

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

"Krafttraining auf stabilen und instabilen Untergrund und dessen Bedeutung für die Leistungsfähigkeit und Gesundheit: eine systematische Literarturübersicht"

verfasst von / submitted by

Martin Baron Arnold, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science (MSc)

Wien, 2022 / Vienna 2022

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

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

Betreut von / Supervisor:

UA 066 826

Masterstudium Sportwissenschaft

Ass.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

Zusammenfassung

Hintergrund: Die Wirkung von Krafttraining auf stabilen versus instabilen Untergrund auf die Leistungsfähigkeit und Gesundheit, ist ein zentrales Thema für Athleten und Therapeuten. Trotz zahlreicher Studien, die sich mit dieser Thematik auseinandergesetzt haben, ist nicht eindeutig geklärt, ob Krafttraining auf instabilen Untergrund ähnliche oder gegebenenfalls größere Reize als Krafttraining auf stabilen Untergrund darstellt. Da die Literaturangabe diesbezüglich inkonsistent ist, soll dieser Punkt mithilfe einer systematischen Literaturrecherche neu beleuchtet werden.

Zielsetzung: Das Ziel dieser Arbeit ist eine systematische Untersuchung, ob Krafttraining auf instabilen Untergrund in Relation zu Krafttraining auf stabilen Untergrund zu unterschiedlichen Ergebnissen diverser Parameter der leistungs- bzw. gesundheitsorientierten Leistungsfähigkeit führen. Hierfür wurden folgende Parameter mit einbezogen: Maximalkraft, Schnellkraft, maximale isometrische Kontraktion, statische posturale Stabilität, dynamische posturale Stabilität und die funktionelle Beweglichkeit.

Methode: Die systematische Literaturrecherche für diese Arbeit hat in den Online-Datenbanken PubMed und Web of Science nach Prisma-Kriterien stattgefunden. Folgende Suchbegriffe wurden für die Recherche verwendet: "instability resistance training", "instability strength training" AND "stable" AND "unstable" AND "surface". Folgende Einschlusskriterien wurden festgelegt: Trainingsstudien bei denen Krafttraining auf stabilen versus instabilen Untergrund verglichen wurden, Studien mit einer Kontrollgruppe. Probanden und Probandinnen mit und ohne Krafttrainingserfahrung, gesunde Personen, ein Mindestalter von 17 Jahren, ein Parameter zur Diagnostik von Kraft, Schnellkraft oder Kraftausdauer und/oder ein Parameter zur Diagnostik der Balancefähigkeit und funktionellen Mobilität, eine Interventionsdauer von mindestens 4 Wochen. Die Ausschlusskriterien für die Arbeit waren: Reviews und Metaanalysen, Probanden und Probandinnen mit einer Erkrankung, eine Interventionsdauer von unter 4 Wochen, keine Parameter im Bereich Kraft oder Gesundheit, Personen, die unter 17 Jahre alt waren, Studien, die sich mit Hochleistungssportler/Innen befassen sowie das Fehlen einer Kontrollgruppe. Die einbezogenen Studien wurden mithilfe der PEDro-Skala qualitativ bewertet.

Ergebnisse: Es wurden sowohl bei den stabilen als auch bei den instabilen Trainingsgruppen signifikante Verbesserungen im Bereich der Maximalkraft (RM), Schnellkraft (PP) und der maximal gewollten isometrischen Kontraktion (MVIC) gefunden. Instabilitätstrainingsgruppe (IST) und Stabil-trainingsgruppe (ST) zeigten bei der 1-RM Kniebeuge eine signifikante Verbesserung (p < 0.05) 3-7%. ST (ES= 1.41-1.61), Mittlere Stabilitätsgruppe (MS) (ES= 1.08-1.46) und IST (ES=1.14-1.62) zeigten alle signifikanten Steige-

rungen in der 10-RM Kniebeuge. Signifikante Verbesserung bei der PP zeigten sich bei IST (12%) und ST (7%); Bankdrücken (p = 0.008), Kniebeuge (p = 0.025); IST (ES= 0.79) zeigte eine signifikante Steigerung beim Countermovement-Jump bei der Testung auf instabilem Untergrund. Kniebeugen-Sprung (IST = 22.1%, ST = 20.1%), Countermovement-Jump (IST = 17.7%, ST = 15.2%), 1RM in Kniebeuge (IST = 13.03%, ST = 12.6%), 1RM in Bankdrücken (IST = 4.7%, ST = 4.4%), PP in Kniebeuge (IST = 19.42%, ST = 22.3%), PP in Bankdrücken (IST = 7.6%, ST = 11.5%). MVIC zeigte einen signifikanten Effekt für alle Stabilitätsvoraussetzungen bezüglich des Faktors Zeit (F= 8.083-19.056, p-Werte gehen von ≤0.001 bis zu 0.007). Hinsichtlich der Gesundheitsparameter zeigten sich folgende Ergebnisse: IST (+ 2.26) und ST (+1.22) zeigten signifikante Steigerungen in Berg-Balance-Scale (BBS) (+4); IST zeigte eine signifikante Steigerung beim Time up and go-Test TUG (-2.44). IST und ST zeigten signifikante Verbesserungen in der dynamischen posturalen Stabilität: EOFS (p= 0.01), ECFS (p= 0.01; p= 0.02) und CVVS (p= 0.01); IST (VSI/ ES= 0.493) und ST (VSI / ES= 0.989, DPSI/ ES= 0.806). IST und ST zeigten signifikante Verbesserungen bei der statischen posturalen Stabilität in allen Richtungen (p= 0.01; IST: A: 7%, PM: 8%, PL: 8%; ST: A: 4%, PM: 5%, PL: 8%); IST (Adx / ES= 0.420, area / 0.537).

Fazit: Auch mittels des vorliegenden systematischen Reviews konnten keine klaren Aussagen hinsichtlich der Wirksamkeit einer der gegenübergestellten Trainingsmethoden getroffen werden. Entsprechend wären weiterführende Untersuchungen zu dieser Thematik wünschenswert, um klare Empfehlungen aussprechen zu können.

Schlüsselwörter. Instabiles Training, instabile Unterlage, Maximalkraft, Schnellkraft, posturale Stabilität

Abstract

Background: The effects of resistance training on stable versus unstable surfaces on performance and health are a main topic for athletes and therapists. Although there are many studies, which treat this topic, it cannot be confirmed that resistance training on unstable surfaces has the same or greater effects than on stable surfaces. Because of inconsistencies in the literature, this systematic review will be dealing with this topic.

Objective: The aim of this systematic review is to show if resistance training on unstable surfaces has the same or bigger effects on health and performance than resistance training on stable surfaces. Therefore, the following parameters were included: maximal strength, power, maximal isometric contraction / muscle activation, static postural stability, dynamic postural stability and functional movement.

Methods: For literature research the databases "PubMed"and "Web Science" have been used in this systematic review. using following keywords: "instability resistance training", "instability strength training" AND "instability resistance training" AND "stable surface" AND "unstable surface". For the research and to narrow down the results, inclusion and exclusion criteria were defined. Inclusion criteria were: studies which compared resistance training on stable versus unstable surfaces, control groups, subjects with and without training experience, healthy subjects, a minimum age of seventeen, at least one parameter of strength, power or endurance and/or one parameter of balance or functional movement. Exclusion criteria were: reviews and meta-analysis, subjects with diseases, an intervention duration less than 4 weeks, no parameter of health or strength, subjects under the age of seventeen, studies which deal with high performance athletes, the absence of a control group. The included studies were evaluated through PEDro-Scale

Results: Significant improvements in maximum strength (RM), peak power (PP) and maximal voluntary isometric contraction (MVIC) were found in both the stable and unstable training groups. Instability training group (IST) and stable training group (ST) showed a significant improvement (p<0.05) 3-7% in the 1-RM squat. ST (ES= 1.41-1.61), Medium Stability Group (MS) (ES= 1.08-1.46), and IST (ES=1.14-1.62) all show significant increases in the 10-RM squat. Significant improvements in PP were seen in IST (12%) and ST (7%); bench press (p=0.008), squat (p=0.025); IST (ES= 0.79) showed a significant increase in countermovement jump when tested on unstable surfaces. Squat jump (IST = 22.1%, ST = 20.1%), Countermovement jump (IST = 17.7%, ST = 15.2%), Squat 1-RM (IST = 13.03%, ST = 12.6%), 1-RM in bench press (IST = 4.7%, ST = 4.4%), PP in squat (IST = 19.42%, ST = 22.3%), PP in bench press (IST = 7.6%, ST = 11.5%). MVIC showed a significant effect for all stability requirements on the time factor (F= 8.083-19.056, p-

values range from ≤0.001 to 0.007). Concerning the health parameters, the following results were shown: IST (+2.26) and ST (+1.22) showed significant increases in the berg balance scale (BBS) (+4), IST showed a significant increase in the time up and go -Test TUG (-2.44), IST and ST showed significant improvements in dynamic postural stability: EOFS (p= 0.01), ECFS (p= 0.01; p= 0.02) and CVVS (p= 0.01); IST (VSI / ES= 0.493) and ST (VSI / ES= 0.989, DPSI/ ES= 0.806) IST and ST showed significant improvements in static postural stability in all directions (p= 0.01; IST: A: 7%, PM: 8%, PL: 8%, ST: A: 4%, PM: 5%, PL: 8%), IST (Adx / ES= 0.420, area / 0.537).

Conclusion: Even with the help of the present systematic review, no clear statements could be made regarding the effectiveness of one of the compared training methods. Accordingly, further studies on this topic would be desirable to make clear recommendations.

Keywords: Unstable training, unstable surface, maximal strength, peak power, postural stability

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all jenen bedanken, die mich bei dem Verfassen meiner Arbeit unterstützt haben. Zunächst gebührt mein Dank Herrn Prof. Dr. Harald Tschan, der meine Arbeit betreute und mir durch sein Feedback und seine konstruktive Kritik sehr helfen konnte.

Auch bei meiner Familie möchte ich mich herzlich bedanken. Bei meinen Eltern, die mich immer unterstützten und bei meinem Bruder, der immer ein offenes Ohr für mich hatte.

Zuletzt bedanke ich mich bei meiner Frau und Korrekturleserin, die immer für ich da war, wenn ich sie brauchte und mir gleichzeitig die nötige Zeit und Ruhe gab, um meine Arbeit fertig zu stellen.

Inhaltsverzeichnis

1		Einle	eitun	g	9
	1.	1	Prol	olemdarstellung	9
	1.	2	Aktı	ıeller Forschungsstand	11
2		Meth	nodik		14
	2.	.1	The	oretischer Hintergrund	14
	2.	2	Trai	ningsinterventionen	14
		2.2.1	1	Stabiles Krafttraining	14
		2.2.2	2	Instabiles Krafttraining	15
	2.	3	Leis	tungsparameter	17
		2.3.1	1	Maximalkraft	17
		2.3.2	2	Schnellkraft	17
		2.3.3	3	Maximale gewollte isometrische Kontraktion	18
	2.	4	Ges	undheitsparameter	19
		2.4.1	1	Gleichgewichtsfähigkeit	19
		2.4	4.1.1	Statische posturale Stabilität	19
		2.4	4.1.2	Dynamische posturale Stabilität	20
		2.4.2	2	Funktionale Mobilität	20
	2.	5	Tes	ungen	21
		2.5.1	1	Testungen für Leistungsparameter	21
		2.5	5.1.1	Elektromyographie (EMG)	21
		2.5	5.1.2	Kraftmessplatte	21
		2.5	5.1.3	Kraftsensoren	22
		2.5	5.1.4	Sprungfähigeits-Test	22
		2.5	5.1.5	Maximalkraftmessung	22
		2.5.2	2	Testungen für Gesundheitsparameter	24
		2.5	5.2.1	Y Balance Test (Star excursion balance test)	24
		2.5	5.2.2	Berg Balance Skala	24
		2.5	5.2.3	Time up and go Test	24
	2.	6	Stud	liendesign	25
	2.	7	Rec	herche	26
3		Erge	bnis	se	28
	3.	.1	Pris	ma Flowchart	28
	3.	2	PED	Pro-skala und Bewertung	29
	3.	3	Erge	ebnisse der Leistungsparameter	32
		3.3.1	1	Maximalkraft	33

	3.3.1.1	Studie 1	33
	3.3.1.2	Studie 2	35
	3.3.1.3	Studie 3	37
	3.3.2	Schnellkraft	39
	3.3.2.1	Studie 1	39
	3.3.2.2	Studie 2	41
	3.3.2.3	Studie 3	43
	3.3.3	Maximal gewollte isometrische Kontraktion	44
	3.3.3.1	Studie 3	44
3	.4 Erge	ebnisse der Gesundheitsparameter	47
	3.4.1	Statische posturale Stabilität	47
	3.4.1.1	Studie 4	47
	3.4.1.2	Studie 5	49
	3.4.2	Dynamische posturale Stabilität	51
	3.4.2.1	Studie 5	51
	3.4.2.2	Studie 6	52
	3.4.2.3	Studie 7	54
	3.4.3	Funktionale Mobilität	55
	3.4.3.1	Studie 6	55
4	Diskussio	on	57
5	Schlussfo	olgerung	62
6	Literaturv	rerzeichnis	63
7	Abbildung	gsverzeichnis	68
8	Tabellenv	verzeichnis	69
9	Eidesstaa	atliche Erklärung	70
	4 5 6 7 8	3.3.1.2 3.3.1.3 3.3.2.1 3.3.2.2 3.3.2.3 3.3.3 3.3.3.1 3.4 Erge 3.4.1 3.4.1.1 3.4.1.2 3.4.2.1 3.4.2.2 3.4.2.3 3.4.3 3.4.3.1 4 Diskussion 5 Schlussion 6 Literatury 7 Abbildung 8 Tabelleng	3.3.1.2 Studie 2

1 Einleitung

Im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit soll ein Einblick zu den Unterschieden zwischen Krafttraining auf stabilen und instabilen Untergrund gewährt werden, sowie deren Auswirkungen auf die Leistungs- und Gesundheitsparameter.

1.1 Problemdarstellung

In vielen alltäglichen Situationen ist es erforderlich, dass Menschen größere Anstrengungen auf instabilen Untergrund bewältigen müssen (Behm & Anderson, 2006). Krafttraining auf instabilem Untergrund ist in den vergangenen Jahren daher immer beliebter geworden und findet immer mehr Anwendung in den Bereichen des Leistungssports und der Rehabilitation (Zemkova, 2017). Behm & Sanchez (2013) betonen die Relevanz von instabilen Krafttrainingsmethoden für den Leistungssport oder für die Steigerung der allgemeinen Gesundheit. Hierbei handelt es sich sowohl um Krafttrainingsformen mit dem eigenen Körpergewicht als auch mit dem Training externer Hilfsmittel wie Gewichtsstangen oder Kettlebells (Behm & Sanchez, 2013).

Sport mit Geräten zu betreiben, die einen instabilen Untergrund gewährleisten ist ein aktueller Trend. Ob Bälle, Wackelbretter oder andere instabile Elemente, sie alle werden mit Training und Bewegung kombiniert (Behm & Anderson, 2006). Neben den sogenannten Swiss- oder BOSU-Bällen gibt es auch Rollen aus Schaumstoff, sowie Bänder, Fitnesstrampoline, Wasserkissen, Seile und Bretter, die bei solchen Trainingsformen genützt werden. Auch der Einsatz von natürlichen Instabilitäten findet in manchen Bereichen Anwendung, wie zum Beispiel das Training auf Sand oder Kiesböden (Behm & Sanchez, 2013). Ein Grund für die wachsende Popularität des Trainings auf unbeständigen Untergründen könnte die vermehrte Aktivierung der Rumpfmuskulatur sein, die bei einem Training auf unbeständigen Untergründen vermutet wird (Behm et al., 2010). Denn vor allem die Muskulatur des Rumpfes nimmt einen großen Stellenwert in der Verbesserung des Gesundheitszustandes, in der Rehabilitation und auch im athletischen Bereich ein (Behm et al., 2010).

So zeigten mehrere Studien eine signifikante höhere Aktivierung bestimmter Muskelgruppen des Rumpfes in Verbindung mit einem instabilem Krafttraining (Zemkova, 2017). Behm et al. (2005) führten eine Studie zur Ermittlung der Aktivität der Rumpfmuskulatur mit Hilfe einer elektromyographischen Messung, im Weiteren als EMG-Messungen beschrieben, durch. Dabei wurden die Übungen Bank- und Schulterdrücken sowohl auf stabilen Untergrund als auch auf einem Gymnastikball durchgeführt. Die Ergebnisse der EMG-Messungen zeigten, dass bei der instabilen Trainingsmethode des Bankdrückens

die tiefliegenden abdominalen Stabilisatoren eine höhere Muskelaktivität aufwiesen als bei der stabilen Variante (Behm et al., 2005). Gleichzeitig wurde jedoch kein Effekt für das Schulterdrücken auf instabilem Untergrund gefunden (Behm et al. 2005). Nach Behm & Anderson (2006) kann das Krafttraining auf instabilen Untergrund zwar zu einer hoher Muskelaktivierung führen, jedoch gleichzeitig eine verminderte Kraftproduktion einleiten. Diese hohe Muskelaktivierung lässt sich durch die Stabilisierung von Rumpf und Gliedmaßen erklären, die unter instabilen Bedingungen provoziert wird (Behm & Anderson, 2006). Die Studie von Norwood et al. (2007), in der die Übung Bankdrücken auf stabilen und unbeständigen Untergründen durchgeführt wurde, zeigte ähnliche Resultate. Die Ergebnisse wiesen bei steigender Instabilität eine gleichzeitig größere Muskelaktivierung im Bereich des Rumpfes auf (Norwood et al., 2007). Kohler et al. (2010) untersuchten die Auswirkungen von Schulterdrücken mit Kurz- und Langhanteln auf unterschiedlichen Unterlagen. Die EMG-Messungen wiesen in diesem Fall eine höhere Aktivierung des Muskels Erector spinae auf, wenn mit instabilen Bedingungen trainiert wurde (Kohler et al., 2010). Obwohl instabiles Krafttraining eine beliebte Methode ist, die Rumpfmuskulatur zu fördern und zu aktivieren, ist nicht klar, ob instabile Übungen effektiver als traditionelle Krafttrainingsformen sind, die auf stabilem Untergrund durchgeführt werden (Behm et al., 2010). So untersuchten beispielsweise Anderson & Behm (2004) die Kraftentwicklungen und EMG-Aktivierungen mehrerer Muskelgruppen. Unter anderem wurde der Pectoralis major, Deltoideus anterior, Trizeps, Latissimus Dorsi und der Rectus abdominis sowohl für isometrische als auch für eine dynamische Kontraktion unter instabilen Untergrund gemessen. Die Ergebnisse zeigten, dass stabiles und instabiles Training keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der EMG-Aktivierung aufwies. Auch Saeterbakken & Fimland (2013) erforschten in ihrer Studie die Kraftentwicklung und EMG-Aktivität der Rumpfmuskulatur und der unteren Extremitäten. Hierfür wurden isometrische Kniebeugen auf dem Boden, einem Wackelbrett, einem BOSU-Ball und einem "Power-Board" mit maximaler Anstrengung durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Rumpfaktivierung zwischen stabilen und instabilen Unterlagen (Saeterbakken & Fimland, 2013).

Die Studienlage bezüglich des Krafttrainings auf instabilen Untergrund befasst sich weitgehend mit der Prävention und Rehabilitation von Verletzungen (Zemkova, 2017). Die Auswirkungen in Hinsicht auf die Kraft sind weitgehend ungeklärt. Dadurch haben sie aus leistungsorientierter Sicht im Krafttraining zunehmend an Relevanz für die Forschung gewonnen (Zemkova, 2017). Während einige Autoren auf die Kraftreduktion auf instabilen Untergründen im Vergleich mit einem traditionellem Krafttraining auf stabilem Untergrund hinweisen (Behm & Colado, 2012), werden gleichzeitig inkonsistente Ergebnisse bei Er-

wachsenen und Jugendlichen beschrieben, wenn es zum Vergleich von Krafttraining auf stabilen versus instabilen Untergrund kommt (Behm et al., 2015). Auch Marquina et al. (2021) gehen davon aus, dass instabiles Krafttraining negative Einflüsse auf die Maximal-kraft haben könnte. Gleichzeitig zeigt eine Studie von Goodman et al (2008) keine signifikanten Unterschiede im Ein-Wiederholungsmaximum und in der EMG-Aktivität beim Vergleich von stabilen und instabilen Krafttraining.

Aus diesem Grund ist eine Gegenüberstellung von Krafttraining auf stabilen versus instabilen Untergrund notwendig, um hinsichtlich der Trainingsgestaltung und Einsatz der beiden Methoden im Leistungs- und gesundheitsorientierten Sport klare, evidenzbasierte Empfehlungen tätigen zu können.

Trotz des positiven Effekts von Krafttraining auf instabilen Untergrund, der in der Literatur beschrieben wird (Behm et al., 2015), gibt es nur wenige Studien, die sich mit der Auswirkung von Krafttraining auf instabilen Untergrund auf die Gesundheit befassen (Pirauá et al., 2019). Somit hinterfragen Pirauá et al. (2019) die Auswirkungen eines langfristigen Trainings auf instabilen Untergrund auf die Mobilität, das Gleichgewicht oder eine mögliche Sturzprophylaxe.

Es wurde aufgezeigt, dass trotz der Anforderungen an die Balance und Haltung, welche beim Training auf instabilen Untergrund entstehen, keine signifikante Verbesserung des Gleichgewichtes bei jungen Erwachsenen und Jugendlichen, in Relation zu einer stabilen Trainingsvariation, erzielt wurde (Behm et al., 2015).

Auch Behm & Anderson (2006) weisen darauf hin, dass die kurz- und langfristigen Folgen von Krafttraining auf instabilen Untergrund in Bezug auf das tägliche Leben und auf die sportliche Leistung nicht genau bekannt sind und weitere umfassende Untersuchungen erforderlich sind. Behm et al. (2015) zeigten ebenfalls die inkonsistenten Ergebnisse auf, welche sich bei einem Vergleich von Krafttraining auf stabilen bzw. instabilen Untergrund in der Literatur finden.

Daraus ergibt sich die Relevanz dieser Arbeit diese Thematik neu zu beleuchten. Im Folgenden soll ein Überblick, in Form einer systematischen Literaturübersicht, von Krafttrainingsmethoden auf stabilen versus instabilen Untergrund geschaffen werden und deren Bedeutung für die Leistungsfähigkeit und Gesundheit erläutert werden.

1.2 Aktueller Forschungsstand

Das folgende Kapitel soll einen Überblick zum aktuellen Forschungsstand verschaffen. Hierbei werden sowohl die Auswirkungen von stabilen als auch von instabilen Krafttrai-

ning auf diverse Leistungsparameter erläutert, sowie die Auswirkungen auf die Gesundheitsparameter, die in dieser Arbeit untersucht werden sollen.

Die Studienlage bezüglich Krafttraining auf stabilen versus instabilen Untergrund und deren Auswirkungen auf die Kraft stellen vermehrt die Abnahme der Kraftleistung der Agonisten dar und beschreiben eine Zunahme der Rumpfaktivität sowie eine erhöhte Aktivität der stabilisierenden Muskelpartien und Gelenkssysteme. So beschreiben Behm & Anderson (2006) eine Verminderung der Kraft der Extremitäten bei gleichzeitiger verstärkter antagonistischer Aktivierung. Das Ausmaß dieser Kraftverminderung bei gleichzeitiger verstärkter antagonistischer Aktivierung hängt von der Art und dem Ausmaß der Instabilität des Untergrunds ab. Je instabiler der Untergrund ist, desto kleiner ist die jeweilige Kraftentwicklung der einzelnen Gliedmaßen und desto höher ist die Aktivierung der Antagonisten (Behm & Anderson, 2006). Auch Zemkova (2017) beschreibt die signifikante Verminderung der maximal produzierbaren Kraft unter instabilen Bedingungen im Vergleich zu maximalen Kraftparametern auf stabilen Untergrund. Eine mögliche Erklärung dieser reduzierten Kraftabgabe ist die verminderte Geschwindigkeit und der kleinere Bewegungsumfang, der unter den instabilen Krafttrainingseinheiten herrscht (Behm et al., 2015). Hierbei wird auch die Relevanz der einzelnen Parameter bei Krafttraining auf diversen Untergründen hervorgehoben. So wird von Zemkova (2017) die Vielschichtigkeit der jeweiligen Trainingsformen erläutert und die Abhängigkeit der unterschiedlichen Faktoren näher beschrieben, wie zum Beispiel: die Übungsauswahl, die Höhe des bewegten Gewichtes oder die Art des instabilen Untergrundes (Zemkova, 2017). So zeigen einige Studien auf, dass die verminderte Kraftentwicklung, die durch ein Krafttraining auf instabilen Untergrund hervorgerufen wird, nicht immer mit der jeweiligen Hemmung der Muskelaktivierung einhergeht. Schlussfolgernd hängt die Reduktion der Muskelaktivierung somit vom Ausmaß der Instabilität ab (Behm & Colado, 2012).

Es wird angenommen, dass es bei instabilen Widerstandsübungen zu einer vermehrten Aktivierung der stabilisierenden Rumpfmuskulatur kommt. Diese Erkenntnisse wurden anhand von EMG-Studien gefunden welche Trainingsinterventionen auf stabilen und instabilen Untergrund vergleichen. Hier zeigt sich, dass die Muskelaktivität der Rumpfmuskulatur bei Krafttraining auf instabilen Untergrund gegenüber stabilem Untergrund erhöht ist (Behm et al, 2010). Die Kraftabgabe wird bei Krafttraining auf stabilen Untergrund verringert, wobei durch den Faktor der Instabilität die Rumpfmuskulatur und die Muskulatur der Extremitäten zur größeren Aktivität gezwungen werden, um die Gelenke zu stabilisieren (Behm & Anderson, 2006). Auch Behm und Sanchez (2013) weisen auf eine erhöhte Muskelaktivierung im Rumpf und Extremitäten-Bereich bei Kraftübungen auf instabilen Untergrund hin, und auch darauf, dass es gleichzeitig zu einer Verminderung der Kraft

und Schnelligkeit kommen kann. Trotz der verminderten Kraftproduktion, die bei Kraftübungen auf instabilen Untergrund vorliegt, kommt es hierbei zu einer hohen Beanspruchung der stabilisierenden Strukturen. Da sich diese Trainingsform mit einem reduzierten
Gewicht durchführen lässt, kann sie eine positive Auswirkung auf die Rehabilitation oder
ein sportartspezifisches Training haben und als hilfreiche Intervention fungieren, bei denen diese Muskelpartien im Vordergrund stehen (Behm & Anderson, 2006). Hinsichtlich
der Auswirkungen von stabilen versus instabilen Krafttrainingsmethoden auf die neuromuskuläre Leistungsfähigkeit gibt es widersprüchliche Ergebnisse (Zemkova, 2017). Diese Inkongruenz lässt sich durch die hohe Anzahl an unterschiedlichen instabilen Plattformen beziehungsweise Auflageflächen erklären, sowie durch die Vielfalt der ausgewählten
Übungen, die für die Messungen verwendet wurden. Des Weiteren gibt es nach wie vor
keine wissenschaftlichen Vorgaben für die passende Wahl der Intensität und Dauer dieser
Trainingsformen (Zemkova, 2017).

Der Vergleich von stabilen und instabilen Krafttraining bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen zeigen inkonsistente Ergebnisse, wenn sie auf die spezifische Wirkung der beiden Trainingsmethoden bezogen werden (Behm et al., 2015). Darüber hinaus gehen die Autoren von einer geringen Veränderung der Kraft- oder Gleichgewichtsleistung, bei welcher junge Erwachsenen und Jugendliche mit instabilen versus stabilen Krafttrainingsmethoden trainieren, aus (Behm et al., 2015).

2 Methodik

Im folgenden Kapitel sollen die einzelnen Schritte der systematischen Literaturrecherche erläutert werden, die im Zeitraum von Anfang Dezember 2020 bis Ende März 2021 durchgeführt wurde. Des Weiteren wird auf das Studiendesign, den theoretischen Hintergrund sowie die Testmethodik eingegangen.

2.1 Theoretischer Hintergrund

Im folgenden Kapitel werden gleichermaßen eine Begriffserklärung und ein Einblick in den fachlichen Hintergrund gewährt.

Überdies werden in dieser Arbeit Begriffe verwendet, die sich in der Fachliteratur in der englischen Sprache etabliert haben. Um die Fachtermini gemäß ihrer Definition zu verwenden und die Lesbarkeit der Arbeit zu gewähren, wird auf eine wörtliche Übersetzung dieser Begriffe verzichtet.

2.2 Trainingsinterventionen

Der nachstehende Abschnitt soll die Grundbegriffe, sowie die fachliche Definition der Trainingsinterventionen näherbringen. Eine detaillierte Darstellung der Interventionen der einzelnen Studien erfolgt im Abschnitt der Ergebnisse.

2.2.1 Stabiles Krafttraining

Krafttraining ist eine vielschichtige Trainingsmethode, die in vielen verschiedenen Formen Anwendung findet. Die Durchführung des Krafttrainings kann mit Trainingsgeräten, wie Maschinen oder Hanteln, oder auch mit dem eigenen Körpergewicht als Gymnastikübung ausgeführt werden (Friedrich, 2021). Als stabiles Krafttraining werden in dieser Arbeit jegliche Krafttrainingsmethoden verstanden, die auch in der allgemeinen Fachliteratur Anwendung finden. Hierbei kann man Krafttraining in folgende Kategorien grob eingrenzen: statische und dynamische Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer (Hollmann & Strüder, 2009). Friedrich (2021) verweist ebenfalls auf die Einteilung der Krafttrainingsmethoden in: Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer. Des Weiteren wird auf die Reaktivkraft eingegangen (Friedrich, 2021), die in der Studienlage dieser Arbeit in Form von Sprüngen vorhanden ist.

Hinsichtlich der diversen Trainingsformen gibt es zudem verschiedene Arbeitsweisen der Muskulatur, mit denen die jeweiligen Interventionen durchgeführt werden. Sie werden

unterteilt in konzentrische, exzentrische oder isometrische Arbeitsweisen (Friedrich, 2021) und finden ebenfalls Anwendungen in den inkludierten Studien.

In dieser Arbeit werden neben allgemeine auch spezifische Krafttrainingsanwendungen demonstriert, die in unterschiedlichen Kombinationen in den Studien verwendet und präsentiert werden. Das allgemeine Training wird in manchen Studien auch als traditionelles Widerstandstraining bezeichnet und beinhaltet mehrere Übungen für unterschiedliche Muskelgruppen. Als spezifisches Krafttraining werden für diese Arbeit Methoden oder Übungen verstanden, die sich auch mit einer speziellen Trainingsform oder dem Training bestimmter ausgewählter Körperregionen befassen. Hierbei ist ein wesentlicher Faktor, dass das spezielle Training beispielsweise weder mit Gewichten noch mit anderen äußeren Widerständen durchgeführt werden musste. Daher fällt auch der Einsatz des eigenen Körpergewichts als Widerstand gegen die Schwerkraft unter die Kategorie Krafttraining. Somit wurden auch Interventionen die als "Balance Training" oder "neuromuskuläres Training", in denen Übungen vorkommen, die für eine Krafttrainingsmethoden charakteristisch sind, ebenfalls als Krafttraining in dieser Arbeit definiert.

2.2.2 Instabiles Krafttraining

Als instabiles Krafttraining werden in dieser Arbeit jegliche Trainingsformen verstanden, die mit dem stabilen Krafttraining gleichzusetzen sind, jedoch zusätzlich eine instabile Komponente besitzen, die den Untergrund unbeständig beziehungsweise schwankend machen. Im Zuge dessen kann instabiles Krafttraining als eine Verknüpfung von traditionellem Krafttraining und einem Stabilisationstraining oder sensomotorischem Training verstanden werden.

Somit wird auch das instabile Krafttraining in die Kategorien: statische und dynamische Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer nach Hollmann & Strüder (2009) definiert, mit dem Zusatz eines instabilen Gerätes. Auch die verschiedenen Arbeitsweisen der Muskulatur nach Friedrich (2021), welche in konzentrische, exzentrische oder isometrische unterteilt sind, werden gleichermaßen in dieser Kategorie verwendet. Das Stabilisationstraining oder sensomotorischem Training wird grundsätzlich in eine statische und dynamische Stabilisation unterteilt. Bei der statischen Stabilisation spielt vor allem die Halte- und Stützfunktion des Rumpfes eine große Rolle, wohingegen sich die dynamische Form primär mit dem bewegten Körper beschäftigt (Kollath & Buschmann, 2010).

Die instabilen Bedingungen werden in erster Linie durch spezifische Geräte und Hilfsmittel erreicht (Kollath & Buschmann, 2010). Die instabilen Geräte, die in den inkludierten Studien dieser Arbeit vorkommen, sind unter anderem: der BOSU-Ball, der Swiss Ball oder auch Gymnastikball genannt, das Wackelbrett, das Balancekissen und das TRX-Schlingentraining.

2.3 Leistungsparameter

Im folgenden Abschnitt werden die relevanten Leistungsparameter näher erläutert, die für diese Arbeit festgelegt wurden. Hinsichtlich der Studienlage hat sich eine Auseinandersetzung mit den folgenden Trainingsdisziplinen ergeben: die Maximalkraft, die Schnellkraft und die maximale gewollte isometrische Kontraktion.

2.3.1 Maximalkraft

Die Maximalkraft ist die größtmögliche neuromuskuläre Kraftentwicklung des Körpers. Sie kann sowohl statisch gegen einen fixierten Widerstand oder dynamisch während einer Bewegung ausgeübt werden (Haas, 2001). Die Maximalkraft hängt von mehreren Faktoren ab. Einerseits gibt es eine Korrelation zwischen Muskelquerschnitt und Kraft, andererseits ist sie von der intra- und intermuskulären Koordination abhängig (Diemer & Sutor, 2018).

Die Maximalkraft wird in der Studienlage unter anderem auch als "Strength" bezeichnet und wird anhand des "Repetition-Maximum" kalkuliert und berechnet (Diemer & Sutor, 2018). Das "Repetition-Maximum" gibt die maximale Wiederholungsanzahl an, die mit einem Gewicht durchgeführt werden kann (Kolster et al., 2017). Eine genauere Beschreibung der jeweiligen Testungen und Messmethoden erfolgt sowohl in dem Kapitel "Testungen" als auch bei "Ergebnisse".

2.3.2 Schnellkraft

Als Schnellkraft wird ein Kraftimpuls verstanden, der in kürzester Zeit ausgeführt wird (Haas, 2001). Kolster et al. (2017) beschreiben sie als die Fähigkeit, die eine möglichst hohe Kraft in der Zeit produzieren, die dafür zur Verfügung steht. Die Schnellkraft wird in der englischen Fachliteratur auch öfters als "Power" oder "Peak Power" bezeichnet. Des Weiteren findet auch die "Average Power", also der durchschnittliche Wert der Schnellkraft in den jeweiligen Studien an Bedeutung. Eine Methode zur Ermittlung der Schnellkraft kann eine Testung mithilfe von Sprüngen sein. Hierbei werden Sprünge wie der "Squat Jump" oder "Counter-Movement-Jump" verwendet (Weineck, 2021). Eine genauere Beschreibung der Messmethoden der Schnellkraft, befindet sich unter den Punkten "Testungen" und "Ergebnisse".

2.3.3 Maximale gewollte isometrische Kontraktion

Die maximale gewollte isometrische Kontraktion, ist ein Spannungszustand des Muskels. Hierbei entsteht eine erhöhte Spannung, ohne einen Bewegungsweg zurückzulegen (Hollmann & Strüder, 2009).

2.4 Gesundheitsparameter

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Gesundheitsparameter dieser Arbeit nähergebracht. Aus der Studienlage hat sich eine zunehmende Thematisierung der Balancefähigkeit und funktionellen Mobilität herauskristallisiert. Bezüglich der Balancefähigkeit ist eine Unterscheidung zwischen der statischen und dynamischen Haltungskontrolle zu erwähnen. Diese werden im weiteren Verlauf dieses Kapitels noch detailliert erläutert.

2.4.1 Gleichgewichtsfähigkeit

Die Gleichgewichtsfähigkeit gehört zu den koordinativen Komponenten und beschreibt die Fähigkeit den eigenen Körper unter Einwirkung der Schwerkraft in der Balance zu halten oder den Zustand des Gleichgewichts wieder herzustellen (Diemer & Sutor, 2018). Die Balance zu halten, bedarf dabei die Anforderung verschiedener Systeme und der Verarbeitung von kinästhetischer, vestibulärer und visueller Informationen (Kolster et al., 2017). Dies gilt auf jeglicher Unterstützungsfläche und wird in der Literatur gleichfalls wie in der Studienlage auch als "Postural Control" ("Haltungskontrolle") bezeichnet. Im weiteren Verlauf der Arbeit folgt eine nähere Beschreibung der statischen und dynamischen Stabilität und Gleichgewichtskontrolle (Diemer & Sutor, 2018).

Die Balance ist nicht nur bei sportlichen Aktivitäten von Bedeutung, sondern auch ein wesentlicher Bestandteil der Fallprävention. Des Weiteren ist die Gleichgewichtsfähigkeit ein zentraler Baustein im Training mit älteren Menschen und stellt daher auch in der Rehabilitation eine enorme Relevanz dar (Diemer & Sutor, 2018). Neben der Anwendung im Leistungssport und der Rehabilitation, fällt der Gleichgewichtskontrolle auch eine wichtige alltägliche Funktion zu (Diemer & Sutor, 2018).

Aufgrund des hohen Stellenwertes in der Rehabilitation und als präventiven Maßnahme zur Sturzvermeidung, fällt die Balancefähigkeit in dieser Arbeit unter den Faktor: "Gesundheitsparameter".

2.4.1.1 Statische posturale Stabilität

Die statische Stabilität wird als die Fähigkeit beschrieben, in der eine Ausgangsstellung der Beinachsen, des Rumpfes, der Schulter sowie des Fußgewölbes stabil in einer Position aufrecht gehalten zu werden (Kolster et al., 2017). Dies können unterschiedliche Positionen sein, wie zum Beispiel der Einbein-, Vierfüßler- oder Zweibeinstand (Kolster et al., 2017). Kolster et al. (2017) weißen darauf hin, dass bei einer Veränderung der Unterlage (stabil, instabil und mobil) oder auch bei Beeinflussung des visuellen Systems, die Anforderungen des kinästhetischen oder des vestibulären Systems erhöht werden.

2.4.1.2 Dynamische posturale Stabilität

Bei der dynamischen Stabilität werden Alltagsbewegungen oder sportspezifische Bewegungen durchgeführt und gleichzeitig auf die ordentliche und ökonomische Durchführung dieser Bewegungen geachtet. Diese beobachtete Durchführung wird als Stabilisierung der Bewegung verstanden (Kolster et al., 2017).

2.4.2 Funktionale Mobilität

Die Mobilität kann als ein großes Bewegungsausmaß des Muskel-Gelenk-Systems definiert werden. Sie ist von mehreren Faktoren abhängig, wie zum Beispiel neuronale oder myogene Prozesse. Des Weiteren wird sie auch von Gelenksfaktoren sowie dem Alter, Geschlecht und der physischen Ermüdung beeinflusst (Kolster et al., 2017).

2.5 Testungen

Im folgenden Kapitel sollen die einzelnen Testungen und Messmethoden der Studien näher beschrieben werden. Die Erläuterungen der verschiedenen Testungen erfolgen in diesem Kapitel komprimiert, da sie ausschließlich zum besseren Verständnis der Ergebnisdarstellung und als informativer Hintergrund dienen. Eine weitere detaillierte Beschreibung erfolgt unter der jeweiligen Ergebnispräsentation. In diesem Kontext werden die Testungen zur vereinfachten Anschaulichkeit ebenfalls in Messmethoden der Leistungsund Gesundheitsparameter aufgeteilt.

2.5.1 Testungen für Leistungsparameter

Die Testungen die als nächstes charakterisiert werden, gehören zu den Messmethoden der Leistungsparametern und beinhalten daher Testungen der Maximalkraft, der Schnellkraft, der maximalen gewollten Kontraktion und Kraftentwicklung, sowie Methoden zur Erfassung der Geschwindigkeit

2.5.1.1 Elektromyographie (EMG)

Die Elektromyographie (EMG) ist eine Messmethode, bei der die Summe der Aktionspotentiale der motorischen aktiven Einheiten gemessen wird. Dafür werden in der Therapie gewöhnlich Oberflächenelektroden verwendet, um die Zeitkurve und die Größe der Skelettmuskelaktivität zu erfassen (Kolster et al., 2017). Ein wesentlicher Nutzen des EMG ist die Interpretation von Muskeln deren Spannungswert nicht direkt ermittelt werden kann. Wenn Bewegungen mit einer konstanten Geschwindigkeit durchgeführt werden, stehen die Kontraktion der Muskulatur sowie die elektrische Aktivität im direkten Verhältnis. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass besagte Aktivität bei einer konzentrischen Bewegung höher und bei einer exzentrischen Bewegung niedriger ist (Hollmann & Strüder, 2009).

2.5.1.2 Kraftmessplatte

Die Kraftmessplatte ist ein Messgerät zur Ermittlung der Bodenreaktionskräfte. Sie findet vor allem Anwendung bei biomechanischen Messungen und spiegelt durch die Bodenreaktionskräfte einen Wechsel des Bewegungszustandes des Körperschwerpunktes wider (Holmann & Strüder, 2009). Durch die Erfassung des Körperschwerpunktes spielt die Kraftmessplatte auch in der Thematik Gleichgewicht und Gleichgewichtsmessung eine

größere Rolle und wird daher nicht nur zur Ermittlung von Leistungsparametern, sondern auch für die Messung der Gesundheitsparameter verwendet.

2.5.1.3 Kraftsensoren

Die Dynamometrie ist eine Form der Kraftmessung, bei der eine willkürliche maximale Kontraktion durchgeführt wird, welche in einer festgelegten Körperposition stattfindet. Hierbei werden die Ergebnisse einzelner Werte von den beanspruchten Muskeln gemessen. Dabei stellt die Fixierung der Körperposition einen zentralen Punkt dar, um nutzbare Werte der Messung zu erhalten (Hollmann & Strüder, 2009)

2.5.1.4 Sprungfähigeits-Test

Der Sprungfähigkeits-Test ist eine Methode zur Ermittlung des Schnellkraftniveaus und wird auch "Jump and Reach" genannt. Dabei kann man zwischen zwei verschiedenen Sprüngen unterscheiden: dem Counter-Movement -Jump und dem Squat-Jump (Weineck, 2021). Der Squat-Jump ist eine konzentrische Bewegung, bei der die ausübende Person in einer Ausgangsstellung beginnt, in der Hüfte und Kniegelenke gebeugt sind. Aus dieser Position wird anschließend versucht so hoch wie möglich zu springen (Weineck, 2021). Der Counter-Movement-Jump ist im Gegensatz dazu ein Sprung mit einer einleitenden Ausholbewegung. Die Person befindet sich in der Ausgangsstellung im aufrechten neutralen Stand. Nachdem die Ausholbewegung durchgeführt wurde, ist das restliche Bewegungsmuster dem des Squat-Jumps gleich. Neben der ähnlichen Ausführung ist das Ziel des Counter-Movement-Tests ebenfalls eine maximale Sprunghöhe zu erreichen (Diemer & Sutor, 2018).

Während der Ausführung des "Jump and Reach"- Test steht der Proband oder die Probandin an einer Wand und versucht bei maximaler Sprunghöhe die Wand zu berühren (Diemer & Sutor, 2018). Beim sogenannten Differenzsprung wird zusätzlich mit einer Kraftmessplatte gearbeitet, womit die Sprungleistung sowie die Geschwindigkeit beim Absprung gemessen werden können (Weineck ,2021).

2.5.1.5 Maximalkraftmessung

In der Erfassung der Maximalkraft spielen sowohl isometrische als auch dynamische Messungen eine große Rolle (Diemer & Sutor, 2018). Da sich die ausgewählten Studien dieser systematischen Literaturübersicht ausschließlich mit dynamischen Messungen be-

fassen, wird dieses Kapitel des theoretischen Hintergrundes nur die Thematik der dynamischen Messmethoden behandeln. Hinzu kommt, dass Kraft und Stärke in den Studien mittels diverser Wiederholungsanzahlen ermittelt wurden. Eine detaillierte Erklärung der jeweiligen Maximalkrafttestungen erfolgt im Kapitel "Ergebnisse", unter dem Punkt Leistungsparameter und Maximalkraft.

Eine Messmethode, um die Maximalkraft zu bestimmen, ist die Berechnung des jeweiligen Trainingsgewichts, das relativ zu dem Gewicht steht, das mittels einer Wiederholung bewegt werden kann. Man spricht hierbei von dem Ein-Wiederholungs-Maximum, bei der eine willkürliche Bewegung sowohl konzentrisch als auch exzentrisch durchgeführt werden kann (Kolster et al., 2017). Eine mögliche Form zur Bestimmung des Ein-Wiederholungs-Maximum beschreiben Diemer und Sutor (2018) bei der eine prozentuale Berechnung des Gewichts erfolgt, bei der Intensität und Wiederholungsanzahl im Vordergrund stehen. Die Abschätzung des Ein-Wiederholungs-Maximums ist ebenfalls eine Methode zur Ermittlung des Maximalgewichtes. Hierbei werden submaximale Testungen durchgeführt, um anhand der daraus resultierenden Ergebnisse einen Wert für die Maximalkraft abzuleiten (Diemer & Sutor, 2018).

2.5.2 Testungen für Gesundheitsparameter

Die Testungen, die als nächstes beschrieben werden, gehören zu den Messmethoden der Gesundheitsparametern und beinhalten den Y-Balance Test, die Berg Balance Scale, den Time up and go Test.

2.5.2.1 Y Balance Test (Star excursion balance test)

Der Y-Balance Test oder auch "Star-Excursion-Balance-Test" ist eine Form der dynamischen Gleichgewichtsbestimmung, der vor allem für die Leistungsfähigkeit der unteren Extremitäten von Bedeutung ist (Powden et al., 2019). Der Y-Balance-Test wird mithilfe von drei Maßbändern durchgeführt. In diesem Zusammenhang werden die Bänder so angeordnet, dass sie sternförmig am Boden liegen. Zwischen den Bändern gibt es zweimal einen Winkel von 135 Grad und einmal einen Winkel von 90 Grad (Bös, 2017). In der Ausgangstellung sind die Hände am Becken und die Person steht einbeinig in der Mitte der Bänder. Dabei darf die Ferse sich nicht vom Boden abheben und das andere Bein den Boden nur zur Abmessung und nicht zur Gewichtsverteilung berühren (Bös, 2017). Anschließend wird versucht mit dem Spielbein im Verlauf der Bänder so weit wie möglich zu kommen, ohne dabei das Gleichgewicht zu verlieren. Die Probanden und Probandinnen haben nun vier Probeversuche und drei Versuche, die gewertet werden (Powden et al., 2019).

2.5.2.2 Berg Balance Skala

Die Berg Balance Skala ist eine Testung zur Messung des Gleichgewichts. Die Anwendung dieser Skala findet sich vor allem bei der Testung älterer Personen wieder und wird auch für die Einschätzung des Sturzrisikos eingesetzt. Die Berg Balance Skala umfasst insgesamt 14 verschiedene Übungen oder Bewegungen, die das Gleichgewicht betreffen und von Therapeutinnen und Therapeuten beurteilt werden (Scherfer et al., 2006).

2.5.2.3 Time up and go Test

Der Time up and go Test ist eine Testung der Mobilität und des Sturzrisikos. Er wird vor allem in Bezug auf ältere Personen verwendet und kann rasch durchgeführt werden (Podsiadlo & Richardson, 1991). Bei der Durchführung sitzt die Patientin oder der Patient auf einem Stuhl, muss aufstehen und drei Meter nach vorne gehen. Anschließend dreht sich

die Person wieder um, kehrt zu dem Stuhl zurück und setzt sich wieder hin. Während dieses Vorgangs wird die Zeit gemessen (Podsiadlo & Richardson, 1991).

2.6 Studiendesign

Diese Arbeit ist eine systematische Literaturrecherche. Die systematische Literaturrecherche, auch genannt: systematisches Review, ist eine wissenschaftliche Zusammenfassung von Studien (Khan et al., 2004). Die Studien dieser Arbeit werden herausgesucht, ihre Relevanz ermittelt und ihre Qualität bewertet. Anschließend werden ihre Ergebnisse unter wissenschaftlichen Methoden dargelegt (Khan et al., 2004). Im Wesentlichen beschreiben Khan et al. (2004), dass ein systematisches Review in fünf Punkte zusammengefasst werden kann.

Um die Vorgehensweise des systematischen Reviews näher zu erläutern und einen direkten Übergang zu dieser Arbeit zu schaffen, werden die fünf Schritte nach Khan et al. (2004) mit den Beispielen beziehungsweise Vorgehensweise dieser systematischen Literaturrecherche beschrieben.

Review-Frage formulieren: die Frage für das Review muss genau spezifizieren welche Probleme und Lösungsansätze in der Arbeit verfolgt werden. Dies ist einer der wichtigsten Grundbausteine der Recherche, da alle anderen Punkte auf dieser Frage basieren (Khan et al., 2004). Die Frage für diese Arbeit wurde mithilfe des Studienbetreuer ausgewählt und befasst sich mit folgender Thematik: Welche Bedeutung haben Krafttraining auf instabilen versus stabilen Untergrund auf die körperliche Leistungsfähigkeit und Gesundheit?

Die relevante Literatur identifizieren: Die Literatur für diese Arbeit wurde mithilfe bestimmter Suchbegriffe in den zwei Online-Datenbanken PubMed und Web of Science ermittelt. Zur Identifizierung der relevanten Literatur wurden mehrere Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt, die dann im weiteren Verlauf bei den gefundenen Studien überprüft wurden. Eine detaillierte Beschreibung dieses Prozesses befindet sich unter dem Kapitel "Recherche".

Die Qualität der Studien bewerten: Die Bewertung der Qualität der Studien erfolgte über die PEDro-Skala. Die einzelnen Punkte und genauere Darlegung der Bewertung befinden sich unter dem Punkt: Bewertung der Studien.

Die Evidenz zusammenfassen: Die Ergebnisse der Studien wurden sowohl einzeln dargelegt als auch gegenübergestellt. Hierbei ist die große Vielfalt der unterschiedlichen Test-

methoden und Trainingsinterventionen zu erwähnen, die einen direkten Vergleich nur sehr schwer ermöglichen.

Die Ergebnisse interpretieren: Nach Darlegung der Ergebnisse wurde auch eine Interpretation der Daten, sowie ein Vergleich mit gleichwertigen Meta-Analysen oder Reviews dargestellt.

2.7 Recherche

Die Recherche für diese Arbeit hat in den Online-Datenbanken PubMed und Web of Science stattgefunden. Zur weiteren Eingrenzung der Ergebnisse wurde der BOOL'sche Operator AND verwendet. BOOL'sche Operatoren werden dazu verwendet die vorhandenen Suchbegriffe logisch miteinander zu verknüpfen und somit die Literaturrecherche einzugrenzen oder auszuweiten. Folgende Suchbegriffe wurden für die Recherche verwendet: "instability resistance training", "instability strenght training" AND "stable" AND "unstable" AND "surface".

Für die Begriffserklärung der verschiedenen Parameter und Messmethoden hat eine zusätzliche Freihandsuche in der Bibliothek des Universitätssportzentrums auf der Schmelz stattgefunden.

Um die Qualität der Arbeit zu wahren, wurden mehrere Ein- und Ausschlusskriterien vor der Suche in den jeweiligen Datenbanken definiert.

Die Einschlusskriterien für die Arbeit wurden wie folgt definiert: Trainingsstudien bei denen Krafttraining auf stabilen versus instabilen Untergrund verglichen wurden. Hierbei sind ebenfalls Studien miteinbezogen worden, bei denen die Trainingsinterventionen zum einen mit instabilen Untergründen und zum anderen mit alternativen instabilen Geräten, wie beispielsweise die TRX-Schlinge, kombiniert wurden. Diesbezüglich war für den Einschluss der Studie ausschlaggebend, dass es einen Vergleich von Gruppen gab, bei denen mindesten eine Gruppe ein Krafttraining auf einer stabilen Fläche durchführte, während mindestens eine andere Gruppe Krafttraining auf einem instabilen Untergrund absolvierte. Darüber hinaus wurden Trainingsinterventionen, die andere Bezeichnungen innerhalb der Studie hatten, sich jedoch als zutreffende Krafttrainingsform herauskristallisierten, ebenfalls miteinbezogen. So gab es einige Studien, die auf den ersten Blick ihre Intervention als "Balance Training" oder "neuromuskuläres Training" definierten, jedoch eindeutige Übungen verwendeten, die auch in diversen Krafttrainingsmethoden Anwendung finden. Ein weiteres Einschlusskriterium waren Studien mit einer Kontrollgruppe. Im Zuge dessen ist auf die große Anzahl an Studien hinzuweisen, die sich mit dem Thema Training, Instabilität und dem Vergleich von stabilem und instabilem Training befassen. Je-

doch wurde nur bei sehr wenigen Studien mit einer zusätzlichen Kontrollgruppe gearbeitet. Aufgrund dieses Konflikts entstand die Überlegung auf das Ein- beziehungsweise Ausschlusskriterium der "Kontrollgruppe" zu verzichten, um mehrere Studien für die Arbeit zu gewinnen. Aufgrund der Tatsache, dass die Qualität dieser Arbeit durch das Fehlen des Ein- und Ausschlusskriteriums "Kontrollgruppe" gelitten hätte, wurde dieses Kriterium beibehalten und die eingeschlossene Studienanzahl für die Arbeit stark reduziert. Ein weiteres Einschlusskriterium waren Personen, die sowohl Erfahrung mit Krafttraining hatten als auch Personen, die kein regelmäßiges Krafttraining durchführten. Die Personen mussten frei von Krankheit und Gebrechen sein. Eine Altersgrenze wurde von 17 Jahren oder älter festgelegt. Des Weiteren musste zumindest ein Parameter zur Diagnostik von Kraft, Schnellkraft oder Kraftausdauer vorhanden sein und/oder ein Parameter, der für die gesundheitlichen Aspekte von Relevanz sein könnte. Im Verlauf der Recherche zeigte sich, dass die Balancefähigkeit ebenso wie die funktionelle Mobilität als geeignete Gesundheitsparameter für diese Arbeit in Frage kommen. In diesem Kontext hat sich nach der Studienlage eine Aufspaltung der Variable Balancefähigkeit in die statische und dynamische posturale Stabilität ergeben. Für die Dauer der Intervention wurde eine Mindestzeit von 4 Wochen festgelegt. Das Geschlecht der Personen innerhalb der Studien spielte keine Rolle.

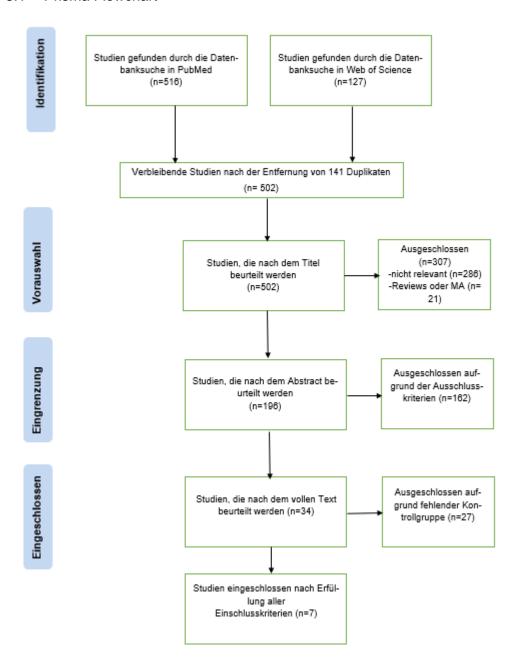
Die Ausschlusskriterien für die Arbeit waren: Reviews und Metaanalysen, diese werden ausschließlich für die Einleitung und Diskussion herangezogen. Patientinnen und Patienten mit einer Erkrankung, eine Interventionsdauer von unter 4 Wochen, keine Parameter im Bereich Kraft oder Gesundheit, Personen, die unter 17 Jahre alt waren und Studien, die sich mit Hochleistungssportler/Innen befassen sowie das Fehlen einer Kontrollgruppe.

Es wurden für die Arbeit sowohl Personen mit Trainingserfahrung als auch Personen ohne Trainingserfahrung miteinbezogen. Lediglich Studien mit Athleten und Athletinnen beziehungsweise Hochleistungssportlern und Hochleistungssportlerinnen wurden nicht mit einbezogen.

3 Ergebnisse

Im nachstehenden Kapitel werden der Verlauf der Prisma Flowchart, die Bewertung nach PEDro-Skala, sowie die Ergebnisse der einzelnen Studien hinsichtlich der Leistungs- und Gesundheitsparameter dargestellt. Hierfür wird eine Erläuterung des jeweiligen Studienablaufs zusätzlich miteinbezogen, bei der auch die verschiedenen Trainingsinterventionen und Testungen detailliert beschrieben werden.

3.1 Prisma Flowchart



3.2 PEDro-skala und Bewertung

Die Bewertung der Studien, die für diese Arbeit herangezogen wurden, ist mithilfe der PEDro-Skala durchgeführt worden. Die PEDro-Skala ist eine Form der qualitativen Beurteilung von randomisierten klinischen Versuchen, die mittels einer Kriterienliste durchgeführt wird (PEDro physiotherapy evidence database, 2020). Die PEDro-Skala leitet sich von der Delphi Liste ab, welche eine Konstruktion von Verhagen et al. (1998) ist. Die Skala wurde schließlich von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer in die deutsche Sprache übersetzt.

Die PEDro-Skala ist eine Methode, um schnell festzustellen welche Studien für eine statistische Darlegung und Interpretation der Ergebnisse ausreichend valide sind und für die jeweilige Arbeit vorgesehen sind wird (PEDro physiotherapy evidence database, 2020).

Tabelle 1 : PEDro-Skala Bewertung der inkludierten Studien

Fragen	Ignjatovic et al. (2019)	Saeterbakken et al. (2019)	Maté- Muñoz et al. (2014)	Pirauá et al. (2019)	Gonçalves et al. (2020)	Gonçalves et al. (2020)2	Encarnación- Martínez et al. (2019)
1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	1	1	1	1	1	1
3	0	0	0	1	0	0	0
4	1	1	1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	1	1	1	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1
Totale Punk- teanzahl	6	7	7	9	8	8	7

Bewertung

Die Bewertung der einzelnen Studien wird in diesem Punkt zusammengefasst. Insgesamt gibt es 11 Kriterien, die in den Studien überprüft werden und im weiteren Verlauf als vorhanden oder nicht vorhanden gekennzeichnet werden. Zur vereinfachten Darstellung der Ergebnisse werden die Bewertungen der einzelnen Studien zusammen präsentiert und gemeinsam erläutert.

- 1. Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert: Die Ein- und Ausschlusskriterien für die Probandinnen und Probanden wurden in allen Studien spezifiziert und angeführt. Hierbei gab es Unterschiede bezüglich des Umfangs der einzelnen Kriterien und deren detaillierte Beschreibung.
- 2. Die Probanden und Probandinnen wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet: Bis auf eine Studie, sind alle Probanden und Probandinnen den jeweiligen Interventionsgruppen randomisiert zugeordnet worden.
- 3. Die Zuordnung der Gruppen erfolgte verborgen: Von den insgesamt sieben Studien, die in dieser Arbeit näher beschrieben werden, gibt es vier Studien mit einer verborgenen Gruppenzuordnung und drei Studien, bei denen entweder eindeutig zu erkennen war, dass die Gruppenzuordnung nicht verborgen wurde, oder dies nicht explizit in der Studie erläutert wurde.
- 4. Die Gruppen waren zu Beginn der Studie bezüglich der wichtigsten prognostischen Indikatoren ähnlich: Alle Studien hatten zu Beginn ähnliche Ausgangspunkte bezüglich der relevanten prognostischen Indikatoren.
- 5. Alle Probanden und Probandinnen waren geblindet: Alle Studien hatten klar definierte Interventionen, bei denen Krafttraining auf instabilen Untergrund mit Krafttraining auf stabilen Untergrund verglichen wurden. Dies machte eine Blindung der Probanden und Probandinnen unmöglich.
- 6. Alle Therapeuteninnen und Therapeuten, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet. Alle Studien hatten klar definierte Interventionen, bei denen Krafttraining auf instabilen Untergrund mit Krafttraining auf stabilen Untergrund verglichen wurden. Dies machte eine Blindung der Therapeuten und Therapeutinnen unmöglich.
- 7. Alle Untersucher und Untersucherinnen, die zumindest ein zentraler Outcome gemessen haben, waren geblindet. In drei Studien waren die Untersucherinnen und Untersucher, die ein zentrales Ergebnis gemessen haben, geblindet.
- 8. Von mehr als 85% der ursprünglichen den Gruppen zugeordneten Probandinnen und Probanden wurde zumindest ein zentraler Outcome gemessen: Alle Studien haben mehr als 85% der ursprünglichen Probandinnen und Probanden auf einen zentralen Outcome gemessen.
- 9. Alle Probandinnen und Probanden, die für die Ergebnismessung zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen, wie es zugeordnet wurde. Wenn dies nicht der Fall war, wurden Daten zumindest für ein zentrales Outcome durch eine "intention to treat" Methode analysiert: Bei allen Studien haben alle Probandin-

nen und Probanden, die für die Ergebnismessung zur Verfügung standen, die zugeordnete Behandlung beziehungsweise Intervention bekommen.

10. Für zumindest ein zentraler Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet: Die Ergebnisse von mindestens einem zentralen Outcome wurden in allen Studien in Form von statistischer Gruppenvergleiche berichtet.

11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaß für zumindest ein zentraler Outcome: Alle Studien berichteten sowohl von Punkt- als auch von Streuungsmaßen eines zentralen Outcomes.

Die durchschnittliche Punkteanzahl der Studien, die mittels der PEDro-Skala bewertet wurden, betrug acht Punkte.

3.3 Ergebnisse der Leistungsparameter

Der folgenden Punkt soll die Ergebnisse der Leistungsparameter näherbringen. Diese beinhalten: die Maximalkraft, die Schnellkraft sowie die maximale gewollte Kontraktion. Des Weiteren werden im nächsten Kapitel Begriffe verwendet, die sich in der Fachliteratur in der englischen Sprache etabliert haben und teilweise mit Abkürzungen beschrieben werden. Um die Fachtermini gemäß ihrer Definition zu verwenden und die Lesbarkeit der Arbeit sicherzustellen, wird auf eine wörtliche Übersetzung dieser Begriffe verzichtet. Für die genaue Beschreibung der jeweiligen Ergebnisse wurden folgende Abkürzungen der Studien übernommen: IST: Instability training group, ST: Stabil training group, F= Force; ES= Effectsize, RM= Repetition-Maximum, PP= Peak Power; S = squad SJ = Squad-Jump, SJH = Squad-Jumpheight, CMJ = Counter-Movement-Jump, CMJH = Counter-Movement-Jumpheight, BP = Bench-press.

Tabelle 2: Übersicht der Studien und Ergebnisse

Autor/innen	Teilnehmeran- zahl, Ge- schlecht und Alter	Interventions- gruppen / Trai- ningsgeräte	Trainingsmodali- täten: Trainings- umfang und In- tensität	Übungen	Testmodalitä- ten	Ergebnisse
Ignjatovic et al. (2019)	72 M; 20.6 ± 1.5	IST: KT auf Gym- nastikball, BOSU / ST: KT auf stabiler Unterlage	8 Wochen / 2 Einheiten pro Woche (16 insgesamt); pro Übung 6 Sätze/ 6 WH; Int: 50% des 1-RM.	Bankdrü- cken; Knie- beuge mit Langhantel	Testung des 1-RM, PP und EMG	IST und ST zeigten bei 1-RM bei S eine signifi- kante Verbesserung (p < 0.05) 3-7%. Signifi- kante Verbesserung bei PP: IST (12%) und ST (7%); BP (p = 0.008), S (p = 0.025)
Saeterbakken et al. (2019)	59 M; 22.7 ± 3.3	IST: KT auf Wackelbrett, 2* ST: KT mit Multipresse (hohe Stabilität), KT mit freien Gewichten (mittlere Stabilität)	3 Wochen Einge- wöhnungsphase, 4 Einheiten mit allen Übungen (10-RM) /Spezifisches Trai- ning 6 Wochen / 2 Einheiten pro Wo- che (12 insgesamt) 10WM/8WM/6WM	Kniebeuge mit der Multipresse, freien Ge- wichten und auf Wackel- brett	Testungen des 10-RM, CMJH, MVIC	ST (ES= 1.41-1.61), MS (ES= 1.08-1.46), IST (ES=1.14-1.62) zeigten alle signifikanten Steigerungen im 10-RM; IST (ES= 0.79) zeigte eine signifikante Steigerung in CMJH bei Testung auf instabilem Untergrund; MVIC zeigte einen signifikanten Effekt für alle Stabilitätsvoraussetzungen bezüglich des Faktors Zeit (F= 8.083-19.056, p-Werte gehen von ≤0.001 bis zu 0.007)
Maté-Muñoz et al. (2014)	36 M; IST 21.5 ± 3.03, ST 21.8 ± 1.1, KG 22.3 ± 2.4	IST: KT auf BOSU, TRX / ST: KT auf stabiler Unterlage	7 Wochen / 3 Einheiten pro Woche (21 insgesamt); pro Übung 3 Sätze / 15 WH	Zirkeltrai- ning mit 8 Übungen (siehe Tabelle)	Testung des 1-RM, SJH und CMJH, PP	1-RM in SJ (IST = 13.03%, ST = 12.6%), 1-RM in BP (IST = 4.7%, ST = 4.4%); SJH (IST = 22.1%, ST = 20.1%), CMJH (IST = 17.7%, ST = 15.2%), PP in SJ (IST = 19.42%, ST = 22.3%), PP in BP (IST = 7.6%, ST = 11.5%)
Pirauá et al. (2019)	58 W und 6 M; 67.79 ± 5.26	IST: KT auf Gym- nastikball, BOSU und Balanceschei- be / ST: KT auf stabiler Unterlage	24 Wochen / 3 Einheiten pro Wo- che (72 insgesamt); pro Übung 2-5 Sätze / 7-12 WH	Beinpresse, Bankdrü- cken und unilaterales Rudern mit Hanteln,	Testung der dynamische posturale Balance und funktionellen Mobilität	IST (+ 2.26) und ST (+1.22) zeigten signifi- kante Steigerungen in BBS (+4); IST zeigte eine signifikante Steige- rung in TUG (-2.44)

Gonçalves et	29 W und 48 M;	IST: KT mit eige-	9 Wochen / 3 Ein-	Unterarm- stütz, Brü- cke, Bauch- übung Übungen	Testung der	IST und ST zeigten
al. (2020)	IST 19.3 ± 1.1, ST 18.8 ± 1.0, KG 19.1 ± 1.2	nem Körpergewicht auf BOSU/ ST: KT mit eigenem Kör- pergewicht auf Boden	heiten pro Woche (27 insgesamt); pro Übung 1-3 Sätze / 6-15 WH oder 30- 120 Sek.	siehe Tabel- le*	statischen posturalen Balance	signifikante Verbesse- rungen in den Balance- Messungen: EOFS (p= 0.01), ECFS (p= 0.01; p= 0.02) und CVVS (p= 0.01)
Gonçalves et al. (2020)	29 W und 48 M; 19.1 ± 1.1	IST: KT mit eige- nem Körpergewicht auf BOSU/ ST: KT mit eigenem Kör- pergewicht auf Boden	10 Wochen / 3 Einheiten pro Wo- che (27 insgesamt); pro Übung 1-3 Sätze / 6-15 WH oder 30-120 Sek.	Übungen siehe Tabel- le*	Testung der dynamischen posturalen Balance	IST und ST zeigten signifikante Verbesse- rungen in allen Richtun- gen (p= 0.01; IST: A: 7%, PM: 8%, PL: 8%; ST: A: 4%, PM: 5%, PL: 8%)
Encarnación- Martínez et al. (2019)	4 W und 16 M; 20.05 ± 0.8	IST: KT mit eige- nem Körpergewicht auf BOSU / ST: KT mit eigenem Kör- pergewicht auf Boden	4 Wochen / 4 Einheiten pro Woche (16 insgesamt); Dauer des spezifischen Trainings: 20 Minuten	Uni- und bipedale Übungen: Sprünge, Fersenhe- ben	Testung der statischen und dynamischen posturalen Stabilität	IST (VSI/ES= 0.493) und ST (VSI / ES= 0.989, DPSI/ES= 0.806) zeigten eine signifikante Verbesserung in der dynamischen Stabilität; IST zeigte eine signifikante Verbesserung in der statischen Stabilität (Adx / ES= 0.420, area / 0.537)

3.3.1 Maximalkraft

Innerhalb dieses Abschnitts werden die Ergebnisse der Studien beschrieben, welche Messungen bezüglich der Maximalkraft durchgeführt haben. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Testungen, sowie der jeweiligen Interventionen erfolgt ebenfalls unter diesem Punkt.

3.3.1.1 Studie 1

Effects of eight weeks of bench press and squat training on stable and unstable surfaces on 1RM and peak power in different testing conditions, Ignjatovic et al. (2019)

Anmerkung: Die in dieser Studie teilnehmenden Personen sind aufgrund der Einschlusskriterien der Autorinnen und Autoren männlich. Aufgrund dessen wird in der anschließenden Beschreibung der Interventionsgruppen nur eine maskuline Bezeichnung erfolgen.

Das Ziel dieser Studie war die Ermittlung der Maximalkraft und der Schnellkraft nach einem achtwöchigen Krafttraining auf stabilen und instabilen Untergründen. 72 männliche Probanden wurden hierfür in drei Gruppen aufgeteilt: eine stabile Trainingsgruppe, eine instabile Trainingsgruppe und eine Kontrollgruppe. Das Training erfolgte zweimal pro Woche in dem sowohl die Kniebeuge als auch das Bankdrücken mit jeweils 6 Sätzen zu je 6 Wiederholungen durchgeführt wurden. Es gab anfänglich weder bei den Kraftmessungen noch bei den anthropometrischen Daten: Gewicht, Körpergröße und Body-Mass-Index,

einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Die Maximalkraftmessungen wurden nur unter stabilen Untergründen durchgeführt und begann mit zwei Sätzen zum Aufwärmen.

Der Erste Satz der 1-RM- Messung wurde mit 8 Wiederholungen durchgeführt. Dabei wurde mit einem Gewicht gestemmt, das schätzungsweise 50% dem des 1-RM entspricht. Der zweite Satz wurde mit 4 Wiederholungen und einem ungefähren Gewicht von 70% des 1-RM gewählt. Nach dieser Aufwärmphase wurden einzelne Versuche durchgeführt und das Gewicht konstant um 2,5 Kilogramm (kg) erhöht. Dieser Vorgang wiederholte sich, bis die Probanden das maximale Gewicht erreichten, das sie innerhalb einer Wiederholung mit korrekter Technik durchführen konnten. Unter der ordentlichen Technik bei der Brustpresse wurden folgende Punkte definiert: das kontrollierte Herabführen der Langhantel, das leichte Berühren der Brust mit der Langhantel und die Rückführung in die Ausgangsstellung der Hantel mit extendierten Ellbogen. Überdies waren keine Kompensationsbewegungen erlaubt. Die Pausenzeit zwischen den einzelnen Versuchen betrug 3 Minuten.

Die Kniebeugen mit Langhanteln begannen mit extendierten Knien bis zu einem 90 Grad Winkel in den Knien. Die Hantel befand sich währenddessen auf dem Rücken des Probanden. Dabei wurde überprüft, ob die Langhantel keine signifikanten Abweichungen von der Winkelstellung senkrecht zum Boden hatte.

Die Geschwindigkeit der 1-RM Testungen wurde nicht gemessen, sodass kein Zeitlimit für die Durchführung der Wiederholung festgelegt wurde, solange die Technik eine korrekte Durchführung ergab. Die wiederholten Messungen, die mittels ANOVA berechnet wurden, zeigten keinen signifikanten Unterschied für das 1-RM bei der Übung Bankdrücken F (2,69) = 1.724, p=0.186. Es zeigte sich eine signifikante Steigerung von 3-7% (p<0.05) zwischen der Vor- und Nach-Messung sowohl bei der Trainingsgruppe auf stabilen Untergrund als auch bei der Gruppe, die auf instabilen Untergrund trainierte. Es gab keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen bei der Übung Bankdrücken. Ein signifikanter Unterschied stellte sich bei der 1-RM Testung mit der Kniebeuge (F(2,69) = 10.848, p<0.001) dar. Die instabile Interventionsgruppe zeigte signifikant höhere Ergebnisse als die stabile Trainingsgruppe in der Vor- und Nachtestung. Beide Trainingsgruppen zeigten signifikant höhere Ergebnisse im 1-RM (p<0,01). Ein signifikanter Unterschied wurde auch zwischen den Trainingsgruppen ermittelt. Der folgende Ausschnitt der Tabelle nach Ignjatovic et al. (2019) soll einen Überblick zu den Ergebnissen liefern.

Tabelle 3: Das Einwiederholungsmaximum bei dem Bankdrücken und der Kniebeuge

Table 1 Mean (SD) 1RM bench press and squat				
Exercise (weight)	Group	Pre	Post	
Bench press (kg)	UG	81 ± 17.6	83.7 ± 15.4**	
	SG	81.9 ± 13.1	$84 \pm 12.8**$	
	CG	82.5 ± 13.4	83.3 ± 11	
Squat (kg)	UG	83.5 ± 14.7	89.2 ± 14.6**#	
	SG	84.4 ± 15	$86.2 \pm 13.6**$	
	CG	85.8 ± 13.8	86.2 ± 12.4	

UTG – unstable training group; STG – stable training group; CG – control Group. **Significant difference pre/post training p < 0.01. #Significant difference between groups p < 0.01.

Quelle: Ignjatovic et al.(2019, S. 6).

3.3.1.2 Studie 2

Effects of Instability versus Traditional Resistance Training on Strength, Power and Velocity in Untrained Men, Maté-Muñoz et al. (2014)

Anmerkung: Die in dieser Studie teilnehmenden Personen sind aufgrund der Einschlusskriterien der Autorinnen und Autoren männlich. Aufgrund dessen wird in der anschließenden Beschreibung der Interventionsgruppen nur eine maskuline Bezeichnung erfolgen.

Im Mittelpunkt dieser Studie stand die Gegenüberstellung von stabilen und instabilen Krafttraining in Bezug auf die Maximalkraft, die Spitzenleistung und die Schnellkraft. Hierfür wurden 36 Männer in eine stabile und instabile Trainingsgruppe, sowie eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Die Interventionsgruppen absolvierten dreimal pro Woche ein Trainingsprogramm, das über 7 Wochen durchgeführt wurde. Die Interventionen beinhalteten ein Zirkeltraining, bei denen die stabile Experimentalgruppe mit Maschinen und freien Gewichten trainierte. Die instabile Gruppe hatte ähnliche Interventionen in Kombination mit dem BOSU-Ball und den TRX-Schlingen. In der folgenden Tabelle von Maté-Muñoz et al. (2014) werden die einzelnen Übungen der Studie demonstriert, um einen klaren Überblick zu den ausgewählten Interventionen zu bekommen. Die Abkürzung LE steht für die englische Bezeichnung: lower extremity.

Tabelle 4: Das traditionelle und instabile Trainingsprogramm

Workout

Nº	Exercise traditional	Exercise unstable
	Routine 1	
1	Back. Pulldown Cable.	Back. Pulldown TRX®
2	LE. Lunge Dumbbell	LE. Lunge BOSU®
3	Chest. Incline Bench Press Dumbbell	Chest. Incline Push up TRX®

4	LE. Step down. Dumbbell	LE. Step down. BOSU®
5	Shoulder Press Dumbbell	Shoulder. Front Raise Incline TRX®
6	Power Snatch	Similar movement TRX®/ BOSU®
7	Biceps Curl. Dumbell	Biceps. TRX®
8	Triceps Pushdown. Cable	Triceps-swinging body. TRX®
	Routin	e 2
1	Back. Seated row Cable	Back. Row. TRX®
2	LE. Side Lunge. Dumbbell	LE. Side Lunge. BOSU®/TRX®
3	Chest. Decline Push up	Chest. Decline Push up. BOSU®
4	LE. Step ups. Barbell	LE. Step ups. TRX®
5	Shoulder. Upright row	Shoulder. Similar movement. TRX®
6	LE. Back Squat	LE. Back Squat Medicine Ball. BOSU®
7	Triceps extension overhead. Cable	Triceps extension overhead. TRX®
8	Biceps curl overhead. Cable	Biceps overhead. TRX®

Quelle: Maté-Muñoz et al. (2014, S. 463)

Zur Ermittlung des 1-RM wurden die Übungen: Bankdrücken und Kniebeuge mit der Langhantel auf dem Rücken gewählt. Die Testungen wurden mithilfe einer Multipresse durchgeführt. Dabei kam ein Dynamometer (T-Force Dynamic Measurement System) zur Bestimmung der Bewegungsgeschwindigkeit zum Einsatz, mit dem abschließend das Ein-Wiederholungsmaximum berechnet wurde. Die Probanden führten nach einem Aufwärmsatz insgesamt vier Sätze durch, bei denen es zu einer kontinuierlichen Steigerung des Gewichts kam bis zu einer Grenze von 85% des 1-RM. Dabei sollte jede Wiederholung mit der maximalen Geschwindigkeit umgesetzt werden. Es wurden vier Wiederholungen mit einem Gewicht von 40kg, drei Wiederholungen mit 50 kg und zwei Wiederholungen mit 60kg bei der Kniebeuge ausgeübt. Die Übung Bandrücken hatte ein ähnliches Testverfahren jedoch mit dem Gewicht: 30kg, 40kg und 50kg. Bei dem letzten Satz sollten die Probanden so viele Wiederholungen wie möglich vollbringen. Die Studienleiterinnen und Studienleiter setzten dabei einen Wert von 5-6 Wiederholungen fest, der 85% des Ein-Wiederholungsmaximums entsprechen sollte. Die 85% des 1-RM wurden mithilfe der Geschwindigkeit der bewegten Langhantel berechnet und eine Kalkulation auf das 1-RM erstellt. Hinsichtlich der Messungen der Kniebeuge konnte bezüglich des Faktors Zeit eine moderate signifikante Verbesserung des 1-RM ermittelt werden (F=26.81; p<0,0001; ES=0.5) und eine geringe Verbesserung die den Faktor Gruppe x Zeit Interaktion (F= 7.96; p=0.002) betraf. Maté-Muñoz et al. (2014) weisen außerdem auf eine Erhöhung der Beinkraft hin, die bei der Gruppe mit instabilen Trainingsmittel 13% und bei der traditionellen Gruppe 12,6% betrug. Es wurde ein signifikanter Unterschied im 1-RM zwischen der Kontrollgruppe und der traditionellen Trainingsgruppe aufgezeigt (F= 3.797; p=0.047). Bei den Testungen im Bankdrücken zeigten sich signifikante Verbesserung ausschließlich für den Faktor Zeit (F=6.89; p=0.013: ES=0.2). Eine Erhöhung der Stärke im Bereich der oberen Extremitäten wurde bei der instabilen Interventionsgruppe mit 4.7% gemessen und bei der traditionellen Trainingsgruppe mit 4.4% berechnet. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen hinsichtlich der der Ergebnisse der 1-RM Messungen gefunden.

Die Abbildung 2. 1-RM in back-squat and bench press zeigt zwei Ausschnitte der Ergebnistabellen von Maté-Muñoz et al. (2014) welche die Resultate der 1-RM Messungen darstellen.

Tabelle 5: Das Einwiederholungsmaximum mit der Kniebeuge und dem Bandkrücken

Variable	Group	Pre	Post	p for Group	p for GxTi ES/SP	p for Ti ES/SP
1RM	IRT	83.08 (13.84)	93.91 (17.37)	.034 [‡]	.002 [‡]	.000*
BS (kg)	TRT 85.80 (26.16)	96.60 (21.32)		.3/.935	.5/.999	
	CG	78.91 (12.79)	78.41 (12.09)			
					~	
Variable	Group	Pre (mean $\pm S$)	Post (mean ± S)	p for Group	$p \; {\rm for} \; {\rm GxTi} \; {\rm ES/SP}$	p for Ti ES/SP
Variable 1RM	Group IRT	Pre (mean ± S) 77.50 (8.22)	Post (mean ± S) 81.17 (9.65)	p for Group	p for GxTi ES/SP .192	p for Ti ES/SP
	-	, ,	, ,		_	-

Quelle: Maté-Muñoz et al. (2014, S. 464-465).

3.3.1.3 Studie 3

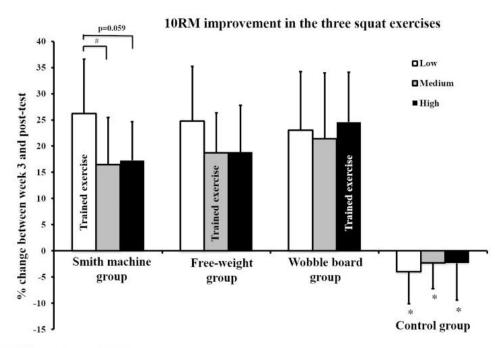
The short- and long-term effects of resistance training with different stability requirements Saeterbakken et al. (2019)

Anmerkung: Die in dieser Studie teilnehmenden Personen sind aufgrund der Einschlusskriterien der Autorinnen und Autoren männlich. Aufgrund dessen wird in der anschließenden Beschreibung der Interventionsgruppen nur eine maskuline Bezeichnung erfolgen.

Diese Studie befasste sich mit der Untersuchung der kurz- und langfristigen Auswirkungen von Krafttraining mit verschiedenen Stabilitätsgraden. Hierbei wurde mit der Kniebeuge in Verbindung mit einer Multipresse, freien Gewichten und einem Wackelbrett gearbeitet. Nach einer Einarbeitungsphase von drei Wochen, in der 59 männliche Probanden mit allen drei Trainingsformen trainierten, wurden die Teilnehmer in einzelne Interventionsgruppen oder eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Anschließend gab es eine sechswöchige Trainingsperiode, in der die Gruppen spezifisch trainierten. Die spezifischen Interventionen beinhalteten die gleichen wie in der Einführungsphase: die Multipresse, freie Gewichte und das Krafttraining auf einem Wackelbrett. Zur Ermittlung der Maximalkraft wurde

eine 10-RM Messung gewählt. Die Testungen wurden sowohl vor der Einführungsphase, nach der Einführungsphase und am Ende der sechswöchigen Trainingsperiode durchgeführt. Als Testung wurden alle drei Übungsformen (Multipresse, freie Gewichte und Wackelbrett) hinzugezogen. Die Tiefe der Kniebeuge wurde dabei mit einem Band überprüft, welches hinten an den Probanden horizontal befestigt wurde und einen 90° Winkel in den Knien hervorbringen sollte.

Das gruppenspezifische Training wurde zweimal pro Woche abgehalten. Dabei gab es eine kontinuierliche Steigerung der Intensität. Die ersten vier Einheiten wurden mit einem Gewicht absolviert, welches dem 10-RM der Teilnehmer entsprach. In der fünften bis zur zehnten Einheit wurde ein 8-RM Gewicht gewählt. In den letzten beiden Trainingseinheiten wurde ein Gewicht eingesetzt, das mit dem 6-RM der Probanden übereinsprach. Sofern die Teilnehmer die erforderliche Wiederholungsanzahl der jeweiligen Session korrekt ausführen konnten, wurde das Gewicht in der nächsten Trainingseinheit um 2,5kg bis 5,0kg erhöht. Die Ergebnisse von der Zeitspannen nach der dreiwöchigen Einführungsphase bis zur Post-Interventions-Testung werden in der nachstehenden Grafik demonstriert.



Improvement in 10RM loads in trained and non-trained exercises.

Abb 1: Steigerung im 10-Wiederholungsmaximum in den trainierten und nicht trainierten Übungen (Saeterbakken et al., 2019, S. 10)

Es wurde eine signifikante Interaktion zwischen Zeit und Gruppen bei allen Übungen ermittelt (F= 15.904-26.199, p \leq 0.001). Dabei hatte die Multipresse eine höhere Verbesserung in der trainierten Übung als jene Gruppe, die mit freien Gewichten trainierte (p= 0.044, ES= 0.14) und als die Gruppe, die auf dem Wackelbrett (p= 0.060, ES = 0.30) trainierte. Freigewichts-Gruppe sowie Wackelbrett-Gruppe zeigten ähnlich Verbesserungen sowohl in den durchgeführten Übungen als auch in den Übungen, die nicht trainiert wurden (p \leq 0.001, ES = 0.14-1.24). Alle drei Interventionsgruppen zeigten signifikante höhere Ergebnisse in Relation zur Kontrollgruppe (p \leq 0.001, ES = 2.32-3.92).

3.3.2 Schnellkraft

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden die Ergebnisse der Schnellkraft geschildert. Hierbei wird auch auf die Ausführung der Testmethoden näher eingegangen. Eine detaillierte Beschreibung der Intervention, sowie dem allgemeinen Studienablauf befindet sich gegebenenfalls bereits in dem Unterpunkt "Maximalkraft".

3.3.2.1 Studie 1

Effects of eight weeks of bench press and squat training on stable and unstable surfaces on 1RM and peak power in different testing conditions, Ignjatovic et al. (2019)

Eine genaue Beschreibung des Studienablaufes befindet sich in dem Unterpunkt "Maximalkraft; Studie 1". Innerhalb dieses Kapitels wird daher ausschließlich auf die Ergebnisse und Testungen des Parameters *Schnellkraft* eingegangen.

Es wurden zur Ermittlung der Schnellkraft Testungen auf stabilen und auf instabilen Untergrund inszeniert. Als Messinstrument kam ein Fitrodyne Dynamometer zum Einsatz. Die Probanden wurden angeleitet die Langhantel in der konzentrischen Phase der Bewegung so schnell zu beschleunigen, wie nur möglich. Die Testungen wurden bei dem Bankdrücken bei instabiler Grundlage mithilfe eines Gymnastikballs und bei dem stabilen Versuch auf einer Bank umgesetzt. Im Rahmen der Kniebeugemessungen kam der BOSU- Ball zum Einsatz oder es wurde, mit stabilem Stand, auf dem Boden getestet. Die Probanden wurden darauf hingewiesen aus einer komplett extendierten Position in einen Kniewinkel von 90° zu kommen. Beide Messungen wurden durch Tester überprüft und auf die korrekte Technik während der Ausführung geachtet. Die nachstehende Abbildung soll eine repräsentative Darstellung der instabilen Testmethoden nach *Ignjatovic et al. (2019)* demonstrieren.



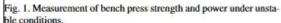




Fig. 2. Measurement of squat strength and power under unstable conditions.

Abb. 2: Messungen Im Bankdrücken und der Kniebeuge mit Langhantel auf instabilen Elementen (mod. Ignjatovic et al, 2019, S. 3).

Die wiederholten Messungen zeigten einen signifikanten Effekt für die PP in der Übung Bandrücken (F (2,69) = 5.247; p = 0.008). Es wurde kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Interaktion zwischen Unterlage und Zeit ermittelt (F = 2.936, p= 0.091). Einen signifikanten Effekt gab es jedoch bezüglich der Interaktion Gruppe und Zeit (F = 4.600, p = 0.013) und zwischen den Variablen Gruppe und Unterlage (F (2,69) = 5.249, p = 0.008). Die wiederholten Messungen für das stabile Bankdrücken (3 x 2; Gruppe x Zeit) zeigten keinen signifikanten Effekt in den Interventionsgruppen für die PP (F = 2.340, p= 0.104).

Die instabile Trainingsgruppe hatte einen gesteigerten Trend (p = 0.06, ES = 0,3) mit einer Erhöhung von 5%. Die stabile Interventionsgruppe konnte eine Verbesserung von 7% erreichen (p < 0.01, ES = 0.3). Die Testung des Bankdrücken mit instabilen Elementen wiesen einen signifikanten Effekt (F = 7.137, p = 0.002) für die Zeit zwischen den Gruppen auf. Sowohl die instabile als auch die stabile Interventionsgruppe zeigten eine Erhöhung in der PP über die Zeit auf der instabilen Unterlage. Hierbei wurde eine höhere Verbesserung von 12% bei der instabilen Gruppe gemessen (p < 0.001, ES = 0.6) und ein Anstieg von 5% bei der stabilen Krafttrainingsgruppe (p < 0.05, ES = 0.3).

Die wiederholten Messungen hinsichtlich der Kniebeuge (3 x 2 x 2; Gruppe x Unterlage x Zeit) zeigten einen signifikanten Effekt für die PP (F = 3.892, p = 0.025) und eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Gruppe und Zeit (F = 4.600, p = 0.013). Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen der Unterlage und der Zeit ermittelt (F = 0.016, p = 0.900). Ergänzend wurde kein Unterschied zwischen den Variablen Gruppe und Unterlage gefunden (F = 1.855, p = 0.164). Die wiederholten Testungen hinsichtlich Gruppe und Zeit (F = 1.855) mittels ANOVA für die Kniebeuge auf der stabilen Unterlage wiesen einen signifikanten Effekt für die PP auf (F = 4.875, F = 0.010). Es wurde im Vergleich zu der Kontrollgruppe eine signifikante Erhöhung für beide Gruppen für die PP innerhalb der Kniebeugemessungen auf stabilen Untergrund entnommen. Jene Gruppe, die mit instabilen Elementen trainierte, hatte eine Steigerung von 5% (F = 0.01). Die Proban-

den, die mithilfe stabiler Trainingsunterlagen trainierten, erreichten eine Erhöhung von 7% (p < 0.01; ES = 0.3).

Es wurden signifikante Effekte bei der Kniebeugetestung auf instabiler Unterlage entdeckt (F = 5.470, p = 0.006). So zeigte vor allem die instabile Interventionsgruppe eine statistisch signifikante Erhöhung von 12% (p < 0.01; ES = 0.5), während die stabile Gruppe eine Verbesserung von 3% erfuhr (p = 0.06, ES = 0.2).

3.3.2.2 Studie 2

Effects of Instability versus Traditional Resistance Training on Strength, Power and Velocity in Untrained Men, Maté-Muñoz et al. (2014)

Eine genaue Beschreibung des Studienablaufes befindet sich in dem Unterpunkt "Maximalkraft; Studie 2". Innerhalb dieses Kapitels wird daher ausschließlich auf die Ergebnisse und Testungen des Parameters Schnellkraft eingegangen.

In dieser Studie wurden sowohl die Sprunghöhe als auch die maximale und durchschnittliche Schnellkraft gemessen. Hierfür wurde sowohl der "Squat-Jump" als auch der "Counter-Movement-Jump" verwendet. Als zentrales Messergebnis der Sprungfähigkeit wurde die vertikale Sprunghöhe ausgewählt, welche mittels Infrarot Kontaktplattform (Optojump System) gemessen wurde. Bevor die Testungen stattgefunden haben, gab es ein Aufwärmprogramm bestehend aus fünf Minuten lockerem Laufen und fünf Minuten Dehnung und Gelenksmobilisation der oberen und unteren Extremitäten. Für den Squat-Jump befanden sich die Probanden in einer Ausgangstellung mit 90 Grad gebeugten Knien und einer 90 Grad gebeugten Hüfte. Zur Vermeidung der Ausführung eines Counter-Movement-Jumps wurde diese Position vier Sekunden gehalten. Aus dieser Ausgangsstellung wurde nun versucht so schnell wie möglich Hüfte und Knie zu extendieren, um eine explosive Bewegung zu provozieren. Auch bei dem Counter-Movement-Jump wurde ein Kniewinkel von 90 Grad angestrebt. Beide Sprünge wurden mit den Händen in der Hüfte durchgeführt, sodass eine Unterstützung durch die oberen Extremitäten vermieden werden konnte.

Es wurden in allen Variablen der Sprungfähigkeit Verbesserungen gemessen. Auf der einen Seite für den Faktor Zeit auf der anderen Seite für die Interaktion Gruppe x Zeit. Es gab einen signifikanten Unterschied bei der Testübung "Squat-Jump" (ES = 0.8) bezüglich des Faktors Zeit (F = 101.12; p< 0.001), welche eine Erhöhung von 22.1% bei der Interventionsgruppe betrug, die mit instabilen Elementen trainierte und bei der stabilen Trainingsgruppe einen Wert von 20.1% aufwies. Es gab ebenfalls einen signifikanten Unter-

schied hinsichtlich der Interaktion: Gruppe x Zeit (F = 24.7; p < 0.0001; Effektgröße = 0.6). Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen allen drei Gruppen (stabile Gruppe, instabile Gruppe und Kontrollgruppe) gefunden (F = 3.104; p = 0.059).

Der "Counter-Movement-Jump"-Test zeigte signifikante Erhöhungen in Bezug auf das Training (F = 69.0; p < 0.001; Effektgröße = 0.7). Die instabile Interventionsgruppe zeigte hierbei eine Verbesserung von 17.7% und die stabile Trainingsgruppe einen erhöhten Prozentwert von 15.2%. Es wurde außerdem ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Interaktion von Gruppe x Zeit gemessen (F = 17.4; p < 0.001; Effektgröße = 0.5). Es wurde kein signifikanter Unterschied (F = 2.755; p = 0.079) zwischen den Gruppen ausgeforscht. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt zur Demonstration der Ergebnisse der Vor- und Nachtestung hinsichtlich der zwei Sprungmethoden die in der Studie nach Maté-Muñoz et al. (2014) Verwendung fanden.

Tabelle 6: Der Effekt von dem 7-wöchigen Training auf den Sprungfähigkeits-Test

SJ	IRT	26.3 (4.7)	32.1 (5.4)	.059	<.001*	<.001*
(cm)	TRT	28.3 (6.2) 34.0 (5.2)		.6/1.0	.8/1.0	
	CG	28.6 (4.5)	28.8 (4.6)			
CMJ (cm)	IRT	31.7 (5.6)	37.3 (6.3)	.079	<.001* .5/.999	<.001*
	TRT	34.2 (7.0)	39.4 (6.3)			.7/1.0
	CG	33.8 (4.2)	33.9 (4.3)			

Quelle: mod. N. Maté-Muñoz et al. (2014, S. 464-465).

Angesichts der maximalen und durchschnittlichen Schnellkraftbestimmung wurden Messungen bei der Kniebeuge mit der Langhantel und dem Bankdrücken abgehalten. Die Messungen erfolgten mithilfe eines "Dynamometer T-Force Dynamic Measurement System", welche in der konzentrischen Phase der jeweiligen Bewegungen aufgenommen wurden. Für die Testungen wurde eine Multipresse verwendet. Für den Faktor AP bei der Kniebeuge mit der Langhantel gab es eine Erhöhung im Bereich der instabilen Trainingsgruppe von 10.5%. Die Gruppe mit der stabilen Krafttrainingsintervention hatte eine Verbesserung von 9.3%. Dieser Anstieg wird von den Autoren als leicht eingestuft (ES= 0.2) und als signifikant in Bezug auf die Variabel Zeit (F = 15.83; p <0.001) und auf die Gruppen x Zeit Interaktion (11.15; p <0.001; ES= 0.3). Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergab eine statistische Veränderung zwischen den Gruppen bezüglich der Post-AP (F = 3.73; p= 0.029), außer zwischen der stabilen Trainingsgruppe und der Kontrollgruppe (p =0.047). Es wurde ein signifikanter Unterschied bei der PP gemessen, den Faktor Zeit betreffend

(F =30.51; p< 0.001; ES= 0.3) und bei der Gruppe x Zeit Interaktion (F =5.66; p<0.001; ES= 0.2). Die einfaktorielle Varianzanalyse wies außerdem einen Unterschied in der Post-PP zwischen den Gruppen (F =4.6; p= 0.014) auf, jedoch nicht zwischen der stabilen Trainingsgruppe und der Kontrollgruppe (p =0.013).

Hinsichtlich der Messungen der oberen Extremitäten mit dem Bankdrücken wurde eine Verbesserung des AP von 2.4% in der Gruppe gemessen, die mit instabilen Elementen trainiert haben. Die Erhöhung des AP bei der stabilen Krafttrainingsgruppe betrug 8.1% und zeigte damit gemeinsam mit den Ergebnissen der instabilen Interventionsgruppe eine geringe Zunahme (ES= 0.1), sowie einen signifikanten Unterschied bezüglich des Faktors Zeit (F =9.24; p=0.003) und der Gruppe x Zeit Interaktion (F = 3.46; p =0.038). Die PP in der Übungsmethode Bankdrücken brachte die größte Steigerung in Relation zum Training hervor. Eine Erhöhung von 7.6% wurde bei der instabilen Gruppe gemessen. Die Probanden, welche ein stabiles Krafttraining durchführten, verbesserten sich um 11.5%. In Bezug auf den Faktor Zeit (F =6.88; p =0.011) und auf die Gruppe x Zeit Interaktion (F =4.68; p =0.013) wurden signifikante Unterschiede gemessen. Die Erhöhung wurde als leicht (ES =0.1) eingestuft. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt (p >0.05).

3.3.2.3 Studie 3

The short- and long-term effects of resistance training with different stability requirements Saeterbakken et al. (2019)

Eine ausführliche Erläuterung des Studienablaufes befindet sich in dem Unterpunkt "Maximalkraft; Studie 3". Innerhalb dieses Kapitels wird daher ausschließlich auf die Ergebnisse und Testungen des Parameters Schnellkraft eingegangen.

Die Testung innerhalb dieser Studie wurde mittels Counter-Movement-Jump durchgeführt. Gemessen wurde die Sprunghöhe sowohl auf einer stabilen Kraftmessplatte als auch auf einem Wackelbrett, das auf der Platte positioniert wurde. Der Counter-Movement-Jump begann in einer stehenden Position mit den Händen in der Hüfte. Die Sprunghöhe wurde anhand der Kraftimpulse bestimmt und mithilfe eines Softwareprogramms berechnet. Die Teilnehmer haben sowohl drei Testungen auf der stabilen sowie auf der instabilen Unterlage abgehalten, wobei der höchste Sprung in die Analyse miteinfloss.

Es wurde eine signifikante Interaktion zwischen dem Counter-Movement-Jump auf der instabilen Unterlage gefunden (F = 4.304, p = 0.010). Keine signifikante Interaktion wurden bei der stabilen Interventionsgruppe ausfindig gemacht (F = 0.046-1.416, p Werte

liegen zwischen 0.251-0.831). Die Gruppe, die mit dem Wackelbrett trainierte, zeigt als einzige Verbesserungen bei der instabilen Testung. Die folgende Abbildung demonstriert die Ergebnisse von Saeterbakken et al. (2019) bezüglich des Counter-Movement-Jumps auf unterschiedlichen Untergründen zwischen der Testung nach der dreiwöchigen Einführungsphase und der Testung nach der sechswöchigen Trainingsperiode.

25 20 % change between week 3 and post-test 15 ■Stable surface Unstable surface 10 5 0 Smith machine Wobble board -5 group group -10 Control group Free-weight -15 group

CMJ results on stable and unstable surface

Abb. 3: Counter-Movement-Jump Ergebnisse auf stabiler und instabiler Unterlage (Saeterbakken et al., 2019, S. 11).

3.3.3 Maximal gewollte isometrische Kontraktion

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird Bezug auf die maximal gewollte isometrische Kontraktion genommen. Gleichwohl werden sowohl die Ergebnisse der jeweiligen Studie präsentiert als auch auf den Ablauf beziehungsweise die Vorgehensweise der Testungen näher eingegangen.

3.3.3.1 Studie 3

The short- and long-term effects of resistance training with different stability requirements, Saeterbakken et al. (2019)

Eine ausführliche Erläuterung des Studienablaufes befindet sich in dem Unterpunkt "Maximalkraft; Studie 3". Innerhalb dieses Kapitels wird daher ausschließlich auf die Ergebnisse und Testungen der maximalen gewollten isometrischen Kontraktion eingegangen.

Die Messung zur Ermittlung der maximalen isometrischen Kontraktion wurde in einem selbst gewählten Stand umgesetzt, bei dem der Proband mit einer natürlichen lumbalen Lordose in einem 90° Winkel in den Knien positioniert wurde. Es wurden zwei Kraftmessgeräte, welche am Boden fixiert wurden, jeweils auf beiden Seiten mit der Langhantel durch ein nicht-elastisches Band verbunden. Die Testungen erfolgten bei der Multipresse und mit einer freien Gewichtsstange. Zusätzlich wurde als instabile Testung eine Messung mit freiem Gewicht auf zwei Wackelbrettern gewählt. Die nachstehende Abbildung soll einen Überblick zu den einzelnen Testmethoden geben, welche unter Saeterbakken et al. (2019) verwendet wurden.







Abb. 4: Die Testungen für die RFD, EMG und MVIC mit niedriger Stabilitätsvoraussetzungen, mittleren Stabilitätsvoraussetzungen und hohen Stabilitätsvoraussetzungen (Saeterbakken et al., 2019, S. 5)

Die Probanden wurden anschließend angewiesen, so schnell wie möglich ein Maximum an Kraft aufzubringen und diese für mindestens 3 Sekunden aufrecht zu halten. Für jede Testbedingung gab es insgesamt drei Versuche mit einer Pausenzeit von zwei bis drei Minuten zwischen den einzelnen Versuchen und zwischen den differenten Messungen. Zur Ermittlung der maximal gewollten isometrischen Kontraktion wurde ein MuscleLab 6000 System verwendet. Jene Werte, die über zwei Sekunden am höchsten waren und gleichzeitig die geringste Kraftschwankung aufwiesen, wurden für die Analyse der maximal gewollten isometrischen Kontraktion berechnet.

Die Ergebnisse der Messungen wiesen keine signifikante Interaktion innerhalb der Gruppen auf und keinen Haupteffekt für die Gruppen (F = 0.568-1.255, p- Werte zwischen 0.302 und 0.639). Es wurde ein signifikanter Effekt für alle Stabilitätsvoraussetzungen (Multipresse, freie Gewichte, Wackelbretter) bezüglich des Faktors Zeit ermittelt (F=

8.083-19.056, p-Werte gehen von ≤0.001 bis zu 0.007). Keiner der Interventionsgruppen zeigte signifikante Verbesserungen in der Übung, die sie trainierten, in Relation zu den nicht trainierten Übungen. Die Multipressen-Gruppe und die Wackelbrett-Gruppe zeigten signifikante Verbesserung in der Stärke in den nicht trainierten Stabilitätsvoraussetzungen (p < 0.050).

3.4 Ergebnisse der Gesundheitsparameter

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden die Ergebnisse der Gesundheitsparameter, die in dieser Arbeit festgelegt wurden, repräsentativ dargestellt. In diesem Kontext werden die Themen der statischen und dynamischen Haltungskontrolle sowie der funktionellen Mobilität in den Vordergrund gestellt. Zusätzlich zur Ergebnisdarstellung werden die Trainingsinterventionen und Testmethoden, die im jeweiligen Studienablauf Anwendung fanden, näher beschrieben. Des Weiteren werden im nächsten Kapitel Begriffe verwendet, die sich in der Fachliteratur in der englischen und lateinischen Sprache etabliert haben und teilweise mit Abkürzungen beschrieben werden. Um die Fachtermini gemäß ihrer Definition zu verwenden und die Lesbarkeit der Arbeit zu gewährleisten, wird auf eine wörtliche Übersetzung dieser Begriffe verzichtet. Für die genaue Beschreibung der jeweiligen Ergebnisse wurden folgende Abkürzungen der Studien übernommen: Y Balance Test (YBT), Y Balance Test anterior (YBT A), posteromedial (YBT PM), posterolateral (YBT PL), Effectsize (ES), anterior-posterior (ADx), medial-lateral (ADy), vertical stability index (VSI), dynamischen posturalen Stabilitätsindex (DPSI), anterior-posturaler Stabilitätsindex (APSI).

3.4.1 Statische posturale Stabilität

Das folgende Kapitel befasst sich mit den Ergebnissen der Studien, bei denen die statische posturale Stabilität gemessen wurde. Im Folgenden wurden verschiedene Testmethoden und Trainingsinterventionen angewendet, die im weiteren Verlauf geschildert werden.

3.4.1.1 Studie 4

Effects of bodyweight neuromuscular training with and without instability on balance control in active universitarians, Goncalves et al (2020)

Im Mittelpunkt dieser Studie standen die Auswirkungen eines neunwöchigen Trainingsprogramms auf die statische Haltungskontrolle. Das Programm beinhaltete eine Intervention auf instabilen Elementen und ein Training auf stabiler Unterlage. Hierfür wurden 77 Probandinnen und Probanden in eine stabile Trainingsgruppe, eine instabile Gruppe sowie eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Das Training verlief neun Wochen lang, wobei pro Woche dreimal trainiert wurde. In der nächststehenden Abbildung werden die einzelnen Übungen, welche für die Trainingsintervention nach Goncalves et al (2020) verwendet wurden, demonstriert.

Tabelle 7: Beschreibung des Trainingsprogramms welche für beide Trainingsgruppen angewendet wurde (stabil und instabil)

Table 2. Description of the training program applied to both training groups (UTG and STG).

Name	Sets	Repetitions (reps)	Rest (seconds)
Alternating press push	2	15	45-60
Basic walk on top	2	15	45-60
Squat with overhead press	1	15	45-60
Side squat with trunk rotation	1	10	45-60
Lunge/plank progression (F/L)	1	6	45-60
Training Program			
Stationary lunge ¹	3	15	45-60
Hip abdution2	2	15	45-60
Quick side-push away around dome ³	1	6 in each direction	45-60
Skiing moguls ⁴	2	10	45-60
Dome squat ⁵	2-3	15	45-60
Single leg balance ⁶	2	30-45 sec.	45-60
Hot lava ⁷	2	2 min.	45-60
Lateral front run ⁸	2	2 min.	45-60

Quelle: mod. N. Gocalves et al. (2020, S. 6).

Zur Ermittlung der statischen posturalen Stabilität unter instabilen Bedingungen wurde der Druckmittelpunkt auf einer Kraftmessplatte gemessen. Die Probandinnen und Probanden standen barfuß auf einem Schaumkissen, welches auf die Kraftmessplatte gelegt wurde. Danach mussten die Probandinnen und Probanden drei verschiedene Tests absolvieren, die jeweils 30 Sekunden dauerten. Als erster Durchgang wurde ein ruhiger Stand mit offenen Augen gewählt. Die nächste Messung verlief mit geschlossen Augen und einem ruhigen Stand. In der letzten Testung wurde wieder mit offenen Augen gestanden mit einer zusätzlichen Aufgabe an das visuelle-vestibuläre System. Hierfür mussten die Gruppen einem Lichtsignal mit unterschiedlichen Winkeln folgen. Der Stand für die jeweilige Testung konnte von den Probandinnen und Probanden frei gewählt werden. Die Arme sollten dabei ruhig neben dem Körper hängen.

Nach neunwöchiger Intervention zeigten sich keine signifikanten Effekte für die Trainingsgruppen (Interaktion Zeit x Gruppe). Weiterführend wurden keine signifikanten Verbesserungen in allen drei Testmethoden bei den Interventionsgruppen gemessen. Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen allen drei Gruppen vor und nach der Intervention. Zur detaillierten Demonstration der Ergebnisse befindet sich in der folgenden Abbildung nach Goncalves et al. 2020 eine genaue Darstellung der einzelnen Messwerte

Tabelle 8: Ergebnismessungen vor und nach 9 Wochen funktionellem Trainingsprogramm

Table 3. Outcome measures before and after a 9-week functional training program.

	UTG ($N = 20$)		STG (N	l = 19)	CG (N	= 38)	With	n group	Inte	raction
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	р	Partial	р	Partial
EOFS DAP (cm)	23.64 ± 6.62	21.59 ± 6.27	22.55 ± 2.60	23.24 ± 5.14	27.59 ± 6.54	26.22 ± 4.36	0.22	0.02	0.35	0.03
EOFS DML (cm)	36.70 ± 8.25	33.66 ± 8.39	42.03 ± 7.96	35.67 ± 7.49	42.35 ± 10.11	35.78 ± 6.39	0.01	0.34	0.21	0.05
EOFS TD (cm)	49.47 ± 11.77	43.95 ± 11.04	49.68 ± 5.85	46.74 ± 9.47	53.80 ± 9.98	49.02 ± 7.74	0.01	0.19	0.67	0.01
EOFS VAP (cm/s)	0.76 ± 0.23	0.72 ± 0.21	0.75 ± 0.09	0.77 ± 0.17	0.92 ± 0.22	0.87 ± 0.15	0.46	0.01	0.53	0.02
EOFS VML (cm/s)	1.22 ± 0.28	1.12 ± 0.28	1.40 ± 0.27	1.19 ± 0.25	1.41 ± 0.34	1.19 ± 0.21	0.01	0.34	0.21	0.05
EOFS TV (cm/s)	1.54 ± 0.24	1.47 ± 0.37	1.65 ± 0.19	1.56 ± 0.31	1.79 ± 0.33	1.63 ± 0.26	0.01	0.13	0.54	0.02
ECFS DAP (cm)	28.18 ± 8.54	25.61 ± 8.27	32.00 ± 12.64	30.01 ± 9.76	32.11 ± 9.01	30.54 ± 7.77	0.07	0.05	0.92	0.01
ECFS DML (cm)	51.21 ± 13.55	44.53 ± 11.39	57.36 ± 19.21	49.89 ± 13.28	60.56 ± 16.71	50.73 ± 14.07	0.01	0.41	0.49	0.02
ECFS TD (cm)	63.66 ± 16.91	56.08 ± 15.11	72.68 ± 25.52	63.77 ± 17.39	75.10 ± 19.64	64.77 ± 16.95	0.01	0.34	0.76	0.01
ECFS VAP (cm/s)	0.94 ± 0.28	0.85 ± 0.28	1.07 ± 0.42	1.00 ± 0.32	1.11 ± 0.34	1.02 ± 0.26	0.02	0.08	0.97	0.01
ECFS VML (cm/s)	1.71 ± 0.45	1.48 ± 0.38	1.91 ± 0.64	1.66 ± 0.44	2.02 ± 0.56	1.69 ± 0.47	0.01	0.41	0.51	0.02
ECFS TV (cm/s)	2.12 ± 0.56	1.87 ± 0.50	2.42 ± 0.85	2.13 ± 0.58	2.50 ± 0.65	2.16 ± 0.56	0.01	0.34	0.76	0.01
CVVS DAP (cm)	21.98 ± 5.02	19.73 ± 4.25	23.70 ± 6.04	24.33 ± 6.46	26.77 ± 6.58	24.93 ± 4.33	0.11	0.04	0.25	0.04
CVVS DML (cm)	37.55 ± 8.46	32.96 ± 5.51	40.47 ± 9.07	36.92 ± 7.25	43.44 ± 10.21	37.78 ± 7.69	0.01	0.25	0.64	0.01
CVVS TD (cm)	47.67 ± 10.10	42.04 ± 7.23	50.23 ± 9.88	48.68 ± 10.20	55.47 ± 12.25	49.80 ± 9.24	0.01	0.14	0.35	0.03
CVVS VAP (cm/s)	0.72 ± 0.18	0.67 ± 0.15	0.79 ± 0.21	0.80 ± 0.22	0.90 ± 0.23	0.82 ± 0.14	0.09	0.05	0.27	0.04
CVVS VML (cm/s)	1.25 ± 0.28	1.10 ± 0.18	1.35 ± 0.30	1.23 ± 0.24	1.45 ± 0.34	1.26 ± 0.26	0.01	0.24	0.65	0.01
CVVS TV (cm/s)	1.59 ± 0.34	1.40 ± 0.24	1.73 ± 0.41	1.62 ± 0.34	1.85 ± 0.41	1.66 ± 0.31	0.01	0.18	0.65	0.01

Within-group (time); interaction (time X group); FS-foam surface; EO-eyes open; EC-eyes closed and foam surface; CVVS-challenging visual-vestibular system; DAP-displacement of COP anteroposterior; DML-displacement of COP medio-lateral; TD- total displacement of COP; VAP-mean velocity antero-posterior; VML-mean velocity medio-lateral; TV-total mean velocity. UTG – unstable training group; STG – stable training group; CG – control group. significant different p < 0.05.

Quelle: mod. N. Goncalves et al. (2020, S. 8).

3.4.1.2 Studie 5

Effects of a training program on stable vs unstable surfaces on postural stability, Encarnación-Martínez & Gea-García (2019)

Das Ziel dieser Studie war die Auswirkungen eines Trainingsprogramms mit stabiler und instabiler Unterlage auf die posturale Stabilität näher zu beleuchten. Hierfür wurden 20 Probandinnen und Probanden in eine stabile Trainingsgruppe, eine instabile Trainingsgruppe und eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Es gab eine Interventionsdauer von insgesamt vier Wochen mit vier Trainingseinheiten pro Woche. Die einzelnen Einheiten waren zusammengesetzt aus einer Aufwärmphase, einem spezifischen Training der unteren Extremitäten und einem Cool-Down bestehend aus aktiver und passiver Mobilisation. Für das Element der Instabilität wurde der BOSU-Ball ausgewählt.

Zur Messung der Daten der statischen und dynamischen posturalen Stabilität wurde eine Dinascan Kraftmessplatte verwendet. Hierbei wurde der Druckmittelpunkt gemessen, der von den Autorinnen und Autoren in zwei Achsen geteilt wurde: anterior-posterior (ADx) und medial-lateral (ADy). Zusätzlich wurde der Bereich, den der Druckmesspunkt bedeckte, ebenfalls als Variable in die Messungen miteingebunden. Die Dauer der einzelnen Testungen betrug 20 Sekunden. Für die statische Balance wurde eine Position gewählt, in der die Probandinnen und Probanden auf einem Bein einen 90 Grad Winkel in der Hüfte sowie im Knie hatten, während das andere Bein vollständig extendiert wurde.

Bezüglich der Gruppenanalysen zeigte die Kontrollgruppe keine statistisch signifikanten Unterschiede in den gemessenen Variablen im Bereich der statischen Balancefähigkeit. Innerhalb der Gruppe, die mit einer instabilen Unterlage trainierte, wurden signifikante Veränderungen hinsichtlich der statischen posturalen Stabilität gefunden. Zwischen der Nachmessung und der Zwischenmessung der zweiten Wochen zeigte der Bonferroni-Test ein Unterschied betreffend der Variabel ADx (95% CI = -1.26/-0.06, F = 2.556, p = 0.026, d = 0.420) sowie in der Variable: Fläche des Druckmesspunktes (95% CI = -1.97.7/ -8.78, F =2.663, p =0.037, d= 0.537). Die folgende Abbildung stellt eine Ergebnisübersicht des statischen Stabilitäts-Tests nach Encarnación-Martínez & Gea-García (2019) dar.

Tabelle 9: Die Ergebnisse der Winkelverschiebungen und Bereiche des statischen Stabilitäts-Tests

Table 2. Results of angular displacements and area during Static Stability Tests

Group ADx (°) ADy (°) Area (mm2) Pre-test M SD M SD Pre-test Control 2.41 .53 2.01 .47 202.2 52.3 Unstable 2.60 .82 1.89 .39 201.4 52.2 Stable 2.24 .31 1.77 .24 166.0 34.2 Post-test Control 2.51 .93 2.06### .43 181.7 23.6 Unstable 2.23 .48 1.78### .33 172.4* 53.7 Stable 2.23 .62 1.61### .21 168.4 7.2 Re-test (1 week) Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 <td< th=""><th></th><th></th><th>_</th><th>-</th><th></th><th>_</th><th>-</th><th></th></td<>			_	-		_	-	
Pre-test Control 2.41 .53 2.01 .47 202.2 52.3 Unstable 2.60 .82 1.89 .39 201.4 52.2 Stable 2.24 .31 1.77 .24 166.0 34.2 Post-test Control 2.51 .93 2.06### .43 181.7 23.6 Unstable 2.23 .48 1.78### .33 172.4* 53.7 Stable 2.23 .62 1.61### .21 168.4 7.2 Re-test (1 week) Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Group	ADx (°)		ADy (°)		Area (mm2)	
Control 2.41 .53 2.01 .47 202.2 52.3 Unstable 2.60 .82 1.89 .39 201.4 52.2 Stable 2.24 .31 1.77 .24 166.0 34.2 Post-test Control 2.51 .93 2.06### .43 181.7 23.6 Unstable 2.23 .48 1.78### .33 172.4* 53.7 Stable 2.23 .62 1.61### .21 168.4 7.2 Re-test (1 week) Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1			M	SD	M	SD	M	SD
Unstable 2.60 .82 1.89 .39 201.4 52.2 Stable 2.24 .31 1.77 .24 166.0 34.2 Post-test Control 2.51 .93 2.06### .43 181.7 23.6 Unstable 2.23 .48 1.78### .33 172.4* 53.7 Stable 2.23 .62 1.61### .21 168.4 7.2 Re-test (1 week) Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1	Pre-test				_			
Stable 2.24 .31 1.77 .24 166.0 34.2		Control	2.41	.53	2.01	.47	202.2	52.3
Post-test Control 2.51 .93 2.06### .43 181.7 23.6 Unstable 2.23 .48 1.78### .33 172.4* 53.7 Stable 2.23 .62 1.61### .21 168.4 7.2 Re-test (1 week) Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1 <td></td> <td>Unstable</td> <td>2.60</td> <td>.82</td> <td>1.89</td> <td>.39</td> <td>201.4</td> <td>52.2</td>		Unstable	2.60	.82	1.89	.39	201.4	52.2
Control 2.51 .93 2.06### .43 181.7 23.6 Unstable 2.23 .48 1.78### .33 172.4* 53.7 Stable 2.23 .62 1.61### .21 168.4 7.2 Re-test (1 week) Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Stable	2.24	.31	1.77	.24	166.0	34.2
Unstable 2.23 .48 1.78### .33 172.4* 53.7 Stable 2.23 .62 1.61### .21 168.4 7.2 Re-test (1 week) Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1	Post-test	t						
Stable 2.23 .62 1.61### .21 168.4 7.2 Re-test (1 week) Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Control	2.51	.93	2.06###	.43	181.7	23.6
Re-test (1 week) Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Unstable	2.23	.48	1.78###	.33	172.4*	53.7
Control 2.41# .46 1.87 .34 171.7 19.3 Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Stable	2.23	.62	1.61###	.21	168.4	7.2
Unstable 2.77# .79 1.90 .48 253.9# 90.8 Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1	Re-test ((1 week)						
Stable 2.04 .50 1.73 .33 158.9# 25.0 Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Control	2.41#	.46	1.87	.34	171.7	19.3
Re-test (2 weeks) Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Unstable	2.77#	.79	1.90	.48	253.9#	90.8
Control 2.71** .51 2.17** .20 227.2** 8.9 Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Stable	2.04	.50	1.73	.33	158.9#	25.0
Unstable 2.89** .76 1.94** .30 266.9*/** 68.3 Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1	Re-test ((2 weeks)						
Stable 1.93** .45 1.69** .22 158.9** 43.3 Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Control	2.71**	.51	2.17**	.20	227.2**	8.9
Re-test (4 weeks) Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Unstable	2.89**	.76	1.94**	.30	266.9*/**	68.3
Control 2.30 .46 1.98## .25 179.0 21.1		Stable	1.93**	.45	1.69**	.22	158.9**	43.3
	Re-test ((4 weeks)						
Unstable 2.74# .65 1.93 .28 241.0# 60.5		Control	2.30	.46	1.98##	.25	179.0	21.1
		Unstable	2.74#	.65	1.93	.28	241.0#	60.5
Stable 1.91# .42 1.71## .29 146.9# 50.7		Stable	1.91#	.42	1.71##	.29	146.9#	50.7

Abbreviations: ADx, maximum anterior-posterior angular displacement; ADy, maximum mediallateral angular displacement measured in degrees (°). * Statistical differences between post-test and re-test, ** statistical differences between groups, # statistical differences between Unstable vs Stable group, ## statistically significant differences between Control vs Stable group, ### statistically significant differences between Control vs Stable y Unstable.

Quelle: Encarnación-Martínez & Gea-García (2019, S. 359.)

Es wurden bei der stabilen Interventionsgruppe keine signifikanten Unterschiede in Anbetracht der Variablen des statischen Gleichgewichtstest gefunden.

Ein signifikanter Unterschied wurde zwischen den Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe hinsichtlich des Faktors ADy gemessen (Instabile Gruppe: F = 8.276; 95% CI = 0.02/0.55, p = 0.31, d = 0.161; 95% CI = 0.17/0.72, p = 0.01, d = 0.254). In der zweiten Woche zeigten sich signifikante Veränderung in den Variablen: AD x und AD y. Innerhalb der Variable ADx wurden außerdem statistisch signifikante Unterschiede zwischen der stabilen Trainingsgruppe und den anderen beiden Gruppen (Instabil-Gruppe, Kontrollgruppe) gefunden (F = 13.250; 95% CI = -1.29/-0.26, p = 0.000, d = 0.413; 95% CI = -1.44/-0.47, p = 0.01, d = 0.493). Diese Unterschiede wurden auch bei der Variable AD y bei der stabilen Gruppe in Relation zu den beiden anderen Gruppen untersucht (F = 11.764; 95% CI = -0.70/-0.27, p = 0.01, d = 0.532; 95% CI = -0.46/-0.03, p = 0.022, d = 0.267).

In der Post-Testungen wurden signifikante Unterschiede zwischen der stabilen Trainingsgruppe und der instabilen Interventionsgruppe in Bezug auf die Variable ADx (95% CI = 0.38/1.28, F = 10.563, p= 0.001, d = 0.283) und dem Gebiet des Druckmesspunktes (95% CI = 26.50/161.63, F = 6.110, p = 0.004, d = 1.685) sichtbar gemacht. Darüber hinaus zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der stabilen Gruppe und der Kontrollgruppe im Messpunkt ADy (95% CI = -0.52/-0.01, F = 4.270, p = 0.037, d = 0.209).

3.4.2 Dynamische posturale Stabilität

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden die Ergebnisse der Studien behandelt, die sich mit der Thematik "dynamische posturale Stabilität" befasst haben. Außerdem werden zusätzlich zu den Ergebnissen, die jeweiligen Interventionen und Messmethoden geschildert, die in den Studien verwendet wurden.

3.4.2.1 Studie 5

Effects of a training program on stable vs unstable surfaces on postural stability, Encarnación-Martínez & Gea-García, 2019

Eine ausführliche Erläuterung des Studienablaufes dieses Unterpunktes befindet sich unter dem Kapitel "Statische posturale Stabilität; Studie 5". Innerhalb dieses Abschnittes stehen dafür ausschließlich auf die Ergebnisse und Testungen der dynamische posturalen Stabilität dieser Studie im Zentrum.

Als dynamisches Testverfahren wurde ein destabilisierender Sprung auf einem Bein gewählt, wobei die Teilnehmer und Teilnehmerinnen so schnell wie möglich versuchen sollten die Stabilität wieder zu finden.

Für eine konstante Sprunghöhe wurde ein elastisches Band am Boden befestigt, um eine adjustierte Sprunghöhe von 50% der Maximalsprunghöhe der Probandinnen und Probanden zu provozieren. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer platzierten sich 70cm von der Mitte der Kraftmessplatte entfernt und führten anschließend einen Counter-Movement-Jump auf der Platte durch, bei dem sie über das elastische Band sprangen und auf dem dominanten Fuß landeten. Im Anschluss mussten die Gruppen versuchen das Gleichgewicht noch 20 weitere Sekunden aufrecht zu erhalten mit einer möglichst stabilen Position. Jede Testung hatte eine dreimalige Wiederholungsanzahl mit jedem Bein.

Der Dynamische posturale Gleichgewichtstest wies laut den Berechnungen des Bonferroni-Tests einen signifikanten Unterschied im vertikalen Stabilitätsindex (VIS) zwischen der Messung in der zweiten Interventionswoche und der Nachmessung auf (95% CI= 0.01/ 0.08, F = 1.641, p = 0.45, d = 0.493). Des Weiteren wurde eine signifikante Verbesserung des VIS zwischen der Vortestung und den ersten beiden Zwischentestungen ermittelt (95% CI = 0.001/0.079, F = 3.720, p = 0.037, d = 0.780; 95% CI = 0.006/0.083, p = 0.011,d = 0.989). Darüber hinaus wurden signifikante Unterschiede bezüglich des dynamischen posturalen Stabilitätsindex (DPSI) zwischen der Vortestung und der Testung in der zweiten Interventionswoche (95% CI = 0.004/ 0.079, F = 3.462, p = 0.018, d = 0.806) aufgedeckt. Im Sinne der stabilen und instabilen Gruppe gab es signifikante Unterschiede (95% CI = 0.001/0.02, F = 4.569, p = 0.019, d = 0.180) im anterior-posturaler Stabilitätsindex (APSI), wobei die stabile Gruppe ein höheres Stabilitätsniveau erzielte als die instabile Gruppe. Bezüglich der Messung nach der ersten Woche wurde jedoch eine Messung der Variablen ADx, Fläche des Druckmesspunktes und APSI durchgeführt (95% CI = 0.21/1.23, F = 6.838; p = 0.004, d = 0.205; 95% CI = 20.13/169.97, F = 5.930, p = 0.005, d = 0.153; 95% CI = 0.002/ 0.024, F = 4.954, p = 0.15, d = 0.174), in denen die Ergebnisse der stabilen Gruppe wesentlich niedriger waren.

3.4.2.2 Studie 6

Effect of 24-week strenght training on unstable surfaces on mobility, balance, and cocern about falling in older adults. Pirauá et al. (2019)

Im Vordergrund dieser Studie standen die Effekte von Krafttraining mit stabilen und instabilen Untergründen auf ältere Erwachsene hinsichtlich ihrer Mobilität, Balancefähigkeit und der Sturzgefahr. Bezüglich der Balancefähigkeit wurde die dynamische posturale Stabilität in den Fokus gestellt. 64 ältere Erwachsene wurden hierfür in eine stabile und instabile Krafttrainingsgruppe sowie einer Kontrollgruppe aufgeteilt. Die Trainingsinterventionsdauer betrug 24 Wochen. In dieser Zeit trainierten die Probandinnen und Probanden

dreimal pro Woche. Die stabile Interventionsgruppe trainierte mit einem Programm, bestehend aus sieben Übungen. Miteinbezogen wurden: die Beinpresse, das Bankdrücken mit der Langhantel, unilaterales Rudern mit Hanteln, der Plank, die Hüftbrücke sowie abdominale Übungsformen. Es wurden 2-5 Sätze pro Übung etabliert mit einer Wiederholungsanzahl zwischen 7-12. Die Pausenzeit zwischen den einzelnen Sätzen betrug 60-150 Sekunden. Die Interventionsgruppe, die mit instabilem Untergrund trainieren sollte, erhielt das gleiche Programm, wobei es zusätzlich zum Einsatz von dem BOSU-Ball, dem Gymnastik-Ball und der Balancescheibe kam. Zur Messung der Ergebnisse der dynamischen posturalen Stabilität wurde die Berg Balance Skala verwendet. Es wurden Testungen sowohl zu Beginn der Studie, nach 12-wöchiger Interventionsdauer, sowie nach 24 Wochen durchgeführt. Nach 24 Wochen wurden signifikante Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen und der Kontrollgruppe gemessen. Es zeigten sich signifikant höhere Ergebnisse sowohl bei der Gruppe, die mit instabilen Elementen trainierte, als auch bei der Gruppe, die ihre Interventionen auf stabiler Unterlage durchführten (Instabile Gruppe -+2.26; 95% Kontrollgruppe, 0.83-3.70, Stabile Gruppe -+1.22; 95% Kontrollgruppe, -0.19 bis 2.63). Die anschließende Abbildung nach Pirauá et al. (2019), welche einen Tabellenausschnitt der Ergebnisse zum Vorschein brachte, soll die einzelnen Werte der Analyse der Berg-Balance -Skala präsentativ darstellen (Abkürzungen BBS: Berg-Balance-Scale; FESI: Falls Efficacy Scale-International; SRT: SItting and Rising Test; TUG: Time up and go).

Tabelle 10: Die deskriptiven Ergebnisse des langzeitigen stabilen Trainings, mit und ohne instabile Geräte auf die Balance, funktionale Mobilität, und der Angst vor dem Fallen bei älteren Erwachsenen bezogen

	ST (n = 25)			UST (n = 25)			
	Baseline	12 wk	24 wk	Baseline	12 wk	24 wk	
BBS	50.91 ± 0.58	54.45 ± 0.38	54.03 ± 0.44	50.50 ± 0.71	53.88 ± 0.46	54.74 ± 0.27	
TUG	13.48 ± 0.74	12.38 ± 0.52	13.02 ± 0.49	12.20 ± 0.40	11.82 ± 0.44	11.18 ± 0.37	
SRT	5.34 ± 0.50	5.91 ± 0.44)	6.41 ± 0.34	5.25 ± 0.62	5.55 ± 0.51	6.90 ± 0.40	
FESI	27.50 ± 1.53	24.83 ± 1.51	24.14 ± 1.30	28.60 ± 2.39	24.96 ± 1.60	22.75 ± 1.79	

Control (n = 14)						
Baseline	12 wk	24 wk				
50.36 ± 0.26	52.57 ± 0.64	52.36 ± 0.26				
12.14 ± 0.45	13.43 ± 0.64	13.57 ± 0.66				
4.21 ± 0.61	3.64 ± 0.57	4.86 ± 0.41				
29.79 ± 2.38	28.36 ± 1.89	28.21 ± 1.75				

Quelle: mod. N. Pirauá et al. (2019, S. 1810).

3.4.2.3 Studie 7

Effect of Instability and Bodyweight Neuromuscular Training on Dynamic Balance Control in Active Young Adults Goncalves et al. (2020)

Ziel dieser Studie nach Goncalves et al. (2020) war es die Auswirkungen von neuromuskulärem Training über einen Zeitraum von neun Wochen auf das dynamische posturale
Gleichgewicht zu ermitteln. Hierfür wurden 77 Probandinnen und Probanden in eine instabile Trainingsgruppe, eine stabile Trainingsgruppe sowie eine Kontrollgruppe aufgeteilt.
Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer führten dreimal pro Woche ein Trainingsprogramm
mit neuromuskulären Übungen durch, wobei die instabile Gruppe zusätzlich mit instabilen
Elementen trainierte. Die Einheiten hatten eine Dauer von ungefähr 45 Minuten und waren vor allem auf den Bereich der unteren Extremitäten konzipiert (Kniebeuge, Ausfallschritt, Hüftabduktion, schneller side-push, skiing moguls, einbeiniger Balancestand, lateraler front run). Die Übungen erstreckten sich über je drei Sätzen mit einer Wiederholungsanzahl von 15. Der BOSU-Ball sowie unstabile Plattformen fanden ergänzend Anwendung in der Trainingsintervention der instabilen Gruppe.

Zur Ermittlung der dynamischen posturalen Balance wurde der "Star-Excursion-Balance-Test" verwendet, der in dieser Studie als Y-Balance Test (YBT) bezeichnet wird. Jede Probandin und jeder Proband testete die Ausführung bei der anterioren (YBT A), posteroir-medialen (YBT PM) sowie posterior-lateralen (YBT PL) Richtung. Während die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auf einem Bein in der Mitte des Testgerätes standen, mussten sie versuchen, in jede der drei genannten Richtungen so weit wie möglich das andere Bein zu strecken, ohne das Gleichgewicht dabei zu verlieren. Insgesamt wurden drei Versuche in jede Richtung miteinbezogen mit einer Pausenzeit von zwei Minuten zwischen den Testungen. Die nachstehende Abbildung zeigt den YBT unter der Anwendung von Goncalves et al. (2020).



(A) Y balance test anterior reach direction; (B) Y balance test posteromedial reach direction; (C) Y balance test posterolateral reach direction.

Abb. 5: Der Y-Balance Test in der anterioren, posterioren-medialen und posterioren-lateralen Richtung (Goncalves et al., 2020, S. 5).

Nach einer Interventionsdauer von neun Wochen wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden (YBT A, p = 0.31; YBT PM, p = 0.40; YBT PL, p = 0.18). Es wurden statistisch signifikante Effekte innerhalb der Gruppen ermittelt (p = 0.01) sowie für den Faktor Interaktion (Gruppe x Zeit, p = 0.01) bei allen YBT Messungen.

Beide Interventionsgruppen zeigten signifikante Verbesserungen hinsichtlich des Trainings in allen drei Formen: YBT A, YBT PM, YBT PL. Die instabile Gruppe profilierte sich durch erhöhte Werte im Bereich YBT A (p = 0.01, Differenzwert = 3.70), YBT PM (p = 0.01, Differenzwert = 6.02) und im YBT PL (p = 0.01, Differenzwert =5.48). Die Gruppe, die auf stabilen Untergrund trainierte, zeigte ebenfalls verbesserte Ergebnisse im YBT A (p = 0.02, Differenzwert = 2.24), YBT PM (p = 0.01, Differenzwert von 3.58), YBT PL (p = 0.04, Differenzwert von 2.86).

Die Effektgröße für die instabile Trainingsgruppe wurde in allen Messungen als moderat eingestuft (YBT A, ES = -0.50; PM, ES = -0.87; PL, ES = -0.89). Die Ergebnisse in der stabilen Interventionsgruppe zeichneten leichte bis moderate Entwicklungen bei den Messungen (YBT A, ES = -0.50; PM, ES = -0.62; PL, ES = -0.49). Es wurden im Vergleich dazu keine signifikanten Änderungen in der Kontrollgruppe gefunden. Die Post-Messungen ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen der instabilen Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe im Bereich YBT A und PM (p = 0.03 und p = 0.01). Die Unterschiede wurden als moderat eingestuft hinsichtlich des Test YBT A und PM (ES = 0.73 und ES = 0.87).

3.4.3 Funktionale Mobilität

Im folgenden Verlauf dieser Arbeit werden die Studien der funktionalen Mobilität präsentiert. Diesbezüglich wird auch die Sicht des Studienablaufs, sowie die jeweilige Intervention und Testmethode fokussiert.

3.4.3.1 Studie 6

Effect of 24-week strenght training on unstable surfaces on mobility, balance, and cocern about falling in older adults. Pirauá et al. (2019)

Eine ausführliche Beschreibung des Studienablaufs, und der Intervention befindet sich unter dem Kapitel: "Dynamische posturale Stabilität; Studie 6". Aus diesem Grund wird in weiterer Abfolge ausschließlich auf die Testmethode und die Ergebnisse der funktionalen Mobilität eingegangen.

Zur Ermittlung der funktionalen Mobilität von älteren Personen wurde der Time up and go-Test verwendet. Hierfür sollten die Probandinnen und Probanden von einem Stuhl aufstehen und anschließend bis zu einer Markierung gehen, welche drei Meter entfernt war. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden dabei gebeten, unter Einhaltung eines sicheren Rahmens, so schnell wie möglich die Bewegungsaufgabe zu vollenden. Dazu durften die Gruppen die oberen Extremitäten zusätzlich verwenden, um ein besseres Aufstehen von dem Stuhl zu ermöglichen. Zur Bestimmung der Zeitspanne während der Testung diente eine Stoppuhr.

Nach 12 Wochen Intervention konnte sowohl die Gruppe, die mit instabilen Elementen trainierte, als auch die Gruppe, die auf stabiler Unterlage die Bewegungseinheiten durchführte, signifikante Ergebnisse bezüglich der Resultate des Time up and go Tests in Relation zur Kontrollgruppe aufweisen (zwischen den Gruppen Unterschiede: Instabil - 1.66; 95% CI, - 3.08 bis – 0.23; Stabil – 2.29; 95% CI, - 3.69 bis 0.89). Nach 24 Wochen Interventionsdauer ließ sich hingegen nur die instabile Trainingsgruppe eine signifikante Verbesserung betreffend der Ergebnisse des Time up and go Test im Vergleich zur Kontrollgruppe erkennen (zwischen den Gruppen Unterschiede: Instabil -2.44; 95% CI, - 4.41 bis -0.48).

4 Diskussion

In weiterer Folge sollen die aufgezeigten Ergebnisse dieser Arbeit zusammenfassend dargestellt und diskutiert werden.

Im Zuge der vorliegenden systematischen Literaturrecherche haben sich zwei Fragestellungen ergeben, welche anhand wissenschaftlich fundierter Literatur erläutert und bearbeitet wurden. Der zentrale Punkt der ersten Fragestellung waren die Auswirkungen von instabilen versus stabilen Krafttrainingsmethoden auf bestimmte Leistungsparameter. Hierfür wurden die Maximalkraft, die Schnellkraft sowie die maximale gewollte isometrische Kontraktion -miteinbezogen.

Hinsichtlich der Maximalkraft gab es ähnliche Ergebnisse im Vergleich von stabilen und instabilen Trainingsformen. *Studie 1* nach Ignjatovic et al. (2019) zeigte jedoch größere Ergebnisse im Vergleich der Vor- und Nachtestung im 1-RM der Kniebeuge bei der Gruppe, die mit instabilen Elementen trainierte als bei der stabilen Gruppe. Diese Ergebnisse stehen im Wiederspruch mit der Aussage: dass instabiles Krafttraining zu einer Kraftreduktion führe, welche von mehreren Autoren vertreten wird (Behm et. al, 2015 /Zemkova, 2017, Marquina et al., 2021). Obwohl bei Marquina et al. (2021) ebenfalls allgemeine negative Auswirkungen von instabilem Training auf die Kraft und Schnellkraft angenommen werden, weisen sie eine ähnliche Abweichung im Bereich der 1-RM auf instabilen versus stabilen Untergrund auf, in der es keine Unterschiede hinsichtlich der Maximalkraft und Muskelaktivität zwischen den beiden Gruppen gab (Goodman et al., 2008).

Eine mögliche Erklärung für die höhere Kraftentwicklung der instabilen Trainingsgruppe bei der 1-RM Kniebeuge wären die multifaktoriellen Einflüsse, die bei dem jeweiligen Training entstehen. Dies wird auch in der Arbeit von Zemkova (2017) beschrieben, in der die Autorin die Vielschichtigkeit des instabilen Krafttrainings näher beleuchtet. So gibt es mehrere Faktoren, die bei der Untersuchung von Training auf unbeständigen Unterlagen zu berücksichtigen sind. Unter anderem gehören dazu: die Übungsauswahl, der Grad der Instabilität, die Intensität des angehobenen Gewichts und der jeweilige Trainingszustand der Personen (Zemkova, 2017).

Hinsichtlich der Studie von Ignjatovic et al. (2019) wurden beispielsweise auch Testungen mit der Übung Bankdrücken durchgeführt, in der es zu keinem signifikanten Unterschied zwischen Gruppen kam. Die Autoren und Autorinnen weisen darauf hin, dass der Unterschied zwischen den Übungen der Grund für die Diskrepanz in den Ergebnissen sein könnte. So besteht die Möglichkeit, dass der höhere Grad der Instabilität, der bei der Kniebeuge auf dem BOSU-Ball provoziert wurde, eine entscheidende Rolle gespielt hat (Ignjatovic et al., 2019). Insgesamt wurden bei beiden Gruppen kleine Verbesserungen

von 3-7 % ermittelt. In *Studie 2* nach Maté-Muñoz et al. (2014) haben sich bezüglich des Kernpunktes ähnliche Effekte des stabilen und instabilen Trainings auf das 1-RM bei jungen untrainierten Erwachsenen etabliert. Diese Ergebnisse lassen sich auch in einer Studie nach Sparks & Behm (2010) wiederfinden. Die Autorinnen und Autoren beschreiben, dass die ähnlichen Ergebnisse bezüglich der Maximalkraft zwischen der stabilen und instabilen Interventionsgruppe ein Hinweis darauf sein könnten, dass die Position des Körpers und der Grad der Instabilität, der bei den instabilen Geräten wie dem BOSU-Ball und dem TRX-Band hervorgerufen werden, eine ähnliche Effektivität besitzen, wie ein herkömmliches stabiles Krafttraining (Maté-Muñoz et al., 2014). Die Ergebnisse hinsichtlich der Maximalkraft zeigen im Vergleich zu der Arbeit von Zemkova (2017) differente Resultate. In diesem wird die signifikante Verminderung der Kraftspitzenleistungen unter instabilen Bedingungen im Vergleich zu Kraftspitzenleistungen auf stabilen Untergründen erläutert (Zemkova, 2017). Dies macht eine eindeutige Aussage bezüglich der Maximalkraft unter stabilen versus instabile Bedingungen unmöglich.

In Studie 3 nach Saeterbakken et al. (2019) wurden die kurz und -langfristigen Effekte des instabilen und stabilen Trainings miteinander verglichen. Alle drei Interventionsgruppen wiesen höhere Ergebnisse im Bereich der Maximalkraftmessung in Relation zur Kontrollgruppe auf. Kontext bezogen zeigt sich, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die mit der Multipresse trainierten, die größte Verbesserung in ihrer gruppenspezifischen Testung hatten. Die Gruppen, die mit freien Gewichten und dem Wackelbrett trainierten, hatten ähnliche Ergebnisse in allen drei Testmodalitäten (Multipresse, freies Gewicht, Wackelbrett). Nach Meinung der Autorinnen und Autoren, ist die die dreiwöchige Einführungsphase eine mögliche Erklärung dafür, bei der alle Gruppen mit allen drei Interventionsformen trainierten (Saeterbakken et al., 2019). Nach einem systematischen Review von Marquina et al. (2021) scheint der Faktor der Instabilität einen maßgebenden Einfluss auf die Kraft zu besitzen. Jedoch wurden auch in dieser Arbeit bei Intensitäten rund um das 1RM keine Unterschiede beobachtet (Marquina et al., 2021).

In Bezug auf die Schnellkraft wurden in *Studie 1* nach Ignjatovic et al. (2019) signifikante Verbesserungen bei dem Training mit der Kniebeuge mit der Langhantel auf stabilen Untergrund gemessen. Dabei wurde aufgezeigt, dass durch das Training mit einer Intensität von 50% des 1-RM und einer maximalen Geschwindigkeit in der konzentrischen Phase, eine Erhöhung der PP sowohl bei den Messungen unter stabilen Bedingungen (7%) als auch bei den Testungen auf instabilen Untergrund (5%) erreicht wurden. Ebenfalls kristallisierte die instabile Trainingsgruppe eine signifikante Verbesserung in der Schnellkraft heraus. Die größte Erhöhung wurde bei der instabilen Testung aufgewiesen (13%) und zeigte somit eine deutliche Verbesserung in jener Testung, die auch in Trainingsinterven-

tion vorkam. Bezüglich der Messung unter stabilen Bedingungen wurde eine Erhöhung von 3 % ermittelt. Dies veranschaulichte, dass der größte Effekt hinsichtlich der PP, bei der instabilen Interventionsgruppe innerhalb der schwankenden Testung erforscht wurde. Daraus ergibt sich die Vermutung, dass ein Krafttraining mit 50% des 1-RM mit maximaler Geschwindigkeit in der konzentrischen Phase und auf instabilen Untergründen nicht notwendigerweise eine negative Auswirkung auf die PP hat (Ignjatovic et al., 2019).

Eine Modifikation der PP wurde auch in Studie 2 unter Maté-Muñoz et al. (2014) gefunden. Beide Interventionsgruppen hatten eine signifikante Erhöhung der PP. Die Autorinnen und Autoren weisen durch die Ergebnisse der Studie darauf hin, dass ein Training unter instabilen Bedingungen ähnliche neuromuskuläre Adaptionen hervorrufen könnte, die denen eines traditionelles Krafttraining in Bezugnahme auf die PP entsprechen würden (Maté-Muñoz et al., 2014). Auch in der Variable Geschwindigkeit beinhaltete Studie 2 signifikante Ergebnisse. So führten beide Interventionsgruppen zu einer erhöhten Bewegungsgeschwindigkeit (Maté-Muñoz et al., 2014). Aufgrund dieser Resultate gehen die Autorinnen und Autoren davon aus, dass das Trainingsprogramm mit den TRX-Schlingen und dem BOSU-Ball in Kombination mit erhöhter Geschwindigkeit zu ähnlicher Verbesserung der Schnellkraft und Bewegungsgeschwindigkeit führt wie bei einem traditionellem Krafttraining (Maté-Muñoz et al., 2014). Im Sinne der maximalen gewollten isometrischen Kontraktion wurden ähnliche Steigerungen bei allen Interventionsgruppen erforscht. Jedoch konnte nur die instabile Interventionsgruppe auch in den Testungen mit niedriger und mittlerer Stabilität Verbesserungen aufweisen (Saeterbakken et al., 2019). Die Ergebnisse dieser Studie lassen sich auch in einer Arbeit nach Sparks & Behm (2010) wiederfinden.

Neben den Auswirkungen von Krafttraining auf stabilen versus instabilen Untergrund auf die Leistungsfähigkeit, befasste sich diese Arbeit mit einer weiteren Fragestellung. Diesbezüglich rückte die Effektivität der stabilen und instabilen Interventionen auf diverse Gesundheitsparameter in den Vordergrund. Die hierfür ausgewählten Variablen waren die statische und dynamische posturale Stabilität sowie die funktionelle Mobilität.

In Bezug auf die statische posturale Stabilität brachten die Ergebnisse in *Studie 4* nach Goncalves et al (2020) keine signifikanten Unterschiede zwischen den Teilnehmerinnen und Teilnehmer hervor. Auch die Resultate nach Encarnación-Martínez & Gea-García (2019) dokumentierten keine Unterschiede betreffend der Vor- und Nachtestung bei allen Gruppen. Diese Effekte stimmen mit den Untersuchungen nach einer Meta-Analyse von Behm et al. (2015) überein. In Relation zur statischen posturalen Stabilität zeigten die Ergebnisse im Bereich der dynamischen Haltungskontrolle differente Effekte. So wurde in der Studie von Goncalves et al (2020) kein Unterschied nach neunmonatiger Intervention

hinsichtlich der dynamischen Balance gefunden. Auch *Studie 5* belegte keine Differenzen zwischen den Gruppen (Encarnación-Martínez & Gea-García 2019). Dem gegenüber steht der Ausgang der Studie nach Pirauá et al. (2019) bei der beide Trainingsgruppen eine Verbesserung des dynamischen Gleichgewichts erfuhren.

Die Resultate in Zusammenhang mit der funktionellen Mobilität implizierten eine signifikante Verbesserung bei den Probandinnen und Probanden, die mit instabilen Trainingsmethoden arbeiteten.

Anhand der beiden Fragestellungen, die in dieser Arbeit im Mittelpunkt standen, haben sich unterschiedliche Ergebnisse herauskristallisiert, die eine definitive Aussage über die Auswirkungen auf die Faktoren der Leistungs- und Gesundheitsparameter nicht ermöglichen. Diese Ansicht betreffend veranschaulichten beispielsweise alle Studien, die für eine Beurteilung der Maximalkraftleistung miteinbezogen wurden, eine Erhöhung des 1-RM bei beiden Gruppen. Überraschend ist hierbei die Tatsache, dass in der Arbeit nach Ignjatovic et al. (2019) die größte Steigerung der Maximalkraft in der instabilen Gruppe gemessen wurde, während die Testungen des 10-RM nach Saeterbakken et al. (2019) den höchsten Effekt bei der stabilen Gruppe in Verbindung mit der Multipresse aufzeigte.

Diese Resultate spiegeln sich auch in der Meta-Analyse nach Behm et al. (2015), welche die Leistung des instabilen Krafttrainings in Korrelation mit den stabilen Interventionen bei jungen Erwachsenen mit begrenzten zusätzlichen Auswirkungen bewerten.

In diesem Kontext stehen nicht nur die Maximalkraft im Zentrum, sondern auch die Schnellkraft und die Balancefähigkeit.

In dem Review nach Zemkova (2017) wird eine allgemeine Beeinträchtigung der Leistung mit Übungen auf instabilen Untergründen abgeleitet. Des Weiteren sollte in dieser Thematik die Variabilität der Übungen und der diversen instabilen Geräte berücksichtigt werden. Somit hängt die Effektivität der jeweiligen Intervention stark von dem Trainingsprogramm und der ausgewählten Unterlage ab (Zemkova, 2017). Diese Schlussfolgerung wurde ebenfalls in den Messungen von *Studie 1* anschaulich gemacht. Dort wurden zwar bei der Kniebeuge signifikante Unterschiede in Hinsicht auf die Maximalkraft demonstriert, jedoch war dies nicht der Fall bei der Übung Bankdrücken (Ignjatovic et al., 2019). Neben der durchgeführten Bewegungsform, ist voraussichtlich auch die Wahl des Untergrundes ein wesentlicher Faktor für die Diversität in den Ergebnissen. Behm & Colado (2012) beschrieben, dass die Steigerung der Instabilität mit einer reduzierten Muskelaktivierung einhergehen kann.

Zusammenfassend und ausgehend von den dargestellten Ergebnissen, ist der Autor zu der Meinung gekommen, dass eine definitive Aussage bezüglich der Auswirkungen von

Krafttraining auf instabilen versus stabilen Untergrund auf die Leistungs- und Gesundheitsparameter, die in dieser Arbeit festgelegt wurden, nicht getätigt werden kann. In den einzelnen Parametern gibt es verschieden Tendenzen zu einer positiven Steigerung. So wurde in allen Studien bezüglich des 1-RM eine Verbesserung bei allen Gruppen gemessen. Dies lässt vermuten, dass in Relation zu den Arbeiten, in denen eine verminderte Kraftspitzenleistung auf instabilem Untergrund festgestellt wurde, alternative Intervention und instabile Instrumente verwendet wurden, die entscheidende Auswirkungen auf die Ergebnisse hatten. Außerdem zeigte die Schnellkraft mehrfache positive Ergebnisse in den PP Messungen.

Betreffend den gesundheitlichen Parameter konnten im Bereich der statischen posturalen Stabilität keine Unterschiede vor und nach der Interventionsdauer festgelegt werden. Diese Resultate lassen sich mit jenen vergleichen, die bei jungen Erwachsenen in der Studie von Behm et al. (2015) hervorgebracht wurden. Im Gegensatz dazu brachten jedoch die älteren Probandinnen und Probanden eine signifikante Verbesserung sowohl in der statischen als auch in der dynamischen Balancefähigkeit zum Vorschein (Behm et al., 2015). Obwohl in *Studie 5* und *Studie 7* keine Steigerungen hinsichtlich der dynamischen posturalen Stabilität erforscht werden konnte, beleuchtet die Arbeit nach Pirauá et al. (2019) eine Verbesserung bei beiden Interventionsgruppen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer dieser Studie waren ebenfalls ältere Erwachsene. Interessant an diesem Aspekt ist die Tatsache, dass eventuell ein Zusammenhang zwischen dem Alter der Gruppen und der Auswirkung von Krafttraining mit verschiedenen Untergründen auf die dynamische Stabilität bestehen könnte.

Von dem Standpunkt des Autors gesehen, gibt es keine klare Linie, die eine konkrete Aussage im Bereich des Krafttrainings auf stabile versus instabile Basen auf die ausgewählten Parameter gewährleistet.

5 Schlussfolgerung

In Bezug auf die Fragestellung der vorliegenden systematischen Literaturrecherche und deren Ergebnisse lassen sich keine definitiven Aussagen über die Auswirkungen von stabilen Krafttraining versus instabilen Krafttraining treffen. Die Leistungsparameter Maximal- und Schnellkraft zeigten in den untersuchten Studien eine allgemeine Verbesserung bei den Probandinnen und Probanden, die zum einen auf stabilen und zum anderen auch auf instabilen Untergrund trainierten. Aufgrund dieser Tatsache und dem Aspekt, dass in der Literatur eine weitgehende Beschreibung einer Reduktion der Kraftspitzenleistung unter instabilen Bedingungen herrscht, sollten weitere Untersuchungen und Studien in dieser Thematik abgehalten werden.

Die maximale gewollte isometrische Kontraktion zeigte bei beiden Trainingsformen Erhöhungen. Diesbezüglich ist auf die geringe Anzahl an Studien einzugehen, die im Gegensatz zu den anderen Variablen keinen konkreten Vergleich untereinander zuließen. Diese Problematik ergab sich auch im Bereich der funktionellen Mobilität. Die inkonsistenten Ergebnisse zu dem Punkt der dynamischen Balance lieferten keine klaren Empfehlungen. Darüber hinaus manifestierte sich auch bei der statische posturale Stabilität keine Veränderungen nach den Interventionen. Inwiefern die Ergebnisse klarer gewesen wären, wenn sich die Studien immer auf eine Intervention beziehungsweise eine Komponente spezialisiert hätten, lässt sich schwer beurteilen. Es kann nur gemutmaßt werden, dass sich Spezialisierungen vermutlich deutlicher auf den Outcome ausgewirkt hätten.

Abschließend ist zu erwähnen, dass weitere Untersuchungen in dieser Thematik erfolgen sollten. Die Beliebtheit von instabilen Trainingsformen wird weiterhin ansteigen. Dementsprechend wird es notwendig sein, dieses Themengebiet weiter zu erforschen und klare Ergebnisse zu fokussieren. Die eingeschränkte Datenlage führt dazu, gewisse Instrumente und Trainingsformen in der Rehabilitation beispielsweise nicht vollkommen auszuschöpfen, da die Aussagekraft bezüglich der Gesundheitsparameter nicht existent ist. Zusätzlich dazu ist zu sagen, dass im Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit weitere wissenschaftliche Untersuchungen umzusetzen sind, damit auch im Bereich des Leistungssports davon profitiert werden kann.

Zusammenfassend ist zu bemerken, dass sowohl für den Leistungssport als auch für den Bereich der Rehabilitation weitere Studien essenziell sind, um neue Erkenntnisse zu gewinnen.

- 6 Literaturverzeichnis
- Anderson, K. & Behm, D. G. (2005). The Impact of Instability Resistance Training on Balance and Stability. *Sports Medicine*, *35*(1), 43–53. https://doi.org/10.2165/00007256-200535010-00004
- Anderson, K. G. & Behm, D. G. (2004). Maintenance of EMG Activity and Loss of Force

 Output With Instability. The Journal of Strength and Conditioning Research, 18(3),
 637. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15320684/
- Behm, D. G. & Anderson, K. G. (2006). The Role of Instability with Resistance Training.
 The Journal of Strength and Conditioning Research, 20(3), 716.
 https://doi.org/10.1519/r-18475.1
- Behm, D. & Colado, J. C. (2012). The Effectiveness of Resistance Training using unstable Surface and Devices for Rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(2), 226–241. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22530196/
- Behm, D. G. & Colado Sanchez, J. C. (2013). Instability Resistance Training Across the Exercise Continuum. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, *5*(6), 500–503. https://doi.org/10.1177/1941738113477815
- Behm, D. G., Drinkwater, E. J., Willardson, J. M. & Cowley, P. M. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *35*(1), 91–108. https://doi.org/10.1139/h09-127
- Behm, D., Leonard, A., Young, W., C Bonsey, W., & MacKinnon, S. (2005). Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. Journal of strength and conditioning research, 193–201. https://doi.org/10.1519/1533-4287
- Behm, D. G., Muehlbauer, T., Kibele, A. & Granacher, U. (2015). Effects of Strength

 Training Using Unstable Surfaces on Strength, Power and Balance Performance

 Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*,

 45(12), 1645–1669. https://doi.org/10.1007/s40279-015-0384-x

- Bös, K. (2017). Handbuch Motorische Tests: Sportmotorische Tests, Motorische Funktionstests, Fragebögen zur körperlich-sportlichen Aktivität und sportpsychologische Diagnoseverfahren (3., überarb. u. erw. Aufl. 2017 Aufl.). Hogrefe Verlag.
- Diemer, F. & Sutor, V. (2018). *Praxis der medizinischen Trainingstherapie I: Lendenwirbelsäule, Sakroiliakalgelenk und untere Extremität* (3., aktualisierte und erweiterte Aufl.). Thieme.
- Encarnación-Martínez, A. & Gea-García, G. M. (2019). Effects of a training program on stable vs unstable surfaces on postural stability. [Efectos de un programa de entrenamiento en superficies estables frente a superficies inestables en la estabilidad postural]. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, *15*(58), 353–367. https://doi.org/10.5232/ricyde2019.05804
- Friedrich, W. (2021). *Optimales Sportwissen: Grundlagen der Sporttheorie und Sportpraxis* (4. Aufl.). Spitta GmbH.
- Gonçalves, C., Bezerra, P., Clemente, F. M., Vila-Chã, C., Leão, C., Brandão, A. & Cancela, J. M. (2020a). Effect of Instability and Bodyweight Neuromuscular Training on Dynamic Balance Control in Active Young Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 8879.
 https://doi.org/10.3390/ijerph17238879
- Gonçalves, C., Bezerra, P., Clemente, F. M., Vila-Chã, C., Leão, C., Brandão, A. & Cancela, J. M. (2020b). Effects of bodyweight neuromuscular training with and without instability on balance control in active universitarians. *Research in Sports Medicine*, 1–17. https://doi.org/10.1080/15438627.2020.1853544
- Goodman, Craig A, Pearce, Alan J, Nicholes, C. J., Gatt, B. M., & Fairweather, I. H. (2008). No difference in 1RM strength and muscle activation during the barbell chest press on a stable and unstable surface. The Journal of Strength and Conditioning Research, 88–94. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013
- Haas, HJ. (2001), Medizinische Trainingstherapie. In: Van den Berg F.: Angewandte Physiologie. Stuttgart: Thieme Georg Verlag.

- Hollmann, W. & Strüder, H. K. (2009). Sportmedizin: Grundlagen für körperliche Aktivität,

 Training und Präventivmedizin: Grundlagen von körperlicher Aktivität, Training und

 Präventivmedizin (5., vollst. neu bearb. u. erw. Aufl.). Schattauer, F.K. Verlag

 GmbH.
- Ignjatovic, A., Radovanovic, D. & Kocić, J. (2019). Effects of eight weeks of bench press and squat power training on stable and unstable surfaces on 1RM and peak power in different testing conditions. *Isokinetics and Exercise Science*, *27*(3), 203–212. https://doi.org/10.3233/ies-192138
- Kohler, James M, Flanagan, S. P., & Whiting, W. C. (2010). Muscle Activation Patterns
 While Lifting Stable and Unstable Loads on Stable and Unstable. Journal of
 strength and conditioning research, 313–321. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013
- Kolster, B. C., Gesing, V., Heller, A., & Winkelmann, C. (2017). Handbuch Physiotherapie. KVM-Der Medizinverlag.
- Kollath, E. & Buschmann, J. (2010). Fußball Stabilisationstraining (1. Auflage). Meyer & Meyer Sport.
- Marquina, M., Lorenzo-Calvo, J., Rivilla-García, J., García-Aliaga, A. & Refoyo Román, I. (2021). Effects on Strength, Power and Speed Execution Using Exercise Balls, Semi-Sphere Balance Balls and Suspension Training Devices: A Systematic Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(3), 1026. https://doi.org/10.3390/ijerph18031026
- Maté-Munoz, J. L., Antón, A. J. M., Jiménez, P. J. & Garnacho-Castano, M. V. (2014).
 Effects of Instability versus Traditional resistance training on Strenght, Power and
 Velocity in Untrained Men. Journal of Sports Science and Medicine, 13, 460–468.
- Norwood, J. T., Anderson, G. S., Gaetz, M. B. & Twist, P. W. (2007). Electromyographic Activity of the Trunk Stabilizers During Stable and Unstable Bench Press. The Journal of Strength and Conditioning Research, 21(2), 343. https://doi.org/10.1519/r-17435.1

- Pirauá, A. L. T., Cavalcante, B. R., Oliveira, V. M. A., Beltrão, N. B., Amorim Batista, G., Pitangui, A. C. R., Behm, D. & Araújo, R. C. (2019). Effect of 24-week strength training on unstable surfaces on mobility, balance, and concern about falling in older adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *29*(11), 1805–1812. https://doi.org/10.1111/sms.13510
- Podsiadlo, D. & Richardson, S. (1991). The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. Journal of the American Geriatrics Society, 39(2), 142–148. https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x
- Powden, C. J., Dodds, T. K., & Gabriel, E. H. (2019). THE RELIABILITY OF THE STAR EXCURSION BALANCE TEST AND LOWER QUARTER Y-BALANCE TEST IN HEALTHY ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW. International journal of sports physical therapy, 14(5), 683–694.

 https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6769278/
- Saeterbakken, A. H., & Fimland, M. S. (2013). Muscle force output and electromyographic activity in squats with various unstable surfaces. Journal of strength and conditioning research, 6, 130. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013
- Saeterbakken, A. H., Olsen, A., Behm, D. G., Bardstu, H. B. & Andersen, V. (2019). The short- and long-term effects of resistance training with different stability requirements. *PLOS ONE*, *14*(4), e0214302. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214302
- Skala. (2020, 27. August). PEDro. https://pedro.org.au/german/resources/pedro-scale/
- Scherfer, E., Bohls, C., Freiberger, E., Heise, K. F. & Hogan, D. (2006). Berg-Balance-Scale deutsche Version. physioscience, 2(2), 59–66. https://doi.org/10.1055/s-2006-926833
- Sparkes, R. & Behm, D. G. (2010). Training Adaptations Associated With an 8-Week Instability Resistance Training Program With Recreationally Active Individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(7), 1931–1941. https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181df7fe4

Weineck, J. (2021). Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jungendtrainings (14. Aufl.). Spitta.
Weineck, J. & Haas, M. (2008). Sportanatomie (18. Bearb. u. erg. Aufl.). Spitta GmbH.
Zemková, E. (2017). Instability resistance training for health and performance. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 7(2), 245–250.

https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.05.007

7 Abbildungsverzeichnis

Abb 1: Steigerung im 10-Wiederholungsmaximum in den trainierten und nicht trainierten Übungen
(Saeterbakken et al., 2019, S. 10)
Abb. 2: Messungen Im Bankdrücken und der Kniebeuge mit Langhantel auf instabilen Elementen
(mod. Ignjatovic et al, 2019, S. 3)
Abb. 3: Counter-Movement-Jump Ergebnisse auf stabiler und instabiler Unterlage (Saeterbakken
et al., 2019, S. 11)
Abb. 4: Die Testungen für die RFD, EMG und MVIC mit niedriger Stabilitätsvoraussetzungen,
mittleren Stabilitätsvoraussetzungen und hohen Stabilitätsvoraussetzungen (Saeterbakken et al.,
2019, S. 5)
Abb. 5: Der Y-Balance Test in der anterioren, posterioren-medialen und posterioren-lateralen
Richtung (Goncalves et al., 2020, S. 5)

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 : PEDro-Skala Bewertung der inkludierten Studien	29
Tabelle 2 : Übersicht der Studien und Ergebnisse	32
Tabelle 3: Das Einwiederholungsmaximum bei dem Bankdrücken und der Kniebeuge	35
Tabelle 4: Das traditionelle und instabile Trainingsprogramm	35
Tabelle 5: Das Einwiederholungsmaximum mit der Kniebeuge und dem Bandkrücken	37
Tabelle 6: Der Effekt von dem 7-wöchigen Training auf den Sprungfähigkeits-Test	42
Tabelle 7: Beschreibung des Trainingsprogramms welche für beide Trainingsgruppen angewende	et
wurde (stabil und instabil)	48
Tabelle 8: Ergebnismessungen vor und nach 9 Wochen funktionellem Trainingsprogramm	49
Tabelle 9: Die Ergebnisse der Winkelverschiebungen und Bereiche des statischen Stabilitäts-Tes	sts
	50
Tabelle 10: Die deskriptiven Ergebnisse des langzeitigen stabilen Trainings, mit und ohne instabi	ile
Geräte auf die Balance, funktionale Mobilität, und der Angst vor dem Fallen bei älteren	
Erwachsenen bezogen	53

9 Eidesstaatliche Erklärung



Philologisch-Kulturwissenschaftliche Fakultät

Institut für Germanistik Universitätsring 1 A-1010 Wien

http://spl-germanistik.univie.ac.at/

Eidesstattliche Erklärung im Rahmen von schriftlichen Arbeiten

Angaben zur Studierenden / zum Studierenden

Matrikelnummer: 1301976

Zuname: Baron-Arnold

Vomame(n): Martin

Studienkennzahl (Beispiel: A 086 817): UA 066 826

Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert, durch Fußnoten gekennzeichnet bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

19.09.2022

Datum

Unterschrift der / des Studierenden