

Zusammenhang zwischen physiologischen und technischen Parametern sowie der Sprunghöhe bei Minitrampolinsprüngen

Überprüfung der Gütekriterien eines neuen geräteturnspezifischen Testverfahrens am Minitrampolin

Studie mit Schweizer Geräteturnerinnen und Geräteturnern ab der Kategorie K6

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht
eingereicht von

Philipp Jehle

an der
Universität Freiburg, Schweiz
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Departement für Medizin
in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
Dr. Urs Mäder

Betreuer
Christoph Schärer und
Fabian Lüthy

Solothurn, April 2018

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	4
1.1 Wissenschaftlicher Hintergrund und Ausgangslage	4
1.2 Ziel der Arbeit	16
2 Methode.....	17
2.1 Untersuchungsgruppe	17
2.2 Untersuchungsdesign	17
2.3 Untersuchungsinstrumente	18
2.4 Datenanalyse	19
3 Resultate	22
3.1 Deskriptive Statistik	22
3.2 Gütekriterien.....	22
3.3 Zusammenhänge.....	26
4 Diskussion	28
4.1 Validität.....	28
4.2 Reliabilität	28
4.3 Objektivität.....	28
4.4 Zusammenhänge zwischen physiologischen Parametern und der Sprunghöhe	28
4.5 Zusammenhänge zwischen technischen Parametern und der Sprunghöhe	29
4.6 Zusammenhänge zwischen physiologischen und technischen Parametern.....	30
4.7 Stärken und Schwächen der Studie	33
4.8 Weiterführende Fragestellungen	34
4.9 Bedeutung der Arbeit für die Praxis.....	35
5 Schlussfolgerung	37
Literatur	38
Anhang	43
A Checkliste Athletenvorbereitung	43
B Informationsblatt Masterarbeit Philipp Jehle	44
C Standardisierte Erwärmung	45
D Standbilder der Videoanalyse.....	47
E Rohdaten	49
F Parametrische Statistik.....	51
G Rückmeldungen an die Probanden	53
H Trainingsempfehlung.....	57
I Sportartspezifische Vorübungen	70
J Diagramm Treibhöhe und Flugzeit.....	72
Dank	73

Zusammenfassung

Einleitung. Geräteturnerinnen und Geräteturner benötigen eine genügend grosse Sprunghöhe um schwierige Elemente beim Minitrampolin zu turnen. Dafür ist gemäss allgemein herrschendem Wissen eine hohe Einsprunggeschwindigkeit, ein tiefer Einsprungwinkel und ein hoher Absprungwinkel notwendig. Diesbezüglich existieren im Geräteturnen jedoch keine wissenschaftlichen Studien. Ziel der Arbeit war deshalb die Ermittlung der Zusammenhänge zwischen technischen und physiologischen Parametern sowie der Sprunghöhe bei Minitrampolinsprüngen.

Methode. 36 Probanden (18 Frauen, 18 Männer; Alter: 23.17 ± 3.81 Jahre; Grösse: 1.68 ± 0.09 m; Gewicht: 65.10 ± 9.66 kg) absolvierten zur Erhebung der physiologischen Parameter je drei Countermovement- und Squatjumps (relative maximale Leistung) sowie zwei maximale 20 m-Sprints (maximale Sprintgeschwindigkeit) und zur Erhebung der technischen Parameter dreimal ihren Wettkampfsprung. Dabei wurde per Lasermessung die maximale Anlaufgeschwindigkeit, die Einsprunggeschwindigkeit und per Videoanalyse der Ein- und Absprungwinkel im Minitrampolin sowie die Sprunghöhe der Minitrampolinsprünge ermittelt.

Resultate. Es bestanden signifikante Zusammenhänge zwischen der Sprunghöhe und der maximalen Anlaufgeschwindigkeit (Frauen: $r = 0.72$; Männer: $r = 0.79$), der Einsprunggeschwindigkeit (Frauen: $r = 0.77$; Männer: $r = 0.59$) und des Einsprungwinkels (Frauen: $r = -0.58$; Männer: $r = -0.49$). Zwischen der Sprunghöhe und dem Absprungwinkel bestanden keine Zusammenhänge (Frauen: $r = -0.29$; Männer: $r = 0.03$). Die Turnerinnen und Turner erreichten höhere 20 m-Sprintgeschwindigkeiten (7.67 ± 0.56 m/s) im Vergleich zu den Anlauf- (6.64 ± 0.52 m/s) und den Einsprunggeschwindigkeiten (5.91 ± 0.64 m/s).

Diskussion und Konklusion. Trainer und Athleten können davon ausgehen, dass eine hohe Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit entscheidend ist, um hohe Sprünge zeigen zu können. Turnerinnen und Turner müssen lernen, mit optimaler Geschwindigkeit in das Trampolin einzuspringen. Da die maximale Anlaufgeschwindigkeit und die Einsprunggeschwindigkeit und somit indirekt auch die Sprunghöhe am Minitrampolin deutlich tiefer liegen als die 20 m-Sprintgeschwindigkeit, sollte in der Praxis vor allem die technisch-koordinativen und die psychischen Aspekte des Anlaufes geübt werden. Dies betrifft vor allem die Koordination der Schritte beim Anlauf, die visuelle Zielannäherung und den Mut mit maximaler Geschwindigkeit einzuspringen. Zusätzlich sollte ein tiefer Einsprungwinkel ($< 45^\circ$) bei einem kontrollierten Einsprung in das Minitrampolin angestrebt werden.

1 Einleitung

1.1 Wissenschaftlicher Hintergrund und Ausgangslage

1.1.1 Geräteturnen/Kunstturnen in der Schweiz. „Das Geräteturnen entstand in den 70er-Jahren als die Anforderungen im Kunstturnen immer höher und das Training zeitintensiver wurde. Dadurch steht das Geräteturnen einer breiten Bevölkerung offen“ (Scheurer, Niederhäuser, Bovey & Hübner, 2017, S. 3). Im Gegensatz dazu ist das sportartverwandte Kunstturnen in der Schweiz klar im Bereich des Spitzensports anzusiedeln. Das breitensportorientierte Geräteturnen hat sich jedoch in den letzten Jahren enorm weiterentwickelt. Das sportliche Niveau ist stark angestiegen. Mitverantwortlich dafür, ist der immer grösser werdende Anteil von ehemaligen Kunstturnern in der höchsten Kategorie (K7). Ausserdem sind in den obersten Kategorien regelmässige Trainingsaufwände von mehr als sechs Stunden pro Woche keine Seltenheit mehr. Die Frage, ob das Geräteturnen in dieser Ebene noch als Breitensport gilt, bleibt offen und wird kontrovers diskutiert.

Das Geräteturnen wird in der Schweiz vom Schweizerischen Turnverband (STV) geführt. Im Geräteturnen werden bei den Männern im Mehrkampf fünf Geräte geturnt (Boden, Schaukelringe, Minitrampolin, Barren und Reck). Im Kunstturnen hingegen werden sechs Geräte absolviert (Boden, Pferdpauschen, Ringe, Sprung, Barren und Reck). Bei den Frauen gibt es sowohl im Kunst- wie auch im Geräteturnen nur vier Geräte (Kunstturnen: Sprung, Stufenbarren, Schwebebalken und Boden; Geräteturnen: Boden, Schaukelringe, Minitrampolin und Reck). Das Minitrampolin im Geräteturnen hat im Vergleich zum Sprungbrett im Kunstturnen eine deutlich höhere Wurfleistung. Die Abbildung 1 zeigt die unterschiedlichen Absprunggeräte im Kunst- und Geräteturnen.



Abbildung 1. Links: herkömmliches Sprungbrett im Kunstturnen; rechts: bekanntes Minitrampolin im Geräteturnen. Kopiert von http://turngeraete24.de/media/image/thumbnail/spieth_sprungbrett_moskau_8_nikiferow-sport_turngeraete24-de_2_720x600.png und <https://pimage.sport-thieme.at/detail-fillscale/eurotramp-open-end-minitramp-school/119-3800>.

Im Geräteturnen existiert - bis auf wenige Ausnahmefälle - nur die Wettkampfform Mehrkampf, bei welcher alle fünf Geräte geturnt werden und die Punktzahlen pro Gerät zu einem Gesamttotal addiert werden. Dabei gibt es die Kategorien K1 bis K7 sowie die Zusatzkategorien Damen, respektive Herren. Je höher die Kategorie, desto grösser sind die turnerischen Schwierigkeitsanforderungen. Dabei startet die einzelne Wertung pro Gerät immer bei der Ausgangsnote von 10.00 Punkten, sofern die Schwierigkeitsanforderungen erfüllt sind. Im Wettkampfprogramm (STV, 2014) werden dabei die minimale Anzahl der zu turnenden Pflicht- sowie Wahlelemente im jeweiligen Schwierigkeitsbereich vorgegeben. Die einzelnen Elemente pro Schwierigkeitsbereich sind frei wählbar. Jedoch muss die Übung eine gewisse Bewegungsvielfalt enthalten, welche ebenfalls vorgegeben ist. Die Tabelle 1 zeigt einen Überblick über die Übungszusammenstellung der Elemente im jeweiligen Schwierigkeitsbereich pro Gerät und Kategorie.

Tabelle 1

Übungszusammenstellung pro Gerät und Kategorie im Geräteturnen.

Kategorie	Pflichtelemente		Wahlelemente	
	Boden, Schaukelringe, Barren und Reck	Sprung	Boden, Schaukelringe, Barren und Reck	Sprung
K5	2 x SW 5	1 x SW 5	4 x SW 4 - 7	1 x SW 5 - 7
K6	2 x SW 6	1 x SW 6	4 x SW 5 - 7	1 x SW 6 - 7
K7	2 x SW 7	1 x SW 7	4 x SW 6 - 7	1 x SW 7
KD/H	6 x SW 5 - 7	2 x SW 5 - 7	-	-

Anmerkung: SW = Schwierigkeitswert. KD/H = Kategorie Damen respektive Herren. Übernommen und angepasst vom Schweizerischen Turnverband (2014).

Jede Übung wird gemäss dem Wettkampfprogramm (STV, 2014) auf der Basis von folgenden Bewertungskriterien beurteilt: Technik und Haltung, Landung, Sturz, Halt, Halteelemente, Präsentation, Aufbau und Schwierigkeit, Zusammenstellung, Bewegungsvielfalt, Verhaltens- und Ordnungsabzüge und Hilfeleistung. Je nach Ausführung ziehen die Wertungsrichterinnen und Wertungsrichter Punkte von der Ausgangsnote ab. Daraus resultiert die Endnote am jeweiligen Gerät. Jede Übung muss im Geräteturnen ab der Kategorie K5 mindestens sechs Elemente aufweisen. Dies gilt für alle Geräte bis auf den Sprung. Dort werden nur zwei Sprünge gezeigt. Die bessere Bewertung der beiden Sprünge zählt dabei für den Mehrkampf. Der STV stuft kontinuierlich alle ihm bekannten Turnelemente, bezüglich ihres turnerischen

Schwierigkeitswertes, in sogenannten Einstufungstabellen ein. Die Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt von eingestuftem Sprungelementen beim Minitrampolin.

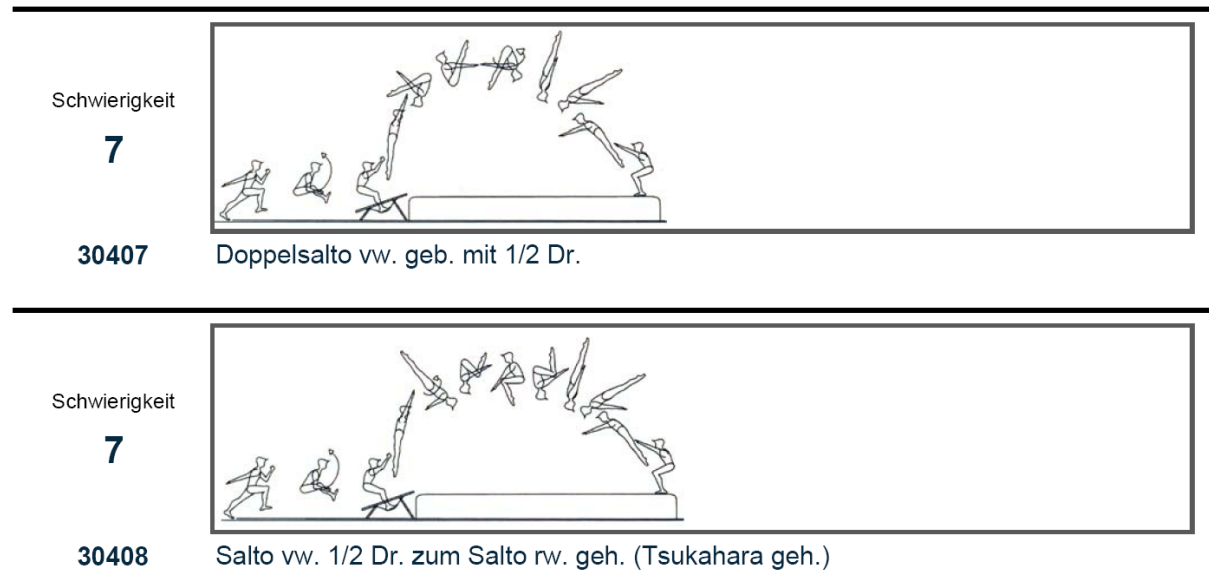


Abbildung 2. Einstufung der Elemente Doppelsalto vw. geb. mit 1/2 Dr. und Salto vw. 1/2 Dr. zum Salto rw. geh. durch den Schweizerischen Turnverband. vw = vorwärts. geb = gebückt. Dr. = Drehung. rw = rückwärts. geh = gehockt. Übernommen vom Schweizerischen Turnverband, 2016, S. 7, im Kapitel Sprünge.

Die turnerischen Übungen werden im Wettkampf von mindestens zwei ausgebildeten Wertungsrichterinnen oder Wertungsrichter benotet. Diese Benotung ist objektiv und basiert auf der durch den STV vorgegebenen Grundlage einer idealen Ausführung. Einen groben Überblick dieser Ausführung ist in der Broschüre Turnsprache (STV, 2016) in der Form von Skizzen ersichtlich. Offiziell gültig sind jedoch die Technikvorgaben, welche jedes Jahr an Zentralkursen des STV vorgegeben und in Bulletins kommuniziert werden.

1.1.2 Minitrampolin. Der Sprung im Geräteturnen kann gemäss Scheurer et al. (2016) in den Einsprung, die Steigphase, die Aktionsphase sowie in die Landungsphase eingeteilt werden. Ausserdem muss der Anlauf als wichtiger Bestandteil der Leistungserbringung beim Sprung ergänzt werden.

Anlauf. Die Distanz des Anlaufes kann im Geräteturnen von den Turnenden frei gewählt werden. Begrenzungen gibt es dabei lediglich durch die Dimensionen der Turnhallen, durch andere Geräte, Tribünen oder sonstige Infrastruktur auf dem Wettkampfbplatz. In der Schweiz kann auf nationaler Ebene mit einer Anlauflänge von mindestens 20 m gerechnet werden. Der Anlauf beim Minitrampolin erfolgt gemäss Bechter und Krieger (2011) in einem kontinuierlichen Steigerungslauf auf dem Vorderfuss, wobei der Oberkörper sowie der Kopf aufgerichtet sind. Im Kunstturnen liegt der Hauptfokus des Anlaufes auf der „Produktion einer ausrei-

chenden Energie für den Sprung durch Erreichen einer hohen, optimalen Anlaufgeschwindigkeit“ (Gerling, 2008, S. 106). Ob dies auch für Minitrampolinsprünge im Geräteturnen zutrifft, muss überprüft werden.

Einsprung/Absprung. Der auf den Anlauf folgende Einsprung sollte beim Minitrampolin gemäss Bechter und Krieger (2011) mit einem möglichst tiefen Einsprungwinkel erfolgen. Die Bein- und Hüftposition werden beim Einsprung, in der Turnsprache des STV (2016), als leicht gebeugt skizziert. Die Arme sind in einer Vorhalte-Position. Der Absprung vom Minitrampolin erfolgt danach mit gestreckten Beinen sowie gestreckten Hüften. Die Arme sind dabei in einer Hochhalteposition (siehe Abbildung 4). Bei freien Sprüngen, ohne den Sprungtisch, hat im Kunstturnen gemäss Gerling (2008) ein kleiner Einsprungwinkel α zur Waagerechten einen grossen Absprungwinkel β zur Folge. Dies ist der Fall, wenn Turnende mit starker Rücklage einspringen. Durch den hohen Absprungwinkel β kommt es dann zu einer grossen Flughöhe. Hingegen gilt, je kleiner der Absprungwinkel β , desto mehr Rotationsgeschwindigkeit wird generiert. Der Grund dafür ist der grösser werdende horizontale Abstand a vom Körperschwerpunkt (KSP) zum Absprungpunkt (siehe Abbildung 4). Turnende müssen immer einen für den geplanten Sprung optimalen Absprungwinkel anstreben, mit welchem genügend Rotationsgeschwindigkeit und Sprunghöhe erzeugt werden kann. Die Aussagen zum Ein- und Absprung beim Sprungbrett im Kunstturnen von Gerling (2008) treffen gemäss allgemein herrschendem Wissen in der Schweizer Geräteturnerszene auch für Ein- und Absprünge beim Minitrampolin zu. Die Abbildung 3 stellt diesen Zusammenhang zwischen dem Ein- und Absprungwinkel bildlich dar.

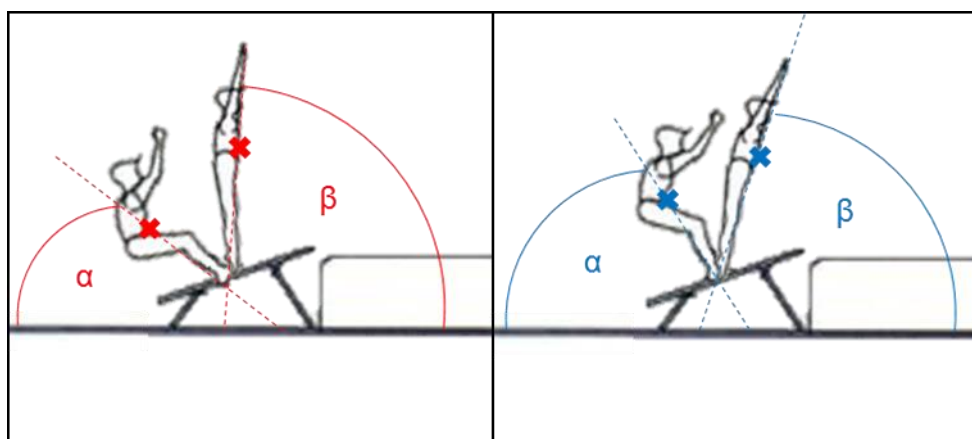


Abbildung 3. Allgemein verbreitete Vorstellung des Zusammenhanges zwischen dem Einsprung und dem Absprung (rot: kleiner Einsprungwinkel = grosser Absprungwinkel; blau: grosser Einsprungwinkel = kleiner Absprungwinkel). Übernommen und angepasst vom Schweizerischen Turnverband, 2016, S. 3, Kapitel Sprünge.

Der Zusammenhang zwischen dem Ein- und Absprungwinkel wurde jedoch noch nie wissenschaftlich untersucht und sollte deshalb überprüft werden. Dabei muss beachtet werden, dass

die Verweildauer zwischen dem Ein- und Absprung auf einem Minitrampolin länger ist als auf dem Sprungbrett (Gerling, 2008) und dass sich der Neigungswinkel des Sprungbrettes vom Neigungswinkel des Minitrampolins unterscheidet. Im Kunstturnen folgt nach dem Absprung auf dem Sprungbrett ein mit den Händen durchgeführter Abdruck auf dem Sprungtisch. Im Geräteturnen folgt nach dem Absprung direkt der freie Sprung. Scheurer et al. (2016) behaupten, dass ein Absprung mit kleinem Absprungswinkel im Geräteturnen ein häufiges Fehlerbild darstellt. Einen möglichen Grund dafür sehen sie in einem zu nahe erfolgten Absprung vor dem Minitrampolin. Dabei würden die Turnenden das Minitrampolin, anstelle einer aufrechten Position, mit zu viel Vorlage verlassen.

Flugphase. Nach dem Absprung aus dem Minitrampolin folgt die Flugphase. Diese kann gemäss Bechter und Krieger (2011) in eine Steig- und Öffnungsphase unterteilt werden. Dabei wird die Rotation um die Breitenachse durch verschiedene Techniken unterstützt. Das Heranführen der gestreckten Arme zum Körper, das Einrollen der Brustwirbelsäule, sowie die Verschiebung der Körperposition leiten dabei die nötige Rotation ein (Bechter & Krieger, 2011). „Allein durch die Horizontalbeschleunigung des Anlaufes und den Fersenschub ist eine leichte Vorwärtsrotation schon gewährleistet“ (Bechter & Krieger, 2011, S.19). Im Geräteturnen spricht man danach von einer Öffnung Richtung «12 Uhr» (vertikal). Dies ist in der Abbildung 4 ersichtlich.

Die Flugkurve des KSP entspricht gemäss Gollhofer und Müller (2009) den Gesetzen des schiefen Wurfes und ist somit parabelförmig.

Nach dem Abflug [Absprung] ist die Flugbahn des KSP physikalisch betrachtet durch die Abflugparameter Abfluggeschwindigkeit [Anfangsgeschwindigkeit], Abflugrichtung [Absprungswinkel] und Abflugposition [Position KSP] determiniert. Wenn man den Luftwiderstand vernachlässigt, wirkt lediglich die Schwerkraft als beschleunigende Grösse in vertikaler Richtung auf den KSP. In horizontaler Richtung ist die Bewegung kräftefrei (ohne Luftwiderstand!). (Gollhofer & Müller, 2009, S. 218) (siehe Abbildung 4)

Die maximale Treibhöhe wird in der Hälfte der maximalen Flugzeit erreicht, da die Flugkurve beim schiefen Wurf symmetrisch verläuft (Steigzeit = Fallzeit). In diesem Zeitpunkt entspricht die vertikale Geschwindigkeit $v_y = 0$ m/s.

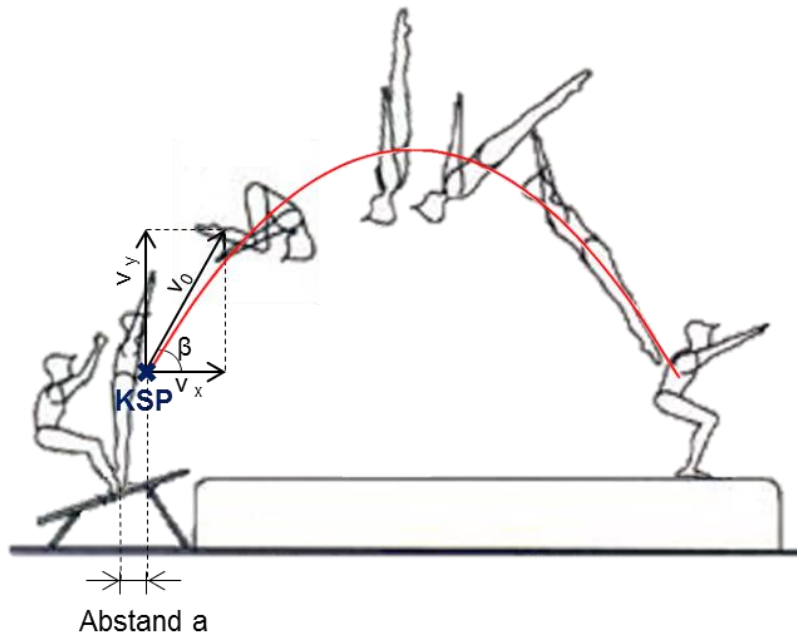


Abbildung 4. Parabelförmige Flugkurve des KSP beim Minitrampolinsprung Salto vorwärts gehockt inklusive eingefügten herrschenden Geschwindigkeiten beim Verlassen des Minitrampolins. v_y = vertikale Geschwindigkeit. v_x = horizontale Geschwindigkeit. v_0 = Anfangsgeschwindigkeit. β = Absprungwinkel. KSP = Körperschwerpunkt. Übernommen und angepasst vom Schweizerischen Turnverband, 2016, S. 3, Kapitel Sprünge.

Weiter resultieren gemäss den physikalischen Gesetzen des schiefen Wurfes, mit steigendem Absprungwinkel immer grössere Flughöhen bei gleichen Anfangsgeschwindigkeiten. Die Abbildung 5 zeigt die verschiedenen Wurfparabeln bei unterschiedlichen Absprungwinkeln und gleicher Anfangsgeschwindigkeit.

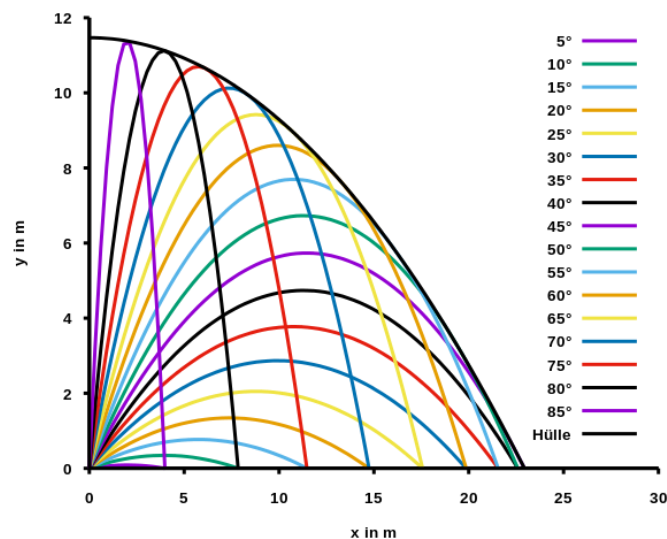


Abbildung 5. Hüllkurve der Wurfparabeln mit gemeinsamer Anfangsgeschwindigkeit v_0 und unterschiedlichen Abwurfwinkeln. Die y-Achse würde dabei der Flughöhe entsprechen und die x-Achse der Flugweite. Heruntergeladen von <https://de.wikipedia.org/wiki/Wurfparabel>.

Der Absprungwinkel beim Minitrampolin sollte gemäss allgemein herrschendem Wissen nicht zu flach ausfallen, da dadurch weite und tiefe Sprünge resultieren. Dies könnte zu Abzügen beim Bewertungspunkt «Höhe/Richtung» führen (siehe Abbildung 6).

Landung. Am Ende der Flugphase muss bei der Landung „der Rest an translatorischer und rotatorischer Geschwindigkeit abgebremst und die vertikale Geschwindigkeit aufgegangen werden, um den Körper in eine Ruheposition zu bringen“ (Gerling, 2008, S. 110). Für eine perfekte Landung in den sicheren Stand ohne Schritte und Hüpfen, muss sich der Körperschwerpunkt bei der Landung über den Füßen befinden (Fernandes, Carrara, Serrão, Amadio & Mochizuki, 2016).

Spezifität. Das Gerät Minitrampolin unterscheidet sich durch die effektive Dauer der Übung von den anderen Geräten. Die Turnzeit am Sprung ist um ein vielfaches kürzer. Diese kurze Zeit zwischen dem Einsprung und der Landung am Sprung birgt für die Turnenden spezifische Herausforderungen. Die geforderten Bewegungsabfolgen müssen innert kürzester Zeit realisiert werden. Der Sprung am Minitrampolin ist dadurch auch für Wertungsrichterinnen und Wertungsrichter eine grosse Herausforderung. Insgesamt sechs Bewertungskriterien müssen innert kürzester Zeit beurteilt werden. Die Abbildung 6 zeigt ein aktuelles Minitrampolin-Notenblatt (Stand Juli 2017), welches die zu bewertenden Kriterien abbildet. Dabei ist zu sehen, dass die Höhe sowie die Richtung des einzelnen Sprunges wichtige Bestandteile der Beurteilung sind. Das Wettkampfprogramm (STV, 2014) fordert, dass ab der Kategorie K5 der Sprung höher als die Hände der Turnenden in Hochhalte beim Absprungpunkt erfolgt. Schwierige Elemente, wie zum Beispiel Doppelsalti mit Längsachsrendrehungen, erfordern jedoch deutlich mehr Sprunghöhe als die geforderte Mindesthöhe des STV.


Sprung K _____		Anlass _____	Datum _____	WR _____								
Abzüge:	Beide Sprünge nicht der Kategorie entsprechend	je	3.00 Pt									
	Beide Sprünge identisch, beim zweiten Sprung	je	3.00 Pt									
	Bei einem zu leichten Sprung	je	3.00 Pt									
Nr. / Name	SW	Steigphase 1.0	Aktionsphase 1.5	Höhe/Richtung 1.0	Landung 0.5	Haltung 0.5	Sturz 0.4	Abzüge/Bemerkungen	Note	Endnote		

Abbildung 6. Notenblatt des Schweizerischen Turnverbandes am Sprung beim Minitrampolin ab der Kategorie K5 im Geräteturnen. Die Punktzahlen neben den zu beurteilenden Bestandteilen entsprechen den maximalen Abzugswerten. SW = Schwierigkeitswert; WR = Wertungsrichterinnen/Wertungsrichter. Heruntergeladen und angepasst von http://www.stv-fsg.ch/fileadmin/user_upload/stvfgsch/dokumente/verband/downloads/notenblaetter_wertungstabellen/geraeteturnen/EGT_Sprung_K5plus-d.pdf.

1.1.3 Technische und physische Anforderungen. Um im Geräteturnen erfolgreiche Sprünge am Minitrampolin zeigen zu können, müssen Turnerinnen und Turner eine ausreichende koordinative und konditionelle Basis sowie eine gute Körperspannung aufweisen (Bechter & Krieger, 2011). Weiter dürfen Athleten nicht ängstlich sein, da dieses Gerät ein gewisses Mass an Mut erfordert (Bechter & Krieger, 2011). Bechter und Krieger (2011) behaupteten weiter, dass die koordinativen Fähigkeiten Gleichgewicht, Differenzierung und Orientierung

zentral sind, um die Bewegungsabläufe am Minitrampolin beherrschen zu können. Im Speziellen der Ein- und der Absprung beim Minitrampolin verlangen hohe Differenzierungs- und Kopplungsfähigkeiten. Nach Weineck (2010) beinhaltet die Differenzierung die Fähigkeit zur muskulären Feinabstimmung. Gemäss Meinel und Schnabel (1987) „versteht man unter Kopplungsfähigkeit die Fähigkeit, Teilkörperbewegungen der Extremitäten, des Rumpfes und des Kopfes untereinander und in Beziehung zu der auf ein bestimmtes Handlungsziel gerichteten Gesamtkörperbewegung zweckmässig zu koordinieren“ (S. 250). Diese muskulären Feinabstimmungen, sowie die Teilkörperbewegungen müssen beim Ein- und Absprung innerhalb kürzester Zeit stattfinden. Dies führt zu grossen technisch-koordinativen Herausforderungen. In den Schweizer Turnhallen vertritt die Mehrheit der Trainer die Theorie, dass Turnerinnen und Turner möglichst schnell und flach in das Trampolin einspringen sollten, um grosse Sprunghöhen zu erreichen. Bei der Suche nach wissenschaftlicher Evidenz betreffend diesen Behauptungen zu den Sprunghöhen, muss festgestellt werden, dass diese nicht oder nur in sehr kleinem, nicht wissenschaftlichem Umfang vorhanden ist. Dies liegt hauptsächlich daran, dass Geräteturnen nur in der Schweiz ausgeübt wird und es sich um eine Breitensportart handelt, welche nicht professionell verfolgt wird. Wissenschaftliche und internationale Literatur gibt es nur im Bereich des Kunstturnens. Erkenntnisse für das Geräteturnen, sowie spezifisch für den Minitrampolinsprung und die Sprunghöhe, müssen deshalb von der Literatur aus dem Kunstturnen abgeleitet werden.

Gemäss Irwin und Kerwin (2007, zitiert nach Jones und Kingston, 2013) ist es in technischen Sportarten notwendig, den kinematischen Aspekt und die Wettkampfanforderungen zu analysieren. Gemäss Hassan (2003) sind „die allgemeinen und speziellen konditionellen Fähigkeiten, die der Kunstturner am Sprungpferd braucht, Schnelligkeit für den Anlauf, Schnellkraft für den Absprung und Abdruck sowie Kraft für das Anhalten [Landung]“ (S. 31). Diese Aussagen bestätigten auch Bradshaw und Rossignol (2004) in ihrer Korrelationsstudie mit 8 – 14 jährigen Mädchen, in welcher sie die besten Prädiktoren für einen erfolgreichen Sprung im Kunstturnen ermittelten. Bradshaw und Rossignol (2004) zeigten dabei auf, dass die Explosivkraft ($r = 0.65$; $p \leq 0.01$), anthropometrische Voraussetzungen und die Anlauf- ($r = 0.65$; $p \leq 0.01$) und Absprunggeschwindigkeiten ($r = 0.68$; $p \leq 0.01$) signifikante Zusammenhänge mit einem erfolgreichen Sprung im Kunstturnen aufweisen. Mehrere Autoren stellten ebenfalls fest, dass sich die Anlaufgeschwindigkeit sowie die Einsprunggeschwindigkeit im Kunstturnen erfolgreich auf die Sprungleistung auswirken (Atiković & Smaljović, 2011; Krug, Knoll, Koethe & Zoicher, 1998; Naundorf, Brehmer, Knoll, Bronst & Wagner, 2008;

Takei, 1991, 2007; Veličković, Petković & Petković, 2011). Takei (1991) zeigte dabei spezifisch auf, dass höhere Einsprunggeschwindigkeiten in grösseren Sprunghöhen, Flugzeiten sowie Flugweiten resultierten. Naundorf et al. (2008) zeigten weiter, dass die Anlaufgeschwindigkeit am Pferdsprung im Kunstturnen der Männer und Frauen in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Krug et al. (1998) ergänzten, dass im Kunstturnen beim Pferdsprung eine möglichst hohe Anlaufgeschwindigkeit im Sprung vorhanden sein muss, um schwierige Elemente zu turnen. Weitere Autoren stellten im Kunstturnen einen Zusammenhang zwischen der Anlaufgeschwindigkeit, dem erturnten Schwierigkeitswert sowie der erreichten Punktzahl am Sprung fest (Sands, 2000; Sands & McNeal, 1995; Schärer, Haller & Hübner, 2016).

Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Anlaufgeschwindigkeit folglich einer der zentralsten Parameter beim Pferdsprung im Kunstturnen ist. Damit stellt sich die Frage, von welchen Faktoren die Laufgeschwindigkeit bei einem Sprint grundsätzlich abhängt.

Gemäss Delecluse (1997) kann ein Sprint in eine Beschleunigungsphase und in eine maximale Sprintgeschwindigkeitsphase unterteilt werden. Dabei erreichen Top-Sprinter die maximale Geschwindigkeit ungefähr bei 40 - 50 m, Wettkampfsprinter bei 30 - 40 m und Sportlehrer etwa bei 30 m. Daraus kann abgeleitet werden, dass Turnerinnen und Turner gemäss Delecluse (1997) mehr als 30 m Anlauf nehmen müssten, damit sie mit maximaler horizontaler Geschwindigkeit in das Minitrampolin oder auf das Sprungbrett springen würden. Da der Anlauf im Geräteturnen sowie im Kunstturnen jedoch selten länger als 25 m ist, müssten sich Turnerinnen und Turner theoretisch gesehen beim Anlauf immer in der Beschleunigungsphase befinden.

Gemäss Lüthy, Sonderegger, Hübner & Tschopp (2009) kann die Sprintgeschwindigkeit zu 28.73 % durch die Sprungleistung und zu 71.27 % durch andere Faktoren erklärt werden. Dabei kann die Sprungleistung in den ersten 10 m (Antritt) aufgeteilt werden in 48 % Reaktivkraft und in 52 % Explosivkraft. Zwischen 10 und 20 m teilten Lüthy et al. (2009) die Sprungleistung zu 62 % in Reaktivkraft und zu 38 % in Explosivkraft ein. Wisløff, Castagna, Helgerud, Jones und Hoff (2004) zeigten auf, dass die Maximal- und Explosivkraft grosse und hochsignifikante Zusammenhänge mit 10 m Sprintzeiten ($r \geq -0.72$) und mit 30 m Sprintzeiten ($r \geq -0.60$) aufweisen. Die Explosivkraft ermittelten sie mittels Countermovementjumps (CMJ). Markovic, Dizdar, Jukic und Cardinale (2004) bestätigen diesbezüglich, dass sich die Explosivkraft zuverlässig und valide durch den CMJ und den Squatjump (SJ) bestimmen lässt. Auch Cronin und Hansen (2005) zeigten signifikante Korrelationen zwischen der Sprunghöhe im CMJ und den Sprintzeiten bei 5 m, 10 m und 30 m ($r \geq -0.56$) auf. Die 12

getesteten Männer von Alemdaroğlu (2012) zeigten ebenfalls einen signifikante Zusammenhang ($r = -0.62$) zwischen dem CMJ und 30 m Sprintzeiten auf. Im Vergleich zum CMJ stellte Alemdaroğlu (2012) dabei einen höheren signifikanten Zusammenhang zwischen den 30 m Sprintzeiten und dem SJ ($r = -0.76$) fest. Der Zusammenhang zwischen dem CMJ und den Sprintzeiten ist gemäss Vescovi und Mcguigan (2008) bei längeren Sprintdistanzen (27.4 und 36.6 m) stärker vorhanden als bei kürzeren (9.1 und 18.3 m). Dabei behaupten sie weiter, dass die Zusammenhänge bei älteren College Athleten grösser sind, als bei jüngeren High School Athleten. Sonderegger, Hübner, Lüthy und Tschopp (2011) legten dar, dass die Explosivkraft gemessen durch einen CMJ sowohl in der Beschleunigungsphase (0 -10 m; $r = -0.62$) als auch in der Phase der maximalen Geschwindigkeit (30 - 40 m; $r = -0.60$) einen signifikanten Zusammenhang mit der Sprintzeit aufweist. Das Gleiche gilt für den SJ ($r = -0.52$ respektive $r = -0.49$). Den grössten Einfluss in der Beschleunigungsphase haben gemäss Young, McDowell und Scarlett (2001) die Muskelgruppen der Waden, des vorderen Oberschenkels und des Gesässes.

Zusammenfassend lässt sich ableiten, dass die Sprintgeschwindigkeit über kurze Distanzen massgeblich von der Explosiv-, der Maximal- und der Reaktivkraft abhängt. Ob diese Parameter auch massgeblich für die Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit verantwortlich sind, muss überprüft werden. Dabei stellt sich weiterführend die Frage, ob Geräteturnerinnen und Geräteturner überhaupt mit der maximal möglichen Sprintgeschwindigkeit anlaufen, respektive damit in das Minitrampolin springen können.

Neben den physischen Fähigkeiten benötigt der Anlauf beim Sprung im Kunstturnen auch technische und koordinative Fähigkeiten. Gemäss Gerling (2008) darf es im Kunstturnen auf keinen Fall zu einem Tempoverlust bei den letzten Schritten vor dem Sprungbrett kommen. Die Studie von Veličković et al. (2011) zeigte, dass alle in ihrer Studie beteiligten Kunstturner, unabhängig von ihrem Niveau, die höchste Geschwindigkeit im letzten Schritt des Anlaufes erreichten ($v_{\text{Top-Athleten}}: 9.95 \text{ m/s}$; $v_{\text{mittelklassige Athleten}}: 8.57 \text{ m/s}$). Die Abbildung 7 zeigt die Mittelwerte der Top-Athleten im Vergleich mit den mittelklassigen Athleten. Die Geschwindigkeit der Top-Athleten war beim ersten Schritt signifikant tiefer als diejenige von mittelklassigen Athleten ($v_{\text{Top-Athleten}}: 3.2 \text{ m/s}$; $v_{\text{mittelklassige Athleten}}: 5.4 \text{ m/s}$). Mittelklassige Athleten steigerten ihre Anlaufgeschwindigkeit kontinuierlich. Top-Athleten hingegen erreichten im sechsten Schritt eine Geschwindigkeitsspitze. Die Athleten verringerten ihre Anlaufgeschwindigkeit beim siebten Schritt geringfügig. In den letzten drei Schritten maximierten sie dann die Anlaufgeschwindigkeit. Es kann davon ausgegangen werden, dass sie im sechsten

Schritt das Timing koordinativ abstimmen, um die Geschwindigkeit in den letzten drei Schritten zu maximieren und um mit einem optimalen Einsprung auf das Sprungbrett einzuspringen.

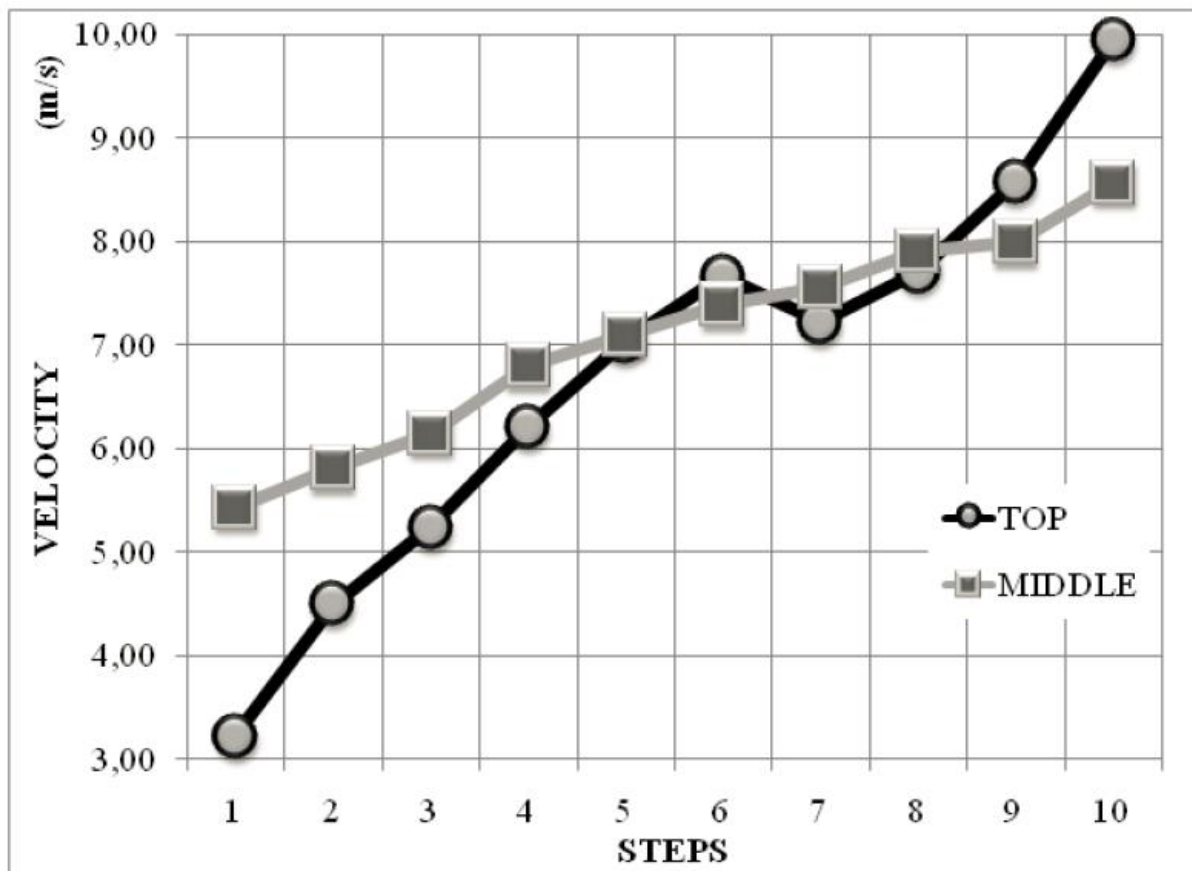


Abbildung 7. Mittelwerte der individuellen Geschwindigkeiten der letzten zehn Schritte von Top-Athleten und mittelklassigen Athleten. ($n_{\text{Top-Athleten}} = 4$. $n_{\text{mittelklassige Athleten}} = 4$). Übernommen von Veličković, Petković & Petković, 2011, S. 29.

Das Erreichen der maximalen Anlaufgeschwindigkeit beim letzten Schritt ist eine grosse Herausforderung. Zum einen benötigt es ein gewisses Mass an Mut, um mit maximaler Geschwindigkeit auf das Sprungbrett zu springen. Zum anderen muss das Timing bei den letzten Schritten ideal stimmen, um keinen Geschwindigkeitsverlust zu erleiden und zusätzlich optimal auf das Sprungbrett einzuspringen.

In der Vergangenheit wurden verschiedene Testverfahren im Kunstturnen angewendet um die verschiedenen Parameter am Sprung zu messen. Weil im Geräteturnen bisher noch keine Studien durchgeführt wurden und in dieser Arbeit ein neues Testverfahren angewandt wird, muss die Verlässlichkeit und Genauigkeit der Messung überprüft werden, da die Qualität der Gütekriterien massgeblich die Aussagekraft der Testresultate beeinflusst.

1.1.4 Gütekriterien. Sportmotorische Untersuchungen müssen gemäss Rockmann und Bömermann (2006) „die Gütekriterien der Objektivität, Reliabilität und Validität erfüllen“ (S. 125).

Validität. „Ein Hauptgütekriterium der Datenerhebung ist die Validität des Erhebungsinstrumentariums. Sichergestellt sollte sein, dass das erfasst wird, was zu erfassen vorgegeben wird“ (Rockmann & Bömermann, 2006, S. 136). Eine hohe Validität bedingt gemäss Roth und Willimczik (1999) notwendigerweise hohe Objektivität und Reliabilität. Für die Überprüfung der Validität (Gültigkeit) kann die Kriteriumsvalidität verwendet werden. Gemäss Amelang und Bartussek (1996) müssen dabei Korrelation zwischen der unabhängigen und der abhängigen Variable genügend hoch sein. Dabei „können die Kriteriumsmessungen im gleichen Zeitraum wie die Testpunktwerte erhoben werden“ (Roth & Willimczik, 1999, S. 265).

Reliabilität. „Das Gütekriterium Reliabilität [Zuverlässigkeit] verlangt, dass sich bei erneuter Erhebung der gleichen Merkmale unter gleichen Bedingungen das gleiche Resultat ergibt“ (Rockmann & Bömermann, 2006, S. 138). Die Reliabilität kann durch die Testwiederholung (Retest) überprüft werden. Unterscheiden sich die Leistungen nicht wesentlich kann von einer hohen Retest-Reliabilität ausgegangen werden (Rockmann & Bömermann, 2006). Nach Hopkins, Schabert und Hawley (2001) ist dieser Wert stark von der Heterogenität der Probanden abhängig, weshalb zusätzlich noch der Variationskoeffizient berechnet werden soll.

Objektivität. „Das Gütekriterium Objektivität verlangt, dass das Ergebnis der Datenerhebung unabhängig von der Person sein soll, die die Daten erhebt“ (Rockmann & Bömermann, 2006, S. 142). Um der Objektivität gerecht zu werden, soll die Datenerhebung gemäss Rockmann und Bömermann (2006) möglichst standardisiert werden. „Bei freien Beobachtungen ... kann Objektivität nur in dem Sinne hergestellt werden, dass mehrere Beobachter unabhängig voneinander hinsichtlich des Geschehens zu übereinstimmenden Beobachtungen kommen (intersubjektiver Konsens)“ (Rockmann & Bömermann, 2006, S. 143).

1.1.5 Forschungslücke. Im Geräteturnen fehlt jegliche wissenschaftliche Literatur im Bereich des Minitrampolins. Welche Parameter spielen die entscheidendsten Rollen für die Sprunghöhe am Minitrampolin? Haben dabei technische oder physiologische Parameter den grösseren Einfluss? Gibt es Zusammenhänge zwischen technischen und physiologischen Parametern? Bestehen Unterschiede zwischen Frauen und Männern? Wie hoch ist Qualität der Gütekriterien bei einer Erhebung der Parameter beim Minitrampolin im Geräteturnen? Diese Fragen sollen mit dieser Untersuchung beantwortet werden.

1.2 Ziel der Arbeit

Die Validität der Sprunghöhe sowie die Objektivität und die Reliabilität der Sprunghöhe und der Ein- und Absprungwinkel sollen überprüft werden. Weiter soll der Zusammenhang zwischen physiologischen und technischen Parametern sowie der Sprunghöhe bei Minitrampolinsprüngen im Geräteturnen quantifiziert werden. Es soll weiter untersucht werden, wie die maximale 20 m-Sprintgeschwindigkeit, die Explosivkraft, die maximale Anlaufgeschwindigkeit und die Einsprunggeschwindigkeit miteinander korrelieren. Zusätzlich wird der Zusammenhang zwischen dem Ein- und dem Absprungwinkel berechnet.

Hauptfragestellungen:

- a) Welche Zusammenhänge bestehen zwischen physiologischen Parametern (Explosivkraft, maximale 20 m-Sprintgeschwindigkeit) und der Sprunghöhe am Minitrampolin bei Frauen und Männern?
- b) Welche Zusammenhänge bestehen zwischen technischen Parametern (maximale Anlaufgeschwindigkeit, Einsprunggeschwindigkeit, Ein- und Absprungwinkel) und der Sprunghöhe am Minitrampolin bei Frauen und Männern?
- c) Welche Zusammenhänge bestehen zwischen technischen (maximale Anlaufgeschwindigkeit, Einsprunggeschwindigkeit, Ein- und Absprungwinkel) und physiologischen (Explosivkraft, maximale 20 m-Sprintgeschwindigkeit) Parametern bei Frauen und Männern?

Nebenfragestellungen:

- a) Wie valide ist die Ermittlung der Sprunghöhe von verschiedenen Minitrampolinsprüngen im Geräteturnen?
- b) Wie reliabel ist die Ermittlung der Sprunghöhe, der Ein- und Absprungwinkel von verschiedenen Minitrampolinsprüngen?
- c) Wie objektiv ist die Ermittlung der Sprunghöhe, der Ein- und Absprungwinkel von verschiedenen Minitrampolinsprüngen per Videoanalyse?

2 Methode

2.1 Untersuchungsgruppe

An dieser Studie nahmen 18 Frauen (Alter: 22.78 ± 4.66 Jahre; Grösse: 1.62 ± 0.07 m; Gewicht: 57.97 ± 4.36 kg) und 18 Männer (Alter 23.56 ± 2.81 Jahre; Grösse: 1.73 ± 0.07 m; Gewicht 72.23 ± 8.10 kg) teil. Die Teilnehmenden besaßen am Sprung mindestens ein Wettkampfniveau der Kategorie K6 im schweizerischen Geräteturnen. Die Untersuchung fällt gemäss der kantonalen Ethikkommission Bern (KEK) nicht unter das Humanforschungsgesetz, Artikel 2, Absatz 1 (Basec-Nr: Reg-2017-00549).

2.2 Untersuchungsdesign

Die Untersuchung fand am 4. November 2017 statt. Zuerst füllten die Probanden eine Gesundheitscheckliste (siehe Anhang A) aus, welche keine Auffälligkeiten vorweisen durfte. Zusätzlich wurden die anthropometrischen Daten Körpergewicht und Körpergrösse gemessen. Die Teilnehmenden wurden mittels Informationsblatt über den Ablauf und die Bedingungen der Studie informiert (siehe Anhang B). Danach folgte eine standardisierte Erwärmung (siehe Anhang C). Die standardisierte Erwärmung basierte auf methodischen Aspekten der Erwärmung von Hegner (2006) sowie auf den Erkenntnissen über die Vorteile vom aktiven dynamischen Dehnen von Fletcher und Jones (2004) gegenüber anderen Dehnungsformen. Im Anschluss wurde die Explosivkraft der Probanden mittels Quattro-Jump Test erhoben. Bei diesem wurden die relative maximale Muskelleistung und die maximale Sprunghöhe bei drei beidbeinig ausgeführten CMJ und drei beidbeinig ausgeführten SJ erhoben. Für die Berechnung der Zusammenhänge wurde nur die maximale relative Muskelleistung verwendet, da sie gemäss Tschopp (2003) die entscheidende Grösse bei der Beurteilung der Explosivkraft ist. Im Anschluss wurde die maximale Geschwindigkeit bei zwei linearen 20 m-Sprints erhoben, wobei nur die höhere Sprintgeschwindigkeit in die Auswertung miteinbezogen wurde.

Nach einem individuellen spezifischen Einturnen am Minitrampolin erfolgte die Datenerhebung am Minitrampolin. Die Probanden absolvierten je drei gleiche Wettkampfsprünge. Die Sprünge waren nur gültig, wenn der erste Kontakt mit der Landungsmatte in einer gestreckten und aufrechten Körperhaltung erfolgte. Ungültige Sprünge mussten wiederholt werden. Für die Berechnung der Zusammenhänge wurden nur die Sprunghöhe des höchsten Wettkampfsprunges, die dazugehörige Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit sowie den Ein- und Absprungwinkel integriert. Die Anlauflänge beim Sprung konnte frei gewählt werden (maximal 20 m). Beim Minitrampolinsprung wurden die maximale Anlaufgeschwindigkeit und die Einsprunggeschwindigkeit beim Minitrampolin gemessen. Weiter wurden der Ein- und Ab-

sprungwinkel als auch die Sprunghöhe mittels Videoanalyse erhoben. Die Abbildung 8 fasst den ganzen Untersuchungsablauf auf einer Zeitleiste zusammen.

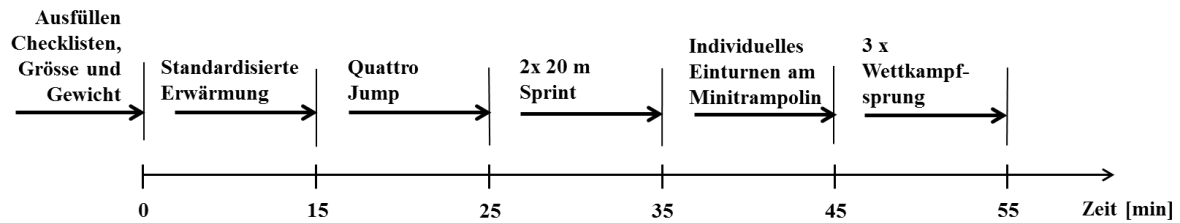


Abbildung 8. Untersuchungsablauf.

2.3 Untersuchungsinstrumente

2.3.1 Kraftmessplatte, Waage und Stadiometer. Die Bodenreaktionskräfte der CMJ sowie der SJ wurden auf einer Kraftmessplatte (MLD Test EVO2, SPSport, Innsbruck, Österreich) aufgezeichnet. Die Flachwaage (Seca Model 861, Seca GmbH, Hamburg, Deutschland) sowie das Stadiometer (Seca Model 213, Seca GmbH, Hamburg, Deutschland) entsprachen der Richtlinie 93/42/EWG für Medizinprodukte. Sie wiesen dadurch präzise Genauigkeiten auf und waren für wissenschaftliche Studien geeignet.

2.3.2 Laser. Die Sprintgeschwindigkeiten sowie die Anlaufgeschwindigkeiten wurden mit der Hilfe von Lasern (LDM301, JENOPTIK Advanced Systems GmbH, Jena, Deutschland) gemessen. Der Laser wurde auf den KSP ausgerichtet, welcher sich gemäss Knoll (1999) bei 61 % der Körpergrösse bei aufrechtem Stand mit gestreckten Armen in der Hochhalte befindet. Der Laser befand sich deshalb bei der 20 m-Sprintmessung 1.04 m über dem Boden. Diese Höhe entspricht 61 % der durchschnittlichen Körpergrösse von Frauen und Männern (Onis et al., 2007). Der Laser bei der Minitrampolinanlage befand sich 15 cm höher als der Laser beim 20 m-Sprint, da die Höhe des KSP durch den Einsprung auf das Minitrampolin höher ist als bei einem normalen Sprint.

2.3.3 Video. Die Sprunghöhe, der Ein- sowie auch der Absprungwinkel im Minitrampolin wurden mit einem iPad Pro 9,7 (Apple Corporation, Cupertino, USA) ermittelt. Die Videoaufnahmen wurden mittels der Applikation Dartfish Express für iOS, Version 6.0.10523 (Dartfish, Freiburg, Schweiz) aufgezeichnet (240 fps, 720p, Querformat). Die Kamera des iPads befand sich 1.50 m über dem Hallenboden, was additiv der durchschnittlichen KSP-Höhe von Menschen und der Sprungtuchhöhe des Minitrampolins entspricht.

2.3.4 Minitrampolinanlage. Es wurden zwei identisch eingerichtete Minitrampolinanlagen aufgestellt – eine für das individuelle Einturnen und die Zweite für die Messung der Untersuchung. Die Zweite wurde zusätzlich mit einem Laser und einem iPad ausgestattet. Das Mi-

nitrampolin (Open-End-Minitramp „Premium“ 6 mm, Eurotramp Trampoline Kurt Hack GmbH, Weilheim/ Teck, Deutschland) wurde in der senkrechtsten Neigung vor den Landungsmatten platziert. Die Gesamthöhe der Landungsmatten betrug 47 cm. Die Sprungtuchhöhe betrug ebenfalls 47 cm. Die Abbildung 9 zeigt die Aufstellungsskizze der Minitrampolinanlage.

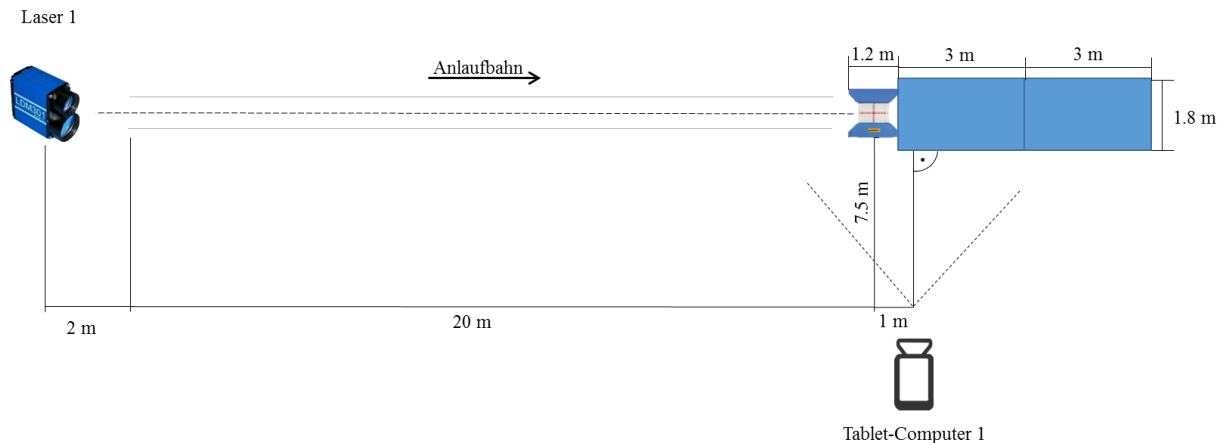


Abbildung 9. Aufstellungsskizze der Minitrampolinanlage und der Messinstrumente.

2.4 Datenanalyse

2.4.1 Videoanalyse. Um den Einsprungwinkel α und den Absprungwinkel β zu bestimmen, wurde der KSP beim ersten und letzten Kontakt mit dem Sprungtuch bestimmt (KSP 1; KSP 2). Im jeweiligen Standbild wurde eine Linie durch den KSP und den Aussenknöchel gezeichnet. Der Winkel zwischen dieser Linie und der Waagerechten entsprach dem Ein- respektive dem Absprungwinkel (siehe Abbildung 10; siehe Anhang D).

Die Flugzeit t_F entsprach der Zeitdifferenz zwischen dem Absprung (t_0) aus dem Minitrampolin und dem ersten Kontakt mit der Landungsmatte (t_1). Diese Bestimmung gelingt „dem erfahrenen Auswerter mit ausreichender Genauigkeit“ (Knoll, 1999, S. 71). Dabei wurde angenommen, dass sich der KSP beim Absprung und der Landung auf der gleichen horizontalen Linie befand. Dies war der Fall, da sich die Turnenden sowohl beim Absprung als auch beim ersten Kontakt mit den Landungsmatten in einer gestreckten Armhochhalteposition befanden (siehe Abbildung 10, Anhang D). Dieser Punkt ist eminent wichtig, da die Sprunghöhe aufgrund der Berechnungsformel direkt von der Flugzeit abhängig ist. Erfolgt die Landung nicht in einer aufrechten Position, verändert dies den Landungszeitpunkt und somit auch die Flugzeit und die daraus berechnete Sprunghöhe. Im Video wurden beim ersten Zeitpunkt t_0 und beim zweiten Zeitpunkt t_1 Marker auf der Zeitleiste gesetzt (siehe Anhang D). Die Flugzeit t_F wurde aus der Differenz der beiden Zeitpunkte ($t_1 - t_0$) berechnet. In der Abbildung 10 wird die Videoanalyse graphisch dargestellt.

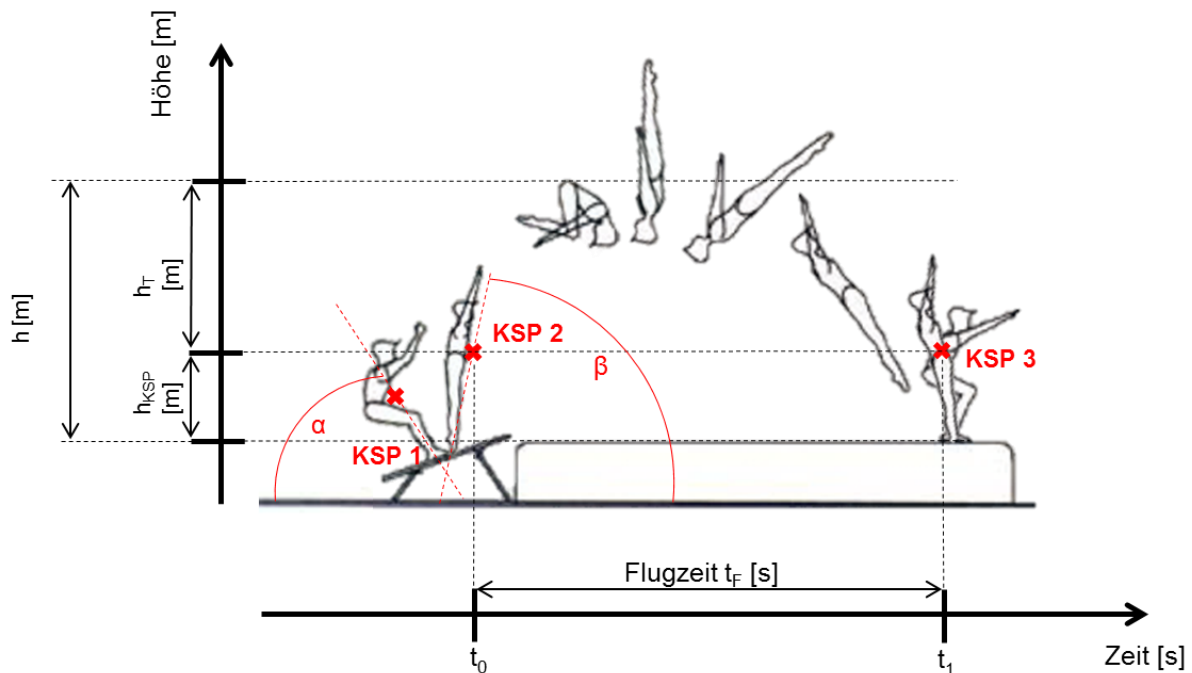


Abbildung 10. Graphische Darstellung der Bestimmung der Flugzeit, des Ein- und Absprungwinkels. Die Höhe des Sprungtuches war in der Untersuchung gleich hoch wie die Höhe der Landungsmatte. In der Skizze der Abbildung ist dies nicht der Fall. KSP = Körperschwerpunkt. h_{KSP} = Körperschwerpunkthöhe. h_T = Treibhöhe. h = Sprunghöhe (Salto vorwärts gehockt). Übernommen und angepasst vom Schweizerischen Turnverband, 2016, S. 3 im Kapitel Sprünge.

Mit Hilfe des physikalischen Gesetzes des schiefen Wurfes liess sich aus der Flugzeit t_F die maximale Treibhöhe h_T bestimmen (siehe Formel 1). Die Sprunghöhe wurde durch die Addition der maximalen Treibhöhe h_T und der KSP-Höhe h_{KSP} (siehe Formel 2) berechnet. Gemäss Knoll (1999) entspricht die KSP-Höhe 61 % der Körpergrösse bei aufrechtem Stand mit gestreckten Armen in der Hochhalte.

$$h_T = \frac{g}{8} * t_F^2 \quad (1)$$

$$h = h_T + h_{KSP} \quad (2)$$

h :	Sprunghöhe bei Minitrampolinsprüngen [m]
h_T :	maximale Treibhöhe [m]
h_{KSP} :	Körperschwerpunkthöhe [m]
t_F :	maximale Flugzeit [s]
g :	Fallbeschleunigung (9.81m/s^2) [m/s^2]

Die gleiche Methode, respektive Formel, wird gemäss Gollhofer und Müller (2009) auch verwendet um die Treibhöhe beim CMJ sowie beim Salto rückwärts am Boden (Knoll, 1999) zu ermitteln.

2.4.2 Statistik. Die Daten wurden von den Untersuchungsinstrumenten in das Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft Excel 2010, Microsoft Corporation, Redmond, Vereinigte Staaten von Amerika) exportiert. Die statistischen Auswertungen und die Graphiken wurden im

Excel und im Statistikprogramm R (Version 3.02.2, R Development Core Team, Wien, Österreich) erstellt. Alle Daten wurden mittels Shapiro-Wilk-Test auf ihre Normalverteilung geprüft (siehe Anhang F). Von allen Daten wurden Mittelwerte und Standardabweichungen sowie geschlechtergetrennte Korrelationen berechnet. Dabei wurden die Korrelationen bei parametrischen Daten gemäss Pearson und bei nicht parametrischen Daten nach Spearman berechnet. Das Signifikanzniveau wurde bei $p = 0.05$ festgelegt. Bei den Zusammenhängen mit der Wettkampfsprunghöhe wurde zudem die erklärte Varianz R^2 berechnet.

Validität. Bei dieser Untersuchung wurden die Korrelationen zwischen der Sprunghöhe beim CMJ und der Sprunghöhe beim Wettkampfsprung als Validitätskoeffizienten ermittelt und nach Roth (1983) beurteilt.

Reliabilität. Die Reliabilitätskoeffizienten zwischen den drei Sprunghöhen, den Einsprungwinkeln sowie den Absprungwinkeln beim Wettkampfsprung wurden ermittelt. Die Reliabilitätskoeffizienten (Intraklassen-Korrelation) wurde mit Hilfe der Excel Datenbank von Hopkins (2015) ermittelt und nach Bös (2017) beurteilt. Mittels der Anova Analyse «Huynh-Feldt» sowie der post-hoc Methode «Holm» wurden die Unterschiede der Mittelwerte berechnet. Zusätzlich wurde der Typical Error sowie der Variationskoeffizient anhand folgender Formeln berechnet:

$$TE = \frac{SD_{Diff}}{\sqrt{2}}$$

$$CV\% = \frac{SD_{Diff} * 100}{MW}$$

TE: Typical Error
SD_{Diff}: Standardabweichung der Differenz.
CV%: prozentualer Variationskoeffizient
MW: Mittelwert

Objektivität. Um das Gütekriterium Objektivität zu bestimmen, wurden die Sprunghöhen, die Einsprungwinkel und die Absprungwinkel bei sechs Probanden intersubjektiv bestimmt. Die sechs randomisiert ausgewählten Turnenden bestanden aus drei Frauen sowie drei Männern. Zwischen den unabhängig voneinander erhobenen Daten des Experten und des Autors wurden Objektivitätskoeffizienten (Korrelationskoeffizienten) berechnet und nach Clarke (1976) beurteilt. Zusätzlich wurde der Typical Error und der Variationskoeffizient berechnet und t -Tests durchgeführt.

3 Resultate

3.1 Deskriptive Statistik

Die Tabelle 2 zeigt die Mittelwerte und die Standardabweichungen der Zusammenhänge.

Tabelle 2

Mittelwerte und Standardabweichungen der erhobenen technischen Daten beim Wettkampfsprung (maximale Anlaufgeschwindigkeit, Einsprunggeschwindigkeit, Ein- und Absprungwinkel) und bei physiologischen Tests (CMJ, SJ, maximale 20 m-Sprintgeschwindigkeit) aller Turnerinnen (n = 18) und Turner (n = 18).

	Frauen	Männer	Frauen und Männer
Sprunghöhe der Wettkampfsprünge h [m]	2.44 ± 0.23	2.91 ± 0.22	2.67 ± 0.33
CMJ h _{max} [m]	31.69 ± 03.63	41.09 ± 3.77	36.39 ± 6.00
CMJ P _{max_rel} [W/kg]	51.67 ± 4.50	61.13 ± 4.76	56.40 ± 6.62
SJ h _{max} [m]	30.58 ± 3.53	38.63 ± 3.99	34.60 ± 5.52
SJ P _{max_rel} [W/kg]	38.63 ± 3.99	56.47 ± 4.99	51.36 ± 7.18
maximale 20 m-Sprintgeschwindigkeit v _{Sprint_max} [m/s]	7.21 ± 0.30	8.13 ± 0.34	7.67 ± 0.56
maximale Anlaufgeschwindigkeit v _{Anlauf_max} [m/s]	6.33 ± 0.43	6.96 ± 0.41	6.64 ± 0.52
Einsprunggeschwindigkeit v _{Einsprung} [m/s]	5.58 ± 0.55	6.25 ± 0.54	5.91 ± 0.64
Einsprungwinkel α [°]	46.25 ± 2.43	46.42 ± 2.77	46.34 ± 2.57
Absprungwinkel β [°]	86.53 ± 3.91	85.66 ± 3.43	86.09 ± 3.65

Anmerkung: Alle Werte sind als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben. h_{max} = maximale Sprunghöhe. CMJ = Countermovementjump. SJ = Squatjump. P_{max_rel} = maximale relative Leistung.

Der Mittelwert und die Standardabweichung der Verweildauer (Zeitpunkt des ersten und letzten Kontaktes mit dem Sprungtuch) betrug 0.20 ± 0.01 s.

3.2 Gütekriterien

3.2.1. Validität.

Die Abbildung 11 zeigt das Punktediagramm sowie den Validitätskoeffizienten zwischen der Sprunghöhe der Wettkampfsprünge und der maximalen Sprunghöhe der CMJ.

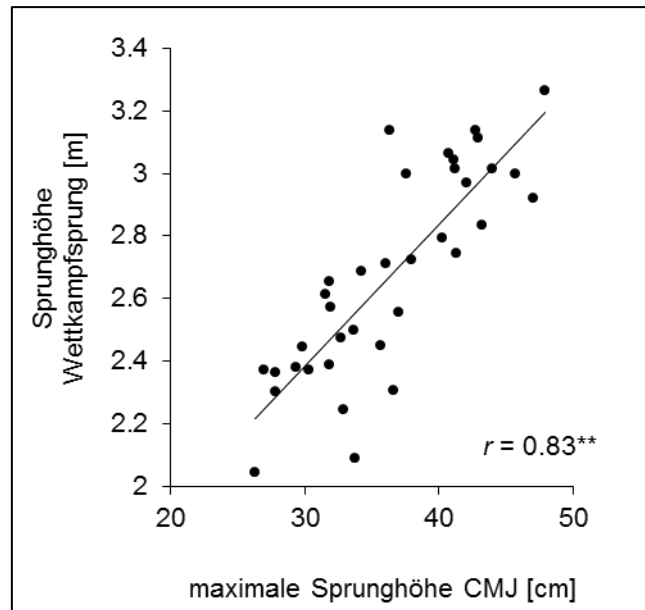


Abbildung 11. Punktediagramm und Validitätskoeffizient zwischen der maximalen Sprunghöhe des Countermovementjumps und des Wettkampfsprunges. CMJ = Countermovementjump. $**p < 0.01$. ($n = 36$).

3.2.1. Reliabilität.

Die Abbildungen 12, 13 und 14 zeigen die statistischen Kenngrößen des Vergleiches zwischen den Sprunghöhen, der Einsprungwinkel und der Absprungwinkel bei den drei Wettkampfsprüngen.

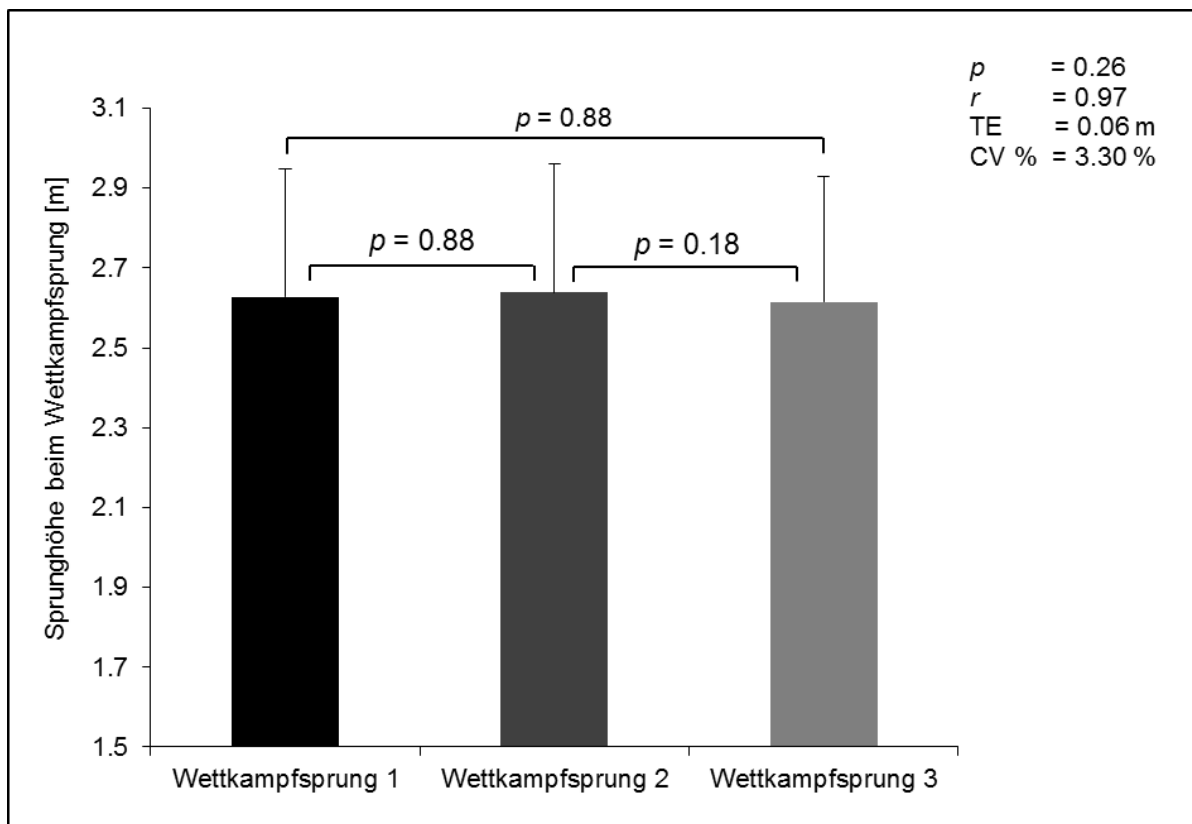


Abbildung 12. Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilitätskoeffizient r , Typical Error und Variationskoeffizient der Sprunghöhen bei den Wettkampfsprüngen. p = statistische Prüfgröße des Mittelwertvergleiches (Anova und post-hoc). TE = Typical Error. CV% = prozentualer Variationskoeffizient. ($n = 36$).

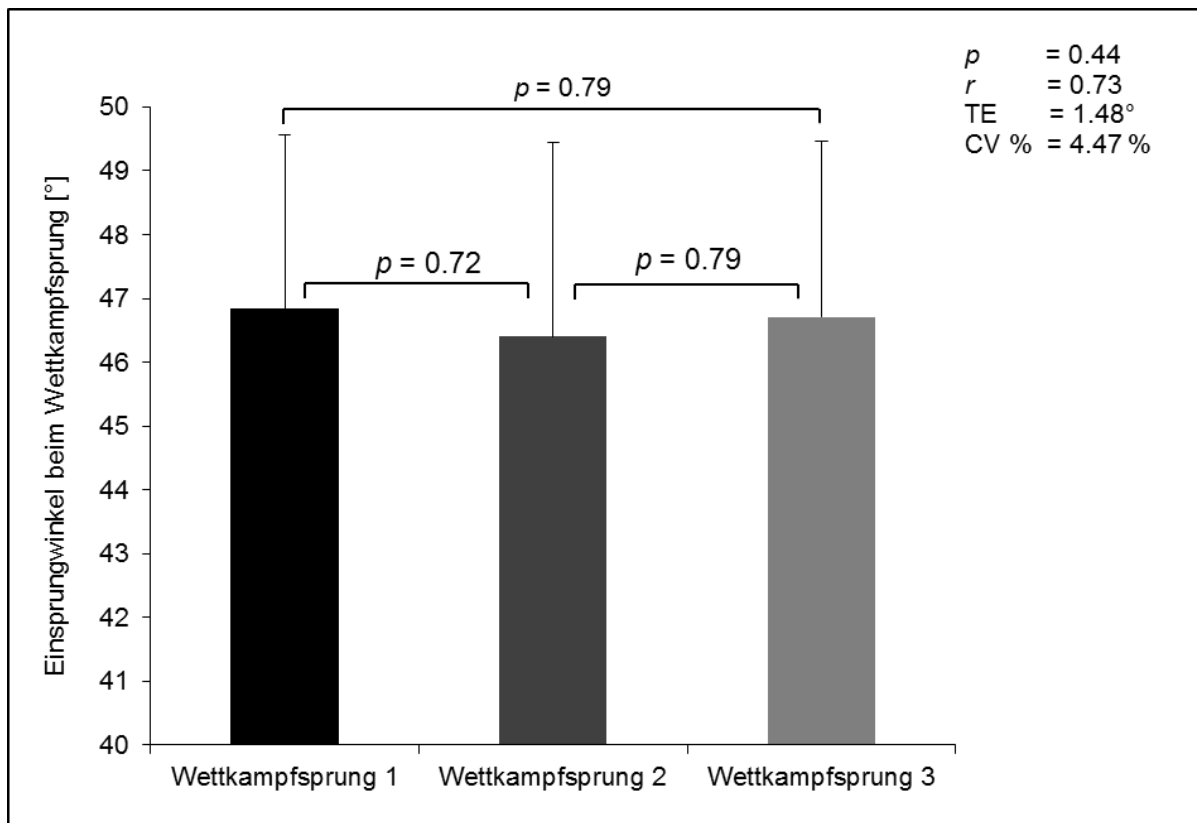


Abbildung 13. Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilitätskoeffizient r , Typical Error und Variationskoeffizient der Einsprungswinkel bei den Wettkampfsprüngen. p = statistische Prüfgrösse des Mittelwertvergleiches (Anova und post-hoc). TE = Typical Error. CV% = prozentualer Variationskoeffizient. ($n = 36$).

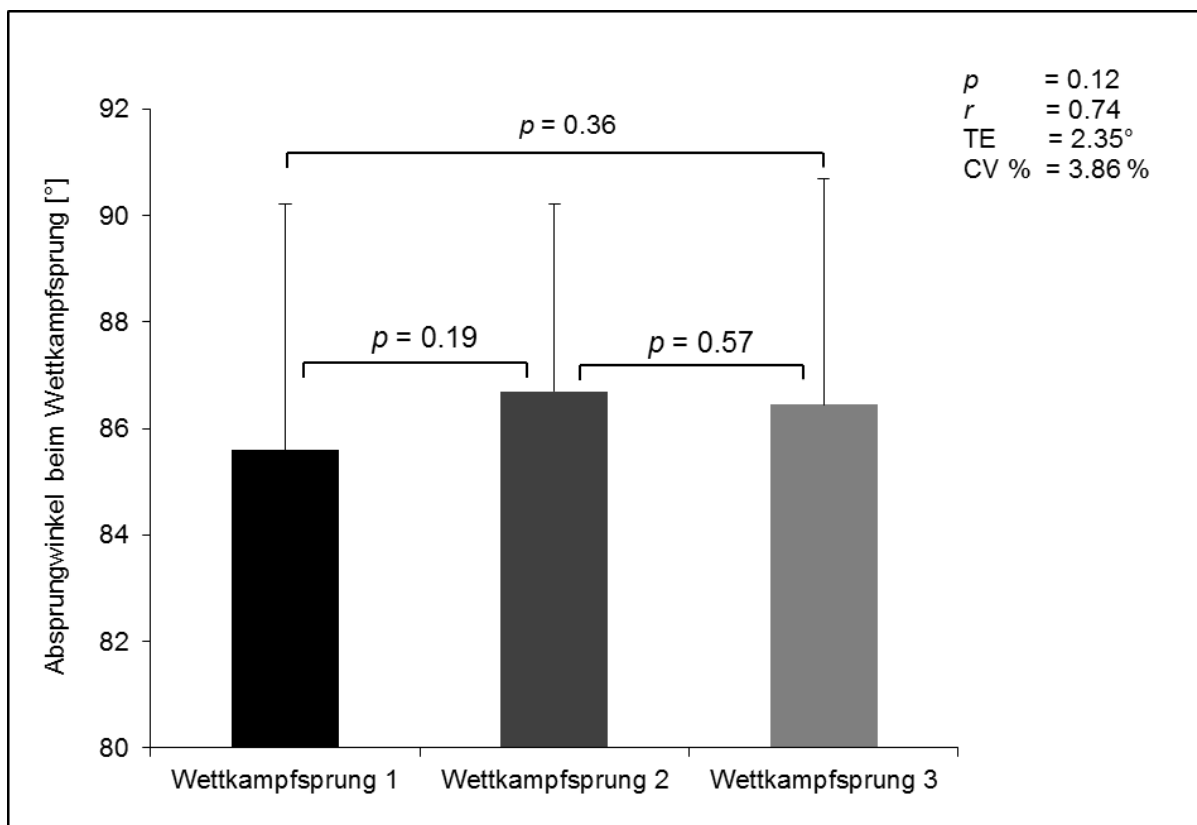


Abbildung 14. Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilitätskoeffizient r , Typical Error und Variationskoeffizient der Absprungswinkel bei den Wettkampfsprüngen. p = statistische Prüfgrösse des Mittelwertvergleiches (Anova und post-hoc). TE = Typical Error. CV% = prozentualer Variationskoeffizient. ($n = 36$).

3.2.1. Objektivität.

Die Tabelle 3 zeigt die statistischen Kenngrößen der Bestimmung der Objektivität.

Tabelle 3

Mittelwerte, Standardabweichungen, Typical Errors, Variationskoeffizienten und statistische Vergleiche der Mittelwerte zwischen den Daten des Autors und der unabhängig erhobenen Daten des Experten.

	MW und SD _{Autor}	MW und SD _{Experte}	TE	CV [%]	p-Wert
Sprunghöhe Wettkampfsprung	2.68 ± 0.24	2.68 ± 0.24	0.01 m	0.64	0.97
Einsprungwinkel Wettkampfsprung	45.44 ± 2.94	45.61 ± 2.94	0.51°	1.6	0.79
Absprungwinkel Wettkampfsprung	86.64 ± 2.90	85.29 ± 2.86	0.91°	1.49	0.17

Anmerkung: MW = Mittelwert. SD = Standardabweichung. TE = Typical Error. CV = Variationskoeffizient. p = statistische Prüfgröße des Mittelwertvergleiches (t -Test). ($n = 6$. Anzahl Sprünge = 18).

Die Abbildungen 15 und 16 zeigen die Punktediagramme sowie die Korrelationskoeffizienten zwischen den selbst erhobenen Daten und den unabhängig erhobenen Daten des Experten.

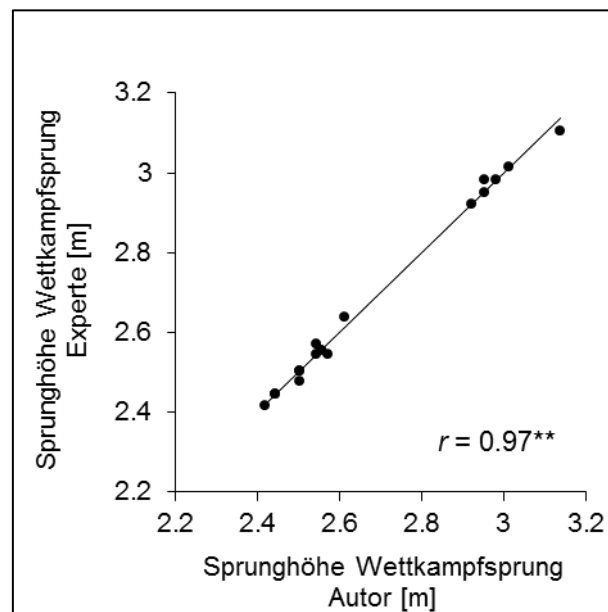


Abbildung 15. Punktediagramm und Objektivitätskoeffizient zwischen den Sprunghöhen des Experten und des Autors. $^{**}p < 0.01$. ($n = 6$. Anzahl Sprünge = 18).

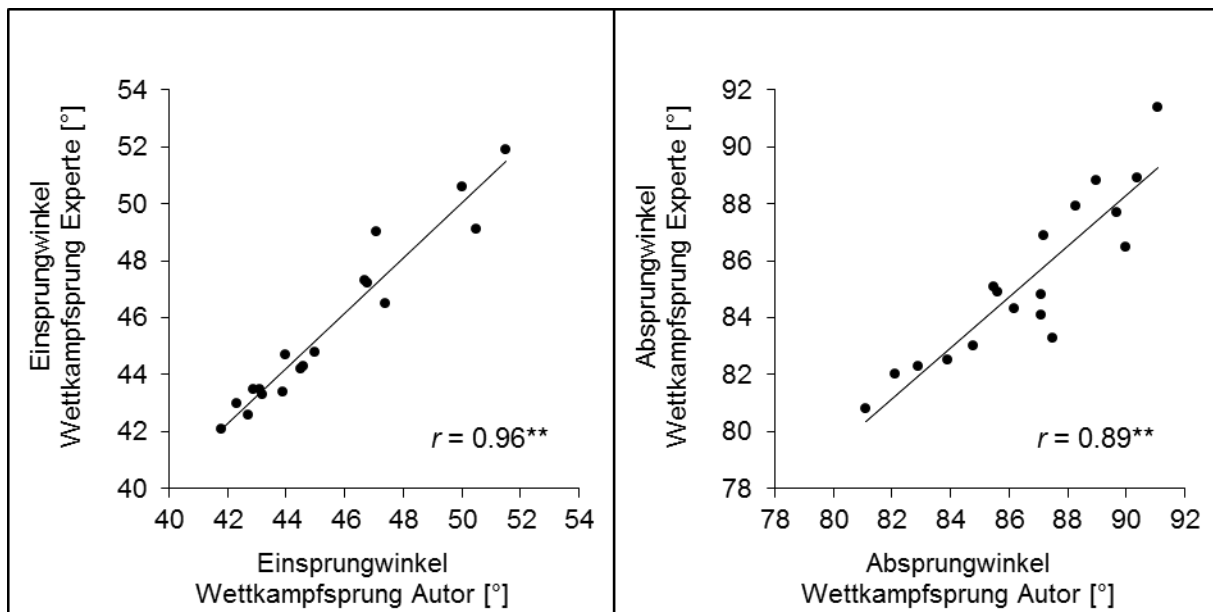


Abbildung 16. Punktediagramme und Objektivitätskoeffizienten zwischen den Ein- und Absprungwinkeln des Experten und des Autors. $**p < 0.01$. ($n = 6$. Anzahl Sprünge = 18).

3.3 Zusammenhänge

Die Tabellen 4 und 5 zeigen die Zusammenhänge der erhobenen Daten.

Tabelle 4

Zusammenhänge zwischen physiologischen und technischen Parametern sowie der Sprunghöhe bei Wettkampfsprüngen bei den Frauen.

	h	KM	KG	CMJ P_{\max_rel}	SJ P_{\max_rel}	$v_{\text{Sprint_max}}$	$v_{\text{Anlauf_max}}$	$v_{\text{Einsprung}}$	α	β
h	1.00									
KM	-0.11	1.00								
KG	-0.03	0.42	1.00							
CMJ P_{\max_rel}	0.57*	0.04	0.03	1.00						
SJ P_{\max_rel}	0.57*	-0.02	-0.20	0.80**	1.00					
$v_{\text{Sprint_max}}$	0.65**	-0.12	0.06	0.64**	0.58*	1.00				
$v_{\text{Anlauf_max}}$	0.72**	0.09	-0.03	0.23	0.18	0.56*	1.00			
$v_{\text{Einsprung}}$	0.77**	0.12	-0.07	0.41	0.41	0.64**	0.88**	1.00		
α	-0.58*	0.17	0.11	-0.17	-0.25	-0.21	-0.26	-0.48*	1.00	
β	-0.29	0.28	0.05	0.14	-0.08	-0.04	-0.28	-0.36	-0.05	1.00

Anmerkungen: Alle Werte sind als Korrelationskoeffizienten zu verstehen zwischen den dargestellten Daten in der x- und y- Achse. h = Maximalwert der drei Wettkampfsprünge. KM = Körpermasse (Körpergewicht). KG = Körpergröße. CMJ = Countermovementjump. P_{\max_rel} = relative maximale Leistung. SJ = Squatjump. $v_{\text{Sprint_max}}$ = maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit. $v_{\text{Anlauf_max}}$ = maximale Anlaufgeschwindigkeit. $v_{\text{Einsprung}}$ = Einsprunggeschwindigkeit. α = Einsprungswinkel. β = Absprungswinkel. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. ($n = 18$).

Tabelle 5

Zusammenhänge zwischen physiologischen und technischen Parametern sowie der maximalen Sprunghöhe bei Wettkampfsprüngen bei den Männern.

	h	KM	KG	CMJ P _{max_rel}	SJ P _{max_rel}	V _{Sprint_max}	V _{Anlauf_max}	V _{Einsprung}	α	β
h	1.00									
KM	-0.09	1.00								
KG	0.10	0.67**	1.00							
CMJ P _{max_rel}	0.63*	0.03	-0.03	1.00						
SJ P _{max_rel}	0.54*	-0.18	-0.22	0.87**	1.00					
V _{Sprint_max}	0.62**	-0.22	-0.09	0.63**	0.84**	1.00				
V _{Anlauf_max}	0.79**	-0.10	-0.14	0.23	0.35	0.52*	1.00			
V _{Einsprung}	0.59*	-0.58*	-0.39	0.04	0.25	0.51*	0.86**	1.00		
α	-0.49*	0.00	-0.36	-0.14	0.02	-0.07	-0.32	-0.22	1.00	
β	0.03	0.24	0.67**	-0.19	-0.35	-0.36	-0.27	-0.28	-0.28	1.00

Anmerkungen: Alle Werte sind als Korrelationskoeffizienten zu verstehen zwischen den dargestellten Daten in der x- und y- Achse. h = Maximalwert der drei Wettkampfsprünge. KM = Körpermasse (Körpergewicht). KG = Körpergröße. CMJ = Countermovementjump. P_{max_rel} = relative maximale Leistung. SJ = Squatjump. V_{Sprint_max} = maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit. V_{Anlauf_max} = maximale Anlaufgeschwindigkeit. V_{Einsprung} = Einsprunggeschwindigkeit. α = Einsprungwinkel. β = Absprungwinkel. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. ($n = 18$).

Die Tabelle 6 zeigt die erklärte Varianz R^2 zwischen den erhobenen Daten und der Sprunghöhe.

Tabelle 6

Erklärte Varianz R^2 zwischen den erhobenen Daten und der Sprunghöhe.

Geschlecht	CMJ P _{max_rel}	SJ P _{max_rel}	V _{Sprint_max}	V _{Anlauf_max}	V _{Einsprung}	α	β
Frauen	0.32	0.32	0.42	0.52	0.59	0.34	0.08
Männer	0.40	0.29	0.38	0.62	0.35	0.24	0.00

Anmerkungen: Alle Werte sind als R^2 -Werte zu verstehen zwischen den dargestellten Daten und der maximalen Sprunghöhe beim Wettkampfsprung. CMJ = Countermovementjump. P_{max_rel} = relative maximale Leistung. SJ = Squatjump. V_{Sprint_max} = maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit. V_{Anlauf_max} = maximale Anlaufgeschwindigkeit. V_{Einsprung} = Einsprunggeschwindigkeit. α = Einsprungwinkel. β = Absprungwinkel. ($n = 18$).

4 Diskussion

4.1 Validität

Die Ermittlung der Sprunghöhen kann als valide angesehen werden, da der Validitätskoeffizient ($r = 0.83$) der Kriteriumsvalidität zwischen der Sprunghöhe der Wettkampfsprünge und der maximalen Sprunghöhe der CMJ gemäss Roth (1983) als sehr gut einzustufen ist. Die Sprunghöhe bei Wettkampfsprüngen kann dabei bis zu 69 % durch die maximale Sprunghöhe beim CMJ erklärt werden.

4.2 Reliabilität

Die Ermittlung der Sprunghöhe ist reliabel, da der Reliabilitätskoeffizient ($r = 0.97$) gemäss Bös (2017) als ausgezeichnet bewertet werden kann. Die Ermittlungen der Einsprungwinkel ($r = 0.73$) sowie der Absprungwinkel ($r = 0.74$) beim Wettkampfsprung sind ebenfalls reliabel, da gemäss Bös (2017) die Reliabilitätskoeffizienten annehmbar sind. Zwischen den Sprunghöhen ($p = 0.26$), den Einsprungwinkel ($p = 0.44$) und den Absprungwinkel ($p = 0.12$) bestanden keine statistischen Unterschiede, daher können systematische Fehler ausgeschlossen werden. Die berechneten Variationskoeffizienten liegen alle unter fünf Prozent (Richtwert im Spitzensport) und können folglich ebenfalls als gut erachtet werden. Bei Sprunghöhendifferenzen im Wettkampfsprung von mehr als 3.30 %, kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die Höhendifferenzen aufgrund der eigenen Fähigkeiten zustande kommen und nicht durch Zufall.

4.3 Objektivität

Die Bestimmung der Sprunghöhe ($r = 0.97$), des Einsprungwinkels ($r = 0.96$) sowie des Absprungwinkels ($r = 0.89$) kann als objektiv betrachtet werden, da die Objektivitätskoeffizienten gemäss Clarke (1976) als ausreichend bis sehr hoch bewertet werden können.

Die hohen Zusammenhänge zwischen den Auswertungen des Experten und dem Autor bezüglich der Sprunghöhen zeigen, dass Trainer in den Turnhallen relativ einfach mit Hilfe eines Tablet-Computers die Flugzeiten der Athleten messen können. Mittels eines Hilfsdiagrammes (siehe Anhang J) können danach die Treibhöhen (Sprunghöhe ohne KSP-Höhe) herausgelesen werden. Dadurch können Trainingseffekte evaluiert und analysiert werden.

4.4 Zusammenhänge zwischen physiologischen Parametern und der Sprunghöhe

Bei beiden Geschlechtern bestanden mittlere, jedoch signifikante Korrelationen zwischen der Sprunghöhe bei den Wettkampfsprüngen und der Explosivkraft. Die Sprunghöhe bei Minitrampolinsprüngen lässt sich bei den Frauen bis zu 32 % (CMJ und SJ) durch die Explosiv-

kraft erklären und bei den Männern bis zu 40 % (CMJ) respektive bis zu 29 % (SJ). Diese Erkenntnisse bestätigen Studien aus dem Kunstturnen. Bradshaw und Rossignol (2004) stellten im Kunstturnen ähnliche Zusammenhänge ($r = 0.62$ bis 0.72) zwischen der Sprunghöhe und der Explosivkraft fest. Eine Erklärung für diese Zusammenhänge im Minitrampolinsprung könnte der Dehnung-Verkürzung-Zyklus (DVZ) sein. Dieser findet während des Absprungs im Minitrampolin statt. Dabei handelt es sich um einen kurzen (< 0.2 s) DVZ, da der Absprung innerhalb der Verweildauer (0.20 ± 0.01 s) im Minitrampolin stattfindet. Der DVZ spielt gemäss Weineck (2010) bei allen Sprüngen eine wichtige Rolle und ist massgeblich von der Maximalkraft, der Schnellkraft und dadurch auch von der Explosivkraft abhängig. Es kann somit angenommen werden, dass die Explosivkraft beim Absprung im Minitrampolin eine wichtige Rolle spielt.

Hochsignifikante Korrelationen bestanden auch zwischen der maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit und der Sprunghöhe. Die Sprunghöhe lässt sich bei den Frauen bis zu 42 % und bei den Männern bis zu 38 % durch die maximale 20 m-Sprintgeschwindigkeit erklären.

4.5 Zusammenhänge zwischen technischen Parametern und der Sprunghöhe

Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern bestanden zwischen der maximalen Anlaufgeschwindigkeit und der Sprunghöhe hochsignifikante Zusammenhänge. Gemäss Bühl (2012) handelt es sich dabei um hohe Korrelationen. Die Sprunghöhe lässt sich bei den Frauen bis zu 52 % und bei den Männern bis zu 62 % durch die Anlaufgeschwindigkeit erklären. Ähnlich hohe Zusammenhänge bestanden zwischen der Einsprunggeschwindigkeit und der Sprunghöhe. Dabei war der Zusammenhang bei den Männern signifikant und bei den Frauen hochsignifikant. Die Sprunghöhe lässt sich bei den Frauen bis zu 59 % und bei den Männern bis zu 35 % durch die Einsprunggeschwindigkeit erklären. Es kann anhand der Korrelationen zwischen der Sprunghöhe und der Anlauf- respektive der Einsprunggeschwindigkeit davon ausgegangen werden, dass der Anlauf einer der zentralsten Faktoren ist, um beim Minitrampolin hohe Sprünge zu zeigen. Dieses Erkenntnis bestätigt die Studie von Takei (1991). Dieser hatte im Kunstturnen ebenfalls festgestellt, dass sich die horizontale Anlaufgeschwindigkeit positiv auf die Sprunghöhe sowie auch auf die Flugzeit auswirkt. Dabei muss wiederholt erwähnt werden, dass im Kunstturnen ein anderes Absprunngerät genutzt wird und zusätzlich ein Abdruck vom Sprungtisch erfolgt. Folglich kann die Sprunghöhe und die Flugzeit beim Pferdsprung im Kunstturnen nur begrenzt mit denjenigen des Minitrampolinsprungs verglichen werden. Eine Erklärung für diese Zusammenhänge im Minitrampolinsprung könnten die physikalischen

Gesetze sein. Je mehr Geschwindigkeit Turnerinnen oder Turner beim Anlauf aufweisen, desto mehr potentielle Spannungsenergie herrscht im Minitrampolin. Je mehr potentielle Spannungsenergie im Minitrampolin erzeugt werden kann, desto grösser ist die Wurfleistung des Trampolins und auch die Abfluggeschwindigkeit. Diese ist gemäss den physikalischen Gesetzen des schiefen Wurfes entscheidend für die Sprunghöhe.

Zwischen dem Einsprungwinkel und der Sprunghöhe bei Wettkampfsprüngen bestanden bei beiden Geschlechtern mittlere, jedoch signifikante Zusammenhänge. Die Sprunghöhe kann bei den Frauen bis zu 34 % und bei den Männern bis zu 24 % durch den Einsprungwinkel erklärt werden. Grund dafür könnte sein, dass die Athleten mit einem flachen Einsprung die kinetische Energie des Anlaufes besser auf das Minitrampolin übertragen können, als Athleten mit steileren Einsprüngen. Dies müsste jedoch wissenschaftlich überprüft werden.

Der Absprungwinkel wies eine sehr geringe Korrelation mit der Sprunghöhe auf. Die geringen Zusammenhänge der Absprungwinkel mit der Sprunghöhe lassen sich durch die physikalischen Gesetze erklären. Im Vergleich mit der Anfangsgeschwindigkeit hat der Absprungwinkel nur einen sehr kleinen rechnerischen Einfluss auf die Treibhöhe.

Grundsätzlich lässt sich ableiten, dass es zwischen den Frauen und Männern nur geringe Unterschiede gibt. Dabei muss erwähnt werden, dass bei den Frauen ($r = 0.77$) ein höherer Zusammenhang zwischen der Sprunghöhe und der Einsprunggeschwindigkeit gefunden wurde im Vergleich zu den Männern ($r = 0.59$). Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass Frauen die kinetische Energie des Anlaufes besser auf das Trampolin übertragen können als Männer. Dies könnte der Fall sein, weil die Frauen eine bessere relative (auf das Körpergewicht bezogen) Ganzkörperspannung aufweisen. Diese These muss jedoch wissenschaftlich überprüft werden.

4.6 Zusammenhänge zwischen physiologischen und technischen Parametern

Die Werte der Explosivkraft korrelierten bei den Männern und Frauen signifikant mit der maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit (Frauen: $r \geq 0.58$; Männer: $r \geq 0.63$). Diese Erkenntnisse bestätigen die Studie von Cronin und Hansen (2005), welche ähnliche Korrelationen zwischen der Explosivkraft und Sprintzeiten bei 5 m, 10 m und 30 m ($r = -0.56$ bis -0.62) feststellten. Bei der vorliegenden Untersuchung bestanden bei den Männern grössere Korrelationen zwischen der Leistung im SJ und der Sprintgeschwindigkeit ($r = 0.84$) im Vergleich zum CMJ und der Sprintgeschwindigkeit ($r = 0.63$). Dies bestätigt die Studie von Alemdaroğlu (2012), welcher ebenfalls höhere Korrelationen bei den Männern zwischen dem SJ und den

30 m Sprintzeiten ($r = -0.76$) im Vergleich zum CMJ und den 30 m Sprintzeiten ($r = -0.62$) feststellte. Die Resultate der Frauen in dieser Studie wiesen das Gegenteil auf. Die Studie von Sonderegger et al. (2011) stellten bei ihrer Untersuchung mit Frauen jedoch ebenfalls einen grösseren Zusammenhang, zwischen den 10 m Sprintzeiten und dem CMJ ($r = -0.62$) im Vergleich zum SJ ($r = -0.52$) fest. Es kann somit gefolgert werden, dass der kurze Sprint bei den Frauen stärker vom CMJ abhängig ist als vom SJ und dass bei den Männern gerade das Gegenteil der Fall ist. Gründe dafür können die geschlechtsspezifischen Unterschiede, wie die unterschiedlichen Beinlängen, Muskelvolumen, Muskelkraft oder Anteil von «Fast Twitch» Muskelfasern sein.

Zwischen der Explosivkraft und der maximalen Anlaufgeschwindigkeit sowie der maximalen Einsprunggeschwindigkeit konnten bei beiden Geschlechtern keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt werden. Die Anlaufgeschwindigkeit wird somit nicht durch ein zu tiefes Niveau der Explosivkraft limitiert. Turnerinnen und Turner reduzieren möglicherweise die Anlauf- sowie die Einsprunggeschwindigkeit absichtlich oder im Unterbewusstsein. Grund dafür könnte sein, dass sie nicht über die technisch-koordinativen oder psychischen Fähigkeiten verfügen, um mit ihrer maximal möglichen Sprintgeschwindigkeit einen optimalen Ein- und Absprung auf dem Trampolin realisieren zu können. Bradshaw (2004) behauptete im Kunstturnen, dass Turner, die schneller rennen können beim freien Sprint im Vergleich mit dem Anlauf beim Sprung über eine schlechte visuelle Zielannäherung verfügen. Mangelnde koordinative Fähigkeiten im Bereich der visuellen Zielannäherung sowie im Bereich der Koordination bei den Schritten, könnten auch im Geräteturnen für die reduzierten Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeiten verantwortlich sein. Ein weiterer Grund könnte der fehlende Mut sein, um mit maximaler, individueller Geschwindigkeit in das Trampolin einzuspringen. Eine weitere Erklärung könnten die eigenen Fähigkeiten beim Einsprung sein. Grössere Einsprunggeschwindigkeiten bedeuten grössere Kräfte die im Trampolin auf die Turnenden wirken. Nur durch genügend Ganzkörperspannung lässt sich die kinetische Energie des Anlaufes auf das Minitrampolin übertragen. Ist die Ganzkörperspannung nicht ausreichend vorhanden, könnte Energie im Körper verloren gehen. Eine entsprechende Ganzkörperspannung ist wohl auch nötig, damit der passive Bewegungsapparat durch die Muskulatur geschützt wird und keine «Schläge» beim Einsprung erleidet. Auch im Kunstturnen scheint die Ganzkörperspannung entscheidend zu sein, damit die erworbene Energie des Anlaufes mit Hilfe des Sprungbrettes in Rotation und Sprunghöhe transferiert werden kann (Fernandes et al., 2016). Dabei beträgt die Reaktionskraftspitze beim Einsprung im Kunstturnen ungefähr das Zehnfache des

eigenen Körpergewichts (Greenwood & Newton, 1996). Die Reduktion der Einsprunggeschwindigkeit kann somit auch aufgrund mangelnder Ganzkörperspannung zustande kommen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich Turnerinnen und Turner möglicherweise selber einschätzen und ihren Anlauf den eigenen physischen (Ganzkörperspannung beim Einsprung), technisch-koordinativen (visuelle Zielannäherung, Koordination des Anlaufes und Einsprunges) oder psychischen (Mut) Fähigkeiten anpassen. Anstelle mit der maximal möglichen Sprintgeschwindigkeit, springen sie springen mit einer für den folgenden Sprung kontrollierbaren Geschwindigkeit in das Trampolin. Diese These müsste jedoch wissenschaftlich überprüft werden.

Mittlere signifikante Zusammenhänge bestanden zwischen der maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit und der maximalen Anlaufgeschwindigkeit sowie der maximalen Einsprunggeschwindigkeit ($r = 0.51$ bis 0.64). Diese Zusammenhänge zeigen, dass Athleten mit schnellen Sprintgeschwindigkeiten tendenziell schneller auf und in das Minitrampolin springen. Ein gewisses Mass an Sprintfähigkeit scheint somit nötig zu sein, um schnell in und auf das Trampolin zu springen.

Die geschlechtsneutralen Mittelwerte der maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit (7.67 ± 0.56 m/s) im Vergleich mit der Anlaufgeschwindigkeit (6.64 ± 0.52 m/s) und der Einsprunggeschwindigkeit (5.91 ± 0.64 m/s) zeigen deutlich auf, dass bei der Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit nicht nur die Sprintfähigkeiten limitierend wirken, sondern auch technisch-koordinative oder psychische Faktoren im Bereich des Anlaufes. Diese Erkenntnis widerspricht der Studie von Veličković et al. (2011) im Kunstturnen. Dort erreichten alle Athleten ihre maximale Anlaufgeschwindigkeit beim letzten Schritt. Eine Erklärung dafür ist möglicherweise der Unterschied der Probanden. Veličković et al. (2011) untersuchten Weltklasseathleten im Kunstturnen. In dieser Untersuchung wurden Breitensportler im Geräteturnen untersucht. Weiter muss auch beachtet werden, dass im Kunstturnen der Einsprung auf ein Sprungbrett erfolgt und im Geräteturnen auf ein Minitrampolin. Die anderen Federeigenschaften, der steilere Neigungswinkel sowie der höhere Absprungpunkt des Minitrampolins stellen dabei eventuell schwierigere Einsprungverhältnisse dar, als diese beim Kunstturnen mit dem Sprungbrett vorkommen. Ungeachtet dessen, muss es für alle Geräteturnerinnen und Geräteturner das Ziel sein, möglichst wenig Geschwindigkeit in den letzten Schritten zu verlieren oder im besten Fall die Geschwindigkeit zu steigern und zusätzlich mit einem optimalen kontrollierten Einsprung in das Minitrampolin zu springen.

Es bestand kein Zusammenhang zwischen dem Ein- und Absprungwinkel bei den Frauen ($r = -0.05$) und bei den Männern ($r = -0.28$). Wäre das Trampolin flach und der Körper eine statische Masse, würde die allgemein bekannte These, dass der Eingangswinkel dem Ausgangswinkel entspricht, wahrscheinlich zutreffen. Die Bewegungsabläufe zwischen dem Einsprung und dem Absprung sowie die Neigung des Trampolins beeinflussen wohl diese These. Deshalb könnte es zu den geringen Zusammenhängen kommen. Die allgemein herrschende Meinung, dass ein tiefer Einsprungwinkel automatisch zu einem hohen Absprungwinkel führt, kann somit wissenschaftlich nicht unterstützt werden.

4.7 Stärken und Schwächen der Studie

Bei dieser Untersuchung fand eine qualitativ gute Datenerhebung mit einem standardisierten Erhebungsverfahren statt. Dabei wurden die Gütekriterien mehrheitlich in hohem Masse erfüllt. Gerade die Gütekriterien der Ermittlung der Sprunghöhe sind als ausgezeichnet einzustufen. Weiter waren die verwendeten Messgeräte von hoher Qualität. Die Probanden sowie die Testhelfer/innen waren hochmotiviert und konzentriert. Dadurch kam es zu einem kompletten Datensatz. Die Probanden wiesen ein hohes Explosivkraftniveau auf (maximale, relative Leistung im CMJ: 56.40 ± 6.62 W/kg). Dieses kann mit demjenigen des Schweizerischen Kadets im Kunstturnen (54.60 ± 7.86 W/kg) verglichen werden (Schärer, 2012). Unter den Probanden befanden sich zahlreiche Athleten, welche bereits mehrfach erfolgreich an den Schweizermeisterschaften teilnahmen. Unter den Probanden befanden sich jedoch auch mittelklassige Athleten. Die untersuchten Probanden repräsentierten daher das allgemeine Niveau der Schweizer Geräte-turnszene. Durch eine klare Kommunikation waren die Probanden vor, während und nach der Untersuchung stets gut informiert und betreut.

Die Sprunghöhe wurde mit der physikalischen Formel (siehe Formel 1, Kapitel 2) des schiefen Wurfes berechnet. Diese Formel vernachlässigt den Luftwiderstand. Dies entspricht jedoch der üblichen Vorgehensweise in der Praxis. Im Rahmen dieser Untersuchung ist die verwendete Methode somit ausreichend genau. Das Gleiche gilt für die Bestimmung des Ein- und Absprungwinkels. Dabei wurde der KSP visuell bestimmt. Es gibt genauere Methoden, bei welchen der KSP durch ein dreidimensionales Körpermodell berechnet wird. In einer Pilotstudie im Kunstturnen zeigten Brehmer, Naundorf und Heyne (2012) jedoch, dass zwischen diesen beiden Methoden nur kleine Unterschiede bestehen.

Die Flugzeit wurde in dieser Untersuchung vom Zeitpunkt als die Athleten das Sprungtuch verliessen bis zum Zeitpunkt als die Füße einen ersten Kontakt mit der Landungsmatte aufwiesen gemessen. Beim Absprung waren die Füße der Turnenden dabei immer gestreckt.

Dies war bei der Landung aufgrund von individuellen Landungstechniken bei einer Minderheit nicht der Fall. Dieser Umstand wirkte sich bei wenigen Athleten geringfügig auf die Flugzeit und somit auch auf die berechnete Sprunghöhe aus. Die verwendete Methode genügt jedoch den Anforderungen dieser Studie.

4.8 Weiterführende Fragestellungen

Im Geräteturnen – spezifisch am Sprung – bestehen noch viele Wissenslücken. Viele davon wurden im Bereich des Kunstturnens untersucht. Die Erkenntnisse vom Kunstturnen können aufgrund der unterschiedlichen Absprunngeräte ohne wissenschaftliche Überprüfungen nicht eindeutig auf das Geräteturnen übertragen werden.

Da es sich bei dieser Studie um eine Erstuntersuchung im Geräteturnen handelt, müssen die Resultate in weiteren Untersuchungen unabhängig bestätigt werden. Weiter wurden zu dieser Untersuchung alle Turnenden zugelassen, die aktiv den Geräteturnsport ausüben sowie über ein K6 – Niveau verfügen. In weiteren Studien wäre es spannend zu sehen, ob sich die erhobenen Zusammenhänge verändern, wenn nur Top-Athleten oder nur schwächere Athleten untersucht werden. Die allgemeine Gültigkeit der Erkenntnisse dieser Studie muss somit in weiteren Studien erforscht werden.

Weiter wäre der Einfluss des Trampolins interessant. Wie verändert sich die Sprunghöhe durch neue oder alte Federn? Sind diese Auswirkungen bei Top-Athleten respektive mittelklassigen Athleten im Bereich Minitrampolin die Gleichen? Spielt dabei das Gewicht der Turnenden eine Rolle? Weiter befindet sich das Minitrampolin im Geräteturnen in der Schweiz normalerweise immer in der steilsten möglichen Neigung. Welchen Einfluss haben dabei die unterschiedlichen Minitrampolinwinkel auf die Sprunghöhe? Sind dabei spezifische Neigungen besser für einzelne Turnerinnen oder Turner?

In dieser Untersuchung wurde nur die Flughöhe analysiert. Für die Praxis muss in einem nächsten Schritt die Benotung der Wertungsrichter integriert werden. Wie korreliert die Sprunghöhe mit der Benotung. Hat die Anlaufgeschwindigkeit wie im Kunstturnen einen positiven Zusammenhang mit der Benotung (Sands, 2000; Sands & McNeal, 1995; Schärer, Haller & Hübner, 2016)? Wie korreliert die Bewertung mit den Anlaufdaten und den physiologischen Parametern?

Bei dieser Untersuchung wurde nur die Explosivkraft der unteren Extremitäten als Kraftkomponente erhoben. Welchen Zusammenhang hat die Maximalkraft der unteren Extremitäten mit der Sprunghöhe. Weiter wäre der Einfluss der Ganzkörperspannung auf die Sprunghöhe inte-

ressant. Dafür müsste zusätzlich die Maximalkraft und/oder die Explosivkraft des Rumpfes erhoben werden. In weiteren Untersuchungen könnte zusätzlich die Reaktivkraft erhoben werden können. Dies weil auch die Reaktivkraft mit der Sprintgeschwindigkeit zusammenhängt (Lüthy et al., 2009) und gemäss Sands et al. (2006) die Bodenkontaktzeit einen Zusammenhang mit der Wettkampfleistung am Sprung im Kunstturnen aufweist. Dies wäre ein weiterer spannender physiologischer Parameter im Vergleich mit der Sprunghöhe sowie der Sprint- und Anlaufgeschwindigkeit.

In einem weiteren Schritt müsste das optimale Verhalten im Trampolin analysiert werden. Welche Technik bringt den Athleten am meisten Sprunghöhe? Wie verändert sich dabei die Rotationsgeschwindigkeit?

Bradshaw und Rossignol (2004) behaupteten, dass die Konstitution wie zum Beispiel die Beinlänge im Vergleich zur Grösse ebenfalls einen grossen Einfluss ($r = 0.64$) auf die Sprungfähigkeit im Kunstturnen hat. Auch dieser Punkt könnte im Geräteturnen noch untersucht werden.

4.9 Bedeutung der Arbeit für die Praxis

Es kann davon ausgegangen werden, dass im Geräteturnen hohe Anlaufgeschwindigkeiten entscheidend für grosse Sprunghöhen sind. Dies lässt sich aus den hohen, signifikanten Zusammenhängen zwischen der Sprunghöhe und der maximalen Anlaufgeschwindigkeit sowie der Einsprunggeschwindigkeit der vorliegenden Studie ableiten. Die geringen Zusammenhänge zwischen der Explosivkraft und der Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit, sowie die Differenz zwischen der maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit und der Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit deuten darauf hin, dass Turnerinnen und Turner vor allem technisch-koordinative und psychische Aspekte des Anlaufes sowie die Ganzkörperspannung trainieren müssen. Die Koordination der Schritte im Anlauf, die visuelle Zielannäherung, den Mut mit maximaler Geschwindigkeit in das Trampolin zu springen sowie die Fähigkeit die kinetische Energie durch genügend Ganzkörperspannung im Minitrampolin zu transferieren, können zentral sein, um hohe Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeiten realisieren zu können. Diese Aspekte scheinen die Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeiten massgeblicher zu limitieren, als die Explosivkraft. So oder so, sollten Turnende in Turnhallen stets dazu motiviert werden, mit möglichst hoher Geschwindigkeit kontrolliert in das Minitrampolin einzuspringen. Idealerweise werden diese Aspekte bereits im Kindesalter vermittelt. Damit sich Geräteturnerinnen und Geräteturner diese Fähigkeiten aneignen, können spezifische Übungen am Minitrampolin sowie neben dem Minitrampolin eingesetzt werden (siehe Anhang H und I).

Auch wenn die Explosivkraft nicht der limitierende Faktor ist für die Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit, ist sie trotzdem ein wichtiger Faktor, um hohe Sprünge am Minitrampolin realisieren zu können. Dies lässt sich ableiten, da die Explosivkraft zum einen wichtig ist, um einen hohen Kraftimpuls beim DVZ beim Absprung im Minitrampolin realisieren zu können und zum anderen grundsätzlich in hohem Masse vorhanden sein muss, um schnell rennen zu können. Ein spezifisches, parallel geführtes Explosivkrafttraining sowie ein Reaktivkrafttraining wären somit ideal für Minitrampolinspringerinnen und Minitrampolinspringer (siehe Anhang H). Die Athleten sollen vor allem die Waden, die Oberschenkel sowie das Gesäss trainieren. Diese Körperpartien haben gemäss Young et al. (2001) den grössten Einfluss auf die Beschleunigungsphase oder sind beim DVZ beim Absprung im Minitrampolin betroffen.

Turnerinnen und Turner müssen zudem eine hohe Sprintfähigkeit besitzen. Dies geht aus den hohen, hochsignifikanten Zusammenhängen ($r \geq 0.62$) zwischen der maximalen 20 m-Sprunggeschwindigkeit und der Sprunghöhe sowie aus den signifikanten Zusammenhängen ($r \geq 0.51$) zwischen der maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit und der maximalen Anlaufgeschwindigkeit sowie der Einsprunggeschwindigkeit hervor. Ein Schnelligkeitstraining kann sich somit positiv auf die Sprunghöhe auswirken. Dieses sollte idealerweise bereits im Kindes- und Jugendalter erfolgen, da die Schnelligkeit bei Kindern und Jugendlichen besonders gut trainierbar ist (Hegner, 2006).

Weiter sollte auch die Einsprungsposition trainiert werden, da diese eine signifikante Korrelation mit der Sprunghöhe aufwies. Dafür können Vorübungen im Training durchgeführt werden, welche die Einsprungsposition positiv beeinflussen (siehe Anhang I). Der Mittelwert der Einsprungwinkel der fünf Turnerinnen, welche die höchsten Wettkampfsprünge zeigten, lag bei 44.82° . Derjenige der fünf höchsten Männer lag bei 44.78° . Einen Einsprungwinkel von 45° oder kleiner, scheint somit optimal zu sein, um hohe Sprünge realisieren zu können. Der Absprungwinkel scheint für die Sprunghöhe nicht zentral zu sein, auch wenn dies in der Praxis gerne vermittelt wird. Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass der Absprung wahrscheinlich einen Einfluss auf die Steigphase des Minitrampolinsprunges hat. Diese wird von den Wertungsrichterinnen und Wertungsrichter beurteilt, wodurch der Absprung im Training generell nicht einfach vernachlässigt werden darf.

Generell darf nicht vergessen werden, dass die Bewertung beim Sprung nicht nur die Sprunghöhe betrifft, sondern auch die Steigphase, die Aktionsphase, die Haltung sowie die Landung. Diese Punkte müssen nebst dem Training der Sprunghöhe ebenso geübt werden, damit Turnerinnen und Turner hohe Noten am Sprung erreichen.

5 Schlussfolgerung

Zwischen der Sprunghöhe und der maximalen Anlaufgeschwindigkeit bestanden hohe, hochsignifikante Zusammenhänge. Dies sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern. Ebenfalls bestanden zwischen der Sprunghöhe und der Einsprunggeschwindigkeit hochsignifikante (Frauen) und signifikante (Männer) Zusammenhänge. Turnerinnen und Turner müssen, um hohe Sprunghöhen zu erreichen, beim Anlauf eine möglichst hohe Anlaufgeschwindigkeit erreichen und mit dieser in das Minitrampolin einspringen. Die geringen Zusammenhänge zwischen der Explosivkraft und der Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit sowie die Differenzen zwischen der maximalen 20 m-Sprintgeschwindigkeit (7.67 ± 0.56 m/s) und der maximalen Anlaufgeschwindigkeit (6.64 ± 0.52 m/s) sowie der Einsprunggeschwindigkeit (5.91 ± 0.64 m/s) deuten darauf hin, dass die Explosivkraft kein limitierender Faktor für die Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit darstellt. Turnerinnen und Turner müssen vor allem technisch-koordinative und psychische Aspekte des Anlaufes trainieren. Die Koordination der Schritte im Anlauf, die visuelle Zielannäherung, den Mut mit maximaler Geschwindigkeit in das Trampolin zu springen sowie die Fähigkeit die kinematische Energie durch genügend Ganzkörperspannung im Minitrampolin zu transferieren, können zentral sein, um hohe Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeiten in viel Sprunghöhe umzusetzen. Zwischen der Explosivkraft und der Sprunghöhe bestanden bei beiden Geschlechtern hohe signifikante Zusammenhänge. Turnerinnen und Turner müssen somit ebenfalls über eine hohe Explosivkraft in den unteren Extremitäten verfügen, um überhaupt schnell springen zu können und um einen hohen Kraftimpuls im Minitrampolin generieren zu können. Parallel zum Techniktraining geführte Explosiv- und Reaktivkrafttrainings wären somit ideal für Minitrampolinspringende. Die Korrelation zwischen dem Einsprungwinkel und der Sprunghöhe war bei beiden Geschlechtern signifikant aber nur mittelmässig hoch. Um hohe Sprünge zu turnen muss der Fokus somit ebenfalls auf einen tiefen Einsprungwinkel gelegt werden. Der Absprungwinkel hatte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Sprunghöhe und scheint somit nicht zentral zu sein für eine hohe Sprunghöhe.

Das neu entwickelte Testverfahren ist valide, reliabel und objektiv und kann in weiteren Untersuchungen verwendet werden. Weitere Studien müssen die allgemeine Gültigkeit der Erkenntnisse dieser Erstuntersuchung unabhängig bestätigen. Zudem muss der Zusammenhang zwischen der Sprunghöhe und der effektiven Benotung in weiteren Studien untersucht werden.

Literatur

- Alemdaroğlu, U. (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *Journal of human kinetics*, 31, 149-158.
- Amelang, M. & Bartussek, D. (1996). *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Atiković, A. & Smajlović, N. (2011). Relation between vault difficulty values and biomechanical parameters in men's artistic gymnastics. *Science of Gymnastics Journal*, 3(3), 91-105.
- Bechter, B. & Krieger, Y. (2011, September). *Fliegen: Minitrampolin*. [Monatsthema]. Heruntergeladen von https://www.mobilesport.ch/wp-content/uploads/2011/09/09_11_themenheft_Minitrampolin_d.pdf
- Bös, K. (2017). *Handbuch Motorische Tests: Sportmotorische Tests, Motorische Funktionstests, Fragebögen zur körperlich-sportlichen Aktivität und sportpsychologische Diagnoseverfahren* (3., vollständig überarbeitet und erweiterte Auflage). Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Bradshaw, E. (2004). Gymnastics: Target-directed running in gymnastics: A preliminary exploration of vaulting. *Sports Biomechanics*, 3(1), 125-144.
- Bradshaw, E. J. & Rossignol, P. L. (2004). Gymnastics: Anthropometric and biomechanical field measures of floor and vault ability in 8 to 14 year old talent-selected Gymnasts. *Sports Biomechanics*, 3(2), 249-262.
- Brehmer, S., Naundorf, F. & Heyne, C. (2012). *Biomechanische Kennwerte des Sprunges Tsukahara mit Salto rückwärts gebückt von internationalen Bestlösungen und eines Sportlers* (Unveröffentlichter Forschungsbericht). Institut für angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig.
- Bühl, A. (2012). *SPSS 20. Einführung in die moderne Datenanalyse*. München: Pearson.
- Clarke, H.H. (1976). *Application of measurement*. New York: Prentice Hall.
- Cronin, J. B. & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of strength and conditioning research*, 19(2), 349.

- Delecluse, C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. *Sports Medicine*, 24(3), 147-156.
- Egli, D., Hegner, J., Hunziker, R. & Weber, A. (2007). Kraft 1. *Mobilesport 1*, 1-16.
- Fernandes, S. M. B., Carrara, P., Serrão, J. C., Amadio, A. C. & Mochizuki, L. (2016). Kinematic variables of table vault on artistic gymnastics. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 30(1), 97-107.
- Fletcher, I. M. & Jones, B. (2004). The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 885-888.
- Gerling, I. E. (2008). *Gerätturnen für Fortgeschrittene. Band 2. Sprung-, Hang-und Stützgeräte*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Gollhofer, A. & Müller, E. (2009). *Handbuch Sportbiomechanik. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport*. Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Greenwood, M. & Newton, J. (1996). Direct force measurement of the vault take off in gymnastics. *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).
- Hassan, O. (2003). *Evaluation sportartspezifischer konditioneller Fähigkeiten bei Talenten: Ein Vergleich zwischen deutschen und ägyptischen Kunstturn-Talenten im Alter von 10-12 Jahren* (Doctoral dissertation). Universität Konstanz, Konstanz.
- Hegner, J. (2006). *Training fundiert erklärt. Handbuch der Trainingslehre*. (1. Auflage). Herzogenbuchsee: Ingold+Co AG.
- Hopkins, W. G. (2015). *Spreadsheets for analysis of validity and reliability*. [Statistikvorlage Reliabilität]. Heruntergeladen von <http://www.sportsci.org/resource/stats/relycalc.html>
- Hopkins, W.G., Schabert, E.J., & Hawley, J.A. (2001). Reliability of Power in Physical Performance Tests. *Sports Medicine*, 31(3), 211-234.
- Jones, R. L. & Kingston, K. (2013). *An introduction to sports coaching: Connecting theory to practice*. London: Routledge.
- Knoll, K. (1999). *Entwicklung von Biomechanischen Messplätzen und Optimierung der Sporttechnik im Kunstturnen*. Köln: Sport und Buch Strauss.

- Krug, J., Knoll, K., Koethe, T. & Zoicher, D. H. (1998). Running approach velocity and energy transformation in difficult vaults in gymnastics. *XVI International Symposium of biomechanics in sports*, 160-163.
- Lüthy, F., Sonderegger, K., Hübner, K. & Tschopp, M. (2009). *Abhängigkeit der Sprintgeschwindigkeit von Sprung-Leistungsparametern. Schnelligkeitsdiagnostik mit Drop und Countermovement Sprüngen bei Elite-Sportlern*. Conference: Trainerherbsttagung, Schweiz, Magglingen.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (1987). *Bewegungslehre–Sportmotorik. Abriß einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Naundorf, F., Brehmer, S., Knoll, K., Bronst, A. & Wagner, R. (2008). Development of the velocity for vault runs in artistic gymnastics for the last decade. *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).
- Onis, M. D., Onyango, A. W., Borghi, E., Siyam, A., Nishida, C. & Siekmann, J. (2007). Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World health Organization*, 85(9), 660-667.
- Rockmann, U. & Bömermann, H. (2006). *Grundlagen der sportwissenschaftlichen Forschungsmethoden und Statistik 2*. Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Roth, K. & Willimczik, K. (1999). *Bewegungswissenschaft*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH.
- Roth, K. (1983). Sportmotorische Tests. In K. Willimczik, *Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft*, Band 2: Grundkurs Datenerhebung 1 (S. 89-134). Ahrensburg: Czwalina.
- Sands, W. A. & McNeal, I. R. (1995). The relationship of vault run speeds and flight duration to score. *Technique*, 15(5), 8-10.
- Sands, W. A. (2000). Vault run speeds. *Technique*, 20(4), 1-5.

- Sands, W.A., McNeal, J.R., Sone, M.h., Smith, S.L., Dunlavy, J.K., Jemni, M., ... Mizushima, K. (2006). *Exploratory relationship of drop jump performance with gymnastics vaulting and floor exercise scores*. In 11th Annual Congress of the European College of Sport Science, Lausanne, Switzerland.
- Schärer, C. (2012). *Standardisierte Bodenübung im Kunstturnen. Zusammenhang zwischen Sprunghöhen einer Serie von sieben Salts rückwärts gestreckt und physiologischen Parametern. Überprüfung der Gütekriterien des neuen sportartspezifischen Testverfahrens* (unveröffentlichte Masterarbeit). Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen EHSM, Magglingen.
- Schärer, C., Haller, N. & Hübner, K. (2016). Zusammenhang zwischen Schwierigkeitswert und Anlaufgeschwindigkeit am Pferdsprung im Kunstturnen. *Poster Trainerherbsttagung Swiss Olympic; Magglingen, Bundesamt für Sport*.
- Scheurer, J., Köpfler, J., Gabi, M., Gabi, S., Genzoni O., Jehle, C., ... Zuber-Stark, S. (2016). *Turnen. Geräteturnen*. Magglingen: Bundesamt für Sport.
- Scheurer, J., Niederhäuser, R., Bovey, C. & Hübner, K. (2017). *Geräte- und Kunstturnen. Fachgrundlagen*. Magglingen: Bundesamt für Sport.
- Schweizerischer Turnverband (2014). *Wettkampfprogramm. Einzelgeräteturnen / Turnerinnen und Turner*. Aarau: Schweizerischer Turnverband.
- Schweizerischer Turnverband. (2016). *Turnsprache Geräteturnen 2016*. Aarau: Schweizerischer Turnverband.
- Schweizerischer Turnverband. (o.D.). *Notenblatt EGT Sprung K5-7/D/H*. [Dokument der Wertungsrichter-Fachgruppe]. Heruntergeladen von http://www.stvfsg.ch/fileadmin/user_upload/stvfsgch/dokumente/verband/downloads/notenblaetter_wertwertungstab/geraeteturnen/EGT_Sprung_K5plus-d.pdf
- Sonderegger, K., Hübner, K., Lüthy, F. & Tschopp, M. (2011). *Acceleration, maximum speed, and agility in relation to strength parameters in elite female soccer players*. In 16th Annual Congress of the European College of Sport Science, Lausanne, Switzerland.
- Takei, Y. (1991). A comparison of techniques used in performing the men's compulsory gymnastic vault at the 1988 Olympics. *International journal of sport biomechanics*, 7(1), 54-75.

- Takei, Y. (2007). The Roche vault performed by elite gymnasts: somersaulting technique, deterministic model, and judges' scores. *Journal of applied biomechanics*, 23(1), 1-11.
- Tschopp, M. (2003). *Manual Leistungsdiagnostik Kraft*. Magglingen: Swiss Olympic Medical Center.
- Veličković, S., Petković, D. & Petković, E. (2011). A case study about differences in characteristics of the run-up approach on the vault between top-class and middle-class gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 3(1), 25-34.
- Vescovi, J. D., & McGuigan, M. R. (2008). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 97-107.
- Weineck, J. (2010). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (16., durchgesehene Auflage). Balingen: Spitta.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 38(3), 285-288.
- Young, W. B., McDowell, M. H. & Scarlett, B. J. (2001). Specificity of sprint and agility training methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(3), 315-319.

Anhang

A Checkliste Athletenvorbereitung

Checkliste Athletenvorbereitung



Name: _____ Vorname: _____ Geb.datum: _____
 Gewicht: _____ Grösse: _____ Swiss-Olympic-Card-Typ: keine Card
 Testdatum/Testzeit: _____ / _____ Uhr Kader: kein Kader

1. **Trainingsphase** Aufbau Vorwettkampfphase Wettkampf Rehabilitation

2. **Letzter Wettkampf** Wann: _____ Was: _____

3. **Bestleistung** (Weite/ Zeit/ Rang): _____

4. **Training** Trainingsumfang: _____ h/Woche (Jahresdurchschnitt)

Art	Gesamt-Dauer				Gesamt-Intensität		
	<60'	60-120'	>120'	>300'	locker	mittel	hart/Intervall
heute: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gestern: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vorgestern: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. **Ernährung** Normal

Kohlenhydrat-Diät Diät zur Gewichtsreduktion

Trennkost Fett-Diät (Beginn < 4 Tg)

Letzte Mahlzeit vor (Zeit): _____ Was : _____

Coffein (letzte 12h) nein ja Menge/ Was: _____

Alkohol (Vorabend) nein ja Menge/ Was: _____

6. **Krankheit** (letzte 14 Tage): keine : _____

7. **Verletzungen/Unfälle**: (in letzten 6 Monate) keine : Verletzung _____

Körperteil: _____ Seite: links rechts beidseits

Datum: _____ Dauer Trainingspause (Wochen): _____

8. **Beschwerden am Testtag** keine : _____

9. **Regelm. Medikamente** _____ letzte Einnahme: _____

10. **Supplemente** (Bsp. Kreatin): _____ letzte Einnahme: _____

11. **Befindlichkeit** 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ankreuzen (Wie fühle ich mich heute: 1=katastrophal, 10=super)

12. **Test-Motivation** 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ankreuzen (Wie stark bin ich für den Test motiviert: 1=überhaupt nicht, 10=maximal)

13. **dominante Seite** nur falls Krafttest Sprungbein links rechts beidseits

Schussbein links rechts beidseits

Wurfarm/ Spielhand links rechts beidseits

14. **Andere mögliche Einflussfaktoren** _____

Ich bin einverstanden, dass die Test-Ergebnisse mit meinem Trainer/ meiner Trainerin besprochen werden und er/sie eine Kopie der Ergebnisse erhält.

Datum/ Unterschrift: _____

Abbildung 17. Checkliste Athletenvorbereitung. Übernommen von Tschopp, 2003, S. 52.

B Informationsblatt Masterarbeit Philipp Jehle



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

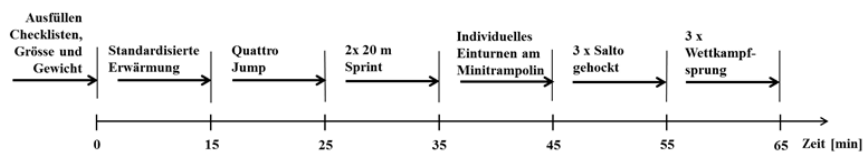
Bundesamt für Sport BASPO



Informationsblatt Masterarbeit Philipp Jehle

Zweck der Untersuchung: Vielen Dank, dass Du Dich bereiterklärt hast an dieser Studie teilzunehmen. Wir untersuchen darin den Zusammenhang zwischen der maximalen Anlaufgeschwindigkeit, der Explosivkraft, dem Ein- und Absprungwinkel und der Sprunghöhe bei Minitrampolinsprüngen. Die Studie ermöglicht mir den Abschluss im Studiengang Master of Science in Sportwissenschaften – Option Unterricht an der Universität Freiburg zu erlangen.

Ablauf der Untersuchung



Erhobene Daten: Zuerst werden die Grösse, das Gewicht, die Explosivkraft sowie die maximale Sprintgeschwindigkeit erhoben. Am Sprung beim Minitrampolin werden dann die Anlaufgeschwindigkeiten, die Ein- und Absprungwinkel sowie die Flugzeiten der einzelnen Sprünge gemessen. Aus den einzelnen Parametern am Sprung werden dann die Sprunghöhen der einzelnen Sprünge berechnet. Deine Daten werden anonymisiert für die Auswertungen in meiner Masterarbeit verwendet.

Risiken und Teilnahme: Deine Teilnahme an dieser Untersuchung bürgt das übliche Verletzungsrisiko im Geräteturnen. Dieses wollen wir möglichst gering halten. Deshalb findet vor den konditionellen Tests eine standardisierte Erwärmung statt. Zusätzlich bitten wir Dich vor den Tests am Minitrampolin ein sprungspezifisches Einturnen zu absolvieren.

Wir bitten Dich, um Verletzungen zu vermeiden, nur Sprünge zu zeigen, welche Du gut beherrschst. Jeder Sprung muss bei voller Konzentration und Bewusstsein geturnt werden. Die Studienleitung kann Dich jederzeit bei nicht Respektieren der Grundsätze von der Teilnahme an der Studie ausschliessen.

Du kannst jederzeit ohne Angabe eines Grundes von der Teilnahme der Studie zurücktreten.

Name / Vorname / Geb. Dat. _____

Salathurn, 4. November 2017

Ort, Datum

Unterschrift

Besten Dank für eure Teilnahme und euer Engagement!

Philipp Jehle

C Standardisierte Erwärmung







Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Sport BASPO



Standardisiertes Erwärmen Masterarbeit Philipp Jehle

1. 5 Runden (à 30 m) Joggen 60''
2. 1 Runde (à 30 m) Skipping (Knieheben) 30''
3. 1 Runde (à 30 m) Anfersen 30''
4. Aktives, dynamisches Dehnen 140''

	<p>20''</p> <ul style="list-style-type: none"> • Knie sind gestreckt • Leicht Wippen
	<p>Linkes Bein 20'' Rechtes Bein 20''</p> <ul style="list-style-type: none"> • Knie sind in der Luft • Leicht Wippen
	<p>Linkes Bein 20'' Rechtes Bein 20''</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leicht Wippen
	<p>Linkes Bein 20'' Rechtes Bein 20''</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leicht Wippen



5. Kraftübungen

160''

	<p>40''</p> <ul style="list-style-type: none"> Füsse abwechselungsweise im Sekundentakt heben
	<p>30''</p> <ul style="list-style-type: none"> Arme und Beine diagonal heben (Trockenschwimmen)
	<p>Links 20'' Rechts 20''</p> <ul style="list-style-type: none"> Becken im Sekundentakt heben und senken
	<p>30''</p> <ul style="list-style-type: none"> Gestreckte Beine nach links und rechts senken. (Scheibenwischer)

Übernommen von Egli, Hegner, Hunziker, und Weber, 2007, S. 8 – 11.

6. Muskelaktivierung der unteren Extremitäten

- 2 x 20 beidbeinig Seilspringen (Pause 30') 90''
- 3 x 10 m Steigerungslauf (Sprint) 120''

Gesamtdauer der Erwärmung:

900''

(ca. 10 min Erwärmung und 5 min Wechselzeit)

D Standbilder der Videoanalyse

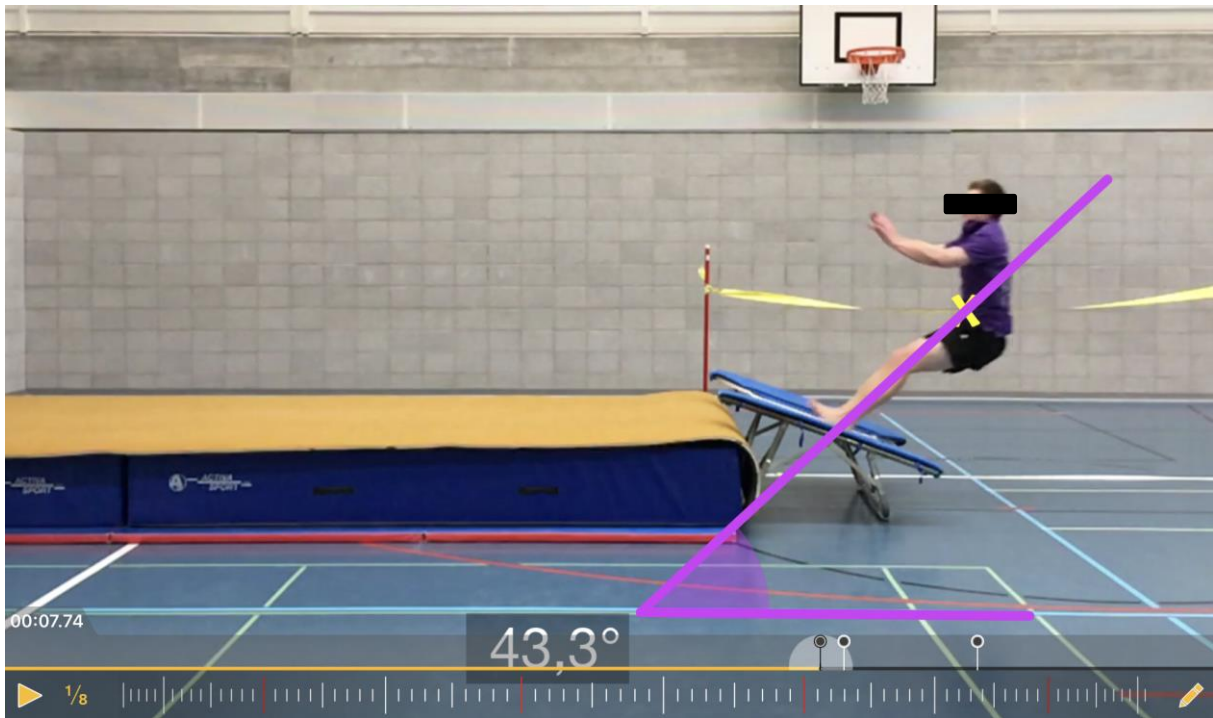


Abbildung 18. Standbild des Einsprunges inklusive Messung des Einsprungwinkels.

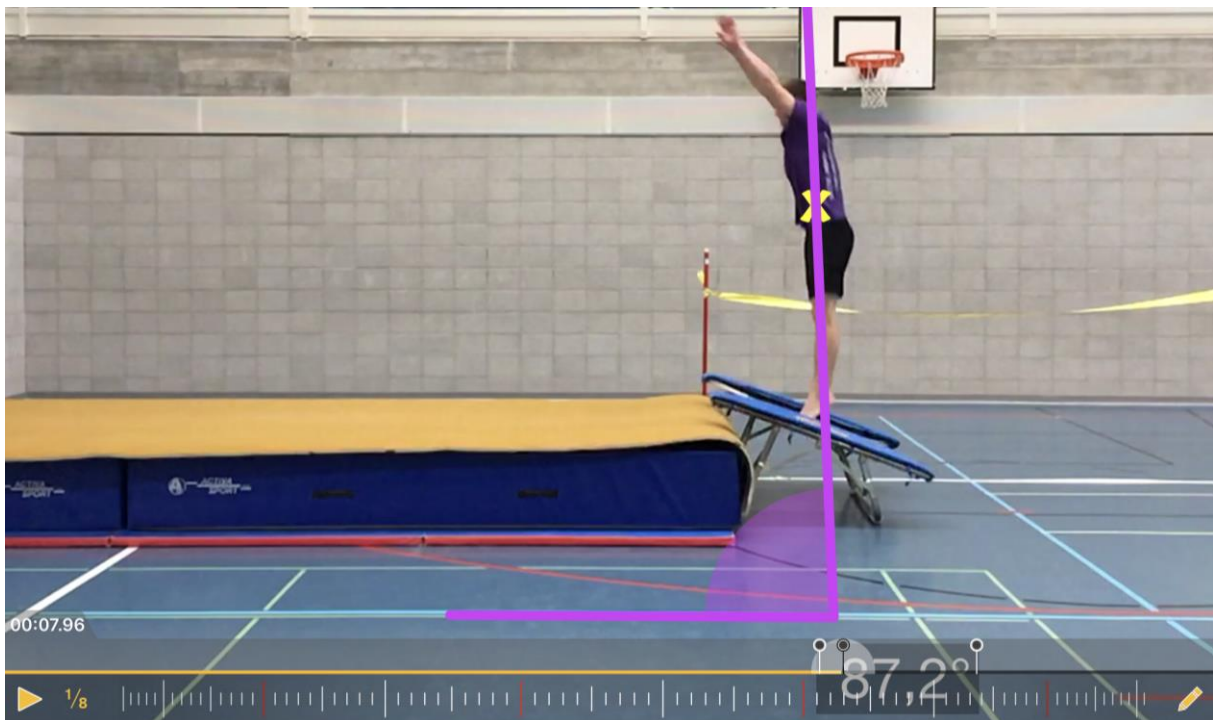


Abbildung 19. Standbild des Absprunges inklusive Messung des Absprungwinkels.



Abbildung 20. Standbild der Landung.

E Rohdaten

Tabelle 7

Rohdaten der Frauen

Tur- erin	Körper- gewicht [kg]	Körper- grösse [m]	Wettkampfsprung			Wettkampfsprung						CMJ			SJ			Sprint		Anlauf Wettkampfsprung											
			h1 [m]	h2 [m]	h3 [m]	$\alpha 1$ [°]	$\beta 1$ [°]	$\alpha 2$ [°]	$\beta 2$ [°]	$\alpha 3$ [°]	$\beta 3$ [°]	h1 [cm]	h2 [cm]	h3 [cm]	P1 _{max} [W/kg]	P2 _{max} [W/kg]	P3 _{max} [W/kg]	h1 [cm]	h2 [cm]	h3 [cm]	P1 _{max} [W/kg]	P2 _{max} [W/kg]	P3 _{max} [W/kg]	v1 _{max} [m/s]	v2 _{max} [m/s]	v1 _{SP} [m/s]	v1 _{max} [m/s]	v2 _{SP} [m/s]	v2 _{max} [m/s]	v3 _{SP} [m/s]	v3 _{max} [m/s]
1	49.70	1.50	2.37	2.32	2.29	49.20	80.00	46.70	84.70	48.40	82.00	26.93	25.73	25.36	45.50	43.69	45.35	25.12	23.38	24.98	42.31	41.26	42.89	6.94	-	5.17	6.31	5.73	6.22	5.24	6.32
2	58.20	1.62	2.34	2.36	2.36	47.30	82.50	45.60	88.40	45.00	89.90	25.20	27.39	27.81	49.25	45.68	46.10	26.36	27.07	27.20	39.86	38.97	39.58	6.94	6.93	5.66	6.24	4.90	6.25	5.59	6.15
3	58.30	1.74	2.65	2.54	2.54	46.70	83.60	45.30	89.70	44.80	87.40	31.83	28.94	31.65	50.24	49.85	49.98	29.06	27.74	29.18	42.26	42.55	42.36	7.38	7.19	6.09	6.88	6.16	6.80	6.09	6.69
4	65.20	1.65	2.57	2.54	2.54	43.90	87.10	42.70	90.00	44.50	84.80	31.30	31.48	31.97	50.44	50.90	51.29	30.58	31.96	31.72	43.01	44.21	43.79	7.22	7.17	6.23	6.66	6.17	6.71	6.01	6.65
5	63.50	1.65	2.09	2.07	2.00	50.10	87.60	52.60	82.40	50.00	86.00	32.07	33.77	32.26	50.09	52.42	50.46	28.68	30.98	30.98	46.08	47.83	47.10	7.26	7.31	5.47	6.15	5.30	6.17	5.36	6.04
6	58.30	1.72	2.50	2.61	2.50	51.50	82.10	46.80	85.60	50.00	82.90	29.53	28.22	31.57	51.58	49.97	53.31	28.77	27.25	27.78	43.87	43.25	42.12	7.32	7.44	5.79	6.77	5.98	6.73	5.98	6.80
7	60.60	1.68	1.98	2.04	2.04	48.30	87.10	48.20	88.30	48.80	86.20	24.59	25.30	26.24	46.16	45.87	45.76	25.30	24.61	26.33	37.43	36.89	36.90	6.46	6.47	5.25	5.87	4.95	5.91	5.12	5.87
8	52.70	1.64	2.30	2.38	2.38	43.10	96.50	44.10	92.50	44.00	91.80	28.62	27.86	29.38	49.37	48.35	48.89	27.70	27.59	27.34	44.66	44.28	44.69	7.38	7.44	5.26	6.19	5.40	6.10	5.06	6.03
9	54.20	1.59	2.29	2.32	2.37	44.20	86.40	45.10	84.80	44.90	85.90	29.18	30.27	30.18	50.13	51.01	49.50	28.98	29.14	28.01	45.94	44.79	44.45	7.40	7.47	5.79	6.24	5.82	6.23	5.68	6.29
10	57.30	1.64	2.23	2.30	2.28	47.00	90.50	46.70	85.20	47.80	87.50	23.15	26.50	27.78	44.58	45.49	45.76	27.62	28.94	27.18	42.51	42.90	40.79	6.91	7.15	4.88	5.89	4.93	5.89	5.09	5.97
11	60.60	1.61	2.55	2.66	2.69	45.50	83.40	46.20	83.60	44.90	81.50	32.56	32.53	34.25	52.71	53.83	53.02	34.82	34.54	33.25	57.07	56.38	53.31	7.26	7.27	5.88	6.56	6.20	6.54	5.94	6.53
12	56.60	1.59	2.95	3.01	3.04	41.80	89.50	43.10	88.30	43.80	85.30	40.64	41.14	40.80	62.11	60.50	63.28	39.52	38.15	37.09	55.67	56.66	56.04	7.83	7.78	6.86	7.12	6.53	7.12	6.61	7.09
13	58.30	1.53	2.47	2.50	2.47	45.20	87.10	44.30	82.20	44.30	83.50	33.65	30.68	32.34	53.20	53.66	51.64	29.23	28.72	31.39	46.20	46.02	47.52	7.08	7.26	6.02	6.43	6.20	6.51	6.19	6.54
14	54.10	1.67	2.48	2.40	2.40	44.50	89.40	42.30	88.10	41.20	92.80	32.69	31.76	30.94	54.83	52.11	52.97	32.45	33.39	32.07	49.32	49.17	49.77	7.20	7.28	5.60	6.37	5.51	6.42	5.90	6.34
15	61.90	1.58	2.44	2.44	2.42	42.90	83.90	44.00	85.50	44.60	86.20	29.85	27.17	28.59	46.22	46.43	46.87	29.90	29.12	28.52	44.86	43.24	43.28	6.70	6.83	5.72	6.32	5.86	6.30	5.58	6.44
16	57.50	1.65	2.31	2.26	2.28	47.40	90.40	50.40	89.60	48.70	91.60	36.28	36.02	36.60	57.04	58.54	55.53	33.71	34.81	34.30	49.75	51.28	51.41	7.02	6.82	4.51	5.16	4.43	5.04	4.79	5.15
17	51.80	1.48	2.31	2.39	2.34	45.30	95.70	46.50	95.70	49.40	94.00	29.54	31.85	30.97	51.18	52.29	51.90	27.32	28.75	28.75	46.97	46.82	46.48	7.11	7.17	6.07	6.37	5.70	6.39	5.66	6.36
18	64.60	1.63	2.12	2.24	2.17	53.20	82.90	52.00	85.00	52.10	86.20	31.83	32.34	32.90	50.89	52.44	50.57	31.06	32.56	32.03	46.04	45.60	45.92	7.25	7.31	5.24	6.41	5.30	6.48	5.80	6.35

Anmerkungen: h = Sprunghöhe. α = Einsprungwinkel. β = Absprungwinkel. CMJ = Countermovementjump. P_{max} = relative maximale Leistung. SJ = Squatjump. v_{max} = maximale 20 m-Sprintgeschwindigkeit respektive maximale Anlaufgeschwindigkeit. v_{SP} = Einsprunggeschwindigkeit.

Tabelle 8

Rohdaten der Männer

Turner	Körpergewicht [kg]	Körpergröße [m]	Wettkampfsprung			Wettkampfsprung						CMJ						SJ			Sprint		Anlauf Wettkampfsprung								
			h1 [m]	h2 [m]	h3 [m]	$\alpha 1$ [°]	$\beta 1$ [°]	$\alpha 2$ [°]	$\beta 2$ [°]	$\alpha 3$ [°]	$\beta 3$ [°]	h1 [cm]	h2 [cm]	h3 [cm]	P1 _{max} [W/kg]	P2 _{max} [W/kg]	P3 _{max} [W/kg]	h1 [cm]	h2 [cm]	h3 [cm]	P1 _{max} [W/kg]	P2 _{max} [W/kg]	P3 _{max} [W/kg]	v1 _{max} [m/s]	v2 _{max} [m/s]	v1 _{SP} [m/s]	v1 _{max} [m/s]	v2 _{SP} [m/s]	v2 _{max} [m/s]	v3 _{SP} [m/s]	v3 _{max} [m/s]
1	63.80	1.65	2.92	2.83	2.71	50.50	78.50	46.00	79.60	49.20	79.90	44.80	46.21	47.07	67.32	64.74	65.65	42.64	38.57	41.44	64.86	64.57	63.95	8.46	8.66	6.19	7.07	6.68	7.12	6.82	7.02
2	72.20	1.71	3.02	3.11	3.05	46.80	76.50	45.70	85.90	46.30	84.90	41.42	42.96	40.03	63.23	62.91	61.54	40.66	39.87	42.09	58.64	57.76	56.67	8.09	8.07	7.44	7.46	6.81	7.38	6.79	7.37
3	66.40	1.68	2.79	2.70	2.48	47.20	82.20	50.20	78.50	52.30	74.90	40.05	37.68	40.26	57.75	60.54	58.92	38.96	40.29	41.14	60.69	60.12	58.42	8.31	8.53	6.53	6.96	6.45	6.92	6.29	6.84
4	67.40	1.67	3.00	2.91	3.00	43.00	83.10	43.00	85.00	40.90	88.80	36.15	35.15	37.57	56.87	55.72	56.09	34.66	35.27	34.86	51.27	51.81	51.18	7.96	8.01	6.64	7.39	6.60	7.17	6.76	7.34
5	73.50	1.72	2.88	2.88	2.97	48.60	83.20	44.90	83.40	46.60	81.50	42.06	41.34	41.36	60.83	63.24	63.00	37.34	35.93	35.90	58.49	58.08	57.04	8.02	8.21	6.54	7.03	6.63	7.10	6.48	7.11
6	69.80	1.85	2.92	3.14	3.14	45.30	89.00	44.60	90.50	45.50	92.70	34.57	35.52	36.37	56.51	53.99	54.61	34.97	35.76	36.39	50.68	50.02	50.89	8.26	8.21	6.83	7.36	6.76	7.24	6.61	7.26
7	72.50	1.68	3.00	2.97	2.94	48.00	83.10	47.00	86.30	49.40	80.90	42.76	45.69	44.28	66.42	66.48	68.57	42.01	43.60	42.01	61.53	61.65	61.83	8.24	8.38	6.12	6.92	6.30	6.95	6.26	6.96
8	78.70	1.80	2.95	3.14	2.92	45.00	81.10	43.20	87.20	41.80	91.10	42.70	40.06	38.53	60.08	63.59	60.56	38.50	38.25	35.82	56.99	56.71	54.50	8.36	8.33	6.48	7.43	6.39	7.44	6.50	7.33
9	84.60	1.85	2.84	2.72	2.81	46.70	89.50	50.90	90.10	48.50	91.60	43.19	41.84	42.69	65.00	65.11	65.87	36.71	36.61	38.44	54.15	52.64	55.57	7.71	7.72	4.78	6.27	4.83	6.36	5.89	6.33
10	58.30	1.65	2.95	3.01	2.92	48.80	75.10	49.80	83.00	46.50	81.80	38.13	40.39	41.18	61.41	59.14	60.76	36.91	36.58	37.40	59.07	58.27	57.54	8.24	8.28	6.96	7.55	7.08	7.44	6.96	7.47
11	94.30	1.81	2.73	2.70	2.67	49.90	85.70	47.70	87.60	50.00	85.10	36.00	36.63	37.93	57.39	56.23	57.51	36.63	37.39	37.11	53.36	54.72	53.52	8.08	8.06	5.59	6.55	5.73	6.52	6.07	6.65
12	74.50	1.80	3.23	3.26	3.14	44.20	84.90	40.60	87.80	45.20	87.20	45.96	45.57	47.95	68.50	65.56	66.42	47.26	42.57	44.03	64.23	61.90	61.20	8.52	8.70	6.61	7.23	6.65	7.27	6.84	7.28
13	69.90	1.75	2.98	3.01	2.95	43.10	88.30	42.30	90.40	46.70	89.00	40.55	43.26	43.99	63.14	60.81	60.37	39.32	35.71	38.11	53.50	56.58	53.15	7.91	7.92	6.75	7.13	6.23	7.07	6.45	6.93
14	73.00	1.76	2.37	2.42	2.45	49.00	87.30	52.10	88.40	47.90	85.70	32.93	33.35	35.66	51.21	51.83	51.96	30.03	30.65	32.10	46.79	47.41	48.44	7.67	7.64	5.45	6.41	5.76	6.56	6.01	6.52
15	75.10	1.73	3.06	3.03	3.00	49.00	84.70	49.80	84.20	47.50	84.30	40.69	39.45	40.27	61.43	60.90	61.41	35.83	36.66	37.96	56.72	57.54	57.45	8.04	8.22	6.50	7.30	6.49	7.33	6.61	7.29
16	63.20	1.70	2.74	2.58	2.66	46.20	91.00	45.90	90.80	46.10	91.20	40.95	36.88	41.35	58.30	57.11	58.36	40.21	41.84	40.88	56.46	57.36	56.47	7.97	8.05	5.97	6.42	6.20	6.40	6.21	6.48
17	71.20	1.76	2.50	2.56	2.56	50.50	87.50	47.10	87.10	47.40	89.70	37.00	35.53	36.65	56.64	54.47	56.12	34.97	32.59	34.00	50.41	51.31	50.47	7.65	7.82	5.56	6.38	5.69	6.39	5.54	6.34
18	71.70	1.65	2.71	2.60	2.63	47.30	84.90	47.20	85.70	46.40	86.50	34.23	34.51	36.01	55.58	54.79	53.55	29.70	31.38	31.67	46.34	47.50	46.95	7.36	7.46	6.06	6.45	6.00	6.42	6.13	6.55

Anmerkungen: h = Sprunghöhe. α = Einsprungwinkel. β = Absprungwinkel. CMJ = Countermovementjump. P_{max} = relative maximale Leistung. SJ = Squatjump. v_{max} = maximale 20 m-Sprintgeschwindigkeit respektive maximale Anlaufgeschwindigkeit. v_{SP} = Einsprunggeschwindigkeit.

F Parametrische Statistik

Tabelle 9

Parametrische Statistik der Zusammenhänge sowie der Validität

Daten	n	Anzahl Daten	Schiefe <i>Skew. 2SE -</i> Wert	Wölbung <i>Kurt. 2SE -</i> Wert	Shapiro Wilk Test p -Wert	Fazit
Sprunghöhe Wettkampfspung h [m]	36	36	-0.02	-0.77	0.21	parametrisch
Sprunghöhe Frauen Wettkampfspung h [m]	18	18	0.61	0.31	0.34	parametrisch
Sprunghöhe Männer Wettkampfspung h [m]	18	18	-0.45	-0.35	0.56	parametrisch
Körpergewicht Frauen [kg]	18	18	-0.08	-0.46	0.81	parametrisch
Körpergewicht Männer [kg]	18	18	0.84	0.51	0.13	parametrisch
Körpergrösse Frauen [m]	18	18	-0.35	-0.29	0.66	parametrisch
Körpergrösse Männer [m]	18	18	0.28	-0.60	0.26	parametrisch
CMJ maximale Sprunghöhe h_{max} [m]	36	36	0.16	-0.73	0.36	parametrisch
CMJ relative maximale Leistung Frauen P_{max_rel} [W/kg]	18	18	0.68	0.16	0.19	parametrisch
CMJ relative maximale Leistung Männer P_{max_rel} [W/kg]	18	18	-0.03	-0.56	0.68	parametrisch
SJ relative maximale Leistung Frauen P_{max_rel} [W/kg]	18	18	0.59	-0.05	0.25	parametrisch
SJ relative maximale Leistung Männer P_{max_rel} [W/kg]	18	18	-0.14	-0.47	0.74	parametrisch
maximale 20m-Sprintgeschwindigkeit Frauen v_{Sprint_max} [m/s]	18	18	-0.42	0.27	0.40	parametrisch
maximale 20m-Sprintgeschwindigkeit Männer v_{Sprint_max} [m/s]	18	18	-0.15	-0.39	0.97	parametrisch
maximale Anlaufgeschwindigkeit Frauen v_{Anlauf_max} [m/s]	18	18	-0.73	0.53	0.27	parametrisch
maximale Anlaufgeschwindigkeit Männer v_{Anlauf_max} [m/s]	18	18	-0.33	-0.75	0.03	nicht parametrisch
Einsprunggeschwindigkeit Frauen $v_{Einsprung}$ [m/s]	18	18	-0.08	-0.45	0.98	parametrisch
Einsprunggeschwindigkeit Männer $v_{Einsprung}$ [m/s]	18	18	-0.87	0.38	0.22	parametrisch
Einsprungwinkel Frauen α [°]	18	18	0.68	-0.19	0.23	parametrisch
Einsprungwinkel Männer α [°]	18	18	-0.42	-0.40	0.50	parametrisch
Absprungwinkel Frauen β [°]	18	18	0.46	-0.12	0.88	parametrisch
Absprungwinkel Männer β [°]	18	18	-0.11	-0.42	0.76	parametrisch

Tabelle 10

Parametrische Statistik der Objektivität

Daten	n	Anzahl Daten	Schiefe <i>Skew.</i> 2SE - Wert	Wölbung <i>Kurt.</i> 2SE - Wert	Shapiro Wilk Test p -Wert	Fazit
Sprunghöhe Wettkampfsprung Autor h [m]	6	18	0.59	-0.66	0.00	nicht parametrisch
Sprunghöhe Wettkampfsprung Experte h [m]	6	18	0.54	-0.72	0.00	nicht parametrisch
Einsprungwinkel Wettkampfsprung Autor α [°]	6	18	-0.51	0.25	0.54	parametrisch
Einsprungwinkel Wettkampfsprung Experte α [°]	6	18	-0.71	0.17	0.07	parametrisch
Absprungwinkel Wettkampfsprung Autor β [°]	6	18	-0.25	-0.51	0.78	parametrisch
Absprungwinkel Wettkampfsprung Experte β [°]	6	18	0.35	-0.44	0.73	parametrisch

Tabelle 11

Parametrische Statistik der Reliabilität

Daten	n	Anzahl Daten	Schiefe <i>Skew.</i> 2SE - Wert	Wölbung <i>Kurt.</i> 2SE - Wert	Shapiro Wilk Test p -Wert	Fazit
Sprunghöhe Wettkampfsprung 1 h [m]	36	36	-0.14	-0.76	0.20	parametrisch
Sprunghöhe Wettkampfsprung 2 h [m]	36	36	0.20	-0.70	0.27	parametrisch
Sprunghöhe Wettkampfsprung 3 h [m]	36	36	0.04	-0.72	0.16	parametrisch
Einsprungwinkel Wettkampfsprung 1 α [°]	36	36	0.22	-0.48	0.83	parametrisch
Einsprungwinkel Wettkampfsprung 2 α [°]	36	36	0.45	-0.46	0.32	parametrisch
Einsprungwinkel Wettkampfsprung 3 α [°]	36	36	-0.10	-0.33	0.71	parametrisch
Absprungwinkel Wettkampfsprung 1 β [°]	36	36	0.09	0.07	0.72	parametrisch
Absprungwinkel Wettkampfsprung 2 β [°]	36	36	0.01	0.08	0.93	parametrisch
Absprungwinkel Wettkampfsprung 3 β [°]	36	36	-0.39	-0.13	0.50	parametrisch

G Rückmeldungen an die Probanden

(Autoren: Philipp Jehle und Christoph Schärer)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Sport BASPO



Persönliche Rückmeldung deiner Sprungstudienteilnahme

Geschätzter [REDACTED]

Am 4. November 2017 hast du mit vollem Einsatz an unserer Sprungstudie teilgenommen, welche den Zusammenhang zwischen der Explosivkraft, der Anlaufgeschwindigkeit, dem Ein- und Absprungwinkel und der Sprunghöhe bei Minitrampolinsprüngen untersucht. Dafür danken dir Christoph Schärer und Philipp Jehle. Die Auswertung der Daten ist nun mehrheitlich abgeschlossen. Deine persönlichen Daten findest du im Auswertungsblatt Leistungsdiagnostik sowie im Quattrojump. Die folgenden zwei Tabellen zeigen einen Gesamtüberblick über den Zusammenhang zwischen den erhobenen Daten und der Sprunghöhe bei den Wettkampfsprüngen.

Geschlecht	n	Körpergewicht	Körpergrösse	CMJ		SJ		v _{max Sprint}
				h _{max}	P _{max,rel}	h _{max}	P _{max,rel}	
Frauen	18	-0.11	-0.03	0.60**	0.57*	0.58*	0.57*	0.65**
Männer	18	-0.09	0.10	0.58*	0.63**	0.57*	0.54*	0.62*

Anmerkungen: Bis auf die Probandenanzahl sind alle Werte sind als Korrelationskoeffizienten zu verstehen zwischen den dargestellten Daten und der maximalen Sprunghöhe bei Wettkampfsprüngen. h_{max}: maximale Sprunghöhe; P_{max,rel}: relative maximale Leistung; CMJ: Countermovementjump; SJ: Squatjump; v_{max Sprint}: maximalen 20m-Sprintgeschwindigkeit; * = p < 0.05, ** = p < 0.01

Geschlecht	n	Anzahl Sprünge	Einsprungwinkel	Absprungwinkel	v _{max Anlauf}	v _{max Einsprung}
Frauen	18	54	-0.60**	-0.15	0.83**	0.78**
Männer	18	54	-0.54**	-0.03	0.76**	0.66**

Anmerkungen: Bis auf die Probandenanzahl und die Anzahl Sprünge sind alle Werte sind als Korrelationskoeffizienten zu verstehen zwischen den dargestellten Daten und der Sprunghöhe bei Wettkampfsprüngen. * = p < 0.05, ** = p < 0.01.

Aus der Tabelle lässt sich interpretieren, dass die maximale Anlaufgeschwindigkeit sowie die Einsprunggeschwindigkeit den grössten Zusammenhang mit der Sprunghöhe aufweisen.

Bei weiteren Fragen zur Studie darfst du dich gerne an Philipp Jehle wenden.

Wir wünschen dir ganz schöne Weihnachten und weiterhin eine erfolgreiche Zeit im Turnsport.

Sportliche Grüsse

Philipp Jehle

Einzel sprung beidbeinig elasto-/statodynamisch + einbeinig links/rechts

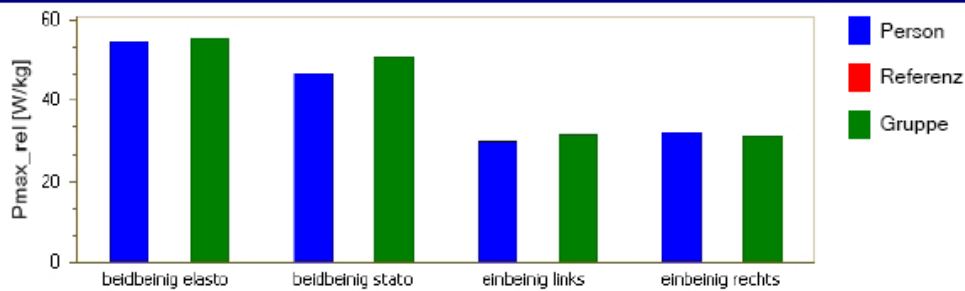
08.11.2017

Geb. Datum: [REDACTED] Testdatum: 04.11.2017 14:37 Testvoraussetzung: optimal
 Grösse: Referenztest:
 Gewicht: 71,4 kg
 Dom. Seite: Gruppe: Studie GETU Allgemein
 Bemerkung: Etwas Schmerzen Knie links n: 36

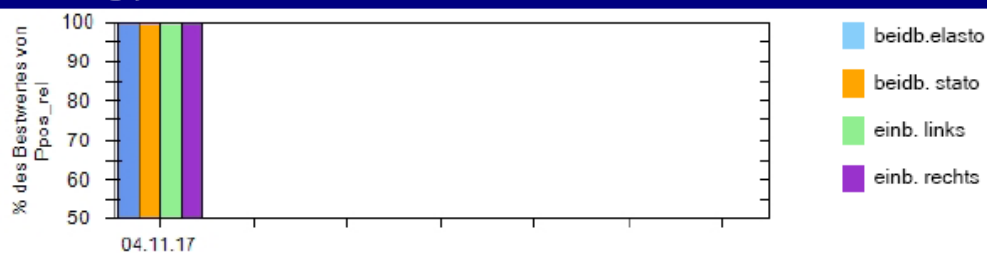
Resultate

Mittelwerte	Maximalleistung durch KG Pmax_rel[W/kg]			Sprunghöhe s_max[cm]			Beschleunigungsweg konz. s_pos[cm]		
	Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe
beidbeinig elastodynamisch	54,6		55,4	34,9		35,3	23,2		24,0
beidbeinig statodynamisch	46,9		50,6	30,9		33,7	26,9		29,3
Differenz[%] elasto-/statodyn.	16,4		9,5	12,9		4,8	-13,5		-18,1
einbeinig rechts	31,8		31,3	20,6		20,0	25,2		25,0
einbeinig links	29,9		31,3	19,5		19,8	26,3		24,2
Seitendifferenz[%]	5,9		0,2	5,5		1,2	4,3		3,1
Bilaterales Defizit			Effect of Prestretch			Fmax[N] (bei v0)			
-11,5			-11,4			12,9 4,8 1606 1423			

Maximalleistung



Entwicklungsprofil



Beurteilung/Trainingsempfehlung

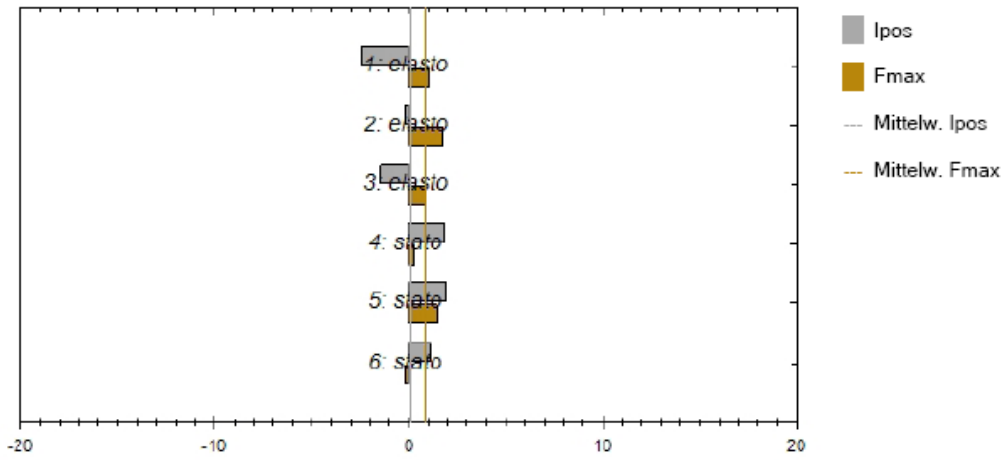
Mässiges Explosivkraftniveau im Vergleich zum Mittelwert / keine Seitendifferenz / Empfehlung: - Verbesserung der Explosivkraft über Kraft- und/oder Sprungtraining möglich / - vermehrt einbeinige Übungen absolvieren.

Einzel sprung beidbeinig elasto-/statodynamisch + einbeinig links/rechts

08.11.2017

Geb. Datum:	██████████	Testdatum:	04.11.2017 14:37	Testvoraussetzung:	optimal
Grösse:		Referenztest:			
Gewicht:	71.4 kg				
Dom. Seite:		Gruppe:	Studie GETU Allgemein		
Bemerkung:	Etwas Schmerzen Knie links	n:	36		

Kraftverteilung links/rechts



Anlaufgeschwindigkeit / Sprunghöhe Minitrampolin

Testdatum: 04.11.2017

Vergleich der verschiedenen Anläufe

Sprungart	vmax (m/s)	vmax Tramp (m/s)	Sprunghöhe (m)	Einsprungwinkel (°)	Abprungwinkel (°)
Sprint	7.46	-	-	-	-
Salto gehockt	6.48	5.78	2.77	47.77	85.97
Wk-Sprung	6.55	6.13	2.71	46.97	85.7

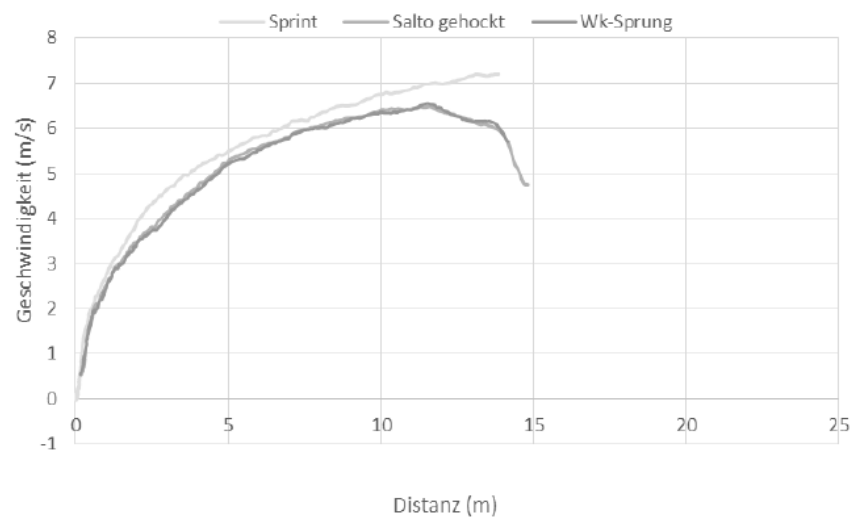
Sprungkrafttest Quattro Jump

	Explosivkraft (W/kg)
elastodyn.	55.58
statodyn.	47.50
links	31.69
rechts	32.38

Trainingsempfehlung:

Physische Vorbereitung zur Verbesserung der Sprintgeschwindigkeit.
Techniktraining zur Verbesserung der Anlaufgeschwindigkeit.
Techniktraining zur Verbesserung der Einsprunggeschwindigkeit.

Geschwindigkeitsverlauf



Leistungsdiagnostik: Schnelligkeit

H Trainingsempfehlung

(Autor: Christoph Schärer)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Sport BASPO

Leistungsdiagnostik Geräteturnen

EHSM

Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen

- Ableitung von Trainingsempfehlungen -

- Explosivkraft
- Sprintgeschwindigkeit
- Anlaufgeschwindigkeit Wettkampfsprung
- Sprunghöhe Wettkampfsprung

Christoph Schärer



Explosivkraft Beurteilung

EHSM
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen

Beurteilung	Männer	Frauen
Ausgezeichnet	> 65 W/kg	> 58 W/kg
Sehr gut	> 60 W/kg	> 54 W/kg
Gut	> 55 W/kg	> 50 W/kg
Mässig	> 50 W/kg	> 46 W/kg
Unterdurchschnittlich	< 50 W/kg	< 46 W/kg

Geb. Datum: Grösse: Gewicht: 89,6 kg Dom. Seite: Bemerkung: Testdatum: 26.06.2014 09:01 Testvoraussetzung: optimal Referenztest: Gruppe: Förderprojekt Handball n: 111

Resultate										
		Maximalleistung durch KG Pmax_rel[W/kg]			Sprunghöhe s_max[cm]			Beschleunigungsweg konz. s_pos[cm]		
Mittelwerte		Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe
beidbeinig	elastodynamisch	52,9		56,4	37,3		38,9	30,4		29,2
beidbeinig	statodynamisch	49,7		51,9	37,2		36,5	46,9		34,8
Differenz[%]	elasto-/statodyn.	6,4		8,6	0,2		6,5	-35,1		-16,0
einbeinig	rechts	36,5		35,0	23,5		22,3	24,5		25,4
einbeinig	links	34,5		35,1	21,8		22,3	24,1		25,3
Seitendifferenz[%]		5,5		0,3	7,1		0,1	1,4		0,5
		Bilaterales Defizit			Effect of Prestretch			Fmax[N] (bei v0)		
		-25,5			-19,5			1774		
					0,2			6,5		



Explosivkraft - Symmetrie

- < 10% : normal
- 10 - 15% : überdenken
- > 15% : Korrektur



Geb. Datum: Testdatum: 26.06.2014 09:01 Testvoraussetzung: optimal
 Grösse: **Referenztest:**
 Gewicht: 89,6 kg
 Dom. Seite: Gruppe: Förderprojekt Handball
 Bemerkung: n: 111

Resultate										
		Maximalleistung durch KG Pmax_rel[W/kg]			Sprunghöhe s_max[cm]			Beschleunigungsweg konz. s_pos[cm]		
Mittelwerte		Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe
beidbeinig	elastodynamisch	52,9		56,4	37,3		38,9	30,4		29,2
beidbeinig	statodynamisch	49,7		51,9	37,2		36,5	46,9		34,8
Differenz[%]	elasto-/statodyn.	6,4		8,6	0,2		6,5	-35,1		-16,0
einbeinig	rechts	36,5		35,0	23,5		22,3	24,5		25,4
einbeinig	links	34,5		35,1	21,8		22,3	24,1		25,3
Seitendifferenz[%]		5,5		0,3	7,1		0,1	1,4		0,5
		Bilaterales Defizit			Effect of Prestretch			Fmax[N] (bei v0)		
		-25,5			-19,5			0,2 6,5 1774 1729		



Explosivkraft - Bilaterales Defizit

- beidbeinig < links + rechts
- Richtwert: -16%
- Trainingsempfehlung: 0 bis - 12% eher einbeinige Übungen, bei grösser 18% eher beidbeinige Übungen (1/3 – 2/3)



$$BD = 100 * \left(\frac{b}{r + l} - 1 \right)$$

Geb. Datum:	Testdatum:	26.06.2014 09.01	Testvoraussetzung:	optimal
Grösse:	Referenztest:			
Gewicht:	89,6 kg			
Dom. Seite:	Gruppe:	Förderprojekt Handball		
Bemerkung:	n:	111		

Resultate										
		Maximalleistung durch KG Pmax_rel[W/kg]			Sprunghöhe s_max[cm]			Beschleunigungsweg konz. s_pos[cm]		
Mittelwerte		Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe
beidbeinig	elastodynamisch	52,9	56,4	37,3	37,3	38,9	30,4	29,2		
beidbeinig	statodynamisch	49,7	51,9	37,2	37,2	38,5	46,9	34,8		
Differenz[%]	elasto-/statodyn.	6,4	8,6	0,2	0,2	6,5	-35,1	-16,0		
einbeinig	rechts	36,5	35,0	23,5	23,5	22,3	24,5	25,4		
einbeinig	links	34,5	35,1	21,8	21,8	22,3	24,1	25,3		
Seitendifferenz[%]		5,5	0,3	7,1	7,1	0,1	1,4	0,5		
		Bilaterales Defizit			Effect of Prestretch			Fmax[N] (bei v0)		
		-25,5			-19,5			0,2 6,5 1774 1729		



Explosivkraft - Effect of Prestrech

- $= (hf(\text{CMJ})/hf(\text{SJ}) * 100\%) - 100\%$
- 2 – 8 %
- Trainingsempfehlungen: bei grösser 8% eher Krafttraining, bei kleiner 2% eher Sprünge mit kurzer Kontaktzeit



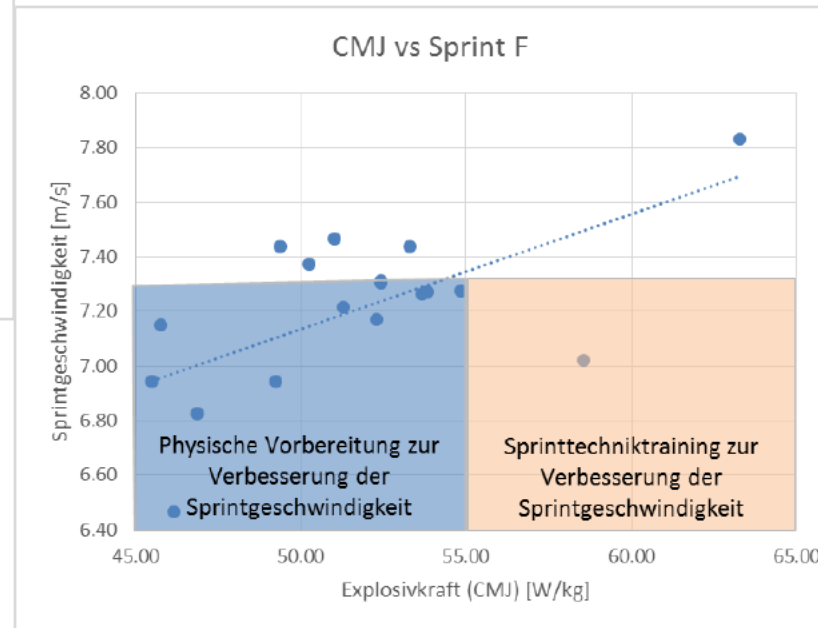
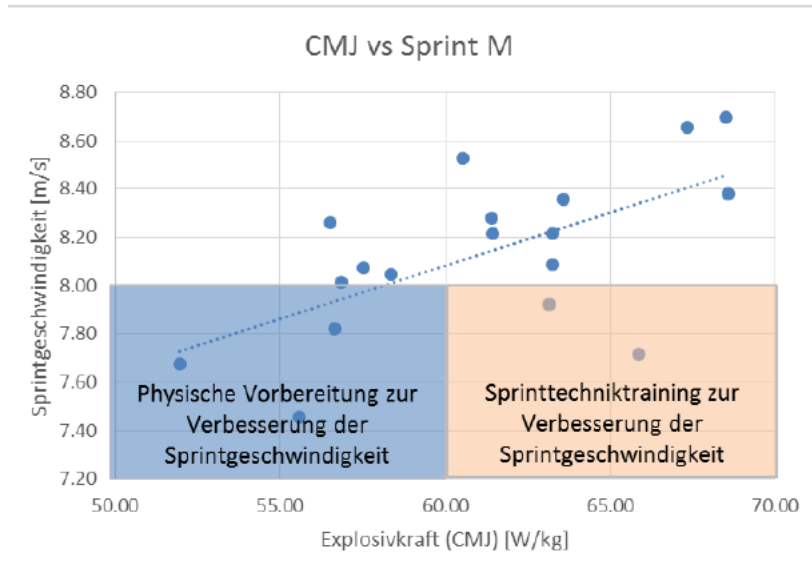
Geb. Datum:	Testdatum:	26.06.2014 09:01	Testvoraussetzung:	optimal
Grösse:	Referenztest:			
Gewicht:	89,6 kg			
Dom. Seite:	Gruppe:	Förderprojekt Handball		
Bemerkung:	n:	111		

Resultate									
Mittelwerte	Maximalleistung durch KG Pmax_rel[W/kg]			Sprunghöhe s_max[cm]			Beschleunigungsweg konz. s_pos[cm]		
	Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe	Person	Referenz	Gruppe
beidbeinig elastodynamisch	52,9	56,4	37,3	37,3	38,9	30,4	29,2		
beidbeinig statodynamisch	49,7	51,9	37,2	37,2	38,5	48,9	34,8		
Differenz[%] elasto-/statodyn.	6,4	8,6	0,2	0,2	6,5	-35,1	-16,0		
einbeinig rechts	36,5	35,0	23,5	23,5	22,3	24,5	25,4		
einbeinig links	34,5	35,1	21,8	21,8	22,3	24,1	25,3		
Seitendifferenz[%]	5,5	0,3	7,1	7,1	0,1	1,4	0,5		
Bilaterales Defizit		Effect of Prestretch		Fmax[N] (bei v0)					
-25,5		-19,5		0,2		6,5 1774 1729			



Explosivkraft ist Voraussetzung für hohe Sprintgeschwindigkeit

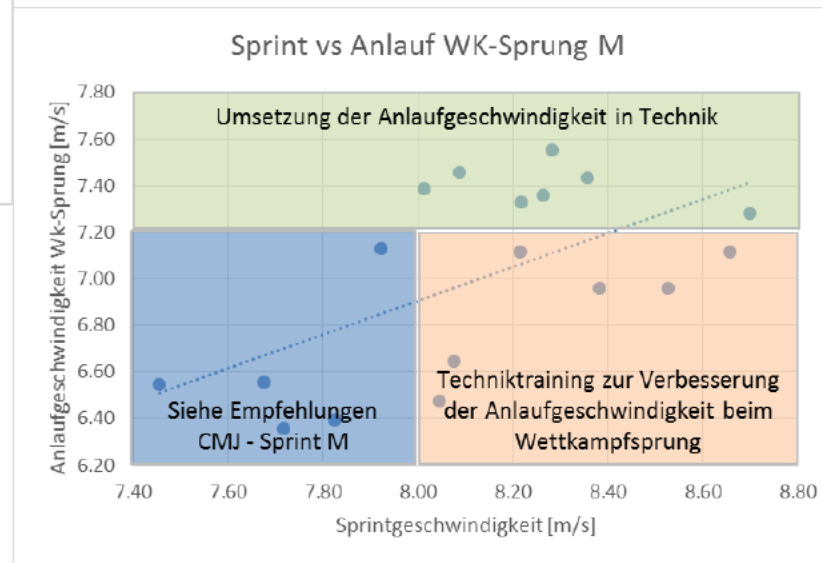
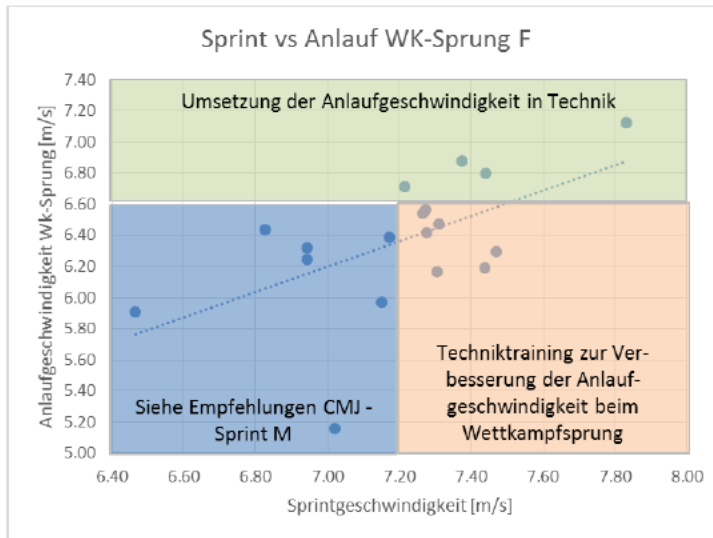
EHSM
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen





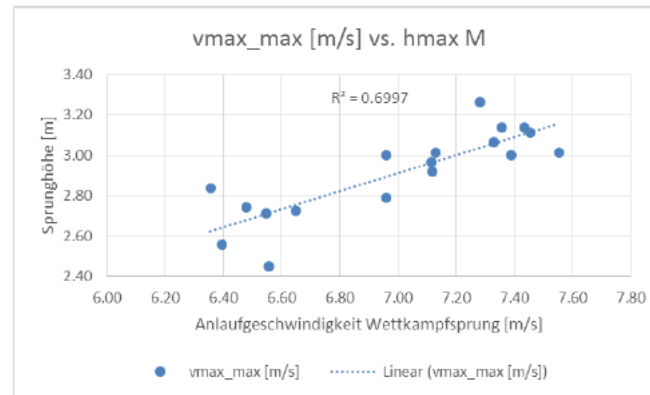
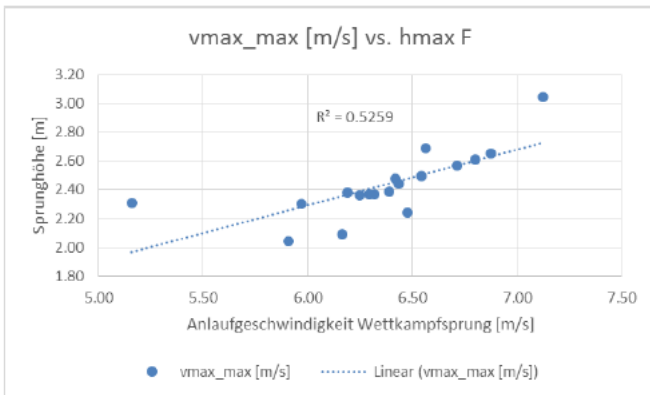
Umsetzung Sprintgeschwindigkeit in Anlaufgeschwindigkeit

EHSM
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen

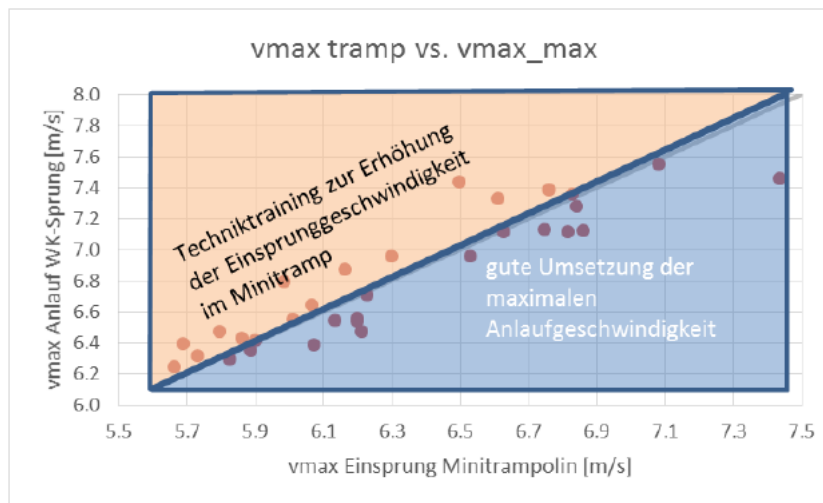




Hohe Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit ist Voraussetzung für gute Sprunghöhe



EHSM
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen





Übungsbeispiele Maximalkraft

Storchenschritte

Beispieltraining:

Ser/ Wiederh.: 3x10-12 Schritte pro Bein
Pause: 1-2 min
Trainings pro Woche: 2
Woche 1 & 2: Gewicht im Nacken
Woche 3 & 4: Gewicht vorne
Woche 5 & 6: Gewicht in Hochhalte



Wichtig: Grosse Schritte, hinteres Knie berührt den Boden
Gewicht bei vorderem Fuss auf Ferse/ Mittelfuss
Gewicht so wählen, dass Anzahl gerade noch möglich ist
Langsames Senken, maximal schnelles Aufstehen
Aufstehen mit gesamter Hüftstreckung und Beugen des Schwungbeines



Einbeinige Kniebeugen

Interventionsdauer: 6 - 8 Wochen
Trainings pro Woche: 2
Anzahl Wiederholungen: 8 bis 12
Serien: 3
Pausenlänge: 1 bis 2min



Wichtig: Tiefe Kniebeugen (unter 90°)
Intensität regulieren durch Halten an Sprossenwand / Barren oder freie Ausführung

EHSM
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen



Übungsbeispiele Maximalkraft

Tiefe Kniebeugen

Beispieltraining (Explosivkraft):

Woche	Ser/ Wiederh.	% 1RM
1	3x10-12	75
2	3x8-10	75-80
3	3x6	80-85
4	3x5	80-85
5	3x4	90
6	3x4	90

Pause: 1-3 min, 2 Trainings pro Woche



Wichtig: Langsames Senken bis Oberschenkel mindestens waagrecht sind (in ca. 3s)
Maximal schnelles Strecken der Beine
Gewicht so wählen, dass Anzahl gerade noch möglich ist
Ausführungsqualität kontrollieren!

Allgemeine Hinweise Steigerung der Explosivkraft durch Krafttraining

Langfristige Steigerung der Maximalkraft ist Voraussetzung für eine gute Antrittsschnelligkeit, sowie Explosivkraft. Folgende Grundsätze sind stets zu beachten

- Ein- und beidbeinige Übungen verwenden (oder Wechsel in Jahresverlauf)
- Freie Gewichte sind zu bevorzugen (Lang- und Kurzhanteln)
- Training in geschlossener Bewegungskette
- Reizvariation (Kraftübungen im Jahresverlauf mehrmals wechseln/verändern)



Übungsbeispiele für Sprünge mit kurzer Bodenkontaktzeit




Seilspringen

Eine grosse Anzahl und Variation von Seilsprüngen bildet die Grundlage für die Entwicklung der Schnellkraft der Wadenmuskulatur

Wichtig: Harte Unterlage, kurzer Bodenkontakt, Frequenz / Form variieren

Wadenkräftigung

Interventionsdauer: 6 Wochen
Trainings pro Woche: 2
Serien / Anzahl: 3x 8-12 Wiederholungen
Pausenlänge: 1-2min




Wichtig: Gesamter Bewegungsradius ausnutzen
 Zusatzgewicht für kräftigere Turner
 Einbeinig oder beidbeinig möglich
 Zusatzgewicht so wählen, dass Anzahl gerade noch möglich ist

Hürdensprünge (gestreckte / angehockte Beine)

Beispieltraining:

Woche	Ser/ Wiederh.
1	2x10
2	3x8
3	3x8
4	3x10
5	4x8
6	5x8

Pause 3-5 min, 2 Trainings/Woche



Wichtig: Kurze Bodenkontaktzeit
 Maximale Sprunghöhe
 Harter Untergrund (z.B. Sprunganlaufbahn)

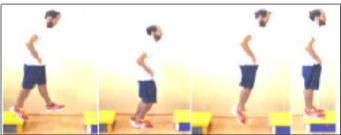


Übungsbeispiele Sprünge mit kurzer Bodenkontaktzeit

Drop Jumps

Beispieltraining:

Woche	Ser/ Wiederh.
1	2x5
2	2x8
3	2x8
4	3x8
5	4x7
6	4x8




Pause 3-5 min, 2 Trainings/Woche

Fallhöhe: gemäss Trainingsempfehlung Drop Jump

Wichtig: Kurze Bodenkontaktzeit
Harter Untergrund (z.B. Sprunganlaufbahn)
Achten auf kurze Bodenkontaktzeit oder maximale Sprunghöhe

Tapping

Interventionsdauer: 4-6 Wochen
Serien: 3x 3x3 (6s) maximaler "Frequenzsprint an Ort"
Pause: Pause zwischen Sprints / Serien: 30s / 3-5min



Allgemeine Hinweise Schnelligkeits- / Schnellkrafttraining

Damit ein Schnelligkeitstraining Wirkung zeigt, müssen die Übungen in maximalem Tempo absolviert werden. Aufforderungen wie «Lauf schneller» nützen wenig. Grössere Effekte bringen eine angepasste Aufgabenstellung und Methodik. Eine normale Technik- oder Spielübung auf Zeit oder gegen einen Partner ausgeführt, verändert den Charakter der Übung und wird, so zu einer Schnelligkeitsübung (Wettkampfcharakter).





Übungsbeispiele Sprinttechnik



<https://www.mobilesport.ch/leichtathletik/leichtathletik-laufschule-das-lauf-abc-als-grundlage/>

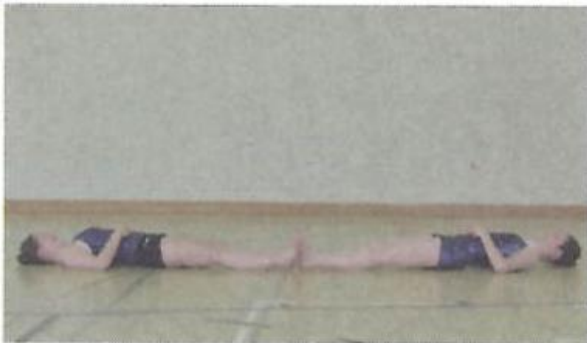
I Sportartspezifische Vorübungen



Partnerübung: Zwei Turnerinnen stehen hintereinander. Die Vordere läuft gegen den Widerstand eines Gummischlauchs.

Variante: Die hintere Person steht oder sitzt auf einer Teppichunterlage, welche als Schlitten dient.

(Scheurer et al., 2016, S. 12)



Partnerübung: Beide Turnerinnen liegen in Rückenlage mit den Füßen zueinander am Boden. Auf ein Signal hin stehen beide auf und A versucht, B zu fangen. Anschliessend wechseln sie die Rollen.

(Scheurer et al., 2016, S. 12)

„**Wettrennen:** Alle Turner stehen auf einer Linie oder an der Turnhallenwand. Auf ein Kommando hin rennen sie los. Sieger ist, wer die Ziellinie zuerst überquert“ (Scheurer et al., 2016, S. 12).

„**Seriensprünge** beidbeinig auf den und/oder vom Kasten. Variante: Kastenhöhe, Absprungdistanzen und Sprungrichtung verändern“ (Scheurer et al., 2016, S. 13).



Mattenrutschen: Mit Anlauf auf eine umgedrehte dicke Matte springen. Die Turnerinnen versuchen dadurch, die Matte nach vorne zu bewegen.

Der Absprung erfolgt einbeinig, die Landung auf beiden Füßen weit vorne auf der Matte.

(Scheurer et al., 2016, S. 13)



„Strecksprung ohne Bänkli. Eine Matte kann vor das Trampolin gelegt werden, um einen Absprung weit vor dem Minitrampolin zu trainieren. „

(Scheurer et al., 2016, S. 35)



Hochspringen: An der Wand eine Markierung anbringen, welche als Messlatte dient. Die Turnerin springt so hoch wie möglich (ein- oder beidbeinig, aus dem Stand oder mit Anlauf). Wer kann höher als die Markierung springen?

Varianten:

- Unterlage variieren (Reuther, unterschiedliche Matten etc.).
- Mit Drehung hoch springen ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{1}$).

(Scheurer et al., 2016, S. 13)

Hasenjagt Ein Athlet führt einen gewöhnlichen Sprung am Minitrampolin aus. Ein andere führt nebenzu einen Sprint aus. Beide Turner starten zur gleichen Zeit. Wer erreicht zuerst die Höhe, wo das Trampolin plaziert ist. Der Sprinter kann auch horizontal versetzt starten, damit der Ausgang des Wettkampfes fairer bleibt.

Mann gegen Mann Es werden zwei Minitrampolinanlagen neben einander aufgestellt. Wer erreicht zuerst das Trampolin? Der Versuch zählt dabei nur, wenn nach dem Anlauf auch ein qualitativer Sprung erfolgt.

Durchstarten Aus einem verkürzten Anlauf müssen Turnerinnen einen vorgebenen Sprung in den Stand auf einen Mappenstapel schaffen. Der Stapel muss so hoch gewählt werden, dass die Turnerinnen eine maximale Anlauf- und Einsprunggeschwindigkeit aufweisen müssen, um auf den Stapel zu gelangen.

J Diagramm Treibhöhe und Flugzeit

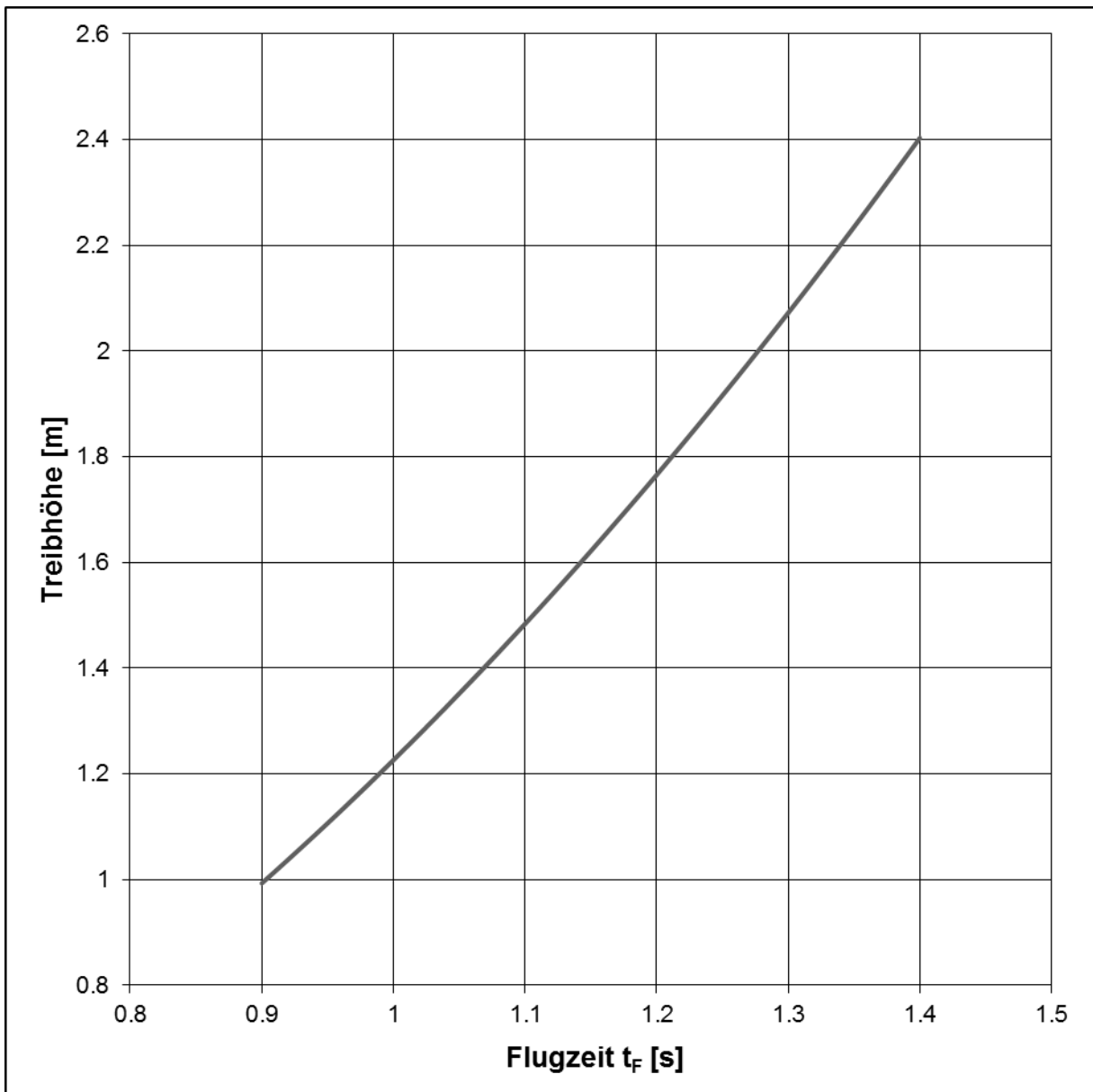


Abbildung 21. Treibhöhe in Abhängigkeit der Flugzeit. Berechnet anhand der Formel 1, Kapitel 2.

Dank

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Christoph Schärer. Er hat mich während der Masterarbeit stets aktiv unterstützt. Die gemeinsame Datenerhebung bereitete mir grosse Freude. Dabei arbeiteten wir gut organisiert und speditiv zusammen, was ich sehr schätzte. Die gemeinsamen Besprechungen waren für mich sehr konstruktiv wie auch lehrreich. Ich kann für die Zukunft viel von der Zusammenarbeit mit Christoph Schärer mitnehmen. Weiter möchte ich meinem Ko-Betreuer Fabian Lüthy sowie bei meinem Referenten Dr. Urs Mäder danken. Auf ihre Unterstützung konnte ich über die ganze Zeit stets zählen.

Einen Dank möchte ich auch dem Bundesamt für Sport widmen. Dieses hat dieser Studie alle Untersuchungsinstrumente zur Verfügung gestellt.

Nicht vergessen möchte ich alle Probanden, welche an meiner Studie teilgenommen haben und mich so indirekt unterstützt haben. Der grösste Dank gilt dabei dem Probanden Cedric Ferrari, der mir zusätzlich verschiedenste technische Ressourcen zur Verfügung gestellt hat.

Als letztens möchte ich mich bei meinen Eltern Veronika und René Jehle, bei meinem Bruder Lucas Jehle sowie bei meiner Freundin Nuria Grütter herzlich bedanken. Sie haben sich einen ganzen Tag frei genommen und mit mir und Christoph Schärer die Datenerhebung in einer hervorragenden Qualität in Angriff genommen. Veronika und Nuria haben sich zusätzlich noch die Zeit genommen, meine Masterarbeit durchzulesen und dabei die Orthographie und die Sprache überprüft.