



DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Auswirkungen eines 9-wöchigen Maximalkrafttrainings auf
die Anrissgeschwindigkeit in der
Kuzushi/Tsukuri Phase eines O-goshi Wurfes
im Judo“

verfasst von / submitted by

Thomas Haider

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

Wien, 2017 / Vienna, 2017

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

A 190 482 406

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

UF Bewegung und Sport,
UF Mathematik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Arnold Baca

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Michaela Haßmann, MSc

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht noch von anderen Personen vorgelegt.

Ort, Datum

Unterschrift

Kurzfassung

In der Sportart Judo sind vor allem explosive und schnellkräftige Bewegungen entscheidend um den/die Gegner/in aus dem stabilen in ein labiles Gleichgewicht zu bringen und ihn/sie anschließend aus dem Stand mit dem Rücken auf die Matte zu werfen. Entscheidend für die erfolgreiche Ausführung eines Wurfes ist dabei - neben anderen Faktoren - die Geschwindigkeit in der Vorbereitungsphase des Wurfes. Der Wurf O-goshi stellt im Judo eine Grundtechnik dar und ist einer der ersten Würfe, die von jungen Judoka erlernt wird und dessen exakte Ausführung einen vorzeitigen Sieg im Wettkampf erwirkt. Krafttraining in verschiedenen Erscheinungsformen stellt einen wichtigen Teil in der Wettkampfvorbereitung dar. Es besteht dabei ein enger Zusammenhang zwischen Schnellkraft- und Maximalkrafttraining (Weineck, 2010, S. 488). In dieser Studie wurde untersucht, ob sich ein 9-wöchiges Maximalkrafttraining positiv auf die Anrissgeschwindigkeit, also die Geschwindigkeit des/der Geworfenen in der Vorbereitungsphase des Wurfes (Kuzushi/Tsukuri Phase), auswirkt. Hierfür wurden insgesamt 18 wettkämpferfahrene Judosportler/innen (Alter: $27,4 \pm 8,27$ Jahre, 16 Männer 4 Frauen) in eine Interventionsgruppe (n=10) und eine Kontrollgruppe (n=8) eingeteilt. Beide Gruppen absolvierten zunächst einen Eingangstest bei dem jeder der Teilnehmenden drei Hüftwürfe (O-goshi) mit einer Wurfuppe absolvierte. Diese Würfe wurden mit zwei GoPro 5 Kameras, die im ca. 90° Winkel zueinander standen, gefilmt. Anschließend wurde mit der Software SIMI Motion der Körperschwerpunkt der Wurfuppe berechnet und dessen maximale Geschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase des Wurfes in horizontaler, vertikaler Richtung und in der Bahnbewegung ermittelt. Die Mitglieder der Interventionsgruppe erhielten nach dem Eingangstest einen 9-wöchigen Maximalkrafttrainingsplan. Nach ca. 9 Wochen wurden alle Teilnehmenden erneut, wie bei der Eingangstestung, gemessen und die Daten ausgewertet. Die Ergebnisse wurden danach mittels zweifaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung verglichen. Es konnten dabei keine signifikanten Veränderungen der beiden Gruppen zwischen den zwei Messpunkten festgestellt werden.

Abstract

In the Sport of Judo there are especially explosive and dynamic movements crucial to bring the opponent from stable into unstable balance to throw him/her afterwards from standing position with his/her back on the mat. Decisive for a successful technique of a judo throw is – beside other factors – the speed in the preparational phases of the throw. The judo throw O-goshi is a basic technique, one of the first throws a young judoka learns and can conclude in an early win in a competition. Strength training with its various manifestations is an important part of the training routine. There is a strong correlation between speed- and maximal strength training (Weineck, 2010, S. 488). In this study was evaluated, if a 9-week maximal strength training effects positively on pulling speed, this is the speed of the opponent in the preparation phase of a throw (Kuzushi/Tsukuri phase). Therefore overall 18 competition experienced judoka (Age: $27,4 \pm 8,27$ years, 16 males 4 female) were divided in an intervention group (n=10) and a control group (n=8). Both groups undertook a pre-test in which every participant absolved 3 hip-throws (O-goshi) with a dummy. These throws were filmed by two GoPro 5 cameras which were positioned in a 90° angle to each other. Afterwards the centre of mass of the dummy was calculated by SIMI Motion software und its maximal speed in the Kuzushi/Tsukuri phase of the throw in horizontal, vertical direction and its orbital movement was determined. The members of the intervention group received after the pre-test a 9-week maximal strength training plan. After about 9-weeks all participants were tested a second time like in pre-test and the data were analysed. The results were compared by a 2x2 ANOVA with repeated measures. There were no statistic significant changes of both groups between the two tests.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Die Sportart Judo	3
2.1	Geschichtliche Entwicklung	3
2.2	Das Prinzip Judo	4
2.3	Judo als Wettkampfsport	5
2.4	Konditionelle Fähigkeiten im Judo	7
2.5	Biomechanische Aspekte im Judo	9
2.6	Analyse der Wurftechnik O-goshi	13
2.7	Biomechanische Analyse von Judo-Würfen – die Anrissgeschwindigkeit	15
3	Biomechanische Bewegungsanalyse	21
4	Krafttraining	24
4.1	Begriffsbestimmung	24
4.2	Methoden des Krafttrainings	29
4.3	Programmgestaltung im Krafttraining	31
4.4	Programmvariablen	32
4.5	Aufwärmen	35
4.6	Krafttraining im Judo	36
5	Problemstellung	42
6	Forschungsfrage/ Hypothese	43
7	Methode	43
7.1	Die Stichprobe	43
7.2	Die Testungen	44
7.3	Die Auswertung	49
7.4	Statistik	50
7.5	Die Intervention	51

Inhaltsverzeichnis

8	Ergebnisse.....	58
8.1	Bewegungsanalyse.....	58
8.2	Auswertungen	62
9	Diskussion	68
9.1	Zu den Ergebnissen.....	68
9.2	Limitationen.....	73
10	Schlussfolgerung	75
11	Literaturverzeichnis	77
12	Abbildungsverzeichnis	81
13	Tabellenverzeichnis	83
14	Anhang	84
14.1	5 RM- Test	84
14.2	Vollständig durchgerechneter Beispieltrainingsplan	85
14.3	Teilnehmer/inneninformation und Einwilligungserklärung.....	86

1 Einleitung

Judo ist eine dynamische, diskontinuierlich hoch-intensive Sportart, die komplexe Fertigkeiten, taktisches Verhalten und hohe physische Ansprüche erfordert. Das Ziel dieses Kampfsportes ist es, den/die Gegner/in auf den Rücken zu werfen, oder ihn/sie während des Bodenkampfes zu kontrollieren. Ein/e durchschnittliche/r Medaillengewinner/in verrichtet fünf bis sieben Kämpfe während eines internationalen Wettkampfes, von welcher jeder ein Zeitlimit von 4 Minuten aufweist. Wenn der/die Athlet/in einen Ippon (vollen Punkt) erzielt, endet der Kampf vorzeitig. Dies kann beispielsweise durch die Durchführung eines exakten O-goshi Wurfes erfolgen. Ist nach der regulären Kampfzeit der Punktestand ausgeglichen, wird das Match durch ein sogenanntes „Golden Score“ entschieden. In der Golden Score Phase wird so lange gekämpft, bis einer der beiden Kontrahenten/Kontrahentinnen eine Wertung erzielt. Aus diesem Grund kann ein Kampf im Judo von ein paar Sekunden bis zu 8 Minuten, und in seltenen Fällen auch länger, dauern. Ein durchschnittliches Match auf hohem Niveau dauert ca. 3 Minuten mit aktiven Perioden zwischen 20 und 30 Sekunden und 5-10 Sekunden Unterbrechungen (Franchini, Nunes, Moraes, & Del Vecchio, 2005; Franchini, Del Vecchio, Matsushigue, & Artioli, 2011).

Judoka, die auf einem hohen Niveau kämpfen, weisen eine höchst entwickelte dynamische Kraft, muskuläre Ausdauer sowie anaerobe und aerobe Leistung bzw. Kapazität auf (Franchini, Del Vecchio, Matsushigue, & Artioli, 2011). Judo Athleten/Athletinnen benötigen also eine außergewöhnliche physische Verfassung. Dies beinhaltet unter anderem auch eine hohe Kraftkomponente, die auf jeden Fall 3-4-mal pro Woche trainiert werden sollte (Ratamess, 2011).

Wenn man aber vielen, vor allem älteren Trainingsmethoden von Trainer/innen im Judo Glauben schenkt, kann man davon überzeugt sein, dass das Krafttraining mit schweren Gewichten die Geschwindigkeit im Wettkampf negativ beeinflusst. Es wird oft die Meinung vertreten, wenn die Last im Krafttraining hoch, und damit die Ausführungsgeschwindigkeit gering ist, so leidet die Schnellkraft darunter (Burns & Callan, 2017, S. 48f). Diese ist jedoch vor allem in Grapplingsportarten¹, wie z.B. Judo, essentiell für den Erfolg (Ratamess, 2011).

Im Gegensatz zur oben beschriebenen Meinung, ist die Schnellkraft – also jene neurotendomuskuläre Fähigkeit, die einen möglichst großen Kraftimpuls bzw. Kraftstoß in kurzer

¹ „*Grappling means to grab and then manipulate an opponent's body. It teaches how to move in close and throw an opponent to the ground, or how to hold and twist someone's arm or leg to cause pain. Grappling uses the science of leverage. That means even a small or weak person can win a fight using the proper techniques.*“ (zit. in Ollhoff, 2008, S. 4)

Zeit generiert (Güllich, 2013, S. 468) – auch von der Maximalkraft, also der höchstmöglichen Kraft, die vom Nerv-Muskel-System gegen einen Widerstand erzeugt werden kann, abhängig (Güllich, 2013, S. 468). Diese zu generieren, ist aber unter anderem auch durch ein Maximalkrafttraining, das durch das Training mit schweren Gewichten stattfindet, möglich. Demnach sollte mit dem Maximalkrafttraining auch die Schnellkraft gesteigert werden können (Weineck, 2010, S. 488).

Höchste Priorität im Judo für die rasche Beendigung eines Wettkampfes haben technisch exakt ausgeführte Würfe. Bei einem Wurf wird zunächst das Gleichgewicht des/der Gegners/Gegnerin gebrochen und diese/r wird anschließend mittels einer speziellen Wurftechnik am Rücken zu Fall gebracht. Wesentlich für eine erfolgreiche Durchführung ist hierbei die Vorbereitungsphase (Kuzushi/Tsukuri), insbesondere die darin enthaltene Anrissgeschwindigkeit des Wurfes. Dabei wird der/die Gegner/in in der richtigen Haltung zum eigenen Körper rasch und kraftvoll hingezogen und in die richtige Position zur Ausführung des Wurfes gebracht. Da speziell in dieser Phase neben der Schnell- auch Maximalkraft benötigt wird, wird in dieser Arbeit von der Hypothese ausgegangen, dass sich ein speziell auf die jeweilige Konstitution der/des Judoka gefertigtes Maximalkrafttraining auf die Anrissgeschwindigkeit eines Wurfes positiv auswirkt. Damit kann dieser in weiterer Folge besser vorbereitet, exakter durchgeführt und dadurch im Wettkampf einen entscheidenden Vorteil erzielt werden. Aus den 5 Gruppen von Wurfarten im Judo wurde dabei der Hüftwurf O-goshi als Referenzwurf verwendet.

Mittels einer empirischen Studie mit wettkampferfahrenen Judoka soll daher in dieser Arbeit untersucht werden, ob sich ein 9-wöchiges Maximalkrafttraining positiv auf die für den Hüftwurf O-goshi erforderliche Schnellkraft in der Kuzushi/Tsukuri Phase auswirkt. Dabei werden bei einer Eingangstestung die Anrissgeschwindigkeiten eines Wurfes mittels eines Dummys bei allen Probanden/Probandinnen gemessen. Danach absolviert eine Gruppe das Maximalkrafttraining neben dem „normalen“ Judotraining und eine andere Gruppe fungiert als Kontrollgruppe, die kein Maximalkrafttraining ausübt. Nach den 9 Wochen werden in einer Ausgangstestung die Anrissgeschwindigkeiten derselben Würfe, die die Probanden/Probandinnen bei der ersten Testung durchgeführt haben, erneut gemessen und die Daten mittels zweifaktorieller Varianzanalyse verglichen.

Dafür wird zunächst in Kapitel 2 die Sportart Judo sowie der in der Studie verwendete Wurf O-goshi näher beschrieben und es werden die Drehmomenten- und Geschwindigkeitsverläufe insbesondere in der Kuzushi/Tsukuri Phase während eines Hüftwurfes diskutiert.

Danach wird in Kapitel 3 ein kurzer Überblick über die biomechanische Bewegungsanalyse, mit einer tiefergehenden Erläuterung des in der Studie verwendeten Körpermodells, gegeben.

Anschließend werden im Kapitel 4 die verwendeten Erscheinungsformen und Methoden des Krafttrainings definiert, die Programmgestaltung im Krafttraining diskutiert und im Anschluss wird auf die speziellen Erfordernisse der Programmgestaltung eines Krafttrainings im Judo eingegangen.

Nach diesem Punkt werden in den Kapiteln 5 und 6 die Problemstellung, die Hypothese und die Forschungsfrage formuliert und in Kapitel 7 die verwendete Methode der Durchführung der Studie erläutert.

Im danach folgenden Kapitel 8 werden die ermittelten empirischen Daten dargestellt und in Kapitel 9 die daraus erhaltenen Ergebnisse beschrieben und diskutiert.

Der letzte Punkt in Kapitel 10 stellt eine Schlussfolgerung dar, welche die vorherigen Ergebnisse und Überlegungen nochmal zusammenfasst und einen Ausblick gibt.

2 Die Sportart Judo

In diesem Kapitel wird zunächst die Sportart Judo näher beschrieben, um einen Überblick über die Entstehung, das Prinzip, das Wettkampfgeschehen, die physiologischen und – im Speziellen – die Kraftanforderungen sowie die biomechanischen Aspekte zu geben. Zusätzlich wird der in der Studie verwendete Hüftwurf O-goshi näher beschrieben und es werden aus entsprechenden vorhergehenden Studien die Drehmomenten- und Geschwindigkeitsverläufe anhand des Hüftwurfes diskutiert.

2.1 Geschichtliche Entwicklung

Die kriegerische Vergangenheit Japans brachte viele Kampfkunstarten hervor. Eine der Stile nannte sich Jiu-Jitsu, was so viel bedeutet wie „sanfte Kunst“ und zur waffenlosen Selbstverteidigung angewandt wurde. Dieses System enthielt neben Wurf- und Haltetechniken auch noch Schläge und Tritte und wird auch heute noch als eigenständige Kampfkunst gelehrt. Ende des 19. Jahrhunderts suchte man in Japan einem System zur sportlichen Betätigung ohne großes Verletzungsrisiko. Auf der Basis des Jiu-Jitsu wurde dann die Sportart Judo entwickelt. Um Jiu-Jitsu zur Sportart umgestalten zu können, waren einige Änderungen des Kampfsystems vonnöten. Schläge und Tritte wurden verboten und auch einige verletzungsträchtige Hebeltechniken wurden entfernt (Ambach, 2004, S.53f). Im Februar 1882 stellte Jigoro Kano, der

als Begründer des Judo gilt, die neue Sportart in seiner Übungstätte mit dem Namen Kodokan, vor. Er fasste Techniken mehrerer Jiu-Jitsu Stile, die er betrieben hatte, zu einem neuem System zusammen. Die Übungen wurden dabei verbessert und großer Wert auf die Erziehung der Schüler/innen gelegt. Der Name Judo bedeutet sinngemäß übersetzt „Der sanfte Weg“ und soll als Metapher den „sanften Weg“ darstellen, den man im Leben beschreiten soll. Um 1900 hörte man in Europa zum ersten mal von der Kampftechnik Jiu-Jitsu und 1926 fand im Rahmen der deutschen Kampfspiele in Köln eine Jiu-Jitsu Meisterschaft statt. 1932 wurde dann die Europäische Judo-Union gegründet, die 1934 die erste Europa-Meisterschaft in Dresden veranstaltete. 1956 fand die erste Judo-Weltmeisterschaft statt und 1964 feierte die Zweikampfsportart ihr Olympia-Debüt bei den Spielen in Tokio. 1970 wurde die erste Damen-Judomeisterschaft ausgetragen. Mittlerweile gibt es mehrere Millionen Judoka weltweit und Judo hat sich einen festen Platz unter den modernen Sportarten gesichert (Weinmann, 2006, S.11f).

2.2 Das Prinzip Judo

„Ein Mann schiebt seine Gegner vor sich her. Der Angreifer ist stärker als der Verteidiger, d.h. der Angreifer hat 10, der Verteidiger 7 Krafteinheiten. Es hätte für den Verteidiger keinen Sinn, auch zu schieben oder stehen bleiben zu wollen. Widersetzt er sich jedoch zum Schein, verleitet den Angreifer, seine ganze Kraft einzusetzen und dreht sich dann plötzlich zur Seite, so stößt die Kraft des Angreifers ins Leere: Der Angreifer verliert seine Balance. Der Verteidiger bleibt im Vollbesitz seiner 7 Krafteinheiten, während der andere auf Grund seiner schlechten Stellung nicht einmal mehr über die Hälfte seiner Kraft verfügen kann und z.B. nur noch 3 Krafteinheiten besitzt. In dieser Situation kann der anfangs schwächere den anderen leicht zu Boden werfen und besiegen.“ (zit. in Weinmann, 2006, S.16)

Mit dieser Erläuterung versuchte Jigoro Kano den obersten Lehrsatz des Judo, „Siegen durch Nachgeben“, zu erklären.

Nachgeben bringt aber nicht in allen Situationen Erfolg. In diesen Fällen lehrt das System Judo, dass man einen „schwachen Punkt“ des/der Gegners/Gegnerin suchen und angreifen muss, um erfolgreich zu sein. Aus diesem Grund kann man auch sagen, dass Judo die Lehre von der rationalen Kraftanwendung ist. Es wird gelehrt die Kräfte so geschickt einsetzen zu können, um mit möglichst minimalem Kraftaufwand eine möglichst maximale Wirkung zu erzielen. Diese Techniken müssen aber von dem/der Judoka geübt werden, um mit der Zeit geschickter, erfahrener und vor allem schneller in der Technikausführung zu werden (Weinmann, 2006, S.16).

2.3 Judo als Wettkampfsport

Die Sportart Judo durchlebt eine ständige Weiterentwicklung. Ständig werden neue Einflüsse aufgenommen und verarbeitet. Dies ist einer der Gründe, warum Judo zu jeder Zeit eine überaus effektive Kampfmethode war und bis heute noch als „unfertige“ Kunst gilt. Im heutigen Wettkampfsport genießen die Wurftechniken höchste Priorität. Jedoch enthält die Schule des Judo noch einiges mehr. Halte-, Hebel- und Würgegriffe stehen zur Verfügung, um den Kampf, neben den vielfältigen Variationen des Werfens, am Boden fortzusetzen (Ambach, 2004, S.62).

Elemente des Bodenkampfes sind zum Beispiel Festlegetechniken, um den/die Gegner/in am Boden zu fixieren. Diese Techniken bilden die Basis der Bodenkampftechniken. Die Anwendungen im Kampf erfordern allerdings enorm viel körperliche und geistige Kraft.

Ein weiteres Element der Bodentechniken ist die Gruppe der Gelenkhebel. Im Judo werden Hebeltechniken jedoch nur auf den Angriff gegen das Ellbogengelenk beschränkt. Bei diesen Techniken ist nicht nur das Wissen um die Funktion und Ausführung erforderlich, sondern es kommt auch auf das Erkennen des „richtigen“ Moments an.

Das letzte Element der Bodentechniken umfasst die Gruppe der Würgetechniken, welche neben einer körperlichen Belastung auch eine starke emotionale Reaktion auslöst und deshalb nicht lange ausgehalten werden kann (Ambach, 2004, S.65).

Wie oben genannt, genießen aber die Würfe die höchste Priorität im Judo. In dieser Arbeit wird deshalb der Fokus auf die Würfe im Judo gelegt. Sie beruhen auf dem Einsatz von Kraft zu einem festgelegtem Zeitpunkt in eine bestimmte Bewegungsrichtung. Die Kunst des Werfens erfordert ein hohes Maß an technischen Fertigkeiten. Das Durchlaufen der einzelnen Wurfphasen – Gleichgewichtsbruch, Anheben, Abwurf und Kontrolle des/der Partners/Partnerin – wird typischerweise in weniger als einer Sekunde durchgeführt (Ambach, 2004, S.65f). Die einzelnen Wurfphasen, insbesondere die in dieser Arbeit im Zentrum stehende Phase des Gleichgewichtsbruches, die der Vorbereitungsphase zugeordnet wird, werden später noch in der Arbeit im Punkt 2.6 genauer beschrieben.

Modernes Judo zeichnet sich als reiner Wettkampfsport aus. Um Wettkämpfe fairer zu gestalten wird nicht nur zwischen diversen Altersklassen unterschieden, sondern auch es wird auch in bestimmten Gewichtsklassen gekämpft. Die Kampfzeit beträgt in der allgemeinen Klasse 4 Minuten. Im Wettkampf gibt es ein Punktesystem, welches wie folgt aussieht:

- Ippon - voller Punkt
- Waza ari - halber Punkt (Regeländerungen seit 2017 werden im Exkurs unten erläutert)

Ein Ippon wird vom Kampfrichter für die perfekte Ausführung einer Technik gegeben. Dazu zählen ein Wurf, bei dem der/die Gegner/in flach auf dem Rücken landet, das Fixieren des/der Gegner/in für länger als 20 Sekunden mittels Haltegriff oder die Aufgabe des/der Gegners/Gegnerin durch Einsatz einer Würge oder Hebeltechnik. Ein Ippon beendet den Kampf vorzeitig. Ein Waza ari wird von dem/der Kampfrichter/in gegeben, wenn weniger klare Techniken ausgeführt werden, wie ein Fallen des/der Gegners/Gegnerin auf die Seite. Da der Schwerpunkt des Kampfes im Bereich der Würfe liegt, muss ein deutlicher Kampffortschritt im Bodenkampf erkennbar sein, andernfalls bricht der/die Kampfrichter/in ab und lässt die Kämpfer/innen wieder im Stehen beginnen (Ambach, 2004, S. 67).

Eine weitere Unterteilung im Judo ist die Unterscheidung der Gürtelfarbe, anhand dessen man das technische Niveau des/der Judoka erkennen kann. Hier wird zwischen Schülergraden (Kyu) und Meistergraden (Dan) unterschieden.

Kyu:	gelb	Dan:	1.-5.	schwarz
	orange		6.-8.	rot-weiß
	grün		9.-10.	rot
	blau			
	braun			

Tabelle 1: Graduierungen im Judo (Weinmann, 2006, S. 95)

Es werden aber auch Zwischengrade wie weiß-gelb, gelb-orange oder orange-grün vergeben. Für das Erlangen einer neuen Gürtelfarbe sind bestimmte Bedingungen zu erfüllen und es muss eine Prüfung abgelegt werden (Weinmann, 2006, S. 95).

Exkurs: Regeländerungen im Olympiazzyklus 2017-2020

Die Internationale Judo Federation (IJF) hat einige Anpassungen am Reglement des Wettkampfes im Judo für den Olympiazzyklus 2017-2020 vorgenommen. Diese beinhalteten unter anderem die Dauer eines Kampfes, welche vorher 5 Minuten für Männer und 4 Minuten für Frauen der Allgemeinen Klasse betrug und auf 4 Minuten für beide Kategorien angepasst wurde. Des Weiteren wurde von einem drei Punkte System – Ippon (voller Punkt), Waza-ari (halber Punkt) und Yuko (kleine Wertung) – auf ein zwei Punkte System – Ippon und Waza-ari – reduziert. Die

Wertung des Waza-ari inkludiert in diesem Regelwerk diejenigen Aktionen welche vorher als Yuko bewertet wurden. Waza-ari können auch nicht mehr addiert werden, was bedeutet, dass zwei Waza-ari Wertungen nicht länger äquivalent einer Ippon Wertung sind, wie es in der Vergangenheit war. Weitere Änderungen betreffen noch die Wertung und Anzahl der Strafen, das sogenannte „Golden Score“, den Griffkampf, die Sicherheit, Ausführung und Bewertung von Konterattacken, den Judogi und die Weltranglistenpunkte (<http://www.judobund.de>).

2.4 Konditionelle Fähigkeiten im Judo

Ein/Eine durchschnittliche/r Medaillengewinner/in bei einem internationalen Wettkampf hat zwischen fünf und sieben Kämpfe absolviert und ein durchschnittlicher Wettkampf dauert zwischen drei und sechs Minuten. Diese Werte sind zwar gute Ausgangspunkte, aber man muss dabei auch beachten, dass es Kämpfe gibt, die nur einige Sekunden lang dauern, da ein Ippon sehr schnell erzielt werden kann. Athleten/Athletinnen befinden sich während eines Wettkampfes zeitweilig im Bereich von 90-100% des VO_2 max, daran sieht man, dass hohe anaerobe und aerobe Fitness vonnöten ist. Außerdem benötigen die Sportler/innen eine hohe Ermüdungstoleranz. Laktatmessungen während eines Wettkampfes ergaben, dass die Laktatkonzentration im Blut bis zu 20 mmol.L erreichen kann, was vergleichbar ist mit einem 2 km Sprint an der Rudermaschine. Während des Trainings werden allerdings Werte zwischen 8 und 9 mmol.L erreicht (Burns & Callan, 2017, S. 15).

Im Judo ist es also notwendig, dass der/die Athlet/in von Beginn des Kampfes an mit explosiven Techniken angreift. Weiter ist es aber auch wichtig, dass er/sie das Durchhaltevermögen bis zum Ende des Kampfes Kraft produzieren zu können (Burns & Callan, 2017, S. 15).

Eine Analyse der notwendigen physischen Eigenschaften eines/einer erfolgreichen Judoka zeigt die mitwirkenden Merkmale, auf die in diesem Sport leistungsunterstützend wirken:

- Aerobe Ausdauer
- Anaerobe Ausdauer
- Muskuläre Kraft und ein hohes Verhältnis zwischen Kraft und Körpermasse
- Muskuläre Ausdauer
- Explosivität
- Geschicklichkeit und räumliche Wahrnehmung
- Mobilität und Flexibilität (Burns & Callan, 2017, S. 16)

Auf einige für diese Arbeit wesentliche Eigenschaften wird im Folgenden noch genauer eingegangen. Speziell werden die Anforderungen des Judosportes an die muskuläre Kraft näher erläutert.

Aerobe Ausdauer: Aerobe Ausdauer wird im Judo vor allem benötigt, um die Regeneration zwischen den Kämpfen zu verbessern und wird von Elite-Judoka zu Beginn der Wettkampfsaison trainiert. Sie dient außerdem dazu, um besser auf die höheren Intensitäten vorbereitet zu sein, um die Verletzungsprophylaxe zu unterstützen und um mehr aus einem Techniktraining mitzunehmen (Burns & Callan, 2017, S. 17).

Anaerobe Ausdauer: Aufgrund der Anforderungen dieses Sports ist das anaerobe System die primäre Energiequelle, auf die der Körper zurückgreift. Hauptsächlich werden im Judo explosive Aktionen ausgeführt und beide Formen des aeroben Stoffwechsels, Laktat und Alaktat, benötigt. Ein hohes Level an aerober Kapazität ist also ein ausschlaggebender Faktor und es korreliert direkt mit der Leistung in Training und Wettkampf (Burns & Callan, 2017, S. 17).

Muskuläre Kraft: Die muskuläre Kraft ist jene motorische Fähigkeit, die es ermöglicht durch Muskelaktivität Widerstände zu überwinden, sie zu halten oder ihnen nachgebend entgegen zu wirken (Güllich, 2013, S. 467). Im Punkt 4.1 wird noch eine genauere Definition und die verschiedenen Erscheinungsformen von Kraft beschrieben. Die Fähigkeit eines Judoka Kraft zu entwickeln, ist unerlässlich in allen Aspekten des Sports. Vom Griffkampf über das Standhalten der Attacken des/der Gegners/in bis hin zum Anwenden von Würgetechniken am Boden, überall ist ein gewisses Maß an Kraft erforderlich. Diese konditionelle Fähigkeit wird von einigen Trainern/Trainerinnen und Sportwissenschaftler/innen als die Schlüsselkomponente gewertet, die ausschlaggebend für internationalen Erfolg sein kann. Ein hohes Kraft zu Körpermasse - Verhältnis ist somit wichtig, um im Judo erfolgreich zu sein (Burns & Callan, 2017, S. 17). Ein weiterer Aspekt bei der Ausbildung von Weltklassemannschaften ist Verletzungsprävention. Eines der Hauptwerkzeuge um robuste Wettkämpfer/innen zu trainieren, ist über das Krafttraining. Durch dieses Training werden die Athleten/Athletinnen widerstandsfähiger gegen Verletzungen und können Trainingsblöcke verletzungsfrei absolvieren. Sie sind außerdem besser ausgestattet für die Genesung nach einer Verletzung (Burns & Callan, 2017, S. 49).

Muskuläre Ausdauer: Vor allem in den Muskeln der Unterarme, der Brust und des Rumpfes spielt die muskuläre Ausdauer im Judo eine große Rolle. Judoka weisen hier ein hohes Level - vor allem in der genannten Muskulatur - auf (Burns & Callan, 2017, S. 18).

Explosivität: Studien haben gezeigt, dass die Explosivität den größten Einfluss im Hinblick auf die sportliche Leistung hat. Da Judo eine explosive Sportart ist und Würfe im Bruchteil einer Sekunde stattfinden, sollte das Hauptaugenmerk in diesem Bereich liegen. Vor allem in der Wettkampfphase sollte das Training der Explosivität eine große Rolle spielen (Burns & Callan, 2017, S. 18).

Diese Ausführungen aus der Literatur zeigen, dass Krafttraining generell im Judo wichtig ist. In dieser Arbeit soll ein spezielles Krafttraining, das auf die Vorbereitung der Ausführung eines Wurfes wirken soll, untersucht werden.

2.5 Biomechanische Aspekte im Judo

Im folgenden Punkt werden die biomechanischen Aspekte im Judo anhand entsprechender Kenngrößen speziell bei Würfen erläutert.

Die Bewegungsvervielfältigkeit im Judo ist enorm, sodass jede Kampfhandlung im weitesten Sinne ein technisches Element, eine sportliche Technik, darstellt. Diese sind an ausgeprägte kampf- und kraftspezifische Bewegungsfertigkeiten gebunden. Die dazugehörigen Kraft- und Schnelligkeitsfähigkeiten sind dabei besonders interessant und werden durch biomechanische Kenngrößen wie z.B. maximale Beschleunigungskraft, Anrissimpuls, Anrissgeschwindigkeit, Krafttrichtung, Winkel dargestellt. Um diese möglichst objektiv zu erfassen werden physikalische Messverfahren wie Dynamometrie, Speedometrie und Kinemetrie, aber auch hocheffektive computerunterstützte Mess- und Informationssysteme eingesetzt (Wick D. , 2005, S. 142)

Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei allen Kampftechniken im Judo um azyklische Bewegungen handelt, gliedern sie sich in Vorbereitungs-, Haupt- und Endphase. Im Wettkampf können die einzelnen Bewegungsphasen ineinander übergehen. Die Wurfausführung kann beim Judo nach physikalischen Gesichtspunkten in zwei Gruppen eingeteilt werden:

1. Würfe die durch ein Drehmoment eingeleitet werden: Dabei wird der/die Gegner/in von seiner/ihrer Stützfläche weggedreht (z.B.: durch Anreißen nach vorne). Die Drehachse liegt dabei in der Stützfläche. Anschließend wird der/die Gegner/in durch ein weiteres Drehmoment seiner/ihrer Stützfläche beraubt, durch Wegdrehen der Beine oder des Beines. Die Drehachse ist nun durch den Körper des/der Geworfenen. Abschließend wird der/die Gegner/in über die Beine, Hüfte oder andere Hindernisse geworfen.

2. Würfe die durch das Anheben des/der Partners/in eingeleitet werden: Bei diesen Würfen wird der/die Gegner/in zunächst mittels Arme, Beine, Rücken, Schulter, usw. angehoben, danach erfolgt ein Drehmoment, mit dem er/sie über ein Hindernis, wie Beine, Hüfte, Rücken, Schulter des/der Ausführenden, geworfen (Wick D. , 2005, S. 143).

Allgemein werden in der Literatur die Würfe in folgende Phasen eingeteilt:

- Kuzushi (Gleichgewichtsbrechung): Diese Phase dient zur Störung der gegnerischen Balance und zur Herbeiführung einer labilen Stellung des/der Gegners/Gegnerin (Velte, 2009, S. 83).
- Tsukuri (Wurfansatz, Wurfeingang, Wurfvorbereitung): In dieser Phase findet der konkrete Wurfeingang statt (Velte, 2009, S. 153).
- Kake (Abwurf, Niederwurf, Wurfausführung): Hier findet die Niederwurf des/der Partners/Partnerin statt (Velte, 2009, S. 63)
- Endphase: In dieser Phase wird sowohl die eigene Bewegung als auch die von Uke abgefangen und versucht ein möglichst stabiles Gleichgewicht herzustellen. Hier beginnt, falls der Wurf nicht bereits zu einem Ippon geführt hat, der Bodenkampf (Wick D. , 2005, S. 143).

Dabei nimmt die Phase der Gleichgewichtsstörung bzw. des Gleichgewichtsbruches eine Schlüsselstellung in der Wurfrealisierung ein. Hier wird die optimale Voraussetzung für die Ausführung der übrigen Wurfphasen geschaffen. In der Phase des Wurfansatzes begibt sich der Werfende durch Zug-, Druck- und Hubbewegungen der Arme in Kombination mit Aushol-, Schwung- oder Gleitbewegungen selbst in eine günstige Position. Dabei werden die für den Wurf erforderlichen Muskelkräfte über die Arme auf den Gegner übertragen. Durch den Kontakt mit dem Rumpf oder den Beinen oder indirekt durch Massenverlagerungen, kann ein zusätzlicher Effekt für eine günstige Impulsübertragung erzielt werden (Wick D. , 2005, S. 143).

Aufgrund der getroffenen Feststellung, dass die Gleichgewichtsbrechung eine Schlüsselrolle in der Wurfbewegung darstellt, und die in der Kuzushi/Tsukuri Phase (Gleichgewichtsbrechung/Wurfansatz) erfolgt, wird diese im Folgenden genauer beschrieben.

Das Gleichgewicht eines Gegners/einer Gegnerin wird gebrochen, indem man das Lot seines Schwerpunktes außerhalb seiner/ihrer Unterstützungsfläche bringt (Wick D. , 2005, S. 143). Als Unterstützungsfläche wird diejenige Fläche bezeichnet die von den Unterstützungspunkten des

Körpers eingegrenzt wird. Zur Verdeutlichung wird dies in Abbildung 1 aufgezeigt. Die Unterstützungspunkte sind in diesem Fall die Füße des/der Sportler/in. Die Unterstützungsfläche ist also die Fläche die von den Füßen begrenzt wird. Das „X“ bezeichnet den Punkt in dem sich das Lot des Körperschwerpunktes befindet. Befindet es sich innerhalb der Unterstützungsfläche spricht man von einem stabilen Gleichgewicht.

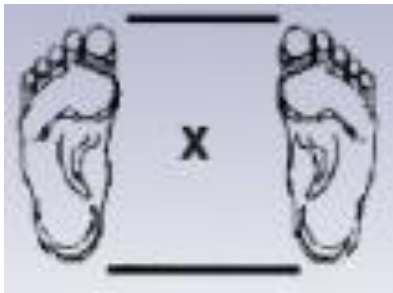


Abbildung 1: stabiles Gleichgewicht (Lippmann, 2009, S. 192)

In Abbildung 2 liegt das Lot am Rand der Unterstützungsfläche. In diesem Fall spricht man von einem labilen Gleichgewicht.

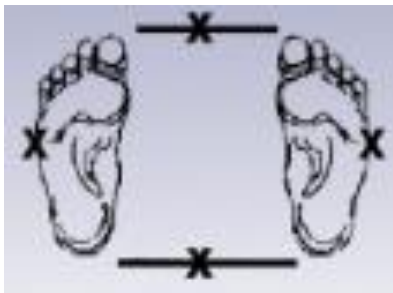


Abbildung 2: labiles Gleichgewicht (Lippmann, 2009, S. 192)

Befindet sich das Lot des Körperschwerpunktes außerhalb der Unterstützungsfläche, so spricht man von einem gebrochenen Gleichgewicht. Dieses wird veranschaulicht in Abbildung 3. Der Körper würde ohne weiteres Handeln umkippen.

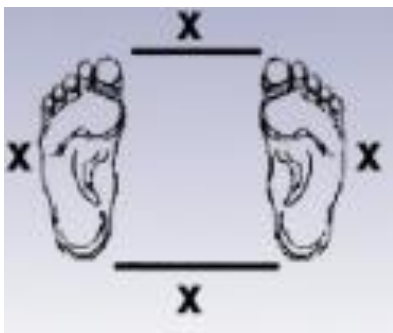


Abbildung 3: gebrochenes Gleichgewicht (Lippmann, 2009, S. 192)

Eine vierte Form wird noch als dynamisches Gleichgewicht bezeichnet. Hierbei bleibt das Lot des Körperschwerpunktes trotz ständiger Bewegung, ständiger Schwerpunktverlagerung und dem Einwirken der eigenen und gegnerischen inneren und äußeren Kräfte, innerhalb der Unterstützungsfläche (Lippmann, 2009, S. 191f).

Der Gleichgewichtsbruch kann im Judo auf zwei Arten erfolgen, als statische oder dynamische Gleichgewichtsbrechung. Zunächst wird die statische Gleichgewichtsbrechung beschrieben.

Wird das Lot des Körperschwerpunktes in Richtung der äußeren Begrenzungslinien der Unterstützungsfläche bewegt, wird dies als Störung des Gleichgewichts bezeichnet. Diese Störung kann nur durch das Einwirken von äußeren Kräften wie zum Beispiel Muskelkraft, Schwerkraft, Trägheit und Reibungskraft realisiert werden. Erfolgt eine Anriss-, Abriss-, Schub- oder Hubbewegung, werden durch Muskularbeit Kräfte auf den/die Gegner/in übertragen. In Abhängigkeit von deren Wirkungsdauer, Betrag und Wirkungsrichtung wird der gegnerische Körperschwerpunkt beschleunigt und somit das Gleichgewicht gebrochen. Bei der statischen Gleichgewichtsbrechung aus der Ruhe heraus sind sehr große Muskelkräfte erforderlich, um das Körpergewicht und die Widerstandskräfte, wie Trägheit und Muskelkraft, zu überwinden (Wick D. , 2005, S. 144)

Bei der dynamischen Gleichgewichtsbrechung, bringt sich der/die Gegner/in durch eigene Aktionen quasi selbst aus dem Gleichgewicht. Hier wird die Schwerpunktbewegung des Gegenübers ausgenutzt und durch geschickte Zug oder Druckbewegungen beeinflusst, um das Gleichgewicht zu stören. So wird zum Beispiel eine Bewegung über das beabsichtigte Maß hinaus verlängert. Diese Bewegung des Gleichgewichts durch den/die Gegner/in kann natürlich auch durch Finten oder Körpertäuschungen erfolgen (Wick D. , 2005, S. 145).

Die Bewegung des/der Gegners/Gegnerin in der Phase der Gleichgewichtsbrechung ist von einigen Faktoren abhängig. Dazu zählen:

- Kraft-Zeit Funktion der Muskelkraft
- Winkelstellung der angreifenden Kraft
- momentane Winkelgeschwindigkeit des Körperschwerpunktes
- Höhe der angreifenden Kraft
- Lage des Körperschwerpunktes des/der Gegners/Gegnerin

- Masse des/der Gegners/Gegnerin
- Winkelstellung des Körperschwerpunktes zur Kippkante der Beinspreizung
- Winkelstellung des Rumpfes (Wick D. , 2005, S. 144)

In dieser Arbeit wird bei der Datensammlung der Fokus auf der dynamischen Gleichgewichtsbrechung gelegt. Dabei wird indirekt auf die Kraft-Zeit Funktion der Muskelkraft über die Geschwindigkeit des Körperschwerpunkts geschlossen.

2.6 Analyse der Wurftechnik O-goshi

Im folgenden Kapitel wird der Hüftwurfes O-goshi in den verschiedenen Wurftechniken im Judo verortet und beschrieben. Anschließend werden die einzelnen Phasen des Wurfes genauer analysiert.

Die Wurftechniken im Judo können in fünf Gruppen, wie in Tabelle 2 dargestellt, eingeteilt, wobei diese in 2 Kategorien eingeordnet werden. Der/Die Werfende wird dabei als Tori und der/die Fallende als Uke bezeichnet.

Tachi-Waza (Würfe aus dem Stand)	Sutemi-Waza (Würfe im zu Boden gehen)
• Te-Waza (Hand- und Schulterwürfe): Bei dieser Art von Würfen erfolgt die Hauptbalancebrechung durch den Armzug bzw. Einsatz der Schulterpartie • Ashi-Waza (Fuß- u. Beinwürfe): Hier wird die Balance hauptsächlich durch Fegen oder Sicheln mit der Fußsohle oder dem ganzen Bein gebrochen. • Koshi-Waza (Hüftwürfe): Hier erfolgt die Balancebrechung hauptsächlich durch Hüfteinsatz.	• Ma-sutemi-waza: Die Balance von Uke wird gebrochen indem man sich selbst auf den Rücken legt und ihn/sie mitzieht. • Yoko-sutemi-waza: Hier wird die Balance von Uke gebrochen indem man sich auf die Seite wirft und ihn/sie mitzieht.

Tabelle 2: Einteilung der Wurftechniken in 5 Kategorien (Weinmann, 2006, S. 67)

Die Würfe aus dem Stand werden dabei in Hand- und Schulterwürfe, Fuß- und Beinwürfe und Hüftwürfe unterteilt, welche sich vor allem durch die Art der Gleichgewichtsbrechung unterscheiden. Bei den Würfen, die zu Boden gehen wird hinsichtlich der Richtung, in die der Tori sich auf die Matte legt und Uke mitzieht, unterteilt.

Der in dieser Arbeit im Zentrum stehende Wurf O-goshi fällt dabei in die Kategorie Koshi-Waza (Hüftwürfe). Auf diesen wird nun näher eingegangen: Der Wurf O-goshi bedeutet übersetzt „großer Hüftwurf“ (Velte, 2009, S. 100) und erfolgt wie in Abbildung 4: O-goshi aufgezeigt.



Abbildung 4: O-goshi (www.webart-style.at)

Zu Beginn des Wurfes stehen Tori und Uke einander gegenüber und haben eine „normale“ Fassart, das heißt eine Hand am Reverse und eine Hand am Ärmel des/der Partners/Partnerin. Sie haben ca. 1,5-2 Schritte Abstand voneinander und eine relativ aufrechte Körperhaltung. Das Kuzushi (=Vorbereitungsphase, Gleichgewichtsbrechung) muss hier so erfolgen, dass das Lot des Körperschwerpunktes von Uke sich auf den vorderen Rand der Unterstützungsfläche hinbewegt wird und die Gleichgewichtslage somit nach vorne, in Wurfriechtung gestört wird. Dazu reißt Tori mit beiden Armen ruckartig nach vorne oben und überwindet, zum Beispiel mit dem Kodokan-Einstieg, der in Abbildung 5 angezeigt wird, den Abstand zwischen sich und Uke (Lehmann & Ulbricht, 2007, S. 53f).

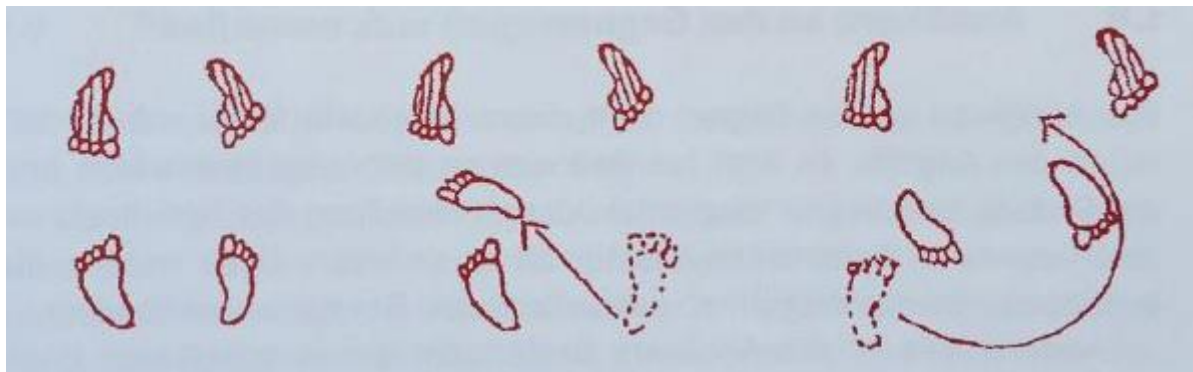


Abbildung 5: Kodokan- Einstieg (Lehmann & Ulbricht, 2007, S. 46)

Während des Einstiegs muss die Aufrichtung und Streckung des Uke durch das Kuzushi beibehalten werden. Hier beginnt nach Velte (2009, S. 153) die Tsukuri Phase. Dabei macht Tori, bei einem rechten Wurf mit dem rechten Fuß und bei einem linken Wurf mit dem linken Fuß, einen Schritt, der so platziert wird, dass er zwischen Ukes Füße und mit den Zehen bereits in Wurfriechtung gedreht ist. Nach dem Absetzen des ersten Schrittes, dreht Tori am Fußballen weiter ein, zieht dabei seine Hüfte und seinen zweiten Fuß mit und stellt diesen in der gleichen

Höhe wie den ersten Fuß, zwischen den Beinen von Uke, ab. Während dieses Vorganges löst Tori seine Reverse-Hand von Ukes Reverse, legt ihn, etwa in Höhe des Gürtels, um den Rücken von Uke und zieht ihn fest an sich heran. Am Ende dieser Gleichgewichtsbrechung (Kuzushi) und Eindrehphase (Tsukuri) sollte eine Position erreicht sein, die folgendermaßen aussieht:

- Füße von Tori stehen parallel, etwa schulterbreit und dicht vor der Unterstützungsfläche von Uke
- Knie von Tori sind gebeugt
- das Gewicht von Tori liegt auf den Fußballen
- die Rückseite der Hüfte und der untere Rücken von Tori haben engen Kontakt zu Ukes Vorderseite (Oberschenkel, Hüfte, Bauch)
- der enge Körperkontakt wird durch das Anpressen mittels Toris Arm unterstützt (Lehmann & Ulbricht, 2007, S. 53f)

Ist diese Position erreicht, leitet Tori mittels explosiver Streckung der Fuß-, Kniegelenke und der Hüftgelenke den Abwurf ein. Diese nach vorne oben gerichtete Streckbewegung wird durch den engen Körperkontakt auf Uke übertragen und dieser wird vom Boden angehoben. Durch eine konsequente Körperstreckung und eine abschließende Vorneigung des Oberkörpers und Drehung des Rumpfes von Tori, wird Uke zu Fall gebracht. Während des gesamten Verlaufs muss die Zugwirkung von Toris Ärmelgriff aufrecht erhalten bleiben. (Lehmann & Ulbricht, 2007, S. 53f)

In dieser Arbeit steht der in 2.5 beschriebene Vorgang der Gleichgewichtsbrechung und des Wurfeinstieges in der Kuzushi und Tsukuri Phase nach Velte (2009, S. 153) im Fokus.

2.7 Biomechanische Analyse von Judo-Würfen – die Anrissgeschwindigkeit

Im nun folgenden Kapitel werden wissenschaftliche Erkenntnisse im Zusammenhang mit der biomechanischen Analyse von Würfen im Judo, insbesondere der Anrissgeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase, vorgestellt.

Die Bodenreaktionskräfte, die bei verschiedenen Hüftwürfen auftreten, können ebenfalls in drei Phasen eingeteilt werden.

1. Die Eindreh-Phase: Diese Phase beinhaltet den ersten Kontakt mit dem vorderen Fuß, die Drehung auf dem vorderen Fuß und das Beistellen des zweiten Fußes. Diese Ereignisse kann man an zwei submaximalen vertikalen Kraft-Spitzen erkennen (siehe Abbildung 6).

2. Die Auflade-Phase: Bei dieser Phase wird der Uke vom Boden weggehoben. Das Ende der Auflade-Phase wird durch den Abwurf oder den Punkt des maximalen Kraftaufwandes² des Wurfes definiert.
3. Die Durchzug-Phase: Diese wird durch den Abwurf von Uke eingeleitet und beinhaltet den Fall auf die Matte (Harter & Bates, 2008).

Die Bodenreaktionskraft in vertikaler Richtung und die Abgrenzung der Phasen wird in Abbildung 6 aufgezeigt.

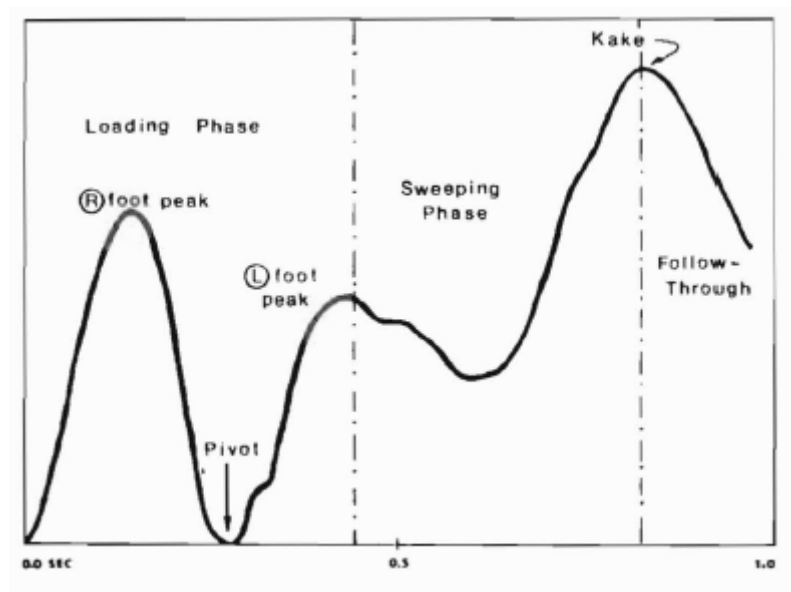


Abbildung 6: Repräsentative vertikale Bodenreaktionskraft-Zeit Kurve [Newton/kg] mit Identifizierung kritischer Ereignisse (Harter & Bates, 2008)

In Abbildung 6 kann man den Graphen der vertikalen Bodenreaktionskraft während eines Hüftwurfes erkennen. „R foot peak“ steht dabei für den Aufsatz des vorderen Fußes und „L foot peak“ für das Beistellen des zweiten Fußes. Bei „Pivot“ kann man die Eindrehbewegung von Tori auf dem vorderen Fuß erkennen. Die strichpunktierten Linien trennen hier die oben beschriebenen Phasen. An den submaximalen Spitzen beim Aufsetzen der Füße kann man erkennen, dass die Krafteinwirkung beim Anriss in der Kuzushi/Tsukuri Phase sehr hoch und somit entscheidend für die Wurfausführung ist.

Im Folgenden werden noch die Bodenreaktionskräfte in den drei Bewegungsrichtungen einzeln beschrieben:

² In diesem Zusammenhang wird die maximale Kraftspitze (Newton/kg), die bei der Messung der Bodenreaktionskraft ermittelt wurde, als „maximaler Kraftaufwand“ bezeichnet (Harter & Bates, 2008).

- Vertikale Komponente: Die vertikale Bodenreaktionskraft umfasst bei Hüftwürfen 78,1% der resultierenden Kraft. Dabei liegen die mittleren Werte in dieser Komponente bei ca. dem 1,39-fachen des eigenen Körpergewichts von Tori und sind bei allen Würfen ähnlich. Die maximale Bodenreaktionskraft liegt bei den verschiedenen Hüftwürfen beim 2,46-fachen des Körpergewichts. Man kann sie in der dritten Spitze der Graphik erkennen.
- Anterior-Posterior Komponente: Diese Komponente umfasst im Mittel 11,6% der gesamt gemessenen Bodenreaktionskraft. Die Initiative in allen Judo-Techniken ist das Kuzushi, wobei hier das Ziel ist, Uke aus dem Gleichgewicht zu bringen. Bei der Analyse der Bodenreaktionskraft können zwei verschiedenen Kurvenverläufe beobachtet werden. Die eine beinhaltet die „pull-push-pull“ Strategie und die andere die „push-pull“ Strategie, um den Wurf einzuleiten.
- Medial-Lateral Komponente: Diese umfasst 10,3% der resultierenden Kraft und ihr Verlauf unterscheidet sich signifikant zwischen den Wurfarten (Harter & Bates, 2008).

Im Weiteren werden nun nach der Analyse der Bodenreaktionskräfte die Impulse und Geschwindigkeiten, die auf den Körperschwerpunkt wirken, beschrieben.

Analysen der Bewegung des Körperschwerpunktes eines/einer Geworfenen bei Hüftwürfen im Judo zeigten ebenfalls Trends in der Bewegung in den einzelnen Phasen und verschiedenen Richtungen an, die im Folgenden mittels Impulsverlauf beschrieben werden. Zur Beschreibung wird die Analyse eines Hüftwurfes, Harai-goshi herangezogen der dem O-goshi, welcher in dieser Arbeit im Zentrum steht, sehr ähnlich ist.

Der Körperschwerpunkt von Uke beschreibt in der Kuzushi Phase vor allem einen in anterioposterioren und vertikal gerichteten Impuls. Es ist auch ein Impuls in mediolateraler Richtung entgegengesetzt der Zugrichtung der Zughand (ärmelfassende Hand) erkennbar (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006).

In der Tsukuri Phase ist

- eine kontinuierliche Aufrechterhaltung des nach vorne gerichteten Impulses,
- eine Änderung vom nach oben gerichteten zu einem nach unten gerichteten Impuls und
- ein Wechsel in mediolateraler Richtung zu einem Impuls, der in Richtung Toris Zughand geht,

erkennbar (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006).

In der Kake Phase ist eine kontinuierliche Weiterführung des Impulses nach vorwärts, unten und in Richtung der Zughand erkennbar. Die Impulse in den einzelnen Phasen werden in Abbildung 7 aufgezeigt.

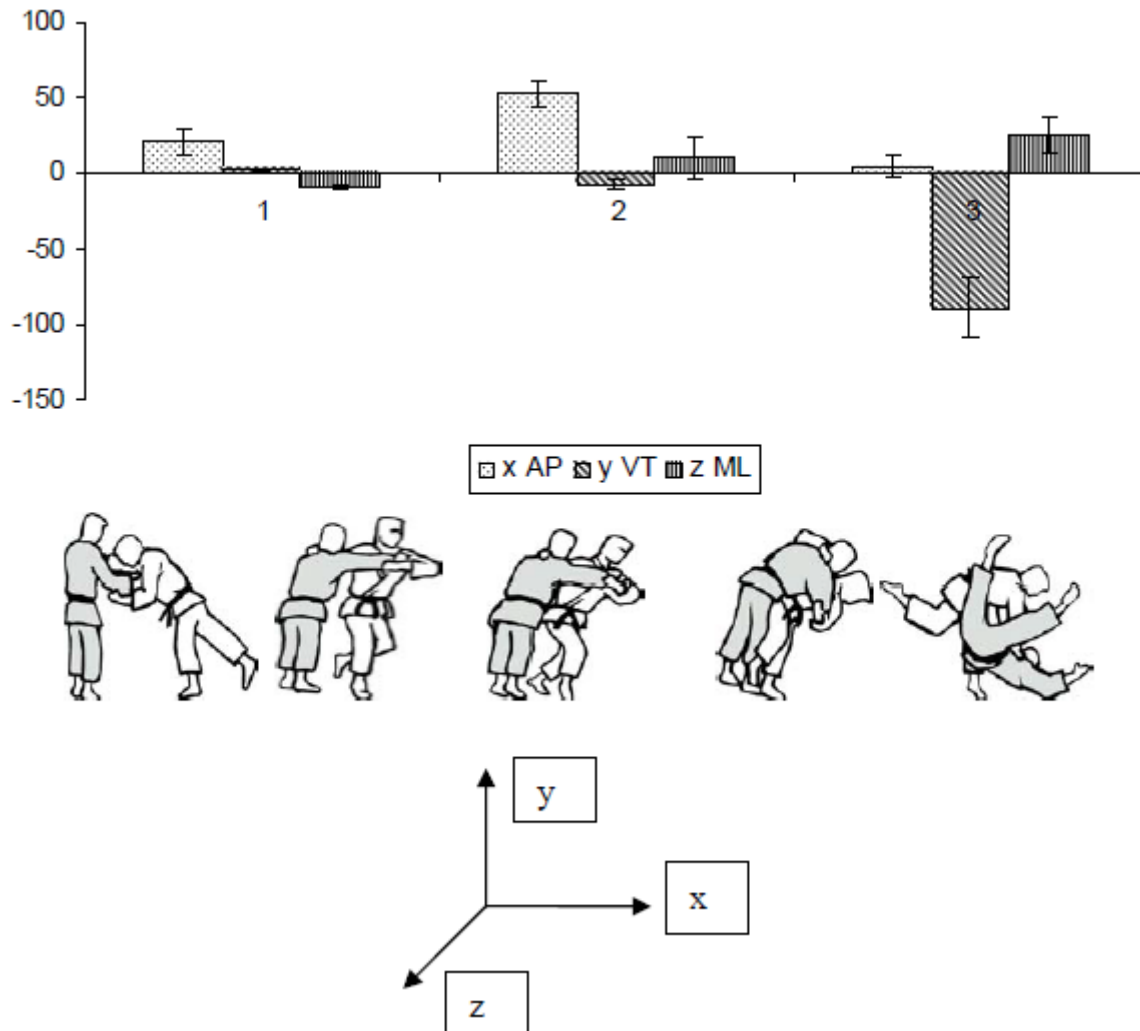


Abbildung 7: Mittelwert der Momente ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$) und Standardabweichung in anterioposteriörer (x AP), vertikaler (y VT) und mediolateraler (z ML) Richtung in den einzelnen Phasen (1= kuzushi, 2= tsukuri, 3= kake) (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006)

Bei Hüftwürfen wird Uke nach für gewöhnlich nach vorne geworfen. Dabei können die Impulse die auf Uke in der Kuzushi/Tsukuri Phase einwirken einen Wert zwischen 20,6 und 52,6 ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$) erreichen. Hier muss Tori den Zug kontinuierlich aufrecht erhalten, während er gleichzeitig seine Füße platziert und seinen Körper um 180° dreht. Dieser Impuls wird vor allem durch den Zugarm erreicht und hat seinen Ursprung in der Druckkraft der Beine oder Bodenreaktionskraft. Bei Würfen im Judo ist es häufig so, dass eine Verkettung der einzelnen Körpersegmente von Tori, in kinetischer Hinsicht, stattfindet. Der Impuls wird von den Füßen, über die Beine und den Rumpf, bis zu den Armen progressiv gesteigert. Analysen zeigen, dass der größte Impuls erst nach dem

Aufsetzen des rechten Fußes (bei einem rechten Wurf) auftritt (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006).

Nach der Kuzushi/Tsukuri Phase verringert sich der Impuls erheblich von durchschnittlich 52,6 zu 4,6 (kg*m)/s, was auf die Kollision zwischen Tori und Uke zurückzuführen ist. Von dieser Sichtweise aus ist es bei einem Hüftwurf vonnöten, dass Tori einen großen Impuls entweder durch hohe Geschwindigkeit oder durch hohe Masse, oder durch beides, erzeugt. Der Impuls der auf Uke in dieser Phase in der vertikalen Richtung einwirkt zeigt einen Trend nach oben. Die Untersuchungen wiesen allerdings eine hohe Standardabweichung auf. Das Verhältnis der Körpergrößen zwischen Tori und Uke könnte dafür verantwortlich sein. (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006).

Auch bei der Analyse der Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes von Uke sind die eben genannten Trends zu erkennen. Die Bewegungen des Körperschwerpunktes des Uke entlang der anterioposterioren Achse fanden ausschließlich nach vorne statt. Die Erhebung der Geschwindigkeit ergab einen Anstieg innerhalb der Kuzushi/Tsukuri Phase und eine erhebliche Verringerung beim Übergang zur Kake Phase. In vertikaler Richtung gab es eine Bewegung nach oben und somit auch eine nach oben gerichtete Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes. Auch die Bewegungen und Geschwindigkeiten in mediolateraler Richtung waren ähnlich zu den oben genannten Momentverläufen (Imamura, Iteya, Hreljac, & Escamilla, 2007).

Diese ersten Phasen Kuzushi und Tsukuri werden auch als Anriss bezeichnet (Wick D. , 2005, S. 143; Imamura, Iteya, Hreljac, & Escamilla, 2007). Da diese Phasen für den Verlauf des Wurfes die Stelle darstellen, wo für die Entfaltung der Geschwindigkeit die Krafteinwirkung sehr zentral ist und dies ein entscheidender Moment bei der Ausführung des perfekten Wurfes ist, wird in dieser Arbeit auf die „Anrissgeschwindigkeit“ in der sogenannten „Kuzushi/Tsukuri Phase“ fokussiert.

Biomechanische Studien haben hier gezeigt, dass beim Wurf Seoi-Nage, der ebenfalls wie der Wurf O-goshi das biomechanische Prinzip des physischen Hebels nutzt um Ukes Gleichgewicht zu brechen, die Anrissgeschwindigkeiten am Ärmel und die Geschwindigkeit der Hüfte ausschlaggebend für die Effektivität des Wurfes sind (Ishii & Ae, 2014). Als physischer Hebel wird ein Körperteil von Tori bezeichnet (Hüfte, Bein, Fuß, etc.) um den Ukes Körper gehoben und somit geworfen wird (Pop, Gombos, & Prodea, 2014). Erfolgreiche Judoka erzeugen ein größeres Moment und somit auch eine höhere Winkelgeschwindigkeit in Ukes Rumpf um einen effektiven Seoi-nage zu werfen, als Nicht-erfolgreiche Sportler/innen. Um diese

Winkelgeschwindigkeit des Rumpfes erhöhen zu können muss der/die Athlet/in eine größere Kraft im Anriss und in der Hüfte erzeugen, welche aus einer höheren Anrissgeschwindigkeit gefolgert werden kann (Ishii & Ae, 2014).

In früheren Studien wurden außerdem die für die Gleichgewichtsbrechung kennzeichnenden Parameter, wie Anrisskraft (Zugkraft), Anrissgeschwindigkeit und Kraftimpuls über den komplexen Einsatz dynamometrischer und kinemetrischer Untersuchungen bestimmt. Dabei wurden über ein Armkraftzuggerät (AKZ-Messsystem) in Kombination mit Videotechnik und rechnerunterstützten Mess- und Informationssystem die biomechanischen Parameter und Parameterverläufe bestimmt. Eine Darstellung des AKZ und eine die ermittelten Graphen der Kraft, Leistung und Geschwindigkeit über die Zeit werden in Abbildung 8 und Abbildung 9 dargestellt.

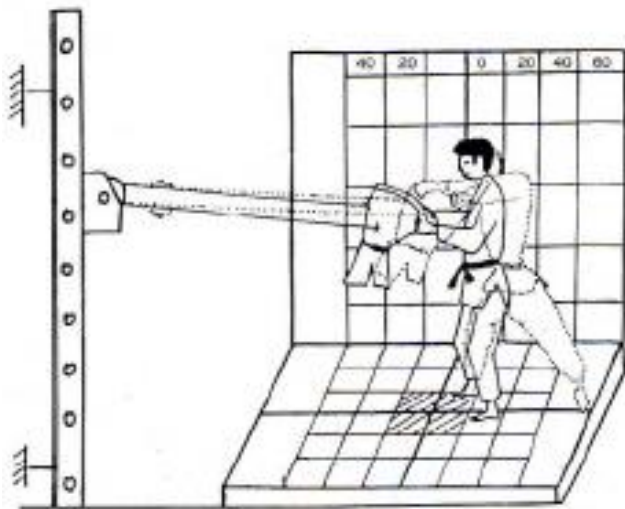


Abbildung 8: Armzugkraftgerät

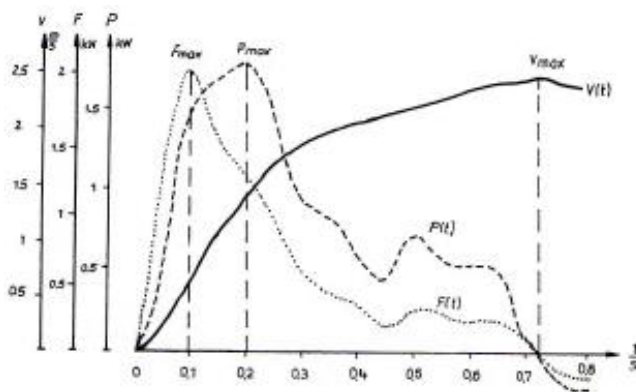


Abbildung 9: Kraft-, Leistungs- und Geschwindigkeitsverläufe während des Anriss (Hassmann, Buchegger, Stollberg, Sever, & Sabo, 2010)

Der Anriss wurde hier vom Stand bis zur hypothetischen Abwurfposition, wie in Abbildung 10 aufgezeigt, gemessen.



Abbildung 10: Bewegung bei der Anrissmessung (Nowoisky, 1988)

Aus den Auswertungen wurden gewichtsklassenorientierte Normwerte, zwischen 2,5 m/s, 1,56 kN und 1,7kW bei Kämpfer/innen unter 60 kg bis 4 m/s, 3,3 kN und 5,6 kW bei Kämpfer/innen über 95 kg, errechnet. (Nowoisky, 1988). Weitere Studien ergaben Werte in den mittleren Anrissgeschwindigkeiten zwischen 2,14 m/s und 2,89 m/s (Hassmann, Buchegger, Stollberg, Sever, & Sabo, 2010).

Im nächsten Kapitel werden nun die erforderlichen Begriffe und Methoden im Krafttraining definiert und beschrieben. Weiters beschäftigt sich dieser Teil mit der Gestaltung eines Krafttrainings und den besonderen Anforderungen an ein Krafttraining für den Judoport.

3 Biomechanische Bewegungsanalyse

Die ersten Schritte um eine biomechanische Bewegungsanalyse realisieren zu können liegen darin, dass ein adäquates Modell des menschlichen Gliedersystems geschaffen werden muss. Dieses anthropometrische, mathematisch-geometrische Modell des segmentierten menschlichen Körpers wird in dieser Arbeit als „Homonoid“ bezeichnet. Es gibt zahlreiche Modelle verschiedener Komplexität, deren Auswahl von der Art der Bewegungsanalyse abhängt. Zum Beispiel wird für die Ganganalyse eine Unterteilung von 4-5 Körpersegmenten für geeignet gehalten, jedoch wird für die Analyse komplexerer Bewegungen ein Hominoid mit mindestens 15 Segmenten als unterste Grenze erachtet. Im Laufe der Zeit entwickelten sich verschiedene Modelle auch mit noch mehr Segmenten (Hatze, 1986, S. 15).

In dieser Studie wird auf ein 15-segmentiges Modell (Hanavan, 1964) fokussiert, welches im Folgenden näher beschrieben wird.

Das Modell nach Hanavan (1964) wurde entwickelt um die Trägheitseigenschaften des menschlichen Körpers in verschiedenen Positionen voraussagen zu können. Durch das Modell konnte bei einer Studie der Körperschwerpunkt auf 0,7 inch (1,778 cm) und die Trägheitsmomente auf 10% Genauigkeit berechnet werden (Hanavan, 1964).

Das personalisierte mathematische Modell besteht aus 15 simplen geometrischen Körpern. Jedes dieser Körper repräsentiert ein Segment des menschlichen Körpers. Der Homonoid wird in Abbildung 11 dargestellt.

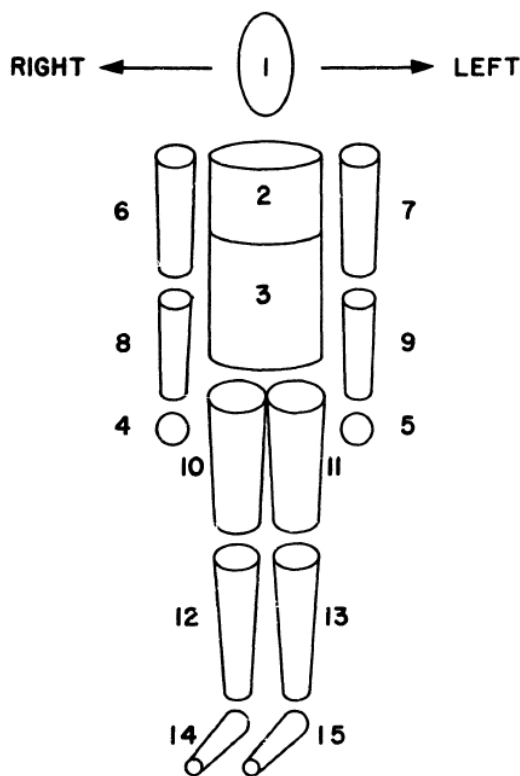


Abbildung 11: Das mathematische Modell (Hanavan, 1964, S. 8)

Die Bezeichnung der einzelnen Elemente ist wie folgt:

1. Kopf
2. oberer Torso
3. unterer Torso
4. rechte Hand

5. linke Hand
6. rechter Oberarm
7. linker Oberarm
8. rechter Unterarm
9. linker Unterarm
10. rechter Oberschenkel
11. linker Oberschenkel
12. rechter Unterschenkel
13. linker Unterschenkel
14. rechter Fuß
15. linker Fuß (Hanavan, 1964)

Die sogenannte „Segmentale Methode“ nutzt anthropometrische Daten und mathematische Modelle um den Körperschwerpunkt zu berechnen. Hierbei wird der Körper mathematisch in Segmente zerlegt, wie zum Beispiel beim Modell von Hanavan (1964) in 15 simple geometrische Körper. Die Masse der einzelnen Segmente wird anhand von durchschnittlichen anthropometrischen Daten abgeschätzt. Die Positionen der einzelnen Segmentschwerpunkte werden bei dieser Methode ebenfalls aufgrund mittlerer anthropometrischer Werte, im prozentuellen Verhältnis zur Gesamtlänge des Segmentes, angenommen (Knudson, 2003, S. 179f). Anschließend kann die Position des Gesamtschwerpunktes des Körpers als eine gewichtete Summe über diese einzelnen Segmentschwerpunktpositionen ermittelt werden. Die Gewichtung erfolgt dabei über die Segmentmassen. Für die korrekte 3D-Kalkulation der Position und Bewegung der Segmente müssen bestimmte Landmarken am Körper getrackt (verfolgt) werden (Tisernad, Robert, Dumas, & Chéze, 2016). Unter Landmarken versteht man ausgezeichnete anatomische Punkte, die durch den/die Benutzer/in aufgrund besonderer geometrischer Eigenschaften bestimmt werden (Dickhaus & Handels, 2015, S. 267). Das markerlose Tracking kann automatisch oder manuell erfolgen. Beim manuellen Prozess benötigt man die Identifizierung bestimmter Landmarken am Körper, wie zum Beispiel Gelenke oder Segmentendpunkte, die per Mausklick Bild für Bild getrackt werden. Normalerweise handelt es sich bei den Landmarken der manuellen Digitalisierung um Gelenkszentren (Leser & Roemer, 2015, S. 85).

Die Berechnungen der Position und der Geschwindigkeit des Gesamtschwerpunktes des Homonoids sehen wie folgt aus:

Sei nun M_i die Segmentmasse und $\bar{\rho}_i$ der Schwerpunktspositionsvektor des i -ten Segments im globalen Koordinatensystem. Dann ist die Position des Homonoidschwerpunktes zu jedem Zeitpunkt t_k definiert durch den Vektor

$$\bar{\rho} := \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{15} M_i \bar{\rho}_i$$

wobei die Gesamtmasse des Homonoids,

$$M = \sum_{i=1}^{15} M_i$$

beträgt.

Die Berechnung der Gesamtschwerpunktgeschwindigkeit ergibt sich dann aus der Differentiation der obigen Gleichung:

$$\dot{\bar{\rho}} := \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{15} M_i \dot{\bar{\rho}}_i$$

(Hatze, 1986, S. 37)

Nach der Beschreibung der Sportart Judo, des Krafttrainings und der biomechanischen Bewegungsanalyse werden in den nun folgenden Kapiteln 5 und 6 die Problemstellung sowie die Forschungsfrage und die aufgestellte Hypothese behandelt.

4 Krafttraining

Zunächst werden in den Punkten 4.1 und 4.2 die verschiedenen Erscheinungsformen und Trainingsmethoden der Kraft definiert und beschrieben.

4.1 Begriffsbestimmung

Der Begriff Kraft und seine verschiedenen Manifestationsformen lassen sich stets unter dem Aspekt der allgemeinen oder speziellen Kraft betrachten. Dabei wird als die allgemeine Kraft diejenige Kraft bezeichnet, die sportunabhängig auf alle Muskelgruppen bezogen wird. Die spezielle Kraft ist diejenige Manifestationsform, die für eine bestimmte Sportart typisch ist. Dabei

muss beachtet werden, dass Kraft in den verschiedensten Sportarten stets in Kombinationen oder Mischformen auftritt (Weineck, 2010, S. 371).

In Abbildung 12 werden die drei Hauptformen der Kraft dargestellt:

- Maximalkraft
- Schnellkraft
- Kraftausdauer

Diese drei Hauptformen können noch durch die Reaktivkraft, die der Schnellkraft sehr ähnlich ist, ergänzt werden.

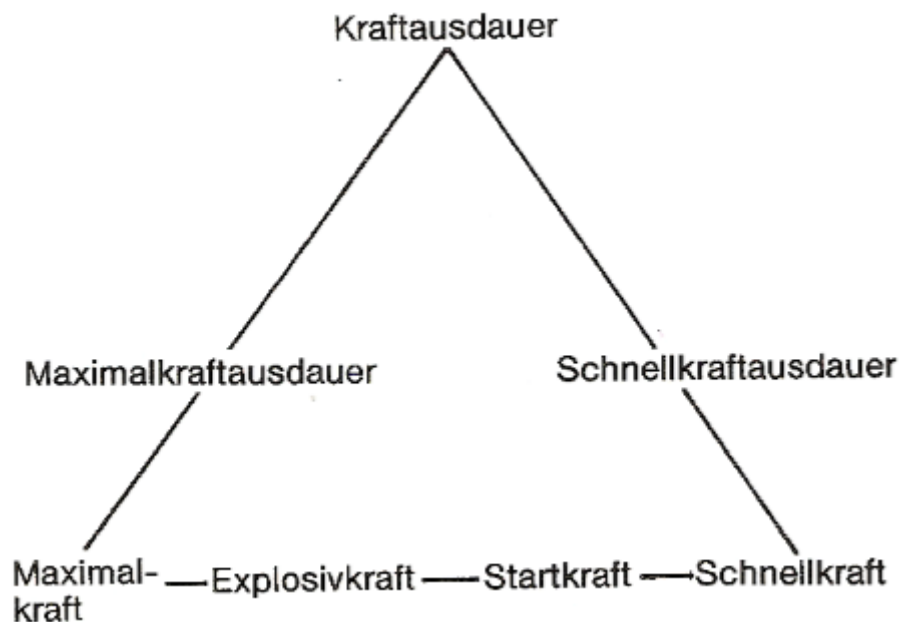


Abbildung 12: Wechselbeziehungen der drei Hauptformen der Kraft (Weineck, 2010, S. 372)

In Abbildung 13 werden die verschiedenen Erscheinungsformen und Subkategorien der Kraft abgebildet.

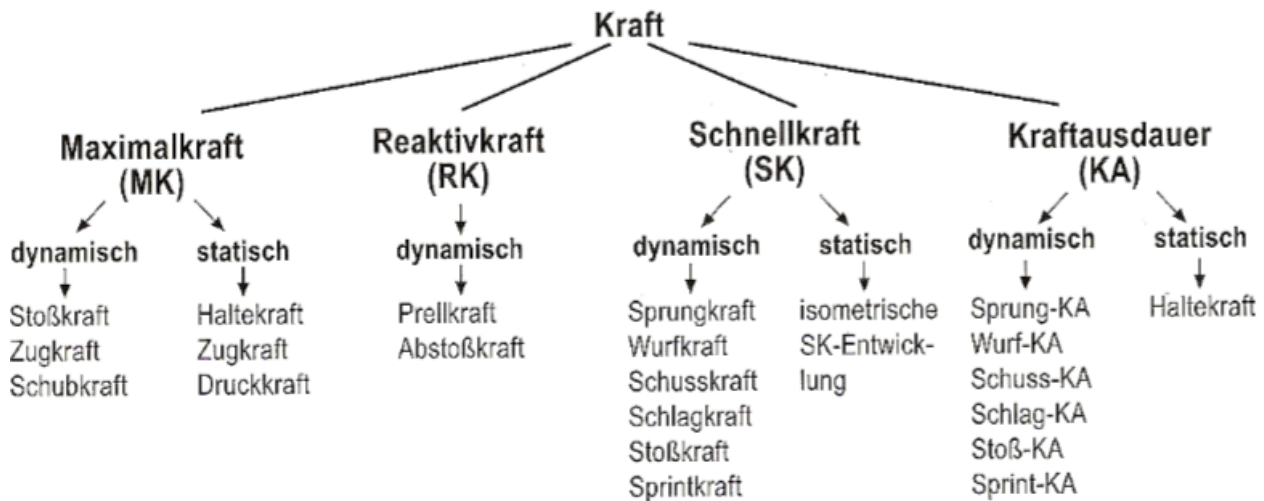


Abbildung 13: die verschiedenen Kraftfähigkeiten und Erscheinungsformen (Weineck, 2010, S. 372)

Die einzelnen Kraftarten werden in den folgenden Unterpunkten genauer beschrieben und in Bezug zu dieser Arbeit gesetzt.

4.1.1 Maximalkraft

„Die Maximalkraft stellt die höchstmögliche Kraft dar, die das Nerv-Muskel-System bei maximaler willkürlicher Kontraktion auszuüben vermag.“ (zit. in Weineck, 2010, S.371)

Nach Weineck (2010, S. 371) wird weiter unterschieden nach einer statischen und dynamischen Maximalkraft. Dabei ist die statische Maximalkraft jene höchste Kraft, die vom Nerv-Muskel-System³ bei willkürlicher Kontraktion gegen einen unüberwindbaren Widerstand ausgeübt werden kann. Im Gegenzug dazu ist die dynamische Maximalkraft die höchste Kraft, die das Nerv-Muskel-System bei willkürlicher Kontraktion innerhalb eines Bewegungsablaufs generiert werden kann (Weineck, 2010, S. 373). In dieser Arbeit wird auf die dynamische Maximalkraft fokussiert und wird im Folgenden mit Maximalkraft bezeichnet.

Die Maximalkraft (statisch und dynamisch) ist von folgenden Komponenten abhängig:

- physiologischer Muskelquerschnitt
- intermuskuläre Koordination
- intramuskuläre Koordination

Über jede dieser drei Komponenten kann eine Erhöhung der Maximalkraft erreicht werden. Nur mit Hilfe der Verbesserung der intramuskulären Koordination ist eine Kraftzunahme ohne

³ Als Nerv-Muskel-System wird die funktional integrierte Gesamtheit aus Nerven und Muskeln im Körper beschrieben (Rippetoe, 2016, S. 65).

wesentliche Querschnitts- und Gewichtszunahme möglich (Weineck, 2010, S. 373). Da dies in Sportarten mit Gewichtsklassen wichtig ist, wird in dieser Arbeit die Methode des intramuskulären Koordinationstrainings präferiert.

4.1.2 Schnellkraft

„Die Schnellkraft kennzeichnet die neurotendomuskuläre Fähigkeit, einen möglichst großen Kraftimpuls bzw. Kraftstoß in kurzer Zeit zu generieren.“ (zit. in Güllich, 2013, S. 468)

Die Schnellkraft kann dabei in unterschiedlichen Extremitäten, verschieden ausgeprägt sein. Zum Beispiel kann ein Boxer über schnelle Arme und langsame Beine verfügen. Sie kann gut durch die Kennwerte der Kraft-Zeit-Verlaufskurve, die in Abbildung 14 dargestellt wird, beschrieben werden.

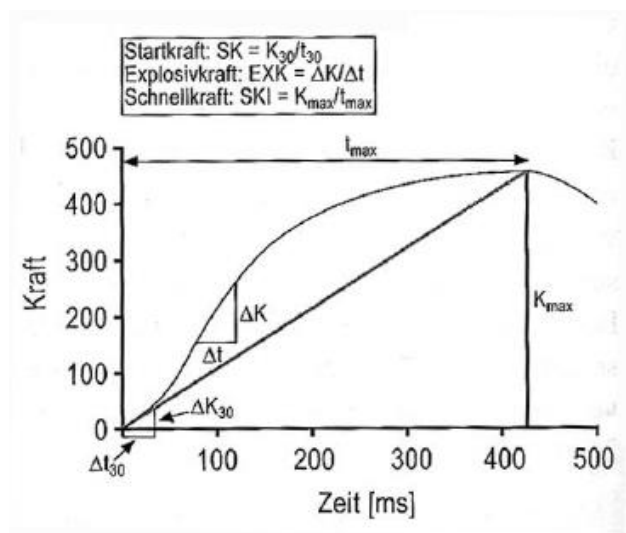


Abbildung 14: Kraft-Zeit-Verlaufskurve mit charakteristischen Kennwerten (Weineck, 2010, S. 374)

Der Kraftanstieg zu Beginn der Kraftentfaltung wird hierbei als Startkraft bezeichnet und man kann ihn in der obigen Grafik als Kraftkurve in den ersten 30 ms erkennen. Als Explosivkraft wird der steilste Anstieg der Kraft-Zeit-Kurve charakterisiert ($\Delta K/\Delta t$) und als Schnellkraft wird der Kraftanstieg bis zum Erreichen des Kraftmaximums bezeichnet ($K_{\max}/t_{\max}$). Somit ist die Schnellkraft von der Start-, Explosiv und Maximalkraft abhängig (Weineck, 2010, S. 374).

Studien haben ergeben, dass der Korrelationsgrad der Maximalkraft und der Bewegungsgeschwindigkeit mit der Vergrößerung der Last erhöht. Das bedeutet, dass wenn die zu überwindende Last höher wird, auch der Einfluss der Maximalkraft für die Schnellkraft zunimmt (Weineck, 2010, S. 377).

Daraus wird für diese Arbeit abgeleitet, dass für die in der in Kapitel 2.5 beschriebenen Kuzushi/Tsukuri Vorbereitungsphase erforderliche Schnellkraft auch von der Maximalkraft abhängt. Demnach könnte ein Maximalkrafttraining diese positiv beeinflussen.

4.1.3 Reaktivkraft

„Als reaktives Bewegungsverhalten bezeichnet man die Fähigkeit des Organismus aus einer abbremsenden (exzentrischen) Bewegung heraus, in kürzester Zeit einen möglichst hohen konzentrischen Kraftanstieg produzieren zu können (Schmidtbleicher/Gollhofer 1985, 271). Unter Reaktivkraft versteht man demnach die Muskelleistung, welche innerhalb eines Dehnungs-Verkürzungszyklus (DVZ) einen erhöhten Kraftstoß generiert (vgl. Martin/Carl/Lehnertz 1991; Neubert 1999, 7; Steinhöfer 2003, 8).“ (zit. in Weineck, 2010, S. 378)

Aufgrund neuronaler und mechanischer Besonderheiten wird die Reaktivkraft in der Literatur als eigenständige Erscheinungsform von der Schnellkraft abgegrenzt. Sie ist im Wesentlichen abhängig von:

- morphologischen-physiologischen Faktoren: anthropometrische Voraussetzungen, Muskelmasse, willkürliche Aktivierungsfähigkeit, usw.
- koordinativen Faktoren: intra- und intermuskuläre Koordination
- motivationalen Faktoren: Leistungsbereitschaft, Willensstärke, Konzentration (Weineck, 2010, S. 378)

4.1.4 Kraftausdauer

„Die Kraftausdauerleistungsfähigkeit lässt sich als Ermüdungswiderstandsfähigkeit gegenüber Belastungen größer 30% des individuellen isometrischen Kraftmaximums definieren.“ (Weineck, 2010, S. 379)

Im Bereich der Kraftausdauer liegen bis heute keine nennenswert haltbaren sportwissenschaftlichen Definitionen vor. Es wird aber unterschieden zwischen allgemeiner und spezieller sowie zwischen dynamischer und statischer Kraftausdauer. Dabei versteht man bei der

- allgemeinen Kraftausdauer jene Ermüdungswiderstandsfähigkeit⁴, die unter Einsatz von mehr als ein Siebtel bis ein Sechstel der gesamten Skelettmuskulatur besteht und unter

⁴ Die Ermüdungswiderstandsfähigkeit bezeichnet die Fähigkeit eines/einer Sportlers/Sportlerin eine bestimmte Leistung oder Geschwindigkeit aufrecht erhalten und die Ermüdung hinauszögern zu können (Güllich, 2013, S. 460).

- lokaler Kraftausdauer die Ermüdungswiderstandsfähigkeit, die unter Einsatz von weniger als ein Siebtel bis ein Sechstel der gesamten Skelettmuskulatur besteht (Weineck, 2010, S. 381).

Im Zentrum dieser Arbeit stehen die Schnell- und Maximalkraft. In Abgrenzung dazu wurden die Reaktivkraft und Kraftausdauer näher erläutert.

4.2 Methoden des Krafttrainings

Die folgenden Unterpunkte behandeln die Methoden, die erforderlich sind, um die vier in Punkt 4.1.1 bis 4.1.4 genannten Erscheinungsform der Kraft zu trainieren.

4.2.1 Maximalkrafttraining

Um die Maximalkraft zu verbessern sind hohe Belastungsintensitäten und ausreichend lange Anspannungszeiten notwendig. Wie bereits oben angesprochen, kann die Maximalkraft durch eine Zunahme von Muskelmasse, ein intramuskuläres Koordinationstraining oder durch ein kombiniertes Training erhöht werden. Eine Übersicht über die verschiedenen Durchführungsmodalitäten wird in Tabelle 3 aufgezeigt (Weineck, 2010, S. 486)

	Maximalkrafttraining		
Trainingsart	Muskelaufbautraining	Kombiniertes Training	Intramuskuläres Koordinationstraining
Charakterisierung	Muskelfaserverdickung (=Hypertrophie)	Hypertrophie und synchrone Aktivierungserhöhung motorischer Einheiten	Synchrone Aktivierungserhöhung motorischer Einheiten
Anwendungsbereiche	Für alle Sportarten und Anwendungsbereiche als Krafttrainingsgrundart	Vorwiegend für Leistungs- und Hochleistungssportler/in nen	Leistungs- und Hochleistungssport
Trainingsmethoden und Belastung	• Methode hoher Wiederholungszahlen (10-15) und geringer Intensitäten (40-60%) • Desmodromisches Training • Isometrisches Training	• Stato-dynamische Methode • Methode „120-80“ • Elektrostimulation	• Methode hoher und höchster Intensitäten (75-100%) und geringer Wiederholungszahlen (1-5) • Methoden reaktiver Belastung (100% und >100%) • Exzentrisches Training • Elektrostimulation

Tabelle 3: Trainingsart, Anwendungsbereich, Trainingsmethoden und Belastung zur Steigerung der Maximalkraft (Weineck, 2010, S. 486)

Laut Weineck (2010, S. 486f) wird das Maximalkrafttraining in Muskelaufbautraining, kombiniertes Training und intramuskuläres Koordinationstraining unterschieden wobei für die vorliegende Studie die Methode des intramuskulären Koordinationstrainings mit hohen und

höchsten Intensitäten (75%-100%) und geringen Wiederholungszahlen (1-5) ausgewählt wurde. Diese ist charakterisiert durch eine synchrone Aktivierungserhöhung der motorischen Einheiten und für den Leistungs- und Hochleistungssport geeignet.

4.2.2 Schnellkrafttraining

Die Schnellkraft ist vor allem abhängig von

- der intermuskulären Koordination,
- der intramuskulären Koordination,
- der Kontraktionsgeschwindigkeit und
- der Kontraktionskraft der aktivierten Muskelfasern.

Intermuskuläres Koordinationstraining kann durch ein entsprechendes sportartspezifisches Techniktraining realisiert werden. Die intramuskuläre Koordination und die Kontraktionsgeschwindigkeit profitieren am meisten von explosiven dynamischen maximalen Krafteinsätzen, welche vor allem in exzentrischen, plyometrischen und konträren Trainingsformen auftreten. Die Kontraktionskraft wird vor allem über die Methode von maximalen Kraftleistungen gesteigert (Weineck, 2010, S. 488).

4.2.3 Reaktivkrafttraining

Bei dieser Trainingsform ist die Methode der Wahl Plyometrie mit dem charakteristischen Einsatz des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ). Beim Reaktivkrafttraining sollte aber auch stets beachtet werden, dass eine parallele Entwicklung von Maximal- und Schnellkraft stattfinden und ihre Umsetzung in die reaktive Bewegungsleistung erfolgen sollte (Weineck, 2010, S. 489).

4.2.4 Kraftausdauertraining

Auch bei dieser Trainingsform ist das Maximalkraftniveau mitentscheidend für die Anzahl der möglichen Wiederholungen. Methoden, die bei dieser Trainingsform eingesetzt werden sind das dynamische Krafttraining mit maximaler Wiederholungszahl und das statische Krafttraining mit maximalen Haltezeiten. Zirkeltraining eignet sich für das Kraftausdauertraining besonders (Weineck, 2010, S. 490).

Wie aus den Ausführungen ersichtlich, ist das Training der Maximalkraft ein wichtiger Faktor beim Aufbau aller anderen Kraftformen. Fokussiert wird für diese Arbeit daher auf das Maximalkrafttraining.

Die nächsten Punkte 4.3, 4.4 und 4.5 beschäftigen sich mit der Erstellung eines geeigneten Krafttrainingsplanes und mit den Variablen und Prinzipien welche es hierbei zu beachten gilt.

4.3 Programmgestaltung im Krafttraining

Um ein effektives Trainingsprogramm für bestimmte Athleten/innen individuell gestalten zu können, muss man auf verschiedene Trainingsprinzipien und Programmvariablen zurückgreifen. Die Trainingsprinzipien beinhalten

- Belastung,
- Spezifizierung,
- Anpassung,
- Fortschritt,
- Individualisierung und
- Aufwand (Bird, Tarpenning, & Marino, 2005).

Sie bestimmen die Sicherheit und die Effektivität des Krafttrainings und müssen auf

- das individuelle Level der Kondition,
- trainierbare Krafttype und
- die persönlichen Ziele der Sportler

abgestimmt sein (Bird, Tarpenning, & Marino, 2005).

Um ein spezifisches Output eines Krafttrainings zu erreichen, ist die Bestimmung verschiedener Programmvariablen erforderlich. Diese wirken sich auf den Effektivitätsgrad und den Stimulus des Krafttrainings aus. Die Variablen, die derzeit als am sinnvollsten erachtet werden, sind:

- Arbeitsweise des Muskels
- Last
- Umfang
- Übungsauswahl
- Übungsreihenfolge
- Pausenzeit
- Wiederholungsgeschwindigkeit
- Frequenz (Bird, Tarpenning, & Marino, 2005)

Bevor jedoch die einzelnen Trainingsprinzipien und Programmvariablen besprochen und geplant werden können, müssen noch eine Reihe von Fragen bezüglich des Umfeldes geklärt werden. Übliche Fragen in der Trainingsplanung sind zum Beispiel:

- Gibt es gesundheitliche oder verletzungstechnische Bedenken, welche die Übungsausführung oder -intensität beeinflussen?
- Welche Art von Equipment (z.B. freie Gewichte, Maschinen, Bänder/Schläuche, Medizinbälle, ...) sind verfügbar und werden bevorzugt?
- Was ist die angestrebte Trainingsfrequenz und gibt es zeitliche Einschränkungen, die sich auf das Training auswirken könnten?
- Welches ist das angestrebte Energiesystem (aerobic, anaerobic)?
- Welche Arbeitsweise der Muskulatur sollte trainiert werden?
- Wenn für eine bestimmte Sportart trainiert werden soll, was sind die üblichen Verletzungen in der Sportart? (Kraemer & Ratames, 2004)

Anschließend werden noch die Ziele des Krafttrainings festgesetzt. Allgemeine Ziele von Krafttraining sind im Bereich Muskelzuwachs, Kraft, Leistung, Schnelligkeit, lokaler Ausdauer, Balance, Koordination, Flexibilität, Verbesserung der allgemeinen Gesundheit und Rehabilitation von Verletzungen (Kraemer & Ratames, 2004).

Für die vorliegende Studie werden die Trainingsprinzipien, die Fragen über das Umfeld bzw. die Ziele im Kapitel 7 beantwortet.

Nach der Klärung dieser Fragen über das Umfeld und die Ziele des Krafttrainings können die einzelnen Programmvariablen für den Trainingsplan erstellt werden. Die Programmvariablen werden nun im Folgenden im Punkt 4.4 allgemein und im Unterpunkt 4.6.3 judospezifisch erläutert.

4.4 Programmvariablen

Die Festlegung der Variablen im Trainingsprogramm wirkt sich auf den Stimulus und die favorisierten Bedingungen des Programmes aus. Aus diesen Gründen wird für angemessene Trainingsprogramme jede einzelne der Variablen an das angestrebte Ziel angepasst. Im Folgenden werden die Variablen näher beschrieben.

4.4.1 Arbeitsweise des Muskels

Die meisten Trainingsprogramme beinhalten primär dynamische Wiederholungen mit konzentrischer und exzentrischer Arbeitsweise. Isometrische Übungen spielen meist eine sekundäre Rolle. Die größere Kraft pro Einheit wird in der exzentrischen Arbeitsweise produziert. Manche Trainingsprogramme enthalten auch verschiedenste Formen des isometrischen Trainings, den Einsatz von supramaximalen exzentrischen Muskelaktionen oder ausgleichenden Gegenständen wie Bänder oder Ketten, um die Kraft oder Hypertrophie zu maximieren (Kraemer & Ratames, 2004).

4.4.2 Last

Die Last beschreibt den Anteil des gehobenen Gewichtes oder des Widerstands einer Übung und ist stark abhängig von anderen Variablen, wie z.B. Übungsreihenfolge, Umfang, Frequenz, Arbeitsweise des Muskels, Wiederholungsgeschwindigkeit und Pausenzeit. Zum Beispiel werden Lasten größer als 80-85 % des 1 RM (one repetition maximum)⁵, mit 1-6 Wiederholungen, benötigt um die maximale dynamische Kraft zu erhöhen (Kraemer & Ratames, 2004).

4.4.3 Umfang

Der Trainingsumfang ergibt sich im Allgemeinen aus der Anzahl der Sätze und Wiederholungen, die in einem Training absolviert werden. Es wurde gezeigt, dass einige Systeme wie Nerven, Stoffwechsel, Hormone und Muskeln sensibel auf Veränderungen des Umfangs reagieren. Der Trainingsumfang kann durch die Anzahl der Übungen in einer Trainingseinheit, die Anzahl der absolvierten Wiederholungen oder die Anzahl der absolvierten Sätze pro Übung verändert werden. Typischerweise sind Trainingsprogramme mit schweren Lasten, wenigen Wiederholungen aber einer mittleren bis hohen Anzahl von Sätzen eher Programme mit niedrigem Umfang. Die Intensität und der Trainingsumfang sind indirekt proportional (Kraemer & Ratames, 2004).

4.4.4 Übungsauswahl

Bei der Übungsauswahl gibt es im Allgemeinen zwei Typen von Übungen:

- eingelenkige Übungen, bei denen ein Gelenk oder eine Hauptmuskelgruppe belastet werden und

⁵ Das sogenannte „one repetition maximum“ oder 1 RM ist sportpraktisch von großer Bedeutung. Es entspricht der maximalen Last, die bei einer spezifischen Kraftübung einmal über die volle Bewegungsamplitude bewältigt werden kann. Es kennzeichnet damit die dynamisch-konzentrische Maximalkraft und dient im Training als „Referenzpunkt“ für die Beschreibung der Belastungsintensität (Güllich, 2013, S. 468).

- mehrgelenkige Übungen, bei denen mehr als ein Gelenk oder eine Hauptmuskelgruppe belastet werden.

Um spezifische Muskelgruppen zu trainieren werden typischerweise eingelenkige Übungen verwendet. Es wird angenommen, dass aufgrund der niedrigen Fertigungs- und Technikvoraussetzungen eine geringere Verletzungsgefahr besteht. Mehrgelenkige Übungen dagegen erfordern eine komplexere neuronale Aktivierung und Koordination aufgrund der größeren involvierten Muskelmasse. Sie gelten im Allgemeinen, für einen Zuwachs an Kraft und Explosivität, als höchst-effektiv (Kraemer & Ratames, 2004).

4.4.5 Übungsreihenfolge

Die Reihenfolge der Übungen und Anzahl von trainierten Muskelgruppen während eines Workouts, haben eine signifikante Auswirkung auf die muskuläre Kraftentwicklung während des Trainings. Hier gibt es drei zugrundeliegende Strukturen:

- das Ganzkörpertraining, bei dem alle Hauptmuskelgruppen in einem Training involviert sind,
- das Ober/Unterkörper-Split-Training, bei dem in einem Training der Oberkörper und im anderen die unteren Extremitäten trainiert werden und
- das Muskelgruppen-Split-Training, bei dem nur spezifische Muskelgruppen während eines Workouts trainiert werden.

Bei der Übungsreihenfolge gibt es außerdem mehrere Punkte zu beachten:

1. Große Muskelgruppen vor kleinen Muskelgruppen
2. Mehrgelenkige Übungen vor eingelenkigen Übungen
3. Komplexe Übungen vor Grundübungen
4. Oberkörper und untere Extremitäten abwechseln oder Agonist-Antagonist Beziehung ausnutzen
5. Hochintensive vor niedrigintensiven Übungen (Kraemer & Ratames, 2004)

4.4.6 Pausenzeit

Die Pausenzeit hängt von der Trainingsintensität, den Zielen, dem Fitnesslevel und dem angestrebten Energiestoffwechselsystem ab. Die Zeit zwischen den Sätzen und Übungen wirkt sich stark auf den Stoffwechsel, auf die Hormone und auf das kardiovaskuläre System aus. Kurze

Pausenzeiten sind zum Beispiel typisch für Hypertrophie- und lokales Ausdauertraining (Kraemer & Ratames, 2004).

4.4.7 Wiederholungsgeschwindigkeit

Die Ausführungsgeschwindigkeit wirkt sich auf das neuronale System, die Hypertrophie und den Stoffwechsel aus. Die größten Kraftanpassungen wurden beim Training mit moderater Geschwindigkeit gemessen (Kraemer & Ratames, 2004).

4.4.8 Frequenz

Die Frequenz inkludiert die Anzahl der Trainingseinheiten oder Muskelgruppen pro Woche. Sie ist abhängig von mehreren Faktoren, wie:

- Intensität,
- Übungsauswahl,
- körperlicher Zustand,
- Trainingsstatus.

Zum Beispiel ist bei Training mit schweren Lasten die benötigte Erholungszeit höher und der/die Athlet/in benötigt ca. 72 h um sich zu erholen. Daraus resultiert, dass er/sie eine Frequenz von 3-4 Trainingstagen pro Woche hat (Kraemer & Ratames, 2004).

4.5 Aufwärmen

Nun wird noch ein optimales Aufwärmprogramm für ein Krafttraining beschrieben. Ein Warm-up sollte dem Workout angemessen sein. Wenn es aus einem Krafttraining besteht, sollte das Aufwärmen genau auf dieses vorbereiten. Ein mögliches Aufwärmen für ein Krafttraining kann folgendermaßen aussehen:

1. 3-5 Minuten am Ergometer fahren oder rudern
2. Zielübung zunächst mit der leeren Langhantel im vollen Bewegungsumfang ausführen
3. Das Gewicht in 3- 5 Sätzen in gleichmäßigen Schritten erhöhen, bis der/die Athlet/in für das Gewicht in den Arbeitssätzen bereit ist
4. Wiederholung der Punkte 2. und 3. für jede weitere Übung

Die Aufgabe des Aufwärmens ist es, dem/die Athlet/in auf die Arbeitssätze vorzubereiten und ihn/sie nicht zu beeinträchtigen. Wenn der letzte Aufwärmesatz zu nahe am Gewicht des

Arbeitssatzes liegt und somit zu anstrengend wird, ist dies eher hinderlich und nicht zielführend (Rippetoe, 2016, S. 91).

Die vorhergehenden Punkte haben sich allgemein mit der Erstellung eines Krafttrainingsplanes beschäftigt. Im nächsten Punkt werden die besonderen Anforderungen an ein Krafttraining im Bereich Judo beschrieben.

4.6 Krafttraining im Judo

Es gibt eine große Anzahl an Studien, die einen starken Zusammenhang zwischen Kraft und sportlicher Leistung belegen. Eine einfache Rechnung, bei der die sportlichen Fertigkeiten der Athlet/innen außer Acht gelassen werden, kann dies ebenfalls verdeutlichen. Ein/e Judosportler/in möchte eine/n Gegner/in von 70 kg heben und werfen. Seine/Ihre benötigten Anstrengungen in den Beinen sind geringer, wenn 70 kg einem niedrigeren Prozentsatz des eigenen 1 RM in der Kniebeuge entspricht. Wenn das eigene 1 RM zum Beispiel 140 kg beträgt, so entspricht 70 kg nur 50% des konzentrisch-dynamischen Kraftmaximums in den Beinen. Vergleicht man dies mit einem 1 RM von 70 kg in der Kniebeuge, so entspricht das Heben und Werfen des/der Gegners/Gegnerin 100% des maximalen konzentrisch-dynamischen Kraftmaximums des/der Sportlers/Sportlerin (Burns & Callan, 2017, S. 48).

Dennoch hört man von einigen Trainern/innen, dass das Training mit schweren Gewichten die Athlet/innen langsam und schwerfällig macht, aber über fünfzig Jahre an Forschung und Entwicklung im Krafttraining konnten diese Theorie komplett widerlegen. Ein Prinzip des Judo ist auch, dass ein höheres technisches Level für gewöhnlich über Kraft triumphiert. Doch es gibt einige Fälle von starken Judoka in der Weltspitze, die durch ihre physische Überlegenheit gegenüber anderen mit höheren Fertigkeiten gewinnen. Das Ziel des Krafttrainings im Judo ist es, die Fähigkeiten der Sportler/innen zu verbessern, um ihre Techniken ausführen zu können (Burns & Callan, 2017, S. 48f).

Um im Wettkampf erfolgreich zu sein, müssen sich Judoka sicher und effektiv bewegen, dürfen keine Haltungsschwächen, fehlerhafte Bewegungsmuster oder muskuläre Dysbalancen aufweisen. Aus diesen Gründen muss ein Krafttrainingsprogramm für Judo Athlet/innen die

- Bewegungsqualität,
- Kraft,
- Schnelligkeit und
- Explosivität

des/der Sportler/in steigern. Außerdem sollte es dabei unterstützen, den/die Athleten/in vor Verletzungen zu schützen (Henry, 2011).

Zusammengefasst ist der Zweck des Krafttrainings dem Judoka die Kapazitäten zu geben, den Umfang und die Intensität des Judotrainings mit bestmöglichen Voraussetzungen absolvieren um erfolgsnotwendige Fortschritte erreichen zu können. Um die Vorteile der Leistungssteigerung und Verletzungsprophylaxe nutzen zu können, sollte in jeder Phase des Judotrainings ein Element des Krafttrainings vorkommen. Sei es Grundausbildung, Explosivität oder Maximalkraft. Die Art des Krafttrainings ist davon abhängig in welcher Phase sich der/die /Sportler/in gerade befindet (Burns & Callan, 2017, S. 49).

Im Folgenden wird auf die speziellen Bedürfnisse an ein Krafttraining im Judo, die am häufigsten verwendeten Krafttrainingsformen im Judo und die spezifische Ausgestaltung der Programmvariablen im Judo eingegangen.

4.6.1 Bedürfnisse der Sportart Judo an ein Krafttraining

Bei der Planung eines geeigneten Krafttrainingsplanes im Judo ist zu beachten, dass judosportspezifische Übungen, wie Würfe, Festhalter, Hebel oder Würger, nicht exakt in der Kraftkammer nachgemacht werden können, da die Amplituden und Richtungen der einzelnen Bewegungen mit Gewichten von denen in einer Wettkampfsituation abweichen. Deswegen sollten judosportspezifische Übungen auf der Matte mittels Technikübungen oder Übungswettkämpfen erfolgen. Trotzdem sollten die Eigenheiten der Sportart berücksichtigt werden (Henry, 2011).

Was muss bei der Erstellung eines geeigneten Krafttrainings für Judoka beachtet werden?

- Die Ausführungen von Judotechniken erfordern von dem/der Sportler/in die Koordination verschiedenster Gelenke. Der/die Sportler/in muss sich einem bewegten Körperschwerpunkt plus dem Gewicht und der Kraft des Gegenübers, anpassen. Aus diesen Gründen ist die Mobilität und Stabilität der Gelenke besonders wichtig im Krafttraining für Judo.
- Auch der Rumpf spielt eine entscheidende Rolle in diesem Sport. Der Ausgleich zwischen Oberkörper und den unteren Extremitäten, genauso wie die eingebundene Rumpfkraft, muss beim Design und der Anwendung eines adäquaten Krafttrainingsprogramms berücksichtigt werden. Zur Rumpfmuskulatur zählen überwiegend die Muskeln der Lumbalwirbelsäule, der Bauchdecke, Rücken-Extensoren und der M. quadratus

lumborum. Heutzutage weiß man, dass sich der Rumpf auch weiter über den unteren Rücken und Abdomenbereich erstreckt. Er beinhaltet auch Muskeln des Pelvis, der Beine und Arme, wie M. biceps femoris, M. gluteus maximus, den mittleren Teil des M. trapezius und dem M. latissimus dorsi.

- Wenn man die Strukturen des Körpers und das Zusammenspiel der Muskeln versteht, kann man daraus ein effektives Programm entwickeln. Der Körper ist anterior und posterior durch diagonale Strukturen verbunden. Ein geeigneter Trainingsplan sollte eine geeignete Belastungsübertragung zwischen den unteren und oberen Extremitäten trainieren, um eine stabile Hüfte und einen stabilen Rücken zu forcieren.
- Ein eigenes Gebiet stellt die Beinmuskulatur in der Trainingsplanung dar. Aufgrund der Regeländerungen hat die Effektivität der Bein-dominanten-Würfe im Gegensatz zu den Arm-dominanten-Würfen zugenommen. Viele der Würfe werden sogar auf einem Bein ausgeführt wie Uchimata und Osotogari. (Henry, 2011)

4.6.2 Krafttrainingsarten im Judo

Im Grapplingsport, zu dem auch der Judosport gehört, gibt es verschiedene Trainingssysteme. Einige der am häufigsten verwendeten Systeme werden in den nächsten Unterpunkten erörtert.

4.6.2.1 Krafttraining mit Gewichten

Das Training mit Gewichten ist eines der Haupttrainingsmethoden im Krafttraining eines Judoka außerhalb des Judotrainings. Die ausgewählten Übungen sollten aus folgenden Bereichen kommen:

1. Olympische- und Kraftdreikampfübungen: z.B. Standumsetzen, Standreißen, Schwungdrücken, Jump Squat, High Pull, einbeiniges Umsetzen/Reißen, einarmiges Umsetzen/Reißen;
2. Grundübungen: z.B. Kniebeuge hinten, Kniebeuge vorne, Reißkniebeuge, Ausfallschritt, Beinpresse, Kreuzheben, Lat-Zug, verschiedene Variationen von Klimmzügen, vorgebeugtes Rudern, Bankdrücken (flach, schräg, negativ), Dips, Schulterdrücken, Langhantelrotation, verschiedene Variationen von Liegestütz, Shrugs, Arm-curls, Trizeps-strecker, Kettlebell-swings, verschiedene Übungen am Kabelzug;

3. Unterstützungsübungen: z.B. Variationen der vorher genannten Übungen, verschiedene Übungen mit Kurzhanteln, Maschinen, Kettlebells, Bändern und Ketten, aber auch Übungen wie Langhantel-Rotationen (Ratamess, 2011)

4.6.2.2 *Plyometrisches Training*

Diese Übungen nutzen den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus und minimieren somit die benötigte Zeit zwischen exzentrischer und konzentrischer Phase. Plyometrisches Training erhöht Kraft, Explosivität und Geschwindigkeit. Jede Wiederholung in diesem Training sollte mit maximaler Anstrengung⁶ erfolgen, egal ob in niedriger, mittlerer oder hoher Intensität trainiert wird. Plyometrische Übungen können auf drei verschiedene Arten in das Training integriert werden.

1. Sie können im Konditionstraining oder im judospezifischen Training angewendet werden, z.B.: durch verschiedene Sprünge, Seilklettern, Schattenübungen, Turnübungen oder Übungen mit Medizinbällen, Kettlebells, freien Gewichten, elastischen Bändern, Wurfgruppen, Sandsäcken, eigenes Körpergewicht, Slingtrainer, BOSU Ball, etc.
2. Sie können im Training mit Gewichten eingesetzt werden, z.B.: im Complex Training, bei dem das Postaktivierungspotential der Muskeln genutzt wird, um die plyometrische Leistung zu verbessern. Ein Beispiel dafür sind vertikale Sprünge nach einem Satz schwerer Kniebeugen.
3. Sie können ein eigenes plyometrisches Workout darstellen. Die Übungsauswahl sollte an die Anforderungen des Sports angepasst sein. Ein mögliches Workout könnte so aussehen: 3x10Wdh. Squat jumps, 3x8Wdh. (pro Seite) Medizinballwürfe zur Seite, 3x10Wdh. Squat jumps mit Drehung, 3x5Wdh. Medizinballwürfe nach hinten, 3x6Wdh. (pro Seite) Ausfallschrittsprünge, 3x10Wdh. Plyo Liegestütz, 3x8Wdh. Box Sprünge (Ratamess, 2011)

4.6.2.3 *Zirkeltraining*

Im Zirkeltraining wird die anaerobe Kapazität/Ausdauer der Sportler/innen gefördert. Zirkel erlauben es verschiedenste Übungen in kurzer Zeit auszuführen. Diese Trainingsart ist auch ein Stimulus für die aerobe Ausdauer. Es gibt verschiedene Arten von Zirkeln, welche verschiedene Übungen sowie sportspezifische Techniken beinhalten. Eine Steigerung des Zirkels kann über die

⁶ Als „Anstrengung“ wird hier die Kraft bezeichnet welche aufgewandt werden muss um ein Gewicht bewegen oder einen Widerstand überwinden zu können (www.oxfordreference.com).

Erhöhung der Gewichte, der Wiederholungen, der Zeitdauer oder der Anzahl der Übungen erfolgen (Ratamess, 2011).

4.6.3 Programmvariablen beim Maximalkrafttraining im Judo

Wie oben beschrieben, gibt es auch im judospezifischen Maximalkrafttraining Programmvariablen die manipuliert werden können, um ein geeignetes Umfeld zu schaffen und um in weiterer Folge Kraft zu entwickeln. Im Folgenden werden die an Judo angepassten Programmvariablen beschrieben.

- **Arbeitsweise der Muskeln:** Die Schlüsselbewegungen bei der Entwicklung der Kraft sind die Konzentrik und Exzentrik. Die isometrische Arbeitsweise spielt nur eine kleine Rolle. Im Judo gibt es aber sehr wohl Sequenzen, wie im Griff- oder Bodenkampf, in denen isometrische Kraft erforderlich ist. Diese Phasen werden aber zumeist in sport-spezifischen Übungen trainiert (Burns & Callan, 2017, S. 54).
- **Last:** Die erforderliche Last ist sehr individuell und unterliegt Änderungen aufgrund von Trainingserfahrung, Adaptionrate, Kraftlevel und vielen anderen Faktoren. Bei Anfängern können die Lasten viel niedriger gewählt werden und sie werden trotzdem Anpassungen erfahren, wonach bei Fortgeschrittenen Lasten von über 80 % des 1 RM erforderlich sind, um neuronale Anpassungen zu forcieren. Anfänger benötigen 60-70 % des 1 RM bei 8-12 Wiederholungen, Fortgeschrittene 70-85 % des 1 RM bei 5-8 Wiederholungen und höher Fortgeschrittene 80-100 % bei 1-5 Wiederholungen um Anpassungen zu erzielen (Burns & Callan, 2017, S. 54).
- **Umfang:** Je näher die Trainierenden an ihr 1 RM herankommen, desto wichtiger ist es, aufgrund der muskulären und neuromuskulären Ermüdung, Umfang und Intensität zwischen den Einheiten abzuwechseln um Fortschritte zu erreichen und ein Übertraining zu vermeiden (Burns & Callan, 2017, S. 54f).
- **Übungsauswahl:** Mehrgelenkige Übungen wie Kniebeuge, Kreuzheben, Bankdrücken und Bankziehen eignen sich sehr gut für den Kraftaufbau, weil sie große Muskelgruppen beanspruchen. Sie involvieren auch komplexe Vorgänge im Muskel, welche für die intramuskuläre Koordination und andere neuronale Abläufe, die für die Kraftentwicklung notwendig sind. Diese langhantelbasierten Mehrgelenksübungen erlauben es die Last zu erhöhen und in einem höheren Gewichtsumfang zu trainieren. Abgesehen von der

Kraftentwicklung fördern diese Art von Übungen auch die Fertigungs- und Technikentwicklung (Burns & Callan, 2017, S. 55).

- Übungsreihenfolge: Kniebeuge und Kreuzheben benötigen ein großes Potenzial an Koordination, Fokus und mentalen Anstrengungen. Aus diesem Grund ist es ratsam, diese Übungen an den Anfang des Workouts zu stellen. Unterstützungsübungen, eingelenkige Übungen und Übungen mit geringerer Last sollten eher am Ende des Workouts stehen, da sie weniger Fokus, Fertigkeit und mentale Anstrengung benötigen (Burns & Callan, 2017, S. 55f).
- Pausendauer: Übungen mit einer hohen Ermüdungsrate wie Mehrgelenksübungen die mit 80 % des 1 RM ausgeführt werden ist eine Pausendauer von ca. 3 Minuten erforderlich. Bei den Unterstützungsübungen mit geringerem metabolischen und mentalen Aufwand kann die Pausenzeit auf 1-2 Minuten reduziert werden (Burns & Callan, 2017, S. 56).
- Ausführungsgeschwindigkeit: Bei Anfängern ist es nicht ratsam im Krafttraining gleich mit einer explosiven Ausführung zu starten, da die technischen und physiologischen Voraussetzungen noch nicht gegeben sind. Bei Fortgeschrittenen kann die Ausführungsgeschwindigkeit variiert werden zum Beispiel als Methode um Langeweile und Übertraining vorzubeugen. Bei Lasten über 80 % des 1 RM muss man beachten, dass auch bei einer langsamen Bewegung, aufgrund der schweren Last, sich die Rekrutierung bzw. Synchronisation der Muskelfasern und die Explosivität weiterentwickeln (Burns & Callan, 2017, S. 56).
- Frequenz: Wenn das alleinige Ziel ist Kraft zu entwickeln, kann bis zu 4-5 Mal pro Woche trainiert werden. Bei Judoka ist mehr als 4 Mal die Woche unnötig, außer der/die Athlet/in ist verletzt oder verfolgt einen Block außerhalb der Wettkampfsaison. Ansonsten kann die Frequenz zwischen 2-4 Mal pro Woche betragen um ein komplettes Technik und Konditionstraining außerhalb des Krafttrainings ausüben zu können (Burns & Callan, 2017, S. 56).

Das nächste Kapitel behandelt die biomechanische Bewegungsanalyse und beschreibt ein mögliches Modell zur Schwerpunktbestimmung des menschlichen Körpers.

5 Problemstellung

Nach der Beschreibung Krafttrainings und der besonderen Anforderungen des Judo an ein Krafttraining stellt sich die Frage, wirkt sich eine höhere Maximalkraft positiv auf die Wurfgeschwindigkeit im Judo aus?

Als Referenz kann man die Ergebnisse einer Studie heranziehen, die sich mit einem Vergleich in Bezug auf die Fitness und dem anthropometrischen Profil zwischen internationalen und nationalen Medaillengewinnern im Judo in der Halb-Schwergewichtsklasse beschäftigt hat. Dabei wurden die international erfolgreichen als Elite-Judoka und die national erfolgreichen als Nicht-Elite-Judoka klassifiziert. Für die Ermittlung der physischen Fitness wurden unter anderem das 1RM (one-repetition maximum) beim Bankdrücken, Kniebeugen und Kreuzheben ermittelt. Des Weiteren wurde noch ein judospezifischer Leistungstest durchgeführt. Dazu mussten die Judoka abwechselnd zwei 4 Meter entfernt stehende Partner/innen werfen. Es wurden die Anzahl der Würfe gemessen, welche in 30 Sekunden ausgeführt wurden. Dabei durfte jeder/jede Sportler/Sportlerin seine/ihre Spezialtechnik wählen. Wenn man sich die ausgewertete Tabelle ansieht, kann man erkennen, dass die Elite-Judoka beim Bankdrücken im Durchschnitt um 19,0 kg, in der Kniebeuge um 9,0 kg und im Kreuzheben um 36 kg stärker waren. Im judospezifischen Test sieht man ebenfalls, dass die Elite-Judoka in den 30 Sekunden um durchschnittlich 1,8 Würfe mehr durchführen konnten (Drid, 2015).

Dadurch, dass beide Gruppen, Elite und Nicht-Elite-Judoka, erfolgreich an Wettkämpfen teilgenommen hatten und somit bei beiden die technischen Fähigkeiten ähnlich angenommen werden können, kann man die höhere Wurfrate auf eine höhere Wurfgeschwindigkeit zurückführen. Dabei fällt auf, dass nicht nur die Wurfgeschwindigkeit der Elite-Judoka eine höhere ist, sondern auch die 1 RM Werte höher sind, als bei den Nicht-Elite-Sportler/innen.

Diese Erkenntnis führt dazu, sich den Zusammenhang zwischen Maximalkraft und Wurfgeschwindigkeit in einer empirischen Studie genauer zu betrachten. Eine Schlüsselstellung bei einer effektiven Wurfausführung nimmt dabei, wie in den theoretischen Ausführungen gezeigt, die Anrissgeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase des Wurfes O-goshi ein. Für das Maximalkrafttraining sind hierbei die judospezifischen Bedingungen zu beachten.

6 Forschungsfrage/ Hypothese

Auf Basis der theoretischen Ausführungen und der angeführten Problemstellung leitet sich nun folgende Forschungsfrage für die vorliegende empirische Studie ab:

- Kann die Anrissgeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase eines Wurfes im Judo mittels Maximalkrafttraining positiv beeinflusst werden?

Folgende Hypothese wird aufgestellt:

- Die Anrissgeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase des Hüftwurfes O-goshi im Judo kann durch ein 9-wöchiges Maximalkrafttraining positiv beeinflusst werden.

Um die Forschungsfrage beantworten und die Hypothese überprüfen zu können, wurde eine empirische Studie durchgeführt, deren Methode im folgenden Kapitel 7 beschrieben wird.

7 Methode

In diesem Kapitel werden zunächst die Stichprobe selbst, danach Aufbau und Durchführung der Testung, die Auswertungen der erhaltenen Daten, die verwendete Statistik und am Schluss die von der Trainingsgruppe durchgeführte Intervention beschrieben.

7.1 Die Stichprobe

Um die Auswirkungen des Maximalkrafttrainings auf die Anrissgeschwindigkeit untersuchen zu können wurden 20 erfahrene männliche und weibliche Judoka aus 4 unterschiedlichen Judo-Vereinen in Österreich (drei davon aus Wien und einer aus Salzburg) ausgewählt. Als Ausschlusskriterien galten mangelnde Kenntnisse in der Ausführung des Wurfes O-goshi bzw. unzureichende technische Erfahrung im Bereich Langhanteltraining um ein Training mit schweren Gewichten (insbesondere im Freihantelbereich) bedenkenlos absolvieren zu können. Bei Trainingsanfängern mit geringem Leistungsniveau und wenig Bewegungserfahrung könnte sonst die starke Belastung, die mit einem Maximalkrafttest verbunden ist, ein nicht zu unterschätzendes Risiko darstellen (Weineck, 2010, S. 511).

Die Teilnehmenden wurden in 2 gleich große Gruppen aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgte randomisiert unter Berücksichtigung folgender Kriterien: derzeitige Phase des Judoka in der individuellen Krafttrainingsperiode sowie dessen Phase im Wettkampfkalender. Eine Gruppe fungierte als Trainingsgruppe, welche ein vorgegebenes Maximalkrafttraining durchführen sollte

und die andere als Kontrollgruppe. Das Maximalkrafttraining wird in Punkt 7.5 näher beschrieben.

Die Fallzahl von 10 Personen pro Gruppe wurde in Anlehnung an die Studie von (Fatouros, et al., 2000), die sich mit der Auswirkung eines 12-wöchigen plyometrischen-, Kraft- oder kombinierten Training auf die Sprungleistung beschäftigt. Hier wurden 4 Gruppen von Sportler/innen, mit jeweils 10 bzw. 11 Personen pro Gruppe, verglichen.

Bei den Teilnehmer/innen (Alter: $27,4 \pm 8,27$ Jahre) handelte es sich um 16 Männer und 4 Frauen, die, bis auf eine Person (1.Kyu), mindestens den 1. Dan im Judo besaßen.

7.2 Die Testungen

Von allen Teilnehmer/innen wurden zu Beginn in einer Eingangstestung und am Ende der Studie in einer Ausgangstestung die Wurfgeschwindigkeiten beim Wurf O-goshi gemessen. Dabei sollte, angelehnt an ähnliche Studien über Körperschwerpunktberechnungen im Judo (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006; Imamura, Iteya, Hreljac, & Escamilla, 2007), vorgegangen werden. Jeder/Jede Proband/in absolvierte drei Würfe bei der Eingangstestung und drei Würfe bei der Ausgangstestung. Zwischen den jeweiligen Testzeitpunkten lagen ca. 9 Wochen. Die Eingangstestungen begannen im März 2017 und die letzten Ausgangstestungen erfolgten im Mai 2017.

Zur Verbesserung der Vergleichbarkeit wurde statt einer geworfenen Person eine für die Proband/innen und den Wurf O-goshi geeignete zylindrische Wurfuppe verwendet. Der Dummy wird in Abbildung 15 dargestellt:



Abbildung 15: Speed Dummy

Diese Wurfuppe wird benutzt, um hohe Bewegungs- und Wurfgeschwindigkeiten und Intensitäten trainieren zu können. Sie wird von den Herstellern für Athleten/Athletinnen zwischen ca. 60 und 90 kg empfohlen (<https://suples.com>).

Um verschiedene Punkte des Dummys im anschließenden Video besser erkennen zu können, wurden zur Unterstützung bei der Auswertung Punkte, die äquivalent zu Schultergelenkszentrum, Ellbogengelenkszentrum, Handgelenkszentrum, Kehlkopfgrube, Nacken und Füße mit ca. 3 cm großen, runden schwarzen Markern versehen, wie in Abbildung 16 aufgezeigt.

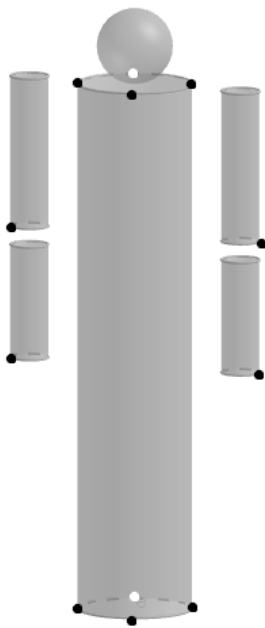


Abbildung 16: schematischer Dummy mit Markerpunkten (schwarz= Vordergrund, weiß= Hintergrund)

Wie in ähnlichen Studien zur Körperschwerpunktberechnung im Judo (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006; Imamura, Iteya, Hreljac, & Escamilla, 2007) wurden bestimmte Punkte (Landmarken) der Wurfuppe, die in Tabelle 4 dargestellt werden, manuell getrackt und somit die Position des Körperschwerpunktes berechnet.

Nr.	Landmarken
1	Kopf
2	Schulter rechts
3	Schulter links
4	Ellbogen rechts
5	Ellbogen links
6	Hand rechts
7	Hand links
8	Fuß rechts
9	Fuß links

Tabelle 4: äquivalente Landmarken der Wurfuppe

Als Körperpunkte, die zur Erfassung der Daten getrackt wurden, dienten die Durchstoßpunkte der Gelenkachsen bzw. die Gelenkmittelpunkte. Um Fehler zu minimieren, wurden wie oben beschrieben, die Landmarken aus der Tabelle am Dummy markiert.

Diese Wurfuppe sollte von jedem/jeder Teilnehmer/in jeweils dreimal zu Beginn und am Ende der Studie geworfen werden. Die Würfe wurden von 2 Stück GoPro Hero 5 Black Edition, in Abbildung 17 dargestellt, aufgenommen.



Abbildung 17: GoPro Hero5 Black (<https://de.shop.gopro.com>)

Die Kameras standen dabei in einem 90° Winkel mit ca. 4 Metern Abstand zu den Wurfuppen und dem/der Werfenden zueinander. Der Aufbau wird in Abbildung 18 dargestellt.

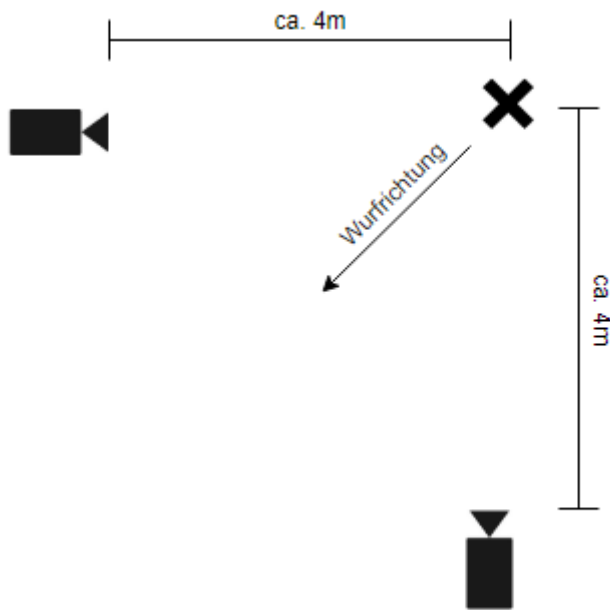


Abbildung 18: Versuchsaufbau

Das „X“ markiert dabei die Startposition beim Wurf und die Wurfrichtung sollte in diagonaler Richtung zu den Kameras erfolgen. Die Startposition wurde in der Studie ebenfalls mit einem schwarzen Marker am Boden auf der Matte definiert.

Die Würfe wurden mit einer Kameraeinstellung von 120 Bildern pro Sekunde, einer Bildauflösung von 1920x1080 Pixel mit engem Aufnahmewinkel und einer Belichtungszeit von 1/240 s pro Bild aufgenommen.

Da es sich hier um eine dreidimensionale Aufgabenstellung handelt, benötigt man laut Hersteller der verwendeten Software (Reality Motion Systems GmbH):

- mindestens zwei Kameras, deren optische Achsen einen Winkel zwischen 60° und 120° einnehmen sollten → dies war in diesem Fall gegeben, da, wie vorher beschrieben, die Würfe mit zwei Kameras ca. im 90° Winkel aufgenommen wurden
- die zwei Kameras sollten in der Lage sein, zur gleichen Zeit ein Video zu machen → dieser Punkt konnte in der Studie auch erfüllt werden;
- ein Kalibrierungssystem, von dem die Lage der Eckpunkte im Raum bekannt sind → die Kalibrierung erfolgte durch ein Kalibrierungsgitter (Peak Performance Technologies Inc., Englewood, CO) welches in Abbildung 19 dargestellt wird.

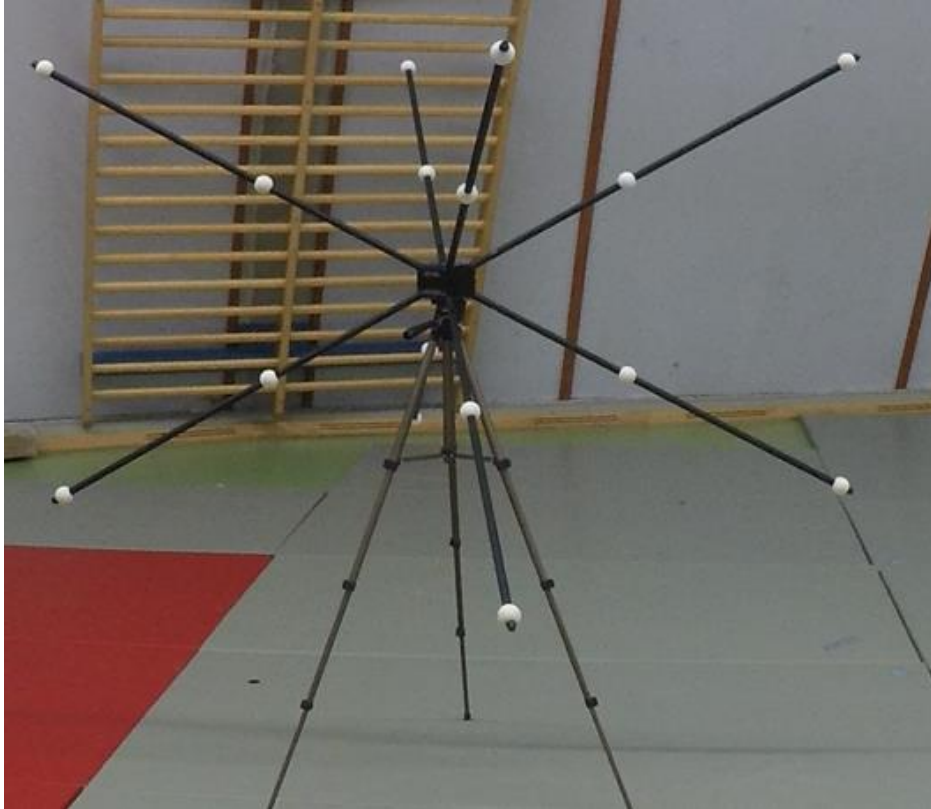


Abbildung 19: Kalibrationsgitter

Die Punkte des Kalibrierungsgitters stellten genau berechnete Punkte, die zur Auswertung der erhobenen Daten benötigt werden, dar.

Da die Änderung der Anrissgeschwindigkeit im Zentrum der Studie stand, wurde in Anlehnung an ähnliche Studien zur Wurfanalyse (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006; Imamura, Iteya, Hreljac, & Escamilla, 2007) als Kriterium dafür die maximale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurf puppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase in horizontaler und in absoluter Richtung gewählt. Weiters wurde auch noch die höchste positive vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurf puppe gemessen und verglichen. Die Wurfbewegung und das verwendete Koordinatensystem werden in Abbildung 20 aufgezeigt.

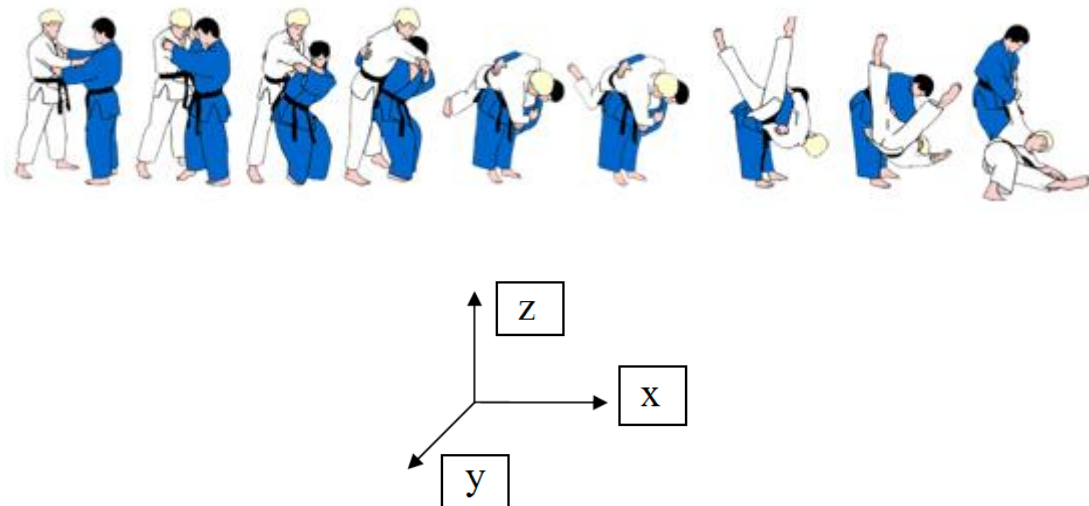


Abbildung 20: O-goshi (www.webart-style.at) und verwendetes Koordinatensystem

Als „horizontale Richtung“ wird hier die Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes bei der Bewegung in XY-Ebene, als „vertikale Richtung“ die Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes entlang der Z-Achse und als „absolute Richtung“ oder später auch „Bahnrichtung“ die Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes bei der Bewegung im Raum bezeichnet.

7.3 Die Auswertung

Die Auswertung der Videos erfolgte über das Bewegungsanalyseprogramm SIMI Motion, welche über eine Verzerrungskorrektur verfügte. In dieser Studie sollten die Bewegungen des Körperschwerpunktes der Wurfuppe erhoben und analysiert werden.

Um die Körperschwerpunktberechnung im Programm durchführen zu können, wurde ein von Simi Motion vorgegebenes Berechnungsmodell (Hanavan) umprogrammiert, um es auf die Bedürfnisse der Wurfuppe zuschneiden zu können. Dabei wurde angenommen, dass der Dummy in 6 geometrische Figuren zerlegt werden kann, wie in Abbildung 21 dargestellt:

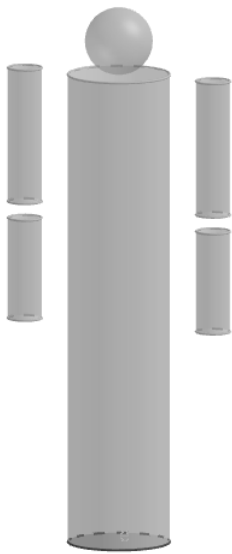


Abbildung 21: schematischer Speed Dummy

Die Körperschwerpunkte der einzelnen Elemente wurden in der Mitte des betroffenen Segmentes angenommen. Zur Berechnung des Gesamtkörperschwerpunktes wurde zusätzlich noch die Gewichtung der einzelnen Segmente bearbeitet. Die Gewichtung des Kopfes, der Oberarme und der Unterarme wurde dabei gleich wie im Originalmodell (Hanavan) belassen und die der Hände, der Oberschenkel, der Unterschenkel, der Füße und des Torsos zusammengefügt (großer Zylinder). Aus der Position der einzelnen Segmentschwerpunkte und deren Gewichtung konnte die Position, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung des Gesamtschwerpunktes der Wurfuppe berechnet werden.

Als Startpunkt der Messung wurde der Aufsatz des vorderen Fußes (rechter Fuß bei Rechtskämpfern und linker Fuß bei Linkskämpfern) genommen.

Die Daten wurden anschließend in das Tabellenkalkulationsprogramm Excel übertragen und mittels der Statistik- und Analysesoftware SPSS 24 ausgewertet.

7.4 Statistik

Dadurch, dass es sich bei dieser Untersuchung um ein Interventions- und Kontrollgruppendesign handelt, wurden die Daten mittels zweifaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung ausgewertet. Verglichen wurden einerseits die Gruppen untereinander und die zwei Messzeitpunkte, welche die Eingangs- und Ausgangstestung darstellen. Der Innersubjektfaktor (in Bezug auf die Messzeitpunkte) bestand aus zwei Stufen und der Zwischensubjektfaktor wurde durch die Gruppen dargestellt. Mit diesen Daten konnten folgende Effekte bestimmt werden:

- Beim Zwischensubjektfaktor wurde ausgewertet ob es einen generellen Unterschied zwischen den zwei Gruppen, über die anderen Faktoren hinaus, gab.
- Beim Innersubjektfaktor wurde der generelle Unterschied zwischen der Pre- und Posttestung über beide Gruppen hinweg bestimmt.
- Bei der Analyse der Wechselwirkung der beiden Faktoren wurde bestimmt, ob es eine Interaktion zwischen Gruppe und Messzeitpunkten gab, die über die beiden vorigen Effekte hinausging.

Das Signifikanzniveau wurde auf 0,05 festgelegt (Konfidenzintervall 95%).

Um die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung anwenden zu können, sind folgende Voraussetzungen notwendig (Rasch, Frieze, Hofmann, & Naumann, 2014b, S. 71):

1. Intervallskalierung der Daten
2. Normalverteilung des Merkmals
3. Varianzhomogenität
4. Alle Korrelationen zwischen den einzelnen Stufen des messwiederholten Faktors müssen homogen sein

Die Intervallskalierung der Daten war gegeben und musste nicht eigens überprüft werden, die Normalverteilung wurde mittels Shapiro-Wilk Test für beide Trainingsgruppen bei beiden Messzeitpunkten berechnet und die Varianzanalyse wurde mittels Levene-Test ermittelt. Bei einem messwiederholten Faktor mit nur zwei Stufen ist die Forderung nach einer Homogenität der Korrelationen immer erfüllt, da es in diesem Fall nur eine einzige Korrelation zwischen den Stufen des Faktors gibt (Rasch, Frieze, Hofmann, & Naumann, 2014b, S. 71).

7.5 Die Intervention

In diesem Punkt werden zunächst die für die Intervention relevanten Umweltfragen geklärt und die Ziele definiert sowie die Übungen und danach der konkrete Trainingsplan beschrieben.

7.5.1 Umweltfragen / Ziele

Für die Intervention für die vorliegende Studie wurden die in Kapitel 4.3 festgelegten Umweltfragen folgendermaßen geklärt:

- Gibt es gesundheitliche oder verletzungstechnische Bedenken, welche die Übungsausführung oder -intensität beeinflussen?
 - Dies wurde bei der Auswahl der Proband/innen und beim Vorgespräch bzw. mittels Teilnehmer/inneninformation und Einverständniserklärung geklärt.
- Welche Art von Equipment (z.B. freie Gewichte, Maschinen, Bänder/Schläuche, Medizinbälle, ...) sind verfügbar und werden bevorzugt?
 - Bevorzugt wurden Übungen mit Geräten, die in Standard-Fitnessstudios vorhanden sind und hier durchgeführt werden konnten. Die Teilnehmer/innen hatten Zugang zu verschiedenen Einrichtungen.
- Was ist die angestrebte Trainingsfrequenz und gibt es zeitliche Einschränkungen, die sich auf das Training auswirken könnten?
 - Die Trainingsfrequenz betrug 3 Krafteinheiten pro Woche. Dies wurde vorab geklärt (Teilnehmer/inneninformation und Einverständniserklärung siehe Anhang). Zeitlichen Einschränkungen können durch Teilnahme an Wettkämpfen oder Trainingslager bzw. Verletzungen, Krankheiten etc. entstehen. In diesem Ausnahmefall konnte die Trainingsfrequenz auf mindestens 2 Krafteinheiten pro Woche reduziert werden.
- Welches ist das angestrebte Energiesystem (aerobic, anaerobic)?
 - Das anaerobe Energiesystem wird vorwiegend angesprochen.
- Welche Arbeitsweise der Muskulatur sollte trainiert werden?
 - Es wird vorwiegend die konzentrische Arbeitsweise der Muskulatur trainiert.
- Wenn für eine bestimmte Sportart trainiert werden soll, was sind die üblichen Verletzungen in der Sportart?
 - Hauptsächlich Verletzungen an Gelenken der Extremitäten wie z.B. Knie, Finger, Schulter (Pococco, et al., 2013)

Die Ziele der Intervention bezogen sich vorrangig aufgrund der vorliegenden Hypothese auf die Verbesserung der Schnellkraft bei der Ausübung eines Hüftwurfes O-goshi.

7.5.2 Die Übungen

In der Literatur werden vor allem mehrgelenkige Übungen mit der Langhantel empfohlen, um Kraft aufzubauen. Diese beanspruchen große Muskelgruppen und wirken auf den gesamten Körper. Am häufigsten werden Übungen wie Kniebeuge, Kreuzheben, Bankdrücken und Bankziehen genannt (Burns & Callan, 2017, S. 55). In dieser Studie werden diese Übungen zum Kraftaufbau herangezogen, ausgenommen Bankziehen, hier wird - aufgrund der besseren Trainingsmöglichkeiten - die verwandte Übung „Rudern vorgebeugt“ verwendet. Zusätzlich wird auch noch das Langhantelschulterdrücken in den Trainingsplan eingebaut. Diese Übungen werden im Folgenden genauer beschrieben.

Die Kniebeuge: Diese Trainingsübung dient in erster Linie der Maximalkraftentwicklung in der Beinstreckerkette. Sie stellt damit die Grundvoraussetzung für das Erbringen hoher Schnellkraftleistungen dar. Die Hantel wird dabei auf dem Trapezmuskel im Nacken abgelegt. Die exzentrische Bewegungsphase erfolgt langsam und kontrolliert bis in die tiefe Hockposition. Die Druckbelastung wird während der gesamten Übung auf dem ganzen Fuß verteilt. In der tiefen Hocke wird die Hantellast muskulär und nicht durch den Gelenksanschlag abgebremst. Eine Abfederung sollte vermieden werden. Beim Aufstehen aus der Hockposition kann eine explosive Aktivierung der Muskeln erfolgen. Bei der Kniebeuge handelt es sich um eine tiefe Kniebeuge. Der Kniegelenkwinkel sollte 40°-45° betragen (Wirth, Schlumberger, Zawieja, & Hartmann, 2013, S. 64f).

Das Kreuzheben: Es handelt sich hier um die klassische Form des Kreuzhebens. Hierbei ist die Startposition ein hüft- bis schulterbreiter Stand. Der Druck sollte sich wie bei der Kniebeuge auf den kompletten Fuß verteilen. Die Hantel liegt nahe den Schienbeinen und das Becken wird abgesenkt und nach hinten gedrückt, um in der Wirbelsäule eine Lordose zu erreichen. Je nach Körperproportionen beträgt der Kniewinkel zwischen 80° und 120°. Die Hantel wird mit ausgestreckten Armen gehalten und die Knie zeigen in Richtung der Fußspitzen. Der Blick sollte geradeaus gerichtet und der Kopf angehoben sein. Anschließend soll die Hantel mit gestreckten Armen, dicht an den Beinen entlang, in die Hochstreckung gebracht werden. Die Bewegung wird durch die Kniestreckung initiiert, unmittelbar danach erfolgt die Hüftstreckung sodass der Winkel des Oberkörpers zum Boden in der Anfangsphase unverändert bleibt. Sobald die Langhantel die Kniescheibe passiert, erfolgt die restliche Streckung der Hüfte. Während des Aufrichtevorgangs soll die Lordosehaltung der Wirbelsäule eingehalten werden. Danach wird die Hantel langsam und kontrolliert wieder abgesetzt. Die Variante „Kreuzheben mit Stopp beim Knie“ beinhaltet

einen ca. 1 Sekunden langen Stopp unterhalb der Kniescheibe (Wirth, Schlumberger, Zawieja, & Hartmann, 2013, S. 78f).

Das vorgebeugte Langhantelrudern: Der Stand bei dieser Übung sollte ungefähr hüftbreit gewählt werden. Der Druck wird auf die kompletten Füße verteilt. Die Beine bleiben während der Übungsausführung leicht angewinkelt. Der Oberkörper wird vorgebeugt und die Lendenwirbelsäule sollte eine deutliche Lordose aufweisen. Der Blick wird nach vorne gerichtet und die Hantel wird im Obergriff gehalten. Die Langhantel wird bei dieser Übung zum Bauch gezogen. Dabei werden die Schulterblätter zusammengeführt. Die Ellbogen sind nach hinten oben gerichtet. Das Absenken der Hantel erfolgt langsam und kontrolliert (Wirth, Schlumberger, Zawieja, & Hartmann, 2013, S. 83f).

Das Bankdrücken: Das Bankdrücken auf der Flachbank ist eine der effektivsten Übungen für die Brustmuskulatur. Der Rücken liegt bei der Übung flach auf der Bank und der Kopf wird aufgelegt. Die Füße sind auf dem Boden platziert. Die Langhantel wird im Obergriff erfasst danach wird sie aus der Halterung gehoben und kurz fixiert. Anschließend wird sie zur Mitte der Brust abgesenkt und berührt diese. Das Gesäß wird während der Übungsausführung auf der Flachbank belassen. Auch die Schulterblätter und Schultern bleiben die ganze Zeit über auf dem Polster. Die exzentrische Phase sollte langsam erfolgen, bei der konzentrischen Phase kann die Geschwindigkeit langsam bis zügig sein (Wirth, Schlumberger, Zawieja, & Hartmann, 2013, S. 86f).

Das Schulterdrücken: Das Hauptziel bei dieser Übung ist die Entwicklung der Arm- und Schultermuskulatur unter Zuhilfenahme der Beinachsenstabilität. Bei der Übung soll die Hantel aus der Ruhe von den Schultern ohne Auftaktbewegung, mit geringer Oberkörperneigung, in die gestreckte Armhaltung gedrückt werden. Die Lordose der Wirbelsäule sollte geringgehalten werden. Das Absenken der Hantel sollte langsam und kontrolliert erfolgen (Wirth, Schlumberger, Zawieja, & Hartmann, 2013, S. 69).

7.5.3 Das Maximalkrafttraining

Beim Interventionsprogramm handelt es sich um eine Abwandlung der Texas Methode. In diesem vorgefertigten Programm wurden die in Punkt 4.3 vorgestellten Trainingsprinzipien bereits berücksichtigt. Bei dieser Methode verändern sich die Trainingsintensitäten innerhalb einer Woche von einem Workout zum nächsten. Am ersten Trainingstag stehen hohe Intensitäten am Programm, am zweiten Tag wird ein hoher Umfang absolviert und am dritten Trainingstag wird mit einer moderaten Intensität und einem moderaten Umfang, für die Aufrechterhaltung der

motorischen Pfade, trainiert. In jedem Workout stehen Mehrgelenksübungen am Programm und es wird der ganze Körper trainiert. Um das Programm 9 Wochen lang adäquat ausführen zu können ist es wichtig, am Anfang nicht mit zu hohen Lasten einzusteigen. Man erzielt bessere Ergebnisse, wenn man dem Körper ausreichend Zeit gibt sich an das Programm zu gewöhnen. In der Texas-Methode ist das erste Workout der Woche der primäre Stressreiz. Im originalen Modell ändern sich die Lasten von Woche zu Woche um 2 kg. Am Umfangtag kommen Hantellasten zum Einsatz die 80-90% des Intensitätstages betragen. Da im Judo vor allem die Übungen Kniebeuge, Kreuzheben, Bankdrücken und Bankziehen empfohlen werden orientiert sich die verwendete Methode am Kraftdreikampf (Kniebeuge, Kreuzheben, Bankdrücken) und an den Abwandlungen von Pürzel & Pürzel (2015). Gerade in diesem Bereich hat es sich als ein überaus effektives Programm herausgestellt (Rippetoe, 2016, S. 132f).

In dem konkreten Programm wurde an drei Tagen der Woche trainiert. Die Übung Kniebeuge wurde mit einer höheren Frequenz dreimal pro Woche, Bankdrücken und Schulterdrücken ein- bis zweimal pro Woche, Kreuzheben einmal pro Woche regulär und einmal als Variation zur Unterstützung trainiert. Rudern vorgebeugt, als Ersatz für das Bankziehen (Originalprogramm), wurde auch einmal pro Woche durchgeführt. Die Intensität wurde in der ersten Trainingseinheit der Woche über drei Wochen erhöht (5 Wdh., 3 Wdh., 1 Wdh.). In der folgenden Erklärung wird nur von den Arbeitssätzen gesprochen.

1. Woche: In der ersten Woche, am ersten Trainingstag wird bei der Kniebeuge, beim Bankdrücken und beim Kreuzheben ein 5 RM Test durchgeführt. Das bedeutet Kniebeuge, Bankdrücken und Kreuzheben werden jeweils 1 Satz à 5 Wiederholungen bei 100% des 5 RM durchgeführt. Zusätzlich soll nach jeder Übung ein weiterer Satz, bei dem so viele Wiederholungen wie möglich ausgeführt werden sollen (Drop Satz), mit demselben Gewicht erfolgen, der aber höchstwahrscheinlich mit 1-2 Wiederholungen weniger durchgeführt werden kann. Die Prozentsätze des zweiten und dritten Trainingstages beziehen sich auf die Werte dieses ersten Tests. Die Intensität des 2. Trainingstages ist geringer, der Umfang jedoch mit 5 Sätzen zu 5 Wiederholungen deutlich höher. Es wird angenommen, dass die ersten zwei Übungen mit 90% des Gewichtes der ersten Trainingseinheit bewältigt werden können. Statt Kreuzheben kommt eine Variation, das Kreuzheben mit Stopp, als Unterstützungsübung dazu. Der Umfang wird absichtlich niedriger gewählt, um die nervale Belastung geringer zu halten. Diese Übung soll mit 2 Sätzen zu je 3 Wiederholungen, bei 100% der Last, die am ersten Tag im

Kreuzheben trainiert wurde, absolviert werden. Die dritte Trainingseinheit dient zur Regeneration. Die Kniebeuge soll dabei mit 2 Sätzen zu je 5 Wiederholungen bei 80% des eruierten 5 RM ausgeführt werden. Als zweite und dritte Übung kommen das Schulterdrücken und das vorgebeugte Langhantelrudern dazu. Diese werden im ersten Satz jeweils mit dem 5 RM einmal absolviert und danach 4 Sätzen zu 5 Wiederholungen mit 90% des 5 RM. Veranschaulicht wird die 1. Woche in Tabelle 5 veranschaulicht (Pürzel & Pürzel, 2015, S. 233).

	TE	TE	TE
Woche 1	Kniebeuge: 1x5 Wdh. (+1 Drop Satz) Bankdrücken: 1x5 Wdh. (+1 Drop Satz) Kreuzheben: 1X5 Wdh.	Kniebeuge: 5x5 Wdh. Bankdrücken: 5x5 Wdh. Kreuzheben mit Stopp unterm Knie: 2x3 Wdh.	Kniebeuge: 2x5 Wdh. Schulterdrücken : 1x5 Wdh. (+4x5 Wdh.) vorgebeugt Langhantelrudern: 1x5 Wdh. (+4x5 Wdh.)

Tabelle 5: modified Texas Method Woche 1 (Pürzel & Pürzel, 2015, S. 233)

2. Woche: In der zweiten Woche findet eine Intensitätssteigerung statt. Am ersten Trainingstag werden die Übungen Kniebeuge und Bankdrücken mit 3 Sätzen zu 3 Wiederholungen, Kreuzheben mit 2 Sätzen zu 3 Wiederholungen absolviert. Das Übungsgewicht wird mittels Tabelle 8 aus dem 5 RM Test aus Woche 1 errechnet. Die berechneten Lasten betragen hier 95% des hypothetischen 3 RM. Die zweite und dritte Trainingseinheit bleiben gleich wie in Woche 1. Veranschaulicht wird Woche 2 in Tabelle 6.

	TE	TE	TE
Woche 2	Kniebeuge: 3x3 Wdh. Bankdrücken: 3x3 Wdh. Kreuzheben: 2x3 Wdh.	Woche 1 – 2. TE	Woche 1 – 3. TE

Tabelle 6: modified Texas Method Woche 2 (Pürzel & Pürzel, 2015, S. 233)

3. Woche: In der dritten Woche wird die Intensität erneut gesteigert. Die Übungen Kniebeuge und Bankdrücken sollen mit 4 Sätzen zu 1 Wiederholung und die Übung Kreuzheben wird mit 3 Sätzen zu 1 Wiederholung trainiert. Die Werte werden wieder aus Tabelle 8 berechnet und betragen 95% des hypothetischen 1 RM. Die Trainingseinheiten 2 und 3 bleiben wieder gleich wie in Woche 1. Woche 3 wird in Tabelle 7 dargestellt.

	TE	TE	TE
Woche 3	Kniebeuge: 4x1 Wdh. Bankdrücken: 4x1 Wdh. Kreuzheben: 3x1 Wdh.	Woche 1 – 2. TE	Woche 1 – 3. TE

Tabelle 7: modified Texas Method Woche 3 (Pürzel & Pürzel, 2015, S. 233)

Nach Woche 3 beginnt der Zyklus wieder von vorne. Das heißt es wird wieder mit einer 5 RM Testung begonnen. Um eine Verwendung in gängigen Fitnessstudios und Gyms sicherstellen zu können, werden die errechneten Werte auf 5 kg gerundet (2,5 kg Scheibe manchmal die geringste Möglichkeit um pro Seite zu steigern). Die Aufwärmätze werden nur teilweise vorgegeben um die Trainierenden zu unterstützen.

Da sich die meisten Kraftanpassungen in den ersten 4-8 Wochen zeigen (Kraemer & Ratames, 2004) und der empfohlene Zeitraum für ein Maximalkrafttraining 8-12 Wochen beträgt (Zawieja, 2013, S. 88), werden drei Zyklen absolviert. Dies entspricht einer Intervention von insgesamt 9 Wochen.

Exkurs: Berechnung des individuellen hypothetischen Maximalgewichts

Tabelle 8 bietet eine empirisch abgesicherte Methode zur Berechnung des individuellen hypothetischen Maximalgewichts verschiedener Übungen. Die zugrundeliegende Formel für diese Tabelle lautet:

$$\% \text{ vom } 1 \text{ RM} = 102,78 - 2,78 \cdot \text{Anzahl der Wiederholungen}$$

Dies ermöglicht eine Trainingsplanung und -steuerung ohne Durchführung eines zwingenden Maximalkrafttests. Vor allem bei den Übungen Kniebeugen, Bankdrücken und Kreuzheben stellte sich diese Formel als durchaus exakt heraus und erreichte bei Versuchen eine teilweise Übereinstimmung von über 99%. Mit steigender Wiederholungszahl wird die Formel allerdings zunehmend ungenauer. Daher sollte sie nur auf der Grundlage zwischen 10 RM bis 5 RM benutzt werden (Gießling, 2003).

In der folgenden Tabelle werden die hypothetisch errechneten Wiederholungsmaxima und deren Prozente der Maximalleistung bezogen auf das 1RM dargestellt:

Prozent der Maximalleistung	Mögliche Wiederholungszahl
88,88	5
91,66	4
94,44	3
97,22	2
100	1

Tabelle 8: Tabelle zur Berechnung des hypothetischen 1 RM (Gießling, 2003)

Auf Basis dieser Werte können die für den Trainingsplan benötigten Intensitäten individuell berechnet werden.

Ein Testprotokoll des 5RM-Tests und ein vollständig durchgerechneter Beispielplan finden sich im Anhang.

Das nächste Kapitel 8 stellt die Ergebnisse der mit der beschriebenen Methode durchgeführten Studie dar.

8 Ergebnisse

In diesem Kapitel erfolgt zunächst eine Darstellung der Analyse der einzelnen Geschwindigkeitskurven und anschließenden der Auswertung der erhaltenen Daten.

8.1 Bewegungsanalyse

Bei der Studie wurden die Geschwindigkeiten des Körperschwerpunktes der Wurfuppe in X-, Y- und Z-Richtung ermittelt. Aus diesen Werten wurde dann die horizontale und die Bahngeschwindigkeit berechnet.

Da, wie in den theoretischen Ausführungen dargestellt, die Gleichgewichtsbrechung und der Wurfansatz Schlüsselsequenzen bei der erfolgreichen Ausführung eines Wurfes sind, wurde die höchste Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe ermittelt, die in der Kuzushi/Tsukuri Phase auftrat. Um diese Geschwindigkeiten herauslesen und vergleichen zu können, musste vorher die Bewegung des Körperschwerpunktes der Wurfuppe analysiert werden. Die gesamte Bewegung des Dummys während des Wurfes wird in Abbildung 22 angezeigt, dabei kann man den errechneten Körperschwerpunkt als schwarzen Kreis in der Mitte der einzelnen Bilder erkennen.

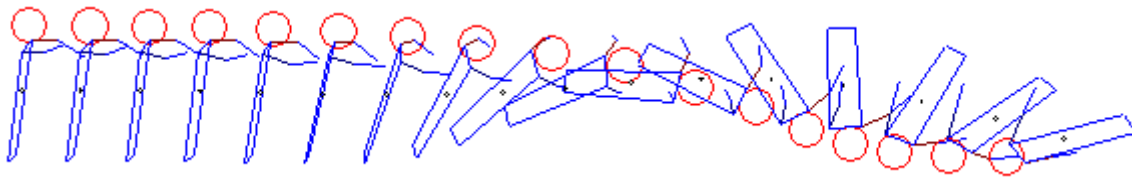


Abbildung 22: Wurfbewegung des Dummys

Wie schon in Kapitel 2 beschrieben, kann man Trends in den Impulsverläufen und Geschwindigkeiten des Körperschwerpunktes einer geworfenen Person erkennen, so auch in diesem Fall der geworfenen Wurfpuppe. Bei der Darstellung der horizontalen und der Bahngeschwindigkeit sieht man zu Beginn des Wurfes einen Anstieg, der im Übergang von der Kuzushi/Tsukuri Phase zur Kake Phase signifikant abfällt. Ein Beispiel der horizontalen und der Bahngeschwindigkeit des gesamten Wurfes werden in Abbildung 23 und Abbildung 24 dargestellt, die maximale Geschwindigkeit der Kuzushi/Tsukuri Phase wurde dabei mit einem roten Pfeil markiert.

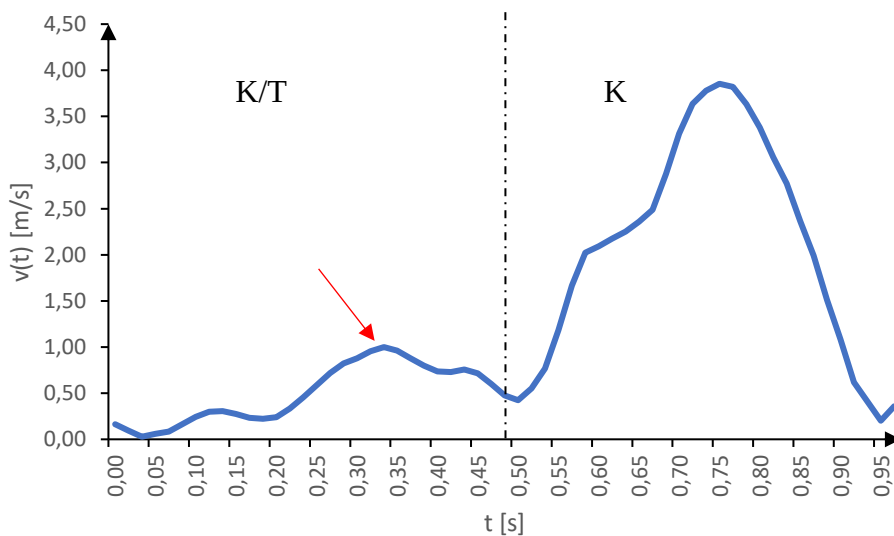


Abbildung 23: horizontale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes des Dummys mit Trennung Kuzushi/Tsukuri (K/T) und Kake Phase (K)

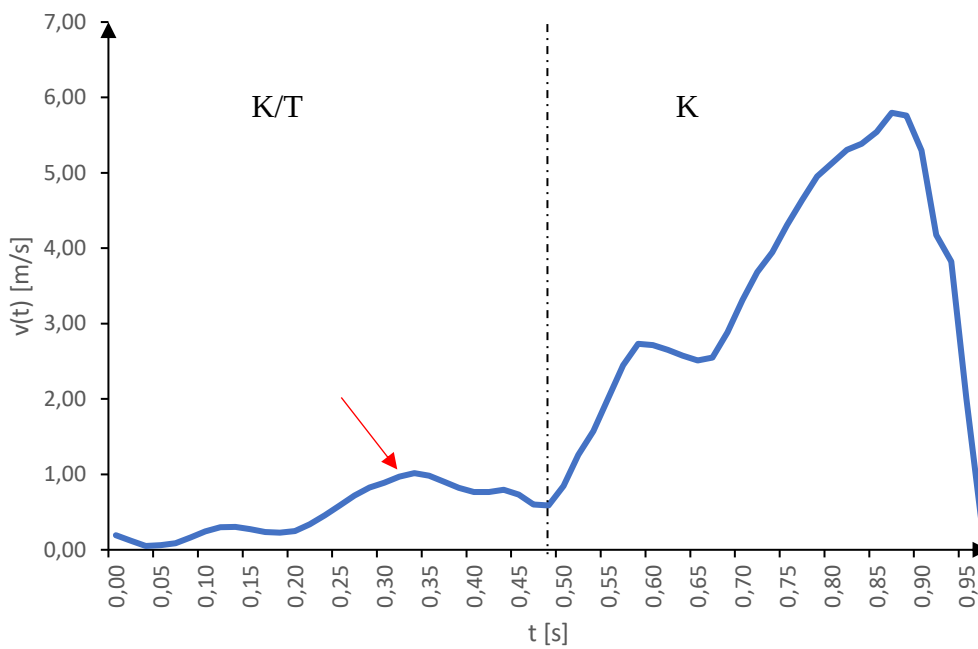


Abbildung 24: Bahngeschwindigkeit des Körperschwerpunktes des Dummys mit Trennung Kuzushi/Tsukuri (K/T) und Kake Phase (K)

In den Abbildung 23 und Abbildung 24 können die Verläufe der horizontalen und der Bahngeschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurf puppe erkannt werden. Die strichpunktierten Linien zeigen dabei die Geschwindigkeitsabnahme, bedingt durch den Zusammenstoß der Körper, und trennen somit die Kuzushi/Tsukuri Phase von der Kake Phase.

Die Auswertungen der der einzelnen Geschwindigkeitskurven zeigten, dass die Kuzushi/Tsukuri Phase bei ca. 60° Neigungswinkel der Wurf puppe zur XY-Ebene endete. Diese wird in Abbildung 25 gezeigt.

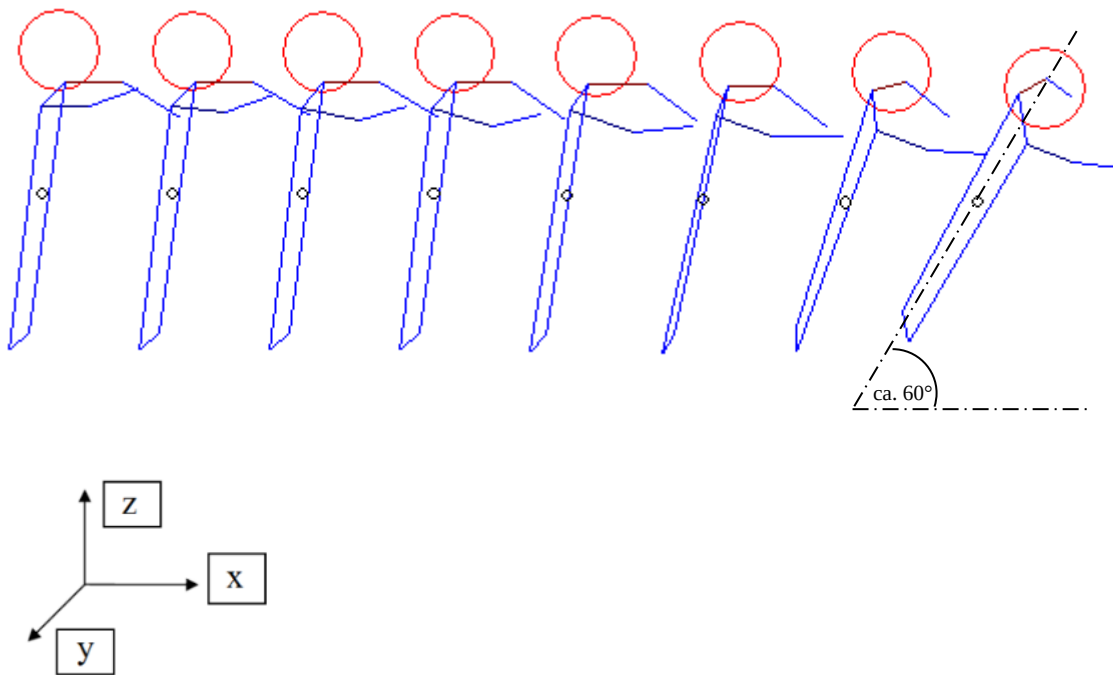


Abbildung 25: Kuzushi/Tsukuri Phase

Da der Hub des/der Partners/Partnerin im Judo auch eine große Rolle spielt, wurde zusätzlich auch noch die maximale positive vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes beim Hub der Puppe ermittelt. Ein Beispiel dafür kann man in Abbildung 26 erkennen, die maximale positive vertikale Geschwindigkeit wurde ebenfalls mit einem roten Pfeil markiert.

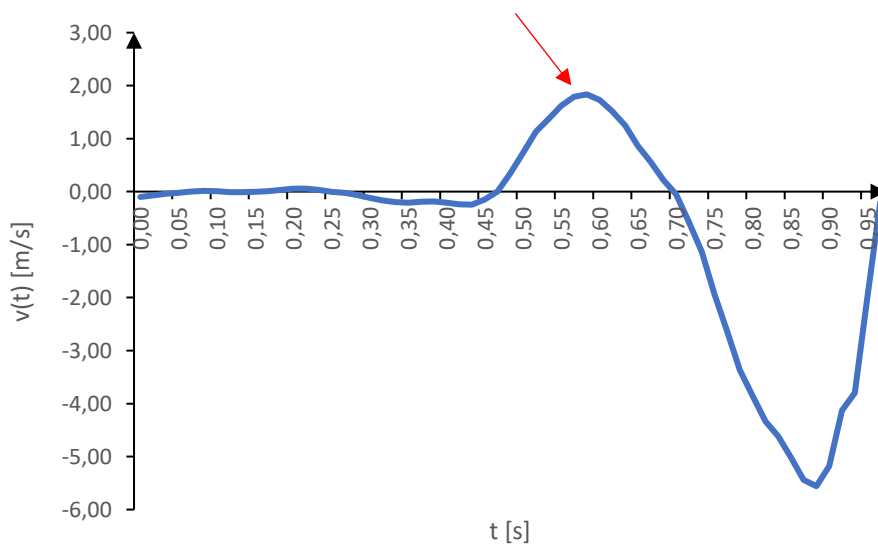


Abbildung 26: vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes des Dummys

Da die drei Geschwindigkeitskurven von demselben Wurf stammen kann man annehmen, dass der Hub nach dem Zusammentreffen der Körper noch nicht abgeschlossen ist und die maximale

positive vertikale Geschwindigkeit, durch die in der Abwurfphase des Wurfes beschriebene Körperstreckung von Tori, erst in der Kake Phase erreicht wird.

Zur anschließenden Auswertung wurde der Mittelwert der ermittelten Geschwindigkeiten der drei Würfe jeweils zur Eingangs- und Ausgangstestung der einzelnen Personen herangezogen.

8.2 Auswertungen

20 Teilnehmer/innen nahmen an der Eingangstestung teil. Zwei Sportler/innen der Kontrollgruppe konnten bei der Ausgangstestung nicht mehr anwesend sein. Aus diesem Grund wurden im Folgenden 18 Probanden/Probandinnen, 10 in der Interventions- und 8 in der Kontrollgruppe, ausgewertet.

Bei der Studie wurden die Geschwindigkeiten des Körperschwerpunktes der Wurfuppe in X-, Y- und Z-Richtung ermittelt. Aus diesen Werten wurde dann die maximale horizontale und die maximale Bahngeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase berechnet. Verglichen wurden, wie oben beschrieben, die Mittelwerte der schnellsten horizontalen- und Bahngeschwindigkeiten in der Kuzushi/Tsukuri Phase und die Mittelwerte der maximalen positiven vertikalen Geschwindigkeiten des Körperschwerpunktes beim Anheben der Wurfuppe der drei Würfe bei der Eingangs- und Ausgangstestung.

Im Folgenden werden nun die Ergebnisse der horizontalen, der Bahn- und der vertikalen Geschwindigkeit genauer erläutert:

8.2.1 Horizontale Geschwindigkeit

Die Ermittlung der maximalen horizontalen Geschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase ergab folgende Werte:

Kontrollgruppe	Pre-Testung	Mittelwert	0,98
		Standardabweichung	0,3
		Maximum	1,43
		Minimum	0,61
	Post-Testung	Mittelwert	0,97
		Standardabweichung	0,15
		Maximum	1,22
		Minimum	0,83
Interventionsgruppe	Pre-Testung	Mittelwert	1,21
		Standardabweichung	0,22
		Maximum	1,46
		Minimum	0,96
	Post-Testung	Mittelwert	1,2
		Standardabweichung	0,27
		Maximum	1,61
		Minimum	0,76

Tabelle 9: maximale horizontale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase[m*s⁻¹]

Der Test auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk zeigte, dass die Daten der horizontalen Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe nicht normalverteilt sind. Weiters ergab der Levene-Test eine Homogenität der Varianzen. Aufgrund dieser Tests konnte keine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt werden und es musste auf das nächst niedrigere Verfahren, dem Wilcoxon-Test bei verbundenen Stichproben, zurückgegriffen werden.

Der 2-seitige Test ergab bei der Kontrollgruppe eine Signifikanz von 0,779 und bei der Interventionsgruppe von 0,953 beim Vergleich zwischen der Pre- und Posttestung. Das bedeutet, dass es keine statistisch signifikante Veränderung innerhalb der Gruppen zwischen der Eingangs-

und Ausgangstestung gegeben hat. Man kann dies in den Abbildung 27 und Abbildung 28 erkennen.

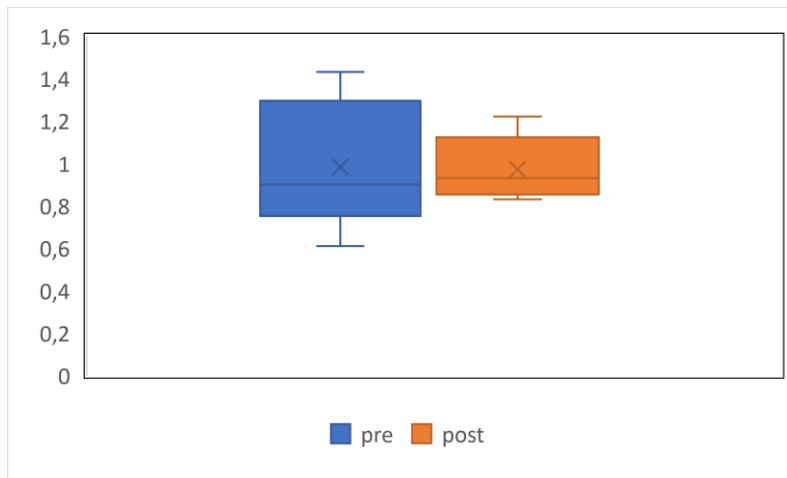


Abbildung 27: maximale horizontale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfgruppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase bei der Kontrollgruppe [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (X markiert die Mittelwerte)

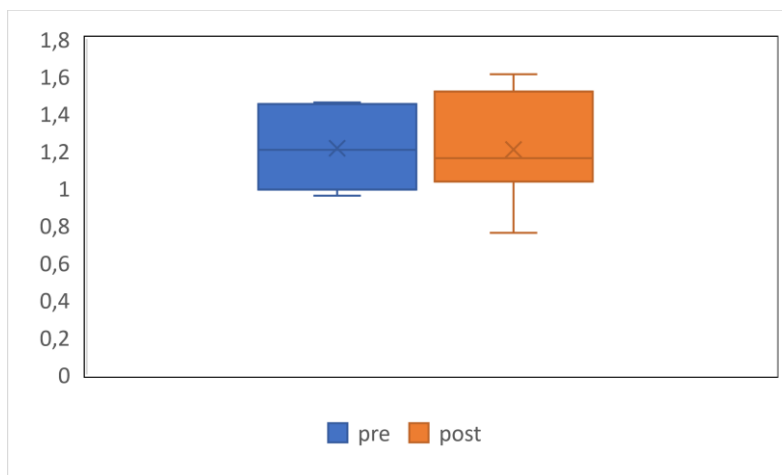


Abbildung 28: maximale horizontale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfgruppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase bei der Interventionsgruppe [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (X markiert die Mittelwerte)

Um die Gruppe zusätzlich miteinander zu vergleichen, wurde der Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben bei der Eingangstestung gemacht. Die Signifikanz betrug 0,068. Das bedeutet, dass sich die Gruppen untereinander nicht signifikant unterschieden.

8.2.2 Bahngeschwindigkeit

Die Ermittlung der maximalen Bahngeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase ergab folgende Werte:

Kontrollgruppe	Pre-Testung	Mittelwert	1,02
		Standardabweichung	0,3
		Maximum	1,48
		Minimum	0,64
	Post-Testung	Mittelwert	1
		Standardabweichung	0,16
		Maximum	1,23
		Minimum	0,84
Interventionsgruppe	Pre-Testung	Mittelwert	1,26
		Standardabweichung	0,26
		Maximum	1,61
		Minimum	0,97
	Post-Testung	Mittelwert	1,26
		Standardabweichung	0,31
		Maximum	1,73
		Minimum	0,78

Tabelle 10: maximale Bahngeschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfgruppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase [$m \cdot s^{-1}$]

Die Tests nach Shapiro-Wilk und Levene ergaben, dass die verglichenen Daten normalverteilt und die Homogenität der Varianzen gegeben waren. Aus diesem Grund konnte eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt werden. Der Test der Innersubjekteffekte ergab eine Signifikanz von 0,853, was bedeutet, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Pre- und Posttestung errechnet werden konnte. Bei der Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe kam es auch zu keinem statistisch signifikantem Ergebnis. Bei der Testung des nichtmesswiederholten Faktors, also der Gruppe, ergab die Auswertung eine Signifikanz von 0,041, was bedeutet, dass sich die Gruppen signifikant untereinander unterschieden. Die folgenden Diagramme in Abbildung 29 zeigen die Veränderungen der Geschwindigkeiten der einzelnen Gruppen in Abhängigkeit von der Zeit.

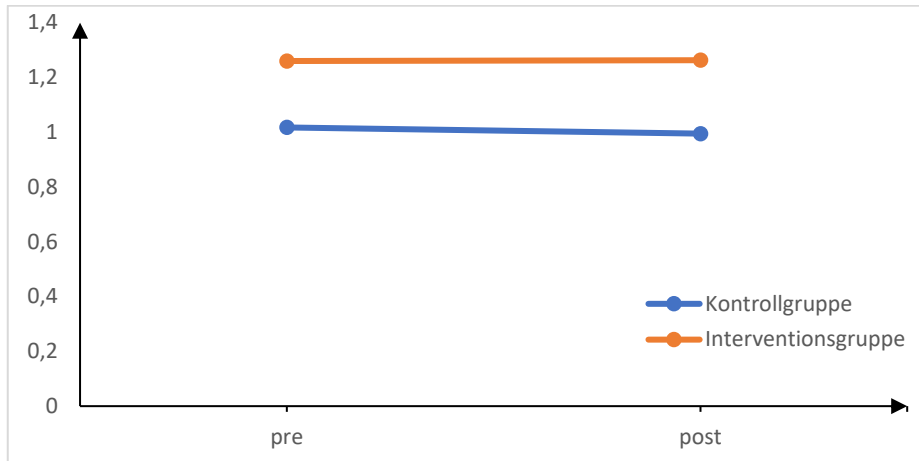


Abbildung 29: maximale Bahngeschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase [$m*s^{-1}$]

In Abbildung 29 kann man die Veränderungen der Mittelwerte der einzelnen Gruppen nach den 9 Wochen erkennen.

8.2.3 Vertikale Geschwindigkeit

Die Ermittlung der maximalen positiven vertikalen Geschwindigkeit ergab folgende Werte:

Kontrollgruppe	Pre-Testung	Mittelwert	1,66
		Standardabweichung	0,29
		Maximum	1,98
		Minimum	0,89
	Post-Testung	Mittelwert	1,57
		Standardabweichung	0,27
		Maximum	1,94
		Minimum	1,15
Interventionsgruppe	Pre-Testung	Mittelwert	1,29
		Standardabweichung	0,42
		Maximum	1,87
		Minimum	0,49
	Post-Testung	Mittelwert	1,19
		Standardabweichung	0,56
		Maximum	2,05
		Minimum	0,41

Tabelle 11: maximale positive vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe [$m*s^{-1}$]

Die Tests auf Normalverteilung und Varianzhomogenität nach Shapiro-Wilk und Levene ergaben, dass die zu prüfenden Daten zwar normalverteilt, aber nicht homogen in den Varianzen waren. Aus diesem Grund konnte keine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt werden und es musste auf das nächst niedrigere Verfahren, dem Test nach Wilcoxon, zurückgegriffen werden.

Der 2-seitige Test ergab hier bei der Kontrollgruppe eine Signifikanz von 0,401 und bei der Interventionsgruppe von 0,721, was bedeutet, dass es keine signifikante Veränderung innerhalb der Gruppen zwischen Pre- und Posttestung gegeben hat. Die Entwicklung der Wurfgeschwindigkeit nach 9 Wochen wird in Abbildung 30 und Abbildung 31 aufgezeigt.

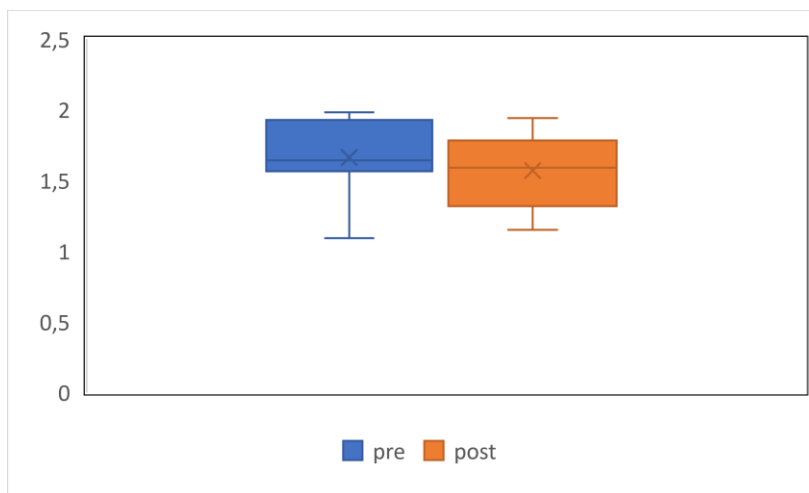


Abbildung 30: maximale positive vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe bei der Kontrollgruppe [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (X markiert die Mittelwerte)

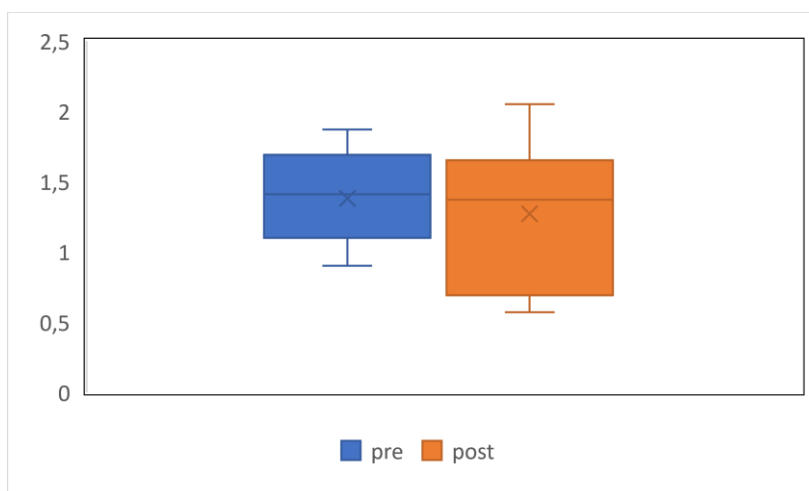


Abbildung 31: maximale positive vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe bei der Interventionsgruppe [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (X markiert die Mittelwerte)

Mittels Mann-Whitney-U-Test wurden zusätzlich die Gruppen miteinander verglichen. Der Test gab bei den Daten der Eingangstestung eine Signifikanz von 0,043 an, was bedeutet, dass sich die Gruppen untereinander signifikant unterschieden.

Die erhaltenen Ergebnisse der Studie werden im folgenden Kapitel 9 zusammengefasst, mögliche Erklärungen für das Zustandekommen diskutiert und die Forschungsfrage beantwortet. Weiters werden Limitationen, die möglicherweise Einfluss auf die Ergebnisse der Studie hatten, aufgezeigt.

9 Diskussion

Die Forschungsfrage dieser Studie lautet: Kann die Anrissgeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase eines Wurfes im Judo mittels Maximalkrafttraining positiv beeinflusst werden? Dabei wurde folgende Hypothese aufgestellt: Die Anrissgeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase des Hüftwurfes O-goshi im Judo kann durch ein 9-wöchiges Maximalkrafttraining positiv beeinflusst werden.

Das Maximalkrafttraining wurde dafür in Anlehnung an Burns & Callan (2017), Pürzel & Pürzel (2015), Zawieja (2013) und Weineck (2010) definiert und entworfen.

Bei der Planung der Studie stellte sich als erstes die Frage, wie überhaupt die Anrissgeschwindigkeit bei einem Hüftwurf im Judo definiert werden sollte. Da es verschiedene Arten des Gleichgewichtsbruches gibt, gab es auch mehrere Parameter die beim Anriss untersucht werden konnten. In Anlehnung an Studien zur Wurfanalyse (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006; Imamura, Iteya, Hreljac, & Escamilla, 2007) wurde als Kriterium für die Anrissgeschwindigkeit die maximale Geschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase die Bahngeschwindigkeit und die Geschwindigkeit in horizontaler Richtung des Körperschwerpunktes der Wurfuppe ausgewählt. Weiters wurde auch noch die höchste positive vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe gemessen und verglichen.

Im folgenden werden die Ergebnisse zusammengefasst und es wird literaturgestützt versucht Erklärungen und Ausblicke zu diskutieren. Weiters werden noch Limitationen aufgezählt.

9.1 Zu den Ergebnissen

Der Vergleich der Pre- und Posttestung ergab in horizontaler, vertikaler und absoluter Richtung keine statistisch signifikante Veränderung, weder bei der Interventions-, noch bei der Kontrollgruppe. Somit muss die Forschungsfrage, ob sich ein 9-wöchiges Maximalkrafttraining

auf die Anrissgeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase beim Wurf O-goshi im Judo positiv auswirkt, verneint und die Hypothese verworfen werden.

Während der Auswertung der einzelnen Sportler/innen konnte man aber durchaus Veränderungen feststellen. Da es verschiedene Arten der Gleichgewichtsbrechung gibt, kam es auch zu Verbesserungen in den einzelnen Richtungen. Einige Athlet/innen verbesserten sich in Bezug auf schnellere Geschwindigkeiten in horizontaler Richtung und andere in der vertikalen Richtung. Es kam auch vereinzelt zu einer deutlichen Verlangsamung der Anrissgeschwindigkeit in allen drei gemessenen Richtungen. Man konnte hier eine Veränderung, speziell eine Verbreiterung des Abstandes der Füße während des Wurfes, feststellen. Aus diesen Gründen war es hier schwer festzustellen, ob es eine generelle Veränderung in der Anrissgeschwindigkeit gegeben hat.

Mögliche Erklärungen für das Zustandekommen der Ergebnisse liefern folgende Argumente:

Krafttraining wirkt sich laut Literatur, was die Bewegungsschnelligkeit angeht, über die Zeit gesehen tendenziell positiv aus (Toigo, 2015, S. 33). Dabei ist es aber wichtig, dass bei spezifischen Bewegungen, wie es beim Judo der Fall ist, das Zusammenspiel der Winkel-Drehmoment-Relation, die dafür von Nöten ist, durch asymmetrische Längenadaption gestört werden kann. Das Resultat einer solchen Störung kann eine mögliche vorübergehende geringere Bewegungsgeschwindigkeit und somit auch ein geringere Anrissgeschwindigkeit zur Folge haben. Die Längenadaption des Muskels kann dabei auf die Vermehrung der Anzahl der Sarkomere in Serie zurückgeführt werden. Diese Veränderung darf daher nicht als Verlangsamung der Bewegungsgeschwindigkeit interpretiert werden (Toigo, 2015, S. 33).

Studien haben ergeben, dass bei jeglicher Steigerung der Aktivität, sei es nun Ausdauer- oder Krafttraining, die Verteilung der Hybridfasern (Mischform der Muskelfaser) und der Typ-2-Fasern (schnelle Muskelfasern) im Muskel zahlenmäßig verändert. Sie werden insgesamt, egal ob man schnell oder langsam trainiert, langsamer. Diese Verschiebung der Muskelfaserverteilung tritt auch bei „explosivem“ (=möglichst schnelle Bewegungsausführung) Training auf. Dies hat zur Folge, dass die Muskeln, obwohl man in der Hoffnung schneller zu werden möglichst „explosiv“ trainiert, intrinsisch langsamer werden. In ähnlicher Weise kann ein Trainingsstopp oder ein Training mit relativ reduziertem Umfang/Intensität die Muskelfasern intrinsisch schneller machen. Der Anteil der schnellsten muskulären Einheiten nimmt in dieser Phase wieder zu. Diese Erkenntnis ist für die Wettkampfplanung von Trainern/Trainerinnen und Coaches von großer Bedeutung. Diese sollten nicht nur den Fokus auf Trainingsphasen, sondern auch auf

Phasen der relativen Inaktivität legen (Toigo, 2015, S. 54f). In der vorliegenden Studie lagen zwischen dem letzten Trainingstag und der Testung 2- 4 Tage.

Trotzdem wird der Einfluss der Maximalkraft auf die Schnellkraft und ihre Subkategorien heute auch wesentlich differenzierter und kritischer gesehen. Anstatt der Maximalkraft als relativ unspezifische Grundkraft, müssen vor allem die Muskulatur selbst, die inter- und intramuskuläre Koordination, die entsprechenden Innervationsmuster, die Bewegungsgeschwindigkeit, der Arbeitswinkel und die Art der muskulären Beanspruchung berücksichtigt werden. Man konnte feststellen, dass die Bedeutung der Maximalkraft für die Bewegungsgeschwindigkeit mit der Zunahme der zu überwindenden Last korreliert. Das bedeutet, nimmt die zu überwindende Last zu, dann nimmt auch die Bedeutung der Maximalkraft für die Schnellkraft zu (Weineck, 2010, S. 377).

Ein weiterer bestimmender Faktor bei der maximalen Kraftentwicklung ist die Zeit. Die entsprechende Kurve wird in Abbildung 32 beispielhaft dargestellt.

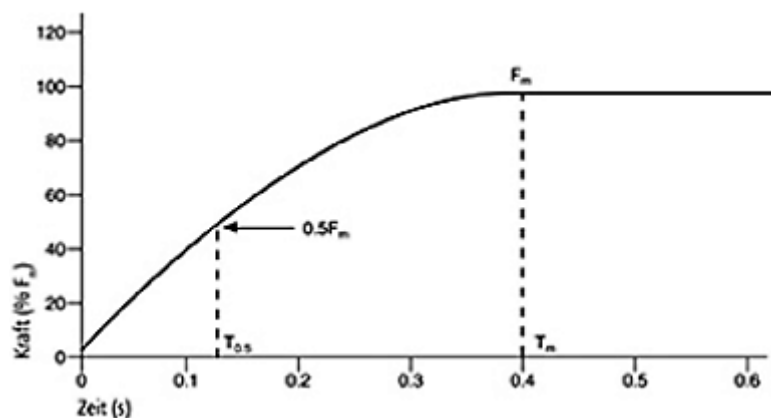


Abbildung 32: Entwicklung der maximalen Muskelkraft über die Zeit (Zatsiorsky & Kraemer, 2008, S. 52)

T_m ist in Abbildung 32 die Zeit, die für die Entwicklung der maximalen Kraft F_m erforderlich ist. $T_{0,5}$ entspricht der Zeit bis zur Erreichung von $0,5 F_m$. Hier wird ersichtlich, dass der/die Athlet/in eine bestimmte Zeit bis zum Erreichen des individuellen Kraftmaximums benötigt. Ob sich T_m nach dem 9-wöchigem Maximalkrafttraining verändert hat wurde in der vorliegenden Studie nicht überprüft.

Dabei muss berücksichtigt werden, dass verschiedenen Sportler/innen auch verschieden lange Zeit brauchen um ihr Kraftmaximum zu erreichen. Die Zeitdauer ist außerdem auch noch von der Bewegung abhängig. Unter isometrischen Bedingungen liegt die Zeit zur Erreichung des ungefähren Maximalwerts bei ca. 0,4 Sekunden. Ist die Bewegungszeit nun kürzer als die

benötigte Zeitdauer, kann die maximal mögliche Kraft bei dieser Bewegung nicht erreicht werden. Je geringer die Bewegungszeit wird, umso größer wird die Differenz zwischen maximal erreichtem und maximal möglichem Krafteinsatz und wird als Explosivkraftdefizit bezeichnet (Zatsiorsky & Kraemer, 2008, S. 52f).

Um den Kraftoutput bei explosiven Bewegung erhöhen zu können, gibt es nun zwei Arten: Entweder wird die Maximalkraft erhöht oder das Explosivkraftdefizit verringert. Die erste Art wurde in dieser Studie angewandt. Jedoch ist dabei zu beachten, dass die Stagnation der Anrissgeschwindigkeit auf die Kurzzeitigkeit der Anrissphase zurückgeführt werden kann. Eventuell hatten die Sportler/innen in der durchgeführten Studie nicht genug Zeit um ihre maximal mögliche Kraft zu entwickeln. In diesem Fall könnte die Explosivkraft, also die Eigenschaft, maximale Kraft in minimaler Zeit zu entwickeln, für eine Verbesserung der Anrissgeschwindigkeit ausschlaggebend sein (Zatsiorsky & Kraemer, 2008, S. 53). Dies wird in Abbildung 33 verdeutlicht.

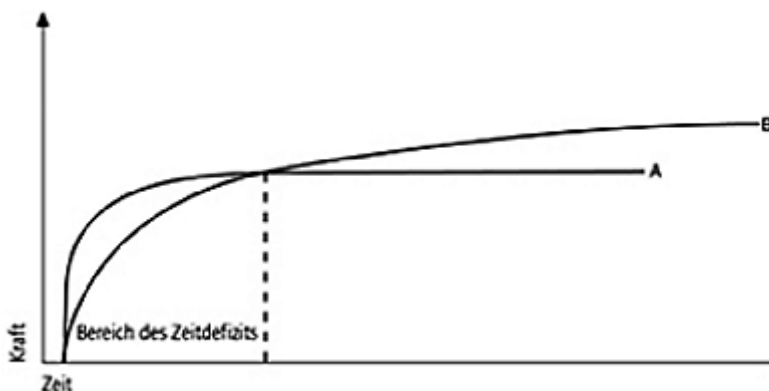


Abbildung 33: verschiedene Kraft-Zeit Verläufe (Zatsiorsky & Kraemer, 2008, S. 55)

Abbildung 33 zeigt 2 unterschiedliche Kraft-Zeit-Charakteristika. Liegt die Bewegungsdauer innerhalb des „Bereich des Zeitdefizits“ so kann im Fall A mehr Kraft generiert werden und umgekehrt, wenn genügend Zeit zur Ausführung vorhanden ist. Im Fall B kann also die Leistung nicht durch eine Erhöhung der Maximalkraft verbessert werden, solange die Bewegung innerhalb des Zeitdefizitbereiches abläuft (Zatsiorsky & Kraemer, 2008, S. 55).

Die Kraft-Geschwindigkeit Beziehung kann als hyperbolische Funktion, wie in Abbildung 34 ersichtlich, dargestellt werden (=Hill'sche Kurve).

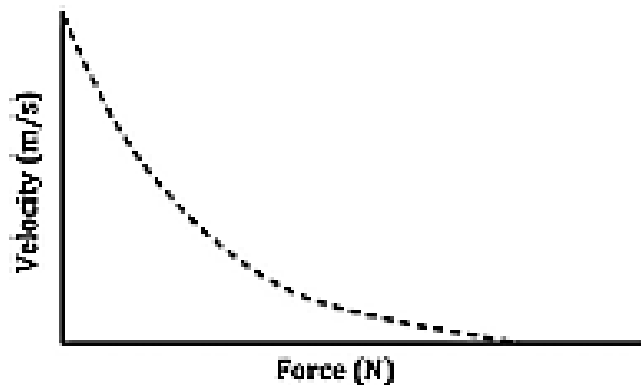


Abbildung 34: Kraft-Geschwindigkeit Relation (Haff & Nimphius, 2012)

Hier kann man erkennen, dass die konzentrische generierte Muskelkraft mit der Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit abnimmt. Um den Dummy in dieser Studie schnell werfen zu können ist es notwendig, bei einer hohen Geschwindigkeit eine möglichst hohe Kraft zu erzeugen. Das bedeutet, dass ein Training die Aufgabe hat, die Kraft-Geschwindigkeit nach rechts zu verschieben. Durch ein Training mit schweren Gewichten wird die isometrische Maximalkraft und die Kraftentwicklungsrate erhöht (Haff & Nimphius, 2012). Durch diese Art von Training entsteht also eine Verschiebung der Kurve wie in Abbildung 35 aufgezeigt.

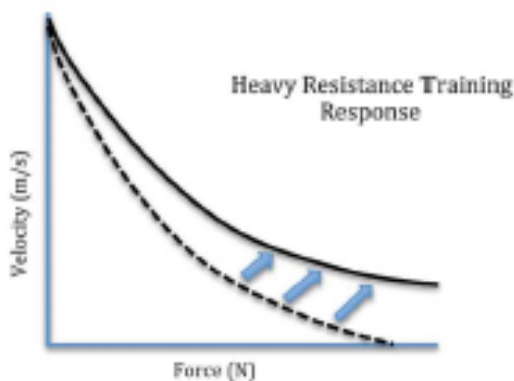


Abbildung 35: spezifische Anpassungsvorgänge in der Beziehung Kraft zu Schnellkraft nach einem Training mit schweren Gewichten (Haff & Nimphius, 2012)

Im Gegensatz dazu kann ein plyometrisches oder explosives Training in einer Erhöhung der Kraftentwicklungsrate resultieren, welches größer ist als jenes bei schwerem Gewichtstraining (Haff & Nimphius, 2012). Diese Art von Training ermöglicht eine Verschiebung der Kurve wie in Abbildung 36 aufgezeigt.

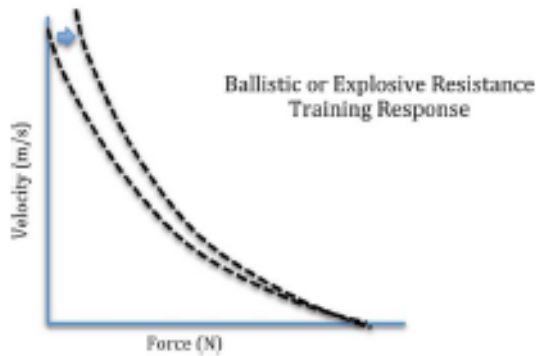


Abbildung 36: spezifische Anpassungsvorgänge in der Beziehung Kraft zu Schnellkraft nach einem Training mit leichten Gewichten und maximaler Geschwindigkeit (Haff & Nimphius, 2012)

Ein ballistisches oder explosives Training erhöht aber nicht die Maximalkraft in der gleichen Weise wie ein Training mit schweren Gewichten. Aus diesem Grund wird in der Literatur eine gemischte Trainingsform empfohlen, um eine Explosivität zu fördern (Haff & Nimphius, 2012). Die Verschiebung der Kurve bei gemischten Trainingsformen wird in Abbildung 37 aufgezeigt.

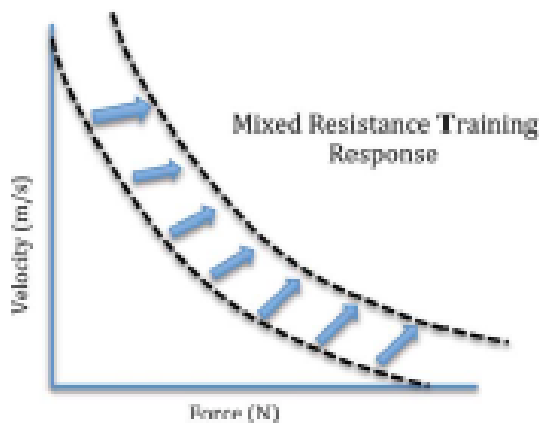


Abbildung 37: spezifische Anpassungsvorgänge in der Beziehung Kraft zu Schnellkraft nach einem gemischten Training (Haff & Nimphius, 2012)

Aufgrund dieser Ausführungen könnte in weiteren Studien eine gemischte Trainingsform angewendet werden, um die Anrissgeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase positiv zu beeinflussen.

9.2 Limitationen

Im folgenden Punkt werden Limitationen und Schwierigkeiten beschrieben, die bei der Bearbeitung und Auswertung der Studie auftraten.

Wie im Kapitel 3 beschrieben, dienen im Allgemeinen Durchstoßpunkte der Gelenkachsen oder Gelenkachsenmittelpunkte zur Bewegungsanalyse. Zum Beispiel verlaufen die Durchstoßpunkte des Schultergelenks durch das Schultergelenkszentrum, wie in Abbildung 38 aufgezeigt.



Abbildung 38: Gelenksachsen Schultergelenk (Dumas, L., & J.-P., 2007)

Mögliche Fehler beim Tracken der Punkte des Dummys waren daher:

- Gelenkachsen konnten am Körper nicht immer eindeutig identifiziert werden
- Durchstoßpunkte waren auf dem Bild nicht eindeutig erkennbar
- Durchstoßpunkte wurden durch andere Körperteile oder durch den/die Sportler/in verdeckt

Die Wahrscheinlichkeit von „versteckten Punkten“ erhöht sich mit der Komplexität der Bewegung. Um die Genauigkeit der Resultate verbessern zu können, müssen ständig mindestens zwei Kameras den zu trackenden Punkt erfassen können. Es können keine Informationen gewonnen werden, wenn Punkte von anderen Körperteilen verdeckt werden. Dieses Problem kann durch das Hinzufügen mehrerer Kameras verringert werden. Mit mehreren Kameras kann die Genauigkeit der erhobenen Daten erhöht werden. Weiters muss aber auch beachtet werden, dass mehrere Kameras nicht nur mehr Hardware, sondern auch mehr Aufwand bei der Auswertung bedeuten (Leser & Roemer, 2015, S. 84).

Da die Verwendung eines sogenannten „Remote Control“ die GoPro 5 Kameras nur ungefähr und nicht exakt zur selben Zeit starten konnte, musste die Synchronisation der beiden verwendeten Kameras über ein optisches Signal (wie schon oben beschrieben, der Aufsatz des vorderen Fußes) erfolgen. Wenn die Kameras individuell gestartet werden, wie es bei dieser Studie der Fall war, kann erwartet werden, dass die einzelnen Bilder nicht zum exakt selben Zeitpunkt gemacht werden. Diese Zeitdifferenz zwischen den jeweils zusammen gehörigen Bildern wird umso wahrscheinlicher, je niedriger die Bildrate der Kameras ist. Je weniger Bilder in der Sekunde gemacht werden umso größer kann die Zeitdifferenz zwischen den Bildern werden. Dieses Problem kann gelöst werden indem die Kameras an einen Computer angeschlossen werden und über die Bewegungsanalyse Software kontrolliert werden (Leser & Roemer, 2015, S. 84).

Die Auswertung der einzelnen Würfe fand im „offline“ Modus statt, das heißt, dass das Tracken der Landmarken nach der Bewegungsausführung durchgeführt wurde. Ein Vorteil dieser Verfahrensweise ist, dass keine Marker auf der Wurfuppe von Nöten sind. Da die Gelenkszentren getrackt wurden, wäre dies auch nicht möglich gewesen. Die verwendeten Marker dienten nur zur Orientierung bei der Digitalisierung. Bei einem Wurf im Judo wird eine Bewegungsanalyse mit Körpermarkern auch nicht als sinnvoll erachtet (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006; Imamura, Iteya, Hreljac, & Escamilla, 2007). Die Punkte an der Wurfuppe wurden manuell digitalisiert, das einen hohen Arbeitsaufwand bedeutete. Der Prozess ist sehr monoton und beansprucht viel Zeit. Je genauer die Daten ausgewertet werden sollen, umso mehr Aufwand muss bei der Digitalisierung betrieben werden (Leser & Roemer, 2015, S. 85).

Im letzten Kapitel werden die Arbeit kurz zusammengefasst und ein Ausblick auf mögliche weitere Forschungsmöglichkeiten in diesem Bereich gegeben.

10 Schlussfolgerung

Im Judoport ist neben dem technischen Know-How besonders Muskelkraft und Schnelligkeit der Sportler/innen erfolgsentscheidend. Die maximale Kraft die ein Mensch aufbringen kann und die Bewegungsschnelligkeit stehen laut Literatur in engen Zusammenhang. Diese Wechselwirkung wurde auch in vielen Studien im Bereich Sprung und Sprint nachgewiesen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen aber, dass es zu keiner signifikanten Veränderung der für die Ausführung eines effektiven O-goshi-Wurfes wichtigen Anrissgeschwindigkeit in der Kuzushi/Tsukuri Phase nach einem 9-wöchigen Maximalkrafttraining kam. Dies wurde in einer empirischen Erhebung mit 18 erfahrenen Judoka festgestellt. Es waren zwar geringfügige individuelle Veränderungen erkennbar, diese waren aber nicht groß genug um sich auf das Ergebnis auszuwirken.

Im Kapitel 9 wurde versucht einige Erklärungsansätze zu den Ergebnissen zu liefern. Zusammenfassend können daraus für mich folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

Als erstes kann man erkennen, dass die Übungen des Trainingsplanes zwar der Wurfbewegung ähnlich waren, aber nicht gleich. Zum Beispiel werden beim Wurfeinstieg zwar die Knie gebeugt, aber im Vergleich zur Kniebeuge wird ein viel geringeres Bewegungsausmaß benötigt. Dies kann zur Folge haben, dass sich die Maximalkraft in der Kniebeugebewegung eventuell durch das Maximalkrafttraining erhöht, aber sich das Zusammenspiel der Winkel-Drehmoment-Relation

durch die Längen Anpassung der Muskulatur, ungünstig verändert. Dieser Effekt kann eine vorübergehende Verlangsamung der Bewegungsgeschwindigkeit zur Folge haben. Auch die beschriebene Faserverschiebung kann einen solchen Effekt auf die Schnellkraftentwicklung der Sportler/innen haben. Das bedeutet, dass sich der Effekt vielleicht erst später eingestellt hat, nachdem sich die Muskulatur wieder an die Gegebenheiten des Sportes angepasst hat.

Ein weiterer Faktor, der bei der Trainingsplanung berücksichtigt werden kann, ist die Verwendung von plyometrischen Übungen. Die Vermischung von Übungen mit schweren Gewichten und Übungen, bei denen der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus im Vordergrund steht, wirkt sich laut Literatur positiv auf die Schnellkraftentwicklung aus.

Abschließend möchte ich betonen, dass ein hoher Kraftwert bei Sportler/innen im Judo, auch wenn er sich nicht auf den ersten Blick auf die Schnellkraft auswirkt, erfolgsentscheidend und verletzungspräventiv, aber auch darüber hinaus mental stärkend wirken kann. Aus diesen Gründen ist es in dieser Sportart sehr wichtig, regelmäßig Krafttraining zu betreiben.

11 Literaturverzeichnis

de.shop.gopro.com. (17. 7 2017). Von <https://de.shop.gopro.com/EMEA/cameras/hero5-black/CHDHX-501-master.html> abgerufen

www.campus.sportbachelor.de. (30. 6 2017). Von <https://campus.sportbachelor.de/lexikon/kraftarten/> abgerufen

www.judobund.de. (12. 08 2017). Von http://www.judobund.de/fileadmin/_horusdam/6172-Adaptation_of_the_judo_refereeing_rules_-_Version_February_3rd____2017.pdf abgerufen

www.oxfordreference.com. (23. 08 2017). Von <http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780198568506.001.0001/acref-9780198568506-e-2147?rskey=30JETU&result=2147> abgerufen

www.suples.com. (17. 07 2017). Von <https://suples.com/dummies/speed-dummies.php> abgerufen

www.webart-style.at. (21. 6 2017). Von <http://www.webart-style.at/judo/og.htm> abgerufen

Ambach, C. (2004). *Bushido. Die Welt des Kampfsports. Stile-Meister-Techniken*. Stuttgart: Pietsch Verlag.

Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing Resistance Training Programmes to Enhance Muscular Fitness. A Review of the Acute Programme Variables. *Sports Medicine*, 35(10), 841-851.

Burns, A., & Callan, M. (2017). *Strength and Conditioning for Judo*. Ramsbury, Marlborough: The Crowood Press.

Dickhaus, H., & Handels, h. (2015). medizinische Bildverarbeitung. In B. Brors, S. Bulashevskaya, H. Handels, G. Stockmanns, E. Naroska, C. Ressel, . . . M. Staemmler, *Biomedizinische Technik–Medizinische Informatik (Vol. 6)* (244-283). Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

Drid, P. e. (2015). Fitness and Anthropometric Profiles of International vs. National Judo Medalists in Half-Heavyweight Category. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2115-2121.

Dumas, R., L., C., & J.-P., V. (2007). Adjustments to McConville et. al and Young et. al body segment inertial parameters. *Journal of Biomechanics*, 40, 543-553.

- Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxilidaris, K., Aggelousus, N., Kostopopoulos, N., & Buckenmeyer, P. (2000). Evaluation of Plyometric Exercise Training, Weight Training, and Their Combination on Vertical Jumpung Performance and Leg Strength. *National Strength & Conditioning Association*, 14(4), 470-476.
- Franchini, E., Del Vecchio, F., Matsushigue, K., & Artioli, G. G. (2011). Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Medicine*, 41(2), 147-166.
- Franchini, E., Nunes, A. V., Moraes, J. M., & Del Vecchio, F. B. (2005). Physical Fitness and Anthropometrical Profile of the Brazilian Male Judo Team. *Biology of Sport*, 22(4), 59-67.
- Gießling, J. (2003). Trainingsplanung und-steuerung beim Muskelaufbautraining. Das Konzept vom individuellen hypothetischen Maximalgewicht (h1RM) als methodische Alternative. *Leistungssport*, 4, 26-31.
- Güllich, A. (2013). *Sport- Das Lehrbuch für das Sportstudium*. (M. Krüger, Hrsg.) Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training Principles for Power. *Strength & Conditioning Journal*, 34(6), 2-12.
- Hanavan, E. P. (1964). *A mathematical model of the human body*. Ohio: AIR FORCE AEROSPACE MEDICAL RESEARCH LAB WRIGHT-PATTERSON AFB Oh.
- Harter, R. A., & Bates, B. T. (2008). KINEMATIC AND TEMPORAL CHARACTERISfICS OF SELECTED JUDO HIP THROWS. *ISBS-Conference Proceedings Archiv*, 141-150.
- Hassmann, M., Buchegger, M., Stollberg, K. P., Sever, A., & Sabo, A. (2010). Motion analysis of performance tests using a pulling force device (PFD) simulating a judo throw. *Procedia Engineering*, 2(2), 3329-3334.
- Hatze, H. (1986). *Methoden biomechanischer Bewegungsanalyse*. Wien: Österreichischer Bundesverlag.
- Henry, T. (2011). Resisistance Training for Judo: functional strength training concepts and principles. *Strength & Conditioning Journal*, 33(6), 40-49.

- Imamura, R. T., Hreljac, A., Escamilla, R. F., & Edwards, B. E. (2006). A three-dimensional analysis of the center of Mass for three different Judo throwing techniques. *Journal of Sport Science and Medicine*, 5(CSSI), 122-131.
- Imamura, R. T., Iteya, M., Hreljac, A., & Escamilla, R. F. (2007). A kinematic comparison of the judo throw Harai-goshi during competitive and non-competitive conditions. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(2), 15-22.
- Ishii, T., & Ae, M. (2014). Biomechanical factors of effective seoi-nage in judo. *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Knudson, D. (2003). *Fundamentals of biomechanics*. Springer Science & Business Media.
- Kraemer, W. J., & Ratames, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 674-688.
- Lehmann, G., & Ulbricht, H.-J. (2007). *Judo. Klassische und moderne Wurftechniken*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Leser, R., & Roemer, K. (2015). Motion tracking and analysis systems. In A. Baca, *Computer Science in Sport* (82-110). London: Routledge.
- Lippmann, R. (2009). *Judo. Trainer-C-Ausbildung*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Nowoisky, H. (1988). Zur biomechanischen Analyse von Wurftechniken im Judosport. *Theorie und Praxis Leistungssport*, 26, 55-71.
- Ollhoff, J. (2008). *The World of Martial Arts. Grappling*. Edina, Minn: ABDO Publishing.
- Poecco, E., Ruedl, G., Stankovic, N., Sterkowicz, S., Del Vecchio, F. B., Gutiérrez-García, C., & ... & Menz, V. (2013). Injuries in judo: a systematic literature review including suggestions for prevention. *Br J Sports Med*, 47(18), 1139-1143.
- Pop, I. N., Gombos, L., & Prodea, C. (2014). BIOMECHANIC CLASSIFICATION OF NAGE-WAZA THROWING TECHNIQUES (II). *Studia Universitatis Babes-Bolyai, Educatio Artis Gymnasticae*, 59(2).
- Pürzel, A., & Pürzel, A. (2015). *Trainingsplanung- Success is a choice*. Wien: Intelligent Strength GmbH.

- Rasch, B., Frieze, M., Hofmann, W., & Naumann, E. (2014a). *Quantitative Methoden 1. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Rasch, B., Frieze, M., Hofmann, W., & Naumann, E. (2014b). *Quantitative Methoden 2. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. (4. Ausg.). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Ratamess, N. A. (2011). Strength and Conditioning for grappling sports. *Strength & Conditioning Journal*, 33(6), 18-24.
- Reality Motion Systems GmbH. (kein Datum). Simi Motion Gebrauchsanweisung.
- Rippetoe, M. (2016). *Programmgestaltung im Krafttraining*. München: Riva Verlag.
- Tissernad, R., Robert, T., Dumas, R., & Chéze, L. (2016). A simplified marker set to define the center of mass for stability analysis in dynamic situations. *Gait & Posture*, 48, 64-67.
- Toigo, M. (2015). *MuskelRevolution*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Velte, H. (2009). *Judo von A-Z*. Stuttgart: Pietsch-Verlag.
- Weineck, J. (2010). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Balingen: Spitta Verlag.
- Weinmann, W. (2006). *1x1 des Judo. Die Grundlagen des Judosports*. Berlin: Verlag Weinmann.
- Wick, D. (2005). *Biomechanische Grundlagen sportlicher Bewegungen: Lehrbuch der Biomechanik*. Balingen: Spitta Verlag.
- Wirth, K., Schlumberger, A., Zawieja, M., & Hartmann, H. (2013). *Krafttraining im Leistungssport. Theoretische und praktische Grundlagen für Trainier und Athleten*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Zatsiorsky, V., & Kraemer, W. (2008). *Kraft training. Praxis und Wissenschaft*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Zawieja, M. (2013). *Leistungsreserve Hanteltraining. Handbuch des Gewichthebens*. Münster: Philippka-Sportverlag.

12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: stabiles Gleichgewicht (Lippmann, 2009, S. 192)	11
Abbildung 2: labiles Gleichgewicht (Lippmann, 2009, S. 192)	11
Abbildung 3: gebrochenes Gleichgewicht (Lippmann, 2009, S. 192)	11
Abbildung 4: O-goshi (www.webart-style.at)	14
Abbildung 5: Kodokan- Einstieg (Lehmann & Ulbricht, 2007, S. 46)	14
Abbildung 6: Repräsentative vertikale Bodenreaktionskraft-Zeit Kurve [Newton/kg] mit Identifizierung kritischer Ereignisse (Harter & Bates, 2008)	16
Abbildung 7: Mittelwert der Momente ((kg*m)/s) und Standardabweichung in anterioposteriorer (x AP). vertikaler (y VT) und mediolateraler (z ML) Richtung in den einzelnen Phasen (1= kuzushi. 2= tsukuri, 3= kake) (Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006)	18
Abbildung 8: Armzugkraftgerät	20
Abbildung 9: Kraft-, Leistungs- und Geschwindigkeitsverläufe während des Anriss (Hassmann, Buchegger, Stollberg, Sever, & Sabo, 2010)	20
Abbildung 10: Bewegung bei der Anrissmessung (Nowoisky, 1988)	21
Abbildung 11: Das mathematische Modell (Hanavan, 1964, S. 8)	22
Abbildung 12: Wechselbeziehungen der drei Hauptformen der Kraft (Weineck, 2010, S. 372) ...	25
Abbildung 13: die verschiedenen Kraftfähigkeiten und Erscheinungsformen (Weineck, 2010, S. 372)	26
Abbildung 14: Kraft-Zeit-Verlaufskurve mit charakteristischen Kennwerten (Weineck, 2010, S. 374)	27
Abbildung 15: Speed Dummy	44
Abbildung 16: schematischer Dummy mit Markerpunkten (schwarz= Vordergrund, weiß= Hintergrund)	45
Abbildung 17: GoPro Hero5 Black (https://de.shop.gopro.com)	46
Abbildung 18: Versuchsaufbau	47
Abbildung 19: Kalibrationsgitter	48
Abbildung 20: O-goshi (www.webart-style.at) und verwendetes Koordinatensystem	49
Abbildung 21: schematischer Speed Dummy	50
Abbildung 22: Wurfbewegung des Dummys	59
Abbildung 23: horizontale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes des Dummys mit Trennung Kuzushi/Tsukuri (K/T) und Kake Phase (K)	59

Abbildung 24: Bahngeschwindigkeit des Körperschwerpunktes des Dummys mit Trennung Kuzushi/Tsukuri (K/T) und Kake Phase (K).....	60
Abbildung 25: Kuzushi/Tsukuri Phase.....	61
Abbildung 26: vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes des Dummys	61
Abbildung 27: maximale horizontale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase bei der Kontrollgruppe [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (X markiert die Mittelwerte).....	64
Abbildung 28: maximale horizontale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase bei der Interventionsgruppe [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (X markiert die Mittelwerte)	64
Abbildung 29: maximale Bahngeschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	66
Abbildung 30: maximale positive vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe bei der Kontrollgruppe [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (X markiert die Mittelwerte)	67
Abbildung 31: maximale positive vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe bei der Interventionsgruppe [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (X markiert die Mittelwerte).....	67
Abbildung 32: Entwicklung der maximalen Muskelkraft über die Zeit (Zatsiorsky & Kraemer, 2008, S. 52).....	70
Abbildung 33: verschiedene Kraft-Zeit Verläufe (Zatsiorsky & Kraemer, 2008, S. 55).....	71
Abbildung 34: Kraft-Geschwindigkeit Relation (Haff & Nimphius, 2012).....	72
Abbildung 35: spezifische Anpassungsvorgänge in der Beziehung Kraft zu Schnellkraft nach einem Training mit schweren Gewichten (Haff & Nimphius, 2012).....	72
Abbildung 36: spezifische Anpassungsvorgänge in der Beziehung Kraft zu Schnellkraft nach einem Training mit leichten Gewichten und maximaler Geschwindigkeit (Haff & Nimphius, 2012).....	73
Abbildung 37: spezifische Anpassungsvorgänge in der Beziehung Kraft zu Schnellkraft nach einem gemischten Training (Haff & Nimphius, 2012).....	73
Abbildung 38: Gelenksachsen Schultergelenk (Dumas, L., & J.-P., 2007)	74

13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Graduierungen im Judo (Weinmann, 2006, S. 95)	6
Tabelle 2: Einteilung der Wurftechniken in 5 Kategorien (Weinmann, 2006, S. 67)	13
Tabelle 3: Trainingsart, Anwendungsbereich, Trainingsmethoden und Belastung zur Steigerung der Maximalkraft (Weineck, 2010, S. 486)	29
Tabelle 4: äquivalente Landmarken der Wurfuppe	46
Tabelle 5: modified Texas Method Woche 1 (Pürzel & Pürzel, 2015, S. 233)	56
Tabelle 6: modified Texas Method Woche 2 (Pürzel & Pürzel, 2015, S. 233)	56
Tabelle 7: modified Texas Method Woche 3 (Pürzel & Pürzel, 2015, S. 233)	57
Tabelle 8: Tabelle zur Berechnung des hypothetischen 1 RM (Gießling, 2003)	58
Tabelle 9: maximale horizontale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	63
Tabelle 10: maximale Bandgeschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe in der Kuzushi/Tsukuri Phase [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	65
Tabelle 11: maximale positive vertikale Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes der Wurfuppe [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	66

14 Anhang

14.1 5 RM- Test

5 RM- Test

Zyklus 1

Datum:

Übung	5 RM (kg.)	Drop (Wdh.)
4 Sätze steigend: Aufwärmen Kniebeuge		
Kniebeuge		
4 Sätze steigend: Aufwärmen Bankdrücken		
Bankdrücken		
4 Sätze steigend: Aufwärmen Kreuzheben		
Kreuzheben		

Zyklus 2

Datum:

Übung	5 RM (kg.)	Drop (Wdh.)
4 Sätze steigend: Aufwärmen Kniebeuge		
Kniebeuge		
4 Sätze steigend: Aufwärmen Bankdrücken		
Bankdrücken		
4 Sätze steigend: Aufwärmen Kreuzheben		
Kreuzheben		

Zyklus 3:

Datum

Übung	5 RM (kg.)	Drop (Wdh.)
4 Sätze steigend: Aufwärmen Kniebeuge		
Kniebeuge		
4 Sätze steigend: Aufwärmen Bankdrücken		
Bankdrücken		
4 Sätze steigend: Aufwärmen Kreuzheben		
Kreuzheben		

Thomas Haider:

0680/3158959

thomashaider@yahoo.de

14.2 Vollständig durchgerechneter Beispieltrainingsplan

Übung					5 RM kg					3 RM kg					1 RM kg				
Kniebeuge					155					165					175				
Bank					115					120					130				
Kreuzheben					180					190					205				
Schulterdrücken					80														
Rudern vorg.					115														

Woche 1	TE 1				TE 2				TE 3			
	Übung	wdh.	kg	wdh.	Übung	wdh.	kg	wdh.	Übung	wdh.	kg	wdh.
	Kniebeuge	3	155	1	3 Sätze Aufwärmen	5	140	5	Kniebeuge	5	125	5
		3	115	1	Bank	5	105	5	Schulterdrücken	5	80	5
		3	180	1	Kreuzheben mit Stopp beim Knie	3	130	3	Rudern vorg.	5	115	5
Woche 2	TE 1				TE 2				TE 3			
	Übung	wdh.	kg	wdh.	Übung	wdh.	kg	wdh.	Übung	wdh.	kg	wdh.
	Kniebeuge	3	155	1	3 Sätze Aufwärmen	5	140	5	Kniebeuge	5	125	5
		3	115	1	Bank	5	105	5	Schulterdrücken	5	80	5
		3	180	1	Kreuzheben mit Stopp beim Knie	3	130	3	Rudern vorg.	5	115	5
Woche 3	TE 1				TE 2				TE 3			
	Übung	wdh.	kg	wdh.	Übung	wdh.	kg	wdh.	Übung	wdh.	kg	wdh.
	Kniebeuge	3	155	1	3 Sätze Aufwärmen	5	140	5	Kniebeuge	5	125	5
		3	115	1	Bank	5	105	5	Schulterdrücken	5	80	5
		3	180	1	Kreuzheben mit Stopp beim Knie	3	130	3	Rudern vorg.	5	115	5

14.3 Teilnehmer/inneninformation und Einwilligungserklärung

TeilnehmerInneninformation und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie:

Untersuchung der Auswirkungen eines neunwöchigen Maximalkrafttrainings auf die Wurfgeschwindigkeit beim O-goshi im Judo

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,

wir laden Sie ein, an der oben genannten Studie teilzunehmen. Eine detaillierte Beschreibung erfolgt in einem begleitenden ausführlichen Informationsgespräch.

a) Ihre Teilnahme an dieser Studie erfolgt freiwillig. Sie können jederzeit, ohne Angabe von Gründen, Ihre Bereitschaft zur Teilnahme ablehnen oder auch im Verlauf der Studie zurückziehen. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie hat keine nachteiligen Folgen für Sie.

Diese Art von Studien ist notwendig, um verlässliche neue wissenschaftliche Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung von Studien ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch sorgfältig durch und zögern Sie nicht, Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über Ihre Rechte als TeilnehmerIn an dieser Studie im Klaren sind.

1. Was ist der Zweck der Studie?

Zweck dieser Studie ist es, mittels biomechanischer Untersuchung herauszufinden, ob ein 9-wöchiges Maximalkrafttraining, zusätzlich zum regulären Judo Training, Auswirkungen auf die Geschwindigkeit in der Bewegung, sowohl des Werfenden als auch des Geworfenen, im Judo hat.

2. Wie läuft die Studie ab?

Am Beginn der Studie werden die Sie in zwei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe soll ein vorgegebenes Maximalkrafttraining durchführen und die andere fungiert als Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe soll allerdings während der Studie keinerlei Maximalkrafttraining ausführen.

Zunächst wird bei Ihnen ein Anfangswert ermittelt. Dabei werden Sie an genau definierten Körperstellen sichtbar mit Markern versehen und sollen eine Wurfuppe, die ebenfalls mit Markern versehen ist, dreimal werfen. Diese Würfe werden mit zwei Kameras, die im 90°

Winkel zueinander ausgerichtet sind, gefilmt. Mit Hilfe eines 3D Motion Analysis Systems (SIMI Motion) werden die drei-dimensionalen Daten erfasst und die maximalen Geschwindigkeiten in Ihrem Körperzentrum und der Wurfuppe in allen drei Bewegungsrichtungen errechnet. Beim Wurf handelt es sich um den O-goshi (großer Hüftwurf).

Anschließend erhalten die TeilnehmerInnen von einer der beiden Gruppen einen Maximalkrafttrainingsplan, den sie ausführen und dokumentieren sollen. Auch die übrigen Trainingseinheiten sollen von allen TeilnehmerInnen dokumentiert werden. Der Schwerpunkt des Trainingsplans liegt bei den Übungen Kniebeuge und Kreuzheben, aber auch Übungen wie Bankdrücken, Bankziehen und Schulterdrücken sind im Plan enthalten. Es soll je nach Möglichkeit bis zu drei mal pro Woche trainiert werden und es werden pro Trainingssatz zwischen einer und fünf Wiederholungen absolviert.

Nach der 9-wöchigen Intervention wird der Wurf test wiederholt und ermittelt, ob ein Unterschied in der maximalen Geschwindigkeit bei dem/der Werfenden und/oder bei der Wurfuppe festzustellen ist. Des Weiteren wird überprüft, ob auch in der Kontrollgruppe eine Geschwindigkeitszunahme stattgefunden hat, um auszuschließen, dass diese durch alleiniges Judotraining zu erklären ist.

3. Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an der Studie?

Es existieren nur wenige sportwissenschaftliche Analysen im Judo sport, insbesondere bestehen Forschungslücken bei kinematischen Untersuchungen von Wurfbewegungen. Somit trägt diese Untersuchung zum besseren Verständnis der untersuchten Wurfbewegung bei. Weiters ist das Ergebnis für TrainerInnen und SportlerInnen im Judo sowie verwandten Kampfsportarten zur Optimierung des leistungssteigernden Krafttrainings interessant.

Außerdem bekommen die Teilnehmenden der Trainingsgruppe zu Beginn der Studie einen individuellen Maximalkrafttrainingsplan, die Kontrollgruppe nach Ende der Studie. Alle Teilnehmenden können ihre persönlichen Leistungsverläufe einsehen und mit dem Durchschnitt der Gruppe sowie mit anderen Studien vergleichen.

4. Gibt es Risiken bei der Durchführung der Studie und ist mit Beschwerden oder anderen Begleiterscheinungen zu rechnen?

Bei einem Maximalkrafttraining können, vor allem bei unkorrekter Ausführung, Probleme wie Muskelkater, Verspannungen, Verletzungen und leichte Gewichtszunahme auftreten. Sie werden vorher nochmals darüber informiert. Sollten Sie das Training aus irgendeinem Grund nicht vertragen (Schmerzen, usw.) oder sich bei sonstiger Sportausübung verletzen, kann die weitere Teilnahme ohne Angabe von Gründen jederzeit abgebrochen werden.

Falls Sie Fragen zur Bewegungsausführung haben, können Sie jederzeit nachfragen.

Die durchgeführten Würfe mit der Wurfuppe werden im regulären Training in der gleichen Art und Weise ausgeführt und unterscheiden sich somit nicht im Risiko.

5. Hat die Teilnahme an der Studie sonstige Auswirkungen auf die Lebensführung und welche Verpflichtungen ergeben sich daraus?

Sobald die Anfangs- und Endtestung absolviert wurde, ist die Teilnahme an der Studie beendet. Es ergeben sich weder Auswirkungen auf die Lebensführung, noch Verpflichtungen durch die Teilnahme an der Studie. Die Teilnahme erfolgt anonym, sämtliche erhobene Daten können jederzeit eingesehen und zurückgenommen werden.

6. Was ist zu tun beim Auftreten von Beschwerdesymptomen, unerwünschten Begleiterscheinungen und/oder Verletzungen?

Sollten Beschwerdesymptome oder unerwünschte Begleiterscheinungen während der Studie auftreten werden Sie gebeten diese der Studienleitung zu melden um mögliche Anpassungen des Trainingsplans vornehmen zu können.

Wenn etwas bei der Ausführung der Übungen nicht klar ist, können Sie jederzeit nachfragen.

7. Wann wird die Studie vorzeitig beendet?

Sollten wider Erwarten Gründe, beispielsweise in Form von Verletzungen, auftreten, die die Leistungsfähigkeit zum Zeitpunkt der Messungen oder Intervention maßgeblich beeinträchtigen, so wird die persönliche Messung, falls möglich, zu einem anderen Zeitpunkt stattfinden. Es kann jederzeit auch ohne Angabe von Gründen, die Teilnahmebereitschaft widerrufen und aus der Studie ausgestiegen werden.

Es ist aber auch möglich, dass der Studienleiter entscheidet, die Teilnahme an der Studie vorzeitig zu beenden, ohne vorher ihr Einverständnis einzuholen. Die Gründe hierfür können sein:

- a) Sie können den Erfordernissen der Studie nicht entsprechen;
- b) Der Studienleiter hat den Eindruck, dass eine weitere Teilnahme an der Studie nicht in Ihrem Interesse ist.

8. In welcher Weise werden die im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten verwendet?

Ihre Namen und Daten sind ausschließlich dem Studienleiter und den MitarbeiterInnen der Studie bekannt. In weiterer Folge werden die Daten anonymisiert und durch „TeilnehmerIn X“ ersetzt. Die Daten aus den Dokumentationen werden anonym in die Studie zur Beschreibung der Stichprobe einfließen.

Die aufgenommenen Daten werden gesammelt und statistisch ausgewertet. Ihr Name wird ausnahmslos nicht genannt. Auch in etwaigen Veröffentlichungen der Daten dieser Studie wird der Name nicht genannt und es können auch keine Rückschlüsse auf Sie gezogen werden.

Die Videoaufnahmen bleiben in der Obhut des Versuchsleiters und Sie können jederzeit ohne Angaben von Gründen die Löschung verlangen.

9. Entstehen für die Teilnehmer/Innen Kosten?

- b) Ihnen entstehen durch diese Studie keine zusätzlichen Kosten.

10. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser Studie steht die Studienleitung gerne zur Verfügung. Auch Fragen, die die Rechte als teilnehmende Person betreffen, werden gerne beantwortet.

11. Namen der Kontaktperson bzw. der Kontaktpersonen:

Leiter	Name: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Arnold Baca E-Mail: arnold.baca@univie.ac.at Tel.: +43-1-4277-48882
Projektunterstützerin	Name: MSc. Michaela Haßmann E-Mail: michaela.hassmann@univie.ac.at Tel.: +43-1-4277-48883
Interventionsleiter und Organisation	Name: Thomas Haider E-Mail: thomashaider@yahoo.de Tel.: +43-680 3158959

12. Einwilligungserklärung

Name der teilnehmenden Person in Druckbuchstaben:

Geb. Datum:

Ich erkläre mich bereit, an der Studie „*Untersuchung der Auswirkungen eines 9-wöchigen Maximalkrafttrainings auf die Wurfgeschwindigkeit beim O-goshi im Judo*“ teilzunehmen.

Ich bin von Thomas Haider ausführlich und verständlich über Zielsetzung, Bedeutung und Tragweite der Studie und die sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser TeilnehmerInneninformation und Einwilligungserklärung gelesen, insbesondere den 4. Abschnitt (Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?).

Aufgetretene Fragen wurden mir von der Studienleitung verständlich und ausreichend beantwortet. Ich hatte genügend Zeit, mich zu entscheiden, ob ich an der Studie teilnehmen möchte. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr. Ich werde die Hinweise, die für die Durchführung der Studie erforderlich sind, befolgen, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen. Sollte ich aus der Studie ausscheiden wollen, so kann ich dies jederzeit schriftlich oder mündlich bei Thomas Haider veranlassen.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten aufgezeichnet und ausgewertet werden.

Den Aufklärungsteil habe ich gelesen und verstanden. Ich konnte im Aufklärungsgespräch alle mich interessierenden Fragen stellen. Sie wurden vollständig und verständlich beantwortet.

**Eine Kopie dieser TeilnehmerInneninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten.
Das Original verbleibt bei der Studienleitung.**

(Datum und Unterschrift der/des Teilnehmerin/Teilnehmers)

.....

(gegebenenfalls: Datum und Unterschrift des/der Erziehungsberechtigten oder des Sachwalters /
der Sachwalterin)

.....

(Datum, Name und Unterschrift der Studienleitung)

.....