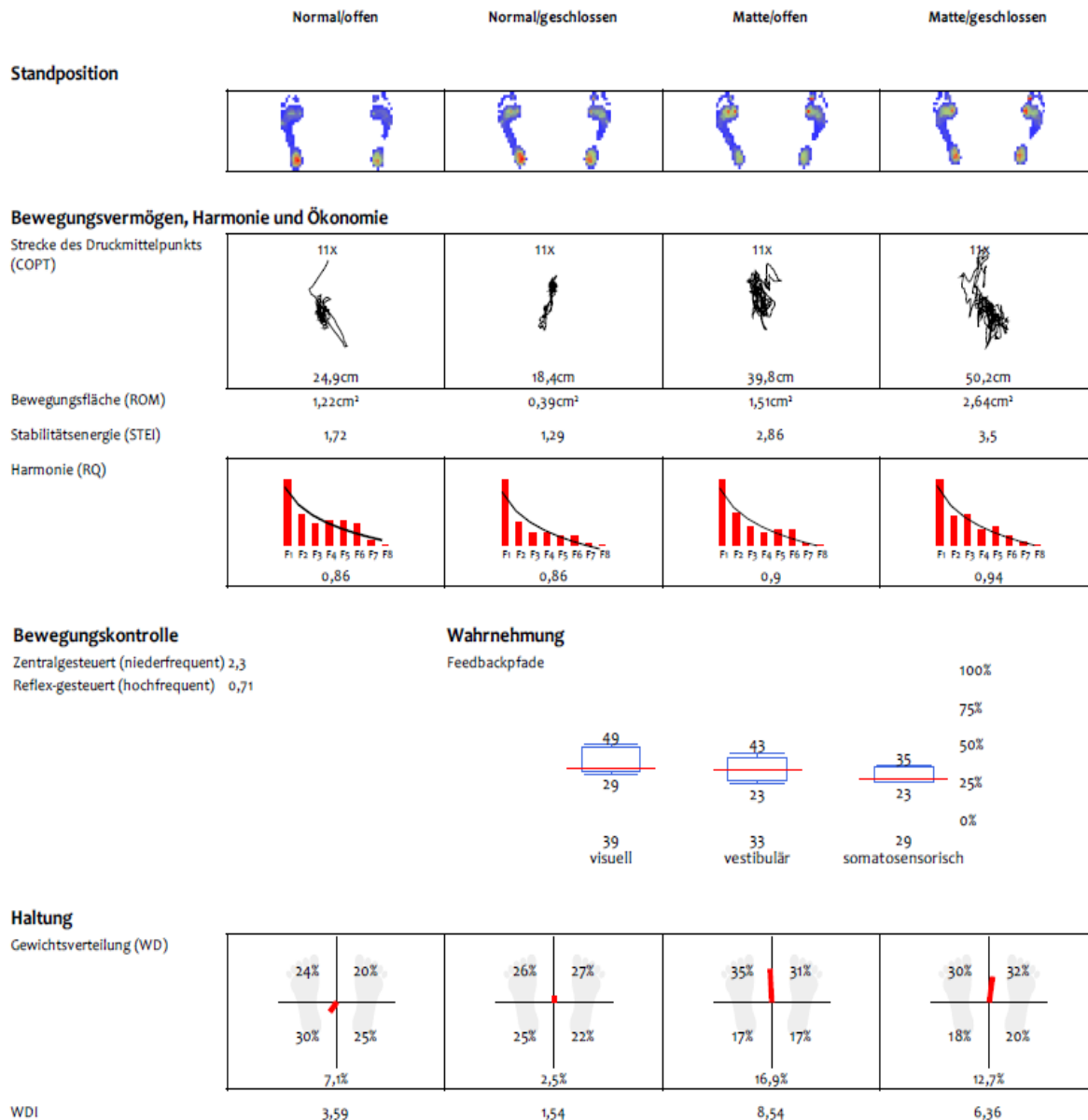


Abbildung 18: Darstellung des Messdatenblatts der Sensewave Messung. (Sensewave portable, 2017)

Die für diese Studie relevanten Messparameter COPT sowie ROM werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

6.4.4 Strecke des Druckmittelpunktes

Zech et al. (2014), Keller et al. (2014), Granacher et al (2010) und Verbecque et al (2016) analysierten bei ihren Untersuchungen die Strecke des Druckmittelpunktes den COPT

(center of pressure track). In der englischsprachigen Literatur wird dieser auch als Centre of pressure (COP) bezeichnet.

Das Grundprinzip des COP liegt darin, dass für den aufrechten Stand der Körperschwerpunkt (body center of mass, COM) durch neuromuskuläre Steuerung des Druckmittelpunktes (center of pressure, COP) über der Standfläche (base of support) im Lot gehalten werden muss. (vgl. Winter, 1995)

Der COP gibt Rückmeldungen über die Körperschwankungen und die Kräfte, die den COM und den Gravitationsschwerpunkt (center of gravity, COG) in der Standfläche halten, und dadurch die posturale Stabilität ermöglichen. (vgl. Winter, 1995).

Das Grundprinzip der Posturographie ist die Messung der Schwankung des COP. Ist diese Schwankung hoch und geht über die Stabilitätsgrenze des Probanden hinaus, so kann der COG (Center of gravity) nicht mehr über die Standfläche zurückgebracht werden und man läuft Gefahr die Balance zu verlieren. (vgl. Frenklach, et al., 2009). Die Messung des COP in der Posturographie kann damit ein geeignetes Verfahren sein, um die posturale Instabilität zu erfassen.

6.4.5 Bewegungsfläche (Range of motion, ROM)

In der Posturographie werden die spontanen Körperschwankungen im ruhigen Stand in Form der Projektion des Kraftschwerpunktes auf die Standfläche registriert und der Verlauf des Druckmittelpunktes auf der Standbasis gemessen. Die Parameter der Messung beschreiben zum einen eine Strecke, den der COP in der Messzeit auf der Plattform zurücklegt. Zum anderen beschreiben die Messwerte auch eine Schwankungsfläche, die der Druckmittelpunkt auf der Standfläche beschreibt. Diese Schwankungsfläche wird „Range of motion“ (englischsprachig auch „area of sway“) genannt. (vgl. Diener, 1988). Die Schwankungsfläche wird in cm² angegeben.

Nach Timann-Braun (2012) handelt es sich beim Range of motion um die Bewegungsfläche, bzw. Schwankungsfläche, welche der äußeren Kontour des COPTs gleicht.

6.5. Datenanalyse

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Computerprogramm „IBM SPSS Statistics 24“ auf einem Windows Computer. Das Signifikanzniveau zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe wurde mit einem unabhängigen T-Test bestimmt und das

Signifikanzniveau zwischen dem Pre- und Posttest erfolgte mit einem abhängigen T-Test. Das Signifikanzniveau wurde bei allen Tests auf $p < 0,05$ festgelegt.

Hierbei wurden die Ergebnisse der Kontrollgruppe vor dem Training mit den Ergebnissen der Kontrollgruppe nach dem Training verglichen. Darüber hinaus wurden die Werte der Interventionsgruppe vor dem Training mit den Werten der Interventionsgruppe nach dem Training verglichen. Dadurch konnte festgestellt werden, in welchen Bereichen eine Gruppe ihre Gleichgewichtsfähigkeit verbesserte.

In vielen Abschnitte wurde bei den T-Tests nicht die Normalverteilung geprüft, da die Stichprobengröße und ähnliche Gruppengröße von $n > 30$ keine Normalverteilungsprüfung verlangt. (vgl. Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann, 2010). Die Stichprobengröße von $n = 48$ kann hierbei als groß genug erachtet werden.

Bei dem abhängigen T-Test, bei welchen die Gruppengröße bei $n = 22$ (Interventionsgruppe) und $n = 24$ (Kontrollgruppe) liegt, wird die Differenz von der Vorher- und Nachher-Messung auf Normalverteilung überprüft. Die Normalverteilung wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov Test überprüft. Bei einem Sig.-Wert größer als 0,05 liegt keine Normalverteilung vor. Die Sig.-Wert Höchstgrenze wurde von SPSS auf 0,2 gelegt.

7. Ergebnisse

7.1. Pretest Unterschiede

Im Folgenden werden die statistischen Unterschiede der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe nach dem Pretest dargestellt. Die einzelnen Kategorien sind in Unterkapitel geteilt.

7.1.1 Alter Körpergröße und Gewicht

Es gab keine statistischen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen im Alter, dem Körpergewicht, der Körpergröße und den Gleichgewichtsmessungen (COPT, ROM). In der folgenden Tabelle werden die Unterschiede der Gruppen dargestellt:

Tabelle 4: Alter, Größe und Körpergewicht von der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe

N=48	Kontrollgruppe (n=24)		Interventionsgruppe (n=24)		Unterschied
	<u>Mittelwert</u>	<u>Std.</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Std.</u>	<u>p-Wert</u>
Alter (Jahre)	11,3	0,6	11,2	0,5	0,709
Gewicht (kg)	49,1	12,6	44,2	8,8	0,138
Körpergröße (cm)	154,4	9,4	153,3	6,9	0,692

7.1.2 COPT Unterschiede

Um einen Überblick der Daten zu erhalten werden in der folgenden Tabelle die COPT Werte aller ProbandInnen beim Pretest dargestellt.

Tabelle 5: Pretest COPT-Werte

COPT 1-4 (n=48)	Mittelwert	95% Konfidenz Untergrenze	95%-Konfidenz Obergrenze
COPT 1 (stat. Open)	22,5	20,8	24,5
COPT 2 (Stat., closed)	29,6	27,1	32,7
COPT 3 (Dyn., open)	31,7	28,9	34,7
COPT 4 (Dyn., closed)	44	39,1	49,9

Die Unterschiede zwischen Kontrollgruppe und Interventionsgruppe werden in Tabelle 6 dargestellt. In allen vier Fällen gibt es zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe keinen Unterschied im COPT.

Tabelle 6: COPT Unterschiede der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe

COPT 1-4 in cm (n=48)	Kontrollgruppe (n=24)		Interventionsgruppe (n=24)		Unterschied
	<u>Mittelwert</u>	<u>Std.</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Std.</u>	<u>p-Wert</u>
COPT 1 (stat. Open)	23,2	8,0	21,7	4,6	0,427
COPT 2 (Stat., closed)	30,2	11,9	29,0	7,2	0,707
COPT 3 (Dyn., open)	31,3	10,3	32,1	9,8	0,713
COPT 4 (Dyn., closed)	46,4	21,5	41,6	14,8	0,381

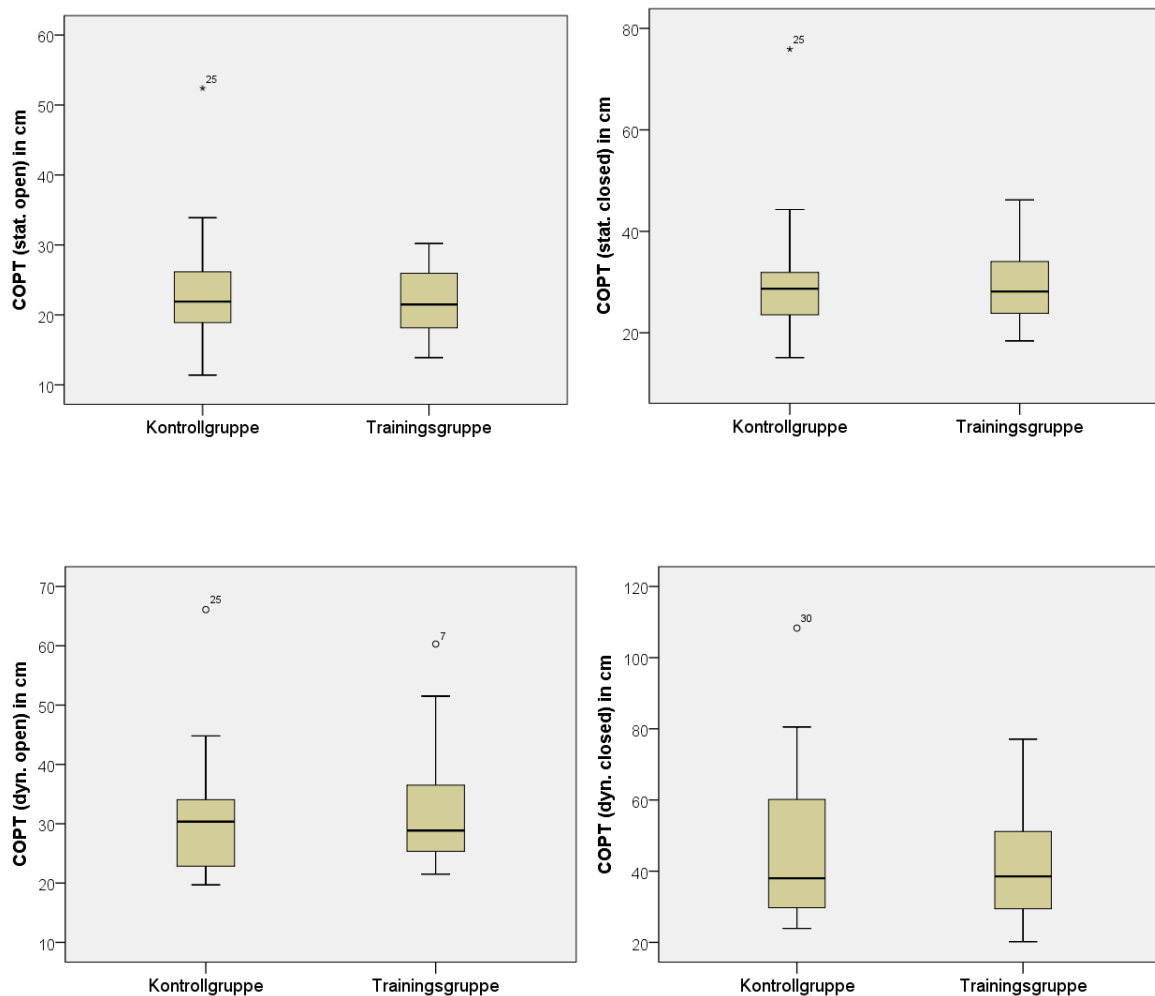


Abbildung 19: Messwerte des COPTs der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe

7.1.3 ROM Unterschiede

Die Range of Motion (RoM) Ergebnisse werden von allen 4 Messungen für Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe gegenüberstellend dargestellt. Die Ergebnisse beziehen sich auf die 1. Messung und wurden vor dem ersten Gleichgewichtstraining (bzw. Regelunterricht für Kontrollgruppe) erhoben.

Tabelle 7: ROM Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe

ROM 1-4 in cm ² (n=48)	Kontrollgruppe (n=24)		Interventionsgruppe (n=24)		Unterschied
	<u>Mittelwert</u>	<u>Std.</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Std.</u>	<u>p-Wert</u>
ROM 1 (stat. Open)	0,68	0,43	0,69	0,53	0,896
ROM 2 (Stat., closed)	1,02	0,89	0,96	0,67	0,934
ROM 3 (Dyn., open)	1,82	0,91	1,99	1,47	0,812
ROM 4 (Dyn., closed)	4,24	3,58	3,52	2,64	0,404

Die Werte lassen keine statistischen Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe nach dem Pretest erkennen. In der statischen Position liegt die ROM Fläche fast innerhalb von 1 cm², auffällig ist hierbei auch der minimale Unterschied zu den geschlossenen Augen. Zwischen den statischen und dynamischen Messungen werden die Messwerte beträchtlich größer. In der dynamischen Messung zeigt sich der Unterschied zwischen den offenen Augen (K=1,82; T=1,99) und den geschlossenen Augen (K=4,24; T=3,52) bemerkenswert größer als bei der statischen Messung. Anschließend werden die Messergebnisse in einem Boxplot Diagramm dargestellt.

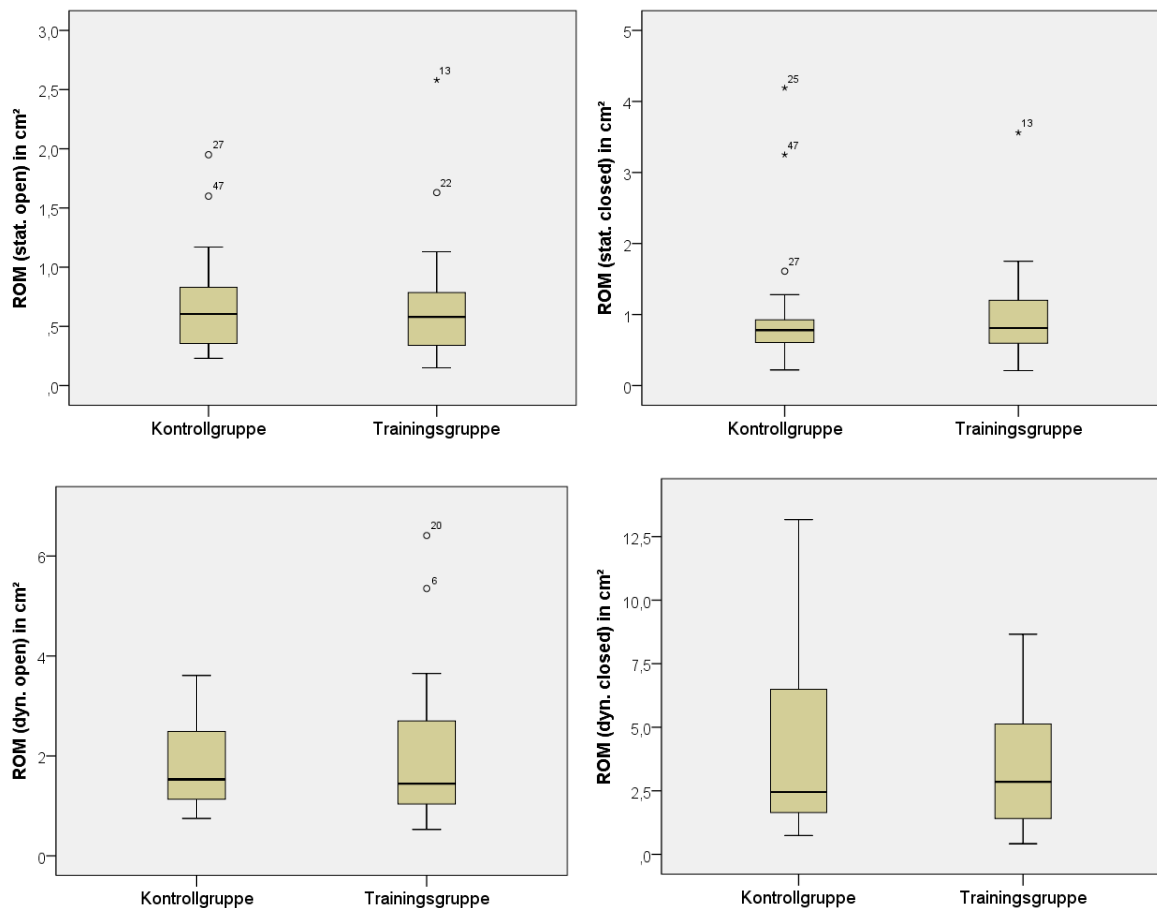


Abbildung 20: Messwerte des ROMs der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe

Statistisch gesehen hat die Einteilung der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe per Los nach dem Pretest keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hervorgebracht. Beide Gruppen starteten mit den gleichen Voraussetzungen in das 5-wöchige Training.

7.2. Posttest- Unterschiede

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse vor und nach dem Training dargestellt. Hierbei wurden die Werte vor der Messung mit den Werten nach der Messung innerhalb der Gruppe analysiert.

7.2.1 COPT - Unterschiede

Tabelle 8 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichung und den p-Wert aller Testergebnisse.

Tabelle 8: COPT Werte/Unterschiede der Kontroll- und Interventionsgruppe beim Pre und Posttest

COPT in cm						
Messung n=46	Gruppe		Kolmogorov-Smirnov	Mittelwert	Std	p-Wert
COPT 1 (Stat. Open)	Kontrollgruppe (n=24)	Pre	0,200	23,2	8,0	0,444
		Post		24,0	5,6	
	Interventionsgruppe (n=22)	Pre	0,200	21,7	4,6	0,000
		Post		25,6	5,4	
COPT 2 (Stat. Closed)	Kontrollgruppe (n=24)	Pre	0,200	30,2	11,9	0,299
		Post		32,1	8,8	
	Interventionsgruppe (n=22)	Pre	0,058	29,0	7,2	0,235
		Post		30,6	8,2	
COPT 3 (Dyn. Open)	Kontrollgruppe (n=24)	Pre	0,200	31,3	10,3	0,334
		Post		32,8	7,5	
	Interventionsgruppe(n=22)	Pre	0,126	32,4	10,0	0,042
		Post		29,2	7,6	
COPT 4 (Dyn. Closed)	Kontrollgruppe (n=24)	Pre	0,025	46,4	21,6	0,812
		Post		46,9	14,6	
	Interventionsgruppe (n=22)	Pre	0,200	41,6	14,1	0,373
		Post		39,6	12,4	

In der Kontrollgruppe gibt es in keinem Bereich zwischen Pre- und Posttest signifikante Unterschiede. Die COPT Mittelwerte zeigen bei der Kontrollgruppe zwischen Pre- und Posttest eine Steigerung. Das Ergebnis beim COPT 4(dyn. Closed) muss hier allerdings mit Vorsicht betrachtet werden. Aufgrund des Kolmogorov-Smirnov Test liegt hierbei keine Normalverteilung der Messwertdifferenzen vor. Die Voraussetzung für die Testdurchführung ist dadurch nicht gegeben.

Die Interventionsgruppe zeigt mehrere Auffälligkeiten. Beim COPT auf einer statischen Platte mit geöffneten Augen gibt es zwischen Pre- und Posttest einen Unterschied. Die Signifikanz von $p=0,000$ zeigt, dass sich der COPT nach dem Training von 21,7 ($\pm 4,6$) cm auf 25,6 ($\pm 5,4$) cm in dieser Gruppe vergrößerte.

Der COPT auf der dynamischen Platte mit geöffneten Augen zeigt signifikante Unterschiede in der Interventionsgruppe von $p=0,046$. Der COPT Wert ist von $32,4 \pm 10$ cm auf $29,2 \pm 7,6$ cm gesunken.

Der COPT Mittelwert ist auf der dynamischen Platte mit geschlossenen Augen von 41,6 cm auf 39,6 cm gesunken. Allerdings liegt hierbei der Unterschied bei $p=0,373$. In Anbetracht der Tatsache, dass in der Kontrollgruppe die Messergebnisse nach dem Kolmogorov Smirnov Test nicht normalverteilt sind, kann der Vergleich mit der Kontrollgruppe vernachlässigt werden.

Die folgenden Box-Plots zeigen die COPT-Werte aller Gruppen und Messungen (Der Pretest ist jeweils in blauer- und der Posttest in grüner Farbe dargestellt).

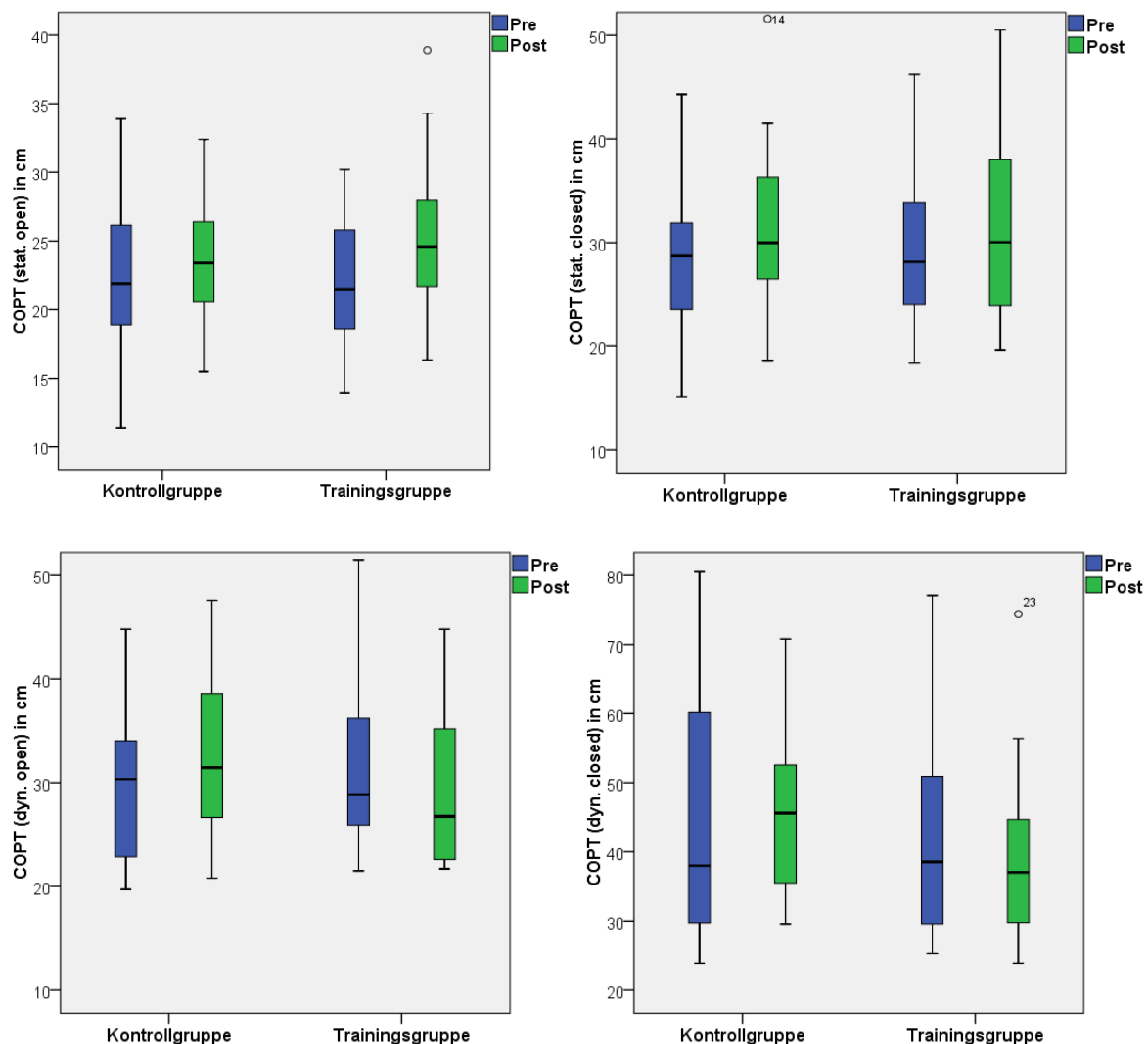


Abbildung 21: COPT Werte der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei Pre- und Posttest

7.2.2 ROM Unterschiede

Die Analyse des ROM passierte gleich mit der des COPT. Tabelle 9 zeigt die ROM Werte mit dem Mittelwert der Standardabweichung und dem p-Wert.

Tabelle 9: ROM Werte/Unterschiede der Kontroll- und Interventionsgruppe beim Pre- und Posttest

ROM in cm ²						
Messung n=46	Gruppe		Kolmogorov-Smirnov	Mittelwert	Std	p-Wert
ROM 1 (Stat. Open)	Kontrollgruppe (n=24)	Pre	0,200	0,68	0,42	0,660
		Post		0,65	0,32	
	Interventionsgruppe (n=22)	Pre	0,082	0,7	0,56	0,207
		Post		0,96	0,61	
ROM 2 (Stat. Closed)	Kontrollgruppe (n=24)	Pre	0,018	1,02	0,89	0,442
		Post		1,17	0,75	
	Interventionsgruppe (n=22)	Pre	0,200	1	0,68	0,670
		Post		1,06	0,67	
ROM 3 (Dyn. Open)	Kontrollgruppe (n=24)	Pre	0,200	1,82	0,91	0,251
		Post		2,07	1,09	
	Interventionsgruppe(n=22)	Pre	0,005	1,9	1,32	0,690
		Post		1,78	0,97	
ROM 4 (Dyn. Closed)	Kontrollgruppe (n=24)	Pre	0,025	4,23	3,58	0,285
		Post		4,78	3,24	
	Interventionsgruppe (n=22)	Pre	0,120	3,46	2,49	0,847
		Post		3,61	3,99	

Die ROM Werte zeigen in keinem Bereich signifikante Unterschiede, weder bei der Kontrollgruppe noch bei der Interventionsgruppe. Sie lassen allerdings eine Tendenz bei der statischen Messung mit geöffneten Augen erkennen. Die Steigerung des ROM auf einer statischen Platte bei geöffneten Augen ist mit einem Unterschied von $p=0,207$ ähnlich dem der COPT Werte. Die Normalverteilung der Messwertdifferenzen sind bei ROM2 (stat. Closed) und ROM4 (dyn. Closed) in der Kontrollgruppe und bei ROM3 (dyn. open) in der Interventionsgruppe nicht gegeben. Diese Messergebnisse sind daher statistisch gesehen nicht aussagekräftig.

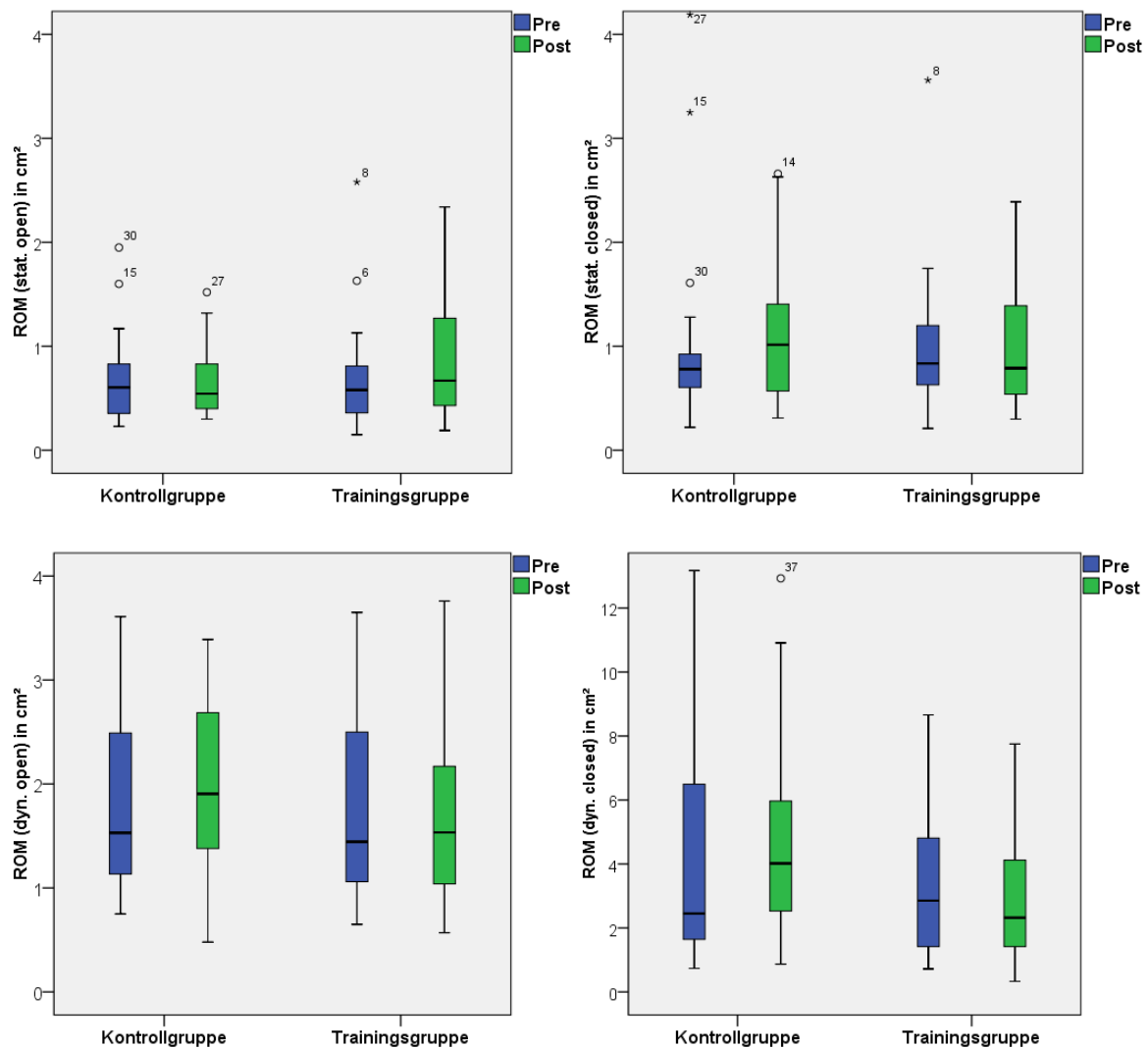


Abbildung 22: ROM Werte der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei Pre- und Posttest

7.2.3 Kategorien statisch, dynamisch, offene Augen, geschlossene Augen

Im Folgenden werden die einzelnen Messkategorien analysiert. Hierbei wurden jeweils die einzelnen Messwerte von 2 Messungen zusammengefasst und verglichen. Die einzelnen Unterkategorien des COPT „statisch“, „dynamisch“, „offene Augen“ und „geschlossene Augen“ werden in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Einzelne COPT Werte der Kategorien der Kontroll- und Interventionsgruppe beim Pre- und Posttest

Messkategorisierung COPT					
Messung n=46	Gruppe		Mittelwert	Std	p-Wert
Statisch	<i>Kontrollgruppe (n=48)</i>	<i>Pre</i>	26,7	10,6	0,194
		<i>Post</i>	28,06	8,3	
	<i>Interventionsgruppe (n=42)</i>	<i>Pre</i>	25,4	7,1	0,002
		<i>Post</i>	28,1	7,3	
Dynamisch	<i>Kontrollgruppe (n=48)</i>	<i>Pre</i>	38,8	18,4	0,451
		<i>Post</i>	39,8	13,5	
	<i>Interventionsgruppe (n=42)</i>	<i>Pre</i>	37,3	12,9	0,048
		<i>Post</i>	34,6	11,5	
Offen	<i>Kontrollgruppe (n=48)</i>	<i>Pre</i>	27,3	10	0,212
		<i>Post</i>	28,4	7,9	
	<i>Interventionsgruppe(n=42)</i>	<i>Pre</i>	27,02	9,4	0,722
		<i>Post</i>	27,4	6,8	
Geschlossen	<i>Kontrollgruppe (n=48)</i>	<i>Pre</i>	38,3	19,1	0,391
		<i>Post</i>	39,5	14,1	
	<i>Interventionsgruppe (n=42)</i>	<i>Pre</i>	35,3	12,8	0,867
		<i>Post</i>	35,1	11,3	

Die Kontrollgruppe zeigt in keinem Bereich signifikante Unterschiede.

Die Interventionsgruppe weist in der Kategorie „statisch“ und „dynamisch“ signifikante Unterschiede auf. Bei den statischen Messungen hat sich der COPT Wert von 25,4 ($\pm 7,1$) cm auf 28,1 ($\pm 7,3$) cm signifikant ($p=0,002$) vergrößert.

Bei den dynamischen Messungen wurde der COPT Wert von 37,3 ($\pm 12,9$) cm auf 34,6 ($\pm 11,5$) cm signifikant ($p=0,048$) verringert.

Die Kategorien „offene Augen“ und „geschlossene Augen“ weisen keine signifikanten Unterschiede auf.

Die ROM Werte der einzelnen Kategorien werden in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Einzelne ROM Werte der Kategorien der Kontroll- und Interventionsgruppe beim Pre- und Posttest

Messkategorisierung ROM					
Messung n=46	Gruppe		Mittelwert	Std	p-Wert
Statisch	<i>Kontrollgruppe (n=48)</i>	<i>Pre</i>	0,85	0,71	0,573
		<i>Post</i>	0,91	0,63	
	<i>Interventionsgruppe (n=42)</i>	<i>Pre</i>	0,85	0,63	0,211
		<i>Post</i>	0,97	0,64	
Dynamisch	<i>Kontrollgruppe (n=48)</i>	<i>Pre</i>	3,11	2,93	0,151
		<i>Post</i>	3,56	2,79	
	<i>Interventionsgruppe (n=42)</i>	<i>Pre</i>	2,68	2,12	0,976
		<i>Post</i>	2,69	3,02	
Offen	<i>Kontrollgruppe (n=48)</i>	<i>Pre</i>	1,25	0,91	0,346
		<i>Post</i>	1,36	1,07	
	<i>Interventionsgruppe(n=42)</i>	<i>Pre</i>	1,30	1,17	0,831
		<i>Post</i>	1,34	0,92	
Geschlossen	<i>Kontrollgruppe (n=48)</i>	<i>Pre</i>	2,46	2,84	0,471
		<i>Post</i>	2,84	2,85	
	<i>Interventionsgruppe (n=42)</i>	<i>Pre</i>	2,23	2,19	0,788
		<i>Post</i>	2,33	3,11	

Die ROM Werte zeigen in keiner Kategorie weder in der Kontrollgruppe noch in der Interventionsgruppe signifikante Auffälligkeiten. Entsprechend den COPT Werten zeigt Interventionsgruppe in der statischen Messung mit einem Unterschied von $p=0,211$ eine kleinere Tendenz.

8. Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war die Auswirkungen eines 5- wöchigen Gleichgewichtstraining mithilfe des Messgerätes „Sensewave“ bei SchülerInnen im regulären Turnunterricht festzustellen. Um einerseits mehr Erfahrung und Referenzwerte für das Messgerät „Sensewave“ zu erhalten und zum anderen das Gleichgewichtstraining in der Schule zu entwickeln bzw. festzustellen, ob ein derartiges Gleichgewichtstraining, welches zu messbaren Entwicklungen führt, durchführbar ist.

Es wird beschrieben, dass ein guter Fitnesszustand in der Kindheit und der Adoleszenz einen positiven Einfluss auf die Gesundheit im Erwachsenenalter hat, und sich dieser Vorgang von der Kindheit über die Adoleszenz in das Erwachsenenalter vollzieht. (vgl. Hallal et al., 2006) Deshalb sollten gezielte Interventionsprogramme angeboten werden, welche das Potential der Fitness in der Adoleszenz entwickeln.

Defizite in der Motorik gehören zu den Teilursachen für Stürze bei Kindern und Jugendlichen. Kinder sind dabei einem größeren Risiko ausgeliefert als junge Erwachsene, da ihr neuromuskuläres System noch nicht völlig entwickelt ist. Denn Defizite in der posturalen Kontrolle sind bei Kindern im Gegensatz zu Erwachsenen viel größer. Derartige Defizite können durch ein gezieltes Training vermindert werden. (vgl. Kambas et al., 2004)

Deshalb sollten adaptierte Interventionsprogramme im Kindergarten, Schulen und Sportvereinen angeboten werden, welche das Sturzrisiko vermindern. (vgl. Granacher et al., 2011).

Im Kapitel 4 bereits beschrieben, führt ein gezielt angeleitetes und methodisch richtig aufbereitetes Gleichgewichtstraining zu signifikanten Verbesserungen der Gleichgewichtsfähigkeit. Die Wichtigkeit von der richtigen Methodik wird bei SchülerInnen viel relevanter. Der klassische Zugang des monotonen zeitgestoppten Stationentrainings findet nach Granacher et al. (2011b) bei SchülerInnen keinen positiven Effekt.

8.1. Statische Ergebnisse

Die Entwicklung von der Gleichgewichtsfähigkeit nach einem Gleichgewichtstraining wird von vielen Studien belegt. Die Aussage, dass ein angepasstes Gleichgewichtstraining die stabile Gleichgewichtsfähigkeit verbessert wird in dieser Untersuchung widerlegt. Die Kinder haben sich bei dieser Untersuchung im COPT bei der stabilen Gleichgewichtsmessung mit geöffneten Augen signifikant verändert. Auch die ROM Werte geben einen kleineren Hinweis auf eine Veränderung. Bei den statischen Messungen hat sich der COPT Wert von 25,4 ($\pm 7,1$) cm auf 28,1 ($\pm 7,3$) cm signifikant ($p=0,002$) vergrößert.

Auch der ROM Wert zeigt im Gegensatz zur Kontrollgruppe eine größere nicht signifikante Veränderung ($p=0,211$) von $0,85 (\pm 0,63) \text{ cm}^2$ auf $0,97 (\pm 0,64) \text{ cm}^2$. Die folgende Abbildung zeigt die Veränderung der statischen Messung, wobei hier die geöffneten und die geschlossenen Augen zusammengefügt wurden.

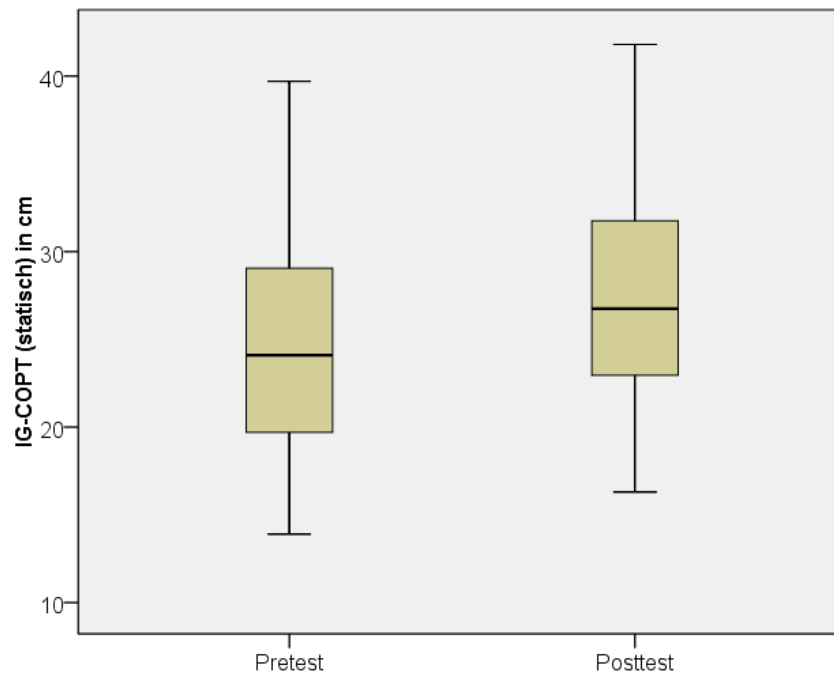


Abbildung 23: Signifikante Veränderung des COPT Wertes in der Interventionsgruppe

Das Gesamtergebnis wird mit dem Vergleich zur Kontrollgruppe relativiert. Da die Kontrollgruppe mit einem Unterschied im COPT Wert zwischen Pre- und Posttest von $p=0,194$ nahe an der 0,05-Grenze liegt. Auch bei der Kontrollgruppe haben sich die statischen Ergebnisse von $26,7 (\pm 10,6) \text{ cm}$ auf $28,06 (\pm 8,3) \text{ cm}$ verschlechtert.

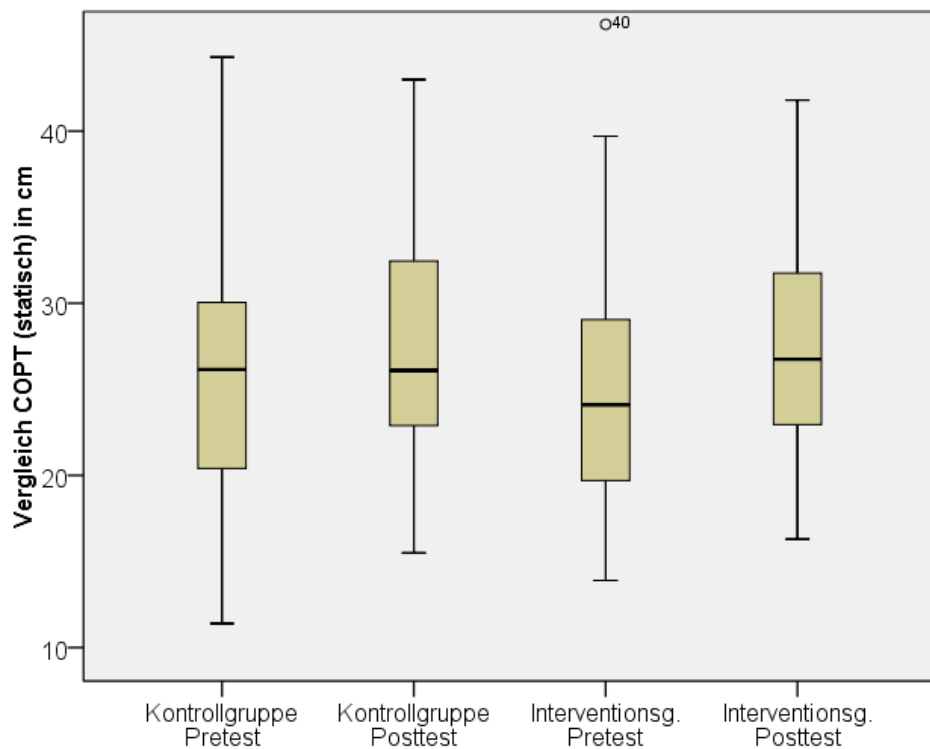


Abbildung 24: Vergleich der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe im COPT (statisch) Wert

Betrachtet man allerdings die alleinige Kategorie mit den geöffneten Augen, so wird hierbei ersichtlich, dass sich der p-Wert von der Kontrollgruppe $p=0,444$ von dem der Interventionsgruppe mit $p=0,000$ deutlich unterscheidet. In der Kategorie mit geschlossenen Augen gibt es im statischen Bereich keine signifikanten Unterschiede, denn beim Gleichgewichtstraining wurde ausschließlich mit geöffneten Augen trainiert.

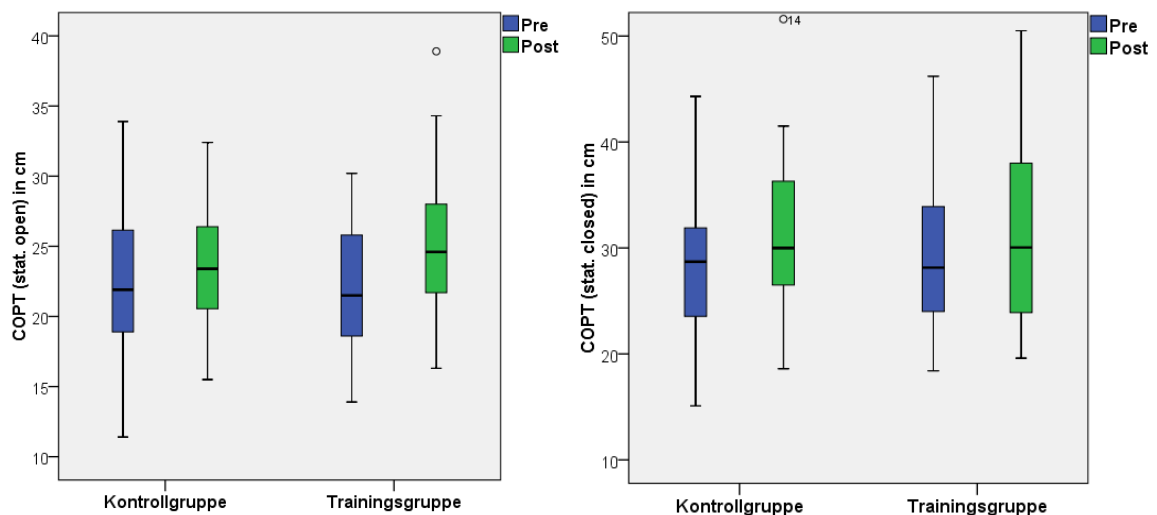


Abbildung 25: COPT Boxplot bei statischen Messungen (links: geöffnete Augen; rechts: geschlossene Augen)

Die Vergrößerung des COPT Wertes bei den statischen Messungen beider Gruppen und vor allem in der Interventionsgruppe kann mehrere Gründe haben. Der Vergleich mit der Literatur zeigt, dass hierbei öfters von unterschiedlichen Ergebnisse berichtet wird. DiStefano et al. (2010) beobachtete, das Gleichgewichtstraining, welches auf einem harten Untergrund durchgeführt wird die Gleichgewichtsschwankungen sogar vergrößerten. Granacher et al. (2011b) konnten auch keine Verbesserung der posturalen Kontrolle nach einem Gleichgewichtstraining auf einem harten Untergrund bei 6-7 jährigen Kindern feststellen. Arabatzi (2016) führte ein 3- wöchiges plyometrisches Training auf einem Minitrampolin durch. Hierbei verbesserte sich das statische Gleichgewicht im normalen Aufrechten Stand signifikant. Auch Strahm (2016) bestätigt die Aussage, dass sich die stabile Gleichgewichtsfähigkeit nach einem spielerisch geleitenden Gleichgewichtstraining nicht verändert. In ihren Untersuchungen ist die stabile Gleichgewichtsfähigkeit gleichgeblieben.

Smithson et al. (1998) berichten von dem Phänomen, dass der Gleichgewichtstest die Probandinnen fordern sollte. Sie untersuchten Parkinson Patienten mit einer höheren Unfallvergangenheit mit Parkinson Patienten ohne Unfallvergangenheit. Die Differenzen in der Gleichgewichtsfähigkeit wurden erst bei schwereren Testbedingungen sichtbar. Bei den einfachen Gleichgewichtstests (beidbeiniger Stand) gab es zwischen beide Gruppen keine Unterschiede. Smithson et al. (1998) schreiben, dass es den einfachen Test an Sensibilität fehle um die Gruppen zu unterscheiden. Andere Autoren berichten vom gleichen Phänomen. (vgl. Bohannon et al., 1984; Cohen, 1993; zit. n. Smothson, 1998).

Taube et al. (2010) führten Gleichgewichtsmessungen bei Senioren vor und nach einem Inlineskate - Training durch. Sie berichteten, dass sich die Probanden beim beidbeinigen Stand auf dem Posturomed und der Kraftmessplatte verschlechterten. Je schwieriger der Gleichgewichtstest wurde, desto besser und größer zeigten sich die Fortschritte. Taube et al. (2010) haben daraus geschlossen, dass sich einfache Testbedingungen nicht dafür eignen Gleichgewichtsfähigkeiten zu messen.

Im Unterschied zu den übrigen Untersuchungen, wo posturographische Messungen auf Kraftmessplatten durchgeführt werden, erfolgen bei Sensewave Messungen von Druckschwankungen welche mittels sehr hoher Auflösung (30 Hz) erfasst werden. Ein höherer COPT könnte mit hoher Wahrscheinlichkeit auch darauf zurückzuführen sein, dass nach einem Gleichgewichtstraining die Kinder schnellere und häufigere Ausgleichbewegungen durchführen wodurch sich der COPT ebenfalls erhöhen würde.

Dies liegt vielleicht darin, dass die Kraft in der posturalen Muskulatur angestiegen ist. Damit verbunden die nervale Ansteuerung der posturalen Haltungskontrolle. Durch die gezielte

Ansteuerung dieser Muskulatur bei unterschiedlichen Gleichgewichtsübungen kann die Kraft im Stand auf einer stabilen Gleichgewichtsplatte erhöht werden. Im stabilen Stand erweist sich dadurch die posturale Stabilität als reaktionsfreudiger. Der COPT bewegt sich kräftiger, ein Ungleichgewicht wird damit kräftiger und schneller ausgeglichen. Die Kraft, die auf Standfläche wirkt dadurch größer und der COPT im stabilen Stand wächst an.

Weiters kann ein Grund darin liegen, dass das Setting einer Turnstunde die Konzentration für das stabile Gleichgewicht nicht zulässt. Die SchülerInnen müssen ihre Konzentrationsleistung den gesamten Schultag aufrechterhalten. Im Sportunterricht angekommen, wird die kognitive Anstrengung vernachlässigt. So zeigen Granacher et al. (2011b) dass ein Gleichgewichtstraining in Zirkelform, welches eine hohe Konzentrationsleistung erfordert zu keiner Verbesserung in der Gleichgewichtsfähigkeit führt. Daher ist das Verharren in einer Position für Kinder uninteressant. Vielmehr zählt die Abwechslung in der Bewegung, und damit verbunden das Training in der Vielseitigkeit und Dynamik.

Wird das Gleichgewichtstraining der Kinder genauer betrachtet, so liegt hierbei der Fokus in der Dynamik. Statische Übungen, in der kurzen Bewegungszeit bei Kindern wäre nicht zielführend, würde vielleicht die Motivation der Kinder im Turnunterricht vermindern und könnten dadurch zu keinen Verbesserungen führen. Darüber hinaus würde die Lautstärke im Turnsaal und die Hektik der vielen Kinder in Bewegung statisch konzentrierte Übungen erfahrungsgemäß schwer zulassen. Denn in dieser Studie wurde in einem dreigeteilten Turnsaal trainiert. Die einzelnen Turnsäle sind mit einem Vorhang getrennt. Selbst wenn die eigene Interventionsgruppe ganz leise wäre, würde die Lautstärke bei den anderen Kindern den eigenen Turnsaal übertönen.

8.2. Dynamische Ergebnisse

Die dynamischen Messungen zeigen das erkenntnisgewinnendste Ergebnis. Hierbei verbesserte sich der COPT Wert in der Interventionsgruppe signifikant $p=0,48$ von 37,3 ($\pm 12,9$) cm auf 34,6 ($\pm 11,5$) cm. Die folgende Abbildung zeigt den gesamten COPT Wert Vergleich sowohl mit geöffneten Augen als auch mit geschlossenen Augen

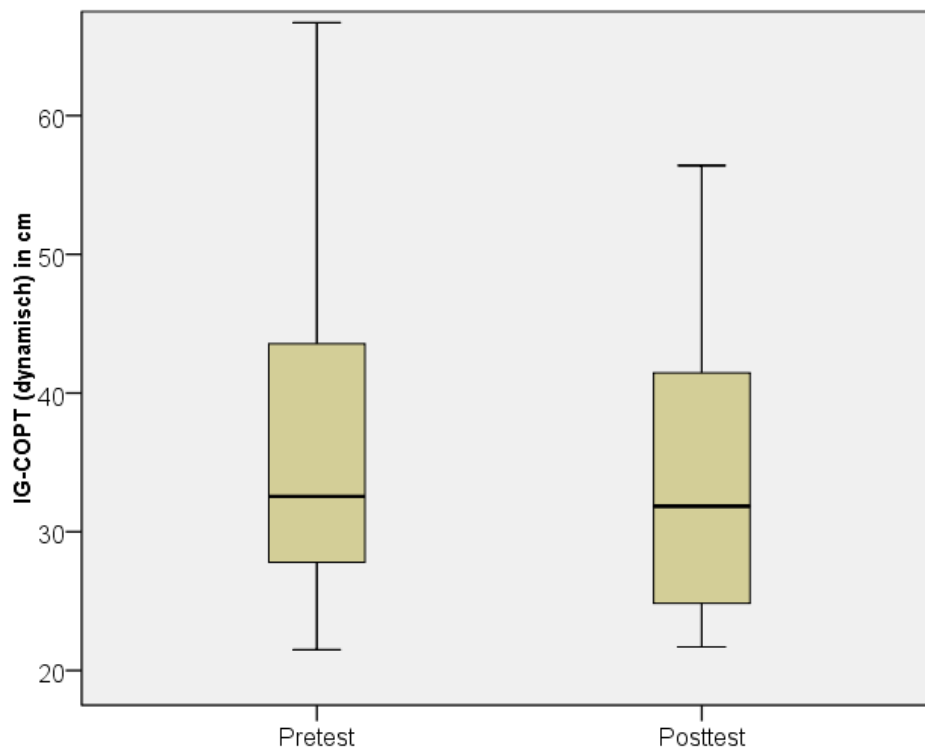


Abbildung 26: Signifikante Veränderung des COPT Wertes in der Interventionsgruppe

Der Vergleich mit der Kontrollgruppe verdeutlicht die Verbesserung im dynamischen COPT Wert. Die Kontrollgruppe hat hierbei einen Unterschied von $p=0,451$ und vergrößerte den Wert von $38,8 (\pm 18,4)$ cm auf $39,8 (\pm 13,5)$ cm. Abbildung 27 zeigt den Vergleich aller dynamischen Messwerte zwischen Kontrollgruppe und Interventionsgruppe.

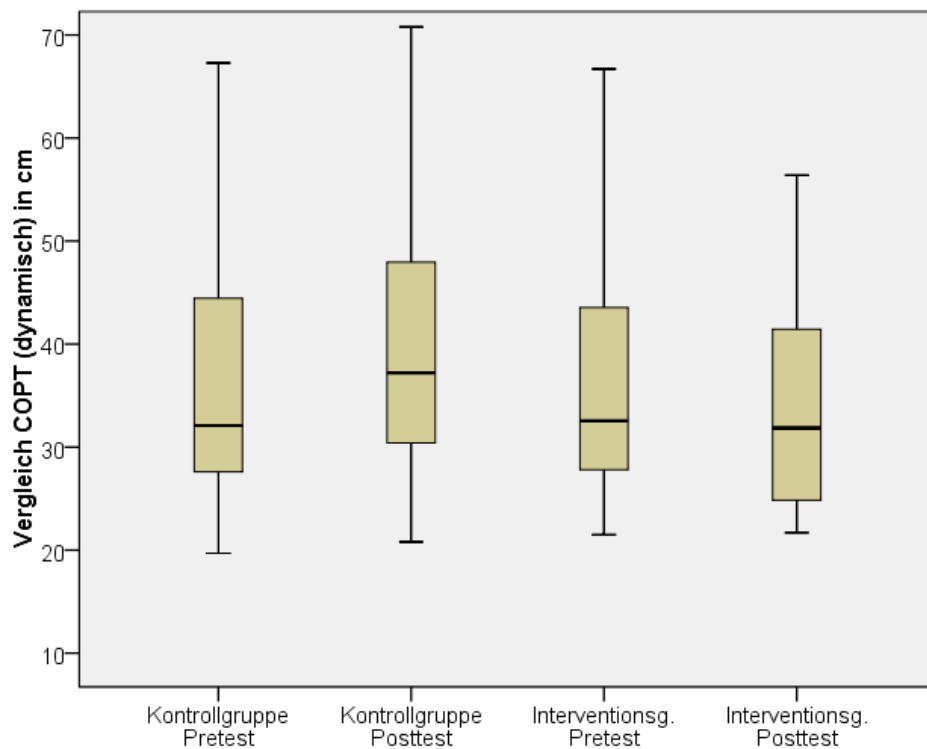


Abbildung 27: Vergleich der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe im COPT (dynamisch) Wert.

Wobei auch bei diesem Ergebnis der Wert mit den geöffneten Augen viel deutlicher ausfällt als der mit den geschlossenen Augen. Die Interventionsgruppe unterscheidet sich bei geöffneten Augen signifikant bei der dynamischen Messung zwischen Pre- und Posttest $p=0,042$ und bei den geschlossenen Augen nicht signifikant voneinander $p=0,373$. Abbildung 28 zeigt den Boxplot der dynamischen COPT Werte mit geöffneten/geschlossenen Augen.

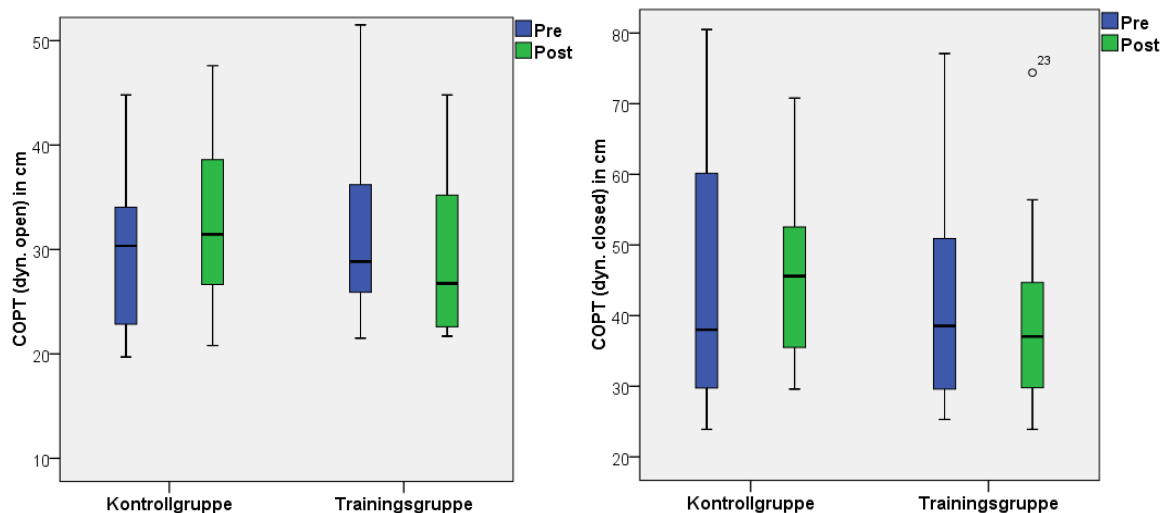


Abbildung 28: Dynamische COPT Werte mit geöffneten Augen/geschlossenen Augen der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei Pre- und Posttest

Im ROM gibt es keine signifikanten Unterschiede, weder in der Kontrollgruppe noch in der Interventionsgruppe.

Im Gegensatz zu den statischen Ergebnissen haben sich die dynamischen COPT Werte deutlich verbessert. Das spielerisch adaptierte Gleichgewichtstraining für SchülerInnen scheint einen Einfluss auf die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit zu haben. Dieser Effekt konnte im Kapitel 4.4 bestätigt werden. Viele Studien weisen auf den positiven Effekt eines dynamischen Gleichgewichtstrainings auf die Gleichgewichtsleistung hin. Hierbei ist es sehr relevant, dass sich die Gleichgewichtsfähigkeit entsprechend des Alters immer unterschiedlich ändert, und in diesem Fall das Training positive Auswirkungen auf genau diese Altersgruppe hatte. Dies bedeutet, dass die SchülerInnen während des Trainings die intrinsische Motivation hoch hielten um ihre Gleichgewichtsfähigkeit zu verbessern.

Verbunden mit der Tatsache, dass eine Gleichgewichtsmessung fordernd sein soll um die Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit festzustellen (vgl. Taube, 2010; Smithson et al., 1998) stellte sich die dynamische Messung als schwierig genug heraus um die Entwicklung in der Gleichgewichtsfähigkeit deutlich zu machen.

8.3. Offene Augen

Bei der Kontrollgruppe zeigte die Kategorie der offenen Augen keine signifikanten Ergebnisse.

Die ROM Werte zeigten keine signifikanten Ergebnisse. Alle signifikanten Ergebnisse ($p=0,000$; $p=0,042$) ergaben sich bei der Interventionsgruppe bei offenen Augen bei den

COPT Werten. Sowohl bei der statischen Messung von 21,7 ($\pm 4,6$) cm auf 25,6 ($\pm 5,4$) cm als auch bei der dynamischen Messung von 32,4 (± 10) cm auf 29,2 ($\pm 7,6$) cm veränderten sich der COPT Wert beim Pre und Posttest. In der gesamten Kategorie der offenen Augen (statisch und dynamisch zusammengefasst) gab es in der Interventionsgruppe keine signifikanten Unterschiede ($p=0,722$) zwischen Pre und Posttest. Der Grund dafür liegt darin, dass sich bei der statischen Messung der COPT Wert vergrößerte und bei der dynamischen Messung der COPT Wert verringerte.

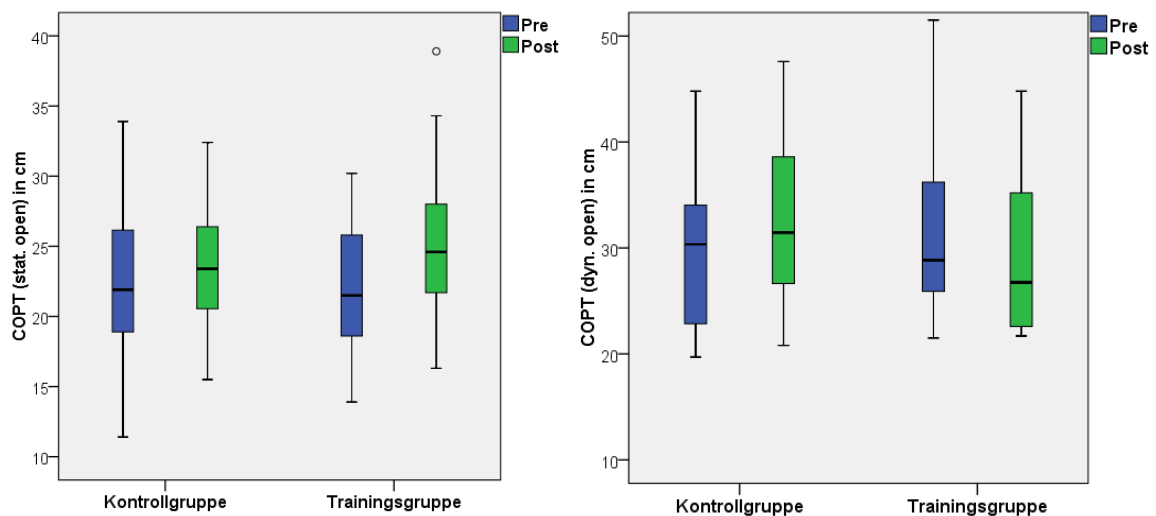


Abbildung 29: COPT Werte mit geöffneten Augen der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei (links: statisch, rechts: dynamisch) Pre- und Posttest

Die Änderungen bei den offenen Augen ergeben sich dadurch, dass auch beim Gleichgewichtstraining nur mit geöffneten Augen trainiert wurde. Die Trainingsintervention beinhaltete die "geschlossenen Augen" immer in Form von Variationen, welche von den Kindern nie

8.4. Geschlossene Augen

Bei der Kontrollgruppe gibt es in dieser Hinsicht weder beim ROM noch beim COPT keine signifikanten Unterschiede. Auch bei der Interventionsgruppe gab es in dieser Kategorie weder beim ROM noch beim COPT signifikanten Auffälligkeiten. Zu einem geringen Ausmaß zeigten sich im COPT Unterschiede, welche die gleichen Andeutungen wie mit geöffneten Augen hatten. Bei der statischen Messung mit geschlossenen Augen erhöhte sich der COPT Wert ($p=0,235$) von 29,0 ($\pm 7,2$) cm auf 30,6 ($\pm 8,2$) cm und bei der

dynamischen Messung verringerte sich der COPT Wert ($p=0,373$) von 41,6 ($\pm 14,1$) cm auf 39,6 ($\pm 12,4$) cm.

Aufgrund der geringen p-Werte ergaben sich bei der Zusammenfügung der geschlossenen Augen und der offenen Augen in den Messkategorien „statisch“ und „dynamisch“ signifikante Unterschiede zwischen Pre und Posttest (vgl. Kapitel 8.1 und 8.2)

Ein Grund dafür liegt darin, dass bei der Trainingsintervention fast ausschließlich mit geöffneten Augen trainiert wurde. Hin und wieder wurden vereinzelt bei Übungen die Augen in Form von einer Variation geschlossen. Allerdings wurde hierbei nicht mit einer Augenbinde trainiert und die Kinder konnten dabei zwischenzeitlich immer wieder die Augen öffnen.

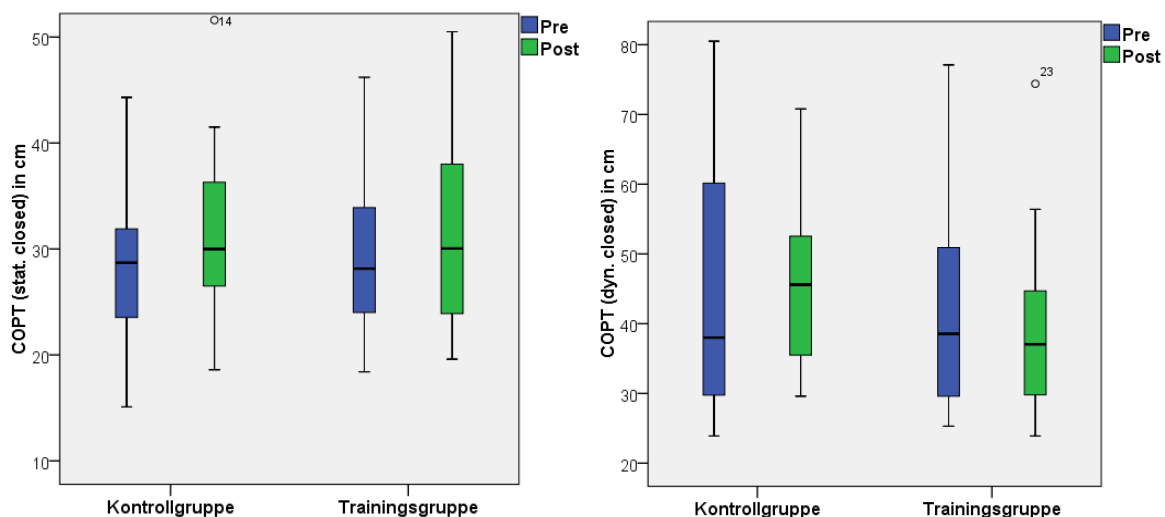


Abbildung 30: COPT Werte mit geschlossenen Augen der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei (links: statisch, rechts: dynamisch) Pre- und Posttest

Nach Kramer et al (2013) liegt eine Schwierigkeit beim Gleichgewichtstraining darin, dass es kein klar strukturiertes Ziel gibt. Das Gleichgewichtstraining wird immer vor dem Hintergrund der Verminderung der Sturzprophylaxe vollzogen. In diesem Fall war es nicht das Ziel, die Gleichgewichtsfähigkeit mit den geschlossenen Augen zu verbessern, sondern generell die Gleichgewichtsfähigkeit zu verbessern. Es zeigten sich auch bei geschlossenen Augen minimale Veränderungen, allerdings reichte das 5-wöchige Gleichgewichtstraining nicht aus um signifikante Unterschiede aufzuzeigen.

9. Zusammenfassung und Ausblick

Das spielerisch durchgeführte Gleichgewichtstraining zeigte bei der dynamischen Messung signifikante Verbesserungen beim COPT Wert. Die SchülerInnen haben sich insgesamt von 37,3 ($\pm 12,9$) cm auf 34,6 ($\pm 11,5$) cm verbessert. Die folgende Abbildung zeigt die signifikante Veränderung der Interventionsgruppe:

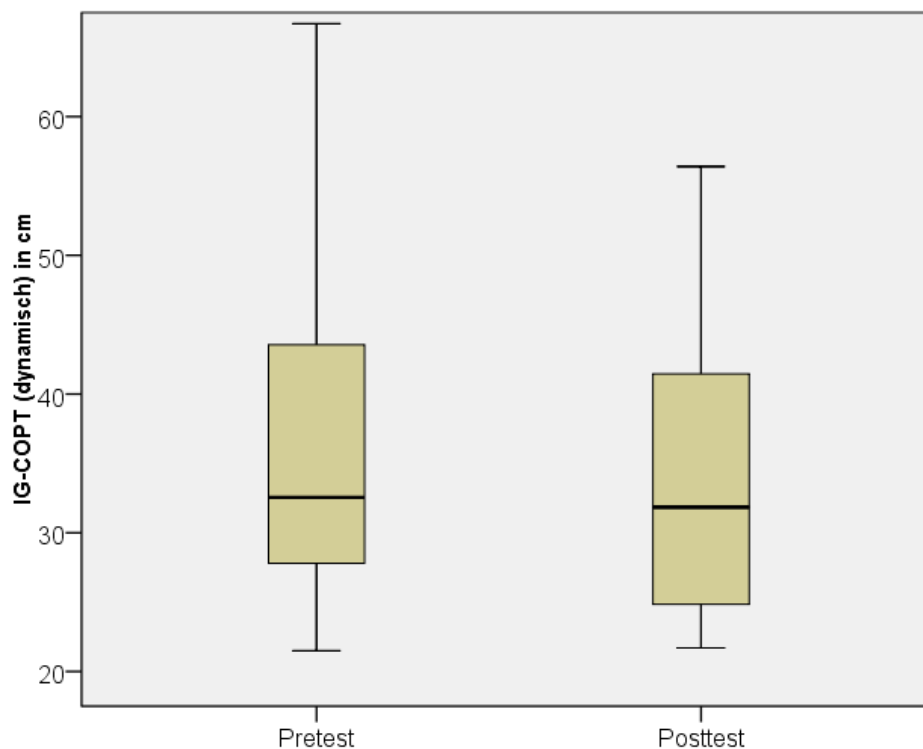


Abbildung 31: Signifikante Veränderung des COPT Wertes in der Interventionsgruppe

Die statischen Messungen zeigten zwar auch signifikante Veränderungen, indem sich die Interventionsgruppe und die Kontrollgruppe bei diesen Werten verschlechterten, allerdings ist dieses Ergebnis nach manchen Autoren (Smithson. 1988; Taube et al., 2010) nicht aussagenkräftig. Da bereits Studien zuvor die Wichtigkeit der Messung verdeutlichten. Smithson et al. (1998) & Taube et al. (2010) zum Beispiel schreiben, dass die Messung die Probanden entsprechend fordern sollte um Änderungen in der Gleichgewichtsfähigkeit festzustellen. Bei der statischen Messung haben alle Probanden die Möglichkeit den besten COPT Wert zu erreichen. Hierbei stellt sich aber nun die Frage, warum sich gerade die Interventionsgruppe signifikant veränderte und die Kontrollgruppe nicht. Vielleicht ist dies ein Anzeichen darauf, dass die Interventionsgruppe möglicherweise wirklich schlechtere Werte beim COPT im statischen Gleichgewicht aufweist.

Im Unterschied zu den Untersuchungen von Smithson et al. (1998) & Taube et al. (2013), wo posturographische Messungen auf Kraftmessplatten durchgeführt werden, erfolgen bei Sensewave Messungen von Druckschwankungen welche mittels sehr hoher Auflösung (30 Hz) erfasst werden. Ein höherer COPT bei der statischen Messung könnte mit hoher Wahrscheinlichkeit auch darauf zurückzuführen sein, dass nach einem Gleichgewichtstraining die Kinder schnellere und häufigere Ausgleichbewegungen durchführen wodurch sich der CoPT ebenfalls erhöhen würde.

Zukünftig wären derartige Untersuchungen für diese Aufklärung notwendig. Zum einen, ob es wirklich daran liegt, dass die statische Messung die Probanden nicht ausreichend fordert. Oder dass aufgrund der Kraftzunahme in der posturalen Stabilität die COPT Veränderung auf einer statischen Messplatte signifikant verändert.

Aufbauend auf diese Untersuchung könnte Klarheit herrschen wenn die Gleichgewichtsmessung auf dem Sensewave Messgerät mit einem Schaumstoff überprüft wird. Dabei wären die Probandinnen im dynamischen Gleichgewicht mehr gefordert und könnten deutlichere Ergebnisse beim dynamischen Gleichgewicht nach dem Gleichgewichtstraining hervorbringen. In dieser Untersuchung wurde auf die weiteren dynamischen Untersuchungen verzichtet, da die Messzeit mit den SchülerInnen auf jeweils einen Schultag beschränkt war.

Darüber hinaus bietet es sich an mehrere Schulklassen im Hinblick auf das Gleichgewichtstraining zu testen. Denn nach Strahm (2016) haben auf die Gleichgewichtsfähigkeit verschiedene Faktoren einen Einfluss, darunter die Aufnahme der sensorischen Information welche vom aktuellen Leistungsstand der Kinder abhängig ist. Daher sollte für die unterschiedlichen Schulstufen andere Gleichgewichtsübungen zu Verfügung gestellt und überprüft werden.

10. Literatur

- Abratzi, F. (2016). Adaptations in movement performance after plyometric training on mini-trampoline in children. *Journal of The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(1-2), 66-72.
- Ahnert, J. (2005). *Motorische Entwicklung vom Vorschul- bis ins frühe Erwachsenenalter – Einflussfaktoren und Prognostizierbarkeit*. Würzburg: Dissertation
- Bair, W. N., Barela, J. A., Whittall, J., Jeka, J. J. & Clark, J. E. (2011). Children with developmental coordination disorder benefit from using vision in combination with touch information for quiet standing, *Gait Posture*, 34(2), 183–190.
- Banaschewski, T., Besmens, F., Zieger, H. & Rothenberger, A. (2001). Evaluation of sensorimotor training in children with ADHD. *Perceptual and Motor Skills*, 92(1), 137–149.
- Becker, C., Freiburger, E., Hammes, A., Lindemann, U., Regelin, P. & Winkler, J. (2010). *Sturzprophylaxe – Training*. Aachen: Mayer & Mayer.
- 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.
- Bernier, J. N. & Perrin, D. H. (1998). Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(4), 264–275.
- 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., Fentem, P. H. & Bassey, E. J. (1988). Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age and Ageing*, 17(6), 365–372.
- Bohannon, R. W., Larkin, P. A. & Cook, A. C. (1984). Decrease in timed balance test scores with aging. *Physical Therapy*, 64, 1067-1070.
- Bosco, C & Komi, P. V. (1980). Influence of aging on the mechanical behaviour of leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 45(2-3), 209–219.
- Cohen, H., Blatchly, G. A., Gombash, L. L. (1993). A study of the clinical test of sensory Interaction and balance. *Physical Therapy*, 70, 542-548.
- 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 an in Adults. *Plos One*, 6(5), 1-4.
- Demura, S., Kitabayashi, T., Noda, M. & Aoki, H. (2008) Age-stage differences in body sway during a static upright posture based on sway factors and relative accumulation of power frequency, *Perceptual and Motor Skills*, 107(1) 89–98.
- Diemer, F. & Sutor, V. (2007). *Praxis der medizinischen Trainingstherapie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Diener, H. C. & Dichgans, J. (1988). Applications and uses of static and dynamic measurement of posture (posturography). *Fortschritte der Neurologie Psychiatrie*, 56(8), 249-258.
- DiStefano, L. J., Padua, D. A., Blackburn, J. T., Garret, W. E., Guskiewicz, K. M. & Marshall, S. W. (2010). Integrated injury prevention program improves balance and vertical jump high in children. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 332-342.

- Donath, L., Roth, R., Rueegge, 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.
- Donath, L., Roth, R., Zahner, L. & Faude, O. (2016) Slackline Training (Balancing over narrow nylon ribbons) and balance performance: A meta-analytical review. *Sports medicine*, 47(6), 1075-1086.
- Ebrahimi, A. A., Movallali, G., Jamshidi, A. A., Haghighi, H. A. & Rahgozar, M. (2016). Balance Performance of deaf children with and without cochlear implants. *Acta Medica Iranica*, 54(11), 737-742.
- Figura, F., Cama, G., Capranica, L., Guidetti, L. & Pulejo C. (1991). Assessment of static balance in children. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 31(2), 235–242.
- Forssberg, H. & Nashner L. M. (1982). Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance. *Journal of Neuroscience*, 2(5), 545–552.
- Foudriat, B. A., Di Fabio, R. P. & Anderson, J. H. (1993). Sensory organization of balance responses in children 3–6 years of age: a normative study with diagnostic implications. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 27(3), 255–271.
- Frenklach, A., Louie, S., Miller Koop, M. & Bronte-Stewart, H. (2009). Excessive Postural Sway and the Risk of Falls at Different Stages of Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, 24(3), 377-385.
- Friedrich, M. (2013). Parkour & Freerunning. Skript: Lehrerinnenfortbildung an der PH Linz.
- Gallagher, S. S., Finison, K., Guyer, B. & Goodenough, S. (1984). The incidence of injuries among 87,000 Massachusetts children and adolescents: Results of the 1980–81 state-wide childhood injury prevention program surveillance system. *American Journal of Public Health*, 74(12), 1340–1347.
- Granacher, U. & Gollhofer, A. (2012a). Is there an association between variables of postural control and strength in prepubertal children? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1), 210-216.
- 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., Muehlbauer, T., Bridenbaugh, S., Bleiker, E., Wehrle, A. & Kressig, R. W. (2010). Balance training and multi-task performance in seniors. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 353-358.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Doerflinger, B. Strohmeier R. & Gollhofer, A. (2011c). Promoting strength and balance in adolescents during physical education: Effects of a short-term resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(4), 940-949.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., Kressig, R. W., & Zahner, L. (2011a). An intergenerational approach in the promotion of balance and strength for fall prevention – a mini-review. *Gerontology*, 57(4), 304–315.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Maestrini, L., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2011b). Can balance training promote balance and strength in prepubertal children? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1759–1766.

- Granacher, U., Muehlbauer, T. & Gruber, M. A (2012b). A qualitative review of balance and strength performance in healthy older adults: Impact for testing and training. *Journal of Aging Research*, 1-16.
- 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.
- 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.
- Hallal, P. C., Cictora, G. C., Azevedo, M. R & Wells, J. C. (2006). Adolescent physical activity and health: A systematic review. *Sports medicine*, 36, 1019-1030.
- Hasenberg, R. (1997). Differenzierung des motorischen Gleichgewichts. In E. Loosch & M. Tamme (Hrsg.), *Motorik – Struktur und Funktion* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft 79, S. 199-203). Hamburg: Czwalina Verlag.
- Heitkamp, H. C., Horstmann, T., Mayer, F., Weller, J. & Dickhuth, H. H. (2001). Gain in strength and muscular balance after balance training. *International Journal of Sports Medicine*, 22(4), 285–290.
- Hiyamizu, M., Morioka, S., Shomoto, K. & Shimada, T. (2012). Effects of dual task balance training on dual task performance in elderly people: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 26(1), 58-67.
- Hübscher, M., Zech, A., Pfeifer, K., Hänsel, F., Vogt, L. & Banzer, W. (2010). Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), 413–21.
- Hytonen, M., Pyykko, I., Aalto, H., & Starck, J. (1993). Postural control and age. *Acta Otolaryngol* 113(2), 119–122.
- Jelsma, D., Geuze, R. H., Mombarg, R. & Smits-Engelsman, C. M. (2014). The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. *Human Movement Science*, 33, 404-418.
- Jull, G., Falla, D., Treleaven, J., Hodges, P. & Vicenzino, B. (2007). Retraining cervical joint position sense: the effect of two exercise regimes. *Journal of Orthopaedic Research*, 25(3), 404–12.
- 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 Jugendgesundheitssurveys (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.
- Keller, M., Röttger, K. & Taube, W. (2014). Ice skating promotes postural control in children. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 14(6), 456-461.
- Kordei, H. Sohrabi, M., Kakhki, A. S. & Hossini, S. R. A. (2016). The effect of strength training based on process approach intervention on balance of children with developmental coordination disorder. *Archivos Argentinos De Pedriatra* 114(6), 526-533.
- Kramer, A., Dettmers, C. & Gruber, M. (2013). Gleichgewichtstraining in der neurologischen Rehabilitation. *Neurologie & Rehabilitation*, 19(1), 27-34.

- Laflamme, L. & Eilert-Petersson, E. (1998). School-injury patterns: a tool for safety planning at the school and community levels. *Accident Analysis & Prevention*, 30(2), 227-283.
- Ledebe, A., Becher, J., Kapper, J., Rozendaal, R. M., Leenders, I. C. & Savelsbergh, G. J. P. (2005). Balance training with visual feedback in children with hemiplegic cerebral palsy. *Motor Control*, 9(4), 459-68.
- Lee, K., Lee, M. & Song, C. (2016). Balance training improves postural balance, gait, and functional strength in adolescents with intellectual disabilities: Single-blinded, randomized clinical trial. *Disability and Health Journal*, 9, 416-422.
- Lenaway, D. D., Ambler, A. G. & Beaudoin, D. E. (1992). The epidemiology of school-related injuries: new perspectives. *American Journal of Preventive Medicine*, 8(3), 193-198.
- Lee, D. N. & Aronson, E. (1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception & Psychophysics*, 15(3), 529-532.
- Lehrplan Bewegung und Sport in der allgemein bildenden höheren Schule – Unterstufe (2017). Zugriff am 13. April 2017 unter [http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/recht/Bewegung_und_Sport - Unterstufe.pdf](http://www.bewegung.ac.at/fileadmin/recht/Bewegung_und_Sport_-_Unterstufe.pdf)
- Lundin-Olsson, L., Nyberg, L., Gustafson, Y. (1997). "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *The Lancet*, 349, 617.
- 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.
- Mhatre, V. P., Vilares, I., Stacy, M., Stibb, M., Albert, V., Pickering, L., Marciniak, C. M., Kording, K. & Toledo, S. (2013). Wii Fit Balance Board Playing Improves Balance and Gait in Parkinson Disease. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation* 5(9), 769-777.
- Monteiro Ferronato, P.A. & Barela, J. A. (2011). Age-related changes in postural control: rambling and trembling trajectories, *Motor Control*, 15(4), 481-493.
- Park, Y. H., An C. M. & Moon S. J. (2017) Effects of visual fatigue caused by smartphones on balance function in healthy adults. *The journal of physical therapy science* 29(2), 221-223.
- Paterno, M. V., Myer, G. D., Ford, K. R. & Hewett, T. E. (2004). Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34(6), 305-316.
- Rasch, B., Fries, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2010). *Quantitative Methoden – Band 1: Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Revel, M., Minguet, M., Gregoy, P., Vaillant, J. & Manuel, J. L. (1994). Changes in cervicocephalic kinesthesia after a proprioceptive rehabilitation program in patients with neck pain: a randomized controlled study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75(8), 895-899.
- Rinaldi, N. M., Polastri, P. F. & Barela, J. A. (2009). Age-related changes in postural control sensory reweighting. *Neuroscience Letters*, 467(3), 225-229.
- Rival, C., Ceyte, H. & Olivier, I. (2005). Developmental changes of static standing balance in children, *Neuroscience Letters*. 376(2), 133-136
- Röijezon, U., Björklund, M., Bergenheim, M., Djupsjöbacka, M. (2008). A novel method for neck coordination exercise – a pilot study on persons with chronic non-specific neck pain. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 5, 36.

- Schärli, A. M., Van de Langenberg, R., Murer, K. & Mueller, R. M. (2012). The influence of gaze behaviour on postural control from early childhood into adulthood. *Gait Posture*, 36(1), 78–84.
- Sakaguchi, M., Taguchi, K., Miyashita, Y. & Katsuno, S. (2011). Changes with aging in head and center of foot pressure sway in children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 29(2), 101–109.
- Schelp, L., Ekman, R. & Fahl, I. (1991). School accidents during a three school-years period in a Swedish municipality. *Public Health*, 105(2), 113–120.
- Slobounov, S.M. & Newell, K. M. (1994). Dynamics of posture in 3- and 5-year-old children as a function of task constraints. *Human Movement Science*, 13(6), 861–875.
- Smithson, F., Morris, M. E., & Iansek, R. (1998). Performance on clinical tests of balance in Parkinson's disease. *Physical Therapy*, 78(6), 577–592.
- Strahm, S. A. (2016). Gleichgewichtstraining bei 6-bis 7-jährigen Kindern – Auswirkungen auf die Gleichgewichtsfähigkeit, Kraftentwicklung, antizipierbare und nicht-antizipierbare Perturbationen.
- Taimela, S., Takala, E. P., Asklof, T., Seppälä, K. & Parviainen, S. (2000) Active treatment of chronic neck pain: a prospective randomized intervention. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25(8), 1021–1027.
- Taube, W. (2013). Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, 14(2), 55–63.
- Taube, W., Bracht, D., Besemer, C., & Gollhofer, A. (2010). Einfluss eines Inline- Trainings auf die Gleichgewichtsfähigkeit älterer Personen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 61(2), 45–51.
- Taube, W., Gruber, M., & Gollhofer, A. (2008). Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica*, 193(2), 101–116.
- Tecklin, J. (2008). *Pediatric Physical Therapy, 4th ed.* Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Trecroci, A., Cavaggiono, L., Caccia, R. & Alberti, G. (2015). Jump rope training: Balance and Motor Coordination in Preadolescent Soccer Players. *Journal of Sports Science and Medicine* 14, 792–798.
- Verbecque, E., Hentschel, P. LdC., Meyns, P., Desloovere, K., Vereeck, L. & Hallemans, A. (2016a). Age-related changes in postural sway in preschoolers. In: *Gait & Posture* 44, 116–122.
- Verbecque, E., Vereeck, L. & Hallemans, A. (2016b). Postural sway in children: A literature review. *Gait & Posture* 49, 409–410.
- Wick, D. (2009). *Biomechanik im Sport. Lehrbuch der biomechanischen Grundlagen sportlicher Bewegungen.* Balingen: Spitta Verlag.
- Williams, H. G., Pfeiffer, K. A., O'Neill, J. R., Dowda, M., McIver, K. L., Brown, W. H. & Pate, P. R. (2008). Motor skill performance and physical activity in preschool children. *Obesity* 16, 1421–1426.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 3, 193–214.
- Wulker, N. & Rudert, M. (1999). Lateral ankle ligament rupture. When is surgical management indicated and when conservative therapy preferred? *Orthopäde*, 28(6), 476– 482.

Zech, A., Klahn, P., Hoefft, J., Zu Eulenberg, V & Steib, S. (2014), Time course and dimensions of postural control changes following neuromuscular training in youth field hockey athletes. *European Journal of Applied Physiology* 114(2), 395-403.

Zelpour, C. (2010). *Springer Lexikon Physiotherapie*. Heidelberg: Springer Verlag.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gliederung des Gleichgewichts (mod. n. Fetz, 1990, S. 11)	5
Abbildung 2: Arten des Gleichgewichts modifiziert nach Wick (2009, S. 67)	6
Abbildung 3: Systeme der Gleichgewichtskontrolle modifiziert nach Diemer & Sutor (2011, S. 89)	7
Abbildung 4: Darstellung der Untersuchung von Ciusinier et al. (2011).A) zeigt den Aufbau der Messung. B) Ein Messergebnis: Links ist ein Messergebnis ohne den Sprunggelenksvibratoren dargestellt. Recht ein Messergebnis mit den Sprunggelenksvibratoren.....	12
Abbildung 5: Sensomotorische System nach Laube (2009, S. 44)	12
Abbildung 6: Überblick der regulären Testabsolvierung bei 3-6 jährigen Kindern beim beidbeinigen aufrechten Stand mit geöffneten Augen (EO), mit geschlossenen Augen (EC), mit geöffneten Augen auf weichem Untergrund (FEO) und mit geschlossenen Augen auf weichem Untergrund (FEC). (vgl. Verbecque, 2016a, S. 118).....	15
Abbildung 7: Entwicklung des Gleichgewichts und die Entwicklung der Gehgeschwindigkeit während einer Lebensspanne. (vgl. Granacher et al., 2011, S. 306)	16
Abbildung 8: Leistungsverlauf im Schwebestehen über die Lebensspanne nach Bös (1994, zit. nach Ahnert, 2005)	16
Abbildung 9: Gleichgewicht-Schwankungsgröße im steigenden Alter mit geöffneten Augen (vgl. Verbecque et al, 2016).....	18
Abbildung 10: Gleichgewicht-Schwankungsgröße im steigenden Alter mit geschlossenen Augen (vgl. Verbecque et al, 2016)	18
Abbildung 11: Sturzrate während der Lebensspanne (vgl. Granacher, 2011, S. 305)	19
Abbildung 12: Unfallzahlen in der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe, nach Kambas et al. (2004)	20
Abbildung 13: Slackline Stehzeiten im beidbeinigen Stand (a) im einbeinigen Stand rechts (b) und links (c) bei der Interventionsgruppe (INT) und der Kontrollgruppe (CON) (vgl. Donath, 2013, S. 1095).....	26
Abbildung 14: Gleichgewichtsschwankungen auf dem "Posturomed" und FRT der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe (vgl. Keller et al. 2014).....	28
Abbildung 15: Darstellung des YBT-LQ Gleichgewichtstest vor und nach dem Seilsprungtraining. (vgl. Trecroci et al., 2015, S. 795).....	29
Abbildung 16: "Sensewave compact" (Sense Product, 2017)	36
Abbildung 17: Darstellung während der Messung (Sense Product, 2017).....	37
Abbildung 18: Darstellung des Messdatenblatts der Sensewave Messung. (Sensewave portable, 2017)	40
Abbildung 19: Messwerte des COPTs der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ..	44
Abbildung 20: Messwerte des ROMs der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe	46
Abbildung 21: COPT Werte der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei Pre- und Posttest	48
Abbildung 22: ROM Werte der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei Pre- und Posttest	50
Abbildung 23: Signifikante Veränderung des COPT Wertes in der Interventionsgruppe...54	
Abbildung 24: Vergleich der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe im COPT (statisch) Wert	55
Abbildung 25: COPT Boxplot bei statischen Messungen (links: geöffnete Augen; rechts: geschlossene Augen)	55
Abbildung 26: Signifikante Veränderung des COPT Wertes in der Interventionsgruppe...58	
Abbildung 27: Vergleich der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe im COPT (dynamisch) Wert.	59

Abbildung 28: Dynamische COPT Werte mit geöffneten Augen/geschlossenen Augen der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei Pre- und Posttest.....	60
Abbildung 29: COPT Werte mit geöffneten Augen der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei (links: statisch, rechts: dynamisch) Pre- und Posttest.....	61
Abbildung 30: COPT Werte mit geschlossenen Augen der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe bei (links: statisch, rechts: dynamisch) Pre- und Posttest.....	62
Abbildung 31: Signifikante Veränderung des COPT Wertes in der Interventionsgruppe ..	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Untersuchungsdesign (in Anlehnung an Strahm, 2016)	33
Tabelle 2: Anthropometrische Daten der Testpersonen.....	34
Tabelle 3: 4 Gleichgewichtsmessungen	37
Tabelle 4: Alter, Größe und Körpergewicht von der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe	43
Tabelle 5: Pretest COPT-Werte	43
Tabelle 6: COPT Unterschiede der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe.....	44
Tabelle 7: ROM Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe	45
Tabelle 8: COPT Werte/Unterschiede der Kontroll- und Interventionsgruppe beim Pre und Posttest.....	47
Tabelle 9: ROM Werte/Unterschiede der Kontroll- und Interventionsgruppe beim Pre- und Posttest.....	49
Tabelle 10: Einzelne COPT Werte der Kategorien der Kontroll- und Interventionsgruppe beim Pre- und Posttest.....	51
Tabelle 11: Einzelne ROM Werte der Kategorien der Kontroll- und Interventionsgruppe beim Pre- und Posttest.....	51

11. Anhang



universität
wien

An die Eltern der
Schülerinnen und Schüler
der 2. Klasse

Groß Enzersdorf, 2017

Wissenschaftliche Studie über Gleichgewichtstraining

An die Eltern der Schülerinnen und Schüler der 2.Klasse

Seit 2013 studiere ich die Unterrichtsfächer Bewegung und Sport und Physik. Zurzeit absolviere ich neben meiner Tätigkeit als Lehrer und Trainingstherapeut das Diplomstudium an der Universität Wien. Im Rahmen dieser Ausbildung muss ich eine Diplomarbeit verfassen. In der Arbeit wird untersucht, wie sich ein spielerisches Gleichgewichtstraining bei Kindern auf die Gleichgewichtsleistung auswirkt.

Alle nötigen Informationen über das genaue Studiendesign können Sie in der beiliegenden Information finden. Ihre Tochter/ Ihr Sohn wird im Rahmen des normalen Sportunterrichts das Gleichgewichtstraining absolvieren. Während der Studienphase entsteht für Sie respektive für Ihr Kind keinerlei Mehraufwand. Um die Entwicklung in der Gleichgewichtsleistung festzustellen wird im November (vor der Trainingsphase) und im Dezember (nach der Trainingsphase) jeweils ein Gleichgewichtstests in der Schule BG Groß Enzersdorf durchgeführt.

Dies erfordert eine Abwesenheit Ihres Kindes vom Unterricht für 10 Minuten. Die Schülerinnen und Schüler werden immer einzeln für die Tests aufgeboten. Insgesamt dauert eine Testung ungefähr 7 Minuten pro Schülerin/ Schüler. Die detaillierte Reihenfolge wird kurz vor der Testung festgelegt. Es wurde alle Lehrer und Lehrerinnen informiert, dass keine Tests oder Schularbeiten an diesen beiden Tagen stattfinden.

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 bietet die Testung für ihr Kind eine neue Erfahrung und gibt eine exakte Rückmeldung über den derzeitigen Gleichgewichtszustand. 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 ihrem Kind

mitzugeben. Wenn Sie nicht möchten, dass Ihr Kind an der Studie teilnimmt, bitte ich Sie trotz allem um eine Reaktion. Bitte geben Sie die Unterlagen bis spätestens am Montag, dem 11. September 2017, ihrem Kind wieder mit in die Schule. Ich hoffe, dass sich möglichst alle Schülerinnen und Schüler der 2. FG-Klasse zu einer Teilnahme entschließen, damit die Mindestanzahl an Probanden erreicht werden kann und ich meine bereits verfasste Diplomarbeit fertigstellen kann.

Über die Mithilfe von Ihnen und Ihrem Kind bin ich sehr dankbar. Ich freue mich auf Ihr Einverständnis.

Freundliche Grüße

Der Studienleiter

Mag. Andreas Bauer, Bakk.

Email: bauer.an@bggrossenzersdorf.ac.at

Einverständniserklärung der Eltern zur Teilnahme Ihres Kindes an der Studie

Untersuchung der Gleichgewichtsfähigkeit von SchülerInnen

- 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.

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

Untersuchung der Gleichgewichtsfähigkeit von SchülerInnen

Sehr geehrte Eltern und Kinder

Wir möchten Ihr Kind dazu einladen, an der oben genannten Studie der Abteilung für Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Wien teilzunehmen. In der Studie wird die Gleichgewichtsfähigkeit von SchülerInnen vor und nach einem spielerischen Gleichgewichtstraining untersucht. Die Studie besteht aus drei Phasen: einem Eingangstest (Pretest), einer Trainingsphase und einer Ausgangsmessung nach dem Training (Posttest). Die Messungen werden in der Schule des BG/BRG Groß Enzersdorf während des Unterrichts durchgeführt. Die Trainingseinheiten werden während des Sportunterrichts in der Schule stattfinden.

1. Teilnahmebedingungen und Ausschlusskriterien

Wenn Ihr Kind gesund und dem Alter zwischen 11 und 13 Jahren zugehört und keine neurologischen oder motorischen Beeinträchtigungen hat, kann es an dieser Studie teilnehmen.

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 der Schule.

3. Ziel der Studie

Ziel der Studie ist die Erforschung der positiven Effekte eines aktiven Trainings auf die Gleichgewichtsfähigkeit von SchülerInnen. Die Gleichgewichtsfähigkeit wird dabei mit Gleichgewichtsmessgerät evaluiert: statische und dynamische Tests, die geringe bis anspruchsvolle Anforderungen an die Gleichgewichtsfähigkeit stellen. Die Studie soll aufzeigen, ob bei Kindern mithilfe eines Gleichgewichtstrainings 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 zugewiesen. Die Interventionsgruppe führt ein geleitetes Gleichgewichtstraining durch und die Kontrollgruppe absolviert den normalen Bewegungs – und Sportunterricht. Die Trainingsgruppe trainiert 5 Wochen lang 2x50min pro Woche gleichgewichtsspezifisch im Sportunterricht und führt insgesamt 10 Trainingseinheiten (inklusive Aufwärmen und Cool-down) durch. Die Trainingsinterventionen sind im nächsten Kapitel beschrieben. Vor und nach der Trainingsphase werden die unten beschriebenen funktionellen und neurophysiologischen Messungen (mit dem Gleichgewichtsmessgerät der Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Wien im BG Groß Enzersdorf) durchgeführt, um das Gleichgewichtsvermögen der Teilnehmer zu evaluieren.

4.1 Trainingsgruppen

In den einzelnen Trainings während der 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. Dies soll bezwecken, dass sich die Kinder länger angesprochen fühlen und ihr Gleichgewicht auf spielerische Art verbessern können.

4.2 Kontrollgruppen

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

Die Messungen werden während dem Unterricht am 7. November und am 19. Dezember durchgeführt. Dabei verlässt ihr Kind für ca. 10 Minuten die Klasse um in dieser Zeit den Gleichgewichtstest durchzuführen.

In 4 verschiedenen Tests (statisch, dynamisch) wird die Gleichgewichtsfähigkeit ihres Kindes auf dem Posturographiegerät „Sensomed“ gemessen. Die Messung gliedert sich in folgende Inhalte:

	Beschreibung der Einzelmessung	Abkürzung
1. Messung	Statisch, Augen offen	Stat., open
2. Messung	Statisch, Augen geschlossen	Stat., closed
3. Messung	Dynamisch, Augen offen	Dyn., open
4. Messung	Dynamisch, Augen geschlossen	Dyn., closed

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 Kinder im Falle eines Sturzes halten können. 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.

7 Vorteile für Ihr Kind

Die Messergebnisse des Messgerätes „Sensomed“ dienen als objektive Rückmeldung für den derzeitigen Gleichgewichtszustand ihres Kindes. Die Gleichgewichtsergebnisse werden nach dem 19. Dezember bekanntgegeben und lassen exakte Aussagen über die Gleichgewichtsfähigkeit treffen. Derartige Untersuchungen werden in Sportlabors, Leistungsdiagnostikzentren, medizinischen Einrichtungen (Kliniken, Spitälern und Reha Institutionen) für die individuelle Gesundheitsentwicklung angeboten.

Weiters wurde in der Vergangenheit anhand einer Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen gezeigt, dass Gleichgewichtstraining nicht nur das Gleichgewicht verbessert, sondern auch andere interessante Trainingseffekte bewirkt. Es konnte z.B. eine

erhöhte Kraftentfaltung der unteren Extremitäten in vielen Studien festgestellt werden. Dadurch wird die Anzahl an Stürzen vermindert und das relative Risiko einer Verletzung an den unteren Extremitäten reduziert. Daher stellt das Gleichgewichtstraining eine sehr gute Trainingsform für alle verschiedenen Altersstufen dar.

8 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.

9 Was geschieht mit den Untersuchungsergebnissen?

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

10 Kontaktpersonen

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

Gleichgewichtstraining bei 11-13 jährigen Kindern (in Anlehnung an Bislin, 2015; Strahm 2016; Friedrich, 2013)

Woche 1: Einheit 1: Langbank Challenge

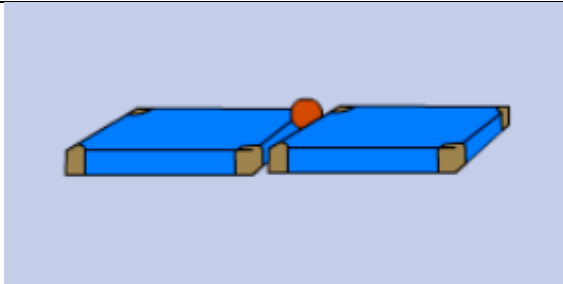
Zeit	Inhalt	Organisation	Material
5min	Übungen an der stabil stehenden Turnbank ○ Einbeinstand ○ Standwaage ○ Ballenstand, Fersenstand	3 Gruppen	5 Langbank Bahnen mit jeweils 2 Langbänken.
35min	Langbank Staffel: Ziel: Ohne Fehler die umgedrehte Langbank passieren. Alle Fehler werden zusammengezählt. ○ Normal über die Langbank gehen. ○ Blindgänger: mit geschlossenen Augen über die Langbank gehen. ○ Auf einem Bein hüpfen ○ Primaballerina: Gehe auf den Fußballen ○ Elefantenummer: Arm als Elefantenrüssel ○ Sehr große Schritte und sehr kleine Schritte ○ Walzerdreheung: einmal, mehrmals bzw. fortwährend um sich drehen ○ Hindernislauf: über Medizinbälle, Hütchen ○ Lastentransport: verschieden Materialien transportieren (Hütchen mit Tennisball darauf, Badmintonschläger mit Tennisball darauf) ○ Durch Reifen kriechen, Luftballon balancieren ○ Vorgesaltete Aufgaben: Slalomlauf, sich mehrmals um die Achse drehen, mehrere Rollen vorwärts bzw, rückwärts ○ Vierfüßler: Spinnengang oder Kriechgang, vorwärts und/oder rückwärts	In 5er Gruppen, auf 5 Bahnen aufgeteilt.	5 Langbank Bahnen mit jeweils 2 Langbänken 10 Medizinbälle 10 Hütchen 10 Reifen 5 Hütchen mit 5 Tennibällen 5 Badmintonschläger
5min	Cool down ○ Saal ausräumen (abschießen) auf Teppichfließen. Wer getroffen wird übt das Einbeinstehen mit offenen/geschlossenen Augen.	Alle im Turnsaal verteilt	40 Teppichfließen

Woche 1: Einheit 2: **Langbank Challenge 2**

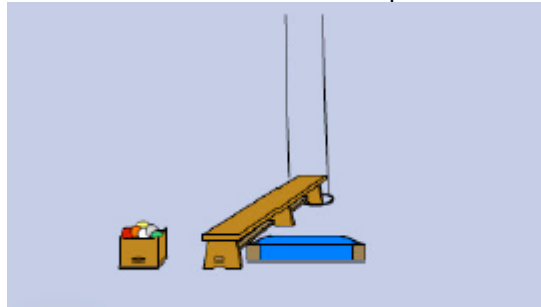
Zeit	Inhalt	Organisation	Material
5min	Je 5 Schüler/innen stehen auf der Bank und positionieren sich je nach Aufgabe in der geforderten Reihenfolge. Dabei dürfen sie nicht von der Bank runtersteigen, sondern müssen ohne runterzufallen einander übersteigen oder aneinander vorbeikommen. Die Gruppe, die am schnellsten die geforderte Aufgabe ohne runterzufallen gelöst hat, bekommt einen Punkt. Aufgaben können sein • nach Körpergröße aufstellen (kleinster zuvorderst) • nach dem Alphabet aufstellen • Nach dem Geburtstag aufstellen	5 Gruppen einteilen	5 Langbankbahnen
15min	Aufgaben auf Turnbänken mit dem Partner ○ Brückenüberquerung zu zweit: mit ständigem Körperkontakt (zuerst auf normaler Langbank, dann auf umgedrehter) Pro schaffen ohne Fehler = 1 Punkt fürs Team! ○ Sich passieren: Versuch, aneinander vorbeizukommen ○ In der Mitte mit Partnerhandfassung niedersetzen und wieder aufstehen ○ Kampf auf der Brücke: Gleichgewichtsstörversuche durch Schieben und Stoßen (Team links gegen Team rechts) = 5 Durchgänge. Pro Sieg: 1 Punkt. ○ Hosentausch: zwei vorher übergezogene Übungshosen mit erheblicher Übergröße werden in der Mitte ausgetauscht. Beim Schaffen ein Punkt pro Sieger.	5 Gruppen, 5 Langbankbahnen mit jeweils 2 Langbänken.	10 Langbänke Pro Team ein Zettel mit Stift um die Punkte einzutragen
20min	Aufgaben an Turnbänken mit Bällen ○ Ball-Satellit: Ball um die Hüfte kreisen lassen (auch rückwärts) (4x um Hüfte kreisen = 1 Punkt) ○ Hochwerfen und Fangen: hoch/tief, vorwärts/rückwärts, von einer Hand zur anderen, großer Ball/kleiner Ball, (4x hochwerfen und Fangen = 1Punkt) ○ Gassi gehen: den Ball auf dem Boden seitlich mitrollen (ohne runtersteigen = 1 Punkt) ○ Auf dem Boden Prellen: mit/ohne Fangen, starker/schwacher Arm, mit zwei Bällen gleichzeitig (1x schaffen = 1 Punkt) ○ Partnerzuspiel auf der Bank: auch mit zwei Bällen gleichzeitig, fangen mit dem guten/schlechten Arm, geringer/weiter Abstand zum Partner (5 Zuspiele + Fangen = 1 Punkt) ○ Balltransport: von einem Bankende zum anderen mit einem Partner den eingeklemmten Ball transportieren; Bauch zu Bauch, Rücken zu Rücken, Kopf zu Kopf,... (1x Schaffen = 1 Punkt)	5 Gruppen, 5 Langbankbahnen mit jeweils 2 Langbänken.	8 Medizinbälle 8 Handbälle 8 Tennisbälle
5min	Cool down: Siegerehrung	Halbkreis	Naschzeug

Woche 2 Einheit 1: Stationen

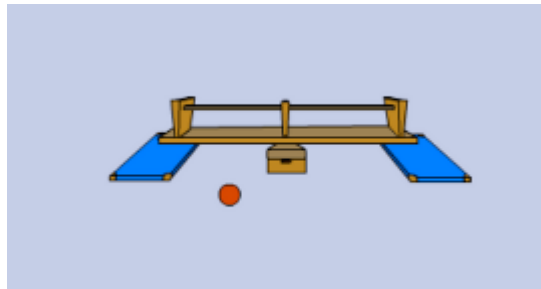
Zeit	Inhalt	Organisation	Material
5min	- Die SuS laufen zu zweit hintereinander zu Musik durch die Halle. Dabei dürfen sie sich nur auf den Linien fortbewegen. Auf allen blauen Linien laufen sie rückwärts. Der vordere Schüler macht eine Bewegung vor (bspw. Arm kreisen, Hopser hüpfen, auf einem Bein hüpfen, Skipping, usw.), die hintere Schülerin macht die gleichen Bewegungen. ➔ Auf Pfiff der Lehrperson wechseln die beiden SuS die Position und die andere Schülerin übernimmt den Lead. ➔ Bei Musikstopp zeigt die LP verschiedene Aufgaben vor: – Einander gegenüber stehen, Handflächen aufeinander, den Partner versuchen aus dem Gleichgewicht zu bringen (durch Druck oder Entlastung der Hände). Wer einen Fuß bewegt, hat verloren. – „Güggelikampf“: Einbeinstand, Arme verschränkt, die Partnerin aus dem Gleichgewicht „stoßen“ und zum beidbeinigen Stehen zwingen. – In Liegestützposition durch Ziehen an den Händen des Partners ihn aus dem Gleichgewicht bringen. – Einbeinstand; den Partner (sanft) schubsen, sodass er das Gleichgewicht wieder suchen muss -> auch blind versuchen	Paarweise zusammen	Laufmusik
40min	- Slackline Auf der Slackline stehen, auf der Slackline entlanggehen. - Medizinballchallenge 6 Medizinbälle werden hintereinander aufgelegt. Man versucht den Abstand zwischen den Medizinbällen immer weiter zu erhöhen sodass man immer größere Schritte trainiert. Wer kommt am weitesten? (mit Hütchen markieren) - Pedalofahren Mit den Pedalos vorwärts fahren, rückwärtsfahren, mit geschlossenen Augen fahren. - Kugeldrehen Zwischen 2 Weichböden befindet sich ein Medizinball. Die SuS versuchen auf den Medizinball balancieren vorwärts zu gehen. Als Aufstiegshilfe kann ein Partner herangezogen werden. Wer kommt am weitesten?	Stationentraining	Slackline Medizinbälle Pedalos 2 Weichböden und einen Medizinball



- 5) Schwankende Rampe: Die Langbank wird mit einem Trapez in die Ringe eingehängt. Unter das Ende der Rampe wird eine dicke Matte gelegt. Die SchülerInnen und Schüler versuchen vorwärts, rückwärts oder mit einem Ball um den Körper kreisend die Rampe hoch zu steigen.



- 6) Wippe: Die Langbank wird mit der breiten Seite unten mittig über einen Kastenteil gelegt. Unter den Enden werden Matten gelegt. Die SchülerInnen balancieren über die Wippe auf verschiedenen Arten (vorwärts, rückwärts, seitwärts, mit geschlossenen Augen, einen Ball zurückwerfend).

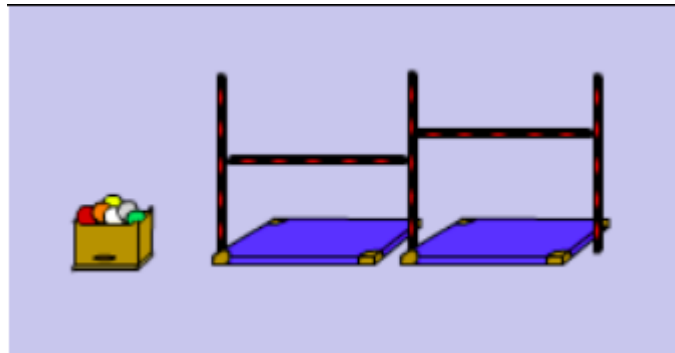


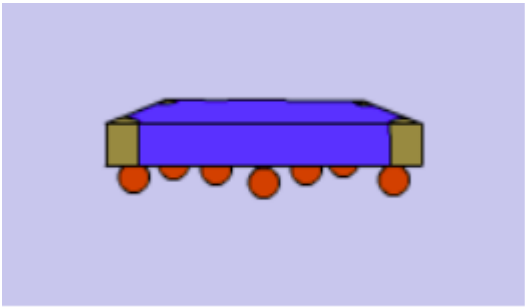
2 Langbänke, 2
Paar Ringe, 2 dicke
(allenfalls 16er-)
Matten, 2Bälle

2 Langbänke, 2
Kästen, 4 dünne
Matten, 4
Basketbälle

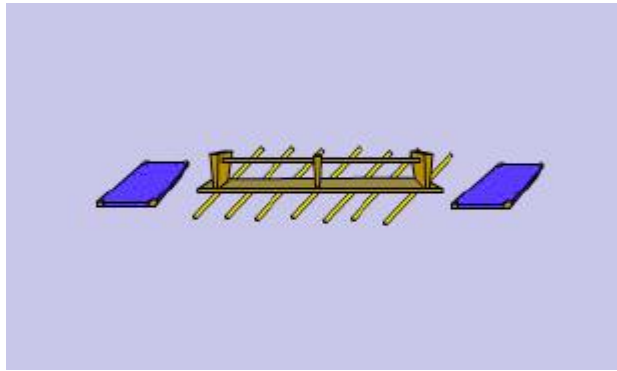
Woche 2 Einheit 2: Stationen 2

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
5min	1. Aufgabe: Die SuS stehen in einem 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. Achtung: vorher abklären rechts und links!!!! Anweisungen: 1 Aufgabe: Schritt links- Schritte rechts - auf ein Bein stehen - Bein abstellen - ganze Drehung - 3 Schritte 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‘.		
5 min	Aufstellen der Geräte		Hallenplan
30min	1. Reckstangen-Balance Die SuS balancieren über die auf ca. 1m Höhe installierte Reckstange. Als Hilfe kann ein Partner oder eine Hochsprunglatte dienen. Varianten: ○ ½- Drehung auf der Stange ○ auf Medizinball auf der Stange sitzen ○ einen Ball fangen und zurückwerfen	Stationentraining - 4,5 Minuten pro Station - Ca. 5 SchülerInnen pro Station	2 Reckstangen 4 dünne Matten, 2 Bälle



	2. Physioball Die SuS balancieren auf dem Physioball. Varianten: ○ Auf dem Physioball sitzen ○ Auf dem Bauch balancieren ○ Im Kniestand auf dem Ball balancieren ○ Sich auf dem Ball vorwärts bewegen ○ Vierfüßlerstand auf zwei Physiobällen ○ Alle Übungen auf dem Weichboden 3. Medizinball-Kette Die SuS gehen mit oder ohne Hilfe eines Partners über die 8 Medizinbälle. Varianten: ○ Mit Schuhen / ohne Schuhe ○ Drehungen ○ Ball um den Körper kreisen ○ Augen geschlossen ○ Rückwärts / seitwärts gehen ○ Ball zuwerfen 4. Ballteppich 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. <i>Variante: nur auf einem Bein stehen</i> 		5 Physiobälle 4 dünne Matten 1 kleiner Weichboden 16 Medizinbälle 1 dicker Weichboden, viele Bälle, 4 Langbänke um das Wegrollen der Bälle seitlich zu verhindern
--	--	--	--

	5. Rollende Bank Unter einer Langbank liegen ca. 10 Holzstäbe, die schmale Seite der Bank zeigt nach oben. An den Enden der Langbank liegen je eine dünne Matte als Begrenzung in ca. 50 cm Abstand. Die SuS steigen über die Matten auf die Langbank und balancieren auf die andere Seite. Varianten: ○ Zwei SuS steigen auf und versuchen sich auf der Bank zu kreuzen. ○ Die Bank wird von zwei SuS leicht hin und her gerollt, während ein Kind darauf versucht das Gleichgewicht zu halten. ○ Rückwärts gehen, seitwärts gehen		2 Langbänke, 2 dünne Matten, 20 Holzstäbe
5min	Wegräumen der Geräte		



Woche 4: Einheit 1: Kämpfen

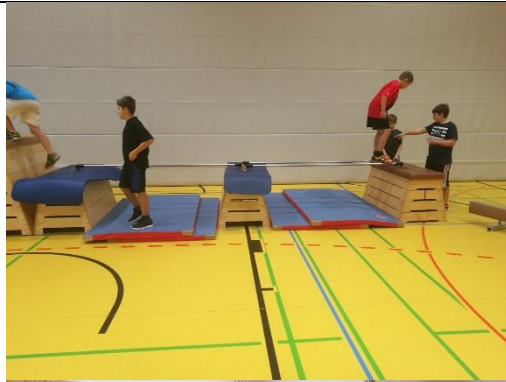
Zeit	Inhalt	Organisation	Material
5min	Aufwärmen Die SuS bewegen sich frei durch die Turnhalle. Wenn die Musik stoppt sollen Sie folgende Aufgaben ausführen: - Auf 1 Bein stehen und Augen schließen - Auf einem Bein hüpfen	Frei im Turnsaal	Musik, Aux-In Kabel
40 min	Station 1 Ritterkampf: Zwei Kinder stehen sich auf einer umgedrehten Langbank gegenüber. Mit den Handflächen gegeneinander versuchen sie sich gegenseitig von der Bank zu stoßen. (3 Siege) Station 2: Einbeinwettkampf: zwei Langbänke mit der Schmalseite oben so gegenüber stellen, dass eine dicke Matte dazwischen passt. Die Schüler stehen sich einbeinig mit verschränkten Armen gegenüber in einer Zone. Nun versuchen die sich gegenseitig aus einer Zone rauszubringen, oder aus dem Gleichgewicht zu bringen. (3 Siege) Station 3: Seilwettkampf: Die Schüler stehen auf umgedrehten Langbänken gegenüber und spannen ein Seil in der Mitte. Nun versucht einer den anderen von der Langbank zu ziehen. (3 Siege) Station 4: Au Backe!: Beide Partner stehen in nicht zu weitem Abstand Pobacke an Pobacke. Wer schafft es, den Partner mit einem geschickten Postoß aus dem Gleichgewicht zu bringen? (3 Siege) Station 5: Standhalten: Beide Partner stehen voreinander (halber Armlängen-Abstand). Sie legen die Handflächen aneinander und versuchen sich durch geschicktes Führen der Hände aus dem Gleichgewicht zu drücken. Der Handkontakt darf dabei nicht verloren gehen. (3 Siege) Station 6: Schwebesitzkampf: Beide Partner sitzen voreinander im Schwebesitz, d.h. auf dem Po mit den Beinen in der Luft. Wer schafft es durch Fegen oder Drücken mit den Füßen den Partner aus dem Gleichgewicht zu bringen. (3 Siege) Hinweise/Hilfsmittel: Der Einsatz der Hände ist nicht erlaubt, vor allem nicht zum Abstützen auf dem Boden. Station 7: Die SuS ziehen sich zu zweit auf Teppichresten stehend durch die Halle. Als Wettkampf: Ein Schüler zieht den anderen von einer Hallenwand (Länge oder Breite) zur anderen. Oben wird gewechselt und wieder zurückgezogen. Welches Team ist als erstes zurück? (2 gegen 2, mit Rollentausch)	Alle SchülerInnen schreiben ihren Namen auf einen Zettel. Diese Zettel werden auf eine Leine gehängt. Danach wird definiert, dass ganz links der Erste hängt und ganz rechts der Letzte. Nun dürfen die Unteren, die oberen Herausfordern. Der Untere sucht die Station aus. Gewonnen hat derjenige, der zum Schluss ganz links hängt.	Langbänke, Seile, Matten,
5min	Siegerehrung		

Woche 4: Einheit 2: **Kämpfen 2vs 2**

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
5min	Aufwärmen 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	Frei im Turnsaal	Musik, Aux-In Kabel
40 min	Station 1 Ritterkampf: Zwei Kinder stehen sich auf einer umgedrehten Langbank gegenüber. Mit den Handflächen gegeneinander versuchen sie sich gegenseitig von der Bank zu stoßen. (6 Siege, nach jedem Sieg Partnerwechsel) Station 2: Die Sus stehen sich auf Medizinbällen gegenüber. 5x müssen sie sich die Medizinbälle zuwerfen. Danach wird der Abstand erhöht. Wer schafft es länger auf den Medizinbällen zu stehen, ohne dass der Medizinball herunterfällt. Station 3: Seilwettkampf: Die Schüler stehen auf umgedrehten Langbänken gegenüber und spannen ein Seil in der Mitte. Nun versucht einer den anderen von der Langbank zu ziehen. (3 Siege) Station 4: Ein Schüler steht auf einem Rollbrett und der andere Schüler schiebt ihn einen Slalom entlang. Danach ist Rollenwechsel. Wer zuerst das Ziel erreicht. Station 5: Die SuS ziehen sich zu zweit auf Teppichresten stehend durch die Halle. Als Wettkampf: Ein Schüler zieht den anderen von einer Hallenwand (Länge oder Breite) zur anderen. Oben wird gewechselt und wieder zurückgezogen. Welches Team ist als erstes zurück? (2 gegen 2, mit Wechsel)	Alle SchülerInnen gehen paarweise zusammen und schreiben ihren Namen auf einen Zettel. Diese Zettel werden auf eine Leine gehängt. Danach wird definiert, dass ganz links der Erste hängt und ganz rechts der Letzte. Nun dürfen die Unteren, die Oberen herausfordern. Der Untere sucht die Station aus. Gewonnen hat derjenige, der zum Schluss ganz links hängt.	Langbänke, Seile, Matten, Medizinbälle Rollbretter
	Siegerehrung		

Woche 5: Einheit 1: Gleichgewichtsparcour

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
15 min	Parcour aufbauen - Einlaufen, Gelenksmobilisationen der oberen Extremitäten - Auf Akk. Reiz (1x klatschen) – auf einem Bein stehen bleiben – Mobilisation des freien Sprung-, Knie- und Hüftgelenks (3-4 Durchgänge, so, dass bei Jedem beide Seiten mobilisiert wurden) - Zahlen-Übungen – Teilnehmer bewegen sich nach Vorgabe (vw laufen, rw laufen, Hopserlauf, Vorderfußlauf, Fersenlauf, Kniehebelauf, Anfersen,...) in der gesamten Halle (ohne Geräteberührungen). Der Trainer/Die Trainerin ruft Zahlen von 1-6 und die TeilnehmerInnen führen folgende Aufgaben auf 1. Möglichst schnell auf ein Gerät stellen und oben die Augen schließen 2. Eine Judorolle auf einer Matte 3. Standwaage durchführen 4. Schnell im Kreis drehen und auf einem Bein stehen bleiben 5. Mit einem Partner zusammen und anlehnend auf ein Bein stellen 6. Auf eine Matte und mit geschlossenen Augen auf die Vorfüße stellen		
35 min	Der folgende Gleichgewichtsparcour wird mit unterschiedlichen Überwindungsmöglichkeiten durchgeführt: 1. Vorwärts/Rückwärts gehen 2. Auf allen vieren gehen 3. Störfaktor einsetzen • Bälle tragen • Hände an der Hüfte fixieren • Ein Auge oder ein Ohr zuhalten Zu Beginn steht das Üben im Vordergrund. Wer schafft den Parcours ohne Fehler? Am Schnellsten?	Parcour geht im Kreis. Die SuS gehen ihn nacheinander zu zweit durch	3 Langbänke 1 Bodennaher Balken 1Barren 2 Sprungbretter 4 Reckstanden 2Weichböden Matten 4Kästen



Woche 5: Einheit 2: The Big Balance Challenge

Zeit	Inhalt	Organisation	Material
5min	Aufwärmen Alle stehen in einem Kreis und führen einzelne Aufgaben durch: Alle nehmen sich an einer Hand und versuchen: - das rechte Bein möglichst weit nach vorne zu strecken - das linke Bein möglichst weit nach vorne zu strecken - Augen schließen - absitzen und wieder aufstehen - Standwaage - ev. Noch zusammenkommen und absitzen		
15-20 min	Selbstständig an den Stationen üben um danach im Wettkampf am besten abzuschneiden. Station1: Kampf auf umgedrehter Langbank Auf umgedrehter Langbank mit angelegten Handflächen aus dem Gleichgewicht bringen. Station 2: Einbeinstehen Wer schafft es länger auf einem Bein zu stehen. (mit geschlossenen Augen) Station 3: Pedalofahren Wer schafft es weiter zu fahren Station 4: Slackline Balance Wer schafft es länger auf der Slackline zu stehen (mit Stoppuhr) Station 5: Medizinballweitgehen Wer schafft es weiter zu kommen? Station 6: Gymnastikballknien Wer schafft es länger auf einem Gymnastikball zu knien Station 7: Seilwettkampf Zwei Langbänke und aus dem Gleichgewicht bringen Station 8: Reckstangen Balance Wer schafft es weiter zu gehen, bzw. länger zu stehen. Station 9: Slackline Gehen Wer schafft es weiter auf der Slackline zu gehen. Station 10: Langbank rückwärtsgehen Wer schafft es länger auf der Langbank rückwärts zu gehen.	Einzeln die Stationen betrachten und selbstständig üben, ev. Partner dazu holen und üben	Medizinbälle Langbänke Pedalos Slackline Weichboden Seil Reck

15-20min	10 Stationen. Jeder Schüler bekommt eine Karte, die auf der Wäscheleine aufgehängt wird. Jeder Wettkampf wird im 1:1 ausgeführt. Ein Schüler von unten darf einen Schüler von oben „challengen“. Gewinnt ein Schüler die Challenge, dann darf dieser sein Kärtchen mit dem des Verlierers tauschen. Ziel ist es, auf der Wäscheleine ganz rechts zu hängen.		
5min	Siegerehrung		

Messwerttabelle																	
n=46 Mess= nummer		Vorher								Nachher							
		statisch				dynamisch				statisch				dynamisch			
		offene Augen		geschl. Augen		offene Augen		geschl. Augen		offene Augen		geschl. Augen		offene Augen		geschl. Augen	
	Gruppen= zuteilung	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM
1	Kontroll	13,9	0,33	23,4	0,92	31,6	3,22	54,1	10,6	17,1	0,37	24	0,53	26,3	1,45	50,1	6,16
2	Training	23,9	0,32	34,2	0,85	28,6	1,1	61,8	8,07	27	1,03	38,3	2,39	27,9	1,44	41,7	2,37
3	Training	15,5	0,15	27,4	0,63	41,2	2,5	37,9	1,4	24,3	0,43	26,8	1,31	38,8	2,91	36,2	2,1
4	Training	20,5	0,7	24,2	0,75	29,1	0,74	37,2	1,45	19,5	0,22	27,3	1,08	26,4	1,07	28,3	0,92
5	Kontroll	23,6	0,69	26,6	0,93	41,4	2,42	64,1	4,12	19,7	0,33	32,5	1,07	45,8	2,16	45,7	4,15
6	Training	23,5	1,63	25,2	0,8	47	3	66,7	6,16	25,4	0,58	29,8	0,92	44,8	3,73	52,9	3,88
7	Kontroll	29,6	1,07	44,3	0,78	30,4	1,65	29,6	1,38	32,4	0,76	36,4	0,69	28,7	0,51	34,3	1,05
8	Training	28,6	2,58	39,7	3,56	36,2	2,48	31,5	1,66	31,6	1,37	38,5	2,23	43,6	3,76	37,9	1,81
9	Kontroll	24,7	0,31	37	0,8	32,2	1,1	49,6	4,12	19,6	0,48	35,6	1,23	29,6	1,65	48,9	5,78
10	Training	18,6	0,36	19,3	0,58	27,5	1,42	29,9	4,37	21,7	0,49	23,9	0,54	21,7	1,14	29,8	2,34
11	Kontroll	27,9	0,37	30,5	0,43	34,4	0,94	41,6	2,73	24,4	0,36	30,6	0,51	41	2,37	45,5	0,94
12	Training	22,4	0,53	28,8	1	24,8	0,92	29,2	1,01	28,6	1,25	41,6	1,39	24,9	1,04	56,4	6,65
13	Training	26,4	0,76	26,5	1,31	35,1	6,41	40,6	5,45	33,2	1,41	25,3	0,79	23,4	0,92	26,8	1,4
14	Kontroll	23,1	0,42	28,4	0,78	21,1	0,93	27,9	1,12	23,3	0,37	51,6	2,66	30,6	1,27	35,8	1,74
15	Kontroll	26,9	1,6	39,4	3,25	33,7	3,61	37,6	2,5	27,1	0,87	28,1	0,8	29,6	3,23	35,2	2,9
16	Training	19,3	0,37	29,3	0,34	27,5	1,02	29,6	0,95	21,6	0,48	21,1	0,3	21,8	1,74	26,3	1,42
17	Kontroll	22,3	0,33	31,5	0,75	30,3	2,91	38,4	1,06	28,7	0,44	29	0,52	37,6	0,99	44,3	2,09
18	Training	27,1	0,81	36,6	1,02	33,5	1,47	52	2,72	24,7	0,42	38	0,79	37,5	1,63	42,4	1,95
19	Kontroll	19,3	0,58	18,9	0,38	23,2	1,56	24,5	2,38	15,5	0,3	18,6	0,31	25,1	3,04	32,2	7,83
20	Kontroll	26,6	0,64	28,3	0,59	21,7	1,3	32	4,2	20,8	0,31	36,2	2,31	30,2	2,5	36,8	5,6
21	Kontroll	33,9	1,17	29,2	0,78	21,4	1,5	23,9	0,74	26,6	0,65	41,5	2,63	20,8	1,48	34,6	2,93
22	Kontroll	18,3	0,35	23,7	0,8	19,7	1,32	36,9	2,23	20,3	0,62	21,9	0,39	23,2	1,37	50	4,11
23	Training	26,1	0,65	32,4	0,75	36,8	2,9	77,1	8,24	23,5	0,76	31,9	0,67	29,1	2,09	74,4	19,2
24	Training	18,6	0,72	33,9	1,2	26,7	1,28	39,2	2,45	25	1,27	35,5	2,05	27,1	3,43	35,5	2,64
25	Training	20,6	1,13	27,5	1,2	31	3,65	50,8	8,66	28	2,34	26,7	1,61	22,4	2,02	35,8	4,12
26	Training	15,8	0,18	18,4	0,21	22,9	0,96	25,3	0,72	18,5	0,19	20,6	0,33	22,6	0,62	24,6	0,33
27	Kontroll	52,4	0,84	75,9	4,19	66,1	3,1	80	5,87	43	1,52	54,1	2,63	47,6	5,27	53,8	3,93

n=46		Vorher								Nachher							
		statisch				dynamisch				statisch				dynamisch			
		offene Augen		geschl. Augen		offene Augen		geschl. Augen		offene Augen		geschl. Augen		offene Augen		geschl. Augen	
Mess= nummer	Gruppen= zuteilung	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM	COPT	ROM
28	Kontroll	18,1	0,63	28	0,89	22,5	1,2	60,7	10,4	24,1	0,62	26	0,61	34,4	1	51,8	5,6
29	Training	25,8	1,1	32,9	1,41	25,9	1,13	43,9	2,99	23,7	1,12	21,3	0,53	27,3	1,04	44,1	5,49
30	Kontroll	25,7	1,95	27	1,61	28,7	1,23	59,6	7,12	26,2	1,32	37,3	1,48	34,6	2,39	53,3	9,63
31	Training	20,6	0,58	32,5	0,88	32,2	1,5	29,3	1,15	24,5	0,42	31,2	0,72	33,6	1,86	36,1	1,6
32	Kontroll	24,5	0,68	32,3	0,9	30,3	1,11	32,6	1,88	24,1	0,43	39,8	0,97	34	1,5	48,3	2,7
33	Kontroll	15,5	0,3	29,3	1,17	24,5	0,77	33	2,11	26,7	0,79	35	2,01	43,4	2,87	39,2	3,17
34	Training	23,4	0,58	19,8	0,41	28,1	1,5	32,9	4,25	20,9	0,52	31,4	0,66	21,7	1,02	23,9	1,18
35	Training	22,9	0,87	46,2	1,75	60,3	2,94	51,4	3,05	34,3	0,87	41,8	1,31	35,2	2,17	44,7	4,91
36	Kontroll	21,5	1,01	20,3	0,54	31,5	2,38	29,7	1,26	21,2	0,91	25,2	1,28	26,7	2,27	38,4	3,93
37	Kontroll	20,6	0,5	35,7	1,28	44,8	3,51	80,5	8,04	22,9	1,04	29,4	1,06	39,6	3,27	60,4	12,9
38	Training	15,2	0,26	23,7	0,73	21,5	1,06	25,6	1,42	16,3	0,3	22,4	0,37	22,5	0,57	30,1	1,17
39	Training	30,2	0,51	36,9	1,26	51,5	2	50,9	4,81	38,9	1,73	50,5	2,24	41,2	2,59	52,3	7,75
40	Training	13,9	0,15	19,6	0,82	23,3	0,65	28,7	3,01	24,4	2,05	19,6	0,58	24,3	1,37	38,1	2,3
41	Kontroll	19,2	0,36	30,7	0,62	20,5	0,75	29,8	1,45	22,9	0,56	28,5	0,71	23,5	0,48	29,6	0,87
42	Kontroll	20,5	0,43	29	0,62	37,5	1,88	108,	13,1	26	0,94	34	0,77	33,3	1,39	96,6	10,9
43	Kontroll	11,4	0,23	17,4	0,47	33,7	1,16	44,1	2,4	17,4	0,47	20,1	0,49	32,3	1,42	55,6	4,26
44	Kontroll	19,4	0,71	15,1	0,22	27,9	1,56	27,3	1,84	23,1	0,51	27	1,33	26,6	2,47	34,8	2,36
45	Kontroll	18,6	0,82	21,9	0,72	41,7	2,56	67,3	8,84	23,5	0,53	28,1	1,11	42,2	3,39	70,8	9,13
46	Training	17,7	0,44	24	0,49	21,9	1,14	43,2	2,17	27	0,46	30,3	0,41	24,8	0,89	52	3,85

Eidesstaatliche Erklärung

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht (z. B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen vorgelegt.“

Ort, Datum

Andreas Bauer