



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

„Biomechanische Analyse der Taekwondo-Technik
Naeryo-chagi“

Verfasser

Michael Kloiber

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, November 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 481 295

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Sportwissenschaften/Prävention Rektion

Betreuer:

A. o. Univ. -Prof. Dr. Arnold Baca

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich,
dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe und ausschließlich unter
Verwendung der angegebenen Literatur verfasst habe.

Kloiber Michael

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Vorwort	6
1. Einleitung	7
2. Taekwondo	9
2.1 Geschichte des Taekwondo	10
2.2 Regeln des Kampfes im Taekwondo	12
2.2.1 Auszug aus dem Regelwerk	13
2.3 Anforderungsprofil Taekwondo	14
2.3.1 Relevante Schnelligkeitsformen.....	15
2.3.2 Relevante Kraftformen	16
2.3.3 Beweglichkeit.....	17
2.3.4 Koordinative Fähigkeiten	17
2.4 Gefahren des Kampfes	18
2.5 Schlagwirkung	20
3. Die Technik Naeryo-chagi	22
3.1 Bewegungsbeschreibung	23
3.1.1 Bewegungsbeschreibung aus der Literatur	23
3.1.2 Bewegungsbeschreibung	24
3.1.3 Variationen der Technik Naeryo-chagi.....	26
3.2 Der Hüfteinsatz	27
3.2.1 Welchen Einfluss hat die Hüfte?	28
3.3 Phaseneinteilung für die Analyse	31
3.3.1 Erste Phase	31
3.3.2 Zweite Phase	32
3.3.3 Dritte Phase	32
4. Problemstellung	34
5. Durchführung, Methodik	37
5.1 Untersuchungsdesign	37
Die Stichprobe	39
5.2 Vorbereitung der Aufnahmen.....	39

5.2.1 Das System einrichten	39
5.2.2 Ausrichtung der Kameras	40
5.2.3 Maskieren	40
5.2.4 Kalibrierung.....	41
5.2.5 Antropometrische Vermessung.....	42
5.2.6 Anbringen der Marker	42
5.3 Nachbearbeitung	46
5.3.1 Lücken füllen.....	47
5.3.2 Static Subject calibration.....	47
5.3.3 Dynamic Subject calibration.....	48
5.3.4 Das Schlagpolster.....	48
5.3.6 Ghostmarker löschen.....	48
5.3.7 Bearbeitung der Daten in Vicon® Polygon	49
5.3.8 Phaseneinteilung in Vicon® Polygon	49
5.3.9 Weitere Bearbeitung	50
5.3.10 Rekonstruieren von verdeckten oder fehlenden Markern	50
6. Einzelauswertung	52
6.1 Proband 1	53
6.2 Proband 2	54
6.3 Proband 3	55
6.4 Probandin 4	57
6.5 Proband 5	57
6.6 Proband 6	57
6.7 Proband 7	57
6.8 Proband 8	59
6.9 Proband 9	59
6.10 Probandin 10	59
6.11 Proband 11	61
6.12 Proband 12	62
6.13 Proband 13	65
6.14 Proband 14	66
6.15 Proband 15	68
6.16 Proband 16	69
6.17 Proband 17	70
6.18 Proband 18	73
6.19 Probandin 19	74
6.20 Proband 20	76

6.21 Proband 21	77
6.22 Proband 22	78
6.23 Proband 23	80
6.24 Proband 24	81
7. Interpersonelle Auswertung und Hypothesenprüfung	83
7.1 Diskussion von Hypothese 1	83
7.2 Diskussion von Hypothese 2	84
7.3 Diskussion von Hypothese 3	86
7.4 Diskussion von Hypothese 4	87
7.5 Diskussion der Ergebnisse und deren Relevanz für die Praxis	88
8. Zusammenfassung	91
Literaturverzeichnis	92
Abbildungsverzeichnis	94
Tabellenverzeichnis	95
Anhang	97

Vorwort

Das Zustandekommen der Themenfindung dieser Arbeit verdanke ich größtenteils meinem Engagement in einer Vorstudie im Rahmen des Forschungspraktikums Biomechanik. Im Rahmen dessen war ich an der Auswertung der Daten zweier Taekwondoins beteiligt. Da ich jahrelange Erfahrung auf dem Gebiet Taekwondo hatte, wurde mein Interesse eine Diplomarbeit im Bereich Taekwondo und Biomechanik zu verfassen, geweckt.

Durch das Forschungspraktikum hatte ich entscheidende Vorteile bei der Definition des Untersuchungsdesigns und bei der Auswertung der Daten.

Mein Dank gilt im Besonderen Herrn Ao. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Arnold Baca der mich als Betreuer wissenschaftlich und fachlich bei der Abfassung der vorliegenden Arbeit unterstützte.

Weiters gilt mein Dank Dipl. Ing. Emanuel Preuschl der immer für Fragen und Rat zur Verfügung stand und mich während der Probandentestungen unterstützte.

Letztendlich gilt mein Dank allen Personen die mich in beratender Weise im Laufe der Planung und Durchführung unterstützt haben und allen Probanden die sich bereit erklärt haben an der Testung teilzunehmen.

Ferner bin ich dankbar die Möglichkeit gehabt zu haben, die Räumlichkeiten und das fantastische Equipment des Labors der Abteilung Biomechanik und Bewegungswissenschaften nutzen zu dürfen.

1. Einleitung

Obwohl Taekwondo seit 2000 Olympische Disziplin ist, gibt es nur sehr wenige Studien und Arbeiten, die sich mit dem Thema beschäftigen. Im Kampfsport finden sich größtenteils tradierte Meisterlehren wieder. Wissenschaftliche Ansätze sowie sportwissenschaftliches Wissen finden nur langsam Einzug in diesen Sport.

Die Analyse von Taekwondo-Techniken mittels moderner Bewegungsanalysesysteme bietet die Möglichkeit vorhandene Meisterlehren auf den Prüfstand zu stellen und in weiterer Folge die Möglichkeit einer Bewegungsoptimierung der Techniken. Es wird vielfach behauptet, dass der Hüfteinsatz bei der Ausführung von Techniken eine entscheidende Rolle spielt

Warum wurde die Technik Naeryo-chagi gewählt? Die Standardtechniken im Taekwondo werden häufig trainiert und zwischen Wettkampfsportlern findet sich somit kaum ein größerer Unterschied in der Ausführung der Techniken. Lediglich bei der Ausführung von komplexeren Techniken kann es selbst zwischen professionellen Athleten zu auffälligen Unterschieden kommen.

Die Technik Naeryo-chagi stellt eine der wichtigsten Techniken im Wettkampfsport Taekwondo dar. Dennoch ist sie in ihrer Technik etwas komplexer und somit fanden sich auch in einer Vorstudie zwischen aktiven Wettkämpfern deutliche Unterschiede in der Gestaltung des Hüfteinsatzes, die auch eindeutigen Einfluss auf die Geschwindigkeit hatten. Hiermit soll nun überprüft werden, ob es Variationen in der Stellung der Hüfte gibt, die höhere Geschwindigkeiten begünstigen.

Aus dem Vergleich zwischen zwei Sportlern lassen sich keine verallgemeinerbaren Schlüsse für die Praxis ableiten, also wurde, zum Zweck der Verallgemeinerung der Untersuchungsergebnis, eine große Stichprobe gewählt. Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll der Einfluss der Hüftstellung auf die maximale erzielte Knöchelgeschwindigkeit bei der Ausführung der Taekwondo-Technik Naeryo-chagi untersucht werden. Für diese Untersuchung wurde eine kinematische Bewegungsanalyse mithilfe des optischen Motion Capturing Systems von Vicon durchgeführt. Die Auswertung der Daten erfolgte mittels qualitativer und quantitativer Methoden.

Zum Stand der Literatur: Es gibt viele Bücher über das Themenfeld Taekwondo. Arbeiten auf wissenschaftlicher Basis zu diesem Thema sind Mangelware. Die ersten Bücher, die einen Vorstoß in diese Richtung wagten, sind durchwegs empfehlenswert und gut

durchdacht. Leider gibt es auch viele Bücher, die zur Verfassung einer wissenschaftlichen Arbeit nur bedingt als Quelle geeignet sind. Es finden sich viele Bücher für Anfänger und Einsteiger, sowie Bücher, die sehr philosophisch angehaucht sind.

Kapitel 2 liefert grundlegende Informationen zum Thema Taekwondo. Zuerst soll die Sportart definiert und charakterisiert werden. Danach soll ein kurzer Abriss der bewegten Entstehungsgeschichte des Taekwondo noch die Unterschiede zu anderen Kampfsportarten verdeutlichen. Nach einem kurzen Anforderungsprofil für Taekwondoins möchte ich noch auf die Gefahren des Kampfes eingehen.

In Kapitel 3 widme ich mich der Technik Naeryo-chagi, die Hauptgegenstand der vorliegenden Untersuchung ist. Nach einem Überblick über vorhandene Bewegungsbeschreibungen aus der Literatur wird der Versuch einer genauen, eigenen Bewegungsbeschreibung unternommen. Nach einer Abhandlung über die Wichtigkeit des Hüfteinsatzes wird die, zur Erleichterung der Analyse vorgenommene, Phaseneinteilung der Technik Naeryo-chagi vorgestellt.

Im vierten Kapitel wird die Problemstellung dieser Untersuchung im Detail beschrieben. Die Forschungshypothesen und deren zugrunde liegende Überlegungen werden definiert und vorgestellt.

Kapitel 5 beschreibt die Vorgehensweise bei der Durchführung der Untersuchung. Als Erstes werden das verwendete Untersuchungsdesign und die Stichprobe beschrieben. Danach werden alle Arbeitsschritte der Vorbereitung, Durchführung und Nachbearbeitung der Bewegungsanalyse im Detail erläutert.

In Kapitel 6 wird die Einzelauswertung der Daten vorgenommen. Im Zuge dessen werden die besten und schlechtesten Versuche aller Probanden miteinander verglichen um anhand der unterschiedlichen Ausführungen mögliche Einflussfaktoren auf die Qualität der Technik Naeryo-chagi, die in den Hypothesen nicht berücksichtigt wurden, zu finden.

Kapitel 7 widmet sich der quantitativen Auswertung der Daten. Die Forschungshypothesen werden geprüft und die Relevanz der Ergebnisse für die Praxis wird diskutiert. Weiters werden mögliche Verbesserungen des Untersuchungsdesigns sowie der Methoden in Aussicht gestellt.

2. Taekwondo

Der Begriff Taekwondo bezeichnet eine koreanische Kampfsportart, die seit dem Jahr 2000 olympische Disziplin ist.

„Taekwondo ist ein Selbstverteidigungssystem, das sich aus alten koreanischen Kampfsportarten entwickelte und zu den Budosportarten gehört. Es enthält auch Elemente anderer asiatischer Kampftechniken.“ (Brockhaus Sport, 2007, S. 471)

„Asiatische Selbstverteidigungskunst und Zweikampfsportart, in der die Kämpfer versuchen, mit Fußstößen, Sprüngen und Faustschlägen bzw. –stößen entscheidende Treffer anzubringen bzw. gegnerische Angriffe abzuwehren.“ (Lexikon Sportwissenschaft, 1993, S. 826)

Taekwondo vereint laut Park (1999, S.1) die schnellen geradlinigen Bewegungen der japanischen Kampfkunstsysteme mit den fließenden, kreisförmigen Bewegungen der chinesischen Stile. Diese Umschreibung ist zwar idealisiert, aber sowohl japanische als auch chinesische Stile haben im Laufe der Geschichte die Entstehung des modernen Taekwondo geprägt. Tatsache ist, dass sich Taekwondo durch seine einzigartigen, hohen und starken Kicktechniken von anderen Sportarten unterscheidet und dadurch einen Namen gemacht hat. Laut Lexikon Sportwissenschaft (1993, S. 826) stehen komplizierte Beintechniken im Mittelpunkt. Der Brockhaus Sport schreibt hierzu:

„Die Taekwondo-Technik ist auf Schnelligkeit und Dynamik ausgerichtet. Fußtechniken, auch kombiniert mit Sprüngen und Wendungen, dominieren.“ (Der Brockhaus Sport, 2007, S. 472)

Taekwondo ist nach Mosch (1987, S. 116) mit dem japanischen Karate verwandt, von dem es sich durch die bevorzugte Anwendung von Beintechniken und gesprungenen Beintechniken auf den ersten Blick unterscheidet. Der Einsatz von Beintechniken wird durch die offiziellen Wettkampfbregeln der WTF noch zusätzlich begünstigt, wodurch die Dominanz der Kicktechniken im Taekwondo in der öffentlichen Meinung ihre Bestätigung findet. Die Schreibweise des Begriffs Taekwondo ist bis heute nicht einheitlich. Da im Taekwondosport mehrere konkurrierende Verbände und Systeme vorherrschen, die versuchen sich von einander abzugrenzen, gibt es nicht nur unterschiedliche Techniken und Schreibweisen für diese, sondern auch für den Oberbegriff der Sportart findet man in der Literatur unterschiedliche Schreibweisen. Die in dieser Diplomarbeit einheitlich verwendete Schreibweise „Taekwondo“ ist die von der WTF anerkannte Schreibweise.

Grundsätzlich kann zwischen zwei Hauptverbänden im Taekwondo unterschieden werden, der WTF (World Taekwondo Federation) und der ITF (International Taekwondo Federation).

Die Bezeichnung Taekwondo setzt sich aus den koreanischen Worten Tae, Kwon und Do zusammen. Tae steht für alle Beintechniken und bedeutet wörtlich mit dem Fuß treten (siehe Gil, 1993, S.9) oder auch mit dem Fuß zerschlagen (Mosch 2005, S.38). Kwon steht für die Gesamtheit der Armtechniken und bedeutet wörtlich Faust. Do steht für Methode, Lehre, Weg. Do beschreibt die geistige Entwicklung die stark an die chinesische Bezeichnung des Tao angelehnt ist. Taekwondo kann laut Ruf (1992, S.9) somit sinnvoll als die Methode/Kunst des Faust- und Fußkampfes bezeichnet werden.

2.1 Geschichte des Taekwondo

Die Geschichte der modernen Kampfkunst Taekwondo ist nicht frei von Mythen. Glaubt man manchen Quellen so blickt Taekwondo auf eine Tradition von mehr als 2000 Jahren zurück (siehe Gil 1993, S.9 und Mosch 2005, S.37). Diese Quellen berufen sich auf Beweise die laut Dakin Burdick, (1996, S.31 ff) eher gegen eine derart lange Geschichte des Taekwondo sprechen würden. Die am häufigsten angeführten Beweise sind die Grabmalereien des Kogoryo Königreichs, in welchen kriegerische Handlungen dargestellt werden, die Statuen von Kumkang Yuksa, die ebenfalls Krieger bei der Ausführung kriegerischer Handlungen zeigen, und das Muye dobo tongji das „Illustrierte Handbuch der Kriegskünste“. Nach Burdick belegen diese häufig als Beweise angeführten Kulturgüter keine jahrtausendealte Geschichte der koreanischen Kampfkunst. Da es keine schriftlichen Quellen gibt, die einen eindeutigen Beweis für eine derart lange Geschichte des heutigen Taekwondo liefern, gilt es nicht als erwiesen. Im Falle der Geschichte des Taekwondo ist es ratsam sich bei der Aufarbeitung an die Fakten zu halten beziehungsweise an die besser dokumentierte jüngere Geschichte dieser Kampfkunst. Tatsache ist jedoch, dass Kampf ein elementares Element menschlicher Bewegung ist und in vielen Ländern systematisiert und kultiviert wurde, nicht nur in Asien. Nahezu jedes Volk war früher oder später im Laufe der Geschichte in kriegerische Handlungen verwickelt. So gab es auch in Korea einige traditionelle Systeme des unbewaffneten Kampfes, die hauptsächlich dazu dienten sich nach dem Verlust der Waffen im Kampf verteidigen zu können. Diese hießen Subak (auch Subak Do geschrieben), Taekyon (auch Taekgyeon, Taek kyon oder Taekyo geschrieben) Ssireum oder Kwon bop (Kwon beop oder Kwon bup geschrieben). Die elitäre Gruppe der Ritter des „Hwarang“ Ordens waren lange Zeit (~300 Jahre) die Hüter, Bewahrer und Verbreiter des Taekyon. Zu dieser Zeit wurde es laut Park (1999, S.3ff) aber noch hauptsächlich als Freizeitaktivität und zur körperlichen Ertüchtigung praktiziert. In der Koryo Dynastie 935- 1392 wurde der Fokus

auf eine militärische Ausrichtung des Sports gelegt und die Kampfkunst wurde unter dem Namen Subak weitergeführt. Wie diese Stile ausgesehen haben beziehungsweise welche Bewegungen diese verwendeten, ist heute schwer nachzuvollziehen. Das erste Buch über diese Kunst (1790 „Das illustrierte Handbuch der Kriegskünste“ (siehe Mosch 1987, S.118), wurde erst in der Yi-Dynastie geschrieben, die von 1397 – 1907 dauerte. Auch die Frage inwieweit diese Stile Vorläufer des heutigen Taekwondo sind, beziehungsweise welchen Einfluss sie auf das heutige Taekwondo haben, ist unter Experten umstritten. Diese Unklarheit des Ursprungs der Geschichte des Taekwondo geht mit der bewegten Geschichte Koreas einher. Wahrscheinlich ist, dass es durch zwei einschneidende Ereignisse der koreanischen Geschichte zu einer Abkehr vom Kampfsport kam und dadurch viel von diesen traditionellen Kampfkünsten verloren ging.

1. der Wechsel vom Buddhismus zum Konfuzianismus
2. die Besetzung Koreas durch die Japaner

Im Konfuzianismus der zweiten Hälfte der Yi-Dynastie genoss die Kriegskunst nur sehr geringes Ansehen und wurde durch andere Kulturbereiche verdrängt. Dadurch war die Zahl derer, die diese Künste überlieferten, lehrten und praktizierten, im Laufe der Zeit rückläufig. Laut Park (1997, S.3) wurde die Kampfkunst nun wieder vermehrt als Freizeitaktivität praktiziert und kultiviert, allerdings diesmal von der breiten Bevölkerung und nicht von einer reichen Oberschicht. Später wurde durch die Besetzung Koreas durch Japan von 1910 bis 1945 ein Verbot der Ausübung von Kriegskünsten und somit auch der Kampfsportarten erlassen. Dadurch überlebten die Traditionen der alten Stile wiederum nur im Geheimen an wenigen Schulen. Zudem brachten die Japaner Kampfkunstsysteme wie Karate, Jujitsu und Judo nach Korea, zu denen die heutigen koreanischen Kampfkünste große Ähnlichkeiten haben. Allerdings sind die Möglichkeiten des menschlichen Körpers eingeschränkt, so dass unterschiedliche Systeme letztendlich auch ähnliche Bewegungen aufweisen und dieser Umstand nicht zwingend als ein bloßes Kopieren der japanischen Stile gedeutet werden sollte. Es gibt nun mal anatomische Vorgaben und dadurch eine begrenzte Anzahl an Möglichkeiten einen Fußtritt auszuführen. Mosch (2005, S. 38) stellte fest, dass regionale Besonderheiten häufig zu einer speziellen Ausprägung der jeweiligen Kulturtechnik führen und somit auch die Kampfkunst diesem Einfluss unterworfen ist. Die Geschichte ab 1945 nach dem Abzug der Japaner bis zum heutigen Zeitpunkt ist relativ genau dokumentiert und belegt. Im besetzten Korea war es ab 1943 erlaubt, japanische Kampfkünste auszuüben und die Kampfkunst begann ihren Untergrundcharakter zu verlieren, doch erst nach dem Ende des zweiten Weltkriegs und der Befreiung Koreas begann man sich der traditionellen koreanischen Kampfkunstwurzeln wieder anzunehmen. Durch die Vermischung von japanischen Stilen wie Karate mit traditionellen Techniken aus Taekyon und Subak dürfte

gemäß Lind (1996, S.502) die heutige Erscheinungsform des Taekwondo entstanden sein. Zu dieser Zeit existierten eine Reihe von ähnlichen Kampfkünsten, die unter verschiedenen Namen wie Dangsudo (Dang soo do, oder Tang-soo-Do) Gang soo (Gangsudo, Gang-soo-do) bekannt waren und alle unterschiedliche Inhalte aufwiesen. Die Namen waren stark von den Namen chinesischer Stile beeinflusst. Es gab auch einzelne Meister und Schulen, die behaupteten traditionelles Taekyon oder Subak zu lehren. General Choi Hong Hi ist gemäß den meisten Quellen maßgeblich dafür verantwortlich, dass diese verschiedenen Stile als neue koreanische Kampfkunst unter dem Namen Taekwondo geeint wurden. Der Begriff Taekwondo wurde 1955 von einer Kommission als neue Bezeichnung für die traditionelle koreanische Kampfkunst gewählt. (siehe Ruf 1992, S.12). Mit diesem neuen Namen, der dem Wort des traditionellen Taekyon ähnelte und Silben aus dem Chinesischen und Japanischen überflüssig machte und zudem die Kampfkunst treffend zu umschreiben in der Lage war, wurde der koreanische Kampfstil ein Ausdruck der neuen nationalen Identität. 1961 wurde die Tae soo do Association gegründet, die 1965 in Korean Taekwondo Association umbenannt wurde. Danach legte Taekwondo eine steile Karriere im internationalen Sportgeschehen hin. Im Jahre 1966 wurde von Choi Hong Hi aufgrund von internen Streitigkeiten die ITF (International Taekwondo Federation) gegründet, die seit den 1980´er Jahren ihren Sitz in Wien hat. Im Jahre 1972 wurde die WTF (World Taekwondo Federation) gegründet, deren Präsident Kim un yong wurde. Seit dem Jahr 1980 ist die WTF Weltfachverband für Taekwondo. Bei den Olympischen Spielen 1988 in Seoul und 1992 in Barcelona wurde Taekwondo als Demonstrationbewerb zugelassen. Seit Sydney 2000 ist Taekwondo vollwertige olympische Disziplin. Im olympischen Taekwondo gelten die Wettkampfbregeln der WTF. Die beiden Weltfachverbände WTF und ITF sind bis heute getrennte Organisationen, von denen die WTF die erfolgreichere, weiter verbreitete und größere Organisation ist. Es gibt jedoch beidseitige langjährige Bemühungen die beiden Systeme zu einen. Nebenbei gibt es auch noch traditionell organisierte „Kwan-Schulen“ die nach traditionellen Systemen und losgelöst von den Weltfachverbänden ihre Schüler ausbilden. Diese nach den traditionellen Meister-Schüler-Systemen, die auch teilweise in buddhistischen Tempeln noch gebräuchlich sind, funktionierenden Schulen, sind jedoch laut Stepan (2002, S.12) im heutigen Korea verboten.

2.2 Regeln des Kampfes im Taekwondo

Taekwondo ist Wettkampfsportart und Kampfkunst zugleich. Als Wettkampfsportart ist Taekwondo ein ritualisierter Kampf, der durch Reglement und Schutzvorkehrungen eingeschränkt wird, um das Verletzungsrisiko der Teilnehmer möglichst gering zu halten. Als Aktiver einer Kampfkunst beziehungsweise einer Kunst der Selbstverteidigung sollte

man aber andererseits auch auf die Anforderungen eines realen Kampfes vorbereitet werden, bei dem es keine Regeln oder Einschränkungen gibt. Dieser Widerspruch soll hier nicht zum Hauptgegenstand werden, sondern lediglich erwähnt werden. In weiterer Folge soll nun der Schwerpunkt der Betrachtung auf Taekwondo als Wettkampfsport gelegt werden, da sich die möglichen Erkenntnisse dieser Studie hauptsächlich an Wettkampfsportler richten und für diese von Bedeutung sein könnten.

2.2.1 Auszug aus dem Regelwerk

Als gültige Ziele nach dem Regelwerk der WTF gelten der gesamte Kopf mit Ausnahme des Hinterkopfs und der durch eine Schutzweste geschützte Bereich der Vorderseite des Rumpfs. Um einen gültigen Treffer zu erzielen, muss dieser mit der geschlossenen Faust oder mit einem beliebigen Teil des Fußes unterhalb des Knöchels erfolgen. Um einen Punkt durch einen Kick oder Schlag mit der Hand zu erzielen, muss dieser eine sichtbare Erschütterung des gegnerischen Körpers zur Folge haben. Als gültige Treffer werden Kicks zu den gültigen Zielen des Kopfs und des Rumpfs sowie Fausttechniken zum Rumpf gewertet. Faustschläge zum Kopf sowie Schläge und Tritte auf den Rücken des Gegners sind nicht erlaubt. Ein Taekwondoin muss gemäß WTF Regelwerk (2005) einen Schutzhelm, Handschuhe, eine Schutzweste, einen Zahnschutz und Schienbein- und Unterarmprotektoren tragen. Männliche Wettkampfteilnehmer müssen zusätzlich einen Tiefschutz tragen. Die Fingernägel müssen kurz geschnitten sein und lange Haare müssen aus Sicherheitsgründen nach hinten gebunden werden. Metallschmuck und Brillen sind nicht zugelassen. Der Kampfanzug (Dobok) muss sauber und in gutem Zustand sein. Ein Punkt wird erzielt wenn eine gültige Technik auf den Körper erfolgt. Ein Treffer durch einen Kick zum Kopf des Gegners wird mit 2 Punkten gewichtet. Ein Zusatzpunkt wird für einen Treffer vergeben, wenn der Gegner zusätzlich angezählt wird. Die zu kämpfende Zeit umfasst drei Runden zu je zwei Minuten Kampfzeit mit jeweils einer Minute Pause zwischen den Runden. Die Kampffläche ist quadratisch und misst acht mal acht Meter. (vgl. Regelwerk der WTF)

Ein Niederschlag erfolgt wenn

- ein Wettkampfteilnehmer den Boden mit einem anderen Körperteil außer den Beinen berührt
- ein Wettkampfteilnehmer aufgrund eines Angriffs ins Wanken gerät
- ein Teilnehmer sich nach vorne beugt oder hinhockt ohne die Absicht zu zeigen den Wettkampf fortsetzen zu wollen

Ein Knockout wird erzielt, wenn ein Wettkampfteilnehmer es nicht schafft den Wettkampf fortzusetzen bevor der Schiedsrichter bis zehn gezählt hat.

Gewonnen hat ein Kämpfer, wenn

- der Gegner disqualifiziert wird
- der Gegner durch Aufgabe den Wettkampf abbricht
- der Gegner durch einen gültigen Angriff so verletzt wird, dass er den Kampf nicht fortsetzen kann
- der Wettkämpfer durch einen gültigen Angriff einen Knockout erzielen kann
- der Wettkämpfer die höhere Zahl an Punkten nach Ablauf der Kampfzeit verbuchen kann
- bei einem Punktegleichstand auf Überlegenheit plädiert wird.

Bei Punktegleichstand gelten folgende Richtlinien für eine Überlegenheit:

- Ein gültiger Angriff, der zu einem Zählen bis 8 geführt hat, ist allen anderen Angriffen überlegen.
- Ein gültiger Treffer aufgrund einer Fußtechnik wird höher gewertet als ein gültiger Treffer durch eine Handtechnik.
- Ein gültiger Treffer aufgrund einer gesprungenen Technik wird höher gewertet als ein Treffer durch eine Technik aus dem Stand.
- Ein Kick zum Kopf wird höher gewertet als ein Kick zum Körper.
- Ein Konterangriff wird höher gewertet als ein gestarteter Angriff.
- Falls keine Entscheidung getroffen werden kann gewinnt der aktivere der beiden Kämpfer.

2.3 Anforderungsprofil Taekwondo

Aus den Wettkampfbedingungen lässt sich nun ein Anforderungsprofil für Taekwondosportler ableiten. Um als Taekwondoin erfolgreich im Kampf zu bestehen sind Beweglichkeit, einige Formen der Schnelligkeit und der Kraft sowie gute koordinative Fähigkeiten die ausschlaggebenden Faktoren. Die Ausdauer besitzt keine zentrale Rolle im Taekwondo, wohl aber als Grundlagenausdauer zur schnelleren Regeneration und zur Erhöhung des Trainingspensums. Für drei Runden mit einer Dauer von je zwei Minuten liegen die Belastungen im Bereich der anaerob laktaziden Energiebereitstellung. Aufgrund der Möglichkeit mit Kicks zum Kopf zu punkten (noch dazu mit der doppelten Punktezahl) und durch häufig aufgrund von mangelnder Schlagwirkung nicht gewerteten Fausttechniken (siehe Streif, 1993, S. 36), entsteht die Dominanz von Kicktechniken in Taekwondo Wettkämpfen. Ein Kämpfer wird also in erster Linie versuchen, seine Kicks zu trainieren. Bei einem Zweikampf handelt es sich um eine sehr komplexe Interaktion. Man muss auf die Handlungen des Gegners mit eigenen Handlungen „antworten“. Dieses Prinzip gilt noch eingeschränkter für einen Wettkampf nach Regeln. Kämpfen kann man

entfernt und eingeschränkt mit Kommunikation vergleichen. Es ist ein dynamischer Prozess zwischen zwei Personen. Im Einschrittkampf mit seinen ritualisierten Angriffs- und Blocktechniken reicht es mit einer Standardparade auf einen Standardangriff zu reagieren. In einem echten Kampf sind vorgefertigte Programme sogar hinderlich Bruce Lee (1995, S. 19) spricht in diesem Zusammenhang von systematisierten Akten der Verzweiflung, die von der tatsächlichen Wirklichkeit des Kampfes ablenken und den Versuch darstellen die ständig wechselnden Bedingungen des Kampfes auf eine Systematik zu reduzieren.

2.3.1 Relevante Schnelligkeitsformen

Der Begriff der Schnelligkeit ist sehr komplex und kann in viele einzelne Faktoren aufgeteilt werden. Die Kategorisierung der Schnelligkeit variiert von Autor zu Autor. Einigkeit herrscht darüber, dass zur konditionellen Fähigkeit der Schnelligkeit auch ein erhebliches Maß an koordinativen Fähigkeiten gezählt wird, da nach Hohmann (1999, S.87) auch kognitive Steuerungsmechanismen und das Zentralnervensystem einen Einfluss auf die Schnelligkeit haben. Deswegen wird die Schnelligkeit Oliver (2008, S.221) zufolge von einigen Autoren auch den sportmotorischen Dimensionen der Kraft und der Koordination zugeordnet. Manche Autoren sprechen von einer elementaren Schnelligkeit, die allen Schnelligkeitsformen zugrunde liegt. Diese kann jedoch nach Oliver (2008, S.218) auf Steuer- und Regelungsprozesse des Nerv-Muskel-Systems reduziert werden. Die für Taekwondo relevanten Formen der Schnelligkeit sind:

Komplexe und einfache Reaktionsschnelligkeit

Im Taekwondo ist die komplexe Reaktionsschnelligkeit vorherrschend, da auf bestimmte Situationen nicht nur mit einer vorgegebenen Aktion reagiert werden soll. Im Training hingegen findet aber auch durchaus die einfache Reaktionsschnelligkeit ihre Anwendung. Zu den Formen der Reaktionsschnelligkeit gehören

- Antizipationsschnelligkeit

Das möglichst frühzeitige Erkennen der Aktionen des Gegners und das Setzen einer entsprechenden Gegenaktion ist eine der wichtigsten Fähigkeiten des Zweikämpfers.

- Wahrnehmungsschnelligkeit

Die Wahrnehmungsschnelligkeit beschreibt grob gesagt die Reaktionszeit.

Koordinationsschnelligkeit

- Azyklische Sequenzschnelligkeit

Die meisten Kicks und Faustschläge im Taekwondo sind azyklische Bewegungen, da meist aus einer dynamischen Ausgangsstellung heraus und aus ständig variierenden Positionen ein Weg zum Ziel möglichst schnell überbrückt werden muss. Somit kommt der azyklischen Bewegungsschnelligkeit die größte Bedeutung der Schnelligkeitsformen

im Taekwondo zu. Sie bezeichnet eine Zeit- beziehungsweise eine Geschwindigkeitsmaximierung einer azyklischen sportlichen Bewegung.

- Zyklische Frequenzschnelligkeit

Die zyklische Frequenzschnelligkeit findet sich im Taekwondo eigentlich nur im Training. Sie kennzeichnet die Frequenz mit der sich wiederholende Bewegungen reproduziert werden können. Im Falle der zyklischen Frequenzschnelligkeit sind hauptsächlich koordinative Einflüsse leistungsbestimmend.

Handlungsschnelligkeit

Die Handlungsschnelligkeit beschreibt die maximale mögliche Kontraktion der Muskulatur. Die Handlungsschnelligkeit ist von der Schnellkraft (Rekrutierung u. Frequenzierung), von der inter- und intramuskulären Koordination abhängig.

Es gibt eine Reihe von Einflussfaktoren von denen die Schnelligkeit im Taekwondo abhängig ist. Gemäß Scheid (2003, S.121) zählen hierzu die Muskelkraft, der Muskelquerschnitt, die Kontraktionsgeschwindigkeit, die Hebelverhältnisse durch das Skelett und die Muskellängen um nur einige der für den Bereich Taekwondo wichtigsten zu nennen.

2.3.2 Relevante Kraftformen

Für Taekwondo relevante Kraftformen sind hauptsächlich die azyklische Schnellkraft und die Schnellkraftausdauer. Die Schnellkraftausdauer ist laut Weineck (2004, S. 243) von einer gut entwickelten allgemeinen und lokalen aeroben und anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit abhängig. Die Bedeutung der Ausdauer ist umso größer je länger die Zeit der Belastung dauert. Im Taekwondo ist durch die kurzen Rundenzeiten die Gewichtung der Ausdauer nicht so groß wie beispielsweise im Boxen oder Fechten. Die Schnellkraft stellt eine Mischform aus Kraft und Schnelligkeit dar und ist charakterisiert durch die Fähigkeit des Nerv-Muskel Systems, den Körper, Teile des Körpers, oder Gegenstände mit maximaler Geschwindigkeit zu bewegen. Die Schnellkraft ist abhängig von der Maximalkraft, allerdings sind auch intra- sowie intermuskuläre Koordination und entsprechende Innervationsmuster sowie die Bewegungsschnelligkeit und Art der muskulären Beanspruchung zu berücksichtigen (siehe Weineck 2004, S. 239 ff)

Als relevante Kraftformen für Taekwondosportler nennt Höller (2001, S. 33)

- Maximalkraft

Die Maximalkraft bezeichnet die größtmögliche Kraft die vom Nerv-Muskel-System aufgebracht werden kann. Die Maximalkraft ist abhängig vom Muskelquerschnitt, der intermuskulären Koordination und von der intramuskulären Koordination.

- Explosivkraft

Die Explosivkraft bezeichnet die Fähigkeit einen möglichst großen Kraftanstieg in möglichst geringer Zeiteinheit zu realisieren. Diese Kraftform ist abhängig von der Maximalkraft und der Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur.

- Startkraft

Die Startkraft ist definiert als die Fähigkeit einen möglichst hohen Kraftanstieg zu Beginn der muskulären Anspannung zu erzeugen. Die Startkraft ist von der inter- und intramuskulären Koordination abhängig.

(vgl. Weineck, 2004, S. 236 ff)

2.3.3 Beweglichkeit

Die Komponente Beweglichkeit ist durch die Dominanz von hohen Kicks ebenfalls sehr bedeutsam für eine effektive Ausübung der Sportart Taekwondo. Kelch betont diese Bedeutung der Beweglichkeit in seinem Buch Taekwondo professional.

„Die Beweglichkeit lässt sich durch entsprechendes Training erheblich verbessern. Sie hat für die übrigen konditionellen Eigenschaften sowie für die spezifischen Bewegungsabläufe des Taekwondo eine herausragende Bedeutung.“ (Kelch, 2002, S. 60)

Prinzipiell kann zwischen aktiver und passiver Beweglichkeit unterschieden werden. Die aktive Beweglichkeit definiert Weineck (2004, S. 488) als die größtmögliche Bewegungsamplitude die im Gelenk durch Kontraktion der Agonisten erreicht werden kann. Die passive Beweglichkeit ist in der Regel größer als die aktive und wird als die größtmögliche Bewegungsamplitude, die im Gelenk durch die Einwirkung äußerer Kräfte erreicht werden kann, definiert. Die Beweglichkeit wird laut Hohmann (2003, S. 96) definiert als die Fähigkeit, Bewegungen mit der erforderlichen Schwingungsweite auszuführen. Die Gelenkigkeit und die Dehnfähigkeit bilden die Grundlage für die Beweglichkeit. Die Gelenkigkeit beschreibt die durch anatomische Gegebenheiten des Gelenks vorgegebene mögliche Bewegungsamplitude. Die Dehnfähigkeit beschreibt die Fähigkeit des Längengewinns durch die Dehnung von Muskeln, Sehnen und Bändern. (vgl. Hohmann, 2003, S.97)

2.3.4 Koordinative Fähigkeiten

Der Bereich der Koordination ist ein äußerst komplexes Gebiet. Was salopp oft einfach als Koordination bezeichnet wird lässt sich nach Weineck (2004, S. 539 ff) in sieben Teilkomponenten der koordinativen Fähigkeiten einteilen. Dazu zählen

- Kopplungsfähigkeit

Die Kopplungsfähigkeit beschreibt die Fähigkeit Teilkörperbewegungen aufeinander abzustimmen.

- Differenzierungsfähigkeit

Die Differenzierungsfähigkeit beschreibt die Feinkoordination einer Bewegung die sich durch hohe Bewegungsgenauigkeit oder Bewegungsökonomie äußern.

- Gleichgewichtsfähigkeit

Die Gleichgewichtsfähigkeit beschreibt die Fähigkeit den Körper in einem Gleichgewichtszustand zu halten. Es kann zwischen dynamischem und statischem Gleichgewicht unterschieden werden.

- Orientierungsfähigkeit

Beschreibt die Fähigkeit zur Bestimmung der Lage im Raum zur Änderung der Lage in Raum und Zeit.

- Rhythmisierungsfähigkeit

Die Rhythmisierungsfähigkeit beschreibt die Fähigkeit einen Rhythmus erfassen und reproduzieren zu können. Die Bedeutsamkeit der Rhythmisierungsfähigkeit im Kampf wird deutlich, wenn man Bruce Lees (1995, S.64) Ausführungen zum unterbrochenen Rhythmus kennt. Lee schreibt, dass Kämpfer, wenn im Angriffs und Abwehrverhalten ein gewisser Rhythmus erst einmal aufgenommen wurde, dazu tendieren, diesen weiterzuführen. Somit kann man sich durch Unterbrechen dieses Rhythmus mit schnelleren oder verzögerten Angriffen einen Vorteil gegenüber dem Gegner verschaffen, wenn dieser den Rhythmus aufgenommen hat und in diesem quasi gefangen ist.

- Reaktionsfähigkeit

Beschreibt die Fähigkeit auf einen Reiz hin eine möglichst schnelle motorische Antwort setzen zu können.

- Umstellungsfähigkeit

Die Umstellungsfähigkeit bezeichnet die Fähigkeit eine Handlung während des Ablaufs auf die sich ändernde Situation hin anzupassen.

(vgl. Weineck, 2004, S. 539 ff)

2.4 Gefahren des Kampfes

Durch das strenge Reglement und die Schutzvorkehrungen sollen ernsthafte Verletzungen so gut wie möglich ausgeschlossen werden, obwohl unter Vollkontaktbedingungen gekämpft wird. Ähnlich dem Fechten handelt es sich dann allerdings um einen ritualisierten Kampf, bei dem trotz des Backgrounds eines realen Kampfes die Bedingungen „entschärft“ werden um so ein sichereres Ausüben zu gewährleisten. Elias (2003, S. 407) empfindet die Kampfhandlungen dadurch abstrakter weiter von einem ernsthaften Kampf entfernt. Dadurch öffnet sich Taekwondo einer

breiten Zielgruppe und ermöglicht ein weitgehend verletzungsfreies „Kräftemessen“ in einem waffenlosen Kampf. Es kann dies gemäß Elias N. (2003, S. 404) als Ausdruck des Prozesses der Zivilisation gedeutet werden, wodurch immer weniger Gewalt und Aggression in einer Gesellschaft geduldet werden, je höher organisiert und zivilisiert diese ist. Ebenso ist das empfundene Vergnügen der Menschen an der Beteiligung und am Anblick von Gewalthandlungen im Rückgang. Am Beispiel des Pankration im antiken Griechenland zeigt sich wie weit fortgeschritten dieser ist.

„Man kämpfte etwa beim Pankration (eine Art Boden-Ringkampf) mit jedem Teil des Körpers, mit Händen, Füßen, Ellbogen, Kopf, Knie oder Zähnen. Es war sogar gestattet, dem Gegner die Augen auszudrücken, ihn zu würgen, die Finger und Arme auszurenken. Bei diesem rohen Kampfe gab es selbstverständlich die furchtbarsten Verwundungen, oft hatten die Kämpfe sogar tödlichen Ausgang“ (Weiß, 1999, S. 54)

Ein derlei hoher Grad an Gewaltanwendung, ist bei Olympischen Spielen heute undenkbar. Auf der anderen Seite gibt es auch Gruppierungen, die Tendenzen zu mehr Brutalität und weniger Reglementierung anstreben, diese seien hier aber nur am Rande erwähnt. Trotz aller Sicherheitsmaßnahmen darf nicht vergessen werden, dass es sich bei Taekwondo um Kampfsport handelt und es durch harte Treffer durchaus zu Verletzungen mit bleibenden Schäden kommen kann. Besonders das Risiko durch eine Kicktechnik am Kopf getroffen zu werden birgt große Risiken für die Taekwondoin. Das Gesicht ist durch keine Schutzeinrichtung geschützt. Der Hals, ebenso eine empfindliche Region des Körpers, ist durch die vom Reglement vorgegebenen Schutzvorkehrungen nicht geschützt. Im Falle eines Treffers an dieser Stelle kann es zu schweren Verletzungen kommen. Warum ist es also erlaubt mit Kicks zum Kopf zu schlagen? Die Gründe hierfür könnten zum einen darin liegen, dass Taekwondo schon vor seiner Reglementierung sich durch seine ausgefeilten Kicktechniken von anderen Kampfsportarten unterschied. Durch ein Beschneiden dieser Kicktechniken würde Taekwondo viel von seiner Eigenart und Individualität einbüßen. Weiters wäre ein Kampf ohne erlaubte Angriffe zum Kopf des Gegners vielleicht zu sehr von einer realen Kampfsituation entfernt. Zudem ist, um Kicktechniken ins Ziel zu bringen, ein relativ größerer Weg zu überbrücken. Dadurch sind Kicktechniken langsamer als Fausttechniken, können vom Gegner leichter antizipiert und dadurch auch leichter geblockt werden. Dennoch bleibt ein gewisses Restrisiko immer bestehen, zumal selbst bei Kicktechniken die Treffer sehr rasch erfolgen können. Weltklasseathleten bringen die Technik Naeryo-chagi durchschnittlich in einer Zeit von 0,92 Sekunden ins Ziel (siehe Streif 1997, S.44). Die Kicktechnik Dollyo-chagi trifft den Kopf bereits nach einer Zeit von 0,68 Sekunden und ist somit die schnellste Kicktechnik im Repertoire eines Taekwondoin.

2.5 Schlagwirkung

Pfeifer (2001, s. 53) unterscheidet in seiner Taxonomie der Schlagwirkung vier Komponenten der Schlagwirkung:

- Physikalische Schlagwirkung
- Physiologische Schlagwirkung
- Psychologische Schlagwirkung
- Taktische Schlagwirkung

Diese Einteilung beschreibt die vielseitigen möglichen Wirkungen eines Treffers auf einen Gegner. Die *physikalische Schlagwirkung* beschreibt die beobachtbaren und messbaren Wirkungen eines Treffers. Dazu zählen die Pendelbewegungen eines Sandsacks genauso wie eine Rückwärtsbewegung des Gegners oder die Entstehung von Verletzungen. Die Wirkungskomponente der *physiologischen Schlagwirkung* beschreibt die Wirkung des Treffers am Gegner. Diese Wirkungskomponente ist abhängig von der getroffenen Körperstelle, von der Veranlagung und dem Trainingszustand des Getroffenen. Ein Schlag mit gleicher physikalischer Schlagwirkung hat unterschiedliche Reaktionen zu Folge, je nachdem ob der Kopf, der Bauch oder die Weichteile getroffen werden. Zudem gibt es veranlagungsbedingte Nachteile wie zum Beispiel ein Glaskinn oder trainingsbedingte Nachteile wie zu schwache Bauchmuskeln, die Einfluss auf diese Komponente haben. Die *psychologische Schlagwirkung* beschreibt die Wirkung eines Schlages auf den mentalen Zustand des Getroffenen. Ein Treffer kann einen Gegner aus dem Konzept bringen, ihn entmutigen oder einschüchtern. Die Wirkungskomponente der taktischen Schlagwirkung letztendlich beschreibt in welcher Weise sich durch einen Schlag taktische Vorteile ziehen lassen. So kann etwa am Beispiel einer Finte, die in der Lage ist den Gegner dazu zu veranlassen Lücken in seiner Deckung zu provozieren, ein taktischer Vorteil aus einer Technik gezogen werden.

Gemäß dieser Einteilung konzentriert sich diese Arbeit auf die Physikalische Schlagwirkung. Aus den Ausführungen von Pfeifer (2001, 147 ff) geht hervor, dass für Vollkontaktsportarten sowohl der Einsatz von möglichst viel Masse beim Schlag als auch eine möglichst große Geschwindigkeit von Bedeutung sind. Wie Mosch (2005, S. 30) richtig formuliert, ist Taekwondo eine Vollkontaktsportart und das KO des Gegners auch ein erwünschtes Ziel. Somit ist es für Taekwondoinn wichtig, sowohl eine möglichst große Geschwindigkeit zu entwickeln als auch möglichst viel Masse in einen Schlag zu legen. Der Einsatz von möglichst viel Masse bei gleichzeitiger hoher Geschwindigkeit gelingt durch eine gute Synchronisation der Teilimpulse aller beteiligten Körperteile.

Zur Beschreibung der Schlagwirkung, oft auch fälschlicherweise als Schlagkraft bezeichnet gibt es

- den Impuls $p=m*v$
- die Energie $E=1/2*m*v^2$

Sowohl die Energie als auch der Impuls sind von der Masse und von der Geschwindigkeit abhängig. Nach der Formel der Energie wäre die Schnelligkeit wichtiger als der Körpereinsatz des Schläges, da mit doppelter Geschwindigkeit die vierfache Energie erzeugt werden kann. Aus der Formel für den Impuls leitet sich ein gleichwertiger Einfluss von Masse und Geschwindigkeit auf den Impuls ab. Aus diesen beiden Ansätzen leiten sich unterschiedliche Rückschlüsse für das Training ab. Sowohl die Geschwindigkeit des Schläges als auch der Körpereinsatz lassen sich nicht beliebig steigern.

Pfeifer (2001, S. 143 ff) vertritt die Meinung, es sei der Impuls und nicht die Energie die relevante Größe in der Praxis der Kampfsportarten. Dies sieht der Autor darin begründet, dass die Wirkung des Körpereinsatzes selbst bei geringen Geschwindigkeiten des Körpers einen erheblichen Anteil an der Schlagwirkung hat. Der Schaden am Gegner soll durch einen möglichst großen Druck maximiert werden. Da der Druck von der Größe der einwirkenden Kraft und der Größe der Kontaktfläche abhängig ist kann man daraus auch schließen, dass ein Messer oder ein Stock einen größeren Schaden am Gegner erzeugen als eine Faust oder eine durch einen Handschuh gepolsterte Faust. Diese Behauptungen sind auch durchaus als richtig zu betrachten, wenn es um Körpertreffer geht. Außerdem spiegelt es nicht allein die Realität des Kampfes wieder, dass dem Gegner ein möglichst großer Schaden zugefügt werden muss. Für einen Straßenkampf mag diese Behauptung zwar bedingt gelten aber in einem Wettkampfsport wie Taekwondo ist dies nicht von Bedeutung. Zudem ist es im Falle eines Knockouts die Beschleunigung des Kopfes die dazu führt, dass das Gehirn durch die Massenträgheit an den Schädelknochen schlägt und dadurch erschüttert wird. Nur durch diese Erschütterungen kommt es zum Knockout, nicht durch den Druck an den Strukturen des Gesichtsschädels. Eine starke Halsmuskulatur, wie sie bei Personen im Schwergewichtsboxen häufig zu finden sind, kann die Bewegungen des Kopfes im Falle eines Treffers minimieren. Andererseits können Faktoren wie ein Glaskinn nicht durch Training ausgeglichen werden. Um also einen Schlag zu erzeugen, der zu einem Knockout führen kann, bedingt es eines Schläges der schnell genug ist, um den Kopf zu beschleunigen und dessen Körpereinsatz so groß ist, um im Falle eines Treffers gegen den Widerstand den Kopf auch zu beschleunigen und nicht komplett durch diesen abgebremst zu werden. Da ein Arm etwa 6% der Körpermasse und der Kopf etwa 7% der Körpermasse in sich trägt, müsste dies selbst mit geringem Körpereinsatz möglich sein. Gemäß Pfeifer (2001, S. 253) entsteht die Schlagwirkung durch eine vermehrte Beschleunigung des Armes durch den Körpereinsatz und durch einen größeren Impuls durch die Masseträgheit des Körpers

3. Die Technik Naeryo-chagi

Bevor die Kicktechnik Naeryo-chagi in allen Details beschrieben wird, soll hier noch kurz auf die Bedeutung der Technik im Wettkampf Bezug genommen werden. Aus Videoanalysen von sechzehn Kämpfen aus Europa- und Weltmeisterschaften erstellte Streif (1997, S. 35ff) Statistiken, die über die Anwendungshäufigkeiten, sowohl defensiv als auch offensiv, der Taekwondogrundtechniken, sowie deren Erfolg Aufschluss geben.

„...zog in verschiedenen Bereichen einschneidende Veränderungen nach sich. Im Bereich der Technik kristallisierte sich eine Reduktion der Technikvielfalt der Teilgebiete des Taekwondo auf einige wenige, nach Wettkampffregeln erfolbringende Techniken heraus.“
(Höller, 2001, S.97)

In dieser Statistik findet die von Höller beklagte Versportlichung der Kampfkunst Taekwondo ihre Bestätigung. Die beiden häufigsten Techniken zusammen machen bereits 62,4% aller angewandten Angriffe aus. Die häufigsten vier Techniken ergeben in Summe bereits 82,9% aller Angriffstechniken. Im Laufe eines Taekwondo Wettkampfs wird also zu 80% mit den Techniken Paltung-chagi, Miro-chagi, Dyt-chagi und Naeryo-chagi angegriffen. Die Technik Naeryo-chagi ist hinter Paltung-chagi, Miro-chagi und Dyt-chagi die am vierthäufigsten angewandte Technik. Mit der Kicktechnik Naeryo-chagi wurden damit im Rahmen dieser Studie die drittmeisten Punkte erzielt. Die meisten Punkte werden durch Paltung-chagi beziehungsweise Dolyo-chagi erzielt. Diese Umstand liegt mit großer Wahrscheinlichkeit an der kurzen Dauer dieser Techniken und an den, für die erfolgreiche Ausführung nötigen, vergleichsweise geringen Ausholbewegungen. An zweiter Stelle der Gesamtwertung für die meisten erzielten Punkte liegt die Technik Dyt-chagi. Die Technik Naeryo-chagi wurde im Rahmen dieser Videoanalyse zu 58% offensiv und zu 42% defensiv ausgeführt. In der Gesamtstatistik ist der Naeryo-chagi die dritthäufigste Angriffstechnik nach Paltung-chagi und Miro-chagi. Als Kontertechnik eingesetzt befindet sich der Naeryo-chagi an vierter Stelle der Häufigkeitstabelle. Neben der geringen Dauer und der geringen Ausholbewegung, die entscheiden können, ob einer Angriffstechnik der Vorzug gegeben wird, ist die Einfachheit ein wichtiges Kriterium. Kokert beschreibt

„Die meisten Kämpfe gewann ich mit nur einer bestimmten Technik, die ich im Laufe der Zeit perfektioniert hatte: Während meine Gegner oft viele spektakuläre Schlag- und Trittbewegungen ausführten, wartete ich auf den richtigen Moment und beendete den Kampf mit dieser einfachen, aber effektiven Technik.“

(Kokert, 2003, S. 113)

Es mögen zwar eine Vielzahl an Techniken im Taekwondo zur Verfügung stehen, doch um im Wettkampf erfolgreich kämpfen zu können, reicht es ein überschaubares Repertoire an einfachen, schnellen Techniken gut zu beherrschen. Diese Schilderung verdeutlicht zudem die Bedeutung der Taktik im Kampf. Techniken mit ganzen Drehungen und großen Ausholbewegungen wie der Pandae-dollyo-chagi treffen nur zu 2,2% und sind daher im Wettkampf eine Ausnahme. Die Technik Naeryo-chagi stellt eine der wichtigsten Techniken dar, die dennoch eine etwas komplexere Struktur aufweist als der Paltung-chagi und daher auch mehr Spielraum für individuelle Unterschiede lässt.

3.1 Bewegungsbeschreibung

Die Kicktechnik Naeryo-chagi kann aus der Kampfstellung mit dem vorderen oder mit dem hinteren Bein ausgeführt werden. Gil beschreibt die unterschiedliche Verwendung der beiden Varianten.

„Der Abwärtsfußschlag ist ein guter Überraschungsangriff, wenn er direkt von vorne vorgetragen wird. In einem Innen- oder Außenbogen geschlagen, ist es ein hervorragender Kontertritt.“ (Gil, 1993, S. 126)

Im Rahmen dieser Versuchsanordnung ist jedoch nur die in Abbildung 1 gezeigte Variante mit dem vorderen Bein entscheidend, da beide Ausführungsarten zu beurteilen, den Umfang der Analyse gesprengt hätte.

3.1.1 Bewegungsbeschreibung aus der Literatur

Die in der Literatur vorgefundenen Bewegungsbeschreibungen sind meist undetailliert. Manche Behauptungen, etwa dass das Bein gestreckt ins Ziel gebracht werden sollte, sind aus wissenschaftlicher Sicht sogar von Nachteil.

Den meisten Beschreibungen zufolge wird das Bein locker hochgeschwungen, ähnlich der Bewegung beim Ap-chagi (gerader Fußtritt), und nach Ausdrehen des Standbeins nach unten gezogen. Der Oberkörper sollte sich beim Herunterreißen des Beins nach hinten legen. Trefferflächen stellen die Ferse oder die Fußsohle dar. Der Kick wird auf den Kopf die Schultern oder den Hals getreten.

“The Axe Kick uses the rear of the heel to deliver a blow straight downwards. The kicking foot is swung up across the body until it is high in the air, when it is brought straight down onto the target.” (Park, 1999, S.109)

Nach Kloss (2000, S. 36) erfolgt der Treffer beim Naeryo-chagi mit der Ferse. Das Bein wird laut Kloss (2000, S. 37) in einem Winkel von 45 Grad nach außen ins Ziel geschlagen.

3.1.2 Bewegungsbeschreibung

Da die Bewegungsbeschreibungen der vorhandenen Fachliteratur den Ansprüchen des Autors nicht genügen, wurde hier der Versuch einer genaueren Bewegungsbeschreibung unternommen bevor die Technik im Detail analysiert werden soll. Die Kicktechnik Naeryo-chagi zeichnet sich durch eine aufwärtsgerichtete Ausholbewegung und eine abwärtsgerichtete Kickbewegung aus. Abbildung 1 dient der Veranschaulichung der Technikausführung. Dabei kommt es in der ischiocruralen Muskulatur zu einem Dehnungs-Verkürzungszyklus, dessen Qualität maßgeblichen Einfluss auf die Technik hat. Laut Weineck (2004, S. 286) und Hohmann (2003, S. 82) ist die Qualität des Dehnungsverkürzungszyklus abhängig vom Muskelquerschnitt, der Maximalkraft, der muscle stiffness, den neuromuskulären Dehnungsreflexen und der Vorinnervation.



Abbildung 1: Sequenzbild der Technik Naeryo-chagi mit dem vorderen Bein

Die Technik beginnt, indem man durch leichtes Beugen des vorderen Beins und einer Streckung im Kniegelenk des hinteren Beins den Körperschwerpunkt nach vorne verlagert und eine Vorspannung der Muskulatur für den Abdruck vom Boden schafft und somit den Grundstein für die Vorwärtsbewegung legt. Danach erfolgt durch den Abdruck mit dem hinteren Bein vom Boden der Beginn der Angleitbewegung. In dieser Phase wird zuerst das hintere Bein durch Adduktion und Beugung in der Hüfte nach vorne Richtung Ziel bewegt während sich der Sportler mit dem vorderen Bein (dem Kickbein) vom Boden abdrückt. Der Abdruck darf nicht zu stark sein. Eine zu starke Hebung des Körperschwerpunktes würde die Technik verzögern. Das Kickbein wird nun durch explosive Beugung in der Hüfte mit anfangs noch gebeugten Knien hochgezogen. Bei maximaler Beschleunigung durch Beugung in der Hüfte wird nun der Fuß durch Streckung

des Knies noch zusätzlich nach oben beschleunigt. In dieser Phase des Kicks findet sich das erste Geschwindigkeitsmaximum des Knöchels. Vor dem Erreichen der maximalen Streckung im Knie muss die nach oben gerichtete Geschwindigkeit der Ausholbewegung abgebremst und umgekehrt werden um das Bein für die abwärtsgerichtete Kickbewegung zu beschleunigen. Dies geschieht zum Großteil durch eine Plyometrie der ischiocruralen Muskulatur. Am Umkehrpunkt, welcher den höchsten Punkt des Beins bei der Ausholbewegung darstellt, ist die Geschwindigkeit in Vertikalrichtung 0. Hier findet man am Kickbein die größten Beugewinkel in der Hüfte und die größte Streckung im Knie. Je höher das Bein zu diesem Umkehrpunkt über das Ziel gehoben wird, desto mehr Beschleunigungsweg für die Kickbewegung in Wirkrichtung steht zu Verfügung. Allerdings verlängert sich durch einen größeren Beschleunigungsweg auch der Ausholvorgang und somit kann die Angriffstechnik leichter vom Gegner antizipiert werden. Von diesem Umkehrpunkt wird das Bein zunächst mit annähernd gestreckten Knien durch eine Streckung in der Hüfte beschleunigt. Jürgen Höller (2001, S. 176) beschreibt die Möglichkeit, das Bein nach dem Umkehrpunkt mit Hilfe des Armes der Kickbeinseite zusätzlich zu beschleunigen. Seiner Meinung nach sollte auch das Knie die Schulter berühren um das Abbremsen und Beschleunigen des Kickbeins zu fördern. Diese Technik kann durchaus zu einer höheren Endgeschwindigkeit führen, jedoch ist deren Einsatzfähigkeit im Wettkampf fraglich. Nach der Beschleunigung durch die Hüftstreckung wird je nach individueller Technik kurz vor oder kurz nach dem Treffer das Knie gebeugt und der in Wirkrichtung beschleunigte Fuß nach dem Prinzip der Muskelkette (siehe Pfeifer 2001, S.148) noch zusätzlich beschleunigt (siehe hierzu auch Streif 1997, S. 45). Das hintere Bein sollte im Idealfall nach Erreichen des Umkehrpunktes wieder auf dem Boden aufsetzen, da durch ein Landen vor dem Umkehrpunkt die Aufwärtsbewegung des Kickbeines gebremst werden kann. In gleichem Maße kann eine Abwärtsbewegung auch beschleunigt werden. Die Bewegungsgestaltung nach dem Treffer variiert wiederum von Sportler zu Sportler. Meist jedoch wird das Kickbein bis zum Boden geführt um wieder in Kampfstellung und somit wieder in Bereitschaft zu sein. Bei anderen Ausführungsarten wird das Bein noch vor dem Bodenkontakt vollständig abgebremst und zur Deckung des Körpers wieder hochgezogen. Um den Weg des Knöchels des Kickbeins zu verdeutlichen dient Abbildung 2.

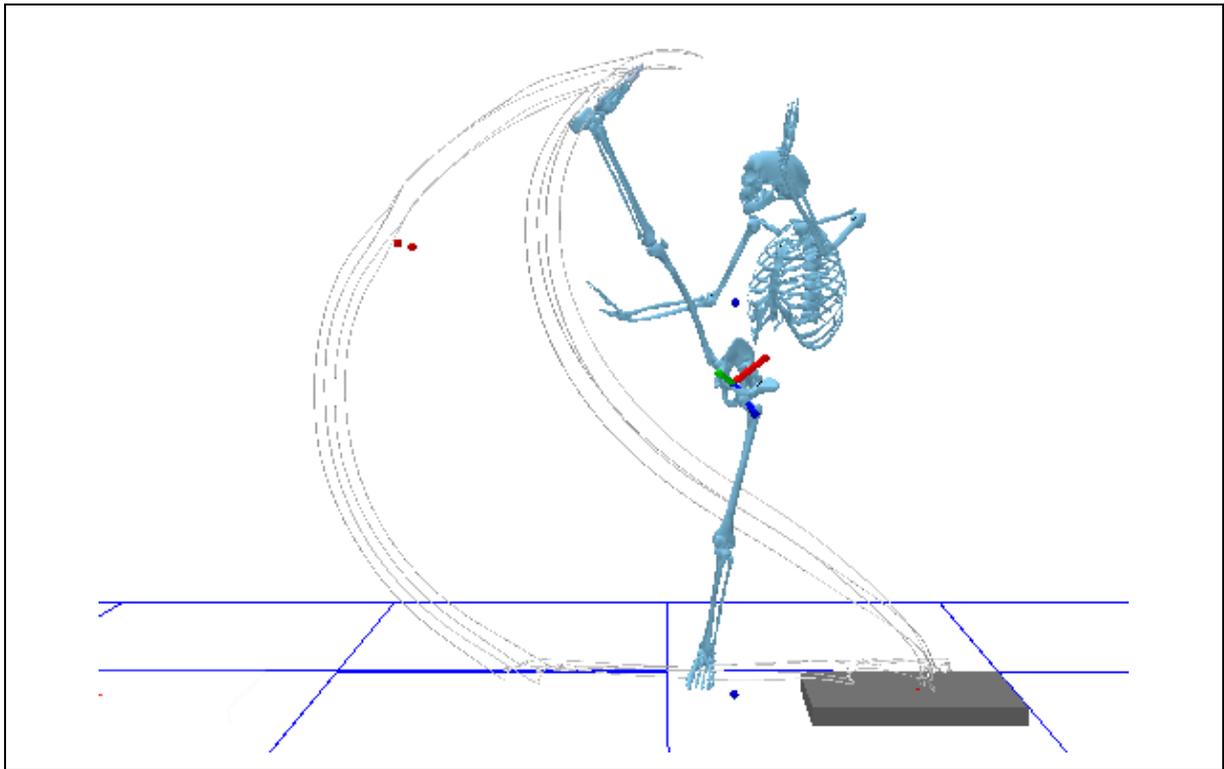


Abbildung 2: Weg des Knöchels bei der Ausführung der Technik Naeryo-chagi mit dem vorderen Bein

3.1.3 Variationen der Technik Naeryo-chagi

- An Naeryo-chagi

Die Technik An Naeryo-chagi enthält zusätzlich zur Hauptbewegung von oben nach unten eine Bewegung des Kickbeins von außen nach innen. Dabei wird das Kickbein in der Ausholbewegung gerade nach oben geschwungen und danach während der zweiten Phase des Kicks mit einer Adduktionsbewegung nach innen gezogen.

- Pakkat Naeryo-chagi

Bei der Variante Pakkat Naeryo-chagi wird das Kickbein zusätzlich zur Hauptbewegungsrichtung von innen nach außen geführt. Die Bewegungsausführung entspricht bis zum Umkehrpunkt der eines regulären Naeryo-chagi. In der Ausholbewegung wird das Bein gerade nach oben geschwungen. Erst in der zweiten Phase des Kicks wird das Bein zusätzlich durch eine Abduktionsbewegung nach lateral geführt.

- Naeryo-chagi mit dem hinteren Bein

Bei der Ausführungsart mit dem hinteren Bein wird das Kickbein direkt ohne Angleitbewegung nach oben geschwungen. Durch die Technikvariation mit dem hinteren Bein ist es möglich viel mehr Kraft in die Bewegung zu legen, als bei der Variante mit dem Vorderbein. Allerdings hat man dadurch einen weiteren Weg zu überbrücken um das Bein

ins Ziel zu bringen. Dadurch ist die Ausführungsart mit dem Vorderbein als Angriff besser geeignet als ein Naeryo-chagi mit dem hinteren Bein. Die Technik Naeryo-chagi mit dem hinteren Bein eignet sich besser als Konteraktion.

Es sollte hierbei beachtet werden, dass die Variationen Pakkat Naeryo-chagi und An Naeryo-chagi zwar gewollt unterschiedliche Techniken sind aber in der Praxis wird kaum eine Reinform in einer Bewegung zu beobachten sein. Menschliche Bewegungen sind keine Starrkörperbewegungen und nicht streng achsengeführt, so dass kaum eine Angriffstechnik über eine derart genaue Projektion verfügt, dass sie nur in einer Bewegungsebene beschrieben werden kann. Zudem gibt es individuelle Unterschiede sowohl in der Bewegungskörperausführung als auch in der dieser zu Grunde liegenden Körperkonstitution. Dadurch ziehen manche Sportler das Bein lieber nach medial während andere lieber nach lateral ziehen.

3.2 Der Hüfteinsatz

Die Hüfte verfügt über die Möglichkeit zur Bewegung in 3 Ebenen:

- Sagittalebene Flexion – Extension
- Frontalebene Abduktion – Adduktion
- Transversalebene Außenrotation – Innenrotation

Mechanisch gesehen ist das Hüftgelenk ein Kugelgelenk. Als solches verfügt es über drei Freiheitsgrade. Abbildung 3 veranschaulicht die Bewegungsebenen im Raum sowie die möglichen Bewegungen der Hüfte.

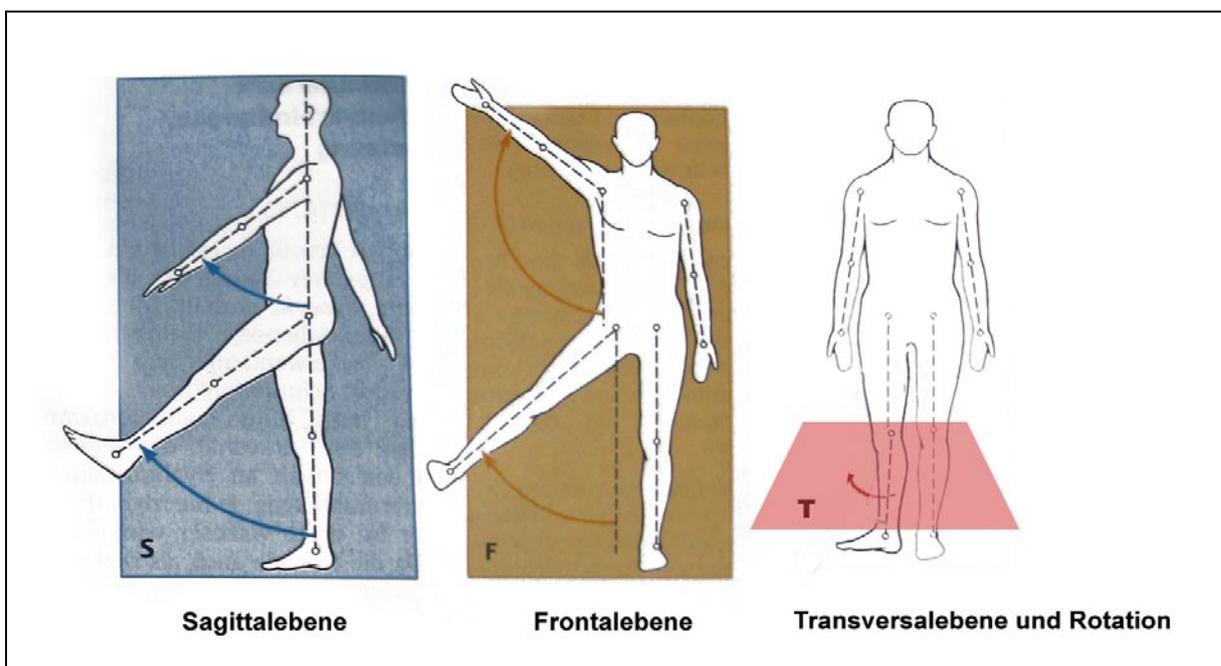


Abbildung 3: Bewegungsebenen im Raum (modifiziert nach Platzer, 2003, S. 25)

Der Range of Motion beschreibt die Beweglichkeit eines Gelenks. 0° beschreibt die Stellung des Gelenks in der so genannten neutralen Nullstellung. Dabei steht die Person gerade und aufrecht. Die Arme liegen seitlich am Körper an. Die Handflächen zeigen nach vorne. Diese Position ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Flexion und Extension in der Hüfte bewegen sich von dieser Nullstellung aus in einem Ausmaß von 130° Flexion bis 15° Extension. Die Abduktion und Adduktion in der Hüfte finden in der Frontalebene des Körpers statt. Bei der Adduktion (Schließen der Beine) unterscheidet man zwischen einer absoluten und einer relativen Adduktion. Die absolute Adduktion beträgt 0°, da dann das andere Bein eine weitere Adduktion verhindert. Für die relative Adduktion wird zusätzlich eine Flexion in der Hüfte durchgeführt, um ein Bein über das andere legen zu können. Die relative Adduktion beschreibt also die maximal mögliche Adduktionsbewegung. Ein normaler Range of Motion liegt bei 45° Abduktion und 35° Adduktion. In der Transversalebene finden die Rotationsbewegungen statt. Bei einer Rotation in der Hüfte werden bei gestreckten Beinen die Füße als Indikatoren für das Ausmaß der Rotation herangezogen, bei einer Beugung in der Hüfte und im Knie dient der Unterschenkel als Indikator für das Ausmaß der Rotation. Ein normaler Range of Motion liegt vor, wenn eine Außenrotation von 45° und eine Innenrotation von 40° ausgeführt werden kann.

3.2.1 Welchen Einfluss hat die Hüfte?

Da es im menschlichen Körper eigentlich beinahe unmöglich ist in einem Kugelgelenk eine Bewegung nur in einer Bewegungsachse auszuführen, ist es dementsprechend schwierig, mehrere Sportler hinsichtlich dieser komplexen Bewegung mehrerer Gelenke zu vergleichen. Daher gilt es nun einen Wert zu finden, der als Maß für den Hüfteinsatz gelten kann.

Die vermutliche Optimalbewegung leitet sich aus den Vorstellungen diverser Trainer ab. In verschiedensten Quellen wird immer wieder behauptet, dass der Hüfteinsatz das wichtigste Kriterium für die Entwicklung einer großen Schlagwirkung sei. Jeder Hebelarm braucht eine Verankerung um Kraft übertragen zu können. Der menschliche Körper steht durch den Anpressdruck der eigenen Gewichtskraft in relativ stabiler Verbindung zum Boden. Der Boden ist bei einem regulären Wettkampf das einzige unnachgiebige Medium von dem sich der Körper abstoßen kann. Somit kommt bei einem starken Schlag oder Tritt ein großer Teil der Kraft vom Boden bzw. von den Beinen, die gegen den Boden drücken. Die Hüfte stellt die Verbindung von Beinen und Rumpf dar, somit kommt ihr eine wichtige Bedeutung in der Kette der Kraftübertragung zu. Gute Boxer erzeugen bei einem Cross die meiste Kraft durch ihre Beine. Als Vergleich können Pfeifers (2001, S. 247) Versuche zur Schlagkraft herangezogen werden, im Rahmen derer Probanden im Stehen,

Liegen (keine Benützung der Beine möglich) und Sitzen schlagen mussten. Eine Reduktion sowohl der Geschwindigkeit als auch der Schlagwirkung war durch das Weglassen der Beine als Mittel zur Beschleunigung festzustellen (vergleiche Pfeifer 2001, S.285). Ein Cross im Boxen lässt sich gut mit der Technik des Kugelstoßes vergleichen. In beiden Fällen gilt es einen Körper möglichst schnell maximal zu beschleunigen. Beim Boxer ist dies die Faust und beim Kugelstoßer das Sportgerät; die Kugel. Auch bei der Kugelstoßtechnik wird der zu beschleunigende Körper zuerst mithilfe der Beine beschleunigt wie Kovarik (1980, S.80) in der zeitlichen Aufeinanderfolge der Teilimpulse im Kugelstoß dokumentierte. Das hintere Bein streckt und dreht die Hüfte nach vorne das vordere Bein streckt und dreht die Hüfte auf der Gegenseite nach hinten. Durch die gegenläufige Bewegungsrichtung der Beine entsteht eine schnelle Drehung des Gesamtsystems Hüfte, die bei Stabilisierung des Rumpfs auf die Schultern übertragen werden und bei zusätzlichem Vorschnellen der Schulter noch beschleunigt werden kann. Abbildung 4 verdeutlicht die Erzeugung der Hüftdrehung durch gegengerichtete Bewegungen der Beine.

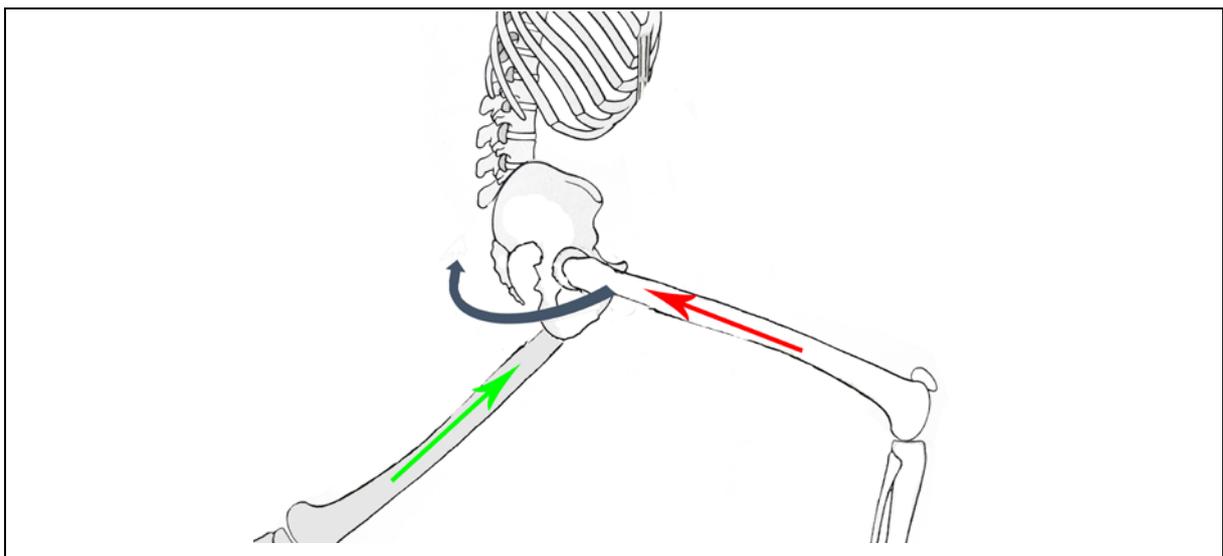


Abbildung 4: Erzeugung der Hüftdrehung (modifiziert nach Platzer, 2003, S.91 u.S. 247)

Die Faust bewegt sich in dieser Kette mit der Geschwindigkeit der Schulter plus der Geschwindigkeit der Armstreckung auf das Ziel d. h. die Geschwindigkeiten addieren sich, wobei etwas an Geschwindigkeit für die Beschleunigung des Arms verloren geht. Laut Mosch (2005, S.47) ist der Hüfteinsatz das wichtigste Element einer guten und effektiven Technik. Grupp (2000, S. 30) bezeichnet den Hüfteinsatz als zentrale Komponente der Bewegungen des verwandten Karate. Pfeifer (2001, S.148) und Höller (2001, S.53) sprechen vom Prinzip der zeitlichen Koordination von Teilimpulsen.

Es gibt also einige Hinweise darauf, dass der Hüfte eine zentrale Bedeutung zukommt, wenn es darum geht, viel Kraft in eine Schlag- oder Kicktechnik zu legen. Im Fall der Technik Naeryo-chagi soll noch eine weitere Möglichkeit mittels der Hüfte auf die Qualität und Art der Bewegung Einfluss zu nehmen unter die Lupe genommen werden: Die Stellung der Hüfte

Muskeln haben je nach Gelenkstellung eine unterschiedlich gute Wirkungsweise, da sich die Winkel der ansetzenden Kräfte ändern. Der Bizeps brachii kann bei supinierten Unterarmen stärker agieren als bei pronierten Unterarmen. Alle Muskeln im menschlichen Körper verfügen über einen Bereich in dem sie über optimale Zugverhältnisse verfügen, um eine maximale Kraftentfaltung beziehungsweise eine maximale Beschleunigung zu erreichen.

Daher macht es in der Praxis durchaus einen Unterschied, ob die Hüfte bei der Technik Naeryo-chagi nach hinten gekippt wird oder nicht und ob das Bein in einer stark adduzierten oder abduzierten Position nach unten gezogen wird. Die in Abbildung 5 dargestellten möglichen Positionen der Hüfte bei der Ausführung der Technik Naeryo-chagi verdeutlichen die unterschiedlichen Bedingungen für die ansetzende Muskulatur. Dadurch ergeben sich für die Muskulatur andere Zugverhältnisse und somit muss auch ein Unterschied in der Geschwindigkeit, der Kraft oder generell in der Qualität der Technik zu erkennen sein.

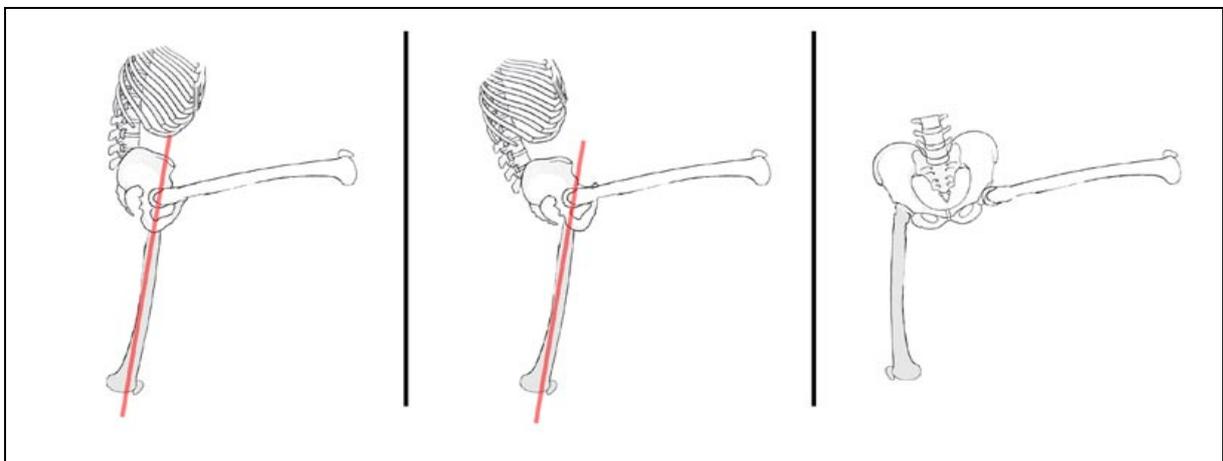


Abbildung 5: Stellungen der Hüfte bei der Technik Naeryo-chagi ; Hüfte gerade (links), Beckenkipfung nach hinten (mitte), seitliche Ausführung (rechts) (modifiziert nach Platzer, 2003, S. 91 u. S. 247)

Die Hauptarbeit in der zweiten Phase (siehe Kapitel 3.3) der Kicktechnik Naeryo-chagi wird von Muskelgruppen, die eine Streckung im Hüftgelenk und eine Beugung im Kniegelenk bewirken, übernommen: Muskulus gluteus maximus, Muskulus gluteus medius und minimus, musculus adductor magnus, und die ischiocrurale Muskulatur

bestehend aus musculus semimembranosus, musculus semitendinosus und das caput longum des musculus biceps femoris.

3.3 Phaseneinteilung für die Analyse

Um die Unterschiede in der Technikausführung genau analysieren zu können, wurde die Technik in drei Phasen unterteilt.

3.3.1 Erste Phase

Die erste Phase beginnt mit dem Verlassen des Bodens des Kickbeins. Dieser Zeitpunkt lässt sich durch das Verschwinden der Bodenreaktionskraft mithilfe einer Kraftmessplatte leicht ermitteln. Das Ende der ersten Phase wird durch das Erreichen des Umkehrpunktes mit dem Kickbein festgelegt. Der Umkehrpunkt markiert die größte Ausprägung der Ausholbewegung. Um diesen Zeitpunkt genau bestimmen zu können wurde der Punkt gewählt, an dem der Fuß des Kickbeins wieder eine Geschwindigkeit von 0 m/s in Vertikalrichtung erreicht, nachdem er zuvor nach oben beschleunigt wurde. Dieser Zeitpunkt kann anhand der Vertikalgeschwindigkeit eines am Knöchel angebrachten Markers bestimmt werden. Abbildung 6 zeigt diese Position zum Umkehrpunkt. Die erste Phase kann als Vorbereitungsphase des Kicks gesehen werden, durch die das Kickbein in eine möglichst gute Position gebracht werden soll, um danach maximal beschleunigt werden zu können. Mögliche Unterschiede im Initiieren der Bewegung können in der 1. Phase aufgedeckt werden.

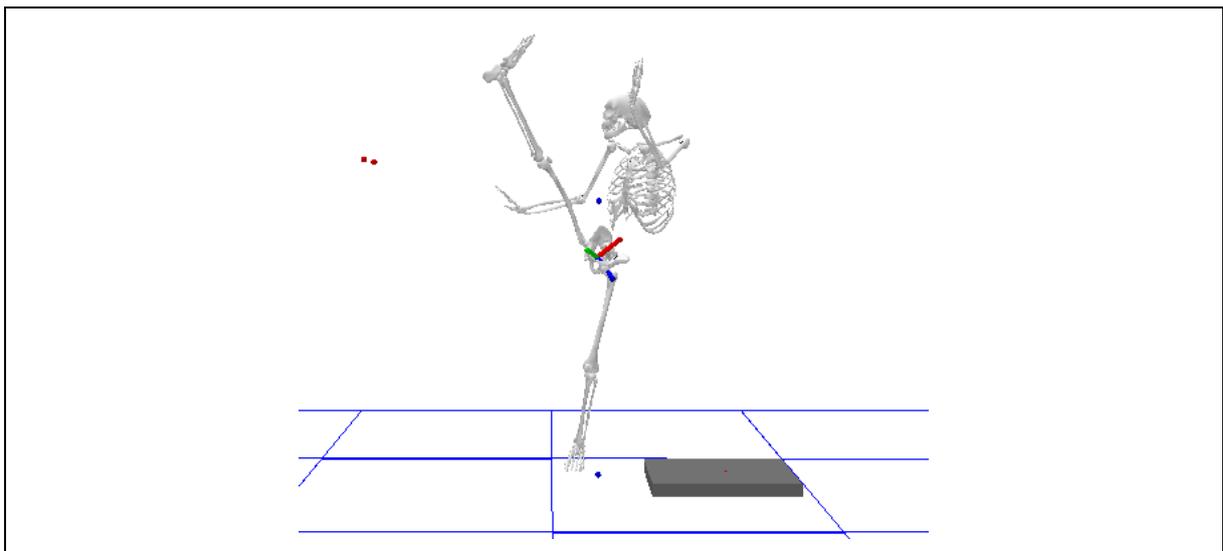


Abbildung 6: Naeryo chagi Ende Phase 1; Umkehrpunkt (UP)

3.3.2 Zweite Phase

Die zweite Phase beginnt mit dem Einsetzen der abwärtsgerichteten Beschleunigung des Knöchels in Richtung des Ziels. Das Ende der zweiten Phase stellt der Treffer der Pratte durch das Bein dar. Dieser Zeitpunkt ist durch die Bewegung eines am Schlagpolster angebrachten Markers eindeutig zu bestimmen und wird in Abbildung 7 dargestellt. Die zweite Phase stellt die Hauptphase des Kicks dar. In dieser Phase muss das Bein maximal beschleunigt werden, um eine möglichst große Endgeschwindigkeit erreichen zu können. In der 2. Phase sollen Unterschiede im Hüfteinsatz vergleichbar werden.

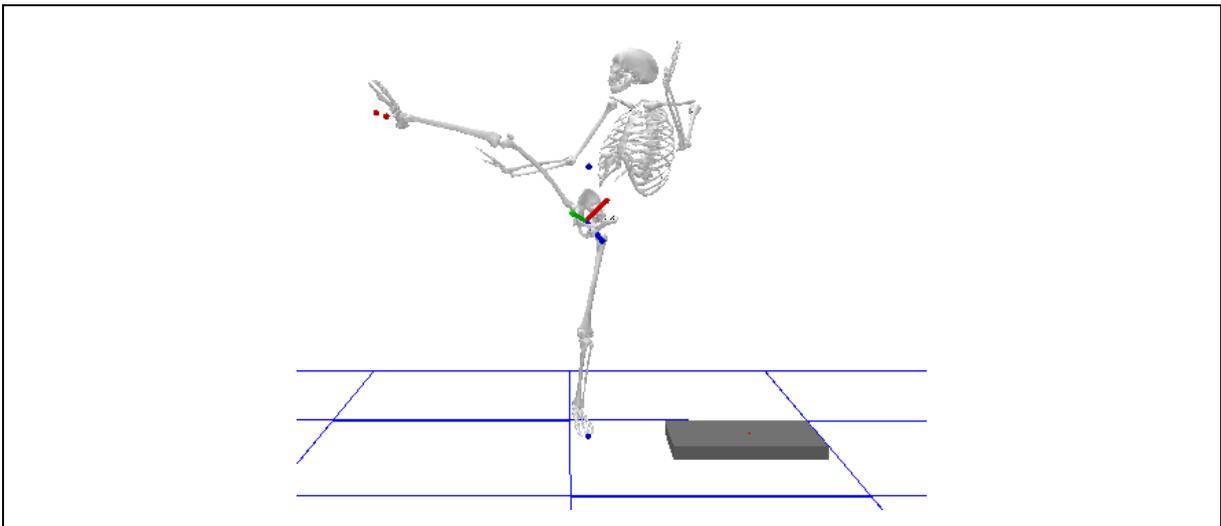


Abbildung 7: Naeryo-chagi Ende Phase 2, Pratzentreffer (Treffer)

3.3.3 Dritte Phase

Die dritte Phase beginnt mit dem Treffer und erreicht ihr Ende sobald das Kickbein den Boden berührt (siehe Abbildung 8). Um diesen Zeitpunkt genau zu bestimmen zu können, ist es empfehlenswert die Vertikalgeschwindigkeit des Knöchelmarkers heranzuziehen. Diese erreicht einen Wert von 0 m/s, wenn das Bein nach dem Treffer wieder vollständig abgebremst wurde.

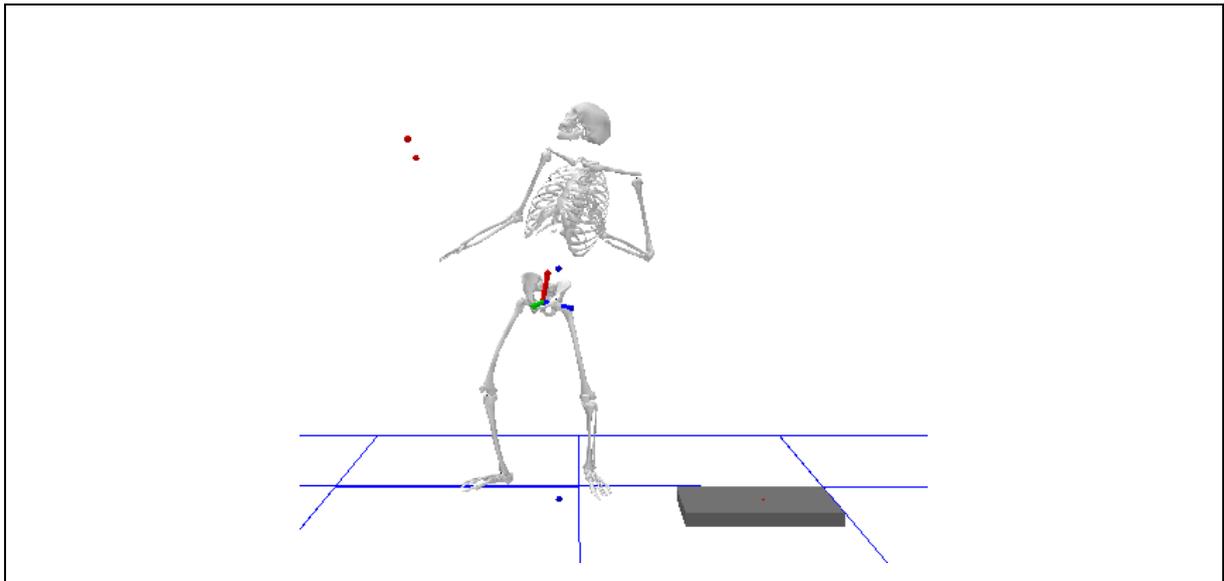


Abbildung 8: Naeryo-chagi Ende Phase 3 (Ende)

Aussagen bezüglich der dritten Phase stellten sich als etwas schwieriger dar, da die Bewegungsgestaltung nach dem Kick sehr unterschiedlich war. Manche Probanden führten das Bein bis zum Boden, andere wiederum stoppten das Bein bereits bevor es den Boden erreichte. Da aber in beiden Fällen die Geschwindigkeit in Vertikalrichtung aufgehoben werden muss, weil sonst das Bein ungebremst den Boden berühren würde, erscheint diese Einteilung als die Sinnvollste.

Hinzu kommt noch der Umstand, dass in der durchgeführten Untersuchung zur Stabilisierung der Halterung für die Prätze ein Massagetisch auf die Querverstrebungen gelegt wurde, um zu verhindern, dass diese nach jedem Kick umfällt (siehe Versuchsaufbau in Abbildung 9).



Abbildung 9 Versuchsaufbau: Proband mit Pratzenhalterung

Aufgrund der Tatsache, dass manche Probanden eine größere Vorwärtsbewegung hatten und nach dem Treffer mit dem Kickbein auf dem Massagetisch zu stehen kamen, erfuhren diese Personen ein früheres Abbremsen des Beins. Die dritte Phase sollte Aufschluss darüber geben, wie schnell die Athleten wieder in einer kampfbereiten Position waren. Da aber durch die unterschiedlichen Gestaltungen der Bewegung nach dem Treffer kaum eine Vergleichbarkeit gegeben ist, kann hier keine allgemeine Aussage getroffen werden. Lediglich ein Vergleich zwischen einzelnen Personen mit ähnlicher Ausführung kann vorgenommen werden.

4. Problemstellung

Seit dem Jahr 2000 ist Taekwondo neben Judo eine von nur zwei asiatischen Kampfsportarten, die in den Kreis der Olympischen Sportarten aufgenommen wurde. Die wissenschaftliche Erforschung der Sportart ist allerdings noch nicht weit vorangeschritten. Bedingt durch den traditionellen Aufbau der Kampfsportsysteme basieren ein Großteil der vermittelten Techniken und deren Hintergründe auf Meisterlehren. Durch diese Meisterlehren kann es vorkommen, dass unterschiedliche Ausführungsarten als ideal proklamiert werden, nur weil sie den Idealvorstellungen des Meisters entsprechen. Mit wissenschaftlichen Methoden bietet sich die Möglichkeit in das mystisch, philosophische Metier des Kampfsports vorzudringen und somit auch neue Erkenntnisse zu gewinnen. In diesen Bereich werden in Zukunft sicher noch viele Forschungsarbeiten gehen. Im Falle dieser Untersuchung gilt es mittels einer kinematischen Bewegungsanalyse die Technik Naeryo-chagi genau zu analysieren, mögliche relevante Einflussfaktoren auf die

Geschwindigkeit des Kickbeins zu detektieren, und in weiterer Folge Möglichkeiten einer Technikoptimierung aufzuzeigen.

Im Speziellen soll der Einfluss der Hüfte auf die maximale Knöchelgeschwindigkeit untersucht werden.

Da eine plyometrische Bewegung einen guten Aufwärmungszustand benötigt um effektiv ausführbar zu sein, wurden 5 Kicks pro Serie gewählt. Da sich oft erst dann ein richtiger Aufwärmeeffekt einstellte, wurde jedem Probanden die Durchführung einer weiteren Serie auf Wunsch gestattet.

Um die Bewegung genau analysieren zu können, wurde die Technik in Phasen unterteilt, welche die wichtige Schlüsselpunkte der Bewegung darstellen und deren Zeitpunkte genau bestimmbar sind.

Zwar sollte jeder Sportler in der Lage sein die Technik unter Wettkampfbedingungen aus jeder Distanz Treten zu können, für diese Untersuchung musste aber eine Distanz gewählt werden die es den Probanden erlaubt die Technik mit maximaler Geschwindigkeit ausführen zu können. Durch eine einheitliche Distanz wäre nicht gewährleistet gewesen, dass jeder Sportler sein volles Potential ausschöpfen kann. Jeder Taekwondoin sollte durch sein Distanzgefühl in der Lage sein, abzuschätzen ob die Distanz zu kurz oder zu lang ist, um die Technik in gewohnter Weise auszuführen.

Der Knöchelmarker stellt eine gute Möglichkeit dar, die Geschwindigkeit der schlagenden Extremität (das Segment Fuß) zu messen. Der Knöchelmarker weist trotz der Bewegungen im Sprunggelenk, praktisch identische Geschwindigkeiten wie der Fersenmarker auf, wird allerdings nicht so häufig verloren.

Warum wurde zusätzlich eine Einzelauswertung vorgenommen?

In einer Vorstudie an der Auswertung mehrerer Taekwondotechniken im Rahmen eines Forschungspraktikums wurde die Pratze von einer Person gehalten. Dadurch war es schwer, die genauen Zeitpunkte des Pratzentreffers zu bestimmen, da das Schlagpolster scheinbar unbewusst kurz vor dem Treffer bewegt wurde.

Forschungshypothesen:

Um einen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus ausnutzen zu können, darf die Geschwindigkeit, die eine Vordehnung der Muskulatur bewirkt, nicht zu groß sein, da sie sonst nicht mehr umgekehrt werden kann. Dies gilt für Niedersprünge und muss in weiterer Folge auch für die Technik Naeryo-chagi gelten. Für die Praxis bedeutet dies, dass eine zu große Geschwindigkeit in der Ausholbewegung die Kickbewegung in Wirkrichtung negativ beeinflussen kann. Somit ergibt sich folgende Forschungshypothese.

Hypothese 1: Die Geschwindigkeit der aufwärtsgerichteten Ausholbewegung legt die maximal mögliche abwärtsgerichtete Geschwindigkeit in Hauptwirkrichtung fest.

Die Prüfung des Einflusses des Hüfteinsatzes beziehungsweise der Hüftstellung stellte eine der wichtigsten Punkte dieser Untersuchung dar. Es sollten folgende Fragen geklärt werden. Wie groß ist der Einfluss der Stellung der Hüfte auf die Knöchelgeschwindigkeit bei der Technik Naeryo-chagi? Bringen die Technikvorstellungen der Meisterlehren die besten Resultate zustande? Verwenden Sportler, die eine höhere Kickgeschwindigkeit aufweisen eine andere Hüftstellung/ einen anderen Hüfteinsatz? Daraus leiten sich die Hypothesen 2 und 3 ab.

Hypothese 2: Der Hüfteinsatz in der Hauptphase (2.Phase) des Kicks Naeryo-chagi (Vorschieben des Beckens, Beckenkipfung nach hinten) bringt die beste Schlagwirkung bzw. Geschwindigkeit in Schlagrichtung.

Hypothese 3: Bessere Sportler unterscheiden sich signifikant von schlechteren Sportlern im Hinblick auf den Hüfteinsatz.

Nach dem Prinzip des optimalen Beschleunigungsweges begünstigt ein größerer Beschleunigungsweg eine größere Geschwindigkeit. Somit kann durch eine Ausholbewegung, die einen möglichst großen Beschleunigungsweg des Beins zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes bewirkt, eine größere Knöchelgeschwindigkeit begünstigt werden. Um diesen Umstand zu prüfen, wurde Hypothese 4 formuliert. Diese lautet: Je weiter der Weg der Ausholbewegung vor dem Ziel, desto schneller ist das Bein im Ziel zum Zeitpunkt des Treffers.

Warum wurde die Technik Naeryo-chagi gewählt? Die Technik Naeryo-chagi gehört wie bereits in Kapitel 3 dargestellt, zu den am häufigsten verwendeten Techniken im Wettkampfsport Taekwondo. Da Standardtechniken im Taekwondo häufig trainiert werden, finden sich in der Ausführung von einfachen Techniken kaum Unterschiede zwischen einzelnen Sportlern.

Die Technik Naeryo-chagi ist in ihrer Struktur der Technik etwas komplexer. Daher finden sich auch eher deutliche Unterschiede in der Gestaltung der Bewegungsausführung, die auch eindeutigen Einfluss auf die Geschwindigkeit haben könnten. Hiermit soll nun überprüft werden, ob es Bewegungsausführungen gibt, die größere Knöchelgeschwindigkeit zum Treffer begünstigen.

5. Durchführung, Methodik

5.1 Untersuchungsdesign

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde eine kinematische Bewegungsanalyse mittels des Motion Capturing Systems von Vicon® durchgeführt. Untersucht wurden 24 Probanden, die über ein unterschiedliches Niveau in Taekwondo verfügten. Das Niveau der teilnehmenden Personen reicht von ehemaligen Taekwondosportlern über Sportler mit niedriger Graduierung bis hin zu aktiven Wettkampfsportlern. Die Stichprobe sollte repräsentativ für die Gesamtheit der Taekwondoins sein.

In der Untersuchung sollten soweit wie möglich für jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin ähnliche Bedingungen herrschen um eine möglichst hohe Reliabilität, Objektivität und Validität zu gewährleisten.

- Die Kicktechnik Naeryo-chagi musste mit dem vorderen Bein erfolgen. Dazu mussten die Probanden eine Angleitbewegung ausführen um die Distanz zum Ziel zu überbrücken.
- Ein Schlagpolster oder auch Pratze genannt, stellte das zu treffende Ziel dar. Da in der Nachbearbeitung der Daten nur die Markerpunkte zu sehen sind, wurde das Schlagpolster mit zwei Markern versehen um den Zeitpunkt des Treffers sichtbar zu machen. Um sicherzustellen, dass diese sich zum Zeitpunkt des Treffers in absoluter Ruhelage befinden, wurde die Pratze in einem Metallgestell fixiert. Die Höhe wurde an die Kinnhöhe des Probanden/ der Probandin angepasst um zu gewährleisten, dass jeder Proband/jede Probandin in Relation zum Körper dieselbe Höhe zu erreichen hatte. Leider war es nicht möglich bei größeren Personen das Ziel auf die Höhe des Kinns einzustellen, wodurch sich für diese Personen ein leichter Vorteil ergeben dürfte, da sie das Ziel mit weniger Dehnung in der Ischicruralen Muskulatur treffen konnten. Um ein Umfallen der Halterung zu verhindern, wurde diese mit einem Massagetisch beschwert. Das Metallgestänge der Halterung wurde zusätzlich mit einem Protektor geschützt um zu verhindern, dass sich Probanden im Falle eines Vorbeischlagens am Metall verletzen.
- Die Versuchspersonen wurden instruiert das vordere Bein auf der Kraftmessplatte zu platzieren, um den genauen Zeitpunkt des Verlassens des Bodens bestimmen zu können. Dieser Zeitpunkt markierte den Beginn der ersten Phase und stellte somit ein einwandfrei reproduzierbares Mittel zur Bestimmung des Beginns der Kicktechnik dar.

- Der Abstand von der Kraftmessplatte zu dem Metallgestell und letztendlich auch zum Ziel konnte frei gewählt werden, da jeder Sportler/jede Sportlerin aufgrund der unterschiedlichen Beinlänge und seiner/ihrer individuellen Technikausführung auch unterschiedliche Distanzen für die Angleitbewegung besitzt. Das eigene Distanzgefühl der Sportler/der Sportlerinnen war somit der Faktor, der den Abstand zum Ziel definierte.
- Die Aufgabenstellung an die Versuchspersonen war, 5 Kicks in Serie ausführen, wobei sie das Ziel mit einer möglichst großen Geschwindigkeit treffen sollten. Dennoch sollten die Kicks so getreten werden, wie dies auch in einem realen Kampf der Fall wäre. Waren die Probanden/die Probandinnen der Meinung die Kicks noch besser ausführen zu können, bekamen sie die Möglichkeit noch weitere 5 Kicks auszuführen. Zu einem vorzeitigen Abbruch der Kickserie kam es, wenn sich ein Marker aufgrund von Schweißbildung, unsachgemäßem Aufkleben oder aufgrund der hohen Geschwindigkeiten gelöst hatte. Manche Probanden/Probandinnen führten auch mehr als fünf Kicks pro Serie aus.
- Für die Aufzeichnung der Bewegung wurden 8 hochauflösende Infrarotkameras (Auflösung, Abtastrate, ...) verwendet. Diese wurden, wie in Abbildung 10 verdeutlicht, rund um den Aufnahmebereich verteilt aufgestellt um eine möglichst lückenfreie Datensequenz zu erhalten.

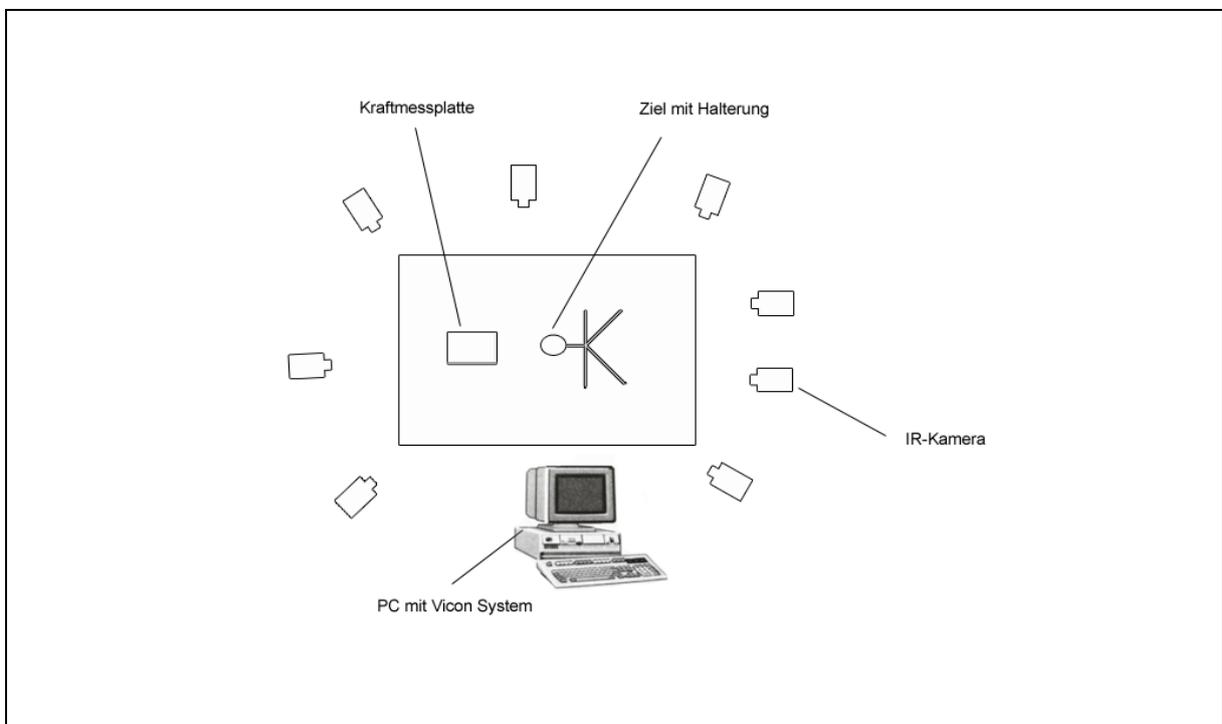


Abbildung 10: Untersuchungsdesign

Die Stichprobe

Die Stichprobe bestand aus 24 Taekwondoins, die in Alter, Geschlecht und Können inhomogen waren. Das Niveau der Probanden/der Probandinnen reichte vom Anfänger bis zum aktiven Wettkampfsportler und stellte somit eine repräsentative Stichprobe der Gesamtheit der Taekwondoins dar. Die Probanden/ die Probandinnen stammten aus insgesamt 8 unterschiedlichen Vereinen um auszuschließen, dass vereinsbeziehungsweise trainertypische Bewegungsformen die Ergebnisse verfälschen könnten, da die Ausführungen der Techniken von Verein zu Verein variieren können. Auch der Trainer hat einen Einfluss auf die Ausführung der Techniken im Taekwondo, da er die Techniken seiner Schüler/seiner Schülerinnen nach seinen Vorstellungen einer Idealtechnik anzupassen trachtet. Da in der vorliegenden Untersuchung die Auswahl der Probanden/Probandinnen nicht randomisiert wurde, sondern die Teilnahme freiwillig erfolgte, ist die Repräsentativität für die Gesamtheit der Taekwondoins fraglich. Weitere Störvariablen können die Tagesverfassung, und die Motivation sowie mögliche Erwartungshaltungen der Probanden sein.

5.2 Vorbereitung der Aufnahmen

5.2.1 Das System einrichten

Um das System einzurichten, wurden zuerst acht hochauflösende Infrarotkameras aufgestellt. Dabei wurde der Bereich, in dem später die zu untersuchende Bewegung ausgeführt werden sollte, genau eingegrenzt. Bereits im Vorfeld wurde kalkuliert, wie viel Platz durch die Bewegung in Anspruch genommen würde und wo im Raum die Bewegung am besten auszuführen sei. Im Falle dieser Analyse reichte ein kleiner Bereich um die im Boden fix installierten Kraftmessplatten aus, um die Bewegung in gewohntem Maße ausführen zu können. Die maximale Höhe, bis zu welcher die Marker während der Bewegung reichten, wurde ebenfalls bei der Positionierung und Ausrichtung der Kameras beachtet. Die zu den Infrarotkameras führenden Kabel wurden so verlegt, dass im Falle eines Stolperns eine Zugentlastung eingeplant war. Wurden die Kameras nach erfolgter Kalibrierung durch Erschütterungen bewegt, sollte eine neue Kalibrierung vorgenommen werden, da es sonst zu verfälschten Ergebnissen führen könnte.

Um die Ausrichtung der Kameras auf den Bereich, in dem später die Techniken ausgeführt wurden, zu erleichtern, wurde dieser mit reflektierenden Markern am Boden abgesteckt. Diese Marker wurden bei der Ausrichtung der Kameras von diesen erfasst und gaben Rückschluss darüber, ob der gewünschte Bereich auch tatsächlich im Fokus der Linsen war. Diese Schritte genau zu planen war von großer Bedeutung, da bereits das Aufstellen der Infrarotkameras wesentlich dazu beitrug, dass später gute Daten

produziert wurden. Um die Position eines Markers im abgegrenzten Aufnahmebereich bestimmen zu können, muss dieser von mindestens zwei Kameras erfasst werden. Ist dies nicht der Fall und der Marker ist während der Bewegung für einen bestimmten Zeitraum verdeckt, führt dies in der 3D-Ansicht zum Verschwinden des Markers. Taucht dieser dann wieder auf wird er in der Regel vom Programm selbständig wieder erkannt. Durch das Verschwinden entstehen aber Lücken in der Datenreihe die später wieder gefüllt werden müssen. Dazu aber mehr im Kapitel 5.3.1. Um möglichst alle Marker im Aufnahmebereich erfassen zu können wurden die Kameras in einem Kreis um den gewünschten Bereich aufgestellt.

Dabei wurde die Höhe der Kamerastative gezielt variiert, sodass einige Kameras nahe über dem Boden platziert waren um zu verhindern, dass Marker, die von einer höheren Perspektive nicht einsehbar sind, verschwinden. Dies war im Falle des Sternummarkers (strn) durch die zur Deckung vor dem Körper gehaltenen Arme häufig der Fall.

5.2.2 Ausrichtung der Kameras

Nachdem die Kameras fertig aufgestellt waren, wurde die genaue Ausrichtung für jede Kamera einzeln vorgenommen. Hierzu wurde im Programm Vicon® Nexus aus der Perspektive jeder einzelnen Kamera kontrolliert, ob der mit Markern abgesteckte Bereich voll erfasst wurde. Zu diesem Arbeitsschritt wurde eine zweite Person als Helfer herangezogen, welche die Ausrichtung der Kameras anpasste. Da nicht nur der Aufnahmebereich sondern auch die Bewegung im Fokus der Kameras zu erkennen sein sollte, wurde mit Hilfe des ebenfalls mit Markern bestückten Kalibrierwerkzeuges die Bewegung simuliert, um zu sehen, ob die Kamera die Marker während der gesamten Bewegung im Blickfeld hatte. Weiters wurde der gesamte abgesteckte Aufnahmebereich mit diesem Kalibrierwerkzeug abgeschritten um einen Überblick darüber zu bekommen, ab welchem Punkt diese begannen zu verschwinden. Diese Schritte wurden für jede Kamera einzeln vorgenommen.

5.2.3 Maskieren

Nachdem alle Kameras fertig ausgerichtet waren, wurde kontrolliert, ob unerwünschte Lichtreflexionen im Aufnahmebereich der Kameras zu sehen waren. Da die Infrarotkameras Licht aussenden und zurückgeworfenes Licht (im Idealfall von den reflektierenden Markern) wieder erfassen, kann es durch andere Lichtquellen oder reflektierende Gegenstände im Raum zu so genannten Ghostmarkern kommen. Auch die Kameras selbst senden Infrarotlicht aus und sind durch große Punkte sichtbar, da sie viel Licht aussenden. Diese Bereiche wurden in weiteren Schritten minimiert, da sie das automatische Erkennen von Markern des Programms erschweren und dazu führen dass diese häufiger falsch benannt werden und leichter verschwinden. Um störende Einflüsse

zu vermeiden wurden alle reflektierenden Objekte nach Möglichkeit entfernt oder abgedeckt. Der Raum wurde zusätzlich abgedunkelt um weniger Lichtreflexionen des Parkettbodens zu gewährleisten. Im Idealfall wäre der Raum, in dem die geplanten Aufnahmen stattfinden, abgedunkelt und bestünde aus gänzlich nichtreflektierendem Material. Da man in den seltensten Fällen über ideale Bedingungen verfügt, kann nur versucht werden die Anzahl der Ghostmarker möglichst gering zu halten. Reflektierende Stellen, die nicht zu entfernen sind, wurden im Programm Vicon® Nexus maskiert. Der maskierte Bereich ist später eine Art blinder Fleck im Blickfeld der Kamera. Kommt während der Aufzeichnung ein Marker in diesen Bereich, verschwindet er aus dem Bild der Kamera. Die Anzahl der Ghostmarker wurde zudem durch die Anpassung des Schwellenwertes, ab welcher Intensität eine Lichtquelle als Marker dargestellt wird, auf eine möglichst geringe Anzahl reduziert.

5.2.4 Kalibrierung

Nach diesen Arbeitsschritten wurde die Kalibrierung des virtuellen Raumes vorgenommen. Zu diesem Zweck wurden alle im Aufnahmebereich befindlichen Marker entfernt. Bei der Kalibrierung wird der für die Aufnahme vorbereitete Bereich im Programm Vicon® Nexus virtuell geeicht. Die Kalibrierung erfolgte in zwei Schritten. Im ersten Schritt wurde die Position der Kameras zueinander ermittelt. Dazu kam das Kalibrierwerkzeug T-Frame zur Anwendung. Dieses t-förmige Metallgestell hat eine genormte Größe die dem Programm bekannt ist. Durch die Bewegung im Raum konnte durch die, von allen acht Kameras erfasste, normierte Länge die Abstände und Positionen der Kameras zueinander berechnet werden. Nachdem im Programm der Befehl Calibrate MX Cameras aktiviert wurde, leuchtet bei jeder Kamera ein blaues Licht auf. Danach bewegte man sich mit dem Kalibriergerät im Aufnahmebereich bis bei allen Kameras ein grünes Licht aufleuchtete, welches signalisiert, dass die Kamera genug Frames aufgenommen hat um die Position der Kameras zueinander zu errechnen. Im Programm werden nun alle 8 Kameras in 3-D Darstellung mit der richtigen Position zueinander dargestellt. Im zweiten Schritt der Kalibrierung wird dem System noch ein Ursprung für das Koordinatensystem definiert. Dazu wurde das Kalibrierwerkzeug L-frame, welches ebenfalls eine genormte Länge aufweist, an einer bestimmten Stelle in den Aufnahmebereich gelegt, an der später der Nullpunkt des Koordinatensystems sein soll. Nach einem Klick auf den Button „set volume Origin“ errechnete das Programm die Position der Kameras zum Ursprung. Somit ist der kalibrierte virtuelle Raum komplett. In der 3-D Ansicht des Programms steht nun auch der Boden im richtigen Verhältnis zu Position der Kameras.

5.2.5 Anthropometrische Vermessung

Bevor mit der Aufzeichnung der Daten begonnen werden konnte, musste im Programm Vicon® Nexus ein neues Subjekt angelegt werden, dem die Aufnahmen zugeordnet werden können. Dazu wurde das Subjekt mit einem Namen versehen und nach Eingabe vorgegebener anthropometrischer Daten konnte eine neue Aufzeichnung erfolgen. Diese Daten sind nötig, damit das spätere Modell noch besser auf den jeweiligen Probanden abgestimmt ist.

Nach Vermessung des Probanden/ der Probandin wurden folgende Werte in das Inputfile eingegeben:

- Alter
- Geschlecht
- Körpermasse
- Dicke des Sprunggelenks (Abstand von malleolus medialis zu malleolus lateralis)
- Dicke des Kniegelenks (von Epicondylus lateralis zu Epicondylus medialis des Femur)
- Dicke des Ellbogengelenks (von Epicondylus lateralis zu Epicondylus medialis des Humerus)
- Dicke des Handgelenks (von Processus styloideus radii zu caput ulnae)
- Dicke der Hand (zwischen Handfläche und Handrücken)

Mithilfe des Programms wurden im Anschluss weitere Parameter errechnet, die für eine präzise Darstellung eines Modells benötigt werden.

5.2.6 Anbringen der Marker

Für diese Untersuchung wurde das Plug-in-Gait Marker Placement verwendet welches in Abbildung 11 dargestellt ist. Dieses Modell verwendet 37 Marker, die entweder direkt auf die Haut, oder an manchen Stellen auf die Kleidung, aufgebracht werden. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Probanden/ die Probandinnen möglichst eng anliegende Kleidung trugen um die Bewegungen der Marker durch Bewegungen der Kleidung auf ein Minimum reduzieren zu können. Es bestand zusätzlich die Möglichkeit, einen speziellen Motion Capture Suit zu verwenden auf den die Marker problemlos befestigt werden konnten. Abbildung 11 zeigt einen Probanden mit einem derartigen Anzug während der Aufnahmen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass dieser ebenfalls sehr eng anliegend sein sollte. Bei der Anbringung der Marker wurde wiederum auf genaues und sauberes Arbeiten geachtet, da es sonst durch lange Zeit verdeckte oder gar fehlende Marker zu einem größeren Arbeitsaufwand in der Nachbearbeitung käme (siehe Kapitel 5.3.10). Die Marker wurden an Stellen befestigt an denen es zu möglichst geringen Abweichungen kommt.

- Es wurde darauf geachtet die benötigte Anzahl der Marker genau vorzubereiten, so dass ein Vergessen nahezu ausgeschlossen werden konnte.
- Bei der Beklebung wurde zusätzlich nach einem gewissen Schema vorgegangen um die Dauer und Fehleranfälligkeit zu reduzieren.

Kopf und Handgelenk

Sowohl für den Kopf als auch für die Handgelenke wurden vorgefertigte Schweiß- bzw Stirnbänder verwendet, die mit Markern versehen waren. Die am Stirnband befestigten Marker des Kopfes LFH RFH und LBH und RBH dienen zur Erfassung und Darstellung von Nick-, Dreh- und Seitneigungsbewegungen des Kopfes. Die Marker LFH und RFH liegen auf der Stirnseite des Kopfes (Gesichtsschädel).

Die Schweißbänder am Handgelenk beinhalteten jeweils 2 Marker die mit einem Röhrchen verbunden waren. Dieses Röhrchen sollte, bei Palmar- und Dorsalflexion die Gelenksachse bilden und sich nicht bewegen. Die Marker des Handgelenks sind mit LWRA und LWRB auf der linken Hand und mit RWRA und RWRB auf der rechten Hand gekennzeichnet. Die Marker LWRB und RWRB befinden sich auf der Daumenseite des Handgelenks. Durch diese Marker werden Supination und Pronation sichtbar und darstellbar.

Schulter

Die Schultermarker RSHO und LSHO wurden auf dem Acromion befestigt. Dadurch werden die Marker nur geringfügig durch die Kontraktionen des Muskulus deltoideus beeinflusst. Die richtige Lage der Marker konnte kontrolliert werden, indem die Versuchsperson den Arm ab- und adduzierte, wobei sich die Marker nicht bewegen durften. Die Schultermarker wurden auf beiden Seiten gleich platziert.

Clavicula

Der Markerpunkt clav liegt zwischen den Schlüsselbeinen auf dem Sternum unterhalb der fossa jugularis. Dieser Punkt ist leicht zu finden und wird auch relativ selten verdeckt. Er dient zusammen mit dem Sternummarker für die Berechnung der Größe des Brustkorbsegments.

Ellbogen

Der Marker für den Ellbogen wird auf den Epicondylus lateralis des Humerus geklebt. Der Gelenkspalt wurde durch Beugen und Strecken des Ellbogengelenks ertastet. Der Marker wurde auf den knöchernen Vorsprung einen Finger breit Richtung Oberarm platziert. Der Marker sollte sich beim Beugen und Strecken des Arms nicht bewegen. Dieser Marker wird ebenfalls auf beiden Seiten symmetrisch geklebt.

Finger

Die Fingermarker RFIN und LFIN wurden auf beiden Seiten auf dem Handrücken der auf den Knöchel des Zeigefingers geklebt.

Oberarm

Die Marker RUPA und LUPA werden asymmetrisch auf den Körper aufgebracht. Bei dem verwendeten Modell wird der Marker LUPA weiter oben und der Marker RUPA weiter unten platziert, um eine Unterscheidung zwischen rechts und links zu gewährleisten. Die Marker wurden auf einer gedachten Linie zwischen dem Schulter und dem Ellbogenmarker platziert. Diese Marker liegen über größeren Muskelgruppen und bewegen sich zwingend sind aber hauptsächlich zur Unterscheidung von rechter und linker Körperhälfte sowie zur Berechnung der Rotationen im Schultergelenk gedacht.

Unterarm

Die Unterarmmarker LFRA und RFRA werden wiederum asymmetrisch angebracht. Die Marker wurden entlang Kante der Ulna aufgeklebt. Der Marker des rechten Arms liegt näher am Ellbogen, während der Marker des linken Unterarms näher am Handgelenk liegt.

Sternum

Der Marker für das Sternum STRN liegt auf dem processus xiphoideus. Dieser Marker war durch die zur Deckung erhobenen Arme häufig verdeckt.

Bei weiblichen Probanden wurde der Marker weiter unten angebracht um zu verhindern, dass er durch die Brust dauerhaft verdeckt wird. Am Polygonmodell resultiert diese Maßnahme in einer vergrößerten Darstellung des Brustkorbes, was nachträglich mit dem Programm Vicon® Polygon korrigiert wurde. Dieser Arbeitsschritt gestaltet sich wesentlich weniger aufwändig als die verschwundenen Marker zu rekonstruieren.

C7

Der Marker C7 wurde auf dem processus spinosus des 7. Halswirbels platziert. Der Dornfortsatz des siebten Halswirbels wurde durch Flexion und Extension der Halswirbelsäule ertastet. Dieser Marker kann durch lange Haare verdeckt werden.

T10

Der Marker T10 liegt auf dem processus spinosus des 10 Brustwirbels. Diese korrekte Position wurde durch Zählen der Wirbel ermittelt, indem vom 7. Halswirbel ausgehend abwärts die Dornfortsätze gezählt wurden. Am besten funktioniert diese Methode wenn der Proband dabei einen starken Rundrücken macht.

RBAK

Dieser Marker wird auf das rechte Schulterblatt geklebt.

Hüfte

Die Lage der Hüfte wird bei diesem Model durch 4 Markerpunkte beschrieben. Auf der Vorderseite wurden die Markerpunkte LASI und RASI auf der rechten und linken spina iliaca anterior superior angebracht. An der Hinterseite der Hüfte wurden die Marker LPSI und RPSI an der rechten und linken spina iliaca posterior superior platziert.

Zehe

Die Zehenmarker LTOE und RTOE wurden auf dem Fußrücken auf dem Grundgelenk des großen Zehs angebracht.

Knöchel

Die Knöchelmarker RANK und LANK wurden auf dem malleolus lateralis der rechten und linken fibula angebracht.

Ferse

Die Fersenmarker RHEE und LHEE wurden auf dem Tuber calcanei des rechten und linken Fußes angebracht. Dabei wurde darauf geachtet werden, dass sich Zehenmarker und Fersenmarker auf einer gedachten Linie parallel zum Boden befinden.

Knie

Die Kniemarker LKNEE und RKNEE wurden auf dem epicondylus lateralis des Femus angebracht. Dadurch werden die Bewegungen der Marker durch Flexion und Extension im Knie möglichst gering gehalten.

Oberschenkel

Die Marker LTHI und RTHI wurden auf einer gedachten Linie zwischen dem trochanter major und dem Kniemarker gesetzt. Diese Marker werden wieder asymmetrisch gesetzt. Der Marker LTHI des linken Oberschenkels liegt näher am Kniegelenk und der Marker RTHI des rechten Oberschenkels liegt näher am Hüftgelenk.

Unterschenkel

Die Marker LTIB und RTIB des Unterschenkels sollten nach dem Plug-in-Gait Markerplacement ebenfalls asymmetrisch platziert werden. Die Marker liegen auf einer gedachten Linie zwischen dem Kniemarker und dem Knöchelmarker. Der Marker des rechten Unterschenkels liegt näher am Kniegelenk und der Marker des linken Unterschenkels liegt näher am Sprunggelenk.

5.3 Nachbearbeitung

Wie in Kapitel über Motion Capturing bereits erwähnt, gestaltete sich die Nachbearbeitung bei optischen Systemen als relativ zeit- und arbeitsintensiv. Zwar konnte der Arbeitsaufwand der Nachbearbeitung durch gewissenhaftes Arbeiten in der Vorbereitung

stark minimiert werden, aber gänzlich entfallen konnte sie dadurch nicht. Im Laufe der Aufzeichnungen kam es immer wieder, trotz genauer Vorbereitungen zu Fehlern in der Erkennung der Marker und zu Situationen in denen ein Marker verdeckt wurde und dadurch in weiter Folge zu Lücken in den Datensequenzen. Diese wurden nun in der Nachbearbeitung gefüllt, um die aufgezeichneten Daten weiter verarbeiten und letztendlich auch auswerten zu können.

5.3.1 Lücken füllen

Diese Lücken in der Datensequenz können mittels Vicon® Nexus visualisiert werden. Um diese zu füllen standen zwei Möglichkeiten zur Auswahl, die Funktion „spline fill“ und die Funktion „pattern fill“. Bei der Funktion „spline fill“ wird mittels Interpolation die fehlende Strecke rekonstruiert. Dabei werden Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung vor und nach der Lücke interpoliert. Der Punkt, ab dem interpoliert werden soll, ließ sich an beiden Enden beliebig wählen, um zu gewährleisten, dass die Strecke bestmöglich die vermutliche Bahn der Marker beschreibt. Je kürzer die Lücke war, umso besser passte die errechnete Bahn ins Gesamtbild. Mit der Funktion „pattern fill“ kann die Bahn eines beliebigen anderen Markers verwendet werden um die Lücke zu füllen. Besonders bei großen Lücken in denen viele Richtungsänderungen stattfanden, kam die Funktion des „pattern fill“ zum Einsatz.

5.3.2 Static Subject calibration

Um dem Programm Vicon® Nexus die automatische Markererkennung zu erleichtern, wurde zunächst ein vorher benanntes Subjekt kalibriert. Zu diesem Zweck wurde eine nur wenige Frames umfassende Aufnahme des Probanden/ der Probandin in der T-Pose gemacht. Die so genannte T-Pose oder Heropose beschreibt die günstigste Ausgangsposition um die Marker zu benennen (labeln) und danach das erstellte Subjekt zu kalibrieren. Die T-Pose ist gekennzeichnet durch einen zirka schulterbreiten, aufrechten Stand mit zur Seite gestreckten Armen. Die Handflächen sind dem Boden zugewandt und der Blick sollte geradeaus gerichtet sein. Diese Pose sollte im Idealfall auch vor und nach der Aufnahme von den Probanden/ den Probandinnen eingenommen werden, um dem System die automatische Markererkennung zu erleichtern und um den Anfang und das Ende der Bewegung zu kennzeichnen. In der Aufnahme der T-Pose wurden alle Marker richtig benannt. Danach wurde mittels der „static subject calibration“ das angelegte Subjekt mit den, vorher eingegebenen, anthropometrischen Daten versehen. Dabei werden Segmente sowie Längen und Schwerpunkte berechnet. Danach „weiß“ das Programm in welchem Abstand die Markerpunkte zueinander liegen und wie lange die Segmente sind. Das Subjekt kann nun gespeichert werden Nach der

erfolgreichen Absolvierung des Schritts der statischen Kalibrierung, wurden die Aufnahmen mit den zu analysierenden Bewegungen gesäubert.

5.3.3 Dynamic subject calibration

Die Kalibrierung des Subjekts in den Aufnahmen mit der zu untersuchenden Bewegung kann erst erfolgen, wenn alle Lücken aller Marker gefüllt wurden. Da von 24 Probanden/ Probandinnen durchschnittlich 3 Aufnahmen zu je 5 Kicks vorlagen, wurde bereits im Programm Vicon® Nexus die Aufnahmen mit der größten erzielten Knöchelgeschwindigkeit herausgefiltert. Danach wurden die Lücken in den Datensequenzen gefüllt. Nach diesem Arbeitsschritt wurde zuerst eine static subject calibration durchgeführt. Danach konnte erst die Berechnung der dynamic static subject calibration erfolgen. Diese war nötig um die Daten exportieren zu können und mit anderen Programmen oder der Applikation Vicon® Polygon weiterzubearbeiten.

5.3.4 Das Schlagpolster

Da das Schlagpolster zur Visualisierung der Treffer mit Markern versehen wurde, musste es, um später in der Polygonansicht der Daten auch sichtbar zu sein, ebenfalls „gelabelt“ werden. Da aber bei Verwendung eines vorgegebenen Modells wie dem Plug-In-Gait-Modell alle Markernamen vorgegeben sind, und nur für benannte Marker die Lückenfülleroptionen anwendbar sind, wurden die Marker des Schlagpolsters benannt. Dazu wurden sie mit „Rechtsklick“ ausgewählt und nach Auswahl der Funktion „label as“ als „target 1“ und „target 2“ benannt. Nach der Benennung der Marker des Schlagpolsters wurden diese verbunden und als freies Gelenk definiert. Somit werden sie vom Programm als zum Körper gehörig betrachtet und sind in der späteren Bearbeitung der Daten in der Polygonansicht sichtbar. Danach wurden, wie für jeden anderen Marker auch, die Lücken in den Bahnen gefüllt.

5.3.6 Ghostmarker löschen

Nach erfolgter Kalibrierung und Definition des Schlagpolsters wurden alle Ghostmarker der gesamten Sequenz entfernt. Dies sei hier empfohlen, da in der Polygonansicht der Daten der virtuelle Raum so groß dargestellt wird, dass alle in ihm befindlichen Marker und deren Bewegungen darin enthalten sind. Dies gilt auch für Ghostmarker und so kann es sein, dass der Raum sehr viel größer als notwendig dargestellt wird, weil ein einziger Ghostmarker in großer Entfernung zum Aufnahmebereich kurz zu sehen ist. Ein derart großes Objekt benötigt sehr viel mehr Rechenaufwand und dadurch kann es in den Aufnahmen beim Scrollen und Zoomen zu störendem Ruckeln kommen. Zudem wirkt es höchst unprofessionell, wenn der virtuelle Raum für jeden Probanden/ jede Probandin andere Dimensionen aufweist. Um dies zu vermeiden und um alle Ghostmarker zu

löschen, wurde ein unbenannter Marker mit „Rechtsklick“ ausgewählt und die Aktion „delete all unlabeled“ ausgewählt. Damit werden alle Marker in der Aufnahme gelöscht, die nicht benannt wurden. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, das Schlagpolster vorher als freies Gelenk zu definieren.

5.3.7 Bearbeitung der Daten in Vicon® Polygon

Das Polygon-Modul bietet Möglichkeiten zur Visualisierung und Präsentation der Daten. Mittels dieser Application können 3-D-Polygongrafiken, Diagramme u.ä. erstellt werden. Zusätzlich erhobene Daten, wie die der Kraftmessplatte, können ebenfalls integriert und bearbeitet werden (vgl. <http://www.vicon.com> [Zugriff am 3.September 2008]). Das Programm bietet die Möglichkeit, die vorher bearbeiteten Datensequenzen der Bewegung auf Polygonfiguren zu übertragen. Am geeignetsten für diese Analyse erschien das Skelettmodell. In der optischen Darstellung der Daten als Polygonmodelle wird erkennbar, ob Marker falsch „gelabelt“ wurden, wenn zum Beispiel das Handgelenk verdreht war oder die Proportionen des Modells unnatürlich wirkten. Bei den Polygonmodellen der weiblichen Personen ist aufgrund der Platzierung des Sternummarkers der Brustkorb meist zu groß dargestellt. Die Skalierung der einzelnen Segmente kann nun mittels dieses Programms nachkorrigiert werden. Die im Kapitel 3.3 beschriebene Einteilung der Phasen des Kicks kann nun ebenfalls vorgenommen werden. Alle für die jeweilige Analyse benötigten Parameter wie Knöchelgeschwindigkeit, Hüftwinkel etc. können in dieser Phase der Auswertung in einen auf Hyperlink-Basis bestehenden Report eingefügt werden, um relevante Diagramme, Sequenzen und Graphiken zur weiteren Analyse zur Verfügung zu haben. Hat man diese Reports mit allen relevanten Parametern versehen, können die Reports exportiert werden und anschließend mittels der Plugin Applikation Polygon Viewer auf jedem beliebigen Computer geöffnet werden.

5.3.8 Phaseneinteilung in Vicon® Polygon

Das Programm Vicon® Polygon bietet die Möglichkeit durch das Setzen von so genannten „Events“ eine Phaseneinteilung einer Bewegung vorzunehmen. Diese Events können auch benannt werden. Die im Kapitel 3.3 vorgenommene Einteilung der Phasen wurde in das Programm Vicon® Polygon übernommen. Folgende Events wurden dabei definiert:

- Start [Beginn Phase 1]
- UP (=Umkehrpunkt) [Beginn Phase 2]
- Treffer [Beginn Phase 3]
- Ende [Ende Phase 3]

Dadurch ist es nach erfolgreicher Einteilung der Phasen möglich mit wenigen Mausklicks zu den jeweiligen Schlüsselpunkten der Bewegung zu gelangen und Winkel und Geschwindigkeiten zu diesen Zeitpunkten zu erheben.

Diese Phaseneinteilung wurde für jeden der 24 Probanden/ Probandinnen bei den Versuchen mit der größten und geringsten Knöchelgeschwindigkeit vorgenommen. Somit ist es möglich, nicht nur zwischen den einzelnen Sportlern Aussagen zu treffen, sondern auch für jeden Sportler individuelle Unterschiede zwischen den besten beziehungsweise schlechtern Ergebnissen zu detektieren.

5.3.9 Weitere Bearbeitung

Für die Einzelauswertung wurden vorrangig das Programm Vicon® Polygon Viewer und weiters die Programme, Excel und Photoshop herangezogen. Um die Forschungshypothesen zu prüfen, wurden die relevanten Parameter zu den gewünschten Schlüsselpunkten der Bewegung erhoben und in das Programm SPSS übertragen, mit dem die weitere statistische Auswertung erfolgte.

5.3.10 Rekonstruieren von verdeckten oder fehlenden Markern

Im Rahmen einer derartigen Analyse mit 24 Probanden/ Probandinnen kann es vorkommen, dass sich in der Vorbereitung der Aufnahmen Fehler einschleichen. Im Rahmen dieser Analyse kam es in einem Fall zum Weglassen des Fersenmarkers und in einem anderen Fall waren die langen Hosenbeine einer Probandin verrutscht, so dass der Knöchelmarker über weite Strecken der Aufnahme verdeckt war. In diesen Fällen war es nicht möglich mit den Funktionen des Lückenfüllens von Vicon® Nexus 2.0 die Bahnen der Marker in den aufgetretenen Lücken entsprechend zu rekonstruieren. In diesen Fällen wurden mittels des Programms Vicon® Bodybuilder Markerpunkte konstruiert. Dazu musste zuerst ein neuer Marker erstellt werden. Nach dem Öffnen des Programms Bodybuilder wurde die gewünschte Aufnahme geöffnet. Die dreidimensionale Ansicht der Aufnahme ähnelt jener des Programms Vicon® Nexus. Nach dem Erstellen eines neuen Markers wurde durch Anpassung der x-, y- und z-Koordinaten die Position des Markers festgelegt an der man den Marker vermuten würde. Als Vergleich wurden Aufnahmen von anderen Probanden/ Probandinnen herangezogen, um zu sehen wie die Proportionen im Drahtgittermodell dargestellt werden und um ein Gespür für die Abstände der Markerpunkte zueinander zu bekommen. Nach diesem Schritt befand sich der Punkt zwar an der vermeintlich richtigen Position, stand aber noch nicht in Verbindung zu dem Modell des Körpers. Um dies zu erreichen, wurde der Punkt benannt d.h. „gelabelt“, in der Sprache des Programms. Damit war der Marker allerdings nur für einen Frame der Aufzeichnung rekonstruiert. Um diesen Schritt nicht für jeden Frame der Aufzeichnung erledigen zu müssen, gibt es die Möglichkeit die Bahn der Marker zu interpolieren. Um

dieses Verfahren anzuwenden wurde einige Frames in der Aufnahme weitersprungen und die Position des Markers erneut durch Anpassung der Koordinaten festgelegt. Danach wurde zwischen diesen Frames mittels Interpolation die Bahn des Markers rekonstruiert. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass sich mit dieser Methode der Rekonstruktion der Bahnen nur auf sehr kurze Zeitstrecken befriedigende Ergebnisse erzielen lassen und nur dann, wenn eine möglichst geradlinige Bewegung dargestellt werden soll. Dieses Verfahren eignete sich somit nicht besonders gut um die Fersenbeziehungsweise Knöchelmarker während der tänzelnden Bewegungen in den Phasen zwischen den Kicks zu rekonstruieren. Allerdings war die Rekonstruktion in den Hauptphasen des Kicks wesentlich unproblematischer. Um mit diesem Verfahren die gesamte Sequenz einer Kickserie rekonstruieren zu können wurden die Schlüsselpunkte der Bewegung für jeden Kick zuerst rekonstruiert. Im Fall der Untersuchung waren dies die Schlüsselpunkte der Phasen. Nachdem die Markerpunkte zu den Schlüsselpunkten rekonstruiert wurden, war der wichtigste Schritt bewältigt. Die Sequenz wurde gespeichert und wieder mit dem Programm Vicon® Nexus geöffnet. Damit wurden die Lücken, mit den in Kapitel 5.3.1 vorgestellten Verfahren, zwischen den kurzen, erstellten Bahnen gefüllt. Diese Lücken waren sehr groß und erforderten einiges an Rechenzeit bis die vorgeschlagenen Bahnen dargestellt wurden. In diesem speziellen Fall bewährte sich die „Spline fill“ Methode, bei der die Bahn eines benachbarten Markers als Muster für die Rekonstruktion der Markerbahn herangezogen werden kann. Bei den aufgetretenen Fällen waren entweder der Knöchelmarker oder der Fersenmarker zu ersetzen. Diese Situation erwies sich als äußerst günstig, da beide Marker sehr ähnliche Bahnen beschreiben. Lediglich bei oftmaliger Plantar- und Dorsalflexion im Fußgelenk traten über längere Strecken größere Abweichungen auf. Die Knöchelgeschwindigkeit und die Fersengeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Pratzentreffers waren praktisch ident. Somit war die Rekonstruktion der Markerbahnen in den Kickphasen relativ unkompliziert und überraschend genau. Je länger die Strecken waren, die auf diese Weise gefüllt wurden, umso größer konnten die Abweichungen in den Daten sein und umso ungenauer wurden die Ergebnisse. Deswegen wurde der bereits rekonstruierte Bereich der Bewegung immer wieder kontrolliert, um zu sehen, ob die Position des Markers über den fertig gestellten Zeitraum realistisch aussah. Bei etwaigen Mängeln wurde dazwischen erneut eine kurze Sequenz mittels Vicon® Bodybuilder erstellt. Da die Phasen zwischen den Kicks für die Analyse keine Relevanz besitzen, wurden diese nur grob rekonstruiert, um über eine vollständige Sequenz für das Kalibrieren der Subjekte zu verfügen.

6. Einzelauswertung

In der Einzelauswertung erfolgte ein Vergleich der besten mit den schlechtesten Kicks des/der jeweiligen Probanden/Probandin. Nach der Aufnahme der Kickserien mit dem Programm Vicon® Nexus existierten von jedem Probanden/jeder Probandin zwischen zwei bis sechs Serien mit jeweils 1 bis 10 Kicks, da jedem Proband/jeder Probandin die Möglichkeit gegeben wurde seine/ihre beste Leistung abzugeben. Wenn ein Proband/eine Probandin der Meinung war noch nicht seine/ihre Bestleistung gezeigt zu haben, konnte er/sie eine weitere Serie mit 5 Kicks absolvieren. Ebenso kam es in manchen Fällen durch verlorene Marker oder anderer Störfaktoren zum Abbruch der Serie. Auch die abgebrochenen Serien wurden im Programm Vicon® Nexus analysiert und die maximale Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Prätzenkontaktes wurde ermittelt. Für die weitere Analyse wurden nur die Serien herangezogen, welche die Versuche mit der größten Knöchelgeschwindigkeit enthielten. Daraus resultiert die nicht einheitliche Anzahl an Kicks pro Serie. Als bester Kick wird in weiterer Folge jener Versuch bezeichnet, bei welchem der Proband/die Probandin die höchste Knöchelgeschwindigkeit in Hauptwirkrichtung erzielen konnte, als schlechtester Versuch, jener mit der geringsten Knöchelgeschwindigkeit der Serie.

Durch die Einzelauswertung konnten mittels qualitativer Methoden auch Kriterien untersucht werden die nicht in den Hypothesen formuliert wurden. Folgende Aspekte der Bewegungsausführung wurden berücksichtigt:

- Die Lage des Körperschwerpunktes im Verlauf und zu den Hauptphasen (Umkehrpunkt, Treffer) des Kicks
- Das Standbein im Verlauf der 2. Phase und zu den Schlüsselpunkten der Technik
- Der Beschleunigungsweg sowie eine Beurteilung wie dieser maximiert wurde
- Die Stellung und Bewegung der Hüfte
- Werte der Extension und Abduktion
- Lage des Oberkörpers
- Projektion des Kickbeins nach lateral oder medial.

Die Werte der beigefügten Tabellen dienen zur Unterstreichung der im Fließtext dargestellten Rückschlüsse. Um die Richtung der Bewegung zu kennzeichnen, beziehungsweise um zwischen Flexion/Extension, Abduktion/Adduktion sowie Innen- und Außenrotation unterscheiden zu können, ist das Vorzeichen der Werte zu beachten. Als Orientierung soll die nachfolgende kurze Übersicht dienen:

- Flexion: + Extension: -
- Adduktion: + Abduktion: -
- Innenrotation: + Außenrotation: -

6.1 Proband 1

Die mittlere Knöchelgeschwindigkeit von Proband 1 von 8,64 m/s liegt über dem Gesamtdurchschnitt aller Versuche von 7,23 m/s. Der Kick mit der höchsten Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Pratzentreffers ist der erste Kick mit 8,95 m/s. Die niedrigste Knöchelgeschwindigkeit der drei Kicks umfassenden Serie wurde beim 2. Kick mit 8,39 m/s erreicht.

Tabelle 1: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 1

1. Kick	2. Kick	3. Kick	Ø
8,95 m/s	8,39 m/s	8,58 m/s	8,64 m/s

Vergleich

Das Standbein ist bei dem besseren Kick mehr nach außen rotiert und das Bein muss dadurch mehr abduziert werden um das Ziel zu treffen, während es beim schlechteren Kick durch die geringe Abduktion zu einer größeren Überstreckung in der Hüfte kommt. Dies zeigt sich auch in den Werten. Der Schwerpunkt befindet sich zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes bei seinem schlechteren Kick weiter vorne. Das Standbein ist stärker gebeugt bei seinem schlechteren Versuch. hinten dadurch ist es ihm möglich das Standbein weniger beugen zu müssen und somit kann die abwärtsgerichtete Beschleunigung des Beines besser realisiert werden. Dadurch ergeben sich durch den niedrigeren Gesamtschwerpunkt beim schlechtesten Versuch ein größerer Flexionswinkel des Kickbeins zum Zeitpunkt des Treffers und eine stärkere Extension in der Hüfte (80,5°) am Standbein als Folge der starken Beckenkipfung nach hinten, welche die Beugung des Knies am Standbein ausgleicht. Bei seinem besten Kick erfolgt der Treffer bei einem Flexionswinkel von 78,4°. Der Schwerpunkt zum Zeitpunkt des Treffers ist weit vor der Standfläche des Standbeins bei seinem schlechtesten Versuch. Die Abduktionswerte auf der Kickbeinseite zeigen im Verlauf der Phase 2 eine steigende Tendenz was auf eine leichte Führung des Beins von innen nach außen deutet (Pakkat Naeryo-chagi).

**Tabelle 2: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	6,5° -	5,2° -
	Abd/Add	32,1° -	30,6° -
	Innen-/Au- Rot.	42,1°-	42,6°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/ Ext	92,9°	78,4°
	Abd/ Add	37,9° -	41,1° -
	Innen-/Au-Rot.	7,4°	10,6°

**Tabelle 3: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	6,7° -	10° -
	Abd/Add	28,6° -	29,5° -
	Innen-/Au- Rot.	45,7° -	45,8° -
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	98,1°	80,5°
	Abd/Add	36,8° -	41,7° -
	Innen-/Au- Rot.	3,4° -	6,6°

6.2 Proband 2

Proband 2 ist aktiver Wettkampfsportler und war zum Zeitpunkt der Untersuchung amtierender Weltmeister im Open Taekwondo Bruchtest. Mit seinem 2. Kick erzielte er die größte Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers mit 9,73 m/s. Mit einer Geschwindigkeit von 8,08 m/s war der erste Kick dieser Serie der mit der geringsten Knöchelgeschwindigkeit.

Tabelle 4: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 2

1. Kick	2. Kick	Ø
8,08 m/s	9,73 m/s	8,91 m/s

Vergleich

Es scheint als ob der Proband bei dem Versuch mit der geringsten Knöchelgeschwindigkeit, durch die Anleitbewegung zu nah ans Ziel kam. Dadurch beugt er das Knie mehr bei seinem schlechteren Versuch um das Ziel an etwa derselben Stelle zu treffen. Der Proband erreicht bei seinem besten Versuch den Umkehrpunkt bereits erreicht, bevor er mit dem ganzen Fuß des Standbeins auf dem Boden aufsetzt. Dadurch würde sich ein größerer Beschleunigungsweg ergeben, ebenso begünstigt das Aufsetzen mit der Ferse die bereits begonnene Abwärtsbewegung des Kicks. Auf der anderen Seite bremst ein zu frühes Aufsetzen des Standbeins die Ausholbewegung ab und es wird eine geringere Flexion erreicht, was auch zu einer schlechteren Vorspannung führt. Es fällt auch auf, dass Proband 2 bei seinem besseren Kick mehr Rücklage hat, was sich in einer größeren Extension in der Hüfte am Standbein äußert, sowohl zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes (UP) als auch beim Treffer.

**Tabelle 5: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
besten Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	7,4° -	4,2° -
	Abd/Add	47,6° -	46,7° -
	Innen-/Au- Rot.	7,2° -	12,3° -
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	108,8°	70,2°
	Abd/Add	54,5° -	53,8° -
	Innen-/Au- Rot.	4,2° -	21,0° -

**Tabelle 6: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtesten Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	10,3° -	9,1° -
	Abd/Add	43,4° -	42,3° -
	Innen-/Au- Rot.	11,9° -	12,4° -
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	106,0°	88,9°
	Abd/Add	54,5° -	52,6° -
	Innen-/Au- Rot.	2,7° -	0,8° -

6.3 Proband 3

Proband 3 hatte eine relativ kurze Distanz zum Ziel gewählt, so dass er bei seiner Angleitbewegung nur eine sehr kurze Distanz zu überwinden hatte. Von Proband 3 gehen sechs gültige Kicks aus der Serie mit dem schnellsten Kick in die Analyse ein. Von diesen sechs Kicks weist der vierte Kick mit 8,84 m/s die höchste Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Pratzentreffers auf. Der langsamste Kick von Proband 3 weist eine Knöchelgeschwindigkeit von 8,21 m/s auf. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit beträgt 8,51 m/s und liegt über dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 7: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 3

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	6. Kick	Ø
8,60 m/s	8,21 m/s	8,21 m/s	8,84 m/s	8,45 m/s	8,76 m/s	8,51 m/s

Vergleich

Zum Umkehrpunkt hat Proband 3 bei seinem schlechtesten Kick größerer Rücklage. Dadurch liegt der Körperschwerpunkt weiter hinter der Standfläche des Standbeins als bei seinem besten Versuch. Zum Zeitpunkt des Treffers ist das Standbein beim schlechtesten

Kick stärker gebeugt, was die Ursache dafür sein könnte, dass der Körperschwerpunkt im Vergleich zum besten Kick tiefer und weiter hinten liegt. Die Hüftextension auf der Standbeinseite nimmt in der 2. Phase des Kicks ab. Bei seinem besten Kick erfolgt der Treffer bei einer Hüftextension des Standbeins von 10,3° während sie bei seinem schlechtesten Kick zum selben Zeitpunkt 8,8° erreicht, was auf eine stärkere Beckenkipfung nach hinten beim besten Kicks hindeutet. Die Abduktion des Standbeins vergrößert sich in der 2. Phase des Kicks und ist bei Bernards schlechtestem Kick stärker ausgeprägt. Dies könnte ein Indiz für ein stärker ausgedrehtes Standbein beim schlechtesten Kick sein. Zu Beginn der 2. Phase findet man einen größeren Hüftflexionswinkel des Kickbeins beim besten Kick, was auf eine bessere Vorspannung der Muskulatur und einen größeren Beschleunigungsweg schließen lässt. Die Änderung dieses Winkels von 88,4° auf 81,4° bei seinem besten Kick ergibt eine Differenz von 7°. Bei seinem schlechtesten Kick findet sich eine Winkeländerung von 10,1° von 87,8° auf 77,6°. Die Abduktion am Kickbein nimmt im Verlauf der 2. Phase des Kicks ab und deutet auf eine leichte Führung von lateral nach medial. Die Abduktion der Hüfte auf der Kickbeinseite ist beim schlechtesten Kick stärker ausgeprägt als beim Versuch mit der größten Knöchelgeschwindigkeit. Dadurch ist die seitlichere Führung des Beins bei Bernards schlechtestem Kick beschrieben.

**Tabelle 8: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	12,4°-	10,3°-
	Abd/Add	21,7° -	24,1°-
	Innen-/Au- Rot.	37,4° -	38,2°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	88,4°	81,4°
	Abd/Add	26,7° -	18,3° -
	Innen-/Au- Rot.	35,2°	32,4°

**Tabelle 9: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Kicks
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	11,7°-	8,8°-
	Abd/Add	23,3°-	26,9°-
	Innen-/Au- Rot.	38,3° -	40,6°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	87,7°	77,6°
	Abd/Add	32,4°-	26,3°-
	Innen-/Au- Rot.	37,6°	33,0°

6.4 Probandin 4

Die Probanden 4, 5, 8 und 9 führen streng genommen keine Kicktechnik mit dem Vorderbein aus sondern beginnen die Technik mit einem Wechselschritt und führen danach die Technik Naeryo-chagi mit dem hinteren Bein aus. Die Technik Naeryo-chagi mit dem Hinterbein bringt entscheidende Vorteile um eine größere Endgeschwindigkeit zu erreichen. Obwohl individuelle Unterschiede in der Ausführung der Kicktechnik die Regel sind sollten die Versuche dieser Probanden nicht in die Einzelauswertung eingehen.

6.5 Proband 5

keine Auswertung siehe 6.4

6.6 Proband 6

Da bei Proband 6 oft Marker während der Aufnahme verloren gingen und danach die Aufnahme gestoppt werden musste, gab es keine Serie mit mehr als 3 Kicks in Folge von ihm. Den schnellsten Kick erzielte er in einer Serie in der bereits nach dem ersten Kick der Zehenmarker verloren ging. Dadurch ist es in seinem Fall nicht möglich einen Vergleich mit einem anderen Kick herzustellen, da nur jene Aufnahmen, die den jeweils besten Kick enthielten vollständig gelabelt und rekonstruiert wurden.

Tabelle 10: Knöchelgeschwindigkeit des Probanden 6

1. Kick	Ø
8,50 m/s	8,50 m/s

6.7 Proband 7

Die Kickserie umfasst 6 Kicks, von denen der 2. Kick mit 8,22 m/s die größte Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Pratzentreffers aufweist. Der Kick mit der niedrigsten Knöchelgeschwindigkeit (7,13 m/s) ist der 3. Kick der Serie. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Pratzentreffers beträgt 7,45 m/s und liegt über dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 11: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Emanuel Preuschl

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	6. Kick	Ø
7,38 m/s	8,22 m/s	7,13 m/s	7,23 m/s	7,37 m/s	7,34 m/s	7,45 m/s

Vergleich

Die Werte der Hüftflexion des Kickbeins weisen bei Proband 7 zum Umkehrpunkt einen geringeren Wert auf als zum Pratzentreffer. Die Hüftflexion nimmt also im Laufe der 2.

Phase des Kicks zu. Die abwärtsgerichtete Geschwindigkeit bis zum Pratzentreffer wird durch Beugung im Kniegelenk und Überstreckung im Hüftgelenk auf der Standbeinseite erreicht. Abbildung 12 macht dies deutlich. Erst nach dem Pratzentreffer kommt es zu einer forcierten Streckbewegung in der Hüfte des Kickbeins.

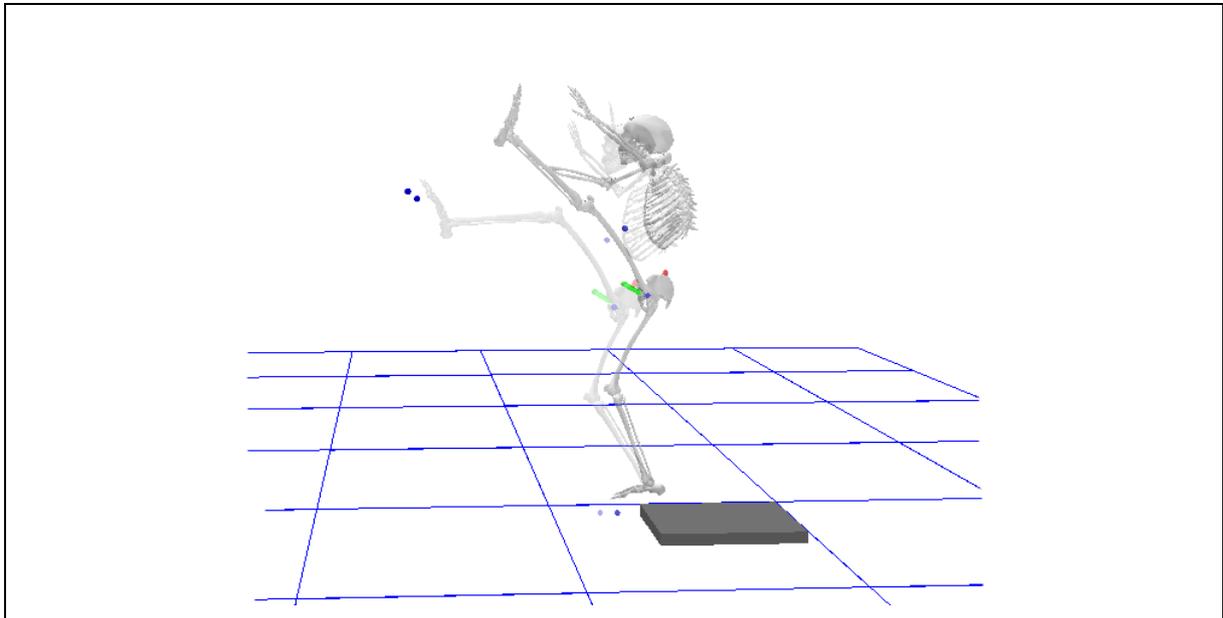


Abbildung 12: Kicktechnik des Probanden 7

Die Hüftextension am Standbein vergrößert sich in der 2. Phase bei seinem besten Kick stärker als bei seinem schlechtesten Kick. Da das Knie des Kickbeins zum Umkehrpunkt beim besten Kick mehr gestreckt ist, dürfte sich zusammen mit der größeren Hüftflexion des Kickbeins ein größerer Beschleunigungsweg ergeben. Interessant sind auch die relativ geringen Werte der Abduktion, die auf eine sehr gerade Führung des Beins hindeuten.

**Tabelle 12: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	8,2°-	13,8°-
	Abd/Add	16,1°-	10,6°-
	Innen-/Au- Rot.	10,1°-	10,0°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	113,0°	115,3°
	Abd/Add	28,8°-	26,8°-
	Innen-/Au- Rot.	17,5°	37,0°

**Tabelle 13: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	8,6°-	11,9°-
	Abd/Add	20,2°-	13,1°-
	Innen-/Au- Rot.	9,8°-	10,9°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	107,1°	111,1°
	Abd/Add	23,9°-	21,8°-
	Innen-/Au- Rot.	9,4°	25,5°

6.8 Proband 8

keine Auswertung siehe 6.4

6.9 Proband 9

keine Auswertung siehe 6.4

6.10 Probandin 10

Probandin 10 zeigte während der Aufnahmen eine sehr hohe Kampfposition, was als kurzer phasischer Stand bezeichnet wird, allerdings mit wenig Dynamik. Durch die nur leicht gebeugten Knie hat sie nur wenig Beschleunigungsweg (siehe Kokert 2003, S. 83) um den Körper schnell und effektiv durch explosives Strecken der Knie in eine gewünschte Richtung zu bewegen. In gleichem Maße steht sie mit beiden Beinen fest auf dem Boden anstatt auf den Fußballen zu tänzeln. Es liegt die Vermutung nahe, dass die Laborsituation dazu geführt haben könnte, nicht dieselben Bewegungen zu zeigen, wie unter Wettkampfbedingungen. Die Kickserie umfasst 3 Kicks von denen der 2. Kick mit 6,10 m/s der Schnellste war. Mit einer Knöchelgeschwindigkeit von 5,03 m/s zum Zeitpunkt des Pratzentreffers war der 3. Kick der Langsamste. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit von 5,52 m/s liegt unter dem Gesamtdurchschnitt von 7,23 m/s.

Tabelle 14 Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Probandin 10

1. Kick	2. Kick	3. Kick	Ø
5,42 m/s	6,10 m/s	5,03 m/s	5,52 m/s

Vergleich

Beim besten Kick von Probandin 10 findet sich eine größere Abduktion sowohl am Standbein als auch am Kickbein im Vergleich zu ihrem schlechteren Versuch. Das Standbein ist stärker nach außen rotiert und das Kickbein wird sehr stark abduziert nach unten gezogen. Tendenz in Richtung Pakkat Naeryo-chagi. Der Schwerpunkt liegt beim besten Kick weiter vor dem Standbein als bei ihrem schlechteren Versuch. Abbildung 13

verdeutlicht die unterschiedliche Gestaltung der Kickbewegung der Probandin zum Treffer beim schnellsten und langsamsten Versuch. Durch das stark seitlich geführte Kickbein ergibt sich die stärkere Abduktion sowohl an ihrem Kickbein als auch an ihrem Standbein. Die Hüftextension am Standbein weist beim schlechtesten Kick größere Werte auf, was auf eine stärkere Beckenkipfung nach hinten deutet. Beim schlechtesten Kick hat die Probandin durch die größere Hüftflexion des Kickbeins einen größeren Beschleunigungsweg. Der Praxentreffer erfolgt beim besten Kick bei einem Hüftflexionswinkel von $76,2^\circ$ und beim schlechtesten Kick bei einer Hüftflexion von $85,3^\circ$. Dies deutet auf die in der Abbildung ersichtliche stärkere Beugung des Kickbeins im Knie.

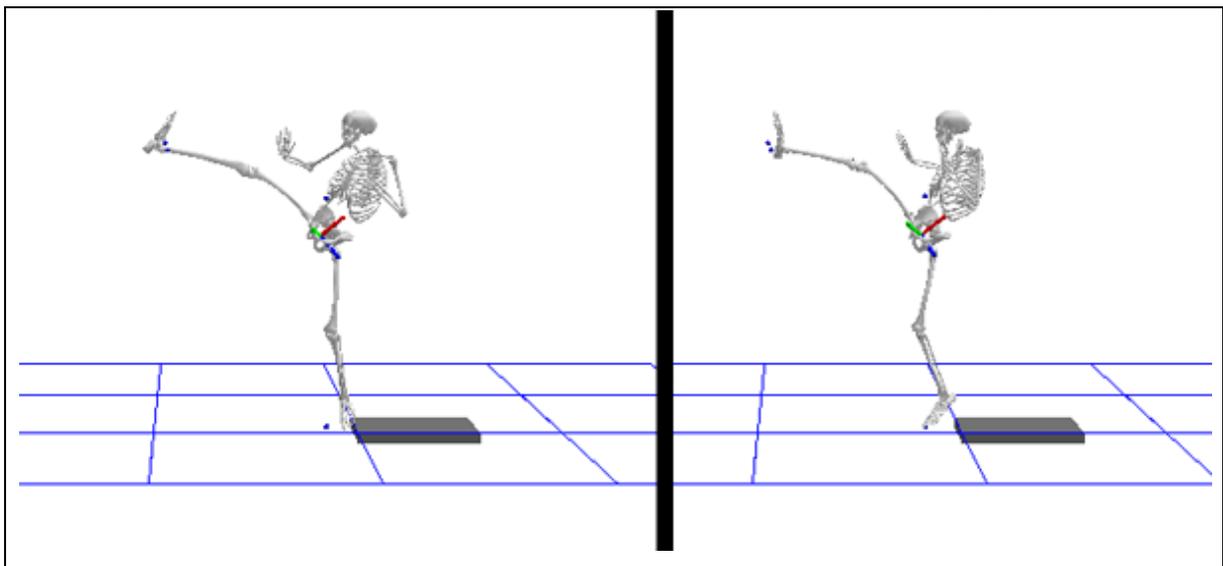


Abbildung 13: schnellster (links) und langsamster (rechts) Kick zum Zeitpunkt des Praxentreffers von Probandin 10

**Tabelle 15: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	$16,3^\circ$ -	$12,4^\circ$ -
	Abd/Add	$50,4^\circ$ -	$49,9^\circ$ -
	Innen-/Au- Rot.	$42,9^\circ$ -	$42,3^\circ$ -
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	$89,7^\circ$	$76,2^\circ$
	Abd/Add	$48,6^\circ$ -	$55,7^\circ$ -
	Innen-/Au- Rot.	$26,0^\circ$	$35,4^\circ$

**Tabelle 16: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	23,3°-	19,0°-
	Abd/Add	39,9°-	43,7°-
	Innen-/Au- Rot.	32,9°-	37,0°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	91,0°	85,3°
	Abd/Add	43,7°-	45,1°-
	Innen-/Au- Rot.	21,5°	24,7°

6.11 Proband 11

Die Kickserie von Proband 11 umfasst insgesamt sechs Kicks, wobei beim ersten Kick das Ziel nur gestreift und nicht stark getroffen wird. Mit einer Knöchelgeschwindigkeit von 8,51 m/s ist der zweite Kick der Schnellste. Bei seinem dritten Kick der Serie erreicht der Proband die niedrigste Knöchelgeschwindigkeit der Serie mit 7,22 m/s. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Prätzenkontakts liegt mit 7,73 m/s über dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 17: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 11

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	6. Kick	Ø
7,43 m/s	8,51 m/s	7,22 m/s	8,36 m/s	7,57 m/s	7,28 m/s	7,73 m/s

Vergleich

Zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes befindet sich Max bei seinem schlechteren Versuch noch in der Luft, während er bei seinem besten Kick schon mit dem Standbein auf dem Boden aufgesetzt hat. Das Knie des Kickbeins ist zum Umkehrpunkt beim besten Versuch stärker gestreckt als beim schlechtesten Kick. Dies könnte als Voraussetzung für eine größere Vorspannung der ischiocruralen Muskulatur sowie einen größeren Beschleunigungsweg gesehen werden.

Der Proband erzeugt bei seinem schlechtesten Kick einen Grossteil der abwärtsgerichteten Beschleunigung durch das Beugen des Knies des Kickbeins. Durch die starke Flexion im Knie erreicht er das Schlagpolster bereits mit einer sehr großen Hüftflexion von 112,2°. Beim schlechtesten Kick erfolgt der Treffer bei einer Hüftflexion von 95°.

Zum Umkehrpunkt findet sich am Standbein beim besten Kick mit 8,6° Überstreckung eine stärkere Extension, die aber in der 2. Phase bis zum Treffer auf bis zu 0,9° zurückgeht, während sie beim schlechtesten Kick annähernd gleich bleibt. Die ist vermutlich auf die größere Beugung im Kniegelenk am Standbein zurückzuführen.

Zum Umkehrpunkt hat der Proband bei seinem besten Kick eine geringere Flexion in der Hüfte (113,9°) der Kickbeinseite im Vergleich zum selben Zeitpunkt beim schlechtesten Kick (121,7°). Somit würde der Proband bei seinem schlechteren Kick in der Hüfte über einen größeren potenziellen Beschleunigungsweg verfügen.

Die Winkeländerung im Hüftflexionswinkel des Kickbeins beim schlechteren Kick beträgt 9,5° während der beste Kick mit 18,9° eine größere Winkeländerung aufweist.

Zum Zeitpunkt des Pratzentreffers befindet sich der Proband bei seinem schlechtesten Kicks näher am Ziel als bei seinem schnellsten Kick. Es scheint fast so als ob der Proband bei seinem schlechtesten Kick durch die Angleitbewegung zu nah ans Ziel gelangt wäre und die Technik durch die Anpassung an die kurze Distanz an Geschwindigkeit verlor.

**Tabelle 18: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	8,6°-	0,9°-
	Abd/Add	36,4°-	31,9°-
	Innen-/Au- Rot.	4,9°-	7,6°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	113,9°	95,0°
	Abd/Add	42,7°-	39,7°-
	Innen-/Au- Rot.	9,3°	6,2°

**Tabelle 19: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	4,8°-	3,9°-
	Abd/Add	32,5°-	33,1°-
	Innen-/Au- Rot.	15,5°-	12,8°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	121,7°	112,2°
	Abd/Add	38,1°-	31,6°-
	Innen-/Au- Rot.	2,6°	10,1°

6.12 Proband 12

Die Kickserie umfasst fünf Kicks, von denen der erste und fünfte Kick als ungültig gewertet werden können, da es bei diesen Versuchen bereits in der ersten Phase des Kicks zu einer Berührung des Schlagpolsters kam. In diesen Fällen ist durch die Schwingung des Schlagpolsters nicht mehr eindeutig bestimmbar zu welchem Zeitpunkt

der Treffer erfolgt. Zudem wäre mit großer Wahrscheinlichkeit die Koordination des Kicks durch den unerwarteten Kontakt mit der Pratze verfälscht und somit nicht repräsentativ. Der zweite Kick ist mit einer Knöchelgeschwindigkeit von 5,9 m/s der schnellste Kick der Serie. Der vierte Kick war der langsamste Kick dieser Serie (3,72 m/s). Mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 4,93 m/s liegt der Proband unter dem Gesamtdurchschnitt von 7,23 m/s.

Tabelle 20: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 12

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	Ø
ungültig	5,90 m/s	5,18 m/s	3,72 m/s	ungültig	4,93 m/s

Vergleich

Es fällt generell auf, dass der Umkehrpunkt nur sehr knapp über dem Ziel liegt und somit kaum genügend Weg für eine größere Geschwindigkeitsentwicklung vorhanden ist. Das Knie des Standbeins ist sehr stark gebeugt und diese Flexion im Kniegelenk nimmt in der 2. Phase des Kicks zu.

Proband 12's bester Kick weist einen größeren Beschleunigungsweg zum Umkehrpunkt auf. Dies ist anhand von Abbildung 14 dargestellt. Der größere Beschleunigungsweg ergibt sich größtenteils durch die stärkere Streckung des Knies zum Umkehrpunkts bei seinem besten Kick. Die Abbildung verdeutlicht zusätzlich wie die Beschleunigung des Beins zum Ziel realisiert wird. Proband 12 erzeugt die Beschleunigung des Kickbeins in Phase 2 fast ausschließlich durch die Beugung des Knies des Standbeins. Die Flexionswinkel der Hüfte des Kickbeins nehmen in der 2. Phase des Kicks sogar zu.

Die Hüftextension sowie die Abduktion am Standbein sind beim besten Kick stärker ausgeprägt, was auf eine größere Beckenkipfung nach hinten schließen lässt. Dadurch findet sich beim besten Kick auch eine größere Oberkörperneigung als beim schlechtesten Kick. Dies äußert sich auch in der Lage des Schwerpunkts, der beim Versuch mit der größten Knöchelgeschwindigkeit weit hinter dem Standbein liegt, während er beim schlechtesten Versuch in der Standfläche des Standbeins. Prinzipiell ist die Stellung der Hüfte beim besten Kick gerader, also mehr dem Ziel zugewandt.

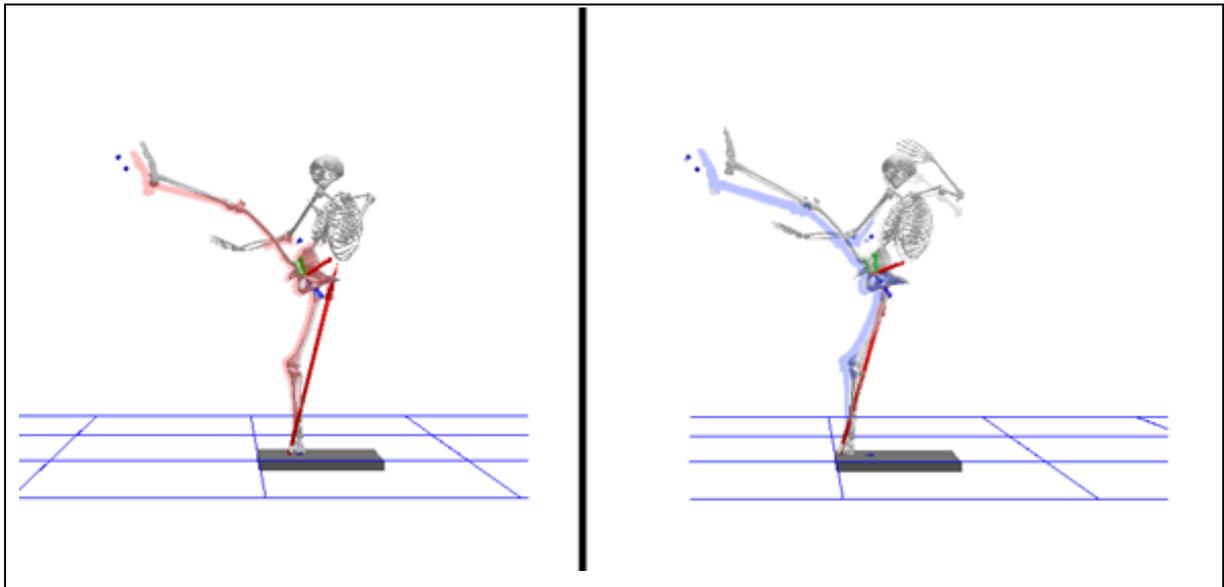


Abbildung 14: Beschleunigungswege bei dem schlechtesten (links) und besten (rechts) Versuch von Proband 12

**Tabelle 21: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	16,3°-	10,9°-
	Abd/Add	43,1°-	42,8°-
	Innen-/Au- Rot.	37,2°-	38,0°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	56,1°	59,8°
	Abd/Add	40,7°-	36,1°-
	Innen-/Au- Rot.	24,7°-	10,8°-

**Tabelle 22: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	2,4°-	2,4°
	Abd/Add	42,1°-	41,9°-
	Innen-/Au- Rot.	25,5°-	26,4°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	67,4°	74,4°
	Abd/Add	45,7°-	44,4°-
	Innen-/Au- Rot.	4,1°-	7,8°

6.13 Proband 13

Proband 13 verwendet die im Taekwondo unübliche Doppeldeckung wodurch der Sternummarker relativ häufig verdeckt wurde. Die Kickserie umfasst fünf gültige Kicks von denen nur einer eine maximale Knöchelgeschwindigkeit unter 7 m/s aufweist. Mit 6,34 m/s ist dieser dritte Kick der langsamste der Serie. Die größte Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Pratzentreffers wurde beim ersten Kick mit 8,38 m/s erreicht. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit von 7,56 m/s liegt über dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 23: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 13

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	Ø
8,38 m/s	7,83 m/s	6,34 m/s	7,43 m/s	7,84 m/s	7,56 m/s

Vergleich

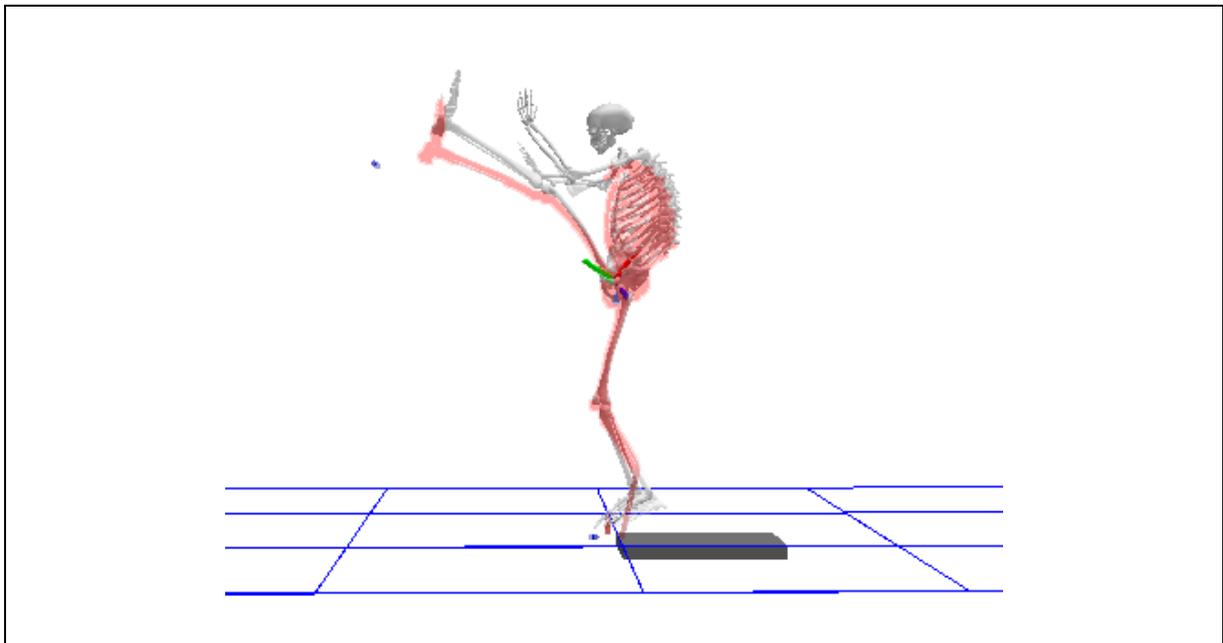


Abbildung 15: Proband 13 zum Zeitpunkt der Umkehrpunktes bester (grau) und schlechtesten (rot) Kick

Proband 13 verfügt bei seinem besten Kick über einen größeren Beschleunigungsweg wie auch in Abbildung 15 zu erkennen ist. Das Knie der Kickbeins ist zum Umkehrpunkt mehr gestreckt. Die Flexion in der Hüfte der Kickbeinseite ist mit $107,1^\circ$ größer als zum selben Zeitpunkt beim langsamsten Kick $95,7^\circ$. Durch die größere Flexion findet sich zum Zeitpunkt des Treffers am Kickbein eine größere Hüftflexion. Der Körperschwerpunkt liegt beim besten Versuch weiter hinten als bei seinem schlechteren Versuch.

**Tabelle 24: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	17,5°-	17,8°-
	Abd/Add	29,8°-	27,0°-
	Innen-/Au- Rot.	26,2°-	26,4°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	107,1°	99,8°
	Abd/Add	24,2°-	21,2°-
	Innen-/Au- Rot.	5,5°	13,8°

**Tabelle 25: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	33,4°-	28,4°-
	Abd/Add	36,3°-	31,2°-
	Innen-/Au- Rot.	42,9°-	40,3°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	95,7°	94,0°
	Abd/Add	10,3°-	6,9°-
	Innen-/Au- Rot.	22,4°-	16,6°-

6.14 Proband 14

Proband 14 konnte aufgrund seiner Körpergröße das Schlagpolster nicht auf die eigene Kinnhöhe stellen. Dadurch muss er relativ zum Körper bei seiner Ausholbewegung weniger große Winkel in den Gelenken aufbringen um den Fuß über das Ziel zu bekommen. Die Kickserie umfasst vier Kicks. Die größte Knöchelgeschwindigkeit (8,29 m/s) zum Zeitpunkt des Pratzentreffers erreichte Proband 14 mit seinem zweiten Kick. Die geringste Knöchelgeschwindigkeit wies der vierte Kick (7,92 m/s) auf. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit liegt über dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 26: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 14

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	Ø
7,98 m/s	8,29 m/s	8,05 m/s	7,92 m/s	8,06 m/s

Vergleich

Das Knie am Standbein ist zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes beim besten Kick mehr gestreckt. Durch das stärker gebeugte Knie am Standbein bei Patricks schlechterem Kick befindet sich der gesamte Körper in stärkerer Rücklage und der Gesamtschwerpunkt liegt

tiefer. Die Extension der Hüfte am Standbein ist stärker ausgeprägt beim besten Kick als bei dem schlechtesten Kick zum Umkehrpunkt und zum Treffer. Die Flexion des Kniegelenks des Kickbeins zum Treffer ist beim besten Kick größer als beim schlechtesten. Dadurch ist der Hüftflexionswinkel am Kickbein bei dem besten Kick zum Zeitpunkt des Treffers größer als beim schlechtesten Kick. Dadurch hat der Proband bei seinem besten Versuch bessere Möglichkeiten der Beschleunigung durch Extension in der Hüfte und Flexion im Knie, obwohl er eine geringere Winkeländerung (14,4°) des Hüftflexionswinkels in der 2. Phase aufweist. Beim schlechtesten Versuch erzielt er eine Winkeländerung von 19°

Mit 88,3° Hüftflexion auf der Kickbeinseite hat Proband 14 zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes bei seinem besten Versuch einen größeren Beschleunigungsweg. Oberkörperrücklage. Der Körperschwerpunkt fällt beim besten Kick in die Standfläche des Standbeins während er beim schlechtesten Kick leicht hinter der Standfläche des Standbeins liegt.

**Tabelle 27: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	12,7°-	8,2°-
	Abd/Add	31,1°-	37,8°-
	Innen-/Au- Rot.	59,0°-	56,1°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	88,3°	73,9°
	Abd/Add	30,9°-	26,5°-
	Innen-/Au- Rot.	3,0°-	1,5°

**Tabelle 28: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	3,1°-	4,7°
	Abd/Add	33,9°-	39,1°-
	Innen-/Au- Rot.	57,1°-	45,4°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	81,9°	62,9°
	Abd/Add	41,7°-	37,1°-
	Innen-/Au- Rot.	1,5°	5,7°-

6.15 Proband 15

Proband 15 ist aktiver Wettkampfsportler. Die Kickserie umfasst 5 Kicks. Der vierte Kick mit einer Knöchelgeschwindigkeit von 6,73 m/s ist der langsamste dieser Serie. Der Versuch mit der höchsten Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers ist der fünfte Kick (7,93 m/s). Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit liegt bei 7,51 m/s und liegt über dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 29: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 15

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	Ø
7,77 m/s	7,50 m/s	7,63 m/s	6,73 m/s	7,93 m/s	7,51 m/s

Vergleich

Auffällig an der Technikausführung von Proband 15 ist die sehr geringe Ausholbewegung vor dem Schlagpolster. Trotz des dadurch relativ geringen Beschleunigungsweges erreicht der Proband eine überdurchschnittlich hohe Knöchelgeschwindigkeit.

Der Proband verfügt bei dem besten Kick über einen größeren Beschleunigungsweg zum Umkehrpunkt als bei seinem schlechtesten Versuch. Dieser größere Beschleunigungsweg wird hauptsächlich durch eine größere Flexion 93,3° der Hüfte am Kickbein realisiert. Die Hüftflexion des Kickbeins beim schlechtesten Kick zum Umkehrpunkt beträgt 84,9°.

Die Abduktionswerte am Kickbein nehmen in der 2. Phase des Kicks zu. Somit wird das Bein in der Hauptphase leicht nach lateral geführt. Die Flexionswerte der Hüfte am Standbein nehmen in der 2. Phase des Kicks zu. Diese sind beim schlechtesten Kick stärker ausgeprägt. Somit findet sich beim schlechtesten Kick eine stärkere Beckenkipfung nach hinten.

Der Körperschwerpunkt befindet sich beim besten Kick sowohl zum Umkehrpunktes als auch zum Treffers weiter vorne als beim schlechtesten Kick. Die Abduktion vergrößert sich von Beginn der Phase 2 bis zum Beginn der Phase 3 was auf eine leichte Bewegung nach lateral während der Ausführung des Kicks hindeutet. Diese fällt beim schlechteren Kick stärker aus.

**Tabelle 30: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	16,4°-	19,8°-
	Abd/Add	13,0°-	15,8°-
	Innen-/Au- Rot.	15,5°-	10,7°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	93,2°	87,8°
	Abd/Add	40,3°-	43,4°-
	Innen-/Au- Rot.	26,4°	18,4°

**Tabelle 31: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	17,3°-	21,4°-
	Abd/Add	17,2°-	17,6°-
	Innen-/Au- Rot.	13,0°-	12,1°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	84,9°	82,7°
	Abd/Add	39,0°-	45,2°-
	Innen-/Au- Rot.	6,1°-	3,6°

6.16 Proband 16

Proband 16 hatte es aufgrund seiner Körpergröße leichter das Ziel zu treffen, da in seinem Fall die Haltevorrichtung nicht bis auf die Kinnhöhe einstellbar war. Die Kickserie umfasst 3 gültige Kicks. Davon ist mit 6,72 m/s der dritte Kick der schnellste. Der Kick mit der geringsten Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers ist der erste Kick mit 6,13 m/s. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit von 6,44 m/s liegt unter dem Gesamtdurchschnitt von 7,23 m/s.

Tabelle 32: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 16

1. Kick	2. Kick	3. Kick	Ø
6,13 m/s	6,46 m/s	6,72 m/s	6,44 m/s

Vergleich

Zum Umkehrpunkt verfügt Proband 16 beim besten Kick über eine größere Distanz zur Pratze und somit auch über einen größeren Beschleunigungsweg. Dieser ergibt sich dadurch, dass der Proband zu Beginn von Phase zwei noch nicht mit dem ganzen Fuß des Standbeins aufgesetzt hat. Zusätzlich ist das Knie des Kickbeins beim besten Kick stärker gestreckt ist als zum gleichen Zeitpunkt beim schlechtesten Kick. Die Hüftflexion auf der Kickbeinseite ist zum Umkehrpunkt beim besten Versuch (71,2°) geringer als beim schlechteren Versuch (84,6°). Die Abduktion ist beim besten Kick sowohl am Stand- als auch am Kickbein stärker ausgeprägt als zu den gleichen Zeitpunkten beim schlechtesten Kick. Dies deutet auf eine stärkere seitliche Führung des Kickbeins beim besten Versuch. Die Extension der Hüfte des Standbeins nimmt in der 2. Phase des Kicks zu. Die Werte der Hüftextension am Standbein sind beim schlechtesten Kick stärker ausgeprägt als beim besten Kick.

**Tabelle 33: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	4,9°	11,2°-
	Abd/Add	46,5°-	47,6°-
	Innen-/Au- Rot.	5,1°-	6,7°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	71,2°	59,0°
	Abd/Add	60,3°-	62,6°-
	Innen-/Au- Rot.	26,3°-	14,7°

**Tabelle 34: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	15,7°-	20,3°-
	Abd/Add	31,2°-	29,6°-
	Innen-/Au- Rot.	15,7°-	3,0°
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	84,6°	72,2°
	Abd/Add	49,7°-	50,1°-
	Innen-/Au- Rot.	12,7°-	10,7°

6.17 Proband 17

Proband 17 zeigt eine sehr starke Oberkörperrücklage bei der Ausführung seiner Kicktechnik. Speziell nach dem Treffer nimmt der Proband den Oberkörper sehr stark nach hinten. Proband 17 stoppt das Kickbein meist noch vor einem Bodenkontakt ab, während ein Großteil der Taekwondoins das Kickbein bis zum Boden durchziehen und davor das Bein nur bremsen.

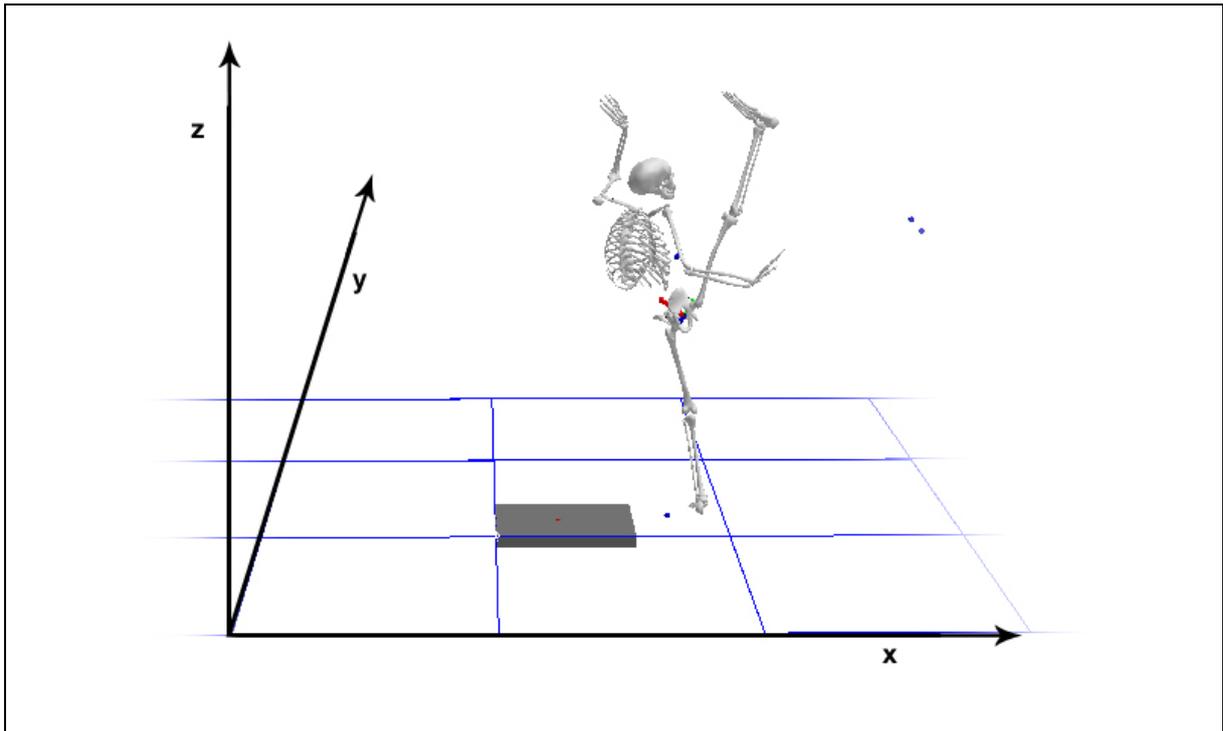


Abbildung 16: Koordinatensystem

Die Knöchelgeschwindigkeit der Kicktechnik Naeryo-chagi kann in ihre Komponenten aufgespalten werden um die Gesamtgeschwindigkeit differenzierter zu betrachten oder um die Richtung des Vektors zu bestimmen. Die Hauptwirkrichtung der Technik Naeryo-chagi findet in der Richtung der z-Achse statt. Die einzelnen Komponenten der Knöchelgeschwindigkeit werden durch Abbildung 16 verdeutlicht. Die y- Komponente beschreibt bei dieser Technik die Abduktions-, beziehungsweise Adduktionsbewegungen. Entlang der x-Achse werden Bewegungen nach vorne bzw. hinten erfasst. Proband 17 hat durch die starke Oberkörperrücklage eine stärkere x-Komponente der Knöchelgeschwindigkeit als die der meisten anderen Probanden. Die Kickserie umfasst sechs Kicks von denen der sechste Kick mit 7,87 m/s der schnellste ist. Der dritte Kick weist die niedrigste Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers mit 6,2 m/s auf. Die Durchschnittsgeschwindigkeit von 7,16 m/s liegt unter dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 35: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 17

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	6. Kick	Ø
7,52 m/s	6,55 m/s	6,20 m/s	7,26 m/s	7,59 m/s	7,87 m/s	7,16 m/s

Vergleich

Die Oberkörperrücklage ist beim besten Kick weniger stark ausgeprägt als bei dem schlechtesten Versuch. Aus einem direkten Vergleich der beiden Kicks, wie in Abbildung 17 verdeutlicht, findet sich zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes beim besten Kick ein größerer Beschleunigungsweg.

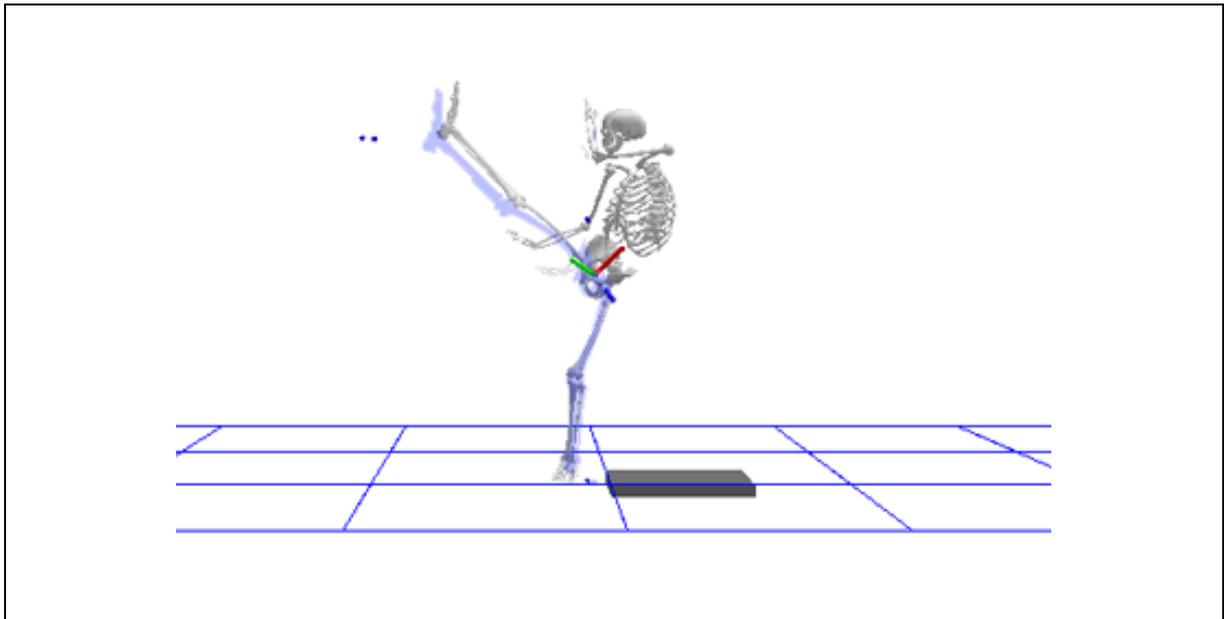


Abbildung 17: Proband 17; bester und schlechtester (blau) Kick

Dieser wird in erster Linie durch die größere Flexion $85,1^\circ$ der Hüfte der Kickbeinseite erreicht. Beim besten Kick findet sich eine Winkeländerung von $19,5^\circ$ in Hüftflexion des Kickbeins der 2. Phase, während beim schlechtesten Kick eine Winkeländerung von $5,8^\circ$ vorliegt. Die Hüftextension der Standbeinseite nimmt im Verlauf der Phase 2 ab. Die Hüftextension am Standbein beim besten Kick nimmt mit $11,3^\circ$ zum Umkehrpunkt und $3,7^\circ$ zum Treffer größere Werte an als zu den gleichen Zeitpunkten beim schlechtesten Kick. Dieser Umstand deutet auf eine größere Beckenkipfung nach hinten beim besten Versuch hin.

Die Abduktion in der Hüfte der Standbeinseite nimmt beim besten Kick zu während sie beim schlechtesten Kick abnimmt. Die Werte der Abduktion am Kickbein vergrößern sich in der 2. Phase, was auf eine leichte Pakkat Naeryo-chagi-Bewegung schließen lässt.

**Tabelle 36: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	$11,3^\circ$	$3,7^\circ$
	Abd/Add	$40,7^\circ$ -	$42,9^\circ$ -
	Innen-/Au- Rot.	$37,7^\circ$ -	$33,6^\circ$ -
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	$85,1^\circ$	$65,6^\circ$
	Abd/Add	$47,7^\circ$ -	$53,4^\circ$ -
	Innen-/Au- Rot.	$6,6^\circ$	$4,8^\circ$ -

**Tabelle 37: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	3,6°	2,5°-
	Abd/Add	41,8°-	40,7°-
	Innen-/Au- Rot.	39,4°-	35,4°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	63,2°	57,4°
	Abd/Add	54,1°-	58,7°-
	Innen-/Au- Rot.	4,1°-	8,3°-

6.18 Proband 18

Proband 18 war einer von nur zwei Probanden, die den MotionCapturingSuit getragen hatten. Proband 18 hat von allen Probanden die größte durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit erzielt (8,93 m/s). Von der zehn Kicks umfassenden Serie ist mit einer Knöchelgeschwindigkeit von 9,94 m/s zum Zeitpunkt des Pratzentreffers der fünfte Kick der Schnellste. Der vierte Kick ist der langsamste Kick der Serie (8,08 m/s).

Tabelle 38: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 18

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	6. Kick
8,37 m/s	9,09 m/s	8,65 m/s	8,08 m/s	9,94 m/s	9,52 m/s
7. Kick	8. Kick	9. Kick	10. Kick	Ø	
9,52 m/s	8,40 m/s	8,44 m/s	9,32 m/s	8,93 m/s	

Vergleich

Auch im Fall von Proband 18 ist beim besten Kick ein größerer Beschleunigungsweg zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes erkennbar. Dieser größere Beschleunigungsweg ist in erster Linie auf die sehr viel größere Hüftflexion auf der Kickbeinseite gegeben. Diese ist mit 122,8° um 17,5° größer ist als jene des schlechtesten Kicks zum selben Zeitpunkt. Das Knie des Kickbeins zum Zeitpunkt des Treffers ist beim besten Kick stärker gebeugt. Daraus ergibt sich die größere Hüftflexionswinkel auf der Kickbeinseite zum Zeitpunkt des Treffers 77,9° beim besten Kick im Vergleich zum schlechtesten Kick 51,1°. Die Abduktion der Hüfte des Kickbeins verringert sich in Phase 2 des Kicks, was auf eine leichte Führung des Kickbeins von außen nach innen hindeutet (An Naeryo-chagi). Am Standbein finden sich beim schlechteren Kick größere Abduktionswerte die ein Indiz für eine seitlichere Stellung der Becken zum Ziel sein könnten. Die Extension der Hüfte auf der Standbeinseite weist beim besten Kick mit 21,7° zum Umkehrpunkt und 19,4° zum Treffer größere Werte auf als zum gleichen Zeitpunkt beim schlechtesten Kick. Dies ist ein

Zeichen für eine stärkere Beckenkipfung nach hinten beim besten Kick. Auffällig ist zudem die sehr starke Oberkörperrücklage bei der Ausführung des schlechtesten Kicks.

Hüftwinkel

**Tabelle 39: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	21,7°-	19,4°-
	Abd/Add	24,5°-	30,9°-
	Innen-/Au- Rot.	21,2°-	17,1°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	122,8°	77,9°
	Abd/Add	46,7°-	48,4°-
	Innen-/Au- Rot.	40,7°	4,1°

**Tabelle 40: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	20,7°-	14,7°-
	Abd/Add	25,5°-	37,4°-
	Innen-/Au- Rot.	26,4°-	21,9°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	105,3°	51,1°
	Abd/Add	60,1°-	48,3°-
	Innen-/Au- Rot.	32,8°	9,7°-

6.19 Probandin 19

Probandin 19 erzielte die größten Knöchelgeschwindigkeiten der weiblichen Probanden. Die zur Analyse herangezogene Serie umfasst fünf Kicks. Die größte Knöchelgeschwindigkeit (8,34 m/s) zum Zeitpunkt des Pratzentreffers wurde mit dem zweiten Kick erzielt. Der Kick mit der geringsten Knöchelgeschwindigkeit der Serie war mit 6,95 m/s der vierte Kick. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit (7,65 m/s) liegt über dem Gesamtdurchschnitt von 7,23 m/s

Tabelle 41: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Probandin 19

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	Ø
7,61 m/s	8,34 m/s	7,95 m/s	6,95 m/s	7,41 m/s	7,65 m/s

Vergleich

Auch Probandin 19 hat zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes mit dem besten Kick einen größeren Beschleunigungsweg als bei ihrem schlechtesten Versuch zur Verfügung. Dieser größere Beschleunigungsweg ergibt sich aus einer größeren Extension von 13,2° und Abduktion von 49,4° am Standbein und einer größeren Flexion von 103,6° der Hüfte von am Kickbein. Diese aus den Tabellen ersichtlichen größeren Werte für die Abduktion am Stand- und Kickbein belegen die deutliche seitlichere Stellung des Beckens zum Ziel bei dem schlechtesten Kick. Das Knie des Standbeins ist zum Umkehrpunkt bei dem langsamsten Versuch stärker gebeugt. Diese Beugung vergrößert sich in Phase 2 bis zum Treffer. Dadurch liegt der Gesamtschwerpunkt bei dem langsamsten Versuch deutlich tiefer. Dadurch findet sich zum Zeitpunkt des Treffers bei dem schlechtesten Kick am Kickbein eine größere Flexion von 95,6°. Abduktion Kickbein zum Zeitpunkt des Treffers 53,4°, Extension Standbein Treffer: 6°, Abduktion Standbein Treffer 48,1°. Die Winkeländerung der Hüftflexion am Kickbein beträgt beim bestem Kick 15,5° während sich der Winkel in der 2. Phase des schlechtesten Kicks um nur 4,4° ändert. Dadurch konnte weniger Beschleunigung durch eine Extension der Hüfte am Kickbein erzeugt werden.

Hüftwinkel

**Tabelle 42: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	2,0°	0,9°-
	Abd/Add	38,1°-	40,9°-
	Innen-/Au- Rot.	9,6°-	16,4°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	103,6°	88,1°
	Abd/Add	42,8°-	44,4°-
	Innen-/Au- Rot.	7,2°	27,2°

**Tabelle 43: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	13,2°	6,0°
	Abd/Add	49,4°-	48,1°-
	Innen-/Au- Rot.	7,2°-	13,4°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	100,0°	95,6°
	Abd/Add	51,4°-	53,4°-
	Innen-/Au- Rot.	2,0°	19,3°

6.20 Proband 20

Proband 20 hat eine Serie von acht gültigen Kicks absolviert. Von diesen ist mit einer Knöchelgeschwindigkeit von 7,71 m/s der siebente Kick der schnellste und mit 6,29 m/s der dritte Kick der langsamste. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit von 6,85 m/s liegt unter dem Gesamtdurchschnitt von 7,23 m/s.

Tabelle 44: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 20

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	6. Kick	7. Kick	8. Kick	Ø
6,62 m/s	7,16 m/s	6,29 m/s	6,36 m/s	6,62 m/s	6,72 m/s	7,71 m/s	7,33 m/s	6,85 m/s

Vergleich

Der Proband verfügt bei seinem besten Kick über einen größeren Beschleunigungsweg zum Zeitpunkt des Umkehrpunkts. Eine stärkere Außenrotation am Standbein bewirkt eine größere Abduktion der Hüfte am Standbein. Dieser Umstand zeigt sich in den Werten der Hüftflexion auf der Kickbeinseite, und der Abduktion auf der Standbeinseite. Die Hüftflexion ist beim besten Kick auf der Kickbeinseite mit 95,4° wesentlich ausgeprägter als beim schlechtesten Kick (83°). Die stärkere Abduktion am Standbein beim besten Kick deutet auf ein stärker ausgedrehtes Standbein hin, das auch in der Videoanalyse ersichtlich ist. Die Winkeländerung der Flexion am Kickbein beträgt bei seinem besten Kick 10,5° während sie beim schwächsten Kick nur einen Wert von 2,3° annimmt. Der Proband befindet sich bei seinem schlechtesten Kick näher am Ziel als bei seinem besten Versuch.

**Tabelle 45: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	11,3°-	16,7°-
	Abd/Add	30,3°-	29,2°-
	Innen-/Au- Rot.	10,7°-	8,6°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	95,4°	84,9°
	Abd/Add	55,9°-	55,4°-
	Innen-/Au- Rot.	2,2°	17,3°

**Tabelle 46: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	11,4°-	16,3°-
	Abd/Add	27,5°-	26,2°-
	Innen-/Au- Rot.	8,9°-	3,8°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	83,0°	80,7°
	Abd/Add	55,2°-	55,8°-
	Innen-/Au- Rot.	1,0°-	29,5°

6.21 Proband 21

Im Rahmen der Aufzeichnungen hat Proband 21 eine gültige Serie von fünf Kicks absolviert. Davon ist mit 8,5 m/s der vierte Kick der schnellste und der sechste Kick mit 6,58 m/s der langsamste. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Prätzenkontakts des Probanden 21 beträgt 7,54 m/s und liegt somit über dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 47: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 21

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	Ø
7,16 m/s	7,47 m/s	8,00 m/s	8,50 m/s	6,58 m/s	7,54 m/s

Vergleich

Zum Umkehrpunkt besitzt auch Proband 21 bei seinem schnellsten Kick einen größeren Beschleunigungsweg zum Ziel. Aus den Tabellen geht hervor, dass dieser Umstand auf eine größere Flexion in der Hüfte am Kickbein beim besten Kick zum Umkehrpunkt aufweist, als zum gleichen Zeitpunkt bei dem schlechtesten Versuch. Allerdings konnte Proband 21 mit dem schlechtesten Versuch eine größere Winkeländerung des Flexionswinkels der Hüfte der Kickbeinseite von 6,3° erzeugen während in der 2. Phase des besten Versuch eine Änderung von 2,8 ° erreicht. Die größere Knöchelgeschwindigkeit bei diesem Kick dürfte durch ein starkes Beugen des Kniegelenks vor dem Treffer erreicht worden sein, da der Proband eine größere Beugung im Kniegelenk beim besten Kick zum Zeitpunkt des Prätzenreffers aufweist. Die größere Extension in der Hüfte am Standbein, welche auf eine stärker Beckenkipfung nach hinten deutet, findet sich bei dem langsamsten Kick (8° UP, 6,9° Treffer). Hingegen ist die Beugung im Kniegelenk am Standbein bei diesem Versuch ebenfalls stärker ausgeprägt. Die Abduktion am Kickbein weist bei dem besten Versuch in Phase 2 eine absteigende Tendenz auf während sich der Winkel bei seinem schlechtesten Versuch im selben Zeitraum vergrößert. Der Körperschwerpunkt liegt bei dem schlechtesten Versuch weiter

hinter der Standfläche des Standbeins, als bei dem Versuch mit der größten Knöchelgeschwindigkeit.

**Tabelle 48: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	4,1°	3,4°-
	Abd/Add	35,1°-	41,8°-
	Innen-/Au- Rot.	27,3°-	33,0°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	108,4°	105,6°
	Abd/Add	51,9°-	47,2°-
	Innen-/Au- Rot.	17,7°	12,8°

**Tabelle 49: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	8,0°	6,9°
	Abd/Add	37,3°-	39,5°-
	Innen-/Au- Rot.	24,8°-	24,8°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	95,3°	89,0°
	Abd/Add	52,9°-	54,8°-
	Innen-/Au- Rot.	2,9°	15,7°

6.22 Proband 22

Die Kickserie des Probanden 22 umfasst fünf Kicks. Die durchschnittliche Kickgeschwindigkeit zum Treffer beträgt 7,07 m/s und liegt unter dem Gesamtdurchschnitt. Mit dem schnellsten Kick dieser Serie erreichte der Proband eine Geschwindigkeit von 7,51 m/s (2.Kick). Der langsamste Kick dieser Serie ist der fünfte Kick mit einer Geschwindigkeit von 6,33 m/s.

Tabelle 50: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 22

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	Ø
7,37 m/s	7,51 m/s	7,16 m/s	6,95 m/s	6,33 m/s	7,07 m/s

Vergleich

Auch Proband 22 verfügt zum Zeitpunkt des Umkehrpunkts bei dem schnellsten Kick über eine größere Distanz des Kickbeins zum Ziel und somit über einen größeren Bescheunigungsweg. Der Oberkörper ist bei dem besten Versuch zum Umkehrpunkt

weiter nach vorne geneigt und somit findet sich auch der Körperschwerpunkt bei diesem Kick etwas weiter vor der Standfläche als zum selben Zeitpunkt des schlechtesten Versuchs. Die Hüftextension am Standbein ist mit 26,5° zum Umkehrpunkt und 26,6° zum Treffer bei dem schnellsten Kick stärker ausgeprägt als bei dem Kick mit der geringsten Knöchelgeschwindigkeit. Die Hüftextension am Standbein in der 2. Phase nimmt in der 2. Phase des besten Kicks zu während sie in der 2. Phase des schlechtesten Kicks abnimmt. Die Abduktion in der Hüfte auf der Standbeinseite ist bei dem besten Kick etwas stärker ausgeprägt, was auf die stärkere Außenrotation des Standbeins zurückzuführen ist. Am Kickbein vergrößert sich die Abduktion der Hüfte bei in der 2. Phase von Michaels schlechtestem Kick. Bei Michaels bestem Kick nimmt die Abduktion im Laufe der 2. Phase ab – leichte An-Naeryo-chagi Tendenz . Das Knie des Kickbeins ist bei dem besten Kick zum Zeitpunkt des Treffers stärker gebeugt als bei dem schlechtesten Versuch, was darauf schließen lässt, dass im Falle des langsameren Kicks eine geringere Beschleunigung durch eine Flexion im Kniegelenk erzeugt werden konnte. Die Änderung des Flexionswinkels der Hüfte am Kickbein beträgt bei dem besten Kick 7° und bei dem schlechtesten Kick 3,7°. Dies ist ein Indiz für einen geringeren Beschleunigungsweg im Falle des Kicks mit der geringsten Knöchelgeschwindigkeit.

Hüftwinkel

**Tabelle 51: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	26,5°-	26,6°-
	Abd/Add	22,1°-	21,6°-
	Innen-/Au- Rot.	44,3°-	40,4°-

Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	73,2°	66,2°
	Abd/Add	36,6°-	35,3°-
	Innen-/Au- Rot.	1,9°	3,3°

**Tabelle 52: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	21,9°-	20,6°-
	Abd/Add	18,8°-	17,8°-
	Innen-/Au- Rot.	44,2°-	41,2°-

Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	69,8°	66,1°
	Abd/Add	36,6°-	38,1°-
	Innen-/Au- Rot.	0,2°	5,0°

6.23 Proband 23

Die Kickserie umfasst fünf Kicks, von denen vier gültige Kicks in die Berechnungen eingehen. Der dritte Kick war ungültig, da er bei diesem Versuch bereits in der ersten Phase einen Prätzenkontakt verursacht hatte. Von den vier gültigen Kicks ist der erste Kick mit einer Knöchelgeschwindigkeit von 5,93 m/s zum Prätzenkontakt der schnellste. Der langsamste Kick weist eine Knöchelgeschwindigkeit von 4,8 m/s auf. Die durchschnittliche Knöchelgeschwindigkeit des Probanden von 5,52 m/s liegt unter dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 53: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 23

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	Ø
5,93 m/s	5,76 m/s	ungültig	5,58 m/s	4,80 m/s	5,52 m/s

Vergleich

Wie bereits bei einer Vielzahl der Probanden findet sich auch im Falle von Proband 23 bei dem schnellsten Kick ein größerer Beschleunigungsweg zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes, welcher die größere Knöchelgeschwindigkeit zum Treffer erklären würde. Dieser größere Beschleunigungsweg ist zu einem großen Prozentsatz durch die größere Flexion in der Hüfte des Kickbeins erklärbar. Diese beträgt beim besten Versuch zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes $101,2^\circ$ während sie bei dessen schlechtestem Versuch lediglich einen Wert von $82,3^\circ$ erreicht. In der 2. Phase des Kicks reduziert sich dieser Wert durch die Extensionsbewegung in der Hüfte des besten Kicks auf $88,5^\circ$, was einer Winkeländerung von $12,7^\circ$ entspricht. Im Falle des schlechtesten Kicks wird die Flexion des Kickbeins in der 2. Phase sogar noch vergrößert und erreicht einen Winkel von 83° . Dadurch kann keine Beschleunigung des Kickbeins durch eine Extensionsbewegung in der Hüfte realisiert werden. Die Extension der Hüfte am Standbein weist bei seinem besten Kick zum Umkehrpunkt einen geringeren Wert im Vergleich zum schlechtesten Kick auf, der in der 2. Phase allerdings stärker ansteigt als bei dessen Versuch mit der geringsten Knöchelgeschwindigkeit. Dies würde auf eine stärkere Beckenkipfung nach hinten in der 2. Phase hindeuten. Die Abduktion des Kickbein verstärkt sich in der 2. Phase der Kicks, dadurch kann darauf geschlossen werden, dass das Kickbein vom Umkehrpunkt bis zum Treffer leicht nach lateral geführt wird. Sowohl zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes als auch zum Zeitpunkt des Treffers liegt der Körperschwerpunkt von Proband 23 beim besten Kick etwas weiter hinten. Bei dem besten Kick findet sich am Standbein im Vergleich mit dem schlechtesten Kick eine größere Beugung des Kniegelenks. Das Knie des Kickbeins weist zum Zeitpunkt des Prätzenkontakts bei dem besten Kick ebenfalls eine größere Beugung auf.

**Tabelle 54: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	13,9°-	19,2°-
	Abd/Add	15,4°-	18,1°-
	Innen-/Au- Rot.	7,7°	4,1°
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	101,2°	88,5°
	Abd/Add	35,7°-	36,3°-
	Innen-/Au- Rot.	1,8°	11,4°

**Tabelle 55: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs
schlechtester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	18,9°-	19,0°-
	Abd/Add	17,9°-	17,5°-
	Innen-/Au- Rot.	5,4°	5,4°
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	82,3°	83,0°
	Abd/Add	35,2°-	37,8°-
	Innen-/Au- Rot.	15,1°-	5,3°-

6.24 Proband 24

Proband 24 ist der größte Proband dieser Analyse. Dadurch war es auch in seinem Fall nicht möglich, die Halterung für das Schlagpolsters auf seine Kinnhöhe einzustellen. Dadurch war er in der Lage mit einer verhältnismäßig geringen Dehnung der Muskulatur seine Beine über das Ziel hinauszubewegen. Er absolvierte in dieser Serie zehn gültige Kicks. Seine größte Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers erzielte er mit 8,44 m/s bei seinem siebten Kick. Der Kick mit der geringsten Knöchelgeschwindigkeit war vierter Kick. Bei diesem erreichte er eine Geschwindigkeit von 7,03 m/s. Seine durchschnittliche erzielte Knöchelgeschwindigkeit beträgt 7,89 m/s und liegt somit über dem Gesamtdurchschnitt.

Tabelle 56: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 24

1. Kick	2. Kick	3. Kick	4. Kick	5. Kick	6. Kick
8,03 m/s	8,33 m/s	7,62 m/s	7,03 m/s	7,70 m/s	7,44 m/s
7. Kick	8. Kick	9. Kick	10. Kick	Ø	
8,44 m/s	7,86 m/s	8,32 m/s	8,12 m/s	7,89 m/s	

Vergleich

Auch im Fall von Proband 24 lässt sich ein größerer Abstand des Kickbeins zum Schlagpolster zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes feststellen. Dadurch ergibt sich auch in diesem Fall ein größerer Beschleunigungsweg bei dem Kick mit der größten Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Pratzentreffers. Die Hüftflexion der Kickbeinseite zu Beginn der 2. Phase zeigt bei dem besten Kick größere Werte ($77,3^\circ$) als zum selbigen Zeitpunkt beim schlechtesten Kick ($73,8^\circ$). Daraus kann gefolgert werden, dass der Proband bei seinem besten Versuch weiter mit dem Kickbein ausholt, als bei seinem schlechtesten Versuch. Der Pratzentreffer erfolgt bei dem besten Kick bei einem Flexionswinkel von $68,1^\circ$ und bei dem schlechtesten Kick bei $67,3^\circ$. Daraus ergibt sich eine Differenz von $9,2^\circ$ für den besten Kick und $6,5^\circ$ bei dem schlechtesten Kick. Die Abduktion des Kickbeins ist bei dem schlechtesten Kick mit 50° zum Umkehrpunkt und $54,3^\circ$ zum Treffer wesentlich stärker ausgeprägt. Dadurch ergibt sich auch eine größere Schräglage der Hüfte zum schlechtesten Kick des Probanden. Die zunehmenden Werte der Abduktion in Phase 2 des besten und schlechtesten Kicks deuten auf eine Tendenz Richtung Pakkat-Naeryo-chagi. Das Standbein ist beim besten Kick stärker gebeugt als bei dem schlechteren Kick. Der Körperschwerpunkt liegt im Verlauf der 2. Phase des besten Kicks weiter hinten und tiefer bedingt durch eine stärkere Oberkörperrücklage und eine größere Beugung des Standbeins. Die Extension der Hüfte auf der Standbeinseite zeigt bei dem besten Kick in der 2. Phase des Kick eine Zunahme während sie im Verlauf der 2. Phase des schlechtesten Kicks abnimmt. Somit ergibt sich für Proband 24 zum Zeitpunkt des Treffers bei dem Kick mit der geringsten erzielten Knöchelgeschwindigkeit eine größere Hüftextension am Standbein von 17° und somit auch ein weiter nach hinten gekipptes Becken.

**Tabelle 57: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs
bester Versuch**

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	$7,6^\circ$ -	$17,0^\circ$ -
	Abd/Add	$40,5^\circ$ -	$35,6^\circ$ -
	Innen-/Au- Rot.	$41,3^\circ$ -	$49,5^\circ$ -
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	$77,3^\circ$	$68,1^\circ$
	Abd/Add	$30,2^\circ$ -	$36,1^\circ$ -
	Innen-/Au- Rot.	$1,8^\circ$ -	$10,7^\circ$

Tabelle 58: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs schlechtesten Versuch

Standbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	11,7°	9,4°
	Abd/Add	36,0°-	34,6°-
	Innen-/Au- Rot.	18,2°-	22,4°-
Kickbein	Phasen	UP	Treffer
	Flex/Ext	73,8°	67,3°
	Abd/Add	50,0°-	54,3°-
	Innen-/Au- Rot.	0,8°	19,7°

7. Interpersonelle Auswertung und Hypothesenprüfung

7.1 Diskussion von Hypothese 1

Hypothese 1: Die Geschwindigkeit der aufwärtsgerichteten Ausholbewegung hat einen Einfluss auf die Geschwindigkeit in Hauptwirkrichtung.

Abbildungen 18 und 19 verdeutlichen starke individuelle Unterschiede zwischen den Probanden. Die Probanden 18 und 24 wurden ausgewählt, da sie jeweils 10 Kicks in ihrer Serie absolviert hatten und dadurch Tendenzen in den Werten leichter zu erkennen sind. Wie in Abbildung 18 ersichtlich, findet sich bei Proband 24 in etwa ein umgekehrt proportionaler Zusammenhang zwischen der maximalen Geschwindigkeit der Ausholbewegung und der Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers.

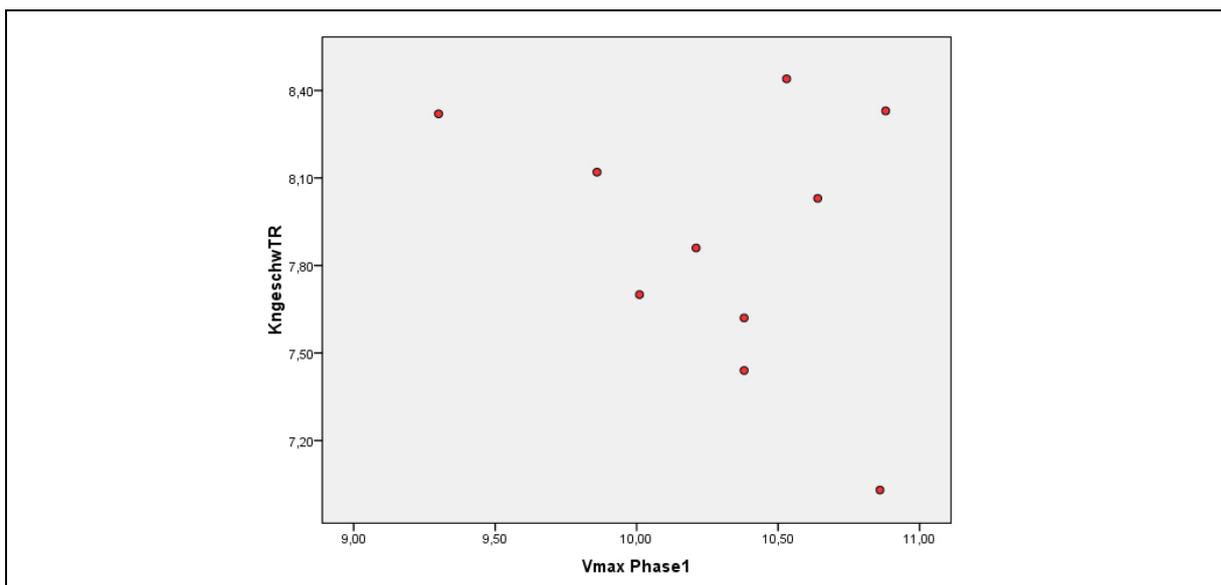


Abbildung 18: Punktdiagramm der maximalen Ausholgeschwindigkeit (x-Achse) und der Knöchelgeschwindigkeit zum Treffer (y-Achse) von Proband 24

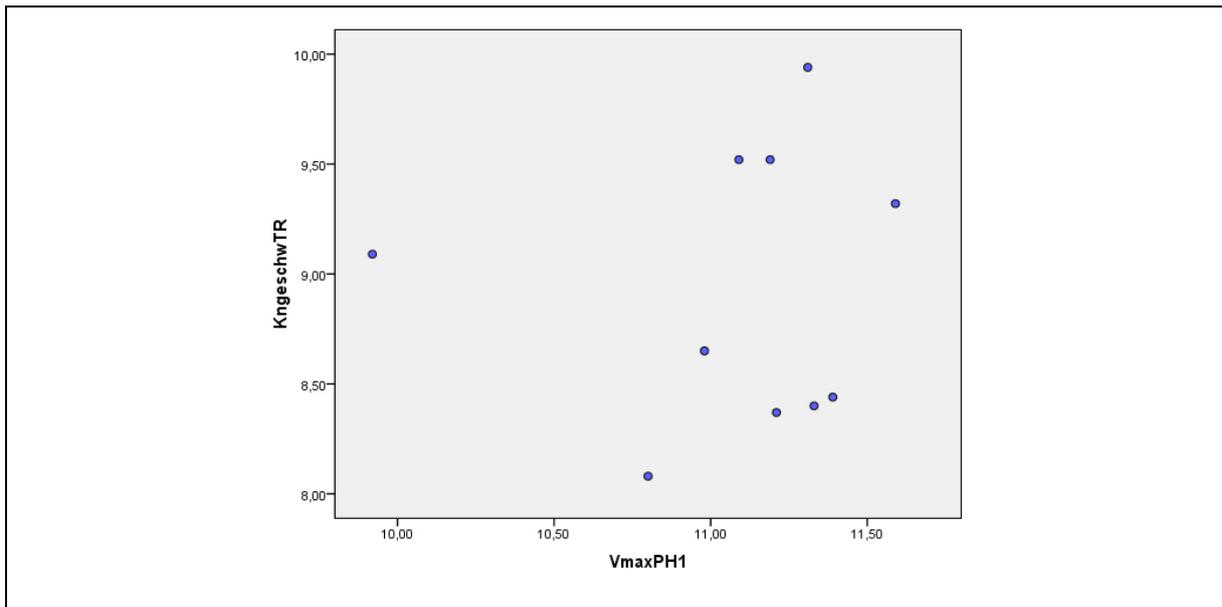


Abbildung 19: Punktdiagramm der maximalen Ausholgeschwindigkeit (x-Achse) und der Knöchelgeschwindigkeit zum Treffer (y-Achse) von Proband 18

Bei den Versuchen von Proband 18 sind keinerlei Tendenzen erkennbar. Weiters wurden die Versuche jener Probanden miteinander verglichen, welche 5 Kicks pro Serie absolviert hatten. Für diese Versuche mit der größten beziehungsweise kleinsten Knöchelgeschwindigkeit zum Treffer wurden die jeweiligen Ränge der Ausholgeschwindigkeit in Phase 1 bestimmt. Die so erhaltenen deskriptiven Ränge wurden gemittelt. Der Kick mit der größten erzielten Knöchelgeschwindigkeit hatte im Durchschnitt die zweitschnellste (durchschnittlicher Rang: 2,00) Geschwindigkeit in der Ausholbewegung. Der Kick mit der niedrigsten Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers hatte im Schnitt die drittschnellste (durchschnittlicher Rang: 2,86) Geschwindigkeit in der Ausholbewegung. Damit kann kein allzu großer Einfluss der Geschwindigkeit der Ausholbewegung auf die Geschwindigkeit des Knöchels zum Treffer nachgewiesen werden. Es zeichnet allerdings eine gewisse Tendenz ab, dass durch größere Geschwindigkeiten in der Ausholbewegung größere Geschwindigkeiten zum Zeitpunkt des Treffers möglich sind. Die Fähigkeit dieses Potential der größeren Geschwindigkeit in der Ausholbewegung auch zu nutzen ist individuell und hängt von mehreren Faktoren ab. (Technik, Timing, Dehnungsfähigkeit, muscle stiffness etc.)

7.2 Diskussion von Hypothese 2

Hypothese 2: Der Hüfteinsatz in der Hauptphase (2.Phase) des Kicks Naeryo-chagi (Vorschieben des Beckens, Beckenkipfung nach hinten) bringt die beste Schlagwirkung bzw. Geschwindigkeit in Schlagrichtung.

Da eine Beckenkipfung nach hinten in der Bewegung nicht in Reinform vorliegt, sondern sich vielmehr eine Kombination aus Extension der Hüfte und Abduktion findet, muss um diese Hypothese prüfen zu können, entweder ein kombinierter Wert aus Abduktion und Extension der Hüfte erstellt, oder eine separate Prüfung auf Signifikanz für Abduktion und Extension erfolgen. Hier soll nun die Prüfung auf Signifikanz für Abduktion und Extension getrennt erfolgen, um genauer unterscheiden zu können welche Bewegungen in der Hüfte zu besseren Ergebnissen führen.

Um die Prüfung vorzunehmen soll hier zunächst die vermutliche Idealbewegung der Beckenkipfung nach hinten beschrieben werden. Die Beckenkipfung nach hinten ist am Standbein ersichtlich und äußert sich in der Extension der Hüfte durch einen Wert der kleiner als 0 ist. Da die Beckenkipfung wie bereits erwähnt nicht in einer Reinform vorliegt, kann diese nicht alleine an der Extension der Hüfte beurteilt werden. Auch die Abduktion muss in diesem Fall berücksichtigt werden. Der Wert für Abduktion und Adduktion muss ebenfalls ein negatives Vorzeichen aufweisen, damit eine Abduktion vorliegt.

Um die Wirkung der Beckenkipfung zu überprüfen, wird ein Zusammenhang zwischen der Knöchelgeschwindigkeit und der Extension zum Zeitpunkt des Treffers und zwischen der Knöchelgeschwindigkeit und der Abduktion zum Zeitpunkt des Treffers in der Hüfte geprüft. Die Prüfung des Zusammenhangs erfolgte mittels der Korrelation nach Pearson für alle Probanden/ Probandinnen.

Die Werte für die Extensions- sowie Abduktionswerte der Hüfte wurden in Grad gemessen und die Knöchelgeschwindigkeit in m/s. Eine Intervallskalierung kann somit angenommen werden und die Korrelation nach Pearson kann gerechnet werden.

Die Forschungshypothese (H1) lautet: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den Extensionswerten der Hüfte auf der Standbeinseite und der erzielten Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers.

Zunächst soll ein möglicher Zusammenhang zwischen den Extensionswerten am Standbein zum Treffer und der Knöchelgeschwindigkeit des besten Versuchs zum Treffer von allen Probanden/ Probandinnen untersucht werden. Nach Anwendung der Korrelation nach Pearson erhält man einen zweiseitigen Signifikanzwert von 0,413. Das Ergebnis ist somit nicht signifikant. Es gilt die Nullhypothese. Es gibt keinen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen den Werten der Extension der Hüfte auf der Standbeinseite zum Zeitpunkt des Treffers und der erzielten Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers.

Die Prüfung auf einen möglichen Zusammenhang zwischen den Abduktionswerten am Standbein zum Zeitpunkt des Treffers und der Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers des besten Versuchs mittels der Pearson Korrelation ergibt einen zweiseitigen Signifikanzwert von 0,952. Das Ergebnis ist ebenfalls nicht signifikant. Somit gibt es auch keinen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen der Abduktion in der Hüfte des Standbeins und der Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers.

7.3 Diskussion von Hypothese 3

Hypothese 3: Bessere Sportler unterscheiden sich signifikant von schlechteren Sportlern im Hinblick auf den Hüfteinsatz

Die Unterteilung in bessere und schlechtere Sportler erfolgte aufgrund der durchschnittlichen Knöchelgeschwindigkeit. Ist dieser größer als der Gesamtdurchschnittswert, so wird der Taekwondoin zu den besseren Sportlern gerechnet.

Um bessere und schlechtere Sportler im Hinblick auf die Flexions- und Abduktionswerte zu vergleichen, wird ein T-Test für unabhängige Stichproben für alle Probanden/ Probandinnen gerechnet. Die Voraussetzungen für diesen Test sind:

- 2 unabhängige Stichproben
- metrische Daten
- annähernd normalverteilte Daten pro Gruppe
- Gleichheit der Varianzen

Die Intervallskalierung der Daten und die Unabhängigkeit der Stichproben ist gegeben. Um die Normalverteilung der Daten zu prüfen werden die Daten nach dem Kriterium „über oder unter den Gesamtdurchschnitt“ aufgeteilt. Nach Aufteilung der Daten erfolgt die Prüfung der Normalverteilung mittels K-S-Test. Dieser liefert für die Werte von Extension und Abduktion zum Zeitpunkt des Treffers folgende Signifikanzwerte:

Extension: besser als der Durchschnitt: 0,588
 schlechter als der Durchschnitt: 0,995

Abduktion: besser als der Durchschnitt: 0,960
 schlechter als der Durchschnitt: 0,841

Somit kann die Normalverteilung für alle Daten der Gruppen angenommen und der T-Test gerechnet werden.

Zunächst sollen die Gruppen im Hinblick auf die Extension in der Hüfte verglichen werden. Die Forschungshypothese (H1) für diesen Test lautet: Die Gruppen unterscheiden sich im Hinblick auf die Extension am Standbein zum Zeitpunkt des Treffers beim besten Kick. Der Levene-Test ergibt einen Signifikanzwert von 0,809.

Daraus kann geschlossen werden, dass die Gleichheit der Varianzen gegeben ist. Somit ist die letzte Voraussetzung für den T-Test gegeben. Der P-Wert für die zweiseitige Signifikanz des T-Tests ergibt einen Wert von 0,559 und ist somit nicht signifikant. Es gibt also keinen signifikanten Unterschied zwischen Sportlern mit über- und unterdurchschnittlichen Knöchelgeschwindigkeiten zum Zeitpunkt des Treffers hinsichtlich der Extensionswerte der Hüfte am Standbein zum Zeitpunkt des Treffers.

Als Nächstes werden die Gruppen hinsichtlich der Werte der Abduktion in der Hüfte verglichen. Für den Levene-Test ergibt sich eine Signifikanz von 0,244. Somit ist die Gleichheit der Varianzen gegeben und die Voraussetzungen für den T-Test sind erfüllt. Der T-Test für unabhängige Stichproben ergibt einen zweiseitigen Signifikanzwert von 0,579. Somit liegt auch hier kein signifikantes Ergebnis vor. Somit gilt: Zwischen Taekwondoinn mit über- und unterdurchschnittlichen Knöchelgeschwindigkeiten gibt es keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Hüftabduktionswinkel am Standbein zum Zeitpunkt des Treffers.

7.4 Diskussion von Hypothese 4

Hypothese 4: Je größer der Beschleunigungsweg zum Umkehrpunkt desto schneller ist das Bein im Ziel zum Zeitpunkt des Treffers.

Als Maß für den Beschleunigungsweg wird hier die Änderung des Flexionswinkels am Kickbein in der 2. Phase des Kicks also vom Umkehrpunkt bis zum Treffer herangezogen. Da der Flexionswinkel die größte Ausprägung zum Zeitpunkt des Umkehrpunktes hat und in der Regel auf dem Weg zum Treffer kontinuierlich abnimmt kann der Flexionswinkel zum Zeitpunkt des Treffers von diesem abgezogen werden. Diese Differenz der beiden Werte stellt die unabhängige Variable bei der Prüfung der vierten Hypothese dar. Um zwischen guten und schlechten Versuchen unterscheiden zu können, wurde diese Differenz sowohl für den besten als auch für den schlechtesten Kick aller Probanden/ Probandinnen gebildet. Da ein Vergleich zwischen guten und schlechten Versuchen einer Person unterschieden wird und die Differenz eine metrische Variable ist, wird als Verfahren zur Prüfung der vierten Hypothese der T-Test für gepaarte Stichproben gewählt.

Die Voraussetzungen zur Anwendung dieses Tests sind

- zwei abhängige Stichproben
- metrische Daten
- annähernd normalverteilte Differenzen.

Zur Prüfung der Normalverteilung der Differenzen wird zunächst die Differenz zwischen dem Beschleunigungsweg des besten und dem Beschleunigungsweg des schlechtesten Versuchs gebildet. Diese Differenz wird mittels eines K-S-Tests auf Normalverteilung

geprüft. Der Signifikanzwert liegt bei 0,765. Die Normalverteilung kann also angenommen werden. Der T-Test kann gerechnet werden. Bei der Anwendung des T-Tests für gepaarte Stichproben erhält man eine 2-seitige Signifikanz von 0.03. Somit liegt ein signifikantes Ergebnis vor und die Nullhypothese kann verworfen werden. Es gibt einen Unterschied in der Winkeländerung der Flexion des Kickbeins in der zweiten Phase des Kicks zwischen den besten und den schlechtesten Kicks der Probanden/ der Probandinnen. Die Mittelwerte zeigen, dass bei den besten Kicks eine größere Änderung des Flexionswinkels vorliegt.

Obwohl die Änderung des Flexionswinkels in der Hüfte nicht das einzige ausschlaggebende Kriterium für eine Beschleunigung zum Ziel darstellt ist das Ergebnis signifikant. Die Beugung des Knies am Kickbein vor dem Treffer bringt, gemäß dem in Kapitel Hüfteinsatz beschriebenen Prinzip der Adduktion der Teilimpulse, einen wichtigen Beitrag zur Gesamtgeschwindigkeit in Schlagrichtung. Diese Beugung bewirkt in der Regel einen Prätzenkontakt zu einem größeren Flexionswinkel als wenn das Knie gestreckt ins Ziel gezogen wird. Trotz dieser Tatsache und ohne die Berücksichtigung des Standbeins ist hier ein deutlicher Unterschied erkennbar. Dies zeigt, dass der Beschleunigungsweg in dieser Analyse zwar berücksichtigt wurde, aber dessen Bedeutung für eine gute Endgeschwindigkeit womöglich unterschätzt wurde. Nach dem Prinzip des optimalen Beschleunigungsweges erscheinen diese Ergebnisse aber doch plausibel.

7.5 Diskussion der Ergebnisse und deren Relevanz für die Praxis

Das Wissen um eine perfekte Technik beziehungsweise das Beherrschen derselben ist für den wettkämpfenden Sportler zwar von Bedeutung, aber im Kampf sind Einflüsse wie Taktik, Timing, Reaktions- und Antizipationsvermögen, Gegnereinwirkung etc. oftmals entscheidender als eine besonders schnelle Technik. Hinzu kommen nach den Ausführungen von Pfeifer (2001, S.50) gewisse Eigenschaften wie Reichweite, Nehmerqualitäten und Schlagkraft die neben der Geschwindigkeit einen guten Kämpfer auszeichnen. Allerdings zeigten Statistiken über Taekwondowettkämpfe, dass erfolgreich eingesetzte Techniken meist eine kürzere Ausführungsdauer aufweisen. Das mag zum einen daran liegen, dass es sich hierbei um Techniken handelt, die einen relativ kurzen Weg zum Ziel haben, andererseits scheint es aber auch durchaus nachvollziehbar, dass Techniken, für deren Anwendung ein größerer Weg überbrückt werden muss, die aber bereits nach sehr kurzer Zeit treffen, eher zu erfolgreichen Angriffen führen können. Somit ist es für Wettkampfsportler im Taekwondo durchaus von Bedeutung über möglichst schnelle Angriffstechniken zu verfügen.

Ergebnis Hypothese 1: Es konnte kein signifikanten Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit der aufwärtsgerichteten Ausholbewegung und der aufwärtsgerichteten Kickbewegung festgestellt werden. Die Vermutung, dass bei den größten Knöchelgeschwindigkeiten zum Zeitpunkt des Pratzentreffers das Bein weniger schnell hochgerissen wurde und der Schwung somit leichter umzukehren war konnte nicht bestätigt werden. Bei einem Vergleich zwischen allen Probanden hinsichtlich des Geschwindigkeitsmaximums der Ausholbewegung ist zu beachten, dass jeder Proband eine unterschiedlich gute Plyometrie aufweisen kann. Bei sehr unterschiedlichen Geschwindigkeiten in der Ausholbewegung aufgrund des unterschiedlichen Leistungsniveaus ist es schwierig signifikante Ergebnisse liefern zu können. Durch den Vergleich der Geschwindigkeitsmaxima der besten und schlechtesten Versuche desselben Sportlers, fällt dieser Aspekt zwar weg, es konnte jedoch auch kein signifikanter Unterschied gefunden werden.

Ergebnisse für Hypothese 2: Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Extensionswerten der Hüfte am Standbein und der erzielten Knöchelgeschwindigkeit zum Treffer. Eine stärkere Beckenkipfung nach hinten hatte keine größere Knöchelgeschwindigkeit zur Folge.

Ergebnisse für Hypothese 3: Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied der Werte für die Hüftextension und –abduktion am Ende der 2. Phase der Kicktechnik Naeryo-chagi zwischen Taekwondoins mit über- und unterdurchschnittlichen erzielten Knöchelgeschwindigkeiten.

Die Meisterlehren bezüglich Oberkörperücklage und Beckenkipfung nach hinten konnten nicht bestätigt werden. Sie erscheinen zwar plausibel, aber die Einflüsse sind nicht groß genug um einen signifikanten Unterschied zu produzieren. Die Mittelwerte zeigen zwar, dass sich bei den schnellsten Kicks größere Extensionen finden, aber der Einfluss scheint zu gering und die Streuung der Werte zu groß, um daraus Empfehlungen für die Praxis abzuleiten. Dies könnte aber ebenso an der unterschiedlichen Gestaltung der Techniken aufgrund des verschiedenen Leistungsniveaus liegen.

Ergebnisse Hypothese 4: Die Winkeländerung der Hüftflexion des Kickbeins in Phase 2 der Kicktechnik Naeryo-chagi als Maß für den Beschleunigungsweg hatte einen signifikanten Einfluss auf die Knöchelgeschwindigkeit.

Die Distanz zum Ziel, zum Umkehrpunkt und somit die Größe des Beschleunigungswegs, die zum Zeitpunkt der Hypothesenbildung noch wenig beachtet wurde, stellte sich als wichtiger Parameter heraus, um eine große Endgeschwindigkeit vorauszusagen. Anhand dieses Kriteriums war in der Einzelauswertung schon auf den ersten Blick zu erkennen welche Technik die größere Knöchelgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Treffers aufweisen würde; mit erstaunlicher Genauigkeit. Da aber ein größerer

Beschleunigungsweg auch eine längere Dauer der Kicktechnik bedeutet, muss sich erst zeigen, ob es in der Praxis sinnvoll ist, seine Technik nach diesem Kriterium auszurichten.

Kritik an der Analyse:

- Die Höhe der Halterung für das Schlagpolster war limitiert und konnte bei Personen über 1,85 nicht auf die Kinnhöhe eingestellt werden. Somit herrschten nicht für alle Probanden/ Probandinnen gleiche Bedingungen.
- Die Anleitbewegung der Kicktechnik Naeryo-chagi mit dem Vorderbein konnte nicht von jedem Kämpfer in zufriedenstellender Weise realisiert werden. Dabei zeigten sich Unterschiede in der Graduierung und der Vereinszugehörigkeit. Einige Probanden/ Probandinnen hatten schlicht weniger wettkampforientiertes Training absolviert.
- Die Phaseneinteilung hätte um eine Phase erweitert werden können. Den Beginn der Kicktechnik mit der ersten Bewegung des Körpers, die vom Gegner antizipiert werden kann, zu definieren, wäre vielleicht praxisbezogener gewesen.
- Die Gruppeneinteilung war vielleicht nicht ideal. Eventuell besser wäre eine Einteilung in drei Gruppen beziehungsweise in Wettkampfsportler und Nichtwettkampfsportler.

Die optischen Motioncapturing Methoden zählen zu den genauesten und am weitesten verbreiteten Methoden um menschliche Bewegungen zu analysieren. Dennoch können auch bei dieser Methode keine kleineren Bewegungen der Marker verhindert werden. Durch Muskelkontraktionen oder aufgrund der Elastizität von Fettgewebe und Haut kommt es zum Oszillieren der Marker auf der Haut. Bei der Verwendung eines Motion Capturing Suits kann es, wenn dieser nicht eng anliegend sitzt, zu wesentlich stärkerem Oszillieren kommen, als durch bloßes Aufkleben auf die Haut.

Für diese Arbeit wurde der Fokus gezielt auf die Hüftbewegung gelegt, aber es steckt noch sehr viel mehr Information in den erhobenen Daten, die aus Zeitgründen und aufgrund des dadurch exponentiell ansteigenden Umfangs nicht in die Analyse eingegangen ist. Zum Beispiel der Einfluss der Kniewinkel am Standbein, die Kickdauer vom Beginn von Phase 1 bis zum Treffer, die aufgezeichneten Bodenreaktionskräfte, den Winkel den der Oberkörper zur Hüfte einschließt etc.

Somit könnte diese Untersuchung auch Möglichkeiten aufzeigen in welche Richtungen in Zukunft geforscht werden könnte.

Als Gütekriterium für eine Beurteilung der Kicks wurde die maximale Geschwindigkeit des Beins (Knöchel) zum Zeitpunkt des Treffers herangezogen. Da eine Technik mit möglichst

großer Schlagwirkung in Vollkontaktsportarten von großer Bedeutung ist, wäre eine zusätzliche Erfassung des Impulses am Ziel wünschenswert gewesen um zu sehen, ob ein Zusammenhang zwischen der größten erreichten Geschwindigkeit im Ziel und dem größten erzielten Impuls besteht.

8. Zusammenfassung

Als verlässlichstes Mittel zur Vorhersage einer möglichst großen Knöchelgeschwindigkeit stellte sich der größere Beschleunigungsweg heraus. Durch eine größere Vorspannung der Muskulatur und durch den dadurch größeren Beschleunigungsweg können die Knöchelgeschwindigkeiten gesteigert werden. Die Relevanz für die Praxis muss sich erst zeigen, da ein größerer Ausholweg immer auch das Risiko birgt, dass die Angriffe vom Gegner leichter antizipiert werden. Wenn es gelingt die Ausführungsdauer bei gleichzeitiger größerer Bewegungsamplitude möglichst gleich zu halten, wäre dies sicher eine Möglichkeit die Effektivität der Angriffstechnik Naeryo-chagi zu steigern. Dies würde bedeuten, dass an einer Verbesserung der Plyometrie der aktiven Muskulatur gearbeitet werden muss. Ein limitierender Einfluss durch eine zu schnelle Ausholbewegung, wie in Hypothese 1 formuliert, konnte durch diese Untersuchung nicht bestätigt werden, zumal sich die Möglichkeit der Umkehr der Bewegung mithilfe der Schulter bei entsprechender Dehnung bietet.

Die Prüfung der unterschiedlichen Stellungen der Hüfte und deren Einfluss auf die Knöchelgeschwindigkeit als Gütekriterium für eine möglichst effiziente Technik konnte keine signifikanten Ergebnisse liefern, obwohl in der Einzelauswertung häufig eine größere Beckenkipfung nach hinten bei den schnellsten Kicktechniken zu finden war. Es könnte sein, dass die Bewegung der Hüfte isoliert betrachtet, dem komplexen Geschehen des Hüfteinsatzes nicht gerecht werden kann. Es könnten aber auch gezielt Gruppen, die instruiert werden, verschiedene Hüftstellungen in der Ausführung zu zeigen, verglichen werden.

Durch die Einzelauswertung konnten weitere mögliche Ansätze zur Entwicklung einer Technikoptimierung identifiziert werden. Einen wichtigen Einfluss auf die Qualität der Technik Naeryo-chagi dürfte das Standbein haben, welches im Rahmen dieser Untersuchung nur bei der Einzelauswertung berücksichtigt wurde. Eine quantitative Prüfung zu dieses Aspekts könnte wichtige Schlüsse für die Praxis liefern.

Literaturverzeichnis

Baumgartner, M. (2003). Computer-Videosysteme im Sport. Diplomarbeit. Fakultät für Human- und Sozialwissenschaften der Universität Wien

Burdick, D. (1997). "People and events in taekwondo's formative years", Journal of Asian Martial arts, 6 (1), 30 - 49

Deutsche Taekwondo Union e. V. (2007). Wettkampfordnung der DTU in Abstimmung mit dem Regelwerk der WTF, Stand 7. Mai 2007. Zugriff am 7.9.2008 unter <http://www.dtu.de/Regelwerke/WOT07-05-07.pdf>

Elias, N. (2003). Sport und Spannung im Prozeß der Zivilisation. Baden-Baden: Nomos

Gil, K. (1993). Taekwondo. koreanischer Kampfsport. Niederhausen: Falken

Grupp, J. (2000). Shotokan Karate, Technik – Training – Prüfung. Aachen: Meyer & Meyer

Heinz, H. (2007) . Der Brockhaus Sport, Mannheim Leipzig: F.A. Brockhaus

Hohmann, A. et al (2003). Einführung in die Trainingswissenschaft. Wiebelsheim: Limpert

Höller, J. (2001). Taelwondo. Eine systematische Annäherung. Stuttgart: Ibidem

Vicon Motion Systems (2000). Zugriff am 3. September 2008 unter <http://www.vicon.com>

Kelch, A. (2002). Taekwondo professional. Training, Taktik, Selbstverteidigung. Stuttgart: Pietsch

Kloss, W. (2000). Taekwondo... die koreanische Nahkampftechnik. Berlin: Weinmann

Kokert, R. (2003). Shinerigy. Der Weg der neuen Kriger. Wien: Orac

Kovarik, J. (1980). Die innere Bewegungsstruktur in der Leichtathletik am Beispiel des Kugelstoßes. Dissertation, USZ-Schmelz Wien

Lee, B. (1995). Bruce Lees Jeet Kune Do. Niederhausen: Falken

Lind, W. (1996). Ostasiatische Kampfkünste Das Lexikon. Berlin: Spot und Gesundheit Verlag

Mosch, N. (1987). Die politische Funktion des Sports in Japan und Korea am Beispiel zweier Nationalsportarten: Judo und Taekwondo – ein Vergleich. Dissertation. Geisteswissenschaftliche Fakultät der Universität Wien

Mosch, N. (2005). Mudokwan. Trainingshandbuch Taekwondo. Wien: Eigenverlag

Oliver, N. (2008). Grundlagen der Trainingswissenschaft und – lehre. Schorndorf: Hoffmann

Park, Y. (1999). Taekwondo. The ultimate reference guide to the world's most popular martial art. New York: Facts on File

Pfeifer, R. (2001). Mechanik und Struktur der Kampfsportarten. Köln: Sport und Buch Strauß

Platzer, W. (2003). Taschenatlas der Anatomie. Bewegungsapparat. 8. Auflage. Stuttgart: Thieme

Ruf, D. (1992). Das Taekwondo Brevier. Berlin: Weinmann

Scheid, V. (2003). Trainingslehre. Kursbuch Sport. 8. Auflage. Wiebelsheim: Limpert

Schiebl, F. (2000). Fuzzy-Bewegungsanalyse. Die Analyse sportlicher Bewegungen auf der Basis unscharfer Mengen. Schorndorf: Karl Hofmann

Schnabel, G. (1993). Lexikon Sportwissenschaft. Leistung-Training-Wettkampf, Band 2 L bis Z. Berlin: Sport und Gesundheit Verlag

Stepan, C. (2002). Taekwondo. Traditionen, Grundlagen, Techniken. Stuttgart: Pietsch

Streif, G. (1993). Taekwondo Modern. Wettkampf-Videoanalysen, Statistiken und deren Rückschlüsse auf das Anforderungsprofil und die Trainingsplanung eines Taekwondo-Kämpfers (Freikampf). Kernen: Sensei Verlag

Weineck, J. (2004). Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. Balingen: Spitta

Weiß, O. (1999). Einführung in die Sportsoziologie. Wien: WUV

World Taekwondo Federation (2004), Competition Rules and Interpretation

Zugriff am 7.9.2008 unter

http://www.wtf.org/site/cms_file/images/default/0_99/20/wtf_competition_rules_english.pdf

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sequenzbild der Technik Naeryo-chagi mit dem vorderen Bein.....	24
Abbildung 2: Weg des Knöchels bei der Ausführung der Technik Naeryo-chagi mit dem vorderen Bein	26
Abbildung 3: Bewegungsebenen im Raum (modifiziert nach Platzer,2003, S. 25)	27
Abbildung 4: Erzeugung der Hüftdrehung (modifiziert nach Platzer, 2003, S.91 u.S. 247)	29
Abbildung 5: Stellungen der Hüfte bei der Technik Naeryo-chagi ; Hüfte gerade (links), Beckenkipfung nach hinten (mitte), seitliche Ausführung (rechts) (modifiziert nach Platzer, 2003, S. 91 u. S. 247).....	30
Abbildung 6: Naeryo chagi Ende Phase 1; Umkehrpunkt (UP)	31
Abbildung 7: Naeryo-chagi Ende Phase 2, Pratzentreffer (Treffer)	32
Abbildung 8: Naeryo-chagi Ende Phase 3 (Ende)	33
Abbildung 9 Versuchsaufbau: Proband mit Prätzenhalterung	34
Abbildung 10: Untersuchungsdesign	38
Abbildung 11: Markerplacement nach Vicon® (links);Proband mit angebrachten Markern (rechts).....	43
Abbildung 12: Kicktechnik des Probanden 7	58
Abbildung 13: schnellster (links) und langsamster (rechts) Kick zum Zeitpunkt des Pratzentreffers von Probandin 10	60
Abbildung 14: Beschleunigungswege bei dem schlechtesten (links) und besten (rechts) Versuch von Proband 12	64
Abbildung 15: Proband 13 zum Zeitpunkt der Umkehrpunktes bester (grau) und schlechtester (rot) Kick	65
Abbildung 16: Koordinatensystem	71
Abbildung 17: Proband 17; bester und schlechtester (blau) Kick	72
Abbildung 18: Punktdiagramm der maximalen Ausholgeschwindigkeit (x-Achse) und der Knöchelgeschwindigkeit zum Treffer (y-Achse) von Proband 24	83
Abbildung 19: Punktdiagramm der maximalen Ausholgeschwindigkeit (x-Achse) und der Knöchelgeschwindigkeit zum Treffer (y-Achse) von Proband 18	84

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 1	53
Tabelle 2: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs	53
Tabelle 3: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	54
Tabelle 4: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 2.....	54
Tabelle 5: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	55
Tabelle 6: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	55
Tabelle 7: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 3	55
Tabelle 8: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs	56
Tabelle 9: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Kicks	56
Tabelle 10: Knöchelgeschwindigkeit des Probanden 6	57
Tabelle 11: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Emanuel Preuschl	57
Tabelle 12: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	58
Tabelle 13: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	59
Tabelle 14:Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Probandin 10	59
Tabelle 15: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	60
Tabelle 16: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	61
Tabelle 17: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 11	61
Tabelle 18: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	62
Tabelle 19: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	62
Tabelle 20: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 12.....	63
Tabelle 21: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	64
Tabelle 22: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	64
Tabelle 23: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 13.....	65
Tabelle 24: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	66
Tabelle 25: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	66
Tabelle 26: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 14.....	66
Tabelle 27: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	67
Tabelle 28: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	67
Tabelle 29: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 15.....	68
Tabelle 30: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	68
Tabelle 31: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	69
Tabelle 32: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 16.....	69
Tabelle 33: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	70
Tabelle 34: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	70

Tabelle 35: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 17	71
Tabelle 36: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	72
Tabelle 37: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	73
Tabelle 38: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 18.....	73
Tabelle 39: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	74
Tabelle 40: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	74
Tabelle 41: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Probandin 19	74
Tabelle 42: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	75
Tabelle 43: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	75
Tabelle 44: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 20.....	76
Tabelle 45: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	76
Tabelle 46: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	77
Tabelle 47: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 21	77
Tabelle 48: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	78
Tabelle 49: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	78
Tabelle 50: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 22.....	78
Tabelle 51: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	79
Tabelle 52: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	79
Tabelle 53: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 23.....	80
Tabelle 54: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	81
Tabelle 55: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	81
Tabelle 56: Knöchelgeschwindigkeiten aller Kicks von Proband 24.....	81
Tabelle 57: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des besten Versuchs.....	82
Tabelle 58: Hüftwinkel von Stand- und Kickbein des schlechtesten Versuchs.....	83

Anhang

Zusammenfassung

Viele Literaturquellen stellen den Hüfteinsatz als eines der wichtigsten Kriterien für eine effektive Technik im Taekwondo dar. Gemäß Literatur und Meisterlehren sollte bei der Ausführung der Taekwondo-Kicktechnik Naeryo-chagi mit einer Beckenkipfung nach hinten und Oberkörperrücklage getreten werden. Die vorliegende Arbeit hatte den Vergleich von Taekwondosportlern in Bezug auf den Hüfteinsatz bei der Kicktechnik Naeryo-chagi zum Inhalt. Mittels eines optischen Motion Capturing Systems wurden 24 Probanden/ Probandinnen unterschiedlichen Niveaus untersucht, welche die Kicktechnik in wettkampftauglicher Ausführung anwenden mussten.

Das Hauptaugenmerk der Studie lag auf dem Einfluss verschiedener Hüftstellungen auf die maximal erzielte Kickgeschwindigkeit im Ziel, gemessen an der Knöchelgeschwindigkeit. Aktuelle Bewegungsvorgaben aus Literatur und Praxis sollten überprüft werden.

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Knöchelgeschwindigkeit und einer Beckenkipfung nach hinten nachgewiesen werden.

Bessere und schlechtere Sportler unterschieden sich nicht signifikant durch eine Stellung des Beckens.

Ein größerer Beschleunigungsweg am Ende der Ausholbewegung hatte einen signifikanten Einfluss auf die Kickgeschwindigkeit im Ziel. Die Geschwindigkeit der Ausholbewegung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Kickgeschwindigkeit.

Motion Capturing Methoden stellen probate Mittel zur Verfügung, um eine Techniko Optimierung im Bereich Taekwondo und Kampfsport generell zu erreichen. Seit der Aufnahme in den Kreis der olympischen Sportarten gewinnen im Taekwondo Möglichkeiten der wissenschaftlichen Wissensgewinnung, um die eigenen Leistungen zu steigern, immer mehr an Bedeutung.

Abstract

References indicate that the use of the pelvis is a main criterion for adding velocity and power to techniques in taekwondo and martial arts in general. The purpose of this research was to investigate the importance of postural differences of the pelvis in delivering velocity to the target measured by the velocity of the ankle of 24 participants performing the taekwondo technique naeryo-chagi, also known as axe kick or downward kick. Optical motion capturing methods were used to analyse the movements and to obtain kinematics.

There are no significant results indicating a different posture of the pelvis being superior for increasing the velocity of the ankle.

No data indicated significant postural differences of the pelvis for advanced athletes compared to less advanced athletes.

An increase of acceleration distance seems to be a reliable predictor for an increase of kicking velocity. However an increase in kicking time seems likely to go with an increase of acceleration.

Motion capturing seems suitable for optimizing fighting techniques in taekwondo and martial arts in general.

Since taekwondo became an Olympic sport, the need to optimize techniques and to implement scientific knowledge into the training of athletes is on the rise. Yet still there is a small number of scientific works for martial arts and taekwondo in particular.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Kloiber Michael
Geburtsdatum	30.1.1981 in St. Pölten
Staatsbürgerschaft	Österreich
Anschrift	Am Bauerteich 6 3124 Oberwölbling
Familienstand	ledig



Ausbildung

Universität	Sportwissenschaften, Prävention/Rekreation USZ auf der Schmelz, 1150 Wien seit 10/2001
Reifeprüfung	5. Juni 2000
Schule	1995 - 2000 ORG der Englischen Fräulein in Krems 1991 – 1995 Hauptschule Oberwölbling 1987 - 1991 Volksschule Oberwölbling