

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

## „Physiologisches und physisches Belastungs- Beanspruchungsprofil in der Kampfsportart Karate“

verfasst von / submitted by

Benjamin Šabić

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

Wien, 2020 / Vienna 2020

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

UA 066 826

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

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von / Supervisor:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

## ABSTRACT

**Hintergrund:** Karate ist eine Kampfsportart, welche sich im Wettkampfsport in zwei Disziplinen unterteilen lässt (Kata und Kumite). Beide Disziplinen erfordern schnelle Aktionen, die während des Wettkampfes von dem/der Kampfrichter/in unterbrochen werden können. Darüber hinaus erfordert es ein hohes Maß an aerober sowie anaerober Ausdauerleistungsfähigkeit, jedoch auch an koordinativen Fertigkeiten, um ein optimales Leistungsniveau für die gesamte Kampfzeit zu gewährleisten.

**Zielsetzung:** Ziel dieser Arbeit ist es zu untersuchen, ob ein signifikanter Unterschied im Hinblick auf das physiologische sowie physische Anforderungsprofil zwischen dem Sportkampf (Kumite) und der Formdisziplin (Kata) besteht.

**Methode:** Bei dieser Masterarbeit handelt es sich um einen narrativen Review. Es wurden Studien nach zuvor festgelegten Suchkriterien in den medizinischen Literaturdatenbanken „Pub Med“ und „Google Scholar“ herangezogen und bei Erfüllung der Ein- und Ausschlusskriterien zur weiteren Analyse miteinbezogen. Das Kriterium für die Auswahl der Studien war, dass es sich bei den untersuchten Personen um Spitzenathlet(inn)en der beiden Disziplinen handelt, die bei der durchgeführten Untersuchung mindestens 16 Jahre oder älter waren, und bei welchen Daten zur aeroben und anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit, maximale Kraft, Schnellkraft sowie Beweglichkeit erfasst wurden.

**Resultate:** In den vorliegenden Review wurden entsprechend der Ein- und Ausschlusskriterien 28 Studien einbezogen. Der Disziplinenvergleich ergibt, dass sich Kumite und Kata hinsichtlich der physiologischen und psychischen Beanspruchung in mehreren Kenngrößen unterscheiden, dennoch weisen beide Disziplinen grundlegende Gemeinsamkeiten auf. In beiden Disziplinen überwiegt die aerobe Energiebereitstellung, auch hinsichtlich der motorischen Grundeigenschaft Maximalkraft sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Tendenziell sind die untersuchten Beanspruchungsparameter bei der Disziplin Kata aber geringer. So verfügen Kumite Athlet(inn)en über höhere Explosivkraftwerte, sowie eine höhere aerobe Kapazität. Spitzenathlet(inn)en der Disziplin Kata verfügen dagegen über eine bessere Beweglichkeit und Agilität. Spitzenathlet(inn)en der internationalen Leistungsklasse weisen in den meisten physiologischen und physischen Eigenschaften bessere Werte auf als Athlet(inn)en der nationalen Leistungsklasse.

**Schlüsselwörter:** Karate, Kumite, Kata, physiologisches Profil, physisches Profil, Spitzenklasse

**Background:** Karate is a combat sport which comprises two different style forms (Kumite and Kata). The combat consists of rapid movements which are occasionally interrupted by the referee. In addition, a high level of aerobic, anaerobic and conditional performance is required for an optimal level of performance during the entire fight time.

**Objective:** The aim of this study is to determine if a significant difference between competitive disciplines in karate *kumite* (sports fight) and *kata* (forms) in physical and physiological characteristics exists, respectively.

**Method:** This master thesis has been performed as a narrative review. The studies were found in the scientific databases “PubMed and Google Scholar” using previously determined criteria and were included for further analysis under the precondition that they fulfilled all defined requirements. A major criterion for the selection was that included studies were about elite athletes being 16 years and older and that aerobic and anaerobic profiles, maximum strength, speed and agility has been assessed.

**Results:** The database research generated 28 studies. The review focused on the essential physiological and physical differences of the two different disciplines (Kumite and Kata). With regard to competition loads in both disciplines, certain differences in the physiological parameters were found, with parameters tending to be lower in the discipline kata. It was determined that aerobic capacity dominates in both disciplines. There is no significant difference between Kata and Kumite in the assessment of the maximal strength. Kata athletes showed higher agility compared with Kumite athletes, but Kumite athletes had better indicators of explosive power and aerobic capacity. A significant difference was found in physiological and physical characteristics between top-level (international) and novice (national) Karate athletes.

**Keywords:** Karate, Kumite, Kata, physiological load profiles, physical profiles, elite karatekas

# Inhaltverzeichnis

## ABSTRACT

## VORWORT

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>EINLEITUNG .....</b>                                                          | <b>1</b>  |
| <b>1. ALLGEMEINES ZUR SPORTART .....</b>                                         | <b>3</b>  |
| 1.1. GESCHICHTE DES KARATE .....                                                 | 3         |
| 1.2. REGELN DES KAMPFES IM KARATE .....                                          | 4         |
| 1.3. RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE WETTKÄMPFE .....                                  | 5         |
| 1.3.1. Kampfrichterwesen .....                                                   | 5         |
| 1.3.2. Wettkampfsystem .....                                                     | 6         |
| 1.4. WERTUNGSAKTIONEN GEMÄß DER WETTKAMPFORDNUNG .....                           | 7         |
| 1.5. KLASSIFIZIERUNG DER WERTUNGSTECHNIKEN .....                                 | 8         |
| 1.5.1. Fausttechniken .....                                                      | 9         |
| 1.5.2. Fußtechniken .....                                                        | 10        |
| 1.5.3. Fege- und Wurftechniken .....                                             | 10        |
| 1.6. KUMITE .....                                                                | 11        |
| 1.7. KATA .....                                                                  | 11        |
| 1.8. AUSRÜSTUNG IM KARATE .....                                                  | 13        |
| 1.9. GEFAHREN DES KAMPFES IM KARATE .....                                        | 13        |
| <b>2. ANTHROPOMETRISCHE VERFAHREN .....</b>                                      | <b>14</b> |
| 2.1. KÖRPERZUSAMMENSETZUNG .....                                                 | 15        |
| 2.2. SOMATOTYPEN .....                                                           | 15        |
| 2.2.1. Der ektomorphe Typ .....                                                  | 17        |
| 2.2.2. Der mesomorphe Typ .....                                                  | 17        |
| 2.2.3. Der endomorphe Typ .....                                                  | 18        |
| 2.3. KNOCHENDICHTE .....                                                         | 19        |
| <b>3. ENERGIEBEREITSTELLUNG .....</b>                                            | <b>20</b> |
| 3.1. ANAEROBER ENERGIESTOFFWECHSEL .....                                         | 21        |
| 3.2. AEROBER ENERGIESTOFFWECHSEL .....                                           | 22        |
| 3.3. AEROBE UND ANAEROBE SCHWELLE .....                                          | 23        |
| 3.4. DIE BEDEUTUNG DER ENERGIEBEREITSTELLUNG FÜR DEN/DIE KARATEKAS .....         | 24        |
| 3.5. TESTVERFAHREN DER BESTIMMUNG DER AEROBEN AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEITEN ..... | 26        |
| 3.5.1. Fahrradergometrie .....                                                   | 27        |
| 3.5.2. Laufbandergometer .....                                                   | 28        |

|           |                                                                                           |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.5.3.    | Der neue Karate-spezifische aerobe Feld Test für Karatekas (KSAT) .....                   | 29        |
| <b>4.</b> | <b>MAXIMALE SAUERSTOFFAUFNAHME (<math>VO_{2MAX}</math>) .....</b>                         | <b>33</b> |
| 4.1.      | PHYSIOLOGIE DER $VO_{2MAX}$ .....                                                         | 33        |
| 4.2.      | EINFLUSSFAKTOREN AUF $VO_{2MAX}$ .....                                                    | 35        |
| 4.3.      | DIE BEDEUTUNG DER $VO_{2MAX}$ IM KARATE.....                                              | 35        |
| 4.4.      | TESTVERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER ANAEROBEN AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEITEN.....              | 36        |
| 4.4.1.    | Wingate-Anaerobic Test (WAnT) .....                                                       | 36        |
| 4.4.2.    | Zusammenhang der Arten der Energiebereitstellung von karatespezifischen Belastungen.      | 37        |
| 4.4.3.    | Die laktazide Leistungsfähigkeit .....                                                    | 37        |
| 4.4.4.    | Die alaktazide Leistungsfähigkeit .....                                                   | 38        |
| 4.5.      | ERMÜDUNG.....                                                                             | 38        |
| 4.5.1.    | Muskuläre Ermüdung .....                                                                  | 39        |
| 4.5.2.    | Physiologische Ermüdung im Karate .....                                                   | 40        |
| <b>5.</b> | <b>DIE SPORTMOTORISCHE AUSDAUER .....</b>                                                 | <b>41</b> |
| 5.1.      | BEGRIFFSDEFINITION .....                                                                  | 41        |
| 5.2.      | DIE STRUKTUR DER AUSDAUER .....                                                           | 42        |
| 5.2.1.    | Allgemeine und spezielle Ausdauer .....                                                   | 43        |
| 5.2.2.    | Aerobe und anaerobe Ausdauerleistungsfähigkeit.....                                       | 43        |
| 5.2.3.    | Kraft-, Schnellkraft und Schnelligkeitsausdauer .....                                     | 44        |
| 5.3.      | DIE SPEZIELLE AUSDAUER DES KARATEKAS.....                                                 | 45        |
| 5.4.      | DAS SPEZIELLE AUSDAUERTRAINING IM KARATE-KUMITE.....                                      | 46        |
| 5.4.1.    | Anforderungsprofil im Karate-Kumite .....                                                 | 46        |
| 5.4.2.    | Bestimmung der Belastung im Kumite-Wettkampf .....                                        | 47        |
| <b>6.</b> | <b>DIE SPORTMOTORISCHE KRAFT .....</b>                                                    | <b>48</b> |
| 6.1.      | BEGRIFFSDEFINITION .....                                                                  | 48        |
| 6.2.      | DIE SYSTEMATIK DER KRAFTFÄHIGKEIT .....                                                   | 48        |
| 6.2.1.    | Maximalkraft, Schnellkraft und Explosivkraft (Reaktivkraft).....                          | 49        |
| 6.3.      | DIE BEDEUTUNG DER KRAFT FÜR KARATEKAS .....                                               | 50        |
| 6.4.      | TESTBATTERIE VON SPORTMOTORISCHEN UNTERSUCHUNGEN ZUR ERMITTLUNG DER KRAFT IM KARATE ..... | 50        |
| 6.4.1.    | 1 RM .....                                                                                | 51        |
| 6.4.2.    | Counter-Movement Jump (CMJ) und Squat Jump (SJ) .....                                     | 52        |
| <b>7.</b> | <b>FLEXIBILITÄT (BEWEGLICHKEIT) .....</b>                                                 | <b>52</b> |
| 7.1.      | BEGRIFFSDEFINITION .....                                                                  | 52        |
| 7.2.      | DIE STRUKTUR DER BEWEGLICHKEIT .....                                                      | 53        |

|           |                                                                                                                                                                    |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.3.      | TESTVERFAHREN DER BEWEGLICHKEIT IM KARATE.....                                                                                                                     | 54         |
| 7.3.1.    | Der SIT- und- REACH Test.....                                                                                                                                      | 54         |
| 7.4.      | DIE BEDEUTUNG DER BEWEGLICHKEIT IM KARATE .....                                                                                                                    | 55         |
| 7.5.      | POSTURALE KONTROLLE UND POSTURALE STABILITÄT .....                                                                                                                 | 55         |
| <b>8.</b> | <b>METHODIK.....</b>                                                                                                                                               | <b>57</b>  |
| 8.1.      | STUDIENDESIGN .....                                                                                                                                                | 57         |
| 8.1.1.    | Parameter der Untersuchung.....                                                                                                                                    | 58         |
| 8.2.      | EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL DER STUDIEN .....                                                                                                     | 58         |
| 8.2.1.    | Einschlusskriterien .....                                                                                                                                          | 58         |
| 8.2.2.    | Population .....                                                                                                                                                   | 59         |
| 8.2.3.    | Ausschlusskriterien .....                                                                                                                                          | 59         |
| <b>9.</b> | <b>DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE.....</b>                                                                                                                             | <b>59</b>  |
| 9.1.      | PHYSIOLOGISCHES BELASTUNGS- UND BEANSPRUCHUNGSPROFIL EINES/EINER KARATE-ATHLETEN/ATHLETIN.....                                                                     | 60         |
| 9.1.1.    | Untersuchungsergebnisse zu dem energetischen Anforderungsprofil in Karate-Kumite.....                                                                              | 61         |
| 9.1.2.    | Untersuchungsergebnisse zu dem energetischen Anforderungsprofil in Karate-Kata .....                                                                               | 67         |
| 9.1.3.    | Untersuchungsergebnisse basierend auf physiologischen Parametern in verschiedenen Formen des Karate-Trainings und Wettkampfsituationen .....                       | 71         |
| 9.1.4.    | Untersuchungsergebnisse zu den physiologischen Beanspruchungsparameter (Herzfrequenz) bei offiziellen- und simulierten Wettkämpfen in <i>Kumite und Kata</i> ..... | 74         |
| 9.2.      | ERGEBNISSE ZU DEN SPORTARTSPEZIFISCHEN MOTORISCHEN LEISTUNGSFÄHIGKEITEN .....                                                                                      | 78         |
| 9.2.1.    | Untersuchungsergebnisse zu den anthropometrischen Verfahren.....                                                                                                   | 78         |
| 9.2.2.    | Untersuchungsergebnisse zu der maximalen anaeroben Leistung (Peak-Power) .....                                                                                     | 80         |
| 9.2.3.    | Untersuchungsergebnisse zu kraftmotorischen Tests (CMJ und SJ) .....                                                                                               | 82         |
| 9.2.4.    | Untersuchungsergebnisse zu dem maximalen Kraft Test (1 RM) .....                                                                                                   | 84         |
| 9.2.5.    | Untersuchungsergebnisse zur Abschätzung der Beweglichkeit (Sit and reach Test) im Karate                                                                           | 85         |
| 9.3.      | DISKUSSION .....                                                                                                                                                   | 86         |
|           | <b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>                                                                                                                                   | <b>94</b>  |
|           | <b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>                                                                                                                                 | <b>101</b> |
|           | <b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>                                                                                                                                    | <b>102</b> |
|           | <b>ABKÜRZUNGS- UND SYMBOLVERZEICHNIS.....</b>                                                                                                                      | <b>103</b> |
|           | <b>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG .....</b>                                                                                                                             | <b>104</b> |

## VORWORT

Die vorliegende Masterarbeit spiegelt gewissermaßen mein Leben wider. Hätte ich nicht mit dem Karate-Sport begonnen und nicht die Entscheidung getroffen das Studium der Sportwissenschaft aufzunehmen, wäre diese Arbeit nie entstanden. Dieses erste Kapitel meiner Masterarbeit und gleichzeitig letzte Kapitel meines Studiums möchte ich nutzen, um mich bei jenen Personen zu bedanken, die mir zur Seite gestanden sind.

Der größte Dank gilt meinen liebevollen Eltern, die mich in sämtlichen Belangen immer unterstützten und mir ermöglichten im Ausland zu studieren. Ich bin Euch unendlich dankbar, dass Ihr mir so eine unbeschwerte Studienzeit ermöglicht habt und mir die Freiheit gegeben habt, das zu machen, was mich interessiert.

Ebenfalls gebührt meiner tollen Schwester ein großer Dank, die mich während meiner gesamten Studienzeit finanziell unterstützt hat. Weiteres gilt mein Dank meinen zwei beispielhaften Cousinsen, die mir unterstützend zur Seite gestanden sind. Danke an all meinen Freundinnen und Freunden von nah und fern, die ich schon seit Kinder- und Jugendzeit kenne oder während des Studiums kennenlernen durfte.

Zu guter Letzt gilt ein besonderer Dank an Herrn Ass.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan, der sich trotz einer Vielzahl an zu betreuenden Arbeiten sich noch bereit erklärte meine Masterarbeit zu betreuen. Danke für Ihr Vertrauen und für die Freiheit, dass ich ein für mich so interessantes und wichtiges Thema wählen durfte. Er stellt für mich eine Person dar, von der man in Sachen Menschlichkeit noch viel lernen kann – Danke!

*Diese Arbeit widme ich meinen Eltern Fahira und Mirsad Šabić.*

*Draga mama, dragi tata, ovaj rad posvećujem vama. Želim da vam se zahvalim na svemu što se učinili za mene i za beskonačnu podršku koju ste mi pružili za sve moje odluke koje ponekad za vas i nisu bile lake. Draga mama, dragi tata, ovo nije samo moj uspjeh ovo je i vaš uspjeh.*

## **EINLEITUNG**

Karate als eine in fünf Kontinenten und 192 Staaten von etwa 100 Millionen Menschen betriebene Kampfsportart erfordert ein hohes Niveau an physischen, physiologischen, technischen, sowie taktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten. Die genaue Kenntnis der Belastungs- und Beanspruchung bzw. der physiologischen und physischen Eigenschaften stellen eine Grundvoraussetzung dafür dar, das Training systematisch zu strukturieren bzw. entsprechend der individuellen Bedürfnisse von Athlet(inn)en zu maximieren bzw. zu optimieren (Nikookheslet et al., 2016). Grundsätzlich stellt Karate eine Sportart (bzw. eine Gruppe von Sportdisziplinen) dar, welche sowohl aus gesundheitsorientierter bzw. teilnahmeorientierter Sicht wie auch aus leistungsorientierter Sicht betrieben werden kann (Chaabéne et al. 2012; Origua-Rios et al., 2018). Auch wenn die mit dem Freizeitsport verbundenen positiven Effekte sehr wichtig sind, beschäftigt sich die vorliegende Masterarbeit vorrangig mit dem aus dem Leistungssport abgeleiteten Belastungs- und Beanspruchungsprofil und den entsprechenden für die Trainingsplanung und Trainingssteuerung relevanten physiologischen und biomechanischen Kenngrößen.

Im Wettkampf werden im Karate entsprechend der World Karate Federation (WKF) zwei Disziplinen unterschieden: Kumite (Sportkampf) und Kata (Formdisziplin). Aus sportwissenschaftlicher Sicht ist es von Interesse zu analysieren wie sich die beiden Disziplinen hinsichtlich ihres Belastungsprofils sowie der sich daraus ergebenden physiologischen bzw. physischen Beanspruchung unterscheiden. Um die Hauptfrage dieser Arbeit zu beantworten, wird sich die vorliegende narrative Literaturanalyse auf die Unterscheidungsmerkmale beider Disziplinen konzentrieren. Die folgenden Aussagen und Beschreibungen werden sich entsprechend auf Kumite- und Kata Formen beziehen und die Unterschiede in den physiologischen- und physischen Eigenschaften zwischen Kumite- und Kata Formen des Karate eruieren. Im ersten Teil dieser Arbeit wird die Theorie von den physiologischen- und physischen Grundlagen, verschiedenen Tests, der Forschungsstand sowie die Bedeutung der physiologischen und physischen Eigenschaften im Karate dargestellt. In Bezug auf die vorliegende Arbeit ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass es aufgrund der vielen verschiedenen Karatestiele sich auch die Ausführung der verschiedenen Katas unterscheidet. Daher basierte diese Arbeit auf den Regeln von World Karate Federation (WKF).

Der zweite Abschnitt dieser Arbeit konzentriert sich auf Ergebnisse der Wettkampfleistungen in beiden Disziplinen (Zehr & Sale, 199; Imamura et al., 1999; Ariazza et al., 2009; Doria et al., 2009, Brusweiler & Hartmann, 2012). Derzeit ist die Leistung im Karate-Kumite deutlich besser erforscht als die Wettkampfleistung im Karate-Kata (Beneke et al., 2004; Roschel et al., 2009; Doria et al., 2009; Tabben et al., 2013; Chaabene et al., 2014, Zaborski



et al., 2016). Sowohl während offizieller aber ebenso simulierter Wettkämpfe konnte in der Disziplin-Kumite das energetische Beanspruchungsprofil bestimmt werden, da die Parameter (Blutlaktatkonzentration, Herzfrequenz und maximale Sauerstoffaufnahme) ermittelt werden konnten. Im Vergleich zwischen simulierten und offiziellen Wettkämpfen wird jedoch die Belastungszeit herangezogen, die von der WKF festgestellt wird. Andererseits werden in der Disziplin-Kata ähnliche Beanspruchungsparameter ermittelt, wobei diese von der Ausführung der verschiedenen Katas aber auch von der sogenannten Belastungszeit abhängig sind. Andererseits werden physische konditionelle Fähigkeiten durch leistungsdiagnostische Tests in beiden Disziplinen untersucht bzw. miteinander verglichen.

Ein systematischer Review von Chaabéne et al. (2012) belegt, dass sich erfolgreiche Athleten in diversen Kampfsportarten von weniger erfolgreichen Athleten in zahlreichen motorischen Kenngrößen (wie Kraft, Schnellkraft und anaeroben Fähigkeiten) unterscheiden wogegen eine bessere aerobe Leistungsfähigkeiten in dieser Hinsicht offensichtlich wenig Vorteile bringt. Die Kenntnis von anthropometrischen Eigenschaften der Karateathleten/innen kann einen Einblick günstiger somatotypspezifischer Voraussetzungen für diese Sportart geben. Da Wettkämpfe in Gewichtklassen ausgetragen werden und jene Athlet(inn)en üblicherweise einen Vorteil haben, die in Gewichtklassen antreten die unter deren täglichen Normalgewicht liegen, spielen hier im Wettkampfsport Karate Strategien zum Gewichtsmanagement eine nicht unbedeutende Rolle (Reale et al., 2017). Aufgrund der bereits zahlreichen Studien in den eben erwähnten Bereichen im nicht hochleistungsorientierten Sport liegt der Fokus dieser Masterarbeit bei praktizierenden Athlet(inn)en, der Spitzenklasse.

Das Hauptziel der vorliegenden narrativen Literaturanalyse ist es, den aktuellen Forschungsstand hinsichtlich des Belastungs- sowie Beanspruchungsprofils der beiden Karate Disziplinen aufzuzeigen.

Die Hypothese dieser Arbeit lautet: „Es besteht ein signifikanter Unterschied in den physiologischen und physischen Eigenschaften zwischen dem Sportkampf (Kumite) und der Formdisziplin (Kata)“.

Neben dieser Hypothese wurden noch zwei weitere Hypothesen aufgestellt, die in der vorliegenden Arbeit beantwortet werden sollen.

Die zweite Hypothese lautet: „Es besteht ein signifikanter Unterschied in den physiologischen und physischen Eigenschaften zwischen Karateathleten in Abhängigkeit vom Leistungsniveau (international versus national).“

Die dritte Hypothese lautet: „Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den physiologischen und physischen Eigenschaften im Vergleich zu anderen Kampfsportarten“.

Um diese Hypothesen zu beantworten, wird in dieser Masterarbeit ein narrativer Überblick über Studien gegeben, die sich mit dem physiologischen- und physischen Belastungs- und Beanspruchungsparametern beschäftigen. Das zehnte Kapitel widmet sich der Diskussion der Studienergebnisse, in der diese miteinander verglichen werden, um die aufgestellten Hypothesen zu beantworten (bzw. um diese zu verifizieren). Abschließend bildet die Diskussion das letzte Kapitel dieser Arbeit, in der sämtliche Ergebnisse & Hypothesen zusammengefasst werden.

## **1. ALLGEMEINES ZUR SPORTART**

### **1.1. Geschichte des Karate**

Der Ausdruck Karate bedeutet übersetzt „leere Hand“. Dies ist von einer Kampfkunst abgeleitet, die in Okinawa (Japan) im frühen 17. Jahrhundert entwickelt wurde. Der Name „leere Hand“ kommt von dem japanischen Meister Funakoshi. Im Jahr 1945 verbreitete sich Karate in der ganzen Welt und es ist derzeit eine der attraktivsten Kampfsportarten (Lind, 1997). In Tokio 2021 werden die beiden Disziplinen Kumite und Kata für Frauen und Männer erstmals im Rahmen von olympischen Sommerspielen ausgetragen, was die Bedeutung dieser Kampfsportart unterstreicht.

Im 10. Jahrhundert haben sich auf Okinawa unterschiedliche eigenständige Formen der Technik entwickelt. Zuerst wurde die einfachste Technik *Te* (Ti-Technik) entwickelt. Folgende Methode wurden von hochentwickelten chinesischen Stillen (Quan-fa) bekannt gemacht. Diese Technik wurde als *To-de* (Technik der Tang) bekannt. Im Laufe der Jahrhunderte wandelte sich zu *Okinawa-te* (Technik aus Okinawa). Im 14. Jahrhundert kam auch die erste Form der chinesischen Kata nach Okinawa. Der König Sho Hashi verbot jegliche Waffen und gab den Anstoß für weitere Entwicklungen der Methode „der leeren Hand“ (Lind, 1997). In der damaligen Zeit umgab sich das *To-de* durch ein besonderes Ritual der Geheimhaltung. Damit die einzigartige Tradition nicht verloren geht, wurden die *Kata* von Lehrern nur an den besten Schülern weitergegeben. Lind (1997) schreibt, dass durch diese kompromisslose Sitte viele Traditionen letztendlich verloren gingen.<sup>1</sup>

Zu Beginn des 17. Jahrhunderts wurde Okinawa von dem Satsuma-Clan erobert und später in ein Protektorat umgewandelt, das zu einem Teil des japanischen Imperiums gehörte. Die Okinawaner hatten Samurai zum Gegner konnten aber lediglich Arme und Beine zur Selbstverteidigung einsetzen, da eine Verwendung von Waffen unzulässig war und mit einer Todesstrafe geahndet wurde. Aus dieser Zeit stammt die Losung „Durch einen Schlag den Tod“. Im jahrelangen Training haben Kämpfer Arme, Hände, Finger und Beine trainiert, um

---

<sup>1</sup> Geschichtliche Anfänge.

den schweren und undurchdringlichen Samurai-Panzer durchbrechen zu können. Als Hilfsmittel, um sich gegen einen bewaffneten Samurai zu verteidigen, entwickelt sich der stabile Ltock (Roushaku-bo). Vielfältige Verfahren (Kata) wurden ausgearbeitet, die heute noch immer bekannt sind und jeweils den Namen ihres Erfinders tragen (Sakugwakon, Ginowan kon u.a.)<sup>2</sup>

Im 18./19. Jahrhundert kamen weitere wichtige Veränderungen für die okinawanische Kampfkunst. Durch die vielen Einflüsse von chinesischen Experten, die nach Okinawa kamen, kam es zu anderen technischen Entwicklungen. Schließlich wurde die Technik als Okinawa-te (Technik aus Okinawa) umbenannt. In Japan entstanden die meisten Stile des Karate, die heute noch in Europa nach 1940 bekannt sind und die Grundlage für das verbreitete kontaktlose Wettkampfkarate bilden. Alle bis zu diesem Zeitpunkt verwendeten japanischen Konzepte der japanischen Wettkampfkonzerte wurden abgelehnt und vom okinawischen Meister nicht mehr verwendet. Japanische Stile, die kontaktlos sind, wurden unter vier unterschiedlichen Gruppen unterteilt: *Shotokan-ryu* (Funakoshi), *Shito-ryu* (Mabuni), *Wado-ryu* (Otsuku) und *Goju-ryu* (Yumaguchi). Nach Lind (1997) ist das klassische Karate nicht gleichzusetzen mit Sportkarate. Das sportliche Training wurde als einen hohen Wert für eine Entwicklung der Persönlichkeit der jugendlichen Menschen gesehen.<sup>3</sup>

## **1.2. Regeln des Kampfes im Karate**

Die Wettkampfregeln für den Sportkampf Karate sind im Wesentlichen eine Absprache zwischen den Kämpfer(inne)n, welche ihre Kampffähigkeiten vergleichen wollen. Diese Absprache bestimmt die Umstände, wo ein Sportkampf ausgeführt werden kann und legt die erlaubten bzw. vorgegebene Kampfkonzerte und die verbotenen Tätigkeiten fest, sowie die Auswertung einzelner Aktionen sowie das Verhalten alles Beteiligten. In gewisser Hinsicht bestimmen die Wettkampfregeln den Grad der Sportlichkeit eine Kampfkarte (Jakhe, 2002, S. 21).

Die Wettkampfregeln des Karates wurden vom WKF (World Karate Federation) zugelassen:

- Die Wettkampffläche im Kumite besteht aus quadratischen Matten;
- Die Seitenlänge beträgt acht Meter, mit einem Meter Sicherheitszone auf jeder Seite;
- Die Grenze sollte eine andere Farbe haben (rot, oder eventuell grün);
- Die freie Sicherheitszone sollte von jeder Seite einen Meter betragen;

---

<sup>2</sup> Wandlung zu Okinawa-te.

<sup>3</sup> Die Entstehung des Wettkampfkarte.

- Die Kampffläche ist ein Meter vom Mittelpunkt entfernt und ist mit zwei roten Matten markiert;
- Der/die Hauptkampfrichter/in kann sich innerhalb Tatami und der Sicherheitszone bewegen;
- Beim offiziellen Wettkampftisch sitzen noch Listenführer/innen und der Zeitnehmer/innen;
- Der/die Match Supervisor/in befindet sich außerhalb der Sicherheitszone und hat eine rote Flagge oder ein rotes Signal und eine Pfeife;<sup>4</sup>
- Bei der Kata ist die Wettkampffläche eine einfarbige Fläche und muss eben und frei von Gefahrenquellen sein;<sup>5</sup>
- Teilnehmer/innen müssen nach jeder erfolgreichen Runde eine neue Kata zeigen, um nicht disqualifiziert zu werden;

### **1.3. Rahmenbedingungen für die Wettkämpfe**

Im Karate findet der Wettkampf in einer Sporthalle statt, wobei einem Wettkampf bis zu acht Kampfflächen aufgebaut werden können. Aufgrund der entsprechend hohen Teilnehmer/innenanzahlen auf nationalen bzw. internationalen Niveau sind allerdings fünf Kampfflächen Standard. Dieser Umstand zeigt eine gewisse Flexibilität und Mobilität bei den Wettkämpfen, wobei das vorausgesetzte vorhandene Personal und Gerät in einer Organisation stattfindet. Bei der Weltmeisterschaft und Europameisterschaft werden auch die Veranstaltungsfläche für mehrere Kamerateams vorbereitet. Finalkämpfen werden grundsätzlich nur auf einer Kampffläche ausgetragen, welche speziell für das Finale vorbereitet werden.<sup>6</sup>

#### **1.3.1. Kampfrichterwesen**

Im Karate gibt es insgesamt fünf Kampfrichter/innen, welche die Aktionen auf den Kampfflächen bewerten. Der/die Kampfrichter(in) steht in der Mitte der beiden Kämpfer und zwei Meter von der Sicherheitszone entfernt und die Nebenkampfrichter/innen mit Flaggen sitzen an den Ecken, um die Wertungen aber auch die Ermahnungen signalisieren zu können. Im Karate ist jeweils nur ein/e Betreuer/in erlaubt, der/die neben dem Wettkampftisch auf jener Seite sitzt, wo sein/e Wettkämpfer/in ist.

---

<sup>4</sup> Wettkampfbregeln Kumite ü. V. 2020 (S.5-6)

<sup>5</sup> Wettkampfbregeln Kata ü. V. 2020 (S.30-31).

<sup>6</sup> Organisation von Kata-Kumite Kämpfen ü. V. 2020 (S. 7-31).

### **1.3.2. Wettkampfsystem**

In den vergangenen Jahren hat sich der Kumite-Wettkampf durch die Reformierung des Wettkampfsystem geändert. Er wird ohne oder nur mit leichtem Kontakt ausgeübt. Der Kontakt zum Kopf ist gestattet, falls er ohne unmittelbar sichtbare Verletzungsfolgen bleibt. Allerdings sind hier härtere Kontakte nicht zugelassen.

Der Kampf beginnt auf Kommando des/der Kampfrichters/Kampfrichterin. Gleich nach dem Kommando beginnt auch die Kampfzeit und sie beträgt bei den Herren drei Minuten, bei den Damen zwei Minuten. Unterbrechungen werden von dem/der Zeitnehmer/in gestoppt und sind unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Um positive Bewertungen zu erteilen
- Um Ermahnungen auszusprechen
- Um Verwarnungen auszusprechen
- Zum Zweck der medizinischen Versorgung oder
- Um den Kampf neu zu starten, falls eine Bewegungsfähigkeit der Kontrahent(inn)en vorliegt. Die Netto-Kampfzeit beträgt dabei drei Minuten für Frauen und vier Minuten für Männer.

Nach einem Ablauf der Kampfzeit werden die Ergebnisse von dem/der Referee gezeigt. Der/die Wettkämpfer/in, der/die innerhalb der Kampfzeit die meisten Punkte erzielt hat, gewinnt. Bei einem möglichen Vorsprung von acht Punkten wird der Kampf abgebrochen und es gewinnt jene/r Kämpfer/in, der/die acht Punkte innerhalb einer Kampfzeit gesammelt hat. Wenn es zu einem Unentschieden kommt, wird durch den/die Kampfrichter/in der/die Sieger/in verkündet. Wesentliche Kriterien werden gerechnet (technische und taktische Qualität von Bewegungen und Verhalten). Die Verwarnungen werden in zwei Kategorien unterteilt: Kategorie 1 und Kategorie 2. Zur ersten Kategorie werden die schweren Kontakte, verbotene und ungültige Körperregionen gezählt. In der zweiten Kategorie werden die Kämpfer/in wegen Kommentaren während des Kampfes, für das Verlassen der Kampffläche, für Passivität, für die Techniken und unkontrollierte Techniken bestraft. Insgesamt dürfen die Kämpfer/innen in jedem Kampf jeweils bis maximal drei Verwarnungen bekommen. Liegen weniger als drei Verwarnungen vor, kann dieser als gewonnen angesehen werden. In jedem Fall unter drei Verwarnungen kann der Kampf gewonnen werden. Kumite-Kämpfer/innen müssen bis zum Finale jeden Kampf gewinnen. Kämpfer/innen, die gegen die Finalgegner/innen verloren haben, können in die Hoffnungsrunde kommen, um eine Mög-

lichkeit zu haben den 3. Platz zu erreichen.<sup>7</sup> Kumite-Praktizierende können sich frei bewegen, treten und in der Defensive und Offensive schlagen (Chaabene et al., 2012). Damit alle Kämpfer/innen in einem Kampf gleichberechtigt sind, werden sie in folgende Gewichtsklassen unterteilt:

- Männer: -60 Kg, -67 Kg, -75 Kg, -84 Kg, +84 Kg (Anmerkung bei Olympischen Spielen: bis 67 Kg, bis 75 kg, über 75 kg)
- Frauen: -50 Kg, -55 Kg, -61 Kg, -68 Kg, +68 Kg (Anmerkung bei Olympischen Spielen bis 55 Kg, bis 61 Kg, über 61 Kg)

#### 1.4. Wertungsaktionen gemäß der Wettkampfordnung

Kampfbregeln von WKF sehen folgende Wert vor:

- 1 Punkt (Yuko);
- 2 Punkte (Waza-Ari);
- 3 Punkte (Ippon);

*Ippon* wird bei den Tritttechniken zur oberen Angriffsstufe (Jodan) des/der Gegners/Gegnerin eingesetzt. Jodan wurde als Gesicht, Kopf und Hals definiert. Ippon wird auch für jede wertbare Technik vergeben, die nach einem korrekten Wurf oder Beinfegen ausgeführt wird oder nachdem der Kämpfer zu Boden gebracht wurde, gezeigt. *Waza-Ari* wird für Tritttechniken und Schläge in den Rücken, Bauch und Brust vergeben. Dieser Bereich wurde im Karate als Chudan bezeichnet. Schließlich wird *Yuko* für jeden Fauststoß (tsuki) in eine der Trefferzonen, außerdem Rücken, Hinterkopf und Rückseite des Halses gegeben. Im Karate sind Angriffe auf folgende Bereiche beschränkt: Kopf, Gesicht, Hals, Bauch, Brust, Rücken und Seite. Die Wertung wird vergeben, wenn die entsprechende Technik nach den folgenden Kriterien durchgeführt wird (vgl. Markus, 2004. S. 8):

1. **Gute Form:** Die Technik sollte mit einer möglichen Effektivität ausgeführt werden, innerhalb traditioneller Karatebegriffe. Dies bedeutet, dass die Technik mit einem Kontakt und optimalerweise zur Kampfunfähigkeit ausgeführt werden sollte.
2. **Korrekte Haltung:** Bei der Wertung der Technik sollte deutliche Konzentration bestehen und die Haltung frei von Anzeichen der Böswilligkeit sein.
3. **Die Ausführung:** Die Technik muss mit maximalen Maß der Stoßkraft und Geschwindigkeit ausgeführt werden.

---

<sup>7</sup> WKF-Wettkampfbregeln ü.V. 2020;

4. **Gutes Timing:** Eine bestimmte Technik sollte zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführt werden, wenn sie zu einem bestimmten Moment (Handlung des/der Gegners/Gegnerin) passt.
5. **Korrekte Distanz:** Die Technik sollte mit dem guten Timing ausgeführt werden und der/die Kämpfer/in findet eine optimale Distanz, damit die Technik von größtem Nutzen ist. In anderem Fall wird sie reduziert, falls der/die Gegner/in seine Distanz oder Position verändert.

### 1.5. Klassifizierung der Wertungstechniken

In den unterschiedlichen Arten vom Training (technisches und taktisches) ist eine genaue Kenntnis sehr wichtig, damit nicht nur Techniken praktisch trainiert und entwickelt werden können, sondern entscheidend ist die Klassifizierung der Bewegungen zwischen Trainer/in und Athlet/in, was die Grundlage für eine umfassende Ausbildung ist. Hinsichtlich der Unterteilung werden Wertungsaktionen nach Faust- und Fußtechniken unterschieden.

Die Tritttechniken erzielen höhere Punkte. Die Tritttechniken werden im Wettkampf allerdings seltener ausgeführt, obwohl sie zu mehr Punkten als Fausttechniken führen. Hinsichtlich ihres technischen Anspruches sind die Tritttechniken schwerer als Fausttechniken auszuführen. Für die Wettkampfbetrachtung ergibt sich ein Schwerpunkt für die Fausttechniken, die wesentlich häufiger in einem Wettkampf durchgeführt werden. Die Qualität hängt von der technischen Ausführung eines/einer Kämpfers/Kämpferin ab und entscheidet über Sieg oder Niederlage (Eichert, 2003).

Im Karate-Kumite ergibt sich die Grundposition, um in der Freikampfstellung eine Position des Körpers zu beschreiben. Ein Arm ist gewöhnlich vorn und der andere liegt am Körper an. Durch eine versetzte Stellung des Körpers ist das „vordere Bein“ immer parallel zu dem zurückliegenden Bein das „hintere Bein“ positioniert und näher zum Körper. Stepptechniken sind jene Techniken, welche aus einer Grundbewegung ausgeführt werden können (vgl. Markner, 2004, S.12)

Mit den Steppen werden jene Bewegungen beschrieben, bei denen beide Füße den Boden verlassen und zeitgleich wieder aufgesetzt werden. Dabei unterscheidet man zwischen Einstepp- und Zweistepp-Technik. Der erste Stepp wird allerdings dabei zumeist als Finte benutzt. Zumeist nutzen die Kämpfer/innen eine Zweistepp-Technik, um die Finte mit einer Faust zu machen und die Aufmerksamkeit des/der Gegners/Gegnerin abzulenken (vgl. Markner, 2004, S. 13).

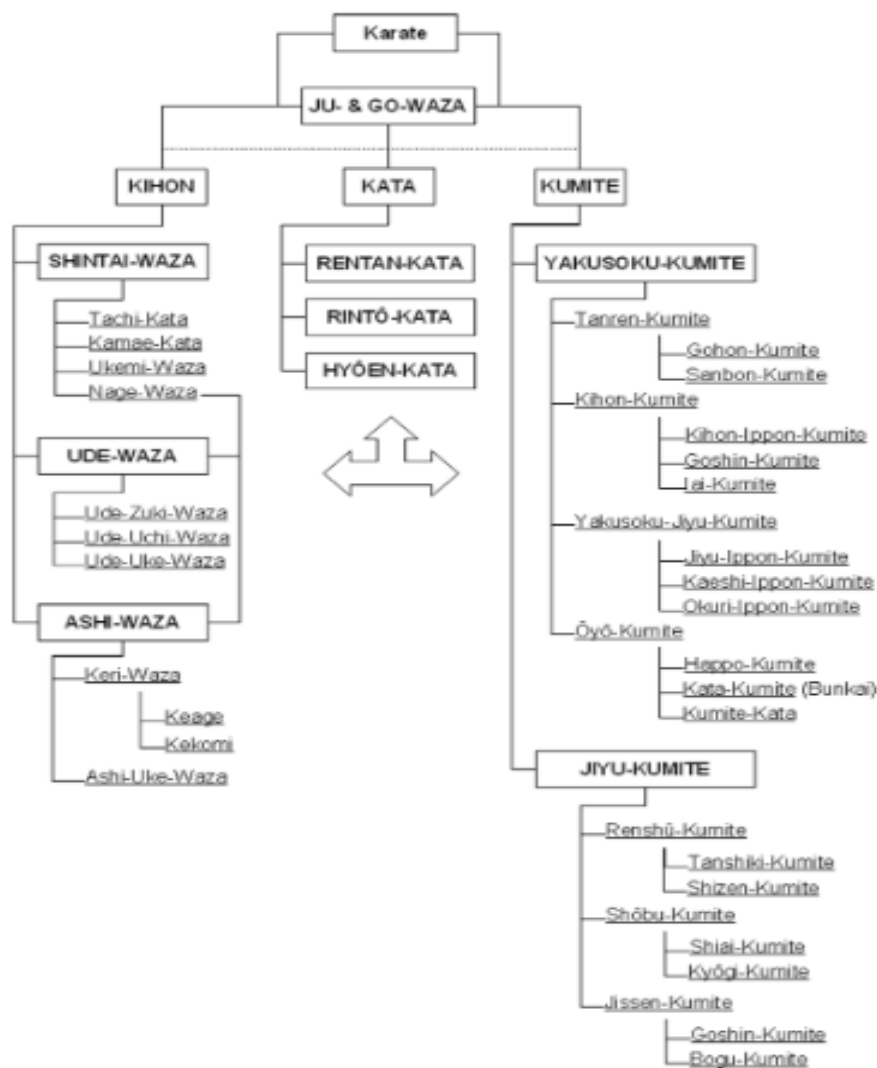


Abb. 1: Zusammenfassende allgemeine Übersicht der Grundtechniken des Karate (Edelmann, 2008, S. 147)

### 1.5.1. Fausttechniken

Die Wertung des Angriffs ist abhängig von der Geschwindigkeit und Dynamik. Beim halb-kreisförmigen Faustschlag oder Innenhandkantenschlag mit der offenen Hand können die Angriffe nur mit bestimmter Geschwindigkeit erreicht werden. Im Karate-Kumite müssen bei den Fausttechniken die entsprechenden Angriffe nicht nur hin zum/zur Gegner/in technisch gut ausgeführt werden, sondern auch schnell wie möglich zurückgezogen werden.

Der *Kizama-tsuki* wird immer mit dem vorderen Arm zum/zur Gegner/in ausgeführt. Wenn der/die Gegner/in auf einer bestimmten Distanz ist, wird dies für eine Verbindung zwischen vorderen Arm und hinteren Arm verwendet, oder eventuell als eine Finte zusammen mit den Fußtechniken (vgl. Edelmann, 2008, S.405).

Der *Uraken-uchi* ist eine Technik, die mit dem vorderen Arm und der äußeren Aufprallfläche der Hand durchgeführt wird, die in einer Halbkreisbewegung zum Ziel durchgeführt wird,



um den/die Gegner/in zu treffen. Damit diese Technik gut bewertet werden kann, muss sie in die Ausgangsposition zurückgezogen werden. Diese Technik wird oft als Finte benutzt.

Der *Haito-uchi* wird mit der inneren Daumenseite der Handkante in einer kreisförmigen Bewegung ausgeführt. Im Moment der Ausführung hat diese Technik zum Ziel den Handrücken nach oben zu wenden.

Der *Gyaku-tsuki* ist eine der zentralen Techniken im Karate. Bei dieser Technik ist es spezifisch, dass sie in den meisten Fällen zur Verteidigung verwendet wird und immer mit der hinteren Hand ausgeführt wird. Der Angriff ist in den meisten Fällen von *Gyaku-tsuki* als Finte bekannt.

### **1.5.2. Fußtechniken**

Der *Mae-Geri* (Fußstoß nach vorn) ist eine der Grundtechniken im Shotokan, auf welcher viele andere Techniken aufbauen. Dazu gehören noch *Yoko-Geri* (Fußstoß zur Seite) und *Ushiro-Geri* (Fußstoß aus der Rückwärtsdrehung nach hinten). Diese Techniken werden beim Wettkampf nicht oft benutzt und sehr selten gewertet. Beim *Ushiro-Geri* kann es zu einem harten Kontakten kommen. Von den Grundtechniken werden häufig die kreisförmigen Fußtechniken ausgeführt. Die Technik, die am meisten bei den Athlet(inn)en zur Anwendung kommt ist der *Mawashi-Geri* (Halbkreisfußtritt) und sie ist in dem Bereich auch die erfolgreichste. Die Ausführung von *Mawashi-Geri* ist von der Beweglichkeit abhängig und kann mit vorderem oder hinterem Bein ausgeführt werden. Der *Ushiro-mawashi-geri* (umgekehrter Halbkreisfußtritt) wird immer zum Kopf des/der Gegners/Gegnerin ausgeführt und mit der Fußsohle getroffen. Die Bewertung dieser Technik hängt am meisten von der Räumlichkeit der Ausführung ab. Der *Ushiro-ura-mawashi-geri* wird immer mit dem hinteren Bein und ebenso mit der Fußsohle voran ausgeführt (vgl. Markner, 2004, S. 18).

### **1.5.3. Fege- und Wurftechniken**

Das Ziel bei den Fegetechniken ist es, das Bein des/der Gegners/Gegnerin wegzuziehen oder zu erwischen. Beim Fegen ist die Ausführung immer seitlich und darf mit beiden Beinen (vorderen und hinteren) durchgeführt werden. Ziel ist es, den/die Gegner/in aus dem Gleichgewicht zu bringen. Die meisten Wurftechniken wurden aus dem Judo übernommen, wobei die Bewegung aus einer sehr kurzen Distanz ausgeführt werden sollte, in welcher der/die Gegner/in festgehalten und geworfen wird (vgl. Markner, 2004, S. 19)

## 1.6. Kumite

Der Sinn der Grundtechnik (*Kihon*) besteht bekanntermaßen darin, von dem/der Kämpfer/in eine zielführende Ausgangsposition einzunehmen und mit besten Techniken kämpfen zu können. Im traditionellen Karate geht es erst einmal darum, dass die erste erlernte Grundtechnik mit einem/einer Partner/in (Kumite) geübt werden soll. Beim traditionellen Kumite darf niemals eine andere Technik verwendet werden, als jene die von dem/der Lehrer/in vorgeschrieben wird (Habersetzer, 2011). Das moderne Karate rundet ein solches Training ab. Kontakte im Kumite sind verboten und der/die Übungsleiter/in bzw. Trainer/in muss immer darauf achten, dass harte Kontakte gegen den Kopf vermieden werden (Grupp & Fritsch, 2002). Im Karate bedeutet Kumite ein Kampf in einer Wettkampfsituation oder im Training. Daher gibt es viele verschiedenen Formen von Karate-Kumite vom grundschulmäßigen Kampf bis zum Freikampf. Am häufigste wird die Technik mit dem Freikampf zusammen nach definierten Regeln durchgeführt, welche in dem vorherigen Kapitel beschrieben wurde. Korrektheit und Präzision der Techniken sind die Grundlage für Kumite. Insbesondere für Anfänger/innen ist es nicht leicht sich dessen bewusst zu werden. Erst nach einiger Zeit erkennen die Schüler/innen zum ersten Mal Kumite als eine Art Kampf. Das Hauptziel im Karate-Kumite ist die Kontrolle über sich selbst, seinen Körper und den Gefühlen, weshalb Kumite in der freien Kategorie die letzte Stufe des Trainings im Karate darstellt.



Abb. 2: Karate 1-Premier-League in Dubai 2020, Rafael Aghayev (Aserbaidshan, rechts), Male Kumite -75kg. Female Kumite, Ura-Mawashi-geri (rechts) (WKF- World Karate Federation)<sup>8</sup>

## 1.7. Kata

Im Kihon (Grundschule) lernt man vorgegebene Bewegungsabläufe des Karate. Tausende Wiederholungen schließen sich in die Bewegungen ein und entwickeln sich zu den typi-

<sup>8</sup> <https://www.wkf.net/photo-gallery>

schen blitzschnellen Karatetechniken (Wichmann, 1996). Die *Kata* bestehen aus einer Vielzahl weniger praktizierten Techniken (Grupp & Fritsch, 2002). Der Ausdruck *Kata* bedeutet übersetzt „Form“. Sie beinhaltet einen Kampf gegen mehrere Gegner/innen. Das Hauptziel des *Kata* ist es, Angriff und Abwehr in einer Folge auszuführen. Modernes Karate, welches in einem Zeitraum von mehr als 100 Jahre zur heutigen Sportform „*Kata*“ entwickelt wurde, trat erstmals in der Mitte der 1930er Jahre als „freier Kampf“ in Erscheinung. Bis dahin gab es nur *Kata*-Wettkämpfe. Im Vordergrund stehen unterschiedliche Übungsziele: Korrekte Technik, richtige Atmung, guter Stand, perfektes Timing, perfekter Rythmus und exakte Bewegung, die in einem Raum entlang vorgegebener Linien durchgeführt werden (Wichmann, 1996). Im Vergleich zu anderen Stilen können vor allem sogenannte „tiefe“ Stände (*Tachi-waza*) ausgeführt werden (Abb. 2.).



Abb. 3: Ryo Kiyuma zum ersten Mal World Champion 2016 in Linz (links). Yogo geri-keage (rechts) (WKF-World Karate Federation)<sup>9</sup>

Das Verständnis für Timing und Koordination sollte an erster Stelle des *Kata* stehen, um die *Kata* richtig auszuführen. Damit die *Kata* gut ausgeführt werden kann, ist es essentiell, dass der Sinn (Anwendung) der vorgegebenen Technik verstanden wird (Grupp & Fritsch, 2002). Nach (Wichmann, 1996) unterscheidet man vier Kategorien der *Kata* (Tab. 1):

Tab. 1 Übersicht über die *Kata* des Shotokan-Stils

| Gruppe 1:<br>Der Schülergrad | Gruppe 2:<br>Kata bis zum Meister | Gruppe 3:<br>Meisterkata der 1 KYU | Gruppe 4:<br>Spezialkata für höhere Meister |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|
| Heian-Shodan                 | Basse dai                         | Bassai-Sho                         | Unsu                                        |
| Heian- Nidan                 | Jion                              | Kanku-Sho                          | Gojushiho-Dai                               |

<sup>9</sup> <https://www.wkf.net/news-center-new/world-champion-ryo-kiyuna-faces-big-challenges-in-karate-1-premier-league-in-paris/407>

|              |             |        |               |
|--------------|-------------|--------|---------------|
| Heian-Sandan | Empi        | Jitte  | Gojushiho-Sho |
| Heian-Yondan | Kanku-Dai   | Mekyu  |               |
| Heian- Godan | Hungetskaui | Sochin |               |

Quelle: Wichmann (1996, S. 65)

Die Bewertung einer hohen Kata wird von einem/einer Schüler/in mit einem niedrigeren Niveau ausgeführt, weil er/sie eine derartige Bewegungspräzision und einen derart ausgefeilten Rhythmus nicht erreichen kann (Wichmann, 1996). Wichmann (1996) schreibt, dass ein/e Schüler/in vom Beginn des Erlernens einer Kata bis zu drei Jahre brauchen kann. Gute Abwehr, sichere Bewegung und starker Stand werden als grundsätzliche Übungsziele betrachtet und dementsprechend trainiert.

### **1.8. Ausrüstung im Karate**

In diesem Kapitel wird auf folgende Schutzausrüstung eingegangen:

- WKF: Geprüfte Handschuhe, wobei ein/e Teilnehmer/in rote und der andere blaue Handschuhe trägt
- Zahnschutz
- WKF: Für Frauen gilt darüber hinaus Brustschuttpflicht
- WKF: Zugelassene Schienbeinschützer; ein/e Athlet/in trägt rote und der/die andere blaue Schienbeinschützer
- WKF: Zugelassener Fußschutz; auch hier trägt ein/e Athlet/in einen roten und der/die andere einen blauen Fußschutz

Die Bekleidung ist in beiden Disziplinen ähnlich, aber in der Kata tragen die Wettkämpfer/-innen keine Schutzausrüstung. Athlet(inn)en dürfen nur ein Karate-Gi (Kimono) in weißer Farbe ohne Streifen, Paspelierung oder persönliche Bestickung tragen. Die Kampfgegner/-innen müssen entweder einen roten oder einen blauen Gürtel tragen. Die Jacke muss mindestens die Hüfte bedecken und die Hose mindestens in Kata zwei Drittel des Schienbeins und in der Kumite bis zum Sprunggelenk reichen. Die Ärmel dürfen dabei nicht aufgekrempt werden. Die gesamte Schutzausrüstung muss vom WKF genehmigt werden.<sup>10</sup>

### **1.9. Gefahren des Kampfes im Karate**

Elias (2003, S. 404) schrieb, dass in einer zivilisierten, hoch organisierten Gesellschaft, weniger Gewalt und Aggression geduldet werden. Mit dem Beispiel des Pankration im antiken Griechenland war dies allerdings anders wie ein Zitat belegt:

<sup>10</sup> Wettkämpfer/Competitors ü.V. 2020 S.6-8

„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 Verletzungen, oft hatten die Kämpfe sogar einen tödlichen Ausgang. Auch kam es vor, dass ein im olympischen Zweikampf getöteter Athlet nachträglich zum Olympiasieger erklärt wurde, weil er besonders tapfer gekämpft hatte“ (Weiß & Nordern, 1999, S. 39).

Auch im heutigen Karatesport können Sportverletzungen nicht gänzlich vermieden werden, dennoch sind diese nicht so häufig wie bei anderen Kampfsportarten (Taekwondo oder Boxen). Risiken beinhalten insbesondere Kicktechniken, wo es relativ häufig zu Kopftreffern kommt. Im Karate sind Kicktechniken und Handtechniken ausschließlich mit einer sanften Berührung des Kopfes zulässig. Dennoch besteht ein gewisses Risiko, das der/die Gegner/in, insbesondere bei Fußtechniken verletzt werden (Markner, 2004). Eine Studie zeigt, dass Karateathlet(inn)en der Spitzenklasse die Technik *Gyaku-Zuki* durchschnittlich in einer Zeit von 320 ms ausführen (Hofmann, 2008, S. 578). Unter dieser hohen Geschwindigkeit leidet die Bewegungskontrolle, was häufig die Ursache für verschiedenste Verletzungen ist.

## **2. ANTHROPOMETRISCHE VERFAHREN**

Hinsichtlich ihrer Körpermaße, Dimensionen bzw. anthropometrischen Kenngrößen unterscheiden sich Menschen vielfach deutlich voneinander. Dies ist einerseits genetisch bedingt, aber auch von der Lebensumwelt abhängig (u.a. körperlichen Anforderungen, Ernährung, Klima). Die anthropometrische Methode ist eine Herangehensweise, welche in vielen unterschiedlichen Bereichen verwendet wird, um einerseits die verschiedenen Kategorien zu unterscheiden, und andererseits werden jene auf wissenschaftlicher Basis miteinander in Beziehung gesetzt. Beispielsweise ist die Menge an Muskeln genetisch unterschiedlich, allerdings auch die der Knochen bzw. deren Gewicht (Heushammer, 2018). Die biologischen Leistungsvoraussetzungen im Zusammenhang mit der physiologischen Regulation, den Stoffwechselprozessen und dem Körperbau sind von großer Bedeutung und stehen in einer direkten Beziehung mit den funktionellen Eigenschaften. Darunter wird schließlich die körperliche Konstitution verstanden (Schnabel, 1994, S. 198). Herm (1993) schreibt, dass der Körperbau direkt im Zusammenhang mit dem Training steht und als Voraussetzung für die Leistungsfähigkeit anzusehen ist. Damit eine Bestimmung von Körper- und Skelettmerkmalen angewendet werden kann, fasst diese anthropometrische Methode alle Verfahren zusammen.

## **2.1. Körperzusammensetzung**

In der heutigen Leistungsgesellschaft ist das körperliche Erscheinungsbild von großer Bedeutung. Der Body Mass Index (BMI) spielt eine wichtige Rolle in der Zusammensetzung des Körpers und gilt als ein Maß für weitere Klassifizierungen von Körpergewicht und Fettleibigkeit. Es kann allerdings damit keine genaue Auskunft über den absoluten Körperfettgehalt gegeben werden und erlaubt es nicht zwischen Fett und fettfreier Körpermaße zu unterscheiden (Ekel und et al., 2005). In Kraft- und Schnellkraftsportarten besteht allerdings ein direkter Zusammenhang zwischen fettfreier Körpermaße und der produzierten Kraft. Beispielsweise kann sich ein höherer Anteil an fettfreier Körpermaße in der Leichtathletik vor allem bei Wurf- und Stoßdisziplinen leistungsfördernd auswirken, da aufgrund der höheren Gesamtkörpermasse eine höhere Beschleunigung erzielt werden kann. Auch bei anderen Sportarten, wie u.a. beim Schwimmen ist die fettfreie Körpermaße im Zusammenhang mit der Kraft ausschlaggebend. Der hydrodynamischen Wasserwiderstand kann beispielsweise gezielter überwunden werden (Arnot & Gaines, 1990, S.122).

Im Karate sind die morphologischen Eigenschaften eines/einer Athlet(inn)en äußerst wichtig. Die Untersuchung der anthropomotorischen Eigenschaften von Karate-Athlet(inn)en können spezifische Details zum morphologischen und funktionellen Somatotypen liefern. Insbesondere bei genau definierten Gewichtsklassen ist dies von Bedeutung, da eine Gewichtszunahme einerseits zu einer Verschlechterung der sportlichen Leistung führen kann und andererseits der/die Athlet/in in eine höhere Gewichtsklasse fällt (Roschel et al. 2009).

## **2.2. Somatotypen**

Die morphologischen Eigenschaften von Sportler/innen sind für die Humanbiolog(inn)en von Interesse, da der Leistungssport an den Körper hohe Anforderungen stellt. So können bei Sportveranstaltungen und Wettkämpfen konkrete Beobachtungen durchgeführt werden, da es objektive Beurteilungskriterien gibt, wie beispielsweise eine vordefinierte Distanz, Zeit, Punktevergabe und die darauf zurückfolgende Platzierung. Aus diesem Grund lassen sich dadurch auch Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit, Kraft und Ausdauer ziehen (Carter et al., 1970). Demnach kann eine Untersuchung von Spitzensportler(inne)n Aufschluss über die Voraussetzungen für den Erfolg bei spezifischen Anforderungen geben und dementsprechend das Training angepasst werden. Allerdings sind hierfür auch genetisch bedingte Voraussetzungen zu berücksichtigen, wie beispielsweise die Form des Körperbaus. Jahrelang war die Klassifizierung des Körperbaus nicht möglich. Die erste Klassifizierung, die nach Sheldon (1940) gemacht wurde, identifizierte 76 unterschiedliche Körperbaufor-

men. Diese Methode wurde als „Somatotyping“ bekannt. Heutzutage verwendet das „Somatotyping“ eine Vielzahl von Methoden, die noch auf Sheldon basieren. Sheldon (1954) differenziert den Körperbau in drei spezifische Typen, die als ektomorph, endomorph und mesomorph bekannt wurden. Die Definition nach Sheldon (Hannelincik & Borms 1989, S.80) lautet:

„Eine Quantifizierung von drei primären Komponenten, die die morphologische Struktur des Individuums bestimmen, ausgedrückt als eine Serie von drei Zahlzeichen. Die erste bezieht sich auf Endomorphe, die zweite auf Mesomorphe und die dritte auf Ektomorphe.“

Heath & Carter (1967) sind der Ansicht, dass die Endomorphe als relative Fettleibigkeit bezeichnet werden kann, die Mesomorphe als die Basis für die Entwicklung der aktiven Körpersubstanz und die Ektomorphe als relative Linearität (Abb. 4). Nach Kretschmer (1955) werden diese drei Kategorien von Somatotypen anders bezeichnet: Mesomorphe-Athletiker, endomorphe-Pykner und ektomorphe-Leptosame. Damit diese drei Formen in den Somatotypen klassifiziert werden können, sollte eine einzelne Komponente dominieren. Hebbelinck & Borms (1989, S. 80) führt aus:

„Falls eine sekundäre Dominanz gibt, kann der Körperbau als ein endomorph-mesomorpher klassifiziert werden, was die primäre Dominanz der Mesomorphe mit einer sekundären Dominanz der Endomorphie anzeigt“.

Wenn somit zwei Komponenten überwiegen, wird der Typus nach diesen zwei dominanten Komponenten festgelegt. So kann gesagt werden, dass die Individuen mit den gleichen z.B. endomorphen und mesomorphen Dominanzen, als Endomorph-Mesomorph bezeichnet werden (Hebbelinck & Borms, 1989).

Heath & Carter (1967) entwickelten ein System, um die drei Komponenten des Körperbaus charakterisieren zu können. Diese Methode kann bei beiden Geschlechtern angewendet werden. Das Kriterium dieser Methode ist eine willkürliche photoskopische Bewertung vom Körper, die durch anthropometrische Verfahren anhand von äußeren Komponenten abgeleitet wird. Die erste Komponente wird als relative Dicke-Magerheit bezeichnet, die durch eine Summe von drei Hautfaltenmessungen ermittelt wird. Im Gegensatz zu Heath & Carter (1967) bezieht Parnell (1954) bei dieser Methode auch das Alter mit ein. Als zweite Komponente wird die Abweichung von Knochen zusammen mit den Werten der Körpergröße gemessen (Parnell, 1954 & Heath & Carter, 1989). Die dritte Komponente basiert nach Heath & Carter (1967) auf den reziproken *Index ponderis* (Quotient), wobei die Körpergröße (in cm) sowie die Körpermasse (kg) umgerechnet bzw. multipliziert werden.

Somatotypen sind nützlich zur Beschreibung sowie zum Vergleich von Populationen, dienen zur Überwachung von Wachstums- und Alterungsprozessen, und können Veränderungen aufgrund von Bewegung und körperlichem Training aufzeigen. Die Informationen von Somatotypen können auch zu Hypothesen führen, die sich auf Unterschiede zwischen den verschiedenen Kategorien beziehen, allerdings auch die Häufigkeit von Krankheiten und Verhaltensmerkmale bestimmter Kategorien aufzeigen.

### **2.2.1. Der ektomorphe Typ**

Der ektomorphe Typ bezieht sich auf die Körpergröße und dessen Verhältnisse. Im Vergleich zu den anderen Typen zeigt der ektomorphe Typus ein breiteres Becken im Vergleich zu den Schultern. Des Weiteren sind ein kurzer Oberkörper, lange Arme sowie Beine mit zierlichen Händen und Füßen charakteristisch für eine Person mit einem ektomorphen Körperbau.

Der höhere Stoffwechsel führt zu einer geringeren Fettspeicherung, allerdings ist der Knochenwachstum langsamer, als bei den anderen Typen. Aus diesem Grund kann gesagt werden, dass die Pubertät bei diesem Typus später einsetzt (Ahonen et al. 2003). Im Verhältnis zur Masse haben ektomorphe Typen eine größere Oberfläche und damit die größte sensorische Exposition gegenüber der Außenwelt und dem Zentralnervensystem. In gewissem Sinne ist die körperliche Ökonomie daher sehr stark, die aus der ektodermalen embryonalen Schicht stammt (Sheldon, 1940). Das Kreislaufsystem dieser Typen ist schwächer als bei anderen Athlet(inn)en, weshalb typischerweise ein niedriger Blutdruck sowie eine gesenkte Herzfrequenz dafür ausschlaggebend sind. Aufgrund des Kreislaufsystems ist dieser Typ auf kurzphasige Leistungen beschränkt. Somit fällt es ektomorphen Personen schwerer länger andauernde Belastungen zu überwinden, für welche u.a. die Kraftausdauerleistungsfähigkeit wesentlich ist (Ahonen, 2003, S.140). Die Nährstoffe werden schlechter absorbiert und dies kann zur Hypoglykämie also zu niedrigem Blutzuckerspiegel führen (Hebestreit et al., 2002).

### **2.2.2. Der mesomorphe Typ**

Dieser Typus ist durch das Überwiegen von Muskeln und Knochen gekennzeichnet. Mesomorphe werden als muskulös mit robusten Knochenstrukturen bezeichnet. Der Körperbau kennzeichnet sich durch einen niedrigen Körperfettanteil, breite Schultern und eine schmale Taille. Die gesamte Körperökonomie wird relativ stark von Geweben dominiert, die aus der mesodermalen embryonalen Schicht stammen (Sheldon, 1940).



Ahonen (2003) schreibt, dass die mesomorphen Typen schon im jungen Alter in sportlicher Hinsicht erfolgreich sind. Darüber hinaus kann gesagt werden, dass im Gegensatz zu endomorphen Typen die mesomorphen Typen ein besseres Kreislaufsystem besitzen. Die Leistungsbereitschaft bei mesomorphen Typen ist höher aufgrund des gesteigerten Adrenalinspiegels. Grundsätzlich ist dieser Typus mehr energetischer und kann sich besser entspannen bzw. regenerieren (Ahonen et al. 2003). Bei den physischen Aktivitäten wird der Blutdruck als Sporthertz mit einem niedrigen Blutdruck bezeichnet. Damit mesomorphe Typen dem Risiko einer Hypertonie des Herzes entgegensteuern, müssen sie regelmäßig aerobe Trainingseinheiten durchführen. Zu den starken Eigenschaften der mesomorphen Typen gehören auch Kraft, Ausdauer und Explosivität: „Ist die Fähigkeit, gegebene Bewegungsumstände mit maximaler Geschwindigkeit zu überwinden“ (Hottenrott & Seidel 2017, S.173). Diese Faktoren führen zusammen dazu, dass mesomorphe Typen nur mit geringen Intensitäten ihre Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit verbessern können. Athleten der Spitzenklasse in verschiedenen Kampfsportarten weisen überwiegend mesomorphe Komponenten des Körperbaus auf (Noh et al., 2014), wobei diesbezüglich auch eine Abhängigkeit von der Gewichtsklasse der Athleten bzw. Athletinnen bestehen dürfte (Trivic et al., 2020).

### **2.2.3. Der endomorphe Typ**

Hauptkennzeichen der endomorphen Typen ist ein größeres Körpervolumen, welches auf einen höheren Körperfettanteil zurückgeführt werden kann. Diese Aussage widerspricht jedoch der theoretischen Annahme von Sheldon, wobei der endomorphe Typ nicht vom Endo-, sondern von dem Mesoderm entwickelt wurde (Bernhard, 1998, S. 12). Bei den endomorphen Typen hat das Becken eine ähnliche Breite wie die Schultern. Das Übergewicht ist über dem gesamten Körper verteilt. Ahonen weist darauf hin, dass endomorphe Typen unter Berücksichtigung der physiologischen Funktionen zwischen meso- und ektomorphen Typen liegen (Ahonen, 2003). Wenn die Endomorphie dominiert, sind die Organe des Verdauungssystems massiv. Die Organe stammen hauptsächlich aus der endodermalen embryonalen Schicht und bezeichnen eine Form der Menschen mit dicken Fettschichten von Knochenstrukturen, die sich aus der Endomorphie entwickelt haben (Sheldon et al.1940; Heath &Carter, 1967). Des weitem zeichnet sich ein endomorpher Typ durch Kraft und Dehnfähigkeit aus, weshalb er im Sport als aktiv endomorpher Typ bezeichnet wird.

### 2.3. Knochendichte

Nicht nur körperliche Aktivitäten, sondern auch berufliche und diverse Alltagsaktivitäten (u.a. Freizeitsport, Leistungssport) sind wichtige Voraussetzungen für die Erhaltung der Knochendichte. Ohne stimulierende Effekte, die zu einer mechanischen Belastung führen, kommt es häufig zum Verlust der Knochenmasse. Koronas betont (2003), dass die maximale Knochenmasse bis zum 30. Lebensjahr als ein wichtiger Faktor für die Knochengesundheit im Hinblick auf die restlichen Lebensjahre ist. Das Maximum der Zunahme einer Knochenmineraldichte ist zwischen elf und 15 Jahren, und nimmt mit 16 Jahren deutlich ab. Die Zunahme korreliert mit den Entwicklungsstadien der Pubertät. Bei weiblichen Individuen wird es zwischen elf und 15 Jahren erreicht und bei männlichen zwei Jahre später. Körperliche Aktivitäten in der Kindheit sind entscheidend für die Knochenmasse und haben einen überdauernden Effekt für die spätere Lebensphase (Platen, 2001).

Die Beweglichkeit der Gelenke kann auch durch entsprechend dosierte Dehnübungen gesteigert werden. Durch diese gymnastischen Übungen werden die Gelenkkapselabschnitte vergrößert, Bänder verlängert und Gelenkflächen verbreitet. Die Veränderung heißt Aktivitätshypertrophie, die durch Training erreicht wird z. B. einseitig am Schlagarm des Tennisspielers (Abb. 4).

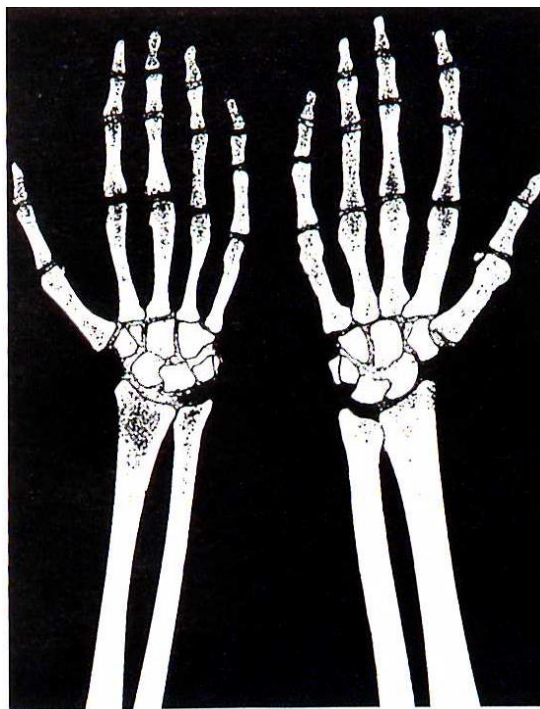


Abb. 4: Seitenvergleich der Unterarme eines Tennisspielers im Röntgenbild (de Meéres, 2003, S.13).

Andreoli et. al (2010) führt aus, dass Karate Athlet(inn)en eine höhere Knochenmineraldichte haben, als nicht trainierte Personen. Judo Athlet(inn)en nach Proueteau et al. (2006) sagte, dass trainierte männliche Judo Athleten eine höhere Knochenmineraldichte ( $1.28 \pm 0.13 \text{ g/cm}^3$ ) als untrainierte männliche Personen ( $1.18 \pm 0.12 \text{ g/cm}^3$ ) haben. All diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass das Ausüben von Kampfsportarten dazu beitragen kann, die Knochenmineraldichte zu erhöhen. Die Knochenmineraldichte kann die Leistungsfähigkeiten eines/einer Sportlers/Sportlerin bei einer Beeinträchtigung aufrechterhalten und die Häufigkeit von Verletzungen verringern.

### **3. ENERGIEBEREITSTELLUNG**

Im kommenden Teil dieser Masterarbeit werden die Formen des aeroben und anaeroben Energieverbrauchs sowie die Bedeutung der Energiebereitstellung für Karate-Athlet(inn)en diskutiert. Aus diesem Grund ist es von großer Bedeutung die Prozesse der Energiebereitstellungen zu kennen und zu verstehen. Um diese Reaktionen zu verstehen, werden diese in den nächsten Abschnitten ausführlich beschrieben. Dabei werden auch Grundlagen im Zusammenhang zwischen Belastung und Adaption gezeigt.

Um die unterschiedlichen Bewegungen im Karate auszuführen, sind Kontraktionen von Muskeln notwendig. Damit diese Kontraktionen ausgeführt werden können, wird die Energie vom Körper bereitgestellt. Dabei spielt das ATP eine wesentliche Rolle der Energiebereitstellung. Um die sportliche Aktivität aufrechterhalten zu können, muss die Muskulatur ATP herstellen. Dafür stehen unterschiedlichen Mechanismen zur Verfügung. Der Wiederaufbau der notwendigen aeroben Energie wird durch die Oxidation von Kohlenhydraten (Glukose = Traubenzucker), Fetten (Fettsäuren) und Proteinen erzielt (siehe Abb. 5). Wie schnell der Körper das ATP herstellen kann, hängt von der Belastungsintensität ab (Zintl & Eisenhaut, 2004, S.41). Als eine primäre Quelle der Energiebereitstellung gilt das ATP im Zusammenhang mit dem ADP (Adenosindiphosphat). Diese Menge kann nur für maximal zwei Sekunden während körperlicher Arbeit behalten werden. Um diese Erstreaktion auslösen zu können und die Geschwindigkeit zu bestimmen, ist dieses Enzym Myosin-ATPase verantwortlich (Hohmann, Lames & Letzelter, 2003). Falls es zu einer höhern Intensität kommt, wird der zweite Phosphatrest des ATP genutzt. Dies wird als AMP (Adenosinmonophosphat) bezeichnet. Dickhuth (2010) definiert ATP wie folgt:

„Organismen können nur leben und aktiv sein, wenn ihnen hierfür Energie zur Verfügung steht. Es werden die verschiedenen energieliefernden Prozesse beschreiben, die in Ruhe und insbesondere bei körperlicher Belastung in der Muskulatur

von Bedeutung sind. Die Schlüsselsubstanz, aus der alle Zellen und damit auch die Muskelzellen Energie beziehen, ist das Adenosintriphosphat (ATP), aus dem durch Umwandlung Adenosindiphosphat (ADP) entsteht“ (Dickhuth, 2010, S.17).

Man unterscheidet zwischen der anaeroben oder anoxydativen (ohne Sauerstoff) und aeroben oder oxydativen (mit Sauerstoff) Energiegewinnung. Hermansen (1984) hat festgestellt, dass die anaerobe (anoxydative) Energiebereitstellung in zwei Formen unterteilt wird. Zum einen in die *alaktazide*, die Energiefreisetzung von den Phosphaten (Kreatinphosphat und ATP) und zum anderen in die *laktazide*, welche auf der Glykolyse von Milchsäure basiert. Innerhalb der aeroben (oxydativen) Energiebereitstellung wird das ATP im Zusammenhang mit dem Sauerstoffverbrauch aufgebaut.

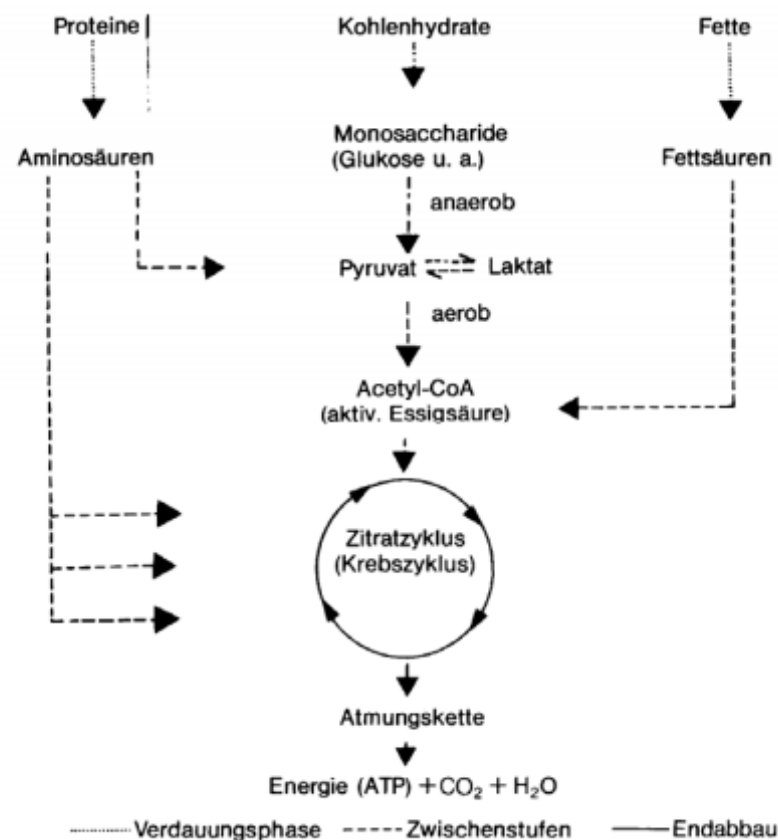


Abb. 5: Stoffwechselwege der energieliefernden Nahrungsstoffe (Weineck, 2008, S. 153).

### 3.1. Anaerober Energiestoffwechsel

Die anaerobe Energiebereitstellung bedeutet gewissermaßen „ohne Sauerstoff“ bei höheren Intensitäten. Dies bedeutet, dass die Energie in dieser Phase anaerob aufgebaut wird und in zwei unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden kann: Anaerob-laktazide und anaerob-alaktazide. Weineck (2008, S. 155) betont, dass der Organismus so lange arbeitet, bis die Belastung abgebrochen oder die Intensität vermindert wird, um eine oxydative

Selbstverbrennung zu ermöglichen. Die Muskelarbeit dauert so lange bis das neue ATP aus sekundären Energiequellen nicht wiederaufgebaut werden kann.

In dem vorherigen Kapitel wurde beschrieben, dass die Menge der körperlichen Aktivitäten nicht mehr als zwei Sekunden andauern bis es zur sekundären Energiebereitstellung kommt. Der erste Mechanismus, um aus der sekundären Quelle die Energie bereitzustellen, ist die Spaltung des Kreatinphosphat, welche nach ca. acht Sekunden einsetzt. Stegemann (1991, S. 35) schreibt, dass das ATP ohne Auffüllung des Kreatinphosphates nur für eine kurze Zeit von zwei bis maximal drei Sekunden bereitstellen kann. Im Leistungssport reicht die Muskelkraft des Kreatinphosphates bis ca. neun Sekunden, was einem 100 m Sprint entspricht (Stegemann, 1991, S. 35). Diese Energiebereitstellung wird als anaerob (ohne Sauerstoff) alaktazide (ohne Laktat) bezeichnet. Damit das Kreatinphosphat in einer Erholungsphase wieder aufgebaut werden kann benötigt es ca. vier bis fünf Minuten.

Während einer längeren Intensität wird das Kreatinphosphat entleert und demzufolge erfolgt eine andere Energiebereitstellung durch die anaerobe Spaltung von Glykogen. Im Muskel wird Glykogen gespeichert, der eine Speicherform von Zucker ist (Weineck, 2004, S. 33). Dieser Prozess heißt Glykolyse und dauert zwischen 20 bis 30 Sekunden. Als ein Energielieferant wird entweder Glukose oder Glykogen genommen (Weineck, 2008, S.147). Hollmann & Hettinger (1990, S. 61) führen an, dass aus 1 mol Glykolyse 3 mol ATP entstehen. Dieser Prozess heißt anaerobe Glykolyse. Dabei wird aus dem Glykogen Traubenzucker abgespalten, der wieder in eine Form über Pyruvat zu Laktat (Milchsäure) abgebaut wird. In dem Fall sinkt der pH-Wert durch eine Akkumulation des Laktats und die Glykolyse wird gestoppt. Um diese Prozesse weiterzuführen, sollte die Belastung reduziert oder abgebrochen werden (Hohmann, 2003). Es führt zu einem Aufbau des Kreatinphosphat, aus dem wieder ATP für die Energiebereitstellung aufgebaut werden kann. Bei einer hochintensiven Belastung kann die anaerobe Glykolyse als Energiebereitstellung etwa ca. zwei Minuten behalten werden, danach beginnen aerobe Prozesse (Zintl & Eisenhut, 2004, S.52).

### **3.2. Aerober Energiestoffwechsel**

Eine anaerobe Energiegewinnung wird als Belastungsausdauer bezeichnet, die über eine Minute dauert. Keul & Kindermann (1978) weisen darauf hin, dass bei der aeroben Energiebereitstellung neben Glukose und Fette (Fettsäuren) in bestimmten Fällen auch Eiweiß als Energiespeicher verbrannt werden kann. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die Kontraktionsgeschwindigkeit des Muskels von der Energieversorgung abhängt. Damit kann gesagt werden, dass bei der anaeroben Energiebereitstellung genügend Sauerstoff benötigt wird und somit nur eine kleine Menge des Laktats gebraucht wird. Durch den Sauerstoff

wird ein großer Teil der Brenztraubensäure oxidiert. Aus dem Prozess aktivieren sich die Essigsäure und führen zusammen mit Oxalsäure zu Zitronensäure. Dieser Prozess heißt Zitronensäurezyklus (Hohmann, 2003, S. 51). Bei untrainierten Personen kann nach der Entleerung des Glykogenspeichers diese Bereitstellung ca. 30 Minuten, und von 60 bis 100 Minuten bei trainierten Personen behalten werden. Die Konsumation von unterschiedlichen Getränken oder die Einnahme von Kohlenhydraten dienen ebenfalls als Energielieferanten. Andernfalls wird die Energie aus den Glykogenspeicher der Leber oder Aminosäuren genommen.

Die Energiebereitstellung aus den Proteinen verläuft im Darm ab, wobei die Aminosäuren zerlegt werden. Daraus können dann maximal 5% für die Energiebereitstellung gewonnen werden. Die Synthese der körpereigenen Proteine aus Aminosäuren wird als Anabolismus gezeichnet. Im Fall einer niedrigen Belastungsintensität wird die Energie aus dem Glykogenspeicher verschont. Dieser Prozess führt zu einer Reaktion, die vom Abbau des Fettes bzw. in dem Fall der Fettspeicher von Triglyzeriden zu Glycerin geführt wird, wo ein Teil der Energie wieder bereitgestellt wird.

„Der Fettabbau beginnt in den Fettzellen, den Adipozyten, die das gespeicherte Neutralfett enthalten. Das Enzym Lipase durch Hydrolyse ein Fettmolekül in je drei Fettsäuren und Glycerin auf. Dieser Vorgang wird Lipolyse genannt und wird durch Adrenalin stimuliert. Das Glycerin wird in die Glykolyse eingeschleust, wo durch die Spaltung des Glukosemoleküls zunächst glyzerinähnlichen Substanzen anfallen. Die Gesamtausbeute eines Moleküls Glycerin ergibt 19 Moleküle ATP“ (Haber, 2009, S. 15).

### **3.3. Aerobe und Anaerobe Schwelle**

Als aerobe Schwelle wird ein Stoffwechselvorgang bezeichnet, welcher von der Beteiligung von Sauerstoff abhängig ist. Als anaerobe Schwelle wird ein Stoffwechselvorgang bezeichnet, der ohne Beteiligung von Sauerstoff abhängig ist. Der Unterschied zwischen aerobe und anaerobe Schwelle ist, dass die aerobe Schwelle bei einem Stufentest in ermittelten Blutlaktatkonzentration von 2 mmol/l entspricht, und die anaerobe von 4 mmol/l (Boutellier, 2005, S. 185). Als ein minimales Laktatäquivalent oder als ein Basis-Laktat wird die aerobe Schwelle bezeichnet. Wegen seiner Bestimm- und Reproduzierbarkeit besitzt das Laktat eine besondere Bedeutung. Bei einer bestimmten Belastung kommt es zu einem Anstieg der Produktion von Laktat, zunächst in Muskeln und dann durch Diffusion im Blut.

Wenn das produzierte Laktat nicht mehr abgebaut werden kann, kommt es zu einem Übergang von der aerob zur anaeroben Schwelle (Zintl & Eisenhut, S. 73). Somit ist die anaerobe Schwelle ebenfalls von der Belastungsintensität abhängig, wobei an jener Schwelle ein maximales Laktatgleichgewicht entsteht. Aus diesem Grund kommt es zu einem Gleichgewicht von Laktatbildung und Laktatabbau. Dieser Zustand wird noch als maximales Laktat-Steady-State (MLSS) bezeichnet. Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass sowohl die aerobe als auch die anaerobe Schwelle für jede/n Athleten/Athletin individuell bestimmt werden muss, wofür die individuellen Laktatwerte relevant sind. Diese hängen einerseits vom Belastungsprotokoll ab, und andererseits vom Trainingszustand sowie von der Muskelmasse.

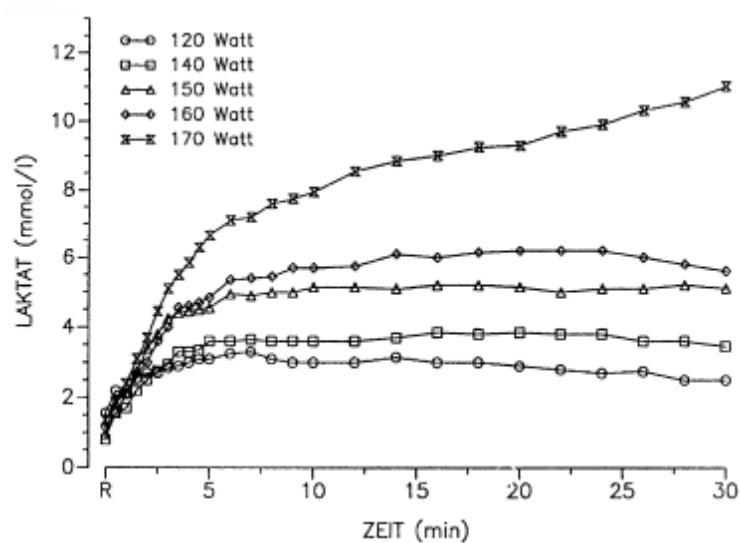


Abb. 6: Laktat-Kurve konstanter Belastung am Ergometer zur Bestimmung des maximalen Laktat-Steady-State (Heck, 2005. S. 215).

Die Abbildung 6. zeigt eine Steigerung der Belastung um 10 Watt. Somit stellt sich das Laktat auf einen höheren Wert ein. Bei 160 W zeigt sich eine Rate vom maximalem Laktat-Steady-State und nach der Beendigung dieser Phase ist die Energiegewinnung rein aerob, kleiner oder gleich dem maximalen Laktat-Steady-State. Dies verdeutlicht, dass bei der oberen Grenze des maximalen Laktat-Steady-State die Laktatabbildung größer ist und nicht mehr abgebaut werden kann. Dies entspricht der aerob-anaeroben Schwelle.

### 3.4. Die Bedeutung der Energiebereitstellung für den/die Karatekas

Im folgenden Kapitel wird die Bedeutung der Energiebereitstellung der beiden Disziplinen (Kata/Kumite) beschrieben. Es besteht die Annahme, dass beide Energiebereitstellungen für beide Disziplinen in der jeweiligen Sportart von großer Bedeutung sind.

Zur Steigerung der Wettkampfleistung wird insbesondere der Fokus auf das sportliche Training gelegt, welches sich an den Wettkampfanforderungen eines/einer Karateathleten/Karateathletin orientiert. Hierfür ist die Sportwissenschaft relevant, welche als Hauptziel die richtige Definition von Belastungs- und Beanspruchungsprofil verfolgt. In den letzten Jahren wurde für die Ermittlung des physiologischen Anforderungsprofils der beiden Disziplinen das energetische Profil der Karatekas erforscht. Ausgehend von der Anforderung an die energieliefernden Prozesse im Karate, bzw. der Energie die während *Kumite* oder *Kata* benötigt wird, ist festzustellen, dass prozentuell gesehen der aerobe Stoffwechsel einen hohen Anteil hat, der bei *Kumite* deutlich höher ist als bei *Kata* (Abbildung 7). Dies ist auch dadurch bedingt, dass die durchschnittliche Belastungsdauer bei *Kumite* bis zu 240 Sekunden beträgt, bei *Kata* dagegen 80-140 Sekunden (Francescato et al., 1995, Beneke et al., 2004., Doria et al., 2009). Die schnellen Angriffe- und Abwehraktionen im *Kumite*, die durch kurze Aktionen von ein bis drei Sekunden dauern, werden aus dem anaeroben-alaktaziden Stoffwechselweg gewonnen. Hierfür wird der ATP-Vorrat hergenommen, der direkt in Muskeln verfügbar ist. Zintl & Eisenhut (2004) waren der Ansicht, dass dieser Vorrat von ATP ca. 6 mmol beträgt und zwei bis drei Sekunden dauert, was für eine Aktion in Karate-*Kumite* reicht. Um längere Zeiten im Kampf zu absolvieren, wird auf das Kreatinphosphat zugegriffen – hier beträgt der Vorrat in der Muskulatur etwa 21 mmol/kg (Weineck, 2004). Daraus kann man erkennen, dass die Energie, welche für eine kurze Zeit mit höherer Intensität benötigt wird, aus dem Kreatinphosphatspeicher gewonnen wird.

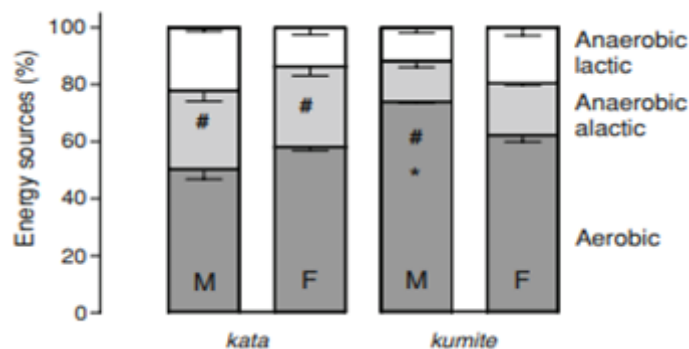


Abb. 7: Energiebereitstellung für männliche und weibliche Karateathleten im *Kumite*- und *Kata* (Beneke et al., 2009, S. 608).

In Tabelle 2 sind die Prozentangaben dargestellt. Daraus kann man erkennen, dass beim Vergleich der beiden Disziplinen (m/w) in *Kumite* (74%) eine höhere aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit benötigt wird, als in der Disziplin *Kata* (50%).



Tab. 2. Ergebnisse aus der Forschung zur Quantifizierung der Energiebereitstellung im Kumite- und Kata. Die Werte sind aus der Grafik abgeleitet.

| Untersuchung<br>Beneke et.al 2009 | Aerob | Anaerob laktazid | Anaerob alaktazid |
|-----------------------------------|-------|------------------|-------------------|
| <i>Kata</i>                       | 50%   | 22%              | 28%               |
| <i>Kumite</i>                     | 74%   | 12%              | 14%               |

Quelle: mod. n. Doria et. al. (2009, S. 605)

### 3.5. Testverfahren der Bestimmung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeiten

In den letzten Jahren wurden in allen Sportarten, einschließlich Karate-Sport, sowohl bei den Weltmeisterschaften als auch in diesem Jahr bei den Olympischen Spielen in Tokio große Bemühungen unternommen, um die Teilnehmer/innen konditionell i bestmöglich auf Großwettkämpfe vorzubereiten um Medaillen gewinnen zu können (Oakley & Green, 2001). de Marées (2003) führt aus: „Die Bestimmung der Kapazität und Leistungsfähigkeit der Einzelkomponenten des Energiestoffwechsels muss Ziel einer komplexen Leistungsdiagnostik sein, weil nur so Defizite in Teilbereichen erkennbar sind und quantitative Hinweise für die Trainingssteuerung gegeben werden können“. Bouchard (1991) schreibt, dass die Labormessungen von der anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit bei den Sportarten relevant sind, die durch alaktazide und laktazide Energiebereitstellung ausgeübt werden.

Worin ist ein/e internationale Karateathlet/in besser als ein/e nationale/r, oder wodurch unterscheiden sich die Karateathlet(inn)en in den verschiedenen Disziplinen? Alle diese Antworten werden durch sportmedizinische bzw. leistungsdiagnostische Untersuchungen geliefert. Dazu ist es erforderlich die Anforderungen einer Sportart bzw. der Wettkampfanforderungen einer Sportdisziplin (energetisch, mechanisch und koordinativ) genau zu kennen um einerseits aus einer Vielzahl an möglichen Tests die für die Sportart jeweils sinnvollsten Tests und Parameter auszuwählen und für die Gestaltung der Belastungsnormative im Training verwenden zu können.. Das Hauptziel der leistungsdiagnostischen Tests ist es die sportartspezifischen Daten zu liefern, sichtbar zu machen und die Trainingsprozesse und die Trainingsplanung bzw. Anpassungen zu unterstützen. All diese Komponenten in einem Zusammenhang und in Abhängigkeit zueinander werden anhand der Soll-Werte sowie der Ist-Werte verglichen, damit daraus gültige Informationen für die Trainingssteuerung und -planung abgeleitet werden können. Die Kenntnisse über sportmedizinische Maßnahmen wie z.B. Intensität, Belastung oder Erholung sind von großer Bedeutung für die Planung des Trainings. Um ausschlaggebende und gut interpretierte Aussagen aus den Tests zu

ermitteln, werden wissenschaftliche Richtlinien und Testkriterien benötigt. Die Hauptkriterien werden nach Grosser & Staricka (1986) wie folgt genannt: Validität (Gültigkeit), Objektivität und Reliabilität (Zuverlässigkeit).

- Unter *Objektivität* versteht man bei einer Testung, dass die Ergebnisse nicht von der Meinung, Ansicht oder auch Vorstellung der Forscher/innen abhängen. Eine gute Objektivität zeigt sich, wenn bei allen Forscher(inne)n auch das gleiche Ergebnis herauskommt.
- *Reliabilität* (Zuverlässigkeit) ist die Genauigkeit der Tests. Daher ergibt sich, dass ein Test im Wiederholungsfall auch zu gleichen Ergebnissen führen kann.
- *Validität* zeigt die Gültigkeit einer Messung.

Diese Kriterien stehen in einem Zusammenhang, hohe Validität bedingt eine hohe Objektivität und Reliabilität (Fetz & Kornexl, 1978, zit. n. Hofmann, 2017, S.73).

### **3.5.1. Fahrradergometrie**

Bei einer Fahrradergometrie kann die körperliche Ausdauerleistungsfähigkeit getestet und ermittelt werden. Haber (2005) schreibt, dass die Fahrradergometrie in Europa neben anderen unterschiedlichen sportmedizinischen Tests wie z.B. Lauf- oder Kanuergometer als das Standard der Ergometrie bezeichnet wird. Eine Durchführung der Ergometrie dauert zwischen neun und zwölf Minuten, wobei diese Belastungszeit nicht überschritten werden sollte. Während einer Belastungsuntersuchung sind noch verschiedene Zusatzuntersuchungen möglich, wie z.B. Blutdruckmessung oder EKG. In seinem Buch (de Marées, 2003, S. 446) schreibt, dass diese Messungen wie Blutdruck und EKG als Vorteile der Ergometrie bezeichnet werden. Als Nachteil gilt die Leistungsbegrenzung der unteren Extremitäten. Das heißt, dass es in der Oberschenkelmuskulatur zu einer starken Ermüdung kommt wodurch manche Proband(inn)en kardiopulmonal nicht ausbelasten werden können. Andere Messwerte, die bei einem leistungsdiagnostischen Test gemessen werden können sind beispielsweise, die Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxidabgabe, Ventilation, Atemzugvolumen, Atemfrequenz (end-expiratorische Partialdrücke für O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> etc.) und das Blut-Laktat – bzw. Blut-Glukose-Konzentration sowie abgeleitete und berechnete Größen (Atemäquivalente für O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> relativ auf das Körpergewicht bezogene Leistung und Sauerstoffaufnahme) (Hofmann, 2017, S. 79).

Belastungsverfahren bei der Fahrradergometrie können mit einer ansteigenden Belastung und mit einer gleichförmigen Belastung durchgeführt werden. Ansteigende Belastung unterteilt sich durch den rampenförmigen Belastungstest und Stufentest. Beim Rampentest wird die Belastung kontinuierlich gesteigert, wobei diese Form als schnelle Methode zur Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme herangezogen wird (Wasserman et al. 2012). Bei dem Stufentest wird die Belastung stufenweise gesteigert, die von einer Ruhepause bis zu einer submaximalen Belastung festgestellt wird. Je nach Fragestellung kann die Dauer der Belastungsstufen von ein bis acht Minuten oder länger betragen. Eine trainierte Person kann mit 20 W/min getestet werden, ansonsten werden eher 10 W/min bzw. 15 W/min herangezogen (Hofmann et al. 2017).

### 3.5.2. Laufbandergometer

Das Laufbandergometer wird vor allem in den USA verwendet und in Europa vermehrt für sportmedizinische Zwecke (Haber, 2013, S. 117). Es besteht aus zwei Rollen, wobei die Versuchsperson gegen die Bewegungsrichtung des höhenverstellbaren Bandes läuft. Laut de Marées (2003, S. 447) steigt die erbrachte physikalische Arbeit mit:

- Zunehmender Körpermaße  $m$  (kg)
- Zunehmender Geschwindigkeit des Laufbandes  $v$  (m/s)
- Zunehmendem Winkel ( $\alpha$ ) des Laufbandes

$$\text{Leistung (Watt)} = 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)} \times m \text{ (kg)} \times v \text{ (m/s)} \times \sin \alpha$$

Diese Formel der physikalischen Leistung geht zu Beginn von einem Anstiegswinkel von null Grad aus, welcher null Watt entspricht. Hierbei sind sowohl Geschwindigkeit als auch Körpermaße der Versuchsperson nicht ausschlaggebend. Bei dem Laufbandergometer ist die erbrachte Arbeit von Null unterschiedlich. Es gibt verschiedene Ursachen für diese Diskrepanz, da die positive und negative Beschleunigung gegen die Erdschwerkraft erfolgt. Zudem hängt diese Abweichung von den Armen und Beinen ab, die rhythmisch beschleunigen bzw. bremsen. Die dritte energieverbrauchende Komponente ist die Reibungskraft zwischen Laufbandfläche und Schuhsohle (de Marées, 2003, S. 448). Der Geschwindigkeitsbereich für das Laufbandergometer beträgt ca. 2 m/s (7,2 km/h) bis 6 m/s (21, 6 km/h) und der Energieverbrauch steigt linear mit der Geschwindigkeit an.

Bei dem Laufbandergometer gibt es allerdings auch einige Nachteile (de Marées, 2003, S. 448; Haber, 2013, S. 117):

- Die Schrittfrequenz kann nicht kontrolliert werden und die Schrittlänge kann nicht vorgegeben werden. Aus diesem Grund ist das Laufbandergometer nicht standardisierbar
- Es gibt Schwierigkeiten bei bestimmten Messungen, wie z.B. beim EKG, Blutdruck oder Blutentnahme für die Belastungsanalyse, wobei die Testung kurzfristig unterbrochen werden muss
- Bei höheren Belastungen gilt auch die Sturzgefahr

Aufgrund

dieser unterschiedlichen Nachteile wird für viele Sportarten eher die Fahrradergometrie herangezogen (de Marées, 2003, S. 448).

### **3.5.3. Der Karate-spezifische aerobe Feld Test für Karatekas (KSAT)**

In dem Kapitel „Geschichte des Karates“ wurde beschrieben, dass der Karatesport sich von einer traditionellen Kampfkunst zu einem modernen globalen Kampfsport entwickelt hat. Der Karate-Kampf besteht aus vielen Wiederholungen von Techniken, die durch rhythmische Sprungbewegungen und während eines 3-minütigen Kampfes (bei Männern) mit geringer Intensität ausgeführt werden. Karatekämpfe sind daher eindeutig durch ein intermittierendes Aktivitätsmuster gekennzeichnet (Chaabéne et al. 2012). In einem simulierten Karate-Match wurde beobachtet, dass die Aktivitätsphasen  $16 \pm 5$  hochintensive Aktionen pro Kampf mit der bestimmten Dauer von jeweils ein bis fünf Sekunden dauert, wobei überwiegend Karate-Techniken für die oberen Extremitäten verwendet wurden (76,2% alle verwendeten Techniken) (Chaabéne et al. 2014). Aus Kombinationen von Angriffstechniken ergibt *Kizame-gyako zuki* (siehe Kapitel 2.4.1) 53,1% für oberen Extremitäten und *Mawaschi-geri* 43,9% für die unteren Extremitäten. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die Karate-Athlet(inn)en von der Energiebereitstellung aerob sind, obwohl Aktionen, die durch einen Kampf durchgeführt werden, wurden als anaerob bekannt (Chaabéne et al. 2004., Doria et al. 2009., & Iide et al., 2008). Tabben et al. (2014) gibt an, dass regelmäßige Beurteilung und Überprüfung von physiologischen und physischen Eigenschaften für den/die Karateathleten/Karateathletin von großer Bedeutung sind. Um diese Kriterien zu bestätigen, wurden die traditionellen Tests herangezogen, wie auf dem Laufbandergometer und Fahrradergometer, die in dem vorherigen Kapitel beschreiben wurden. Um Trainingsprotokolle und spezifische Tests erstellen können, konzentrieren sich die meisten Studien auf physiologische Eigenschaften, die spezifische Bewegungen von Wettkämpfen antreten

(Chaabéne et al. 2012 & Iide et al. 2008). Aus dieser Gegebenheit wurde von Nunan ein Karate-spezifischer aerober Test entwickelt (Nunan, 2006).

Das Design des KSAT basiert auf einer eingehenden Analyse eines Karate-Wettbewerbes, um einen Feldtest entwickeln zu können, der die tatsächlichen Anforderungen des Wettbewerbs nachahmt. Durch die Ausführung dieses Tests müssen typische Techniken, die in einem Karate-Wettbewerb ausgeführt werden (*Kizame-gyako-tsuki und mawashi-geri*). Um die wichtigen Kriterien (*Validität und Reliabilität*) des KSAT zu erstellen, sollte der Test eine Woche früher unter den gleichen Bedingungen ausgeführt werden (Hopkins, 2000). Um herauszufinden, ob die erhaltenen Ergebnisse gültig bzw. messbar sind, führten Proband(inn)en zusätzlich eine Messung auf dem Fahrradergometer durch, um auch die  $VO_{2max}$  zu bewerten. Nunan et al. 2006, Chaabene et al. 2014 & Tabben et al. 2015 sagen, dass das Aufwärmen (auf dem Laufband und aktive Dehnen) vor der Ausführung des Tests notwendig ist, um die höchste Reliabilität und Validität zu erreichen. Die subjektive Befindlichkeit wurde durch eine Neben den durch objektive Messparameter welche mittels Spiroergometrie und einen Herzfrequenzmessgerät, wurde auch das subjektive Empfinden erfasst.

Der Test wird unter den gleichen Bedingungen wie bei einem Wettbewerb durchgeführt.<sup>11</sup> Während der Ausführung vom KSAT werden relative ( $\text{mL/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ ) und die absolute ( $\text{L/min}$ ) maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) als die höchste Rate durch 30 Sekunden von  $VO_2$  gekennzeichnet. Die Herzfrequenz wird alle fünf Sekunden aufgezeichnet und die Blutlaktatkonzentration ( $La^-$ ) wurde drei Minuten nach der Testung in sitzender Position gemessen. Der Test von Nunan (2006) wurde unter einer Belastungszeit von drei Sekunden (Tabelle 3.) erstellt, damit die Kampfkationen einem Wettbewerb entsprechen.

Tab. 3. Das Protokoll von KSAT (Karate-specific aerobic test)

| Level | Aktivität | Pause (s) | Wiederholungen | Dauern der Übung (s) | Gesamtdauer (s) |
|-------|-----------|-----------|----------------|----------------------|-----------------|
| 1     | 3         | 42        | 2              | 90                   | 90              |
| 2     | 3         | 27        | 3              | 90                   | 180             |
| 3     | 3         | 20        | 4              | 92                   | 272             |
| 4     | 3         | 15        | 5              | 90                   | 362             |

<sup>11</sup> „Die Wettkampfregeln für den Sportkampf im Karate sind im Wesentlichen eine Absprache zwischen denen, um die Kampffähigkeiten vergleichen zu wollen. Diese Absprache bestimmt die Umstände, wo ein Sportkampf ausgeführt werden kann und erlaubten bzw. vorgegebene Kampfkationen und die verbotenen Tätigkeiten, die Auswertung der Gemessenheit einzelner Aktionen sowie das Verhalten aller Beteiligten“ (Markner, 2005).

|    |   |    |    |    |     |
|----|---|----|----|----|-----|
| 5  | 3 | 12 | 6  | 90 | 452 |
| 6  | 3 | 10 | 7  | 91 | 543 |
| 7  | 3 | 8  | 8  | 88 | 631 |
| 8  | 3 | 5  | 11 | 88 | 719 |
| 9  | 3 | 3  | 15 | 90 | 809 |
| 10 | 3 | 2  | 18 | 90 | 899 |

Quelle: mod. n. Tabben (2014, S. 954)

Der Test wurde mit zwei akustischen Signalen durchgeführt, wobei das erste den Probanden signalisiert, wenn diese mit dem Test beginnen sollten, und das zweite, um den Beginn der Erholungsphase anzugeben. Der Test wird beendet, wenn die Probandinnen in einem Intervall von 3 Sekunden nicht die geforderte Wiederholungszahl absolvieren können. Jeder muss bei der Überprüfung bis zur Ausbelastung gehen, damit eine maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) erreicht werden kann (Tabben et al. 2014). Um einen objektiven signifikanter Unterschied von  $O_2$  und HF zu erstellen, wurde der genannte Test mit einer stufenförmigen Fahrradergometrie verglichen (Tab. 4). Ein Aufwärmen wurde dazu bei 60 W / 3 Minuten durchgeführt anschließend, wurde nach jeweils 3 Minuten Die Belastung um 30 Watt erhöht.

Tab. 4. Studien zur Untersuchung der Reliabilitätsprüfung (ICC-intraclas correlation coefficient, SEM-typical error of measurement, SWC-smallest worthwhile effect).

| Variable     | $VO_{2peak}$ ( $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) | $VO_{2peak}$ (L/min) | Time to exhaustion (s) | Blood lactate concentration (mmol/L) |
|--------------|----------------------------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Test         | $53.7 \pm 5.1$                                     | $3.4 \pm 0.6$        | $635.3 \pm 50$         | $10.8 \pm 2.6$                       |
| Retest       | $54.0 \pm 5.0$                                     | $3.4 \pm 0.7$        | $636.9 \pm 49.0$       | $10.5 \pm 2.4$                       |
| <i>P</i>     | .29                                                | .25                  | .27                    | .47                                  |
| ICC (95% CI) | .99 (.990-.998)                                    | .98 (.96-.99)        | .99 (.990-.998)        | .90 (.720-.963)                      |
| SEM          | 0.039 (1.14%)                                      | 0.50 (0.93%)         | 2.22 (0.34%)           | 0.55 (5.12%)                         |
| SWC          | 0.135                                              | 1.10                 | 9.75                   | 0.50                                 |

Quelle: Tabben (2014b, S. 955)

Es wurde für die  $VO_{2max}$  und  $HF_{max}$  keine signifikanten Unterschiede zu der Fahrradergometrie erhoben. Die Ergebnisse nach Tabben et al., (2014) zeigen demnach, dass der KSAT valide Ergebnisse liefert welche mit jenen der Radergometrie vergleichbar sind. Des Weiteren zeigt sich, dass es eine signifikante Korrelation zwischen  $VO_{2max}$  aus dem KSAT, als auch mit  $VO_{2max}$  aus dem Labortest ( $r = 0,83$ ; 95% CI. 0,51 – 0,94;  $p <$

0,0001 ) gibt (Abb. 6). Die Werte, die aus dem subjektiven KSAT mit einer Ausbelastung von  $VO_{2max}$  geliefert wurden ( $r = 0,81$ ; 95% CI: 0,47 – 0,94;  $p < 0,0001$ ) und ebenso die  $VO_{2max}$  Werte, die von der Fahrradergometrie mit den Werten aus dem KSAT, die nach einer maximalen subjektiven Ausbelastung des KSAT erhalten wurden, korrelierten miteinander.. Der Test ermittelt auch die absolute und relative Reliabilität sowie die kriteriumsbezogene Validität eines neuen Karate-spezifischen Feldtest (KSAT), der zur Bewertung von aeroben Ausdauerleistungsfähigkeiten entwickelt wurde (Tabben et al. 2014).

Kritisch sollte allerdings betrachtet werden, dass es sich um eine geringe Anzahl an Proband(inn)en ( $n=13$ ) handelte. Beide Untersuchungen wurden zwischen 14 h und 17 h auf dem Tatami (Wettkampffläche) durchgeführt. Die Temperatur betrug zwischen 19 ° C und 20 ° C.

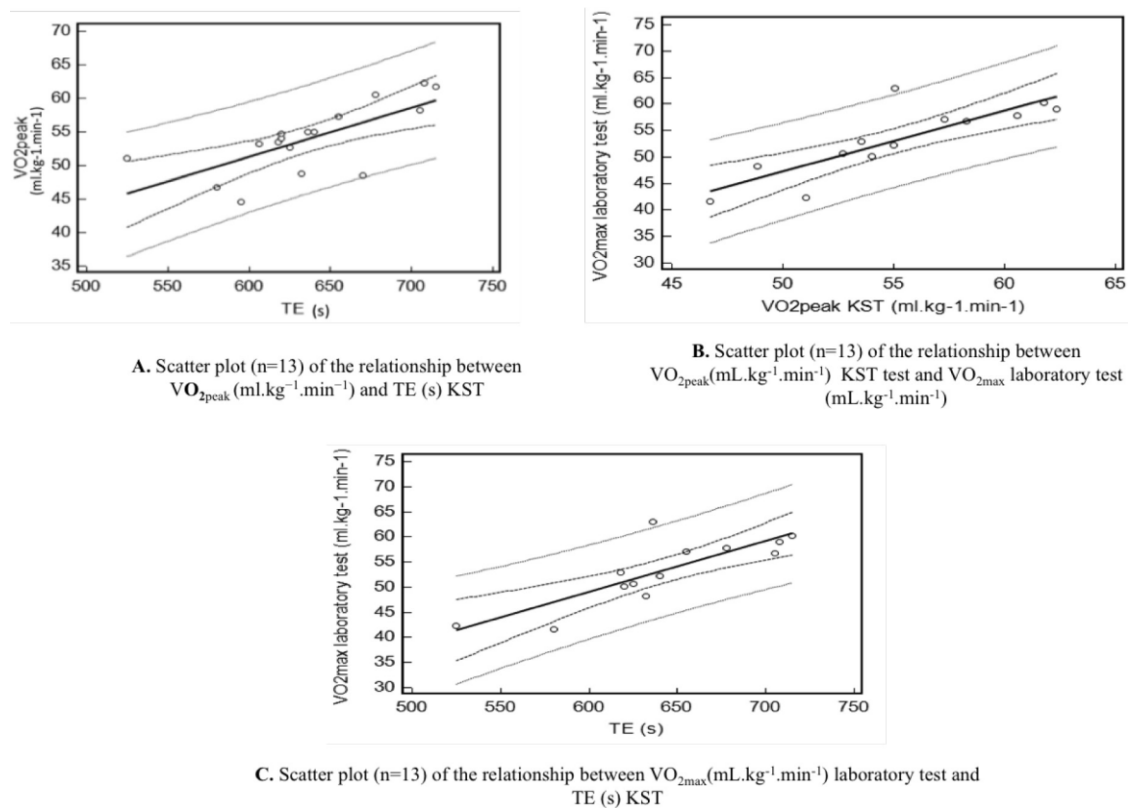


Abb. 8: Die Ergebnisse von der Beziehung zwischen dem KSAT und der Fahrradergometrie. (A) Beziehung zwischen der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) und der Zeit bis zur Erschöpfung (TE – time to exhaustion) bei dem KSAT; (B) Beziehung zwischen der  $VO_{2max}$  bei dem KSAT und der  $VO_{2max}$  bei der Fahrradergometrie und (C). Beziehung zwischen der  $VO_{2max}$  bei der Fahrradergometrie und der Zeit (TE) zur Erschöpfung von dem KSAT (Tabben et al., 2014, S. 205)

## 4. MAXIMALE SAUERSTOFFAUFNAHME ( $VO_{2max}$ )

### 4.1. Physiologie der $VO_{2max}$

„Die maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) ist die Standard-Messgröße der aeroben Leistungsfähigkeit. Es handelt sich hierbei um die Menge an Sauerstoff ( $O_2$ ), die vom Organismus maximal aufgenommen und verwendet werden kann“ (Wonisch et al., 2004, S.174)

„Unter der Sauerstoffaufnahme (in ml/min bzw. l/min) wird die Menge an Sauerstoff verstanden, die das Organismus der innerhalb einer Minute im Rahmen der Energiebereitstellung in den Geweben verbraucht bzw. umsetzt“ (de Marées, 2003, S.232)

Die maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) wird als eine Sauerstoff-Kette beschreiben. Bei der Sauerstoff-Zufuhr wird die aufgenommene Luft ( $O_2$ ) aus der Lunge ins arterielle Blut eingeatmet und gleichzeitig vom venösen Blut ausgeatmet, wobei Kohlendioxid ( $CO_2$ ) eliminiert wird. Daher ist die maximale Sauerstoffaufnahme einer der Hauptkriterien zur Bestimmung des physiologischen Parameters, damit die aerobe Leistungsfähigkeit beurteilt werden kann. Das Herzkreislaufsystem ist bei der Verarbeitung beteiligt, wobei die eingeatmete Luft durch das Blut in Form von Sauerstoff als aerober Energieteil zur Muskulatur geliefert werden kann. In der Physiologie wird davon ausgegangen, dass je mehr Sauerstoff in den Muskeln vorhanden ist, desto besser und effektiver können diese arbeiten (Osorio und Portela, 1996, S. 36). Bouchard et al. (1985, S. 326) sind der Ansicht, dass bei Jugendlichen die  $VO_{2max}$  bis zur Pubertät zunimmt und danach die mittleren Werte bei Frauen im Gegensatz zu Männern abnehmen. Um die sogenannte Energie heranziehen zu können, werden die Muskeln beschäftigt, damit mehr Sauerstoff aus dem Blut aufgenommen werden kann. Mit ansteigendem Sauerstoff steigt der Sauerstoffbedarf auch an, der zur Beanspruchung der Muskulatur benötigt wird. Je mehr Sauerstoff im Körper verstoffwechselt wird, desto mehr wirkt sich dies positiv auf die Herzfrequenz und das Schlagvolumen aus. Osorio & Partela (1996, S. 30) schrieb:

„Das hat zur Folge vergrößertes Schlag- und Herzminutenvolumen, eine bessere Blutversorgung im Muskelgewebe, Voraussetzungen einer größeren aeroben Energiebereitstellung, was demzufolge auf eine erhöhte Leistungsfähigkeit hindeutet“.

Das Schlagvolumen und die Herzfrequenz innerhalb einer Minute werden als Herzminutenvolumen bezeichnet. Darüber hinaus steht das Herzminutenvolumen in einem Zusammen-



hang mit einer arterio-venösen Sauerstoffdifferenz, um die  $VO_{2max}$  ermittelt werden zu können. Die  $VO_{2max}$  ist eine Messgröße für  $O_2$ , die aufgenommen wurde (pulmonal), transportiert und in der Muskulatur verwendet wird (Wonisch et al. 2017).

$$VO_{2max} = HMV_{max} \times a-v-DO_{2max}$$

In der Literatur wird die aerobe Leistungsfähigkeit als metabolische Einheit (MET) bezeichnet, diese entspricht in Ruhe bei Männern einer relativen Sauerstoffaufnahme von 3.5 ml/min/kg. Die Normwerte betragen in Ruhe 300 ml/min, was die relative Sauerstoffaufnahme von 4-5 ml/min/kg ergibt. Unter maximaler Belastung wurde bei untrainierten Athlet(inn)en bis 3000 ml/min (34-35 ml/min/kg) und bei Ausdauersportler/innen bis 6000 ml/min (70-90 ml/min/kg) gemessen (Wonisch et al., 2017, S. 175). Abbildung 9 verdeutlicht die genannten Werte.

|                                                 | rel. $VO_{2max}$  |
|-------------------------------------------------|-------------------|
| Untrainierte                                    |                   |
| Frauen (20–30 LJ.)                              | 32–38 ml/kg/min*  |
| Männer (20–30 LJ.)                              | 40–55 ml/kg/min** |
| Hochtrainierte Ausdauersportler                 |                   |
| Frauen                                          | 65–75 ml/kg/min   |
| Männer                                          | 80–90 ml/kg/min   |
| Normwerte für Fitnesszustand                    |                   |
| Frauen                                          | 35–38 ml/kg/min   |
| Männer                                          | 45–50 ml/kg/min   |
| Ausdauertrainierte                              | 55–65 ml/kg/min   |
| Ausdauerleister (internationales Niveau)        | 65–80 ml/kg/min   |
| Ausdauerleister (internationales Spitzenniveau) | 85–90 ml/kg/min   |

Abb. 9 Der mittlere Werte definiert als Normwert des unterschiedlichen Niveaus (Zintl & Eisenhut, 2004, S. 65)

## 4.2. Einflussfaktoren auf $VO_{2max}$

In der Theorie kann die maximale Sauerstoffaufnahme von unterschiedlichen Faktoren abhängen, welche in interne und externe Faktoren unterteilt werden können Wonisch et al., (2017, S. 174).

„Interne Faktoren“: Ventilation, Distribution und Diffusion in der Lunge, Herzzeitvolumen, Blutverteilung, periphere Utilisation ( $a-v-DO_2$ ), Blutvolumen, Total-Hämoglobin, dynamische Leistungsfähigkeit der beanspruchten Muskulatur, Ernährungszustand.

„Externe Faktoren“: Belastungsmodus, Größe und Art der eingesetzten Muskulatur, Körperposition,  $O_2$ -Partialdruck in der Einatemungsluft, Klima (Hitze, Kälte, Luftfeuchtigkeit).“

Von diesen Faktoren sind viele von größerer Bedeutung, wobei durch unterschiedliche Trainingsmethoden diese Faktoren verbessert bzw. verändert werden können. Beispielsweise kann durch ein gezieltes Training das Herzzeitvolumen, die Blutverteilung, Distribution und Diffusion in der Lunge verbessert werden. Des Weiteren kann noch die Leistung der beanspruchten Muskulatur gesteigert werden.

## 4.3. Die Bedeutung der $VO_{2max}$ im Karate

In diesem Kapitel wird die Bedeutung der  $VO_{2max}$  für Karate anhand von Informationen aus vielen unterschiedlichen Studien beschrieben. Wie in dem vorherigen Kapitel erklärt wurde ist das Schlagvolumen ein entscheidender Faktor für die  $VO_{2max}$  (Osorio & Portela, 1996, S. 38). Die maximale Sauerstoffaufnahme gilt als ein guter Parameter, um die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeiten zu bestimmen. Im Karate gibt es unterschiedliche Werte der  $VO_{2max}$  bezogen auf das Leistungsniveau und Geschlecht der Athleten bzw. Athletinnen. Die relativen Werten bei Männern liegen zwischen  $47.8 \pm 4.4$  bis  $61.4 \pm 2.6$  ml/kg/min, und bei Frauen zwischen  $32.75 \pm 4.1$  bis  $42.9 \pm 1.6$  ml/kg/min (Ravier et al., 2009). Doria et al., (2009) geben an, dass mehr als 60 % der Energiegewinnung aerob erfolgt. Darüber hinaus spielt die  $VO_{2max}$  eine wichtige Rolle im Karatetraining im Sinne der Ermüdungswiderstandsfähigkeit, vor allem bei den Wettkämpfen, um die Ermüdung während des Kampfes zu vermeiden. Die Abbildung 10 zeigt die relativen  $VO_{2max}$  Werten bei unterschiedlichen Sportarten, wobei die Werte von Karate zusammen mit Sprint, Zehnkampf, Basketball, Eishockey aber im Vergleich zu Judo deutlich geringer sind.

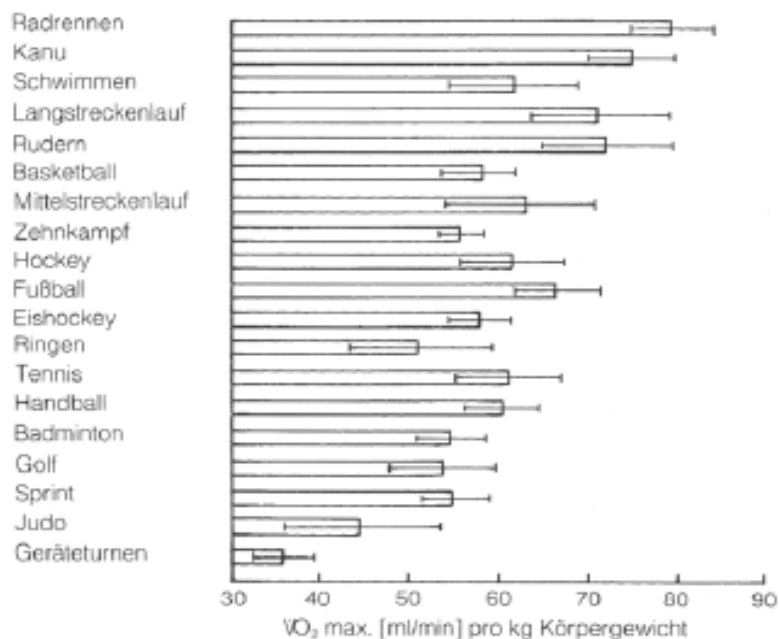


Abb. 10: Die relativen Werten der  $VO_{2max}$  bei den unterschiedlichen Sportdisziplinen (mod. n. Hollmann & Hettinger, 2004 und mod. n. Weineck, 2004, S. 158)

#### 4.4. Testverfahren zur Bestimmung der anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeiten

Die leistungsdiagnostischen Verfahren sind Methoden zur Überprüfung des Trainingszustandes von Athlet(inn)en, sowie für die Entwicklung des aktuellen Leistungszustandes und die Erstellung von Trainingsprogrammen. Karate ist durch eine stark ausgeprägte Intensität gekennzeichnet. Für hoch intensive Tritte und kurzzeitige Bewegungen, die mit maximaler Geschwindigkeit ausgeführt werden, ist eine maximale Leistungsfähigkeit von großer Bedeutung. Werte zur maximalen anaeroben Leistung werden durch den Wingate-Test geliefert, erklären Doria et al., (2009). Um die Ermittlung der maximalen Leistung zu steuern bzw. zu validen Ergebnissen zu gelangen, sollten hierfür valide sportmotorische Tests angewendet werden.

##### 4.4.1. Wingate-Anaerobic Test (WAnT)

Der Wingate-Anaerobic Test (WAnT) ist ein Testverfahren für die Bestimmung der anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit, der Ermüdungswiderstandsfähigkeit sowie für die Ermittlung der Muskelkraft und Kraftausdauer. Der Test dauert 30 Sekunden maximaler Antritt auf speziell dafür geeigneten Fahrradergometern. Vor der Ausführung wärmen sich die Proband(inn)en mit 2,0 W/kg auf und treten zwischen 60 und 90 Umdrehungen in einer Minute.

Der Test wird mit einer maximalen Geschwindigkeit ausgeführt, da die Proband(inn)en gegen einen Widerstand am Ergometer treten müssen. Nach der Erschöpfung treten die Proband(inn)en noch drei Minuten weiter, um etwaige Probleme des Kreislaufsystems zu vermeiden. Die Erstellung des Widerstandes wird durch eine sichtbare Ermüdung festgestellt, wobei eine deutliche Anstrengung gezeigt wird. Der WAnT-Test zeigt weitere Informationen: Peak Power (maximale mechanische Kraft), Mean Power (durchschnittliche mechanische Kraft) und Fatigue Index (wie viele Prozente fehlen dem/der Athleten/Athletin von der Peak Power zu dem Lowest Power ab (vgl. Bös, 2017).

#### **4.4.2. Zusammenhang der Arten der Energiebereitstellung von karatespezifischen Belastungen**

Das Energiebereitstellungssystem lässt sich grundsätzlich in zwei Kategorien einteilen. Aus diesem Grund kann auch die Ausdauer in zwei unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden, nämlich in die aerobe und anaerobe Ausdauerleistungsfähigkeit (David et al., 1986). Die Gewinnung aus dem aeroben Stoffwechsel wird in die Energie von dem oxidativen Abbau der Substrate (KH, Fette und Proteine) umgewandelt. Bei der anaeroben Energiegewinnung wird die Energie ohne Sauerstoff über den Phosphaten sowie über die anaerobe Glykolyse bereitgestellt (Villiger et al., 1991, S. 23).

#### **4.4.3. Die laktazide Leistungsfähigkeit**

Die anaerobe Glykolyse ist ein Prozess, um das Muskelglykogen bzw. die Glukose in anaeroben Bedingungen bis zu Laktaten abzubauen (Villiger et al., 1991, S. 31). Diese Energiebereitstellung ist hauptsächlich bei kurzintensiven Aktivitäten. Zu Beginn erfolgt die Glucose imé über den anaeroben Teil, wobei der Sauerstoff nicht mehr erforderlich ist. Daher wird über den aeroben Teil der Glucose vermehrt die Energie genommen, als über den anaeroben Teil (Engelhardt & Neumann, 1994, S. 58). Bei trainierten Athlet(inn)en wird etwa 0.5 mmol/L in einer Minute und bei untrainierten Athlet(inn)en 0.3 mmol/L abgebaut. Darüber hinaus kann gesagt werden, dass in der Erholungsphase (~2 Min.) ca. 2 mmol/L Laktat abgebaut werden können (Engelhardt & Neumann, 1994).

#### **4.4.4. Die alaktazide Leistungsfähigkeit**

Bei sehr hohen Belastungen kommt es zu einer alaktaziden Energiebereitstellung, wobei eine Menge an Energie pro Zeiteinheit benötigt wird, um Muskelkontraktionen für schnelle Ausführungen sicherzustellen (Viliiger et al., 1991, S. 30). Daher wird die Energie aus den Phosphaten herangezogen, wobei der Vorrat an ATP in der Muskelzelle sehr niedrig und beschränkt ist. Die ATP-Konzentration kann bei höheren Intensitäten so lange aufrechterhalten werden bis die Energie aus dem Kreatinphosphat benötigt wird (Engelhardt & Neumann, 1994). Damit Phosphate wieder aufgefüllt werden können, sollten die Erholungen zwischen sportlichen Aktivitäten ungefähr 60 bis 90 Sekunden betragen (Weineck, 2007). Aus der Studie von Doria et al., (2009) wurde ermittelt, dass im Karate-Kata mehr als 24% der gesamten Energie aus dem anaerob-alaktazid herangezogen wird.<sup>12</sup> Aus diesem Grund kann gesagt werden, dass im Vergleich zur Disziplin Kumite weniger intensive Belastungen in einer kurzen Belastungszeit vorkommen.

#### **4.5. Ermüdung**

Laut Dietrich et al. (1993, S. 271) definiert sich die Ermüdung wie folgt:

„Ermüdung ist ein besonderer physischer und psychischer Zustand als Resultat von Belastungen. Sie drückt sich in Diskoordination der Funktionen des Organismus und in zeitweiliger Leistungsminderung aus. Der Ermüdungszustand ist vorübergehend, reversibel und stellt ein komplexes Geschehen dar, das physische und psychische Vorgänge umfasst“.

Aus physiologischer Sicht wird die Ermüdung in zwei Kategorien eingeteilt: allgemeine und lokale Ermüdung. Damit es zu einer physiologischen Ermüdung kommt, muss ein innerer Gleichgewichtszustand gestört werden (Ahonen et al., 2003, S. 77). Die Dauer, Intensität und Art sind jene Faktoren, die die Ermüdung beeinflussen können. Bei stundenlangen erhöhten Intensitäten kommt es vermehrt zu einer zentralen Ermüdung des Zentralnervensystems und der Sinnesorgane. Auf der anderen Seite kommt es zu einer Abnahme der Leistungsfähigkeit bzw. Muskeltätigkeit und in so einem Fall spricht man von einer muskulären Ermüdung (de Marées, 2003, S. 658).

Die Differenzierung von diesen Begriffen ist für die Trainingssteuerung von großer Bedeutung, wobei hierbei nochmals weitere Phasen zu berücksichtigen sind. Einerseits gibt es die Ermüdung als eine relevante Energieversorgung (Phase 1), sowie die komplexe Ermüdung (Phase 2) und andererseits noch die Phase des Übertrainings (Phase 3). Die erste

---

<sup>12</sup> Siehe Tabelle 2.

Phase kennzeichnet sich durch eine Ausleerung des Energiedepots, welches in den arbeitenden Muskeln die Energie durch unterschiedliche Aktivitäten liefert. Diese Ermüdungsform tritt am meisten in der ersten Hälfte einer Mikrobelastung auf, da die Leistungsfähigkeit auf einem hohem Niveau gehalten werden kann. Bei einer komplexeren Ermüdung handelt es sich um eine Programmermüdung durch eine Summierung der verschiedenen komplexeren Intensitäten, und tritt oft in der zweiten Hälfte der Woche durch die hartbelastenden Mikrozyklen auf (Dietrich et al., S. 272). Übertraining definiert sich als:

„Das Übertrainingssyndrom entsteht durch ein chronisches Missverhältnis zwischen hohen Leistungsanforderungen in Training und Wettkampf und im Verhältnis dazu relativ geringerem Leistungsvermögen bzw. geringerer Belastbarkeit. Hauptsymptom ist die verminderte körperliche Leistungsfähigkeit ohne krankhaften Organbefund mit nur teilweise bestehenden objektivierbaren Anzeichen“ (de Meéres et al., 2003, S. 660).

Unterschiedliche Faktoren von Sportler/innen wirken sich auf die Ermüdung aus, wie beispielsweise das Privatleben (u.a. Schule, Arbeit/Beruf, psychosoziale Faktoren), Trainingsbelastung oder auch Wettkämpfe. Dies wirkt sich gleichzeitig auf die aktuelle Leistungsfähigkeit aus und kann in weiterer Folge zu einem Übertrainingssyndrom führen (Dietrich et al., 1993, S. 275).

Die Hauptkriterien für die Ermüdung sind durch zwei Gruppen der Übertrainingsform gekennzeichnet. Die physiologischen Beanspruchungsparameter werden oft durch die Ermüdung gestört, wie z.B. eine erhöhte Herzfrequenz, Schlafstörung, uncharakteristischer Blutdruck, die Abnahme des Körpergewichts, gesteigerter Umsatz, wobei dies Anzeichen für ein sympathikotones Übertrainingssyndrom sind. Andererseits sind Merkmale für ein parasympathikotones Übertrainingssyndrom eine Bradykardie, schlechte Koordination, gute bis sehr gute Erholungsfähigkeit, schnelle Kreislaufberuhigung sowie normaler Appetit.

#### **4.5.1. Muskuläre Ermüdung**

Nach unterschiedlichen Ursachen, die zu einer objektiven muskulären Ermüdung führen, merken Athlet(inn)en die Abnahme der Leistungsfähigkeit, wodurch längere Erholungsphasen in Anspruch genommen werden sollten (Petersen et al., 2007; de Marées et al., 2003). Zur muskulären Ermüdung kommt es, wenn die Muskeln nicht mehr aus dem aeroben Stoffwechsel die Energie liefern können und somit die anaeroben Teile der Energie miteinbezogen werden müssen (de Marées et al., 2003 S. 658). Die Differenzierung der unterschiedlichen Formen der muskulären Ermüdung können beispielsweise durch einen Marathon betrachtet werden und auf der anderen Seite auch durch eine Übung beim Krafttraining, wobei

die Wiederholungen nach einer bestimmten Anzahl abnehmen und so zur Ermüdung führen. Darüber hinaus kann die Ermüdung durch einen längeren Zeitraum oder gleich nach dem Beginn unterschiedlicher Tätigkeiten auftreten (Finsterer, 2012).

Im Vergleich zu der zentralen Ermüdung kennzeichnet die muskuläre Ermüdung eine progressive Verschlechterung der Leistungsfähigkeit von den Muskeln (de Marées et al., 2003, S. 659). Bei der zentralen Ermüdung werden die spinalen- und supraspinalen Wege impliziert, da durch einen starken Stromimpuls des Zentralnervensystem die Muskeltätigkeit über afferente Netzverbindung erwirkt wird (Boyas & Guevel, 2011; de Marées et al., 2003, S. 659).

#### **4.5.2. Physiologische Ermüdung im Karate**

Karate stellt hohe physiologische und physische Anforderungen, wobei die Aktionen während Kumite oder Kata Aktionen mit hohen Geschwindigkeiten ausgeführt werden (Chaabene et al., 2014). Aus den ausgewerteten Studien geht hervor, dass in einer Kampfsituation die Dauer von hoch intensiven Aktionen zwischen ein bis drei Sekunden dauern (Beneke et al., 2004). Hoch intensive Aktionen mit maximaler Muskelkraft können physiologischen Stress verursachen und technische sowie taktische Reaktionen beeinflussen. Während einer Ermüdung kann es zur Verschlechterung dieser hochintensiven Aktionen kommen, die im Karate von großer Bedeutung sind insbesondere bei den Spitzenathlet(inn)en, die auf einem hohen (internationalen) Niveau antreten. In der derzeitigen Literatur wurden keine Studien gefunden, die sich mit Muskelschädigungsmarker während eines Karatekampf oder durch spezifischen Karatetest (KSAT) (siehe Kapitel 4.5.3) beschäftigen (Ravier et al., 2004).

Keith et al., (2017) führten eine Untersuchung (KSAT) mit einem Spitzensportler bis zur Erschöpfung durch. Der Test besteht aus aufeinanderfolgenden Sätzen, wobei jeder Satz vier wesentliche Techniken beinhaltet:

- *Kizame tsuki*
- *Mawashi geri*
- *Gyako zuki*
- *Kizame mawashi geri*

Hier werden nur die Parameter herangezogen, die in Bezug auf die vorliegende Arbeit bzw. für diesen Abschnitt relevant sind (siehe Abbildung 11). Nach den 30 Sätzen des KSAT-Protokolls betrug die HF mehr als 190 S/min, wobei der Athlet über 80% seiner anaeroben Schwelle lag.

| Biochemical Markers | Pre Test | Post Test |
|---------------------|----------|-----------|
| CK (U/L)            | 190      | 239       |
| PCR (mg/dL)         | 0.4      | 0.9       |
| Lactate (mmol/L)    | 1.3      | 12.8      |
| Glucose (mg/dL)     | 94       | 74        |
| Cortisol (ug/dL)    | 15.4     | 20.1      |

Abb. 11: Verhalten der biochemischer Variablen durch einen KSAT (Keith et al., 2017, S. 288)

Die Zeit bis zur Erschöpfung bei dem KSAT betrug 242 Sekunden (Keith et al., 2017). Dies zu betrachten ist schwierig, da die gesamte Belastungszeit im Vergleich zu der Belastungszeit in der Kumite-Disziplin eine ähnliche Dauer aufweist (Beneke et al. 2004; Iide et al. 2008; Doria et al. 2009; Chaaben et al. 2014; Tabben et al. 2014). Dieser Test verlangt, dass der Athlet die vier Schläge so schnell wie möglich ausführt, ähnlich wie in einer Wettkampfsituation, da die Angriffsaktionen zwischen 0.3 und 2.1 Sekunden dauern (Beneke et al. 2004; Tabben et al., 2015). Subjektiv kann festgestellt werden, dass ähnliche Veränderungen der physiologischen Parameter während einer intensiven Übereinstimmung auftreten können. Abbildung 9. verdeutlicht diese Ergebnisse und zeigte, dass das C-Protein 60% nach dem Protokoll reaktiv war. Das Cortisol erhöht, auch die Kreatinkinase um 25 % und die Laktathydrogenase um 90 % nach dem durchgeführten Testprotokoll, wobei die Glukose 21,2 % abgenommen hat. Der angewendete Test induzierte ein hohes Maß an physiologischem Stress mit signifikanten Veränderungen der biochemischen Variablen, was darauf hinweist, dass die körperliche KSAT Muskeln induzierte Beschädigung kann (Keith et al., 2017). Mit dem CRP-Biomarker, der durch ein intensives Training verursacht werden kann, wird die Entzündungsreaktion auf die Übung gemessen (Finster, 2012). Es kann gesagt werden, dass die hohe Intensität an Übungen Entzündungsreaktionen auslöst. Dies kann als ein gutes Modell für die Entzündungsreaktionen herangezogen werden (Nakajima et al., 2010). Muskelschadenmarker nahmen nach dem KSAT zu, wobei dies direkt zu einer Abnahme der Geschwindigkeit von Gyaku zuki kam (der am meisten betroffene Schlag im Karate-Kumite). Solche Informationen von hochintensiven Aktionen sind für Trainer/innen wichtig, um körperliche Leistungen zu verbessern.

## 5. DIE SPORTMOTORISCHE AUSDAUER

### 5.1. Begriffsdefinition

Die sportmotorische Ausdauer ist bei jeder Sportart vorhanden und wird zur konditionellen Ausdauerleistungsfähigkeit gezählt. Die Ausdauer definiert sich wie folgt:

„Ausdauer ist die Fähigkeit, eine bestimmte Leistung über einen möglichst langen Zeitraum aufrechterhalten zu können“. (Dietrich et al., 1993, S. 173)



In der gegenwärtigen Literatur können viele unterschiedliche Definitionen gefunden werden, aber im Mittelpunkt stehen bestimmte Kriterien, wie langandauernde Arbeitsleistung und das Gleichgewicht der Ausdauerleistungsfähigkeit im Zusammenhang mit der Ermüdungswiderstandsfähigkeit (Dietrich et al., 1993). Ausdauer wird somit als eine Fähigkeit gesehen, bei der eine längere Zeit mit der höchsten möglichen Leistung durchgehalten werden kann (Villiger et al., 1991, S. 4). Bei der Veränderung dieses Systems stehen dabei die Verarmung des Energiestoffwechsel, Sauerstoffaufnahmefähigkeit, oder auch die Technik der Energieökonomie im Vordergrund. Ein wichtiger Faktor bei der Ausdauer ist die Erholungsfähigkeit, wobei dieser Faktor besonders bei azyklischen Bewegungsabläufen, sportspezifischen Belastungsintervallen und unterschiedlich wechselnden Belastungsintensitäten notwendig ist (Villiger et al., 1991).

Für den/ Karateathleten/Karateathletin ist die Ausdauerleistungsfähigkeit neben Kraft, Schnelligkeit und Beweglichkeit ein unvermeidbarer Faktor für die Erstellung des Anforderungsprofils im Karate (Chaabene et al., 2012). Damit unterschiedliche umfangreiche Trainingsformen durchgeführt werden können, sollte im Vordergrund die sportartspezifische Ausdauer als ein Trainingsziel stehen. Deswegen sollte die Ausdauer auch immer im Bezug zur betreffenden Leistung betrachtet werden (Weineck, 2004).

## **5.2. Die Struktur der Ausdauer**

Die Strukturierung der Ausdauer ergibt die Möglichkeit unterschiedliche Aspekte zu bestimmen, wie beispielsweise die Differenzierung der Belastungsintensität und der sportartspezifischen Belastungszeit, sowie des aeroben und anaeroben Energiestoffwechsel. Aber trotzdem ist es notwendig eine Verbindung zwischen anderen motorischen Fähigkeiten wie Kraft, Schnelligkeit und Beweglichkeit herzustellen, die zu den wesentlichen Elementen im Sport gehören (Dietrich et al., 1993; Hohmann et al., 2003). Des Weiteren lässt sich die Ausdauer in die aerobe und anaerobe Ausdauer (bzw. Energiebereitstellung), in die dynamische und statische Ausdauer, in Kurz-, Mittel- und Langzeitausdauer, Kraft-, Schnellkraft- und Schnelligkeitsausdauer unterteilen (siehe Abbildung 12) (Tschakert et al., 2017, S. 273).

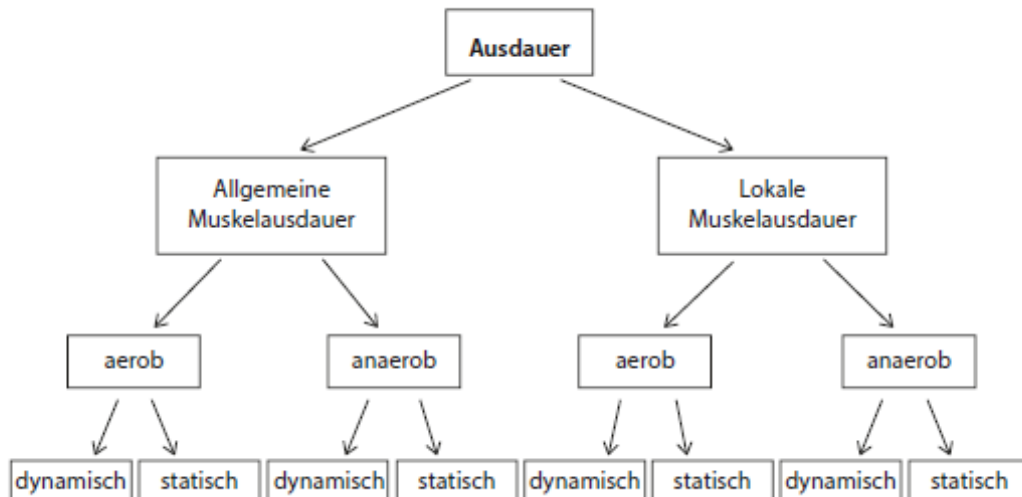


Abb. 12: Die schematische Erstellung von verschiedenen Formen der Ausdauer (mod. n. Hollmann u. Strüder, 2009; Tschakert, Müller u. Hofmann, 2017, S. 274)

### 5.2.1. Allgemeine und spezielle Ausdauer

Die Unterscheidung zwischen allgemeiner und spezieller Ausdauer bezeichnet man als Trainingssteuerung. Die allgemeine Ausdauer impliziert als Ziel die aeroben Systeme zu verbessern, da das kardio- und pulmonale System und die Energiebereitstellung herangezogen werden, damit die grundlegende aerobe Ausdauer später für die spezielle Ausdauer gefestigt werden kann (Dietrich et al., 1993, S. 175). Im Training sollte die Ausdauer sportartspezifisch trainiert werden und auf der anderen Seite ist sie unabhängig von der Sportart oder bzw. von der Technik.

Die spezielle Ausdauer umfasst die sportart- und wettkampfspezifischen Erscheinungsformen, wobei die Entwicklung der unmittelbar sportartspezifischen Wettkampfleistung dient.

### 5.2.2. Aerobe und anaerobe Ausdauerleistungsfähigkeit

Bei der aeroben Ausdauer erfolgt die Energie durch den oxidativen Abbau von Glykogen und Fettsäuren und/oder Glukose, wobei der Energiestoffwechsel relativ langsam läuft und in einem Zeitraum weniger ATP abgebaut wird (Villiger et al., 1991; Haber, 2001, Weineck, 2004). Die maximale Sauerstoffaufnahme wird als ein Parameter gekennzeichnet, der im aeroben Bereich erbrachte Leistung repräsentiert und in einem Zusammenhang mit dem Sauerstoff und Sauerstoffverbrauch steht.

Aufgrund der Energiebereitstellung teilt sich die aerobe Ausdauer in zwei verschiedene Formen (extensive und intensive aerobe Ausdauer). Die extensive aerobe Ausdauer lässt sich wie folgt definieren:

„Die ATP-Synthese während der Belastung erfolgt die oxidativem Glukose- und Fettabbau“. Es geht um einen Mischstoffwechsel (Haber, 2001, S. 117).

Bei geringerer Belastung beträgt die Fettoxidation von dem gesamten Energieumsatz in den Muskeln etwa 80%. Bei Aktivitäten mit steigender Intensität nimmt langsam die Fettverbrennung von der Glukoseoxidation ab. Durch eine Auslastung von 60 – 70% der maximalen  $VO_{2max}$  wird die Mobilisation der Fettsäuren aus den Depots gestört, da die Glukose nicht mehr abgebaut werden kann. Darüber hinaus kommt es zu einer Steigerung der Blutlaktatkonzentration von ca. 4 mmol/L. Um einen geringeren oder größeren Teil von Fetten und/oder Glukose abzubauen, sind die Dauer oder Intensität entscheidend, welche von der  $VO_{2max}$  bzw. der Blutlaktatkonzentration abhängig sind. Die extensive-aerobe Ausdauer ist die Basis zur Verbesserung der  $VO_{2max}$  (Haber, 2001, S. 117).

Die intensive-aerobe Ausdauer definiert sich folgendermaßen: „Die ATP-Synthese erfolgt auf der Basis ausschließlicher Glukoseoxidation“ (Haber, 2001, S. 117). Der Energieumsatz beträgt mehr als 50 bis 60% der  $VO_{2max}$ , wobei sie hauptsächlich durch die Kapazität von Sauerstoff bzw. des Kreislaufs limitiert wird (die Fettsäuremobilisation aus den peripheren Depots werden blockiert). Der Laktatanstieg von 4 mmol/L ist ein Indikator für ausreichende Intensität. Die intensive Ausdauer ist unproportional zur Intensität und Belastungsdauer, wobei die ansteigende Intensität mit einem LSS im Zusammenhang steht und daher ist es bei der Belastungsausdauer umgekehrt (Haber, 2001, S. 117).

Bei der anaeroben Ausdauer erfolgt die ATP-Resynthese ohne Sauerstoffverbrauch und basiert auf zwei verschiedenen Prozessen (vgl. Kapitel der Energiebereitstellung).<sup>13</sup> Die anaerobe Ausdauer ist durch einen höheren Energieoutput gekennzeichnet und entspricht einer erhöhten Leistung. Die Übersteigung der Intensität über 100% der  $VO_{2max}$  folgt zu einer Übersteigung der ATP in die oxidative Resynthese.

### **5.2.3. Kraft-, Schnellkraft und Schnelligkeitsausdauer**

Im folgenden Kapitel werden drei unterschiedliche Formen unter dem Aspekt der motorischen Leistungsfähigkeit beschrieben. Besonders im Karate spielt die Schnelligkeitsausdauer eine wichtige Rolle, wobei die wettkampfspezifischen Aktionen etwa 35 Sekunden betragen, aber die höchste Leistung über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden muss (Schnabel et al., 2008, S. 182; Weineck, 2004, S. 148). In einem Kumite-Kampf beträgt die Belastungszeit für Frauen und Männer durchschnittlich etwa zehn bis 25 Sekun-

---

<sup>13</sup> Siehe Kapiteln 5.4.3; 5.4.4.

den. Darüber hinaus besteht im Karate-Kumite ein starker Zusammenhang zwischen Maximal- und Schnelligkeitsausdauer, da die Kampf-Aktionen mit der höchst möglichen Intensität ausgeführt werden (Beneke et al., 2004). Die Kraftausdauer ist nicht abhängig von der Dauer der Belastungsanforderungen, sondern von der vorhandenen Kraft und der Ausdauerleistungsfähigkeit. Beispielsweise muss bei azyklischen Bewegungsläufen die Kraft auf dem Weg zur Durchführung von vorgeplanten Aktionen schnell mobilisiert werden muss (Schnabel et al., 2008, S. 161). Dies ist im Karate von großer Bedeutung.

Die Beziehung zwischen Kraft und Ausdauerfähigkeit, um in der leistungsbestimmenden Situation die maximale Leistung bringen zu können, wird als Ausdauerkraft bezeichnet. Die maximale Kraft ist für die motorische Leistungsfähigkeit ein wichtiger Faktor, genauso wie die  $VO_{2max}$  für die Ausdauer. Deshalb ist es bei Sportarten wichtig, wo die Kraftausdauer leistungslimitierend ist, dass im langjährigen Trainingsprogramm zuerst die maximale Kraft trainiert und verbessert wird (de Marées, 2002, S. 192; Haber, 2001, S.122).

### **5.3. Die spezielle Ausdauer des Karatekas**

Die spezielle Ausdauer ist für andere Sportart anders definiert. Basierend auf dem Grund der Energiebereitstellung und der Ausführung der Technik wird in den Studien nach Doria et al., (2009) beschrieben, dass die Energie bei kurzen Angriffen im Karate aus den anaeroben-alaktaziden bereitgestellt wird. Wie im Kapitel 4.4.2. erklärt wurde, beträgt die gesamte Dauer in welcher n Aktionen ausgeführt werden etwa zehn bis maximal 25 Sekunden. Es stellt sich daher die Frage, warum der/die Karateka eine spezielle Ausdauer benötigen sollte (Beneke et al., 2004). Laut Weineck (2004) wird die spezielle Ausdauer durch unterschiedliche Anpassungen gekennzeichnet. Die allgemeine aerobe Ausdauer kann bei allen Körperbewegungen gegen die Ermüdung die Widerstandsfähigkeit erhöhen. Ein Beispiel für die spezielle Ausdauer wurde aus der Dissertation von Mahruas & Mehanni (2004, S: 24-25) herangezogen:

- 10 x *Mae-geri* mit einem Bein;
- 10 x *Mawashi-geri* mit einem Bein;
- 10 x *Ura-mawashi-geri* mit einem Bein;
- 5 x *Kisame-tsuki* mit vorderem Arm;

#### **5.4. Das spezielle Ausdauertraining im Karate-Kumite**

Das spezielle Ausdauertraining im Karate liegt immer im Fokus des Wettkampfes. In der Trainingswissenschaft ist die Hauptaufgabe der Sportwissenschaftler(inne)n das Beanspruchungs- und Belastungsprofil ganz genau zu definieren, damit die Sportler/innen in den jeweiligen Sportarten ihre Ziele erreichen können. Zugeordnetes Wissen bzw. Ziele sind für die Trainingsplanung relevant, und können im Training verfolgt bzw. entsprechend umgesetzt werden. In den kommenden Kapiteln wird im Detail das Anforderungsprofil, die Bestimmung der Belastungszeit und die Trainingsperiodisierung beschrieben.

##### **5.4.1. Anforderungsprofil im Karate-Kumite**

Das Anforderungsprofil beschreibt die Bedeutung der einzelnen motorischen Fähigkeiten in einer Sportart. In Bezug auf diese Arbeit aber auch für die Wissenschaft ist es sinnvoll sich an Athlet(inn)en der Spitzenklasse zu fokussieren, damit das Training der entsprechenden Sportart abgestimmt werden kann und langfristig sportmotorische Leistungen geplant werden können. Die Wettkampfdisziplin Kumite gehört zu den technischen-taktischen Sportarten, wobei der optimale Einsatz der ausgeführten Techniken durch eine Wettkampfdauer großen Schnelligkeitsaktionen mit einer zunehmenden Anzahl der Ermüdung erhalten kann. In dem Fall ist besonders die Schnelligkeitsausdauer als entscheidender Faktor für die genaue Ausführung der Karatetechnik wesentlich (Horn, 2007, S. 41; Najmi et al., 2016).

Für die Bestimmung des Beanspruchungs- und Anforderungsprofils im Karate-Kumite wird das energetische Profil in diesen Studien erforscht (Beneke et al., 2004; Doria et al., 2009; Chaabene et al., 2014). Die Kampfzeit im Karate-Kumite richtet sich nach den WKF-Regeln, wobei die Nettokampfzeit für Männer vier Minuten und für Frauen drei Minuten beträgt. Basierend auf der Nettokampfzeit kamen die Autor(inn)en zum Schluss, dass der größte Teil der Energie in der Disziplin-Kumite aus den aeroben Energiestoffwechsel bezogen wird (siehe Abbildung 5).<sup>14</sup> Die Angriffs- und Abwehrbewegungen werden größtenteils von der anaerob-alkalischen Energiebereitstellung bestimmt (Doria et al., 2009). Mit zunehmender Anzahl der Kampfrunden wird die anaerob-laktatische Energiebereitstellung kleiner (Beneke et al., 2004).

---

<sup>14</sup> In dem Kapitel 4.4. wurde die Bedeutung der Energiebereitstellung im Karate-Kumite beschrieben.

#### 5.4.2. Bestimmung der Belastung im Kumite-Wettkampf

Dieses Kapitel behandelt die Belastungsstruktur des/der Karatekas und die Wettkampfbelastungen, welche für die Trainingsplanung im Karate-Kumite über folgende Aspekte nach Lehmann (1996) & Horn (2007, S. 45) analysiert werden:

- *Inhaltliche Aspekte* (Ausführung der Techniken, Wirksamkeit von Kampfausführung, Kampfhandlungen)
- *Zeitliche Aspekte* (Die Brutto- und Nettokampfzeit, Dauer von Aktionen, die gesamte Dauer der Aktionen in einem Kampf)
- *Metabolische Aspekte* (Beanspruchungsparameter in einem Zeitraum durch den Wettkampf)

Metabolische Bereiche von Karatekas werden in drei Komponente des Kampfgeschehens unterteilt (Horn, 2007, S. 45; Doria et al. 2009):

- *Aerob* (Movement-Bewegungen im Kampf)
- *Anaerob-alaktazid* (die Dauer von Techniken zwischen ein bis drei Sekunden, Einzeltechniken nach Beneke et al. 2004)
- *Anaerob-laktaziden* (Kombinationen)

Laut Neumann (2017, S. 16) wird die vorherige Aussage verdeutlicht, dass basierend auf der Belastungszeit von drei Minuten pro Kampf, in einer Rundenanzahl von fünf bis sieben mit der gesamten Zeit von etwa 18 Minuten, die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit im Karate-Kumite dominiert.

## **6. DIE SPORTMOTORISCHE KRAFT**

### **6.1. Begriffsdefinition**

In den aktuellen Sportarten ist die energetische Basis ein wichtiger Faktor für alle sportliche Leistungen, wobei die beanspruchte Muskulatur einen Prozentsatz von 30% ihrer verfügbaren Kraft leisten muss (Schnabel et al., 2008, S. 158). Wenn die Kraft nach dem physiologischen Aspekt betrachtet wird, lautet die genaue Definition von mehreren Autor(inn)en:

„Die Kraftfähigkeit ist die konditionelle Basis für Muskelleistungen mit Krafteinsätzen, deren Werte über ca. 30 % der jeweils individuell realisierbaren Maxima liegen“ (Martin, Carl & Lehnertz, 1993, S. 102; de Marées, 2002, S. 188; Haber, 2001, S. 120).

Nach dem Aspekt der Kraftdifferenzierung dürfte sich die Kraftleistung jedoch unterscheiden. Muskelkräfte werden von den Gelenken unterschiedlich miteinbezogen, da sich einige Muskelgruppen von der Kraftentwicklung her unterscheiden. Daher arbeiten die sogenannten Synergisten in die gleiche Richtung und die Antagonisten entwickeln sich gegenläufig (Martin, et al., 1993, S. 100). Andererseits zeigen die statische und dynamische Kraft unterschiedliche Ausführungspositionen, wobei die statische Kraft von einem Muskel oder einer Muskelgruppe gegen ruhende Masse oder einem fixen Widerstand produziert wird, und bei dynamischer Kraft gegen bewegende Masse oder eigenem Körpergewicht bzw. Teile davon entwickelt wird (de Marées, 2003, S. 189). Es können auch verschiedene Arten der Kraftfähigkeit unterschieden werden. Auf jene wird im nächsten Kapitel eingegangen.

### **6.2. Die Systematik der Kraftfähigkeit**

Die Differenzierung der Kraftfähigkeit gehört zu den komplexen Fähigkeiten, die in einer Beziehung mit anderen konditionellen Fähigkeiten stehen. Daraus ergeben sich die Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer (Martinet al., 1993, S. 102; Schnabel et al., 2008, S. 158). Eine andere Strukturierung der Kraftfähigkeit wird nach Letzelter (1978, S.81) und Bührle (1985, S. 82) vorgenommen, die die Kraftformen unter Stoß-, Wurf-, Sprung-, Sprintkraft unterteilen. In der Praxis spielen jedoch sowohl die konditionellen Fertigkeiten als auch die koordinativen Fähigkeiten eine wichtige Rolle für die Entwicklung und die Art der Kraftleistung. Des Weiteren sind auch energetische Aspekte zu berücksichtigen, welche sich dann auf die Trainingsplanung auswirken.

Für diese Arbeit wird allerdings die Einteilung der Kraft nach Martin et al., (1993, S. 102) herangezogen, welche zwischen Maximalkraft, Schnellkraft und Reaktivkraft unterscheiden.

### **6.2.1. Maximalkraft, Schnellkraft und Explosivkraft (Reaktivkraft)**

Die Maximalkraft definiert sich als:

„die höchste Kraft, die der Sportler bei willkürlicher Muskelkontraktion auszuüben vermag“ (Schnabel et al., 2008, S. 159).

Die maximale Kraft wird als grundlegende konditionelle Leistungsfähigkeit bezeichnet, wobei bei der sportlichen Leistung mehr als 30% von der individuellen Kraftfähigkeit verwendet wird. Die Trainingslehre unterscheidet die maximale Kraft in „nachgebende“ Arbeitsweisen der Muskulatur, wobei hierbei nochmals zwischen drei verschiedenen Kontraktionsformen differenziert wird, nämlich in konzentrische, isometrische und exzentrische Arbeitsweise. Laut Hettinger (1968, S. 51) wird durch eine Hypothese festgestellt, dass die Kraftleistung bei untrainierten Athlet(inn)en um fast 30% und bei trainierten Athlet(inn)en um 10% steigt, wenn sie im Vergleich zur willkürlichen aktivierbaren Kraft betrachtet wird. Es zeigt sich deutlich, dass Krafttraining offensichtlich im Reservebereich einen Schritt nach vorne ermöglicht und dass viel mehr vom Kraftpotenzial genutzt werden kann, als die gesamte potenzielle Kraft (Schnabel, Harre & Krug, 2008, S. 159). Darüber hinaus zeigt sich, dass durch die Willkürinnervation nur ein Teil der absoluten Kraft mobilisiert werden kann. Andererseits ist die maximale Kraft durch den willkürlichen Teil von der absoluten Kraft bedingt (Martin, Carl & Lehnertz, 1993, S. 103).

Die Schnellkraftfähigkeit spielt für manche Sportarten eine entscheidende energetische Komponente, vor allem bei den Sportarten, wo die Kraft in einem Zusammenhang mit der Geschwindigkeit steht, aber insbesondere ist sie auch für die Muskelleistung von großer Bedeutung. Bei Sportarten mit azyklischen aber auch mit zyklischen Bewegungen wird vom Körper eine hohe Endgeschwindigkeit erreicht, wofür eben einerseits die Muskelkraft aber auch die Schnelligkeit bzw. Ausdauer wesentlich sind. Darüber hinaus muss die verfügbare Kraft zu dem Beschleunigungsweg schnell mobilisiert werden und diese Fähigkeit wird als Schnellkraft bzw. Schnellkraftfähigkeit bezeichnet. Deshalb ist es in den Sportarten wie auch im Karate wichtig darauf hinzuweisen, dass die Schnellkraft bei den Inhalten in der Trainingsplanung berücksichtigt werden muss (Martin et al., 1993, S. 103). Die Schnellkraft kann zudem noch in eine Start- und Explosivkraftfähigkeit unterteilt werden (Schnabel et al., 2008, S. 161). Die Autor(inn)en sind der Ansicht, dass die Startfähigkeit in einer Startphase der Muskelkontraktion einen Kraftanstieg entwickeln kann. Als Beispiel hierfür ist ein Stoß im Karate, d.h. in kürzester Zeit muss eine große Geschwindigkeit zu geleistet werden.

Explosivkraft wird wie folgt definiert:



„die Fähigkeit, bei kurzzeitiger Kopplung exzentrischer und konzentrischer Muskelkontraktion, d. h. im Dehnungs-Verkürzungszyklus, schnellkräftig zu agieren“ (Schnabel et al., 2008, S. 163).

Der Dehnung-Verkürzungs-Zyklus definiert sich als die Kombination zwischen der exzentrischen und konzentrischen Bewegung (Martin et al., 1993, S. 106). Die Reaktivkraftfähigkeit ist bei vielen Sportarten notwendig, besonders bei den Sportarten mit Würfeln und Sprüngen. Sie ist besonders durch die Ausführung gekennzeichnet, wobei eine konzentrische Anspannung der Muskeln eine exzentrische Reaktion verursachen.

### **6.3. Die Bedeutung der Kraft für Karatekas**

Die Autoren Zehr et al., (1997); Ravier et al., (2003); Blazevic et al., (2010) weisen darauf hin, dass die Explosivkraft im Karate eine wichtigste Rolle bei den Spitzenathlet(inn)en spielt. Laut WKF<sup>15</sup> sind die Aktivitäten im Karate von der Kraft und Geschwindigkeit abhängig. Nach Šebaj (1990) ist die Kraft eine Voraussetzung, um alle übrigen körperlichen Leistungsfähigkeiten auszuführen. Die Kraft ist die grundlegende motorische Fertigkeit, die es einem/einer Athleten/Athletin im Karate-Kumite ermöglicht dem/der Gegner/in einen Schlag oder Tritt zu versetzen, aber auch von dem/der Gegner/in die Tritte zu blockieren bzw. zu absorbieren. Die Technik, die gegen einen Widerstand ausgeführt wird, ist das Hauptkriterium zur Erlangung der Kraft und es gibt viele unterschiedliche Methoden und Verfahren zur Bestimmung des Krafttrainings im Karate (Mahrous & Mehani, 2004, S. 25). Laut Nakayama (1979) benötigt die Karatetechnik eine gute Ausprägung der Muskulatur und möglicherweise schnelle Muskelkontraktion. Entscheidende Aktionen im Karate wie ein Tritt oder ein Schlag hängen von der Muskelkraft ab, da die höhere Kraft eine höhere Geschwindigkeit darstellt, wobei die explosive Kraft ein Produkt aus der Kraft und Geschwindigkeit ist (Markovic et al., 2008).

### **6.4. Testbatterie von sportmotorischen Untersuchungen zur Ermittlung der Kraft im Karate**

Eine Testbatterie hat die Aufgabe in erster Linie eine Bestimmung zu dem Anforderungsprofil der Sportart zu ermitteln, wobei Informationen über den aktuellen konditionellen Zu-

---

<sup>15</sup> World Karate Federation (WKF).

stand eines/einer Athleten/Athletin ermittelt werden. Diese sportmotorische Zusammenfassung von ausgeführten Tests ergeben für Sportwissenschaftler/innen und Trainer/innen eine grundlegende Einschätzung zur aktuellen Leistungsfähigkeit.

Worin ist ein/e internationale/r Karateathlet(inn)en besser als ein/e Nationale/r, oder inwiefern unterscheiden sich die Karateathlet(inn)en bei den zwei Disziplinen Kumite und Kata? All diese Antworten werden durch sportmotorische Tests geliefert. Damit diese Antworten verständlicher werden, ist es wichtig die Sportart zu kennen bzw. die physische Leistungsfähigkeit zu erkennen, weil alle Faktoren einen großen Einfluss auf die Wettkampfleistung einbringen und als Ziel haben, Athlet(inn)en in den bestmöglichen Zustand zu bringen.

Im Karate, wo hohe Bewegungstritte auftreten, stellt die Fähigkeit der maximalen Kraft eine Basis dar, die in einem Zusammenhang mit der Schnellkraft und Explosivkraft steht.<sup>16</sup> Sprungkrafttests (Sprunghöhe) wurden in Form eines Squat-Jumps (SJ) und Counter Movement Jumps (CMJ) durchgeführt. In den nächsten Abschnitten werden sportmotorische Tests zur Ermittlung der Kraftfähigkeit beschreiben.

#### **6.4.1. 1 RM**

Mit dem 1-RM Test lässt sich die maximale Kraft bestimmen, aber die Informationen aus diesem Test dienen auch zur prozentuellen Berechnung des Maxim. Der Goldstandard-Test, der One-Repetition-Maximum-Test oder auch Ein-Wiederholungs-Maximum Test können ebenso für die Ermittlung der maximalen Kraft herangezogen werden. Das One-Repetition-Maximum definiert sich als: „der höchstmögliche Widerstand, der einmal über das gesamte Bewegungsausmaß kontrolliert und korrekter Position zu überwinden ist, ermittelt“ (Rank et al., 2012, S. 76).

In der Testbatterie zur Bestimmung der Maximalkraft werden in den nächsten Abschnitten direkt die Ergebnisse aus der Studie von Roschel et al., (2009) herangezogen. Bei dieser Studie wurde zur Ermittlung der maximalen Kraft die Smith-Maschine verwendet. Die Proband(inn)en sind vor der Testung am Laufband mit 9 km/h gelaufen. Vor jeder Übung führten die Athlet(inn)en einen spezifischen Aufwärmesatz mit fünf Wiederholungen bei ungefähr 50% des geschätzten 1-RM durch, gefolgt von einem weiteren Satz mit drei Wiederholungen bei 70% des geschätzten 1-RM. Die Aufwärmesätze werden durch Intervalle von zwei Minuten voneinander getrennt. Nach dem dritten Satz hatten die Athlet(inn)en eine Pause von drei Minuten. Die maximale Kraft wird als das maximale Gewicht bezeichnet, das einmal mit der richtigen Technik angehoben werden konnte, wobei maximal fünf Versuche

---

<sup>16</sup> Siehe Kapitel 7.2.1.

zulässig waren. Beim Bankdrücken wurde der Test nur auf der Bank durchgeführt (Roschel et al., 2009, S. 21).

#### 6.4.2. Counter-Movement Jump (CMJ) und Squat Jump (SJ)

In meisten Studien wurden zur Ermittlung der Sprungkrafthöhe der CMJ und SJ Tests verwendet (Ravier et al., 2004; Roschel et al., 2009; Doria et al., 2009; Koraponovski et al., 2011, Najmi et al., 2017). In der Studie von Roschel et al. (2009) wurde zur Bestimmung der Sprunghöhe der CMJ Test verwendet.

Der Ablauf von diesem Test wurde auf einer Widerstandplattform durchgeführt, die an einen digitalen Timer angeschlossen wurde. Bei der Ausführung des Tests sollten die Proband(inn)en ihre Hände zur Hüfte geben und während der Aufnahme so hoch wie möglich springen und die gleiche Körperposition bei der Landung zu beibehalten (Abbildung 13) (Roschel et al., 2009, S. 21).



Abb. 13: Counter Movement Jump (CMJ) und Squat Jump (Salonikidis, et al., 2001, S. 45).

Beim Squat Jump stehen die Proband(inn)en auf der Platte mit gebeugten Knien in einer Position (Kniegelenk 90 Grad). Die Proband(inn)en führten einen maximalen vertikalen Sprung aus. Die Position des Oberkörpers bzw. einzelner Körperpartien bleiben unverändert (Solankidis et al., 2001, S. 45).

## 7. FLEXIBILITÄT (Beweglichkeit)

### 7.1. Begriffsdefinition

Laut Weineck (2004) wird die Beweglichkeit zusammen mit anderen konditionellen Fähigkeiten (Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit) als grundlegende Fähigkeit bezeichnet. Die Beweglichkeit definiert sich als:

„die Fähigkeit und Eigenschaft des Sportlers, Bewegungen mit großer Schwingungsweite selbst oder unter dem unterstützenden Einfluss äußerer Kräfte in einem oder mehreren Gelenken auszuführen“ (Weineck, 2004, S.425).

Von manchen Autor(inn)en wird die Beweglichkeit als eine motorische Hauptbeanspruchungsform bezeichnet, die zusammen mit den anderen konditionellen Leistungsfähigkeiten eine Grundeigenschaft bildet (Albrecht & Meyer, 2015, S.12). Die Beweglichkeit lässt sich in zwei Kategorien anhand der maximalen Bewegung unterteilen. Aus physiologischer und anatomischer Sicht (Abbildung, 11) (Albrecht & Meyer, 2015, S.12) ergibt sich folgende Differenzierung:

- die Gelenkigkeit
- die Dehnfähigkeit

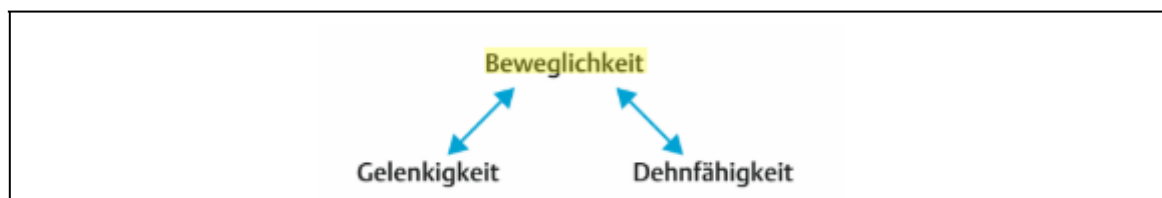


Abb. 14: Beweglichkeitsmodell (Albrecht & Meyer, 2015, S. 12).

Die Gelenkigkeit kann vom passiven Bewegungsapparat (Knochen, Gelenkstrukturen, Gelenkkapsel, Bänder) bestimmt werden und nicht vom aktiven Bewegungsapparat, wie beispielsweise Sehnen und Muskeln (Klee & Wiemann, 2005, S. 9). Im Jugendalter ermöglichen sich Veränderungen durch verschiedene Formen des Trainings. Diese Anpassungen dürfen nicht als biologisch bewertet werden, sondern als negative Auswirkungen der bestimmten Sportart (Albrecht & Meyer, 2015, S.13).

Die Dehnfähigkeit ergibt sich aus der Form der Muskeln und Sehnen. Laut (vgl. Klee & Wiemann, 2005) ist die Dehnfähigkeit ein entscheidender Faktor zur Anpassung der optimalen Beweglichkeit. Sie haben die Dehnfähigkeit durch folgende Worte definiert: „die Dehnfähigkeit des Muskels wird das Vermögen der entspannten, inaktiven Muskulatur definiert, dehnenden äußeren Kräften nachzugeben“ (Klee & Wiemann, 2005, S.12).

## 7.2. Die Struktur der Beweglichkeit

Laut Klee & Wiemann (2005, S. 9) unterscheiden sich in der Trainingspraxis folgende Formen der Beweglichkeit:

- *Spezielle* und *allgemeine* Beweglichkeit

- *Passive und aktive Beweglichkeit*
- *Statische und dynamische Beweglichkeit*
- Die *spezielle* Beweglichkeit ist eine sportartspezifische Beweglichkeit, welche anhängig von der entsprechenden Sportart definiert wird (Weineck, 2004). Das motorische Anspruchsniveau ist durch die Sportart stark ausgeprägt (Die Beweglichkeit des/der Karatekas im Hüftgelenk und Kniegelenk, um die Fußtechniken ausführen zu können (*Mawashi-geri, Ura-mawashi-geri, Ushiro-mawashi-geri*)).
- *Allgemeine* Beweglichkeit definiert nach Weineck (1994) ist eine Beweglichkeit, die sich durch die wichtigsten Gelenksysteme (Schulter, Hüfte und Wirbelsäule) kennzeichnet.
- Die *passive* Beweglichkeit wird als eine Bewegungsamplitude des Gelenks bezeichnet, die durch eine äußere Hilfe z.B. durch den/die Trainingspartner/in oder eigenen Körpergewicht ausgeprägt ist.
- Die *statische* Beweglichkeit wird als eine Fähigkeit bezeichnet, die ein Gelenk einen längeren Zeitraum (mehrere Sekunden oder Minuten) durchhalten kann.
- Im Gegensatz zur statischen Beweglichkeit ist die *dynamische* Beweglichkeit durch eine Bewegung eines Gelenkes gekennzeichnet, die kurzfristig eingenommen werden kann (vgl. Klee & Wiemann, 2004, S. 13).

### **7.3. Testverfahren der Beweglichkeit im Karate**

Funktionelle Beweglichkeit wird im Karate vorausgesetzt, um die Fußtechniken technisch gut ausführen zu können. Damit dem Verletzungsrisiko im Karate vorgebeugt werden kann, hilft eine gute Beweglichkeit insbesondere der unteren Extremitäten. Zur Ermittlung der Beweglichkeit werden Tests beschrieben, die in ausgewerteten Studien verwendet wurden. Diese Tests zeigten die Beweglichkeit des Sprung- und Hüftgelenks, sowie der Oberschenkel-Rückseite.

#### **7.3.1. Der SIT- und- REACH Test**

Bei der Testdurchführung sitzen die Proband(inn)en auf dem Boden mit ausgestreckten Beinen und den nackten Fußsohlen flach an der Box. Während der Bestimmung der Beweglichkeit bleiben Knie und Arme gleichmäßig ausgestreckt und die Handflächen liegen auf der Box auf.

Aus der sitzenden Position schieben die Proband(inn)en mit den Fingerspitzen den Marker nach vorne, so weit wie möglich und versuchen die Position für einige Sekunden zu halten.

Es wurden drei Versuche durchgeführt und die beste Punktzahl aufgezeichnet. (vgl. Najmi et al., 2016, S. 490).

#### **7.4. Die Bedeutung der Beweglichkeit im Karate**

Für einige Sportarten ist die Beweglichkeit eine der grundlegenden motorischen Fertigkeiten, so auch im Karate. Derzeit liegen sehr wenige Informationen zur Beweglichkeit von Karatekas vor (Pate & Shephard, 1989). Wie im Kapitel 8.1. beschrieben wird, hilft eine gute Beweglichkeit, um Verletzungen vorzubeugen. Im Kampfsport spielt die Erhöhung der Bewegungsfreiheit und Beweglichkeit eine wichtige Rolle, insbesondere für Karateathlet(inn)en auf einem hohen Niveau.

Die Beweglichkeit für Karateathlet(inn)en ist entscheidend, um eine hohe Leistung sowie hohe Tritte zu erzielen und die Bewegungen mit voller Reichweite bei hoher Geschwindigkeit ausführen zu können (Chaabene et al., 2012a). Probst et al. (2007) zeigten, dass die Karateathlet(inn)en nur bei einem Bein eine größere Beweglichkeit aufweisen (im Vergleich rechter und linker Oberschenkel). Eine höhere Beweglichkeit der Hüftbeugemuskulatur von Karateathlet(inn)en kann durch unterschiedliche Trainingsmethoden verbessert werden, insbesondere in der frühen Phase des Jugendalters (Klee & Wiemann, 2005). Violan et al. (1997) merken an, dass die Beweglichkeit sich im Jugendalter sehr gut entwickeln kann, wobei die Ergebnisse eine gute Verbesserung der statischen Beweglichkeit zeigten. Aus einem Review von Chaabene et al. (2012a, S. 12) kann man entnehmen, dass es im Karate nicht notwendig ist größere Bewegungsbereiche zu erreichen, sondern eine erzielte Beweglichkeit, damit die Fußtechniken mit einer guten Ausführung am Ende bei technisch guter Leistung von dem/der Kampfrichter/in positiv bewertet werden können. Schlussendlich kann gesagt werden, dass im Karate eine *dynamische* Beweglichkeit mehr entscheidend ist als eine *statische* Beweglichkeit.

#### **7.5. Posturale Kontrolle und posturale Stabilität**

Balance definiert sich als die Fähigkeit, in welcher der Körperschwerpunkt und das eigene Körpergewicht im Verhältnis zur Unterstützungsfläche kontrolliert werden. Dadurch befindet sich der Körper in einer Balance-Position oder verliert das Gleichgewicht, wobei es im schlimmsten Fall zu einem Sturz kommen kann (Duclos et al., 2014; Braunsberger, 2019, S. 12).

Als posturale Kontrolle (engl: *postural control*) bezeichnet man jene Mechanismen, welche die Balance kontrollieren, die von der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Daten von den sensomotorischen Systemen abhängig sind. Um insbesondere Gelenkbewegungen und Muskeln zu kontrollieren, ist nicht nur das sensomotorische System verantwortlich, sondern auch die entsprechenden Gelenke, die von der Art und Weise die Balance wiederherstellen (Hüter-Becker et. al., S. 178).

Das Hauptziel der posturalen Kontrolle ist es die posturale Stabilität zu kontrollieren. Darüber hinaus beschreibt sich die posturale Stabilität als die Fähigkeit des Körpers, eine bestimmte Position länger zu behalten (Horak, 2006, S. 2). Die Haltungskontrolle wird nicht mehr als ein System betrachtet, sondern als eine komplexe motorische Fähigkeit angesehen, die aus der Wechselwirkung der unterschiedlichen Prozesse beeinflusst wird. Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Körperschwankung, wobei die posturale Stabilität ebenso abnimmt. Die posturale Kontrolle kann durch verschiedene Faktoren gefördert werden (Hüter-Becker, 2005, S. 179):

- Üben
- Unterschiedliche Methoden des Kraft- und Beweglichkeit-Trainings
- Konzentration und Aufmerksamkeit
- Fokus (z.B. Laser mit einem Punkt an der Wand)

Nach Horak (2006, S. ii8) gibt es sechs verschiedene Faktoren, welche einen Einfluss auf die posturale Stabilität haben: Biomechanische Einschränkungen, Bewegungsstrategien, sensorische Strategien, die Orientierung im Raum, die Kontrolle der Dynamik und die kognitive Verarbeitung (Abbildung 15).

## Resources Required for Postural Stability and Orientation

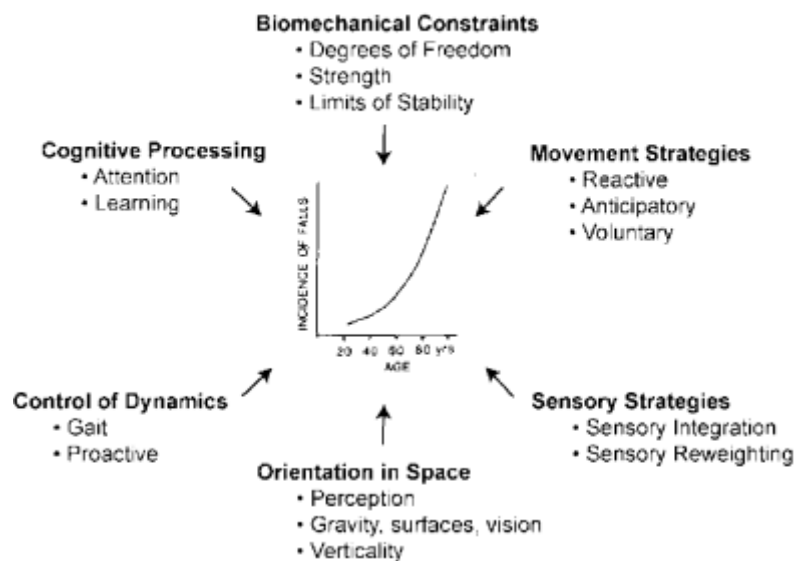


Abb. 15: Ressourcen für posturale Kontrolle (Horak, 2005, S. ii8)

Die Bestimmung der posturalen Kontrolle kann über die indirekte Messung der Körperposition auf einer Kraftmessplatte bestimmt werden (center-of-pressure, CoP) (Ekvall-Hansson et al., 2010). Falls die Schwankung des CoP eine größere Amplitude zeigt, ist die posturale Stabilität kleiner. Über BBS (Biodex Medical Systems) kann die posturale Kontrolle zudem numerisch ermittelt werden.

## 8. METHODIK

### 8.1. Studiendesign

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich um einen narrativen Review. Einen Einblick in die theoretischen Grundlagen hinsichtlich der physiologischen bzw. physischen Eigenschaften und Belastungs- sowie Beanspruchungsprofil von Karate-Athlet(inn)en, deren Unterschiede und Trainingsmethoden zeigt der erste Abschnitt dieser Arbeit. Die Begriffserklärung erfolgt über verschiedene spezifische motorische Karate-Tests, die in den vorherigen Kapiteln genannt bzw. beschreiben wurden.

Dafür wurde ausschließlich auf deutsch- und englischsprachige Literatur zurückgegriffen. Demnach wird jene Literatur für die Arbeit verwendet, die sich aus der Basisliteratur ergibt, welche die Grundlage der Trainingswissenschaft und Trainingslehre, aber auch der sportmedizinischen und leistungsdiagnostischen Bereiche bildet.



### **8.1.1. Parameter der Untersuchung**

Bei der Untersuchung werden folgende Parameter für die Auswahl der Studien einbezogen:

- Maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ), Herzfrequenz (HR), Lactate (La) als physiologische Parameter in beiden Disziplinen
- Counter-Movement Jump Test (CMJ), Squat Jump-Test (SJ), One-repetition maximum (1RM) und Sit-and-Reach Test als Parameter der physischen Eigenschaften in beiden Disziplinen

Mindestens einer dieser Parameter muss sich in den physiologischen und/oder physischen Eigenschaften des Beanspruchungs- und Belastungsprofils in den vorliegenden Studien befinden. Außerdem wurden die Studien berücksichtigt, die sich mit simulierten Karate-Wettkämpfen bzw. offiziellen Wettkämpfen beschäftigen.

Die Suche nach Studien, die der gestellten Hypothesen entsprechen, wurde auf der elektronischen Literaturlatenbank PubMed und Google Scholar begonnen, um die aktuelle Studienlage zu durchsuchen. Damit entsprechende Studien für das Themengebiet gefunden wurden konnten, wurde die Suche mit englischen Suchbegriffen durchgeführt, wie „Karate“, „Karate-Kumite“, „Karate-Kata“, „physical profiles“, „athletic performance“, „physiological load profiles“, „workload“, „anthropometric profiles“, „physiological parameters“, „aerobic power“, „anaerobic power“, „body fat percentage“, „power strength“, „neuromuscular performance“, „force velocity“, „lactate“, „Kumite match“, „martial arts“, „Judo“, „Taekwondo“, „Karate specific Test“, „Elite Karatekas“, „testing“, „morphology“, „perceived exertion“, „postural control“, „flexibility“, „speed“, „fatigue“ und „reaction time“.

Ziel ist es in diesem Bereich bestenfalls die neusten und aktuellsten Erkenntnisse der Wissenschaft zusammenzufassen. Ein wichtiger Aspekt bei der Auswahl der passenden Studien für die narrative Übersichtstudie lag darin, dass die Inhalte der Quellen die Hypothesen möglichst genau und fachwissenschaftlich beantworten sollten.

## **8.2. Ein- und Ausschlusskriterien für die Auswahl der Studien**

### **8.2.1. Einschlusskriterien**

Die Einschlusskriterien für diese narrative Übersichtstudie sind männliche und weibliche Karateathlet(inn)en, die auf einem internationalen (Spitzenniveau) und einem nationalen Niveau antreten. Weiters mussten die Studien zwei unterschiedliche Disziplinen umfassen (Kumite und Kata), welche durch Wettkämpfe (World Championships, Europe Championships) durchgeführt werden. Ebenso werden die Studien von anderen Kampfsportarten verglichen, die in einem Zusammenhang mit Karate stehen z.B. (Taekwondo und Judo). Das

Kriterium für die Auswahl der Top-Athlet(inn)en war, dass mindestens drei Jahre kontinuierlich Training oder Wettkämpfe in einer bestimmten Disziplin (Kata oder Kumite) durchgeführt wurden.

### **8.2.2. Population**

Alle Proband(inn)en sind mindestens Inhaber/in eines schwarzen Gürtels (1. Kyu). Des Weiteren sind die Athlet(inn)en zwischen 16 und maximal 35 Jahre alt. Bei diesem narrativen Review kann es angesichts des Evidenzgrades demzufolge nicht zu einer Einschränkung kommen. Abstracts und nichtpublizierte Arbeiten werden unter anderem ebenso mit einbezogen, wenn genügend Informationen verfügbar sind.

### **8.2.3. Ausschlusskriterien**

Nachdem die Einschlusskriterien nun dargestellt wurden, sollen die Ausschlusskriterien ebenso erwähnt werden, denn diese erleichtern durch das Screening der Titel und Abstracts einen sofortigen Ausschluss einer Vielzahl an Artikel. Folglich soll eruiert werden, ob die physischen und physiologischen Eigenschaften von Karateathlet(inn)en auf einem Eliteniveau möglicherweise (bzw. internationalen) vorhanden sind.

Ist bei den nun aufgezählten Ausschlusskriterien eines zutreffend, wird der Artikel sofort verworfen: Nicht englisch- oder deutschsprachig, Studien zu Kindern, Studien über andere Sportler/innen, keine Primärstudien (Reviews, Kommentare, Reports, Diskussionen, Kritiken...).

## **9. DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE**

Insgesamt 28 Studien in der vorliegenden Arbeit beschäftigen sich mit der Frage, *ob ein signifikanter Unterschied in den physiologischen und physischen Eigenschaften zwischen dem Sportkampf (Kumite) und der Formdisziplin (Kata) besteht*. Dabei wird auch geklärt, welche Auswirkungen es von Trainingsmethoden und Wettkampfsituationen auf physiologische Parameter gibt. Zum Niveau der Leistung kann gesagt werden, dass die Untersuchungen sehr unterschiedlich waren, und Proband(inn)en von Amateursportler/innen bis zu Spitzenathlet(inn)en, die auf einem internationalen Niveau antreten, unterschiedliche Techniken verwendet haben und in unterschiedliche Kategorien eingeteilt sind. Alle Studien führten zuvor einen Vergleich durch, wobei durch eine Fahrradergometrie und eine Laufbandergometrie die gewünschten Parameter gemessen wurden, um die Informationen zur Belas-

tung liefern zu können. Bei den Untersuchungen wurden sowohl Parameter von physiologischen Eigenschaften wie u.a. Sauerstoffaufnahme, Blutlaktatkonzentration und Herzfrequenz gemessen. Des Weiteren folgen die physischen Parameter, welche durch verschiedene sportartspezifische- und leistungsdiagnostische Verfahren ermittelt werden.

Die Besonderheit von Karatetechniken bei unterschiedlichen Formen des Trainings, im Wettkampf wie in simulierten Wettkämpfen bestehen aus den unterschiedlichen Verhaltensweisen z.B. Abstoppen, Bremsen, Bewegungen der Techniken, die vom großen Interesse im Sinne der Optimierung entsprechenden Techniken sind und wurden in einem Kampf von einem- oder mehreren Kampfrichter/innen bewertet. Zudem werden die Untersuchungen zur Ermittlung der physiologischen- und physischen Parameter durchgeführt. Diese ermittelten Ergebnisse sind von großer Bedeutung für die Charakterisierung und Optimierung eines entsprechenden Karatetrainings im Zuge spezifischer Bewegungsabläufe in beiden Disziplinen. Es kann gesagt werden, dass solch aktuelle Ergebnisse ein großer Schritt in Richtung der leistungsdiagnostischen Optimierung nicht nur im Karate, sondern auch in anderen Spitzensportarten sind. In den letzten zehn Jahren wurden zur physiologischen und physischen Leistungsfähigkeit nicht nur Kumite-Athlet(inn)en herangezogen, sondern auch die Kata-Athlet(inn)en.

Im folgenden Teil werden die Ergebnisse der untersuchten physiologischen sowie physischen Leistungsfähigkeit im Detail dargestellt. Die Ergebnisse werden in einer abschließenden Diskussion im Zusammenhang mit den relevanten Themen dieser Arbeit miteinander in Verbindung gesetzt und auch mit anderen Kampfsportarten verglichen.

### **9.1. Physiologisches Belastungs- und Beanspruchungsprofil eines/einer Karate-Athleten/Athletin**

Anhand des theoretischen Inputs der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, welche Bedeutung physiologische Eigenschaften für Belastungen unter verschiedenen Bedingungen bei Wettkämpfen oder bei unterschiedlichen Arten von Training haben. Um die physiologischen Parameter gut zu kennen bzw. beschreiben zu können, sind unterschiedliche objektive und wissenschaftliche Argumente sowie Begründungen erforderlich, um das Training gezielt zu steuern. Die Untersuchungen der Disziplin Kata sowie Kumite zeigten, dass beide Disziplinen im Hinblick auf das physiologische Beanspruchungsprofil zu einer Sportart gezählt werden, in der die Ausdauerleistungsfähigkeit dominiert. Karate ist eine breitere Sportart, wobei die Spezifizierungen der verschiedenen Trainingsmethoden in beiden Disziplinen nicht genügend erforscht sind.

Für Sporternährungswissenschaftler/innen ist es insbesondere wichtig den Energieverbrauch während des Wettkampfs zu kennen, um den Athlet(inn)en Empfehlungen bezüglich der Energiezufuhr durch bestimmte Lebensmittel geben zu können. In allen Studien werden die Parameter „maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ )“, „Blutlaktatkonzentration (La)“ und „Herzfrequenz (HF)“ während eines 3-minütigen Kampfes gemessen. Dabei handelt es sich um ein simuliertes Karate-Match oder ein Kata-Match, wobei die Dauer zwischen 30 und 90 Sekunden beträgt.

### 9.1.1. Untersuchungsergebnisse zu dem energetischen Anforderungsprofil in Karate-Kumite

Tab. 5. Übersicht der Studien von physiologischen Parametern in Karate-Kumite [La]

| Autor/in/<br>Jahr        | Stichprobe/Anzahl der Proband(inn)en                                  | Kumite / Dauer<br>(Sek.)           | Parameter/<br>[La] (mmol/L)                                                                                                            |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Simulierte Kämpfe</i> |                                                                       |                                    |                                                                                                                                        |
| Beneke et al.<br>2004    | n= 10<br>männliche Athleten<br><br>Spitzenklasse                      | <br><br><br>$267 \pm 61$           | <br><br><br>$7.7 \pm 1.9$<br><br>$\Delta La = 4.2 \pm 1.9$                                                                             |
| Doria et al.<br>2009     | Italienische Nationalmannschaft<br>n=3 männliche<br><br>n=3 weibliche | <br><br><br>$240^b$<br><br>$180^b$ | <br><br><br>$7.5 \pm 2.4$<br><br>$10.6 \pm 4.8$                                                                                        |
| Iida et al.<br>2008      | n=13<br>Japanische Athleten; mehr als zwei<br>Jahren Erfahrung        | <br><br><br>$120^b$<br><br>$180^b$ | <br><br><br>$3.1. \pm 1$<br><br>$3.4 \pm 1$                                                                                            |
| Roschel et al.<br>2009   | n=14<br>Brasilianische Athleten<br>Gewinner<br><br>Verlierer          | <br><br><br><br><br>$180^b$        | <br><br><br>$[La]_{pre} = 2.3 \pm 0.4$<br>$[La]_{post} = 5.1 \pm 1.2$<br><br>$[La]_{pre} = 1.8 \pm 0.6$<br>$[La]_{post} = 5.2 \pm 2.2$ |
| Tabben et al.<br>2013    | Tunesische Athlet(inn)en<br>Spitzenklasse<br><br>n=10 männliche       | <br><br><br><br><br>$180^b$        | <br><br><br><br><br>$[La]_{post} = 13.0 \pm 1.8$                                                                                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                           |                                      |                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | n=8 weibliche                                             | 120 <sup>b</sup>                     | [La] <sub>post</sub> = 13.5 ± 1.6                                                                                                                                                     |
| Chaabene et al. 2014                                                                                                                                                                                                                                                              | n=10 männliche<br>Tunesische Athleten                     | 180 <sup>b</sup>                     | [La] <sub>post</sub> = 7.80 ± 2.66                                                                                                                                                    |
| <i>Offizielle Kämpfe</i>                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                           |                                      |                                                                                                                                                                                       |
| Arriaza et al. 2009                                                                                                                                                                                                                                                               | n=20<br>Spitzenklasse durch Weltmeisterschaft             | NE                                   | 11.1 [8.7 – 12.7]                                                                                                                                                                     |
| Tabben et al. 2013                                                                                                                                                                                                                                                                | Tunesische Athlet(inn)en<br>Spitzenklasse<br>n=4 männlich | 180 <sup>b</sup>                     | Kampf 1: [La] <sub>post</sub> = 8.8 ± 0.9<br>Kampf 2: [La] <sub>post</sub> = 9.1 ± 3.0                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | n=3 weibliche                                             | 120 <sup>b</sup>                     | Kampf 3: [La] <sub>post</sub> = 8.4 ± 2.1<br><br>Kampf 1: [La] <sub>post</sub> = 8.9 ± 3.1<br>Kampf 2: [La] <sub>post</sub> = 8.9 ± 2.4<br>Kampf 3: [La] <sub>post</sub> = 10.0 ± 2.0 |
| Chaabene et al. 2014                                                                                                                                                                                                                                                              | Tunesische Athleten<br><br>n=10 männliche                 | 180 <sup>b</sup>                     | [La] <sub>post</sub> = 11.14 ± 1.82                                                                                                                                                   |
| Chaabene et al. 2014a                                                                                                                                                                                                                                                             | Tunesische Athleten<br>n= 14 männliche                    | 180 <sup>b</sup>                     | [La] <sub>pre</sub> = 1.73 ± 0.54<br>[La] <sub>post</sub> = 11.18 ± 2.21                                                                                                              |
| Zaborski et al. 2016                                                                                                                                                                                                                                                              | Mazedonische Athleten<br>n=10 Männer                      | 180<br><i>Nach dem dritten Kampf</i> | [La] <sub>pre</sub> = 3.29<br>[La] <sub>post</sub> = 10.49                                                                                                                            |
| La=Blutlaktatkonzentration; La <sub>pre</sub> =Blutlaktatkonzentration vor dem Kampf; La <sub>post</sub> =Blutlaktatkonzentration nach dem Kampf; <sup>b</sup> =Bruttokampfzeit; NE=nicht ermittelt; ΔLa=Unterschied der Blutlaktatkonzentration vor dem Kampf und nach dem Kampf |                                                           |                                      |                                                                                                                                                                                       |

Insgesamt konnten sieben Studien aus der Tabelle herangezogen werden, bei denen physiologische Parameter betrachtet wurden, um ein energetisches Anforderungsprofil im Karate-Kumite zu bestimmen. Der theoretische Teil (siehe Kapitel 2.3) beschreibt detailliert,

wie lange ein Kumite-Match für männliche und weibliche Athlet(inn)en dauert. Es ist auch wichtig zu beachten, dass basierend auf der Dauer bestimmter Kämpfe bzw. von den Teilnehmer(inne)n, die das Finale erreichen, Kämpfer/innen während des Wettbewerbs bis fast sieben Runden hintereinander bestreiten können. Unterschiedliche Analysen der Kumite-Sportkämpfe zeigten auf, dass die Kämpfe durchschnittlich von  $267 \pm 61$  Sekunden mit Pausen insgesamt 9.3 bis 20 Minuten dauern. Der/die Kampfrichter/in verursacht die Unterbrechungen der Aktivitäten, die innerhalb eines Kampfs von  $18 \pm 6$  Sekunden mit Pausenzeiten von  $9 \pm 6$  Sekunden dauern.

Beneke et al. (2004) untersuchten zehn männliche, nationale und internationale Athleten, die für eine Europameisterschaft vorbereitet wurden. Hierfür führten sie eine Turniersimulation durch, wobei die Kampfzeit zu einem Wettkampf von drei Minuten entspricht. Die geplanten Zeitintervalle zwischen den einzelnen Kämpfen betrugen 17 Minuten (Kampf 1 und Kampf 2) und 15 Minuten (Kampf 3 und 4). Die durchschnittliche maximale  $VO_{2peak}$  pro Kampf betrug  $52,4 \text{ ml/kg/min}$  und die Blutlaktatkonzentration in Ruhe von  $1.7 \text{ mmol/l}$ , die auf einen Wert nach dem Kampf von  $7.6 \text{ mmol/l}$  anstieg. Die Anteile der aeroben, anaeroben-alkalisch und laktatid der Energiebeiträge betrugen 77.8 %, 16.0 % bzw. 6.2 %. Aus dieser Gegebenheit kann gesagt werden, dass der Gesamtstoffwechsel des Karate-Sparings nicht anaerob dominiert wurde (Abbildung 17). Es ist deutlich zu entnehmen, dass die Blutlaktatkonzentration von Runde zu Runde verringert wurde (Abbildung 17). Die  $VO_{2max}$  wurde bei dieser Untersuchung nicht gemessen, da die relative  $VO_2$  nicht bestimmt werden konnte.

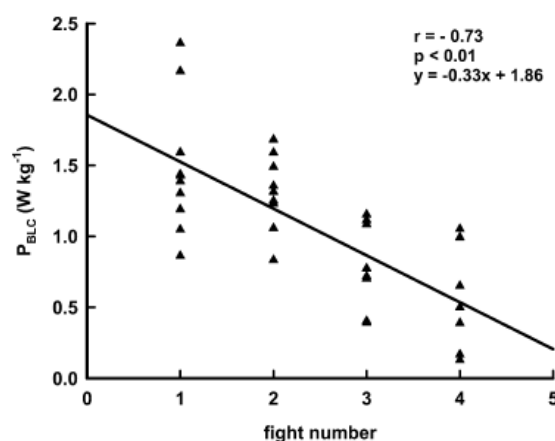


Abb. 16 Die anaerob-alkalisch Energiebereitstellung nimmt mit zunehmender Anzahl von Kämpfen ab (mod. n. Beneke et al. 2004, S. 522)

Doria et al. (2009) testete elf männliche und weibliche Athlet(inn)en der italienischen Nationalmannschaft, die Kumite-Athlet(inn)en Gold-, Silber und Bronzemedallengewinner/-innen waren. Die Blutlaktatkonzentration wurde unmittelbar vor und nach jedem Sparringkampf bestimmt. Die *Kumite*-Athlet(inn)en führten simulierte Kämpfe durch, wie bei der vorherigen Studie von Beneke et al. (2004), die sich aus Angriffs- und Verteidigungstechniken zusammensetzen und ohne Unterbrechung mit einer Dauer von 240 Sekunden für Männer und 180 Sekunden für Frauen. Diese Zeiten stellten die längsten Zeiten der tatsächlichen *Kumite*-Weltmeisterschaftswettbewerbe dar.

Die Ergebnisse nach Doria et al. (2009) zeigen, dass ca. 50% Frauen und 70% Männern die Energie insgesamt als aerob verwendet wurde. Aus dieser Gegebenheit im Vergleich zu den Ergebnissen von Beneke et al. (2004) kann bestätigt werden, dass der höchste Prozentsatz an Energie aus dem aeroben Stoffwechsel verwendet wurde. Der andere Teil der Energie, der am wenigsten verbraucht wurde stammte aus anaerob-laktazid und betrug ca. 12% für Frauen und 22% für Männern. Als anaerob-alaktazid wurde bei den Frauen ca. 14% und bei den Männern 28% gebraucht, unabhängig davon, welche Methoden angewendet wurden (Abbildung 17).

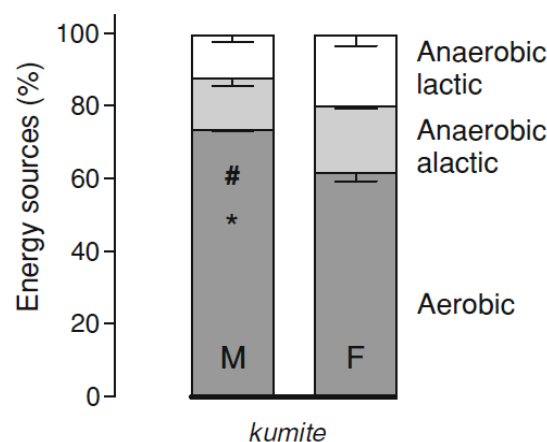


Abb. 17 Die Verteilung der Energie für männliche und weibliche Athlet(inn)en in der Karate-Disziplin Kumite (Doria et al. 2009, S. 608; mod. n. Neumann, 2017, S. 14).

lide et al. (2008) untersuchten auch das energetische Profil bei einem simulierten Karte-Match von sechs Männern (18-20 Jahre) und sechs Jungen, die zwischen 16 und 17 Jahre alt waren. Alle Probanden sind Träger des schwarzen Gürtels von 1. KYU. Die Untersuchung wurde mit unterschiedlichen Zeiten durchgeführt. Die Blutlaktatkonzentration und Sauerstoffaufnahme vom zwei-minütigen Kampf betrug  $3.1 \pm 1.0$  mmol/l bzw.  $42.3 \pm 1.9$  ml/min/kg. Die Blutlaktatkonzentration und Sauerstoffaufnahme vom drei-minütigen Kampf betrugen  $3.4 \pm 1.0$  mmol/l bzw.  $47.8 \pm 8.0$  ml/kg/min, wobei die  $VO_{2max}$  im Prozentsatz von

84.9 ± 8.1 % gezeigt wurde. Es zeigt sich deutlich, dass die physiologischen Anforderungen des energetischen Profils von dem drei-minütigen Kampf signifikant höher waren als beim zwei-minütigen Kampf.

Basierend auf den Untersuchungen von Beneke et al. (2004), Iide et al. (2008) & Doria et al. (2009) können diese mit einer Studie von Chaabéne et al. (2014) verglichen werden, wobei der Energieverbrauch mit den unterschiedlichen Techniken in einem Zusammenhang betrachtet wurde. In dieser Studie nach Chaabéne et al. (2014a) wurden 14 nationale und internationale Athlet(inn)en in den unterschiedlichen Kategorien untersucht. Entsprechend der Kampfzeit von drei Minuten bei Männern und zwei Minuten bei Frauen führten die hochrangigen Athlet(inn)en 17 ± 7 Aktionen pro Kampf aus. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Blutlaktatkonzentration bei den simulierten Kämpfen kleiner gemessen wird (7.80 ± 2.66 mmol/l), als bei offiziellen Wettbewerben (11.18 ± 2.21 mmol/l). Die Studien nach Arriaza (2009) bestätigen im Vergleich zu offiziellen und simulierten Wettkämpfen eine höhere Blutlaktatkonzentration (durch die Weltmeisterschaft, Tabelle 5).

Dadurch stellt sich die Frage, aus welchem Bereich der Energieverbrauch für die Angriffs- und Abwehraktionen in der Karate-Kumite stammen. Darüber hinaus kann gesagt werden, dass die Entwicklung des anaeroben-alaktaziden Systems von großer Bedeutung für die Kumite-Kämpfer/innen sind, um Angriffs- und Abwehraktionen mit extrem schnellen Bewegungen ausführen zu können, die in der Zeit von ein bis drei Sekunden durchgeführt werden. Diese Aussage verdeutlicht die Abbildung 17.

Im Vergleich zu den Studien von Beneke et al. (2004) und Iide et al. (2008) während einer Kumite-Simulation erwies sich die Blutlaktatkonzentration kleiner als bei einem offiziellen Kumite-Kampf. Der Unterschied besteht darin, dass die Simulation des Kampfes in Bezug auf den offiziellen Wettbewerben, das Wettbewerbsniveau sowie die Teilnehmer/innen bzw. Proband(inne)n selbst den Zustand des glykolytischen Systems beeinflussen können.

Die Daten von einer anderen Untersuchung nach Tabben et al. (2014) konnten bestätigen, was Beneke et al. (2004), Iide et al. (2008), Doria et al. (2009) & Chaabéne et al. (2014) untersucht haben. Mehr als die Hälfte der Energie wird direkt als aerob gewonnen und ein Teil aus den anaeroben Laktazid-Alaktazid. Dies wird durch die Abbildung 17 verdeutlicht.

Tabben et al. (2014) untersuchten in einer Studie männliche und weibliche Athlet(inn)en auf einem nationalen und internationalen Niveau in drei verschiedenen Kategorien. Die vorliegende Arbeit wurde hauptsächlich auf das energetische Anforderungsprofil beider Disziplinen konzipiert, weshalb aus der Tabelle 6 nur die Randori-Gruppe betrachtet wurde. Die



verwendete Trainingsmethode von der Randori-Gruppe wurde mit simulierten Karate-Sparring von zwei Minuten für Frauen und drei Minuten für Männer durchgeführt.<sup>17</sup> Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die nationalen Athlet(inn)en als Sparringpartner/in für die Randori-Gruppe dienten.

Tab. 6 Die Blutlaktatkonzentration nach den drei verschiedenen Formen des Trainings.

|                                            | [La-] (mmol · L <sup>-1</sup> ) |                          |                           |                         |
|--------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                                            | TT                              | TD                       | Randori                   | All training modalities |
| Women with international level             | 8.1 ± 0.8                       | 5.3 ± 0.7                | 12.0 ± 0.4                | 8.4 ± 2.5               |
| Women with national level                  | 11.3 ± 0.8                      | 8.1 ± 0.3                | 15.0 ± 0.8                | 11.5 ± 2.5              |
| Women regardless of level                  | 9.7 ± 1.8                       | 6.7 ± 1.5                | 13.5 ± 1.6                | 9.9 ± 2.9               |
| Men with international level               | 8.3 ± 0.8                       | 5.3 ± 0.5                | 11.4 ± 0.6                | 8.4 ± 2.3               |
| Men with national level                    | 11.3 ± 0.8                      | 7.9 ± 0.6                | 14.5 ± 1.2                | 11.3 ± 2.6              |
| Men regardless of level                    | 9.8 ± 1.7                       | 6.6 ± 1.4                | 13.0 ± 1.8                | 9.8 ± 2.8               |
| Men and women with international level     | 8.2 ± 0.8                       | 5.3 ± 0.6                | 11.7 ± 0.6                | 8.3 ± 2.4 <sup>1</sup>  |
| Men and women with national level          | 11.3 ± 0.8                      | 7.9 ± 0.5                | 14.7 ± 1.1                | 11.4 ± 2.6 <sup>1</sup> |
| Men and women regardless of practice level | 9.7 ± 1.7 <sup>b,c</sup>        | 6.6 ± 1.4 <sup>b,d</sup> | 13.2 ± 1.7 <sup>c,d</sup> | 9.9 ± 2.9               |

Legend: <sup>b</sup> - TT is significantly different from TD; <sup>c</sup> - TT is significantly different from randori; <sup>d</sup> - TD is significantly different from randori; <sup>1</sup> - Karatekas at national level are significantly different from karatekas at international level.

Quelle: (Tabben et al. 2014).

Diese Studie aus Tabelle 6 besagt, dass sowohl die weiblichen als auch männlichen Proband(inn)en auf internationalem Niveau eine geringere Laktatkonzentration aufweisen als Proband(inn)en, die auf nationalem Niveau antreten. Zwischen den weiblichen und männlichen Athlet(inn)en gab es keinen signifikanten Unterschied bei der Blutlaktatkonzentration, wobei Imamura et al. (1999) ähnliche Ergebnisse ermittelten. Es stellt sich die Frage, weshalb die nationalen Athlet(inn)en eine größere Blutlaktatkonzentration im Gegensatz zu den internationalen Athlet(inn)en aufweisen.

Le Roux (2015) untersuchte in seiner Forschung zwölf männliche Spitzenklasse-Athleten in einer Wettkampfsimulation von sechs Runden. Zwischen den Kämpfen führte er kurze Pausen durch. Während der jeweiligen *Kumite*-Kämpfe stellte er einen Beitrag des aeroben Systems von 55,45% und anaeroben von 44,55% fest, was im Vergleich zu den vorherigen Studien von Doria et al. (2009) bestätigt werden kann (Tabelle 7).

<sup>17</sup> WKF-Regeln Ü.a. V. 2020

Tab. 7 Der Mittelwert von dem gesamten Energieverbrauch in fünf Runden.

| Table 4.3: Percentage energy system contribution per round |                     |                      |         |           |         |                      |
|------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|---------|-----------|---------|----------------------|
| Round                                                      | ENERGY SYSTEMS      |                      |         |           |         | AVERAGE TIME / FIGHT |
|                                                            | OXIDATIVE LIPOLYTIC | OXIDATIVE GLYCOLYTIC | AEROBIC | ANAEROBIC | LACTATE |                      |
| 1                                                          | 13.63%              | 32.56%               | 46.19%  | 38.08%    | 15.73%  | 05:14.3              |
| 2                                                          | 7.87%               | 37.55%               | 45.41%  | 38.39%    | 16.20%  | 04:07.9              |
| 3                                                          | 9.59%               | 34.46%               | 44.05%  | 42.30%    | 13.65%  | 04:35.4              |
| 4                                                          | 21.68%              | 33.82%               | 55.49%  | 27.66%    | 16.85%  | 04:34.5              |
| 5                                                          | 27.82%              | 47.81%               | 75.63%  | 19.33%    | 5.05%   | 05:50.8              |
| 6                                                          | 25.30%              | 40.64%               | 65.94%  | 28.08%    | 5.98%   | 04:29.2              |
| Mean                                                       | 17.65%              | 37.81%               | 55.45%  | 32.31%    | 12.24%  | 04:48.7              |

Quelle: (mod. n. Le Roux, 2015, S.50)

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass basierend auf der Belastungszeit für Frauen von zwei Minuten und für Männer von drei Minuten, mit einer Gesamtbelastungszeit von 16 bis ca. 21 Minuten die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit dominiert. Aufgrund dieser Untersuchungen kann diese Aussage (der aerobe Teil der Energiebereitstellung) von mehreren Autor(inn)en bestätigt werden (Beneke et al. 2004; Iide et al. 2008; Doria et al. 2009; Chaaben et al. 2014; Tabben et al. 2014 & Le Roux 2015). Durch die Interpretation der verschiedenen Studien, die bei der simulierten und offiziellen *Kumite*-Sportwettkämpfen durchgeführt wurden, verdeutlichen die Autor(inn)en, dass Karatesport besonders *Karate-Kumite* in den Ausdauersportarten klassifiziert werden können.

### 9.1.2. Untersuchungsergebnisse zu dem energetischen Anforderungsprofil in Karate-Kata

Tab. 8 Übersicht der Studien von dem physiologischen Parameter in Karate- Kata [La].

| Autor/in/<br>Jahr       | Stichprobe/Anzahl der<br>Proband(inn)en                   | Kata / Stil                                                            | Parameter/<br>[La] (mmol/L) |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Zehr and<br>Sale, 1993  | n=4<br>schwarzer Gürtel<br>(1=1.KYU; 2= 2. KYU; 1= 5 KYU; | Seisan,( Shito ryu Stil)<br>Normales Tempo (8-10 Min.)                 | 0.75 ± 0.3                  |
|                         |                                                           | Schnelles Tempo (8-10 Min)                                             | 1.43 ± 0.29                 |
| Imamura et.<br>al. 1999 | n=6<br>Weibliche Athletinnen 1. KYU                       | Unterschiedliche Kata-Stufen; (Grundstufe bis Fortgeschrittene) werden | 1.2 ± 0.3                   |

|                                 |                                                                                        | während 20 Minuten durchgeführt.                                                            |                                                                |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Arriaza et al.<br>2009          | n=9<br>Spitzenklasse Athleten;<br>Weltmeisterschaft                                    | Nicht ermittelt                                                                             | 8.79 (range: 6.8 bis 10.6)                                     |
| Doria et al.<br>2009            | Italienische Nationalmannschaft<br>n=3 weibliche Athletinnen<br>n=3 männliche Athleten | Unsu Kata (Shotokan Style)<br>Zeit (138 ± 4 Sek.)                                           | $\Delta La = 6,5 \pm 1,3$                                      |
| Bussweiler & Hartmann,<br>2012. | n=6<br>Deutsche männliche Athleten verschiedener Niveaus                               | Heian Nidan (Shotokan Stil)<br>Einzelkampf: 31.9 ± 2.9 Sek.<br>Doppelkampf: 63.6 ± 6.9 Sek. | Erste Runde: 4.6 ± 1.1<br>Zweite Runde: 4.5 ± 0.2<br>6.9 ± 1.1 |
| La=Blutlaktatkonzentration      |                                                                                        |                                                                                             |                                                                |

In diesem Kapitel konnten sechs Studien zu dem energetischen Anforderungsprofil in Karate-Kata zusammengefasst werden. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass das energetische Profil von Karate-Kata bisher sehr wenig erforscht wurde. Die Tabelle 8 zeigt alle Studien, die in den vergangenen Jahren in der Disziplin Karate-Kata in dem physiologischen bzw. trainingswissenschaftlichen Bereich durchgeführt wurden. Für die Ermittlung des energetischen Anforderungsprofil in der Disziplin Karate-Kata kamen die Studien zum Einsatz.

In der Studie von Shaw & Deutsch (1982) wurden zehn Kata-Athleten untersucht, um in der unterschiedlichen Belastungszeit *Heian Shodan-Kata (Shotokan Stil)* zu absolvieren. Die Ausführungszeiten wurden in verschiedene Intervallbedingung unterteilt. Jede Wiederholung in 15, 30 und 45 Sekunden mit einer Pause von 60 Sekunden. Die Ergebnisse zeigten, dass die  $VO_2$  höher bei der Ausführung von 30 Sekunden ( $31.1 \pm 1.5$  ml/kg/min bzw.  $54.9 \pm 2.3\%$   $VO_{2max}$ ) als bei 45 Sekunden ( $17.3 \pm 0.9$  ml/kg/min bzw.  $30.9 \pm 1.4\%$   $VO_{2max}$ ) waren. Die Forscher kamen zu dem Schluss, dass *Heian-Shodan Kata* mit kontinuierlichen Tempo von 30 Sekunden zur Verbesserung der kardiovaskulären Fähigkeiten beitragen können. Bei der Interpretation dieser Studie ist zu beachten, dass sich die Probanden in ihrer Erfahrung im Karate-Kata von 4 Monate bis 10 Jahren unterschieden. Die Ergebnisse der Blutlaktatkonzentration und des Energieverbrauchs wurden nicht ermittelt.

Zehr & Sale (1993) führten eine ähnliche Untersuchung mit vier männlichen Athleten durch, welche in einem anderen Karate-Stil *Shito-ryu* die *Kata Seisan* ausführten. Die Kata besteht

aus 67 Bewegungen, in denen die Probanden acht bis zehn Minuten ohne Unterbrechung die Kata ausführen müssen. Sie konnten sich die Ausführung unter 30 oder 60 Sekunden selber auswählen. Die Ergebnisse liefern etwas höhere Werte im Vergleich zu der Untersuchung von Shaw & Deutsch und es zeigt sich deutlich, dass die komplexere Kata zu einem hohen kardiovaskulären Bedarf führen kann.

Eine differenziertere Darstellung der Ergebnisse zur Energiebereitstellung während der Ausführung einer Kata konnten Francescato et al. (1995) darstellen. Sie untersuchten acht männliche Probanden, die in einem anderen Stil (*Wado-ryu*) die Kata Pinan-Nidan durchführten. Bei der Untersuchung wurden sechs unterschiedliche Methoden verwendet, wo die  $\text{VO}_2$  80 Sekunden betrug (68 ml/kg/min). Dabei stellt sich heraus, dass der größte Energieanteil über das ATP-KP von 46% bis 90% für die kürzeste bis zur längsten Kata bereitgestellt werden sollen, wobei nur 13% Glykolyse während der längsten Kata (80 Sekunden) von der insgesamten Energie genommen wurden. Diese Aussage wurde bestätigt in der Forschungsarbeit von Lehmann (2000), in welcher er zeigt, dass die Glykolyse nicht die entscheidende Rolle in Karatesport spielt, besonders im Karate Kata.

Die einzige Untersuchung, die das energetische Anforderungsprofil in der Disziplin *Kata* untersucht, wurde von Doria et al. (2009) geführt. Sie haben die Daten von drei männlichen und drei weiblichen Athlet(inn)en der italienischen Nationalmannschaft (Spitzenniveau) ermittelt. Darüber hinaus im Bezug diese Arbeit wurde besonders die *Shotokan* Stil betrachtet. Dabei führten Teilnehmer/innen die *Kata-Unsu* aus. Die Belastungszeit wird für Männer 140 Sekunden und für die Frauen 160 Sekunden eingestellt, unter welcher die Blutlaktatkonzentration für Männer  $6.5 \pm 1.3$  mmol/L und für Frauen  $3.9 \pm 1.7$  mmol/L beträgt. Die Autor(inn)en kamen zum Schluss, wie in der vorherigen Studie von Francescato et al. (1995), dass die Energiebereitstellung in der Disziplin *Kata* aus der Glykolyse nicht von großer Bedeutung ist. Francescato et al. (1995) nennen, in einer Belastungszeit von 80 Sekunden wurde 41% als aerob, 13% anaerob-laktazid und 46% alaktazid bereitgestellt. Die Autor(inn)en Doria et al. (2009) zeigen, dass die Energiebereitstellung für Männer aerob ca. 50%, anaerob-alaktazid 29% und laktazide 21%, und für Frauen aerob ca. 57%, anaerob-alaktazide 36% und laktazide 7% ermittelt wurden. Die Abbildung 18 verdeutlicht es, woher am meisten Energie rausgeholt wird.

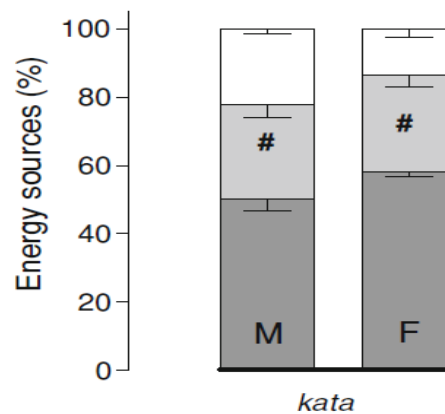


Abb. 18 Die Verteilung der Energie für männliche und weibliche Athlet(inn)en in der Karate-Disziplin Kata. Aerob (grau), anaerob-alaktazid (hellgrau) und laktazide (weiß) (Doria et al. 2009, S.608).

Die Autor(inn)en ermitteln auch, wie viel Energie aus dem aeroben Stoffwechsel, den Phosphaten und aus der Glykolyse rausgeholt werden könne ( $72.9 \pm 7.6$  kJ,  $40.0 \pm 9.3$  kJ und bzw.  $32.4 \pm 4.1$  kJ).

Bussweiler & Hartmann (2014) untersuchten in einer Forschung das energetische Profil der *Shotokan-Stil*, um den Energiebedarf bei der Absolvierung von zwei unterschiedlichen Katas zu bestimmen. Die *Kata Heian Nidan* wurde ausgewählt, welche für Anfänger/innen beabsichtigt ist und die Kata Unsu, die bei der Prüfung zum 4. DAN/KYU absolviert werden muss. Die Energiebereitstellung für die *Kata Heian Nidan* liegt im Bereich von  $60 \pm 11$  kJ, wobei die Energie aus den Phosphaten mehr als 50% gebraucht wird und bei der Kata Unsu, die 70 Sekunden länger als die *Kata Heian Nidan* dauert, wurde aus dem aeroben Stoffwechsel von  $96 \pm 4$  kJ zugeführt. Diese Ergebnisse verglichen mit den Studien von Doria et al. (2009) verdeutlichen wieder die Aussage, dass am meisten Energie aus dem aeroben Stoffwechsel abgedeckt wurde (Abbildung 19).

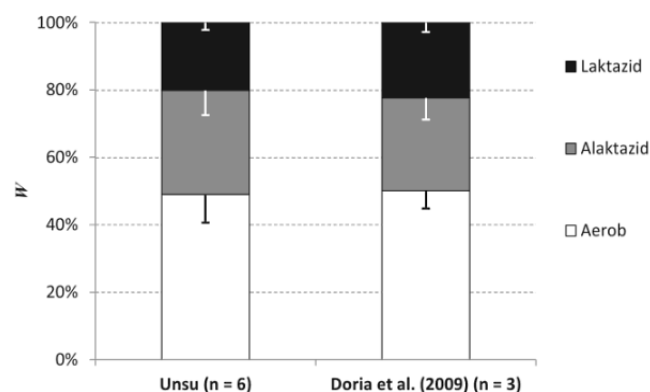


Abb. 19 Die Verteilung des Energieverbrauchs für die Kata-Unsu im Vergleich zu den Studien von (Bussweiler & Hartmann, 2014, S.112).

Aus den Darstellungen kann zusammengefasst werden, dass die Sammlung energetischer Anforderungen die Sportkampfdisziplin in der Gruppe von Ausdauersportarten klassifiziert. Es ist wichtig zu beachten, dass nur sehr wenige Studien es erlauben, die Details des gesamten *Kata*-Energiesystems festzustellen. Das größte Problem beim Vergleich zu den Studien in der Disziplin *Kata* ist tatsächlich die große Anzahl verschiedener *Kata*. Es ist klar ersichtlich, dass die *Kata*-Disziplin den größten Teil ihrer Energie aus dem aeroben Teil, den geringeren aus den anaerob-alaktazid und dem kleinsten Teil aus dem anaeroben-laktazid bezieht.

### 9.1.3. Untersuchungsergebnisse basierend auf physiologischen Parametern in verschiedenen Formen des Karate-Trainings und Wettkampfsituationen

Tab. 9. Untersuchungsergebnisse basierend auf maximale Sauerstoffaufnahme bei der Ergometrie.

| Autor/in/<br>Jahr          | Stichprobe/Anzahl der Probanden/<br>Land                                                             | Ergometer         | Parameter/<br>$VO_{2max}$ [mean $\pm$ SD]                                                                                                          |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Francescato<br>et al. 1995 | Anfänger (n=8)<br>Japan                                                                              | Fahrradergometrie | 36.8 $\pm$ 5.35                                                                                                                                    |
| Imamura et<br>al. 1997     | Spitzenklasse (n= 6)<br>Anfänger (n=8)<br>Japan                                                      | Laufbandtest      | 59 $\pm$ 6.6<br>57.5 $\pm$ 5.2                                                                                                                     |
| Imamura et<br>al. 1999     | Praktizierende (n=9)                                                                                 | Laufbandtest      | 58.6 $\pm$ 6.8                                                                                                                                     |
| Ravier et al.<br>2009      | Internationale und nationale<br>Athleten<br>EG=9; KG=8<br>Frankreich                                 | Laufbandtest      | EG <sub>pre</sub> =58.7 $\pm$ 3.1<br>EG <sub>post</sub> =61.4 $\pm$ 2.6<br>KG <sub>pre</sub> =58.2 $\pm$ 3.1<br>KG <sub>post</sub> =58.1 $\pm$ 4.4 |
| Shaw und<br>Deutch, 1982   | Praktizierende (4 weiße Gürtel;<br>2 blaue Gürtel; 2 braune Gürtel<br>und 1 schwarzer Gürtel;<br>USA | Laufbandtest      | 56.1 $\pm$ 5.4                                                                                                                                     |
| Zehr und<br>Sale, 1993     | Praktizierende (4 schwarze<br>Gürtel; 1,2 und 5 KYU                                                  | Fahrradergometrie | 45.5 $\pm$ 5.0                                                                                                                                     |
| Yoshimura et<br>al. 2010   | Anfänger (n=15)<br>Japan                                                                             | Laufbandtest      | 32.75 $\pm$ 4.1                                                                                                                                    |
| Iide et al.<br>2008        | Praktizierende mehr als 2<br>Jahre; schwarze Gürtel (n=12)                                           | Laufbandtest      | 51.2 $\pm$ 2.3                                                                                                                                     |

|                                                                           |                             |                   |              |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------|
| Keshishin,<br>2013                                                        | <i>Spitzenklasse (n=11)</i> | Fahrradergometrie | 46.97 ± 7.7  |
|                                                                           | <i>Anfänger (n=9)</i>       |                   | 42.74 ± 12.7 |
|                                                                           | <i>Australien</i>           |                   |              |
| <i>EG=experimentale Gruppe; KG=Kontrollgruppe; SD=standard deviation;</i> |                             |                   |              |

Im folgenden Abschnitt der Arbeit werden die durchgeführten Übungen, Wettkampfsituationen sowie simulierte Trainings- und Wettkampfsituationen beurteilt.

Imamura et al. (1996) untersuchten bei trainierten Athleten ( $\text{VO}_2$  57.4 ± 7.6 ml/min/kg) die Veränderung der Herzfrequenz im Zuge eines Trainings von 20 kontinuierlichen Sparringsübungen, die jeweils zwei Minuten dauern. Die mittlere Ruheherzfrequenz vor der Untersuchung betrug 83.5 ± 11.3 S/min. Die durchschnittliche Herzfrequenz während der Testung betrug 191.8 ± 9.4 S/min, was einem Prozentsatz von 96.7 ± 4.2% der maximalen Herzfrequenz entspricht. Hierzu kommt, dass die Probanden mit einer maximalen Herzfrequenz innerhalb von 20-minütigen Übungsabschnitt ausgeführt wurden. Die einzige Bewertung der Anstrengung bei dieser Studie wurde subjektiv von der Borg-Skala bestimmt und sie betrug 19 ± 2. In der weiteren Studie nach Imamura et al. (1999) wurden fünf verschiedene Arten der Übungsform untersucht, um einen Zusammenhang der physiologischen Parameter einer 70-minütigen Einheit zu bestimmen. Bei dieser Studie innerhalb der unterschiedlichen Übungen kam es jedoch zu Messungen, welche als erhobene Werte bei jedem Abschnitt der Übung ermittelt wurden. Zwischen jeder Übung fand eine Pause von fünf Minuten statt. In dieser Arbeit wurden alle drei Ausführungen der Übung betrachtet, um die  $\text{VO}_2$  zu bestimmen: Kata als eine Grundform, Tech I als eine freie Ausführung der Technik ohne Sparringpartner und Tech II als eine Kampfkation mit dem Sparringpartner. Man konnte feststellen, dass die maximale Sauerstoffaufnahme für alle sieben Athleten für Kata, Tech I und Tech II 58.8 ± 6.8 ml/min/kg beträgt. Die Werte wurden im Steady-State bestimmt, wobei ein Mittelwert von Tech 1 und Tech 2 ca. 54% beträgt. Darüber kann konstatiert werden, dass die Belastung der maximalen  $\text{VO}_2$  bei 90% liegt. Außerdem kam es, dass bei Kata einen Mittelwert  $\text{VO}_{2\text{max}}$  von ca. 43% gefunden wurde. Um diese 70-minütigen Einheit zu bewerten, kann der Mittelwert für die  $\text{VO}_2$  (47.4±5.9 %) und für die HF von 72.6 ± 9.2% ermittelt werden (Abbildung 20). Drei Jahre später wurde bei der gleichen Untersuchung von Imamura et al. (2002) auch die drei Komponenten Tech I, Tech II und Kata betrachtet, welche für diese Arbeit relevant sind. Die durchschnittliche maximale Sauerstoffaufnahme aus dem Belastungstest bei dieser Studie (für die gesamte 70-minütige Übung) konnte den Mittelwert der  $\text{VO}_2$  von 31.5 ± 10.3 % und für die HF von 68.6 ± 8.6 % ermitteln. Es zeigten sich unterschiedliche Werte der maximalen Sauerstoffaufnahme von fast 10%, obwohl die Untersuchung unter den gleichen Bedingungen durchgeführt wurde.

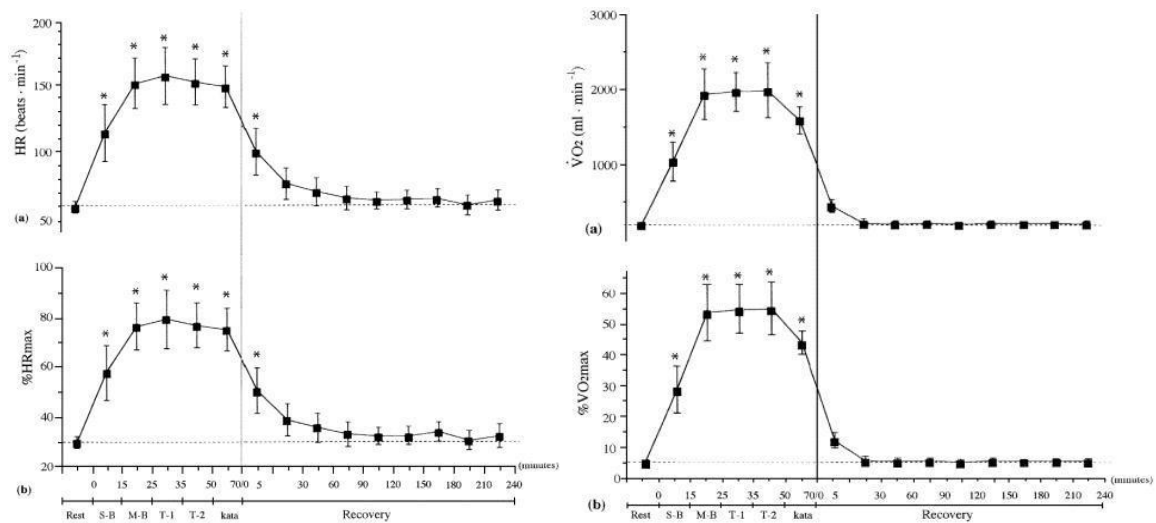


Abb. 20: Die Verteilung der Ergebnisse zu den ausgeführten Übungen (Tech I, Tech II und Kata). HF links und VO<sub>2</sub>max rechts (mod. n. Imamura et al. 1999)

Nach einer Studie von Toyoshima et al. (2003) wurde geschätzt, dass der Prozentsatz der maximalen VO<sub>2</sub>max eines 3-minütigen Sparrings aus der während des Kampfes erhaltenen Herzfrequenz und einen Zusammenhang von VO<sub>2</sub>max und HF, die aus der Fahrradergometrie erhalten würde. In dieser Studie von Imamura et al. (1999) sollten Ergebnisse berücksichtigt werden. Nach fünf Arten der Untersuchung (Tech I, Tech II und Kata), die für die untersuchte maximale Sauerstoffaufnahme geliefert wurde, wurden eine höhere HF-Reaktion hervorgerufen als bei einem Laufbandtests. Die Ergebnisse nach Imamura et al. (2003) zeigten die Werte von VO<sub>2</sub> und %VO<sub>2</sub>max, HF und % HF<sub>max</sub> durch eine Übung von 1000 Schläge und 1000 Kicks. Die Probanden führten jede Sekunde eine Technik durch, welche 16 Minuten und 40 Sekunden dauerten, um 1000 Schläge oder 1000 Tritte zu beenden. Nach einem Auftritt wurde eine Pause von 30 Minuten eingelegt. Die gesammelten Ergebnisse zeigen die jeweiligen Mittelwerte für 1000 Schläge VO<sub>2</sub> von  $406 \pm 39$  ml/min, %VO<sub>2</sub>max von  $17.1 \pm 4.1$  %, HF von  $108.2 \pm 13.0$  S/min und % HF<sub>max</sub> von  $57.1 \pm 6.2$  % und für 1000 Tritten VO<sub>2</sub> von  $941 \pm 173$  ml/min, %VO<sub>2</sub>max von  $41.1 \pm 8.8$  %, HF  $156.6 \pm 12.0$  S/min und % HF<sub>max</sub>  $82.7 \pm 5.8$  %. Nach der Untersuchung von Ravier et al. (2009), bei welcher die Spitzenklasse der französischen Nationalmannschaft teilgenommen hat, führte zu folgenden Ergebnissen. Die Untersuchung wurde sieben Wochen nach der Saison der Endrunde durchgeführt, wobei die Probanden in zwei unterschiedlichen Trainingsformen (HIT- und KT-Gruppe) aufgeteilt bzw. trainiert wurden. Es wird deutlich gezeigt, dass die HIT-Gruppe im Rahmen der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeiten eine signifikante Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme um bis zu 4,6% von der KT-Gruppe erreicht wurde. Eine andere Darstellung der Ergebnisse wurde in einer Forschung von Kesheshian (2013) bei



simulierten Kämpfen innerhalb drei Minute herausgezogen. Die Verteilung des Sauerstoffverbrauchs während eines dreiminütigen Zeitraums verdeutlichen einen ähnlichen durchschnittlichen relativen aeroben Bedarf zwischen zwei Gruppen. In einer Gruppe betrugen dargestellten Werte der physiologischen Parameter  $VO_2$  für Spitzenklasseathleten 61% der maximalen Sauerstoffaufnahme und für Anfänger 63% der maximalen Sauerstoffaufnahme.

Es kann zusammengefasst werden, dass die relative  $VO_{2max}$  Werte von Karateathleten mit unterschiedlichen nationalen und internationalen Niveaus von Männern zwischen  $47.8 \pm 4.4$  bis  $61.4 \pm 2.6$  ml/kg/min liegen. Die Ergebnisse zeigten die Daten von Frauen zwischen  $32.75 \pm 4.1$  bis  $42.9 \pm 1.6$  ml/kg/min liegen. Ravier et al. (2009) geben an, dass die maximale Sauerstoffaufnahme ein Parameter ist, wobei sie sich hinsichtlich unterschiedlicher Trainingsmethoden verbessern lässt. Die Tabelle 9 verdeutlicht die Ergebnisse von Ravier et al. (2009).

#### **9.1.4. Untersuchungsergebnisse zu den physiologischen Beanspruchungsparameter (Herzfrequenz) bei offiziellen- und simulierten Wettkämpfen in *Kumite und Kata***

Wie in den vorherigen Kapiteln die maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) und Blutlaktatkonzentration (La) erforscht wurden, werden in diesem Kapitel die Untersuchungen, die sich auf noch einen Parameter in Karate (Kumite und Kata) konzentrieren, beurteilt. Es ist zu beachten, dass bezüglich der Herzfrequenz bei den offiziellen Wettkämpfen in Karate Kata sehr wenig geforscht wurde. In dem Kapitel 10.1.3 wurde die HF bei den unterschiedlichen Trainings- und Karateformen beurteilt.

Diese Arbeit konzentrierte sich hauptsächlich auf den Shotokan-Stil, wobei Doria et al. (2009) in ihrer Untersuchung die Ergebnisse beider Disziplinen (Kumite und Kata) von männlichen und weiblichen Athlet(inn)en ermittelten. Basierend auf dem Shotokan-Stil wurde die *Kata Unsu*<sup>18</sup> ausgeführt, wobei nur männliche Athleten in dem Stil beobachtet wurden. Die Belastungszeit in *Kata* betrug für Männer 140 Sekunden und für Frauen 160 Sekunden. In *Kumite* führten die Athlet(inn)en simulierte Kämpfe mit dem/der Sparringpartner/in mit einer Belastungszeit wie bei den Weltmeisterschaften durch. Diese beträgt bei Frauen drei Minuten und bei Männern vier Minuten.

Bezüglich der Herzfrequenz im Vergleich zu dem Fahrradergometer stellten Doria et al. (2009) die maximale prozentuale HF in *Kumite* von  $97 \pm 6\%$  für weibliche Athletinnen und

---

<sup>18</sup> Seihe Kapitel 2.6. *Kata-Unsu*

von  $92 \pm 2\%$  für männlichen Athleten fest. Bei den männlichen *Kata*-Athleten war  $94 \pm 7\%$  und bei den weiblichen  $90 \pm 3\%$ . Aus diesem Grund kann man aus den gegebenen Ergebnissen einen signifikanten Unterschied erkennen. Tabben et al. (2013) untersuchten unter anderem die maximale Herzfrequenz über drei Kampfunden. Durch den Wettkampf wurde die HF der tunesischen Nationalmannschaft mit dem Polar-System dargestellt. Insgesamt konnten Werte für vier männliche Athleten und drei weibliche Athletinnen ermittelt werden. Während des Karate-Wettbewerbs stellten sie eine mittlere HF von  $182 \pm 9$  S/min fest (Tabelle 11). Die Abbildung 21 zeigt deutlich, dass während jeder nachfolgenden Runde die Herzfrequenz zunahm, aber kein signifikanter Unterschied zwischen den Runden festgestellt werden konnte (Tabelle 10).

Tab. 10: Die Ergebnisse der Gesamtzeit, relative und absolute Herzfrequenz und wahrgenommene Anstrengung von sieben Athlet(inn)en während insgesamt 21 internationalen Kämpfen.

| Matches        |       | Total time (min) | HR (bpm)  | % HRmax | RPE       |
|----------------|-------|------------------|-----------|---------|-----------|
| <b>Match 1</b> | Women | 3.5 (0.8)        | 185 (11)  | 92 (3)  | 4.3 (0.5) |
|                | Men   | 5.1 (1.3)        | 177 (9)   | 88 (3)  | 3.3 (0.4) |
|                | All   | 4.5 (1.4)        | 181 (10)  | 90 (3)  | 3.8 (0.7) |
| <b>Match 2</b> | Women | 3.0 (0.9)        | 185 (10)  | 92 (3)  | 4.5 (0.5) |
|                | Men   | 5.7 (1.0)        | 179 (7)   | 89 (4)  | 4.0 (1.4) |
|                | All   | 4.6 (1.7)        | 182 (8)   | 91 (4)  | 4.2 (1.1) |
| <b>Match 3</b> | Women | 4.3 (1.1)        | 185 (9)   | 92 (2)  | 5.3 (1.5) |
|                | Men   | 5.3 (2.3)        | 181 (8)   | 90 (2)  | 4.1 (1.7) |
|                | All   | 4.9 (1.8)        | 183 (8)   | 91 (3)  | 4.6 (1.7) |
| <b>Mean</b>    | Women | 3.6 (1.0)        | 185 (8.7) | 92 (2)  | 4.7 (0.9) |
|                | Men   | 5.4 (1.5)        | 179 (7)   | 89 (3)  | 3.8 (1.2) |
|                | All   | 4.7 (1.6)        | 182 (9)   | 91 (3)  | 4.2 (1.2) |

Quelle: mod. n. Tabben et al. 2013, S. 267.

Die Herzfrequenz wurde am häufigsten zwischen 90 und 100% der maximalen Herzfrequenz verteilt. Der prozentuale Zeitaufwand blieb bei jeder Intensität zwischen den Kampfunden unverändert (Abbildung 18).

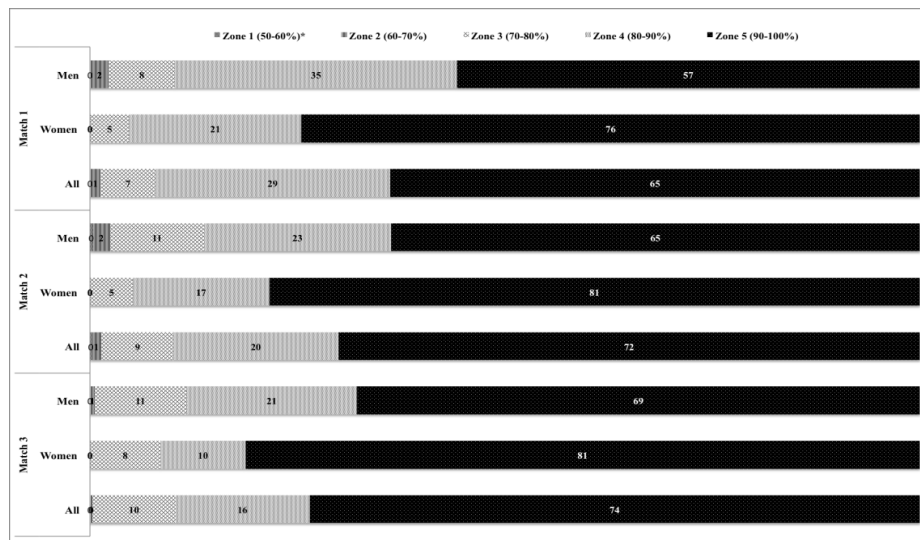


Abb. 21: Die prozentuale Zeitverteilung, die in jeder Intensitätszone für jede Kampfrunde verbraucht wurde (mod. n. Tabben et al. 2013, S. 267).

Im Vergleich zu den Studien von Doria et al. (2009) wurde bestätigt, dass besonders in der Disziplin *Kumite* eine durchschnittliche Herzfrequenz ca. 90% der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max}$ ) erreicht wird. Während der simulierten Karate-Matches in der Untersuchung von Le Roux (2014) wurden die folgenden Mittelwerte für die Herzfrequenz von jedem Athleten sowie pro Runde aufgezeichnet (Tabelle 11). Die Ergebnisse bestätigen die vorherigen Studien von Doria et al. (2009) und Tabben et al. (2013), wobei die mittlere Herzfrequenz während allen Kampfunden für die zwölf Probanden zwischen  $169.1 \pm 3.92$  S/min der maximalen Herzfrequenz ermittelt wurde. Aufgrund dessen wurde eine prozentuale Belastung von 90.1% ermittelt. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Kampfunden und der Herzfrequenz eruiert werden.

Tab. 11 Die Verteilung der Herzfrequenz für jede Runde der simulierten Kämpfe

|      | Start of fight |              | End of fight  |              | Minimum during fight |              | Maximum during fight |              | Difference Max-Min |              | Mean during fight |              |
|------|----------------|--------------|---------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
|      | HR             | BR           | HR            | BR*          | HR                   | BR           | HR                   | BR*          | HR                 | BR           | HR*               | BR*          |
| 1    | 127 ± 6.43     | 19.09 ± 2.04 | 184.33 ± 2.8  | 37.79 ± 1.61 | 122.33 ± 7.15        | 15.89 ± 2.19 | 190.83 ± 2.05        | 44.08 ± 1.33 | 68.5 ± 6.2         | 28.18 ± 3.05 | 175.46 ± 3.8      | 32.13 ± 0.98 |
| 2    | 131.67 ± 6.31  | 23.08 ± 2.18 | 187.17 ± 3.12 | 35.81 ± 3.41 | 125.17 ± 7.19        | 19.08 ± 1.89 | 192.5 ± 2.86         | 42.75 ± 1.79 | 67.33 ± 7.22       | 23.68 ± 2.78 | 174.85 ± 3.54     | 31.57 ± 1.27 |
| 3    | 137.92 ± 6.12  | 23.33 ± 1.59 | 186.33 ± 3.63 | 35.04 ± 2.72 | 128.08 ± 7.26        | 13.97 ± 1.23 | 191.33 ± 3.05        | 41.82 ± 1.48 | 63.25 ± 7.96       | 27.85 ± 2.3  | 175.35 ± 3.49     | 28.97 ± 1.19 |
| 4    | 127.92 ± 4.6   | 19.91 ± 1.75 | 184.83 ± 4.29 | 34.53 ± 2.56 | 117 ± 7.45           | 14.96 ± 1.49 | 189.83 ± 4.26        | 40.46 ± 1.49 | 72.83 ± 8.54       | 25.5 ± 2.52  | 167.46 ± 4.83     | 29.48 ± 1.13 |
| 5    | 132.15 ± 7.86  | 24.77 ± 2.23 | 188.61 ± 7.96 | 25.85 ± 2.88 | 116.11 ± 5.6         | 12.47 ± 1.21 | 190.72 ± 3.39        | 37.82 ± 1.05 | 75.02 ± 6          | 25.04 ± 1.33 | 162.08 ± 5.07     | 26.48 ± 1.28 |
| 6    | 127.17 ± 4.69  | 21.29 ± 2.6  | 182.48 ± 4.55 | 30.69 ± 2.23 | 112.18 ± 5.99        | 11.38 ± 1.38 | 189.51 ± 5.29        | 35.59 ± 1.56 | 77.15 ± 5.7        | 25.08 ± 1.9  | 160.36 ± 5.48     | 24.21 ± 1.3  |
| Mean | 130.64 ± 6.00  | 21.91 ± 2.07 | 182.29 ± 4.39 | 33.26 ± 2.57 | 120.15 ± 6.77        | 14.62 ± 1.57 | 190.79 ± 3.48        | 40.42 ± 1.45 | 70.68 ± 6.94       | 25.89 ± 2.31 | 169.26 ± 4.37     | 28.81 ± 1.19 |

Quelle: mod. n. Le Roux (2014), S. 53.

Chaabene et al. (2014) untersuchten 14 männliche Athleten, die auf nationalem und internationalem Niveau antreten. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Verlierern und Gewinnern ermittelt werden. Anhand der Ergebnisse wurde festgestellt, dass die mittlere Herzfrequenz von  $177 \pm 14$  S/min 91% der maximalen Herzfrequenz betrug. Daher gab es keinen Unterschied in der kardiovaskulären Belastung zwischen Gewinnern und den besieigten Athleten, wobei die Athleten in der Belastungszeit mit 65% in einem Bereich unter ihrer maximalen Herzfrequenz ( $HF > 90\%$ ) arbeiteten. Oliviera et al. (2014) führten eine andere Untersuchung mit simulierten Kämpfen durch, bei welcher neun Probanden untersucht werden. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass in vier Runden des simulierten Wettkampfes nur Athleten auf einem nationalen Niveau betrachtet wurden, die in vier unterschiedlichen Stilen antreten. Die prozentualen kardiologischen Werte während der Kämpfe entsprachen einer Intensität von 83,5% der maximalen Herzfrequenz durch alle vier Runden. Der Laborübungstest ermittelte die durchschnittliche  $HF_{peak}$  von 94.0%.

Andererseits wurde die HF in der Kata-Disziplin beobachtet, wo Shaw und Deutsch (1982) in ihrer leistungsorientierten Forschung einen Unterschied zwischen 30 und 40 Sekunden der Kata-Leistung ermittelten. Die Ergebnisse zeigen, dass die HF und  $VO_2$  signifikant höher waren. Die HF während der 30 Sekunden langen kontinuierlichen Durchführung liegt bei  $168 \pm 3.5$  S/min und wurde höher gemessen, als bei der Ausführung von 45 Sekunden, wo der mittlere Wert zwischen  $138 \pm 3.8$  liegt. Durch eine kontinuierliche Messung der  $VO_2$  und HF unter einer Belastungszeit von acht und zehn Minuten bestätigen Zehr und Sale (1993) die Aussage von Shaw und Deutsch (1982), dass die komplexere Kata zu einem hohen kardiovaskulären Bedarf führen können, insbesondere falls die Kata doppelt so schnell wie üblich durchgeführt werden. Die HF wurde bei der normalen und schnellen Ausführung von  $158.3 \pm 14.2$  S/min (92.7% der maximalen HF) bzw.  $172 \pm 10.4$  (100.9% der maximalen HF) ermittelt. Die Werte von einer differenzierten Untersuchung in der Disziplin Kata konnten von Francescato et al. (1995) dargestellt werden. Die Autoren kamen zum Schluss, dass die HF während der Durchführung der unterschiedlichen Kata von  $133.6 \pm 22.3$  S/min für den kürzesten Zustand von 10 Sekunden auf  $163.3 \pm 12.1$  S/min anstieg.

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass Athlet(inn)en in der Belastungszeit in Kumite wie auch in Kata eine durchschnittliche HF von mehr als 90% der maximalen  $HF_{max}$  ausbelastet wurden. Die Ergebnisse bestätigen, dass die HF im Karatesport nicht von der Disziplin, der Kampfdauer oder dem Geschlecht abhängig ist. Außerdem kamen sie zu dem Schluss, dass die Athlet(inn)en (beider Disziplinen) 65% der Gesamtzeit in einer Zone von über 90% der maximalen Herzfrequenz arbeiten.

## **9.2. Ergebnisse zu den sportartspezifischen motorischen Leistungsfähigkeiten**

Im Folgenden werden die Studienergebnisse hinsichtlich diverser physischer Parameter dargestellt. Nach Chabene et al. (2012) wurden hier die Studien untersucht, welche u.a. die vertikale Sprunghöhe, explosive Muskelkraft und maximale Kraft zur Bewertung der physischen Belastungen heranzogen. Es handelt sich um die unterschiedlichen Untersuchungen der physischen Parameter. Der am häufigsten verwendeten Parameter bei den Karateathlet(inn)en ist die Sprunghöhe, welche meist im Zuge eines *Counter Movement-Jumps* und ebenso eines *Squat Jump-Tests* gemessen wird. Des Weiteren wurden wichtige Werte aus der Kategorie des maximalen Krafttests herangezogen, der bei der Durchführung eines *1 RM-Tests* gemessen wird. Außerdem wurde weiter zur Abschätzung der anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit und Beurteilung der maximalen explosiven Kraft von den unteren Extremitäten der *Wingate-test* herangezogen. Um die Wichtigkeit von der Flexibilität im Karate zu ermitteln, wurde in solchen Studien der *Seat- and Reach Test* bevorzugt.

### **9.2.1. Untersuchungsergebnisse zu den anthropometrischen Verfahren**

In dem kommenden Abschnitt werden die morphologischen Eigenschaften sowie motorischen und funktionellen Fähigkeiten, die für die sportliche Leistung entscheidend sind, beschrieben. Die morphologischen Eigenschaften könnten ein wichtiger Faktor bei der Umstellung eines Profils von Spitzenathlet(inn)en darstellen.

Das Wissen zu den anthropometrischen Eigenschaften der Karateathlet(inn)en kann einen Einblick hinsichtlich somatotyp-spezifischen Voraussetzungen für diese Sportart geben. Da Wettkämpfe in Gewichtklassen ausgetragen werden und jene Athlet(inn)en üblicherweise einen Vorteil haben, die in Gewichtklassen antreten, die unter deren täglichen Normalgewicht liegen, spielt hier im Wettkampfsport Karate eine Strategie zum Gewichtsmanagement eine nicht unbedeutende Rolle (Reale et al., 2017). Trotz der Tatsache, dass Karate ein sehr beliebter Individualsport ist und dass die Kenntnis der morphologischen Eigenschaften sowie der Körperzusammensetzung von größerer Bedeutung hat, sind wissenschaftliche Untersuchungen auf dem Gebiet der physiologischen und physischen Eigenschaften begrenzt.

Sterkowicz (1992) zeigt in seiner Forschung einen geringen Prozentsatz an Körperfett von 13 Kyokushin Athleten  $12,16 \pm 2,31$  %. Sterkowicz & Przybicien (2005) führten eine ähnliche Untersuchung durch, welche nicht nur im Karate sondern auch in anderen Sportarten (Judo, Box, Wrestling) durchgeführt werden. Die Ergebnisse verdeutlichen bzw. bestätigen, dass die Karateathlet(inn)en mit geringerem Körperfettanteil erfolgreicher sind. Bei einer

weiteren Studie von Sterkowicz et al., (2010) wurden 31 serbische Athlet(inn)en der Nationalmannschaft getestet. Hier konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Kata- und Kumite Athlet(inn)en festgestellt werden (Kata  $23.2 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$  und Kumite  $23.5 \pm 2.1 \text{ kg/m}^2$ ). Die Studie ergab jedoch, dass die Kumite-Kämpfer/innen größer als Kata-Kämpfer/innen sind. Diese Aussage verdeutlicht, dass Kämpfer/innen mit entsprechenden und größeren Extremitäten im Vorteil sind. Im Vergleich zu den Studien von Giampietro et al. (2003) konnten signifikante Unterschiede in der Körpergröße dargestellt werden, obwohl die Athlet(inn)en mit internationalen Niveau einen geringeren Prozentsatz an Körperfett gezeigt haben. Nach Chaabéne et al. (2012a) wurde festgestellt, dass es wünschenswert ist, wenn die Karateathlet(inn)en einen geringen Prozentsatz an Körperfett haben. Der prozentuale Körperfettanteil der männlichen Karateathleten der Spitzenklasse reicht jedoch mit ca. 7.5%, für japanische bis 16.8% und für polnische Karateathlet(inn)en der Spitzenklasse (Sterkowicz et al., 2010). Der mittlere Wert vom Körperfettanteil der iranischen Karateathlet(inn)en betrug  $8.66 \pm 3.6\%$  und ist deutlich niedriger als bei den portugiesischen ( $14.1 \pm 3.46\%$ ), französischen ( $13.7 \pm 4.1\%$ ), polnischen ( $16.8 \pm 2.5\%$ ) und britischen ( $16.5 \pm 4.6\%$ ) Athlet(inn)en (Ravier et al., 2004; Steaven Baker et al., 2006; Roschel et al., 2009; Rodrigues Ferreir et al., 2010; Arazi et al., 2017). Imamura et al. (1998) schrieben, dass es keinen signifikanten Unterschied beim Körperfett zwischen Spitzenklassen und Anfänger/innen gab.

Die Studien, die sich mit den somatotypischen Voraussetzungen von Karate-Kämpfer/innen beschäftigen (Francescato et al., 1995; Imamura et al., 1997; Amusa et al., 2001; Giampietro et al. 2003; Bertini et al., 2003; Ravier et al. 2004; Pietr et al., 2009; Rodrigues Ferreira et al., 2010; Sterkowicz et al., 2011; Ariazi et al., 2017) werden in dieser Arbeit herangezogen. In der Forschung von Sterkwicz & Przybycien (2010) wird angeführt, dass Karateathlet(inn)en, die einen Kumite-Kampf nur mit sogenannten speziellen Techniken des Oberkörpers im Vergleich zu den Karateathlet(inn)en mit speziellen Techniken des unteren Körpers bevorzugen, als mesomorph bezeichnet werden. Nach Fritzsche & Raschka (2007) konnte festgestellt werden, dass deutsche Karateathleten mehr ektomorphe Typen als ihre polnischen Kollegen waren, die mehr endomorph-mezomorph Konstitutionstypen waren. Durch die Forschung von Fritzsche & Raschka (2007) wird deutlich, dass das kontinuierliche Training unterschiedliche Veränderungen des ganzen Körpers sowie der Körperzusammensetzung verursacht. Darüber hinaus konnte bestätigt werden, dass Spitzenathlet(inn)en im Vergleich zu den Freizeitathlet(inn)en sehr wenig Körpermaße (Körperfettanteil) hatten. Zudem wird darauf hingewiesen, dass männliche Spitzenathleten oft als mesomorph-ektomorph gekennzeichnet wurden und einen geringen Körperfettanteil hatten (Chaabéne et al. 2012). Fritzsche (2007) schreibt, dass die Körpergröße bei männlichen

Kata-Athleten 180 cm nicht überschreiten sollte, nur im Fall von großen Talenten. Es verdeutlicht sich die Tatsache, dass eine geringere Körpergröße und somit der untere Schwerpunkt bei den dynamischen Schrittbewegungen besser ist und eine schnelle Ausführung der Technik ermöglicht. Eine weitere Darstellung der Ergebnisse von Katic et al. 2005 zeigte, dass Kata-Athleten als endomorph und Kumite-Athleten als ektomorph beschrieben werden konnten. Pieter et al. (2009), Koraponowski et al. (2011), Chaabène et al. (2012) erhielten durch ihre Studien ähnliche Ergebnisse. Die Untersuchung von Abdel-Baser (2010) zeigte ebenfalls, dass eine entsprechende Konstitution (geringer Körperfettanteil) neben einer guten Technik im Karate von besonderer Bedeutung ist.

### 9.2.2. Untersuchungsergebnisse zu der maximalen anaeroben Leistung (Peak-Power)

Tab. 12. Übersicht Studien zu der anaeroben maximalen Leistung (Power)

| Autorin                       | Proband(inn)en-<br>zahl/Land<br>/Test                                                                                                                      | PP (W)<br>[mean ± SD]                  | PP (W/kg)<br>[mean ± SD]                             | MP (W)<br>[mean ± SD]            | MP<br>(W/kg)<br>[mean<br>± SD]                                    |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Busko & Wit<br>(2002)         | Nationale Athleten (n=9)<br>Polen<br>(Maximale Sprint von 8<br>Sekunden)                                                                                   | nicht ermittelt                        | 10.8 ± 0.85                                          | NE                               | NE                                                                |
| Ravier et al.<br>2004         | Junior internationale<br>Athleten (n=10)<br>Junior nationale Athle-<br>ten (n=12)<br>Frankreich<br>(Force – Velocity)                                      | NE                                     | 12.5 ± 1.3<br>10.9 ± 1.5                             | NE                               | NE                                                                |
| Baker and<br>Davies<br>(2006) | Internationale Athleten<br>(n=11)<br>Britannien<br>(Force – Velocity)                                                                                      | 1164 ± 137<br>TBW<br>1289 ± 145<br>FFM | NE                                                   | NE                               | NE                                                                |
| Doria et al.<br>2009          | Internationale<br>Athlet(inn)en:<br>Männer Kumite (n=3)<br>Frauen Kumite (n=3)<br><br>Männer Kata (n=3)<br>Frauen Kata (n=3)<br>Italien<br>(Wingate- Test) | NE                                     | 9.1 ± 1.1<br>7.8 ± 0.6<br><br>9.7 ± 0.6<br>7.7 ± 0.5 | NE                               | 7.9. ±<br>0.6<br>6.6 ±<br>0.4<br><br>7.8 ±<br>0.2<br>6.5 ±<br>0.3 |
| Kesheshian<br>(2013)          | International (n=12)<br><br>National (n=12)                                                                                                                | 1093 ± 119.5<br><br>976.2 ± 125.6      | 14.3 ± 1.9<br><br>13.4 ± 3.3                         | 597.0 ± 39.3<br><br>547.0 ± 85.9 | 7.8 ±<br>0.5                                                      |

|                                                                                                                                                                           |                                                                    |                    |             |                   |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|-------------------|----------------|
|                                                                                                                                                                           | Australien<br>(Wingate-Test)                                       |                    |             |                   | 7.4 ±<br>1.6   |
| Sanchez-<br>Puccini et<br>al. 2014                                                                                                                                        | Internationale Athleten<br>(n=19)<br>Columbien<br>(Wingate - Test) | 591.9 ± 91.0       | NE          | NE                | NE             |
| Nikookhes-<br>lat et al.<br>2016                                                                                                                                          | Internationale Athleten<br>(n=40)<br>Iran<br><br>(Wingate-Test)    | 957.47 ±<br>164.11 | 13.15 ± 1.9 | 219.57 ±<br>58.87 | 7.42 ±<br>0.87 |
| NE= nicht ermittelt; PP=Peak Power; MP=Mean Power; SD=standard deviation; W=Watt; TBW=Gesamtkörpergewicht; FFM=fettfrei Masse (Widerstandskraftwert aus fettfreier Masse) |                                                                    |                    |             |                   |                |

Beneke et al. (2004) nennen, dass das Verhältnis von Zeitaufwand und Erholungszeit in Karate-Kumite 2:1 beträgt. Die Ausführung der Techniken wurde mit 18 Sekunden für die Karate-Kumite mit insgesamt einer Unterbrechung von neun Sekunden ermittelt. Des Weiteren wurde festgestellt, dass die Belastungsdauer in einem Kampf von hochintensiven Aktionen 16,3 Sekunden betrug, wobei eine hochintensive Aktion ein bis drei Sekunden dauert. Eine differenzierte Darstellung der kürzesten offensiven und defensiven Aktionen wurde von Ilde et al. (2008) dargestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass die kürzesten Aktionen in einem Kampf 0,3 Sekunden und die längsten mit 1,8 Sekunden ermittelt wurden. Somit kann die Aussage von Beneke et al. (2004) bestätigt werden. Innerhalb eines dreiminütigen Kampfes lieferten Ilde et al. (2008) die gesamten offensiven und/oder defensiven Kombinationstechniken von 19,4 Sekunden. Durch diese Aussagen von Ilde et al. (2008) konnte festgestellt werden, dass das Kumite-Karate aus sehr kurzen Perioden von hochintensiven Aktionen besteht, die von dem/der Kampfrichter/in unterbrechen werden. Es zeigt sich deutlich, dass die hochintensiven Aktionen hauptsächlich aus anaeroben Energiequellen versorgt werden können.

In diesem Abschnitt der Arbeit konnten insgesamt sieben Studien zur Abschätzung des anaeroben Profils zusammengefasst werden. In den meisten Studien wurde ein akzeptiertes Protokoll von Wingate-Tests zur Beurteilung der maximalen anaeroben Kraftleistung herangezogen. In einem Zeitraum von 30 Sekunden werden die mittlere und maximale Leistung der Karateathlet(inn)en ermittelt. Ravier et al. (2004) fanden einen signifikanten Unterschied zwischen nationalen ( $10.9 \pm 1.5$  W/kg) und internationalen ( $12.5 \pm 1.3$  W/kg) Karateathleten. Daher kann gesagt werden, dass die Ausführung der maximalen Leistung nicht von den unterschiedlichen Niveaus abhängig ist. Nikookheslat et al. 2016 untersuchten 40 Spitzenathleten der iranischen Nationalmannschaft. Sie haben die Daten der maximalen und mittleren Leistung ermittelt, wobei die maximale Leistung höher als bei den Studien von Ravier et al. (2004), Doria et al. (2009), Sanchez-Puccini et al. (2014), Baker &



Davis (2006) & Busko & Wit (2002) war, aber im Vergleich zu den internationalen Spitzenathleten wurde nach Keshishian (2013) ein geringerer Wert ermittelt.

### 9.2.3. Untersuchungsergebnisse zu kraftmotorischen Tests (CMJ und SJ)

Tab. 13. Übersicht der Studien zu der reaktiven Kraft (Counter Movement Jump & Squat Jump)

| Autor/in/<br>Jahr                                                 | Stichprobe/Anzahl der Pro-<br>band(inn)en/ Land | Vertikale Sprung-<br>höhe | Parameter (cm)<br>[] |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Ravier et al.<br>2004                                             | Internationale (n=10)                           | CMJ                       | 44.9±5.9             |
|                                                                   | Nationale (n=12)                                | SJ                        | 42.3±4.8             |
|                                                                   | Frankreich-Männer                               |                           |                      |
| Roschel et al.<br>2009                                            | Gewinner                                        | CMJ                       | 48.8±3.4             |
|                                                                   | Verlierer                                       | CMJ                       | 50.8±2.6             |
|                                                                   | Brasilien – Männer (n=14)                       |                           |                      |
| Doria et al.<br>2009                                              | Elite männliche - Kumite (n=3)                  | SJ                        | 40.1±3.2             |
|                                                                   |                                                 | CMJ                       | 42.7±4.4             |
|                                                                   | Elite männliche – Kata (n=3)                    | SJ                        | 38.9±1.1             |
|                                                                   |                                                 | CMJ                       | 42.7±4.4             |
|                                                                   | Elite weibliche – Kumite (n=3)                  | SJ                        | 37±1.1               |
|                                                                   |                                                 | CMJ                       | 39.2±2.4             |
|                                                                   | Elite weibliche – Kata (n=3)                    | SJ                        | 36.9±1.5             |
|                                                                   | Italien                                         | CMJ                       | 38.3±1               |
| Koraponovski<br>et al. 2011                                       | Kumite (n=9)                                    | CMJ                       | 46.1±4.4             |
|                                                                   | Kata (n=2)                                      | CMJ                       | 48.6±8.6             |
|                                                                   | Serbien                                         |                           |                      |
| Najmi et al.<br>2018                                              | Junior                                          | CMJ                       | 31.5 ± 4.34          |
|                                                                   | Senior                                          | CMJ                       | 37.88 ± 2.47         |
|                                                                   | Malaysia                                        |                           |                      |
| CMJ= Counter Movement Jump; SJ= Squat Jump; SD=Standard Deviation |                                                 |                           |                      |

Bei allen fünf Studien aus der Tabelle 13 (Ravier et al., 2004; Roschel et al., 2009; Doria et al., 2009; Koraponovski et al., 2011; & Najmi et al., 2016) wurden Sprungkrafttests (Sprunghöhe) in Form eines Squat Jumps (SJ) und Counter Movement Jumps durchgeführt. Zu den erreichten Werten von dem Sprunghöhe-Test werden die unterschiedlichen Ergebnisse in beiden Karate-Disziplinen verglichen (Kumite und Kata). Bei allen sieben Studien werden die Spitzenklasse-Athlet(inn)en betrachtet, die auf einem internationalen und nationalen Niveau antreten.

Ravier et al. (2004) untersuchte zehn internationale und zwölf nationale Athleten. Die zehn internationalen Athleten sind Mitglieder der französischen Nationalmannschaft. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied beim Counter Movement- und Squat Jump Test zwischen den internationalen und nationalen Athleten, wobei die internationalen höhere Werte als die nationalen Athleten gezeigt haben. Des Weiteren wurde in der Untersuchung von Beneke et al. (2004) die maximale Geschwindigkeit mit acht Sekunden-Sprints auf dem Fahrradergometer ermittelt. Die Ergebnisse zeigten, dass die internationalen Athleten signifikant höhere Werte für maximale Geschwindigkeit als nationale Athleten aufwiesen. Die Werte aus dem Fahrradergometer verdeutlichen und weisen darauf hin, dass die internationalen Athleten einen signifikanten Unterschied bei der Sprintgeschwindigkeit von 13%, und bei Squat Jumps von 14% höhere Werte hatten, als nationale Athleten. Eine differenzierte Darstellung der maximalen Kraft zwischen den Gewinnern und Verlieren konnten Roschel et al. (2009) darstellen. Sie haben die Daten von 14 brasilianischen Athleten anhand des Counter Movement Jump Test ermittelt. Während der vertikalen Sprunghöhe konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gewinnern und dem Verlieren ermittelt werden. Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied in Bezug den Krafttest (60% vom 1 RM) bei den Kniebeugen und beim Bankdrücken. Es konnte bei 30% beim 1 RM ein signifikanter Unterschied festgestellt werden, wobei die Gewinner höhere Werte hatten. Doria et al. (2009) führten die Untersuchung mit den italienischen internationalen Athlet(inn)en beider Disziplinen (Kumite und Kata) durch. An einem separaten Tag wurden der Squat Jump (SJ) und Counter Movement Jump (CMJ) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die explosive Kraft sich zwischen Kata und Kumite bei männlichen und weiblichen Athlet(inn)en nicht unterscheidet. Koraponovski et al. (2011) untersuchten 31 männliche Athleten der serbischen Nationalmannschaft. Es gab keinen signifikanten Unterschied bei dem untersuchten Counter Movement Test zwischen Kata- und Kumite-Teilnehmern. Diese Daten können die vorgegebenen Werte von Doria et al. (2009) bestätigen. Najmi et al. (2018) führten an 16 männlichen Athleten eine Untersuchung bei einem Squat Jump -Test durch, bei welchem die vertikale Sprunghöhe untersucht wurde. Im Vergleich von Junioren zu Senioren wurde ein signifikanter Unterschied gefunden. Bei den Senioren konnte eine bessere Beinkraft als bei den Junioren dokumentiert werden.

#### 9.2.4. Untersuchungsergebnisse zu dem maximalen Kraft Test (1 RM)

Tab. 14. Übersicht der Studien zu der maximalen Kraft (1-RM)

| <i>Autr/in/<br/>Jahr</i>                            | <i>Stichprobe/Anzahl der Pro-<br/>banden/ Land</i> | <i>1-RM</i>       | <i>Parameter (kg)<br/>[mean ± SD]</i> |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| <i>Imamura et<br/>al. 1998</i>                      | <i>Spitzenklasse (n=7)</i>                         | Bankdrücken       | 87.1 ± 12.5                           |
|                                                     |                                                    | Kniebeugen        | 137.5 ± 12.5                          |
|                                                     | <i>Anfänger (n=9)<br/>Japan</i>                    | Bankdrücken       | 74.4 ± 7.3                            |
|                                                     |                                                    | Kniebeugen        | 120 ± 13.2                            |
| <i>Roschel et<br/>al. 2009</i>                      | <i>Gewinnern</i>                                   | Bankdrücken       | 76.3 ± 16.8                           |
|                                                     |                                                    | Kniebeugen        | 113.3 ± 15.1                          |
|                                                     | <i>Verlierer<br/>Brasilien</i>                     | Bankdrücken       | 70.3 ± 12.5                           |
|                                                     |                                                    | Kniebeugen        | 137.5 ± 12.5                          |
| <i>Arazi et al.<br/>2017</i>                        | <i>Spitzenklasse (n=11)</i>                        | Bankdrücken       | 100.27 ± 15.61                        |
|                                                     | <i>Iran – Männer</i>                               | Kniebeugen (halb) | 155.94 ± 19.49                        |
| 1 RM- One Repetition Maximum; SD-Standard Deviation |                                                    |                   |                                       |

Die geringe Anzahl an Studien zur maximalen Kraft erlaubte keine ausreichenden Bestimmung der Bedeutung der maximalen ausgeführten Kraft in beiden Karate-Disziplinen, sowie die Unterschiede zwischen Kämpfern, die in zwei unterschiedlichen Disziplinen gegeneinander antreten (Tabelle 14).

Imamura et al. (1998) untersuchte neun japanische männliche Athleten. Sieben von ihnen wurden bei den internationalen Wettbewerben eingeteilt und waren Mitglieder der japanischen Nationalmannschaft bei einer Weltmeisterschaft. Die Probanden wurden in zwei verschiedene Gruppen aufgeteilt. Die dargestellten absoluten Werte zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen Spitzenklasse und unerfahrenen Athleten, die bei dem Bankdrücken und Halb-Kniebeugen Test getestet wurden. Roschel et al. (2009) hingegen untersuchten Gewinner und Verlierer mit internationalem Niveau. Alle Athleten waren Mitglieder der brasilianischen Nationalmannschaft. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Tests festgestellt werden, aber im Vergleich zu den Studien von Imamura et al. (1998) wurden für Kniebeugen sowohl für Bankdrücken kleinere Werten ermittelt. Arazi et al. (2017) führten die Untersuchung mit elf männlichen Athleten der iranischen Nationalmannschaft durch. Dabei wurden die Daten von drei unterschiedlichen Kategorien ermittelt. Die Daten waren für Kniebeugen und Bankdrücken höher als die Werte von Imamura et al. (1998) & Roschel et al. (2009). Die dargestellten Daten in der Tabelle 14 wurden mit Judo-

und Taekwondo Athleten verglichen, wobei kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte, Toskovic et al. (2004). Judo-Athleten stellten gleiche Werte von dem unterschiedlichen Niveau dar.

Es kann zusammengefasst werden, dass die maximale Kraft im Karate-Kumite sowie in Kata keine entscheidende Rolle spielt, Franchini et al. (2005).

#### **9.2.5. Untersuchungsergebnisse zur Abschätzung der Beweglichkeit (Sit and reach Test) im Karate**

Hinsichtlich der Beweglichkeit im Karate unterscheiden sich Athlet(inn)en mit unterschiedlichen Niveau und unterschiedlichen Altersklassen nicht deutlich voneinander. In manchen Studien konnten bei den Athlet(inn)en der Spitzenklassen oder unterschiedlichen Altersgruppen ein höhere Beweglichkeitsprozentsatz gefunden werden, Najmi et al. (2016).

Najmi et al. (2016) führten eine Untersuchung zwischen Junioren und Senioren mit einem standardisierten Test (Sit-and-reach Test) durch. Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen Junioren und Senioren bei den männlichen Athleten. Der mittlere Wert betrug  $38.56 \pm 7.93$  cm. Arazi et al. (2017) untersuchten iranische Weltklassenathleten in drei verschiedenen Gewichtsklassen. Die Ergebnisse zeigten einen höheren Prozentsatz der Flexibilität im Leichtgewicht. Der mittlere Wert aller drei Kategorien betrug  $37.63 \pm 10.73$ . Im Vergleich zu den Studien von Najmi et al. (2016) gab es keinen signifikanten Unterschied. Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass in beiden Untersuchungen nur Spitzenathleten herangezogen wurden. Nikookheslat et al. (2016) haben eine ähnliche Untersuchung mit iranischen Spitzenathleten durchgeführt, wobei der mittlere Wert zwischen  $38.73 \pm 5.71$  cm betrug. Im Vergleich zu den aktuellen Studien von Ariazi et al. (2017), Najmi et al. (2016) wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt, und dieses Ergebnis stimmt mit der früheren Forschung von Keshishian (2013) überein. Allerdings zeigen sich deutlich höhere Werte, als die angegebenen Daten durch die früheren Studien von Amri et al. (2013) und Yadav (2013). Eine differenzierte Darstellung der Flexibilität konnten Probst et al. (2007) darstellen. Sie zeigten, dass die Athleten nur in ihren linken oder rechten Beinen eine größere Beweglichkeit hatten. Koropanovski et al. (2011) konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen Kumite und Kata feststellen. Es kann zusammengefasst werden, dass im Karate besonders im Karate-Kumite die Flexibilität eines der Hauptkriterien darstellt, um ein hohes Niveau im Karate zu erreichen. Die Beweglichkeit ist eine entscheidende Fähigkeit bei jedem/jeder Athleten/Athletin, um die Techniken genau ausführen zu können.

### 9.3. DISKUSSION

Im Zuge der Literatursuche zu dem Thema dieser Arbeit „Physiologisches und physisches Belastungs- und Beanspruchungsprofil in der Sportart Karate“ wurden 28 Studien betrachtet, die nach den Ein- und Ausschlusskriterien entsprechend ausgewählt und zur Auswertung der Daten herangezogen wurden. In diesen Untersuchungen partizipierten männliche und weibliche Karateathlet(inn)en. Hinsichtlich dieser Arbeit konnten nur die Karateathlet(inn)en betrachtet werden, die in einer Disziplin antreten oder eventuell in beiden. Die geschlossenen Studien bestehen aus unterschiedlichen Athlet(inn)en mit unterschiedlichen Niveau, die auf einem Spitzenniveau und einem nationalen bzw. praktizierenden Niveau antreten. Von diesen 28 Studien wurden 16 physiologische Parameter (Herzfrequenz, Blutlaktatkonzentration und Sauerstoffaufnahme) untersucht, und die restlichen zwölf basieren auf den physischen bzw. konditionellen Fähigkeiten. Dadurch sollten Rückschlüsse auf die Belastungszeit und das Beanspruchungsparameter gewonnen werden können.

Ein wichtiger Faktor zur Bestimmung des physiologischen Beanspruchungsprofils im Karate-*Kumite* war die Belastungszeit, die in einem Kampf unter Männern 240 Sekunden und bei Frauen 180 Sekunden der gesamten Bruttozeit betrug. Im Hinblick auf eine andere Ausführung der Technik beträgt die Belastungszeit in Karate-*Kata* 80 bis 120 Sekunden. Eine genaue Bestimmung der Belastungszeit für eine gewünschte bzw. gezielte Adaption ist schwer zu eruieren. Aus diesem Grund werden hier die Wettkampftaktivitäten im Zusammenhang mit der Dauer, Intensität und Häufigkeit als Grundlage für die Analyse der Wettkämpfe herangezogen, welche von großer Bedeutung für die Bestimmung des physiologischen Anforderungsprofil sind (Haber, 2009, S. 163).

Die  $VO_{2max}$  wird auch als Schlüsselfaktor für den aktuellen sogenannten Zustand des kardi-respiratorischen Systems des/der Athleten/Athletin angesehen, der durch die Verwendung eines angemessenen Trainingsreizes für eine bestimmte Dauer verbessert werden kann (Ravier et al. 2004). Die hohe aerobe Kapazität ist in *Kumite* sowohl *Kata* vom Vorteil für die Karateathlet(inn)en. Im Allgemein ermöglichen höhere Werte der maximalen Sauerstoffaufnahmen einen höheren Prozentsatz an allgemeiner Ausdauer und eröffnen die Möglichkeit während des gesamten Kampfes ein dynamisches Tempo zu erreichen. Während des Wettbewerbs in der Disziplin-*Kumite* konnten bis zu acht Kämpfe an einem Tag bis zum Finale durchgeführt werden. Die *Kata*-Kämpfer/innen profitieren auch von einer besseren aeroben Kapazität, um sich zwischen der Kataausführungen schneller zu erholen. Bei beiden Disziplinen von dem ersten Kampf bis zu den Finalen ist ein hohes Maß an körperlicher Leistungsfähigkeit erforderlich, da die Pausen zwischen Kämpfen oft nicht ausreichen, um sich ganz zu erholen. Daher ergibt sich, dass die Athlet(inn)en mit einer besseren aeroben

Kapazität sicherlich im Gegensatz zu ihren Konkurrent(inn)en einen Vorteil haben. Die relativen  $VO_{2max}$  Werte im Hinblick auf die unterschiedlichen Niveaus (national bzw. international) liegen für Männer zwischen  $47.8 \pm 4.4$  bis  $61.4 \pm 2.6$  ml/kg/min und für Frauen  $32.75 \pm 4.1$  bis  $42.9 \pm 1.6$  ml/kg/min (Tabelle 10). Die dargestellten Ergebnisse sind mit Vorsicht zu genießen, da es Unterschiede bei der Bestimmung durch die unterschiedlichen Tests gibt. In einigen Studien wurde eine Fahrradergometrie verwendet, was zu einer um 8-10% niedrigeren  $VO_{2max}$  führt, im Vergleich zu den Daten vom Laufbandtest (Chaabéne et al. 2012). Basierend auf der Belastungszeit in einem *Kumite*-Kampf von 16 bis 21 Minuten der gesamten Nettozeit konnte festgestellt werden, dass die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit dominiert. Diese Aussage konnte durch mehrere Autor(inn)en bestätigt werden (Beneke et al., 2004; Iide et al., 2008; Doria et al., 2009; Chabéen et al., 2014; Tabben et al., 2014 & Le Roux, 2015). Durch die Interpretation der verschiedenen Studien, die bei der Simulation von *Kumite*-Sportwettkämpfen durchgeführt wurden und der Studien zu offiziellen Wettkämpfen wird deutlich, dass Karatesport besonders Karate-*Kumite* eher als Ausdauersportart klassifiziert werden kann. Auf der anderen Seite hängt der Energiegehalt für *Kata* direkt von der Dauer der unterschiedlichen *Kata* ab (die Zunahme des aeroben Anteils nimmt zu, wenn die *Kata* länger dauert). Sehr wenige Studien erlauben es, detailliert festzustellen welche Energiesysteme in welchem Ausmaß bei *Kata*-beteiligt sind. Der folgende Abschnitt beschreibt den kalorischen Teil in einer *Kumite*-Trainingseinheit. Der kalorische Aufwand für eine 60-minütige *Kumite*-Trainingseinheit wurde mit  $615 \pm 66$  kcal ( $0.57 \pm 0.07$  kJ/min\*kg) ermittelt. In Mitten der Trainingseinheit konnte die  $VO_2$   $2030 \text{ ml} \pm 217 \text{ ml}$  ermittelt werden. Daher entspricht die Beanspruchung von  $62.7 \pm 3.07\%$  der maximalen  $VO_{2max}$ . Darüber hinaus kann festgestellt werden, dass das vollständige *Kumite*-Training von  $>60\%$  der maximalen  $VO_{2max}$  ausgeführt wird (Neumann, 2017, S. 87). Betrachtet man die Werte von Imamura et al. (1999) kann diese Aussage nicht bestätigt werden. Hierbei wurde eine andere Form des Trainings (*Kihon*, *Kata* & *Kumite*) herangezogen. Dies gilt natürlich nur für die *Kumite*-Disziplin (Neumann, 2017). Aus der Studie von Imamura et al. (1999) wurde ein identischer kalorischer Wert von 616.1 kcal gefunden. Es kann gesagt werden, dass bei einem ausgeführten *Kumite*-Training eine größere Erschöpfung erwartet wird, aber nach dem betrachteten RQ ergab sich eine Abweichung von 7,5%, die dabei auf  $570 \pm 61$  kcal bestimmen konnte, was von einem RQ 0.7 beträgt (Neumann, 2018, S. 89). Die dargestellten Ergebnisse mit deutlich besseren Werten stimmen mit früheren Untersuchungen von Imamura et al. (1997; 1998; 2002; 2003) überein, bei denen größere bzw. bessere Werte von erfahrenen Kämpfer/innen als bei den Anfänger(inne)n gezeigt wurden. Ravier et al. (2009) ermitteln bei den männlichen internationalen Karateathleten einen Wert der  $VO_{2max}$  von ca. 60 ml/kg/min nach dem HIT-Training, wobei im Vergleich zu anderen Spitzenklassen aus anderen Kampfsportarten (Taekwondo & Wrestling) kein Unterschied festgestellt

werden konnte (Bouhlef et al. 2006; Butios et al. 2007). Dennoch waren die Werten niedriger als bei den Boxern, die auf einem hohen Niveau antreten (Smith, 2006). Die Untersuchung von Doria et al. (2009) ergibt, dass es keinen Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Karateathlet(inn)en gab, basierend auf der gemessenen  $VO_{2max}$  und ihrer Körpermaße. Der wichtigste Einflussfaktor auf die  $VO_{2max}$  ist die Körpermaße (Wonisch, 2014).

Bezüglich des physiologischen Parameter Herzfrequenz konnten in beiden Disziplinen keine signifikanten Unterschiede zwischen *Kumite* und *Kata* festgestellt werden. Sowohl Chaabène et al. (2013) weisen in ihrem Beitrag darauf hin, dass der HF-Wert bei ungefähr >90% liegt. Bei den simulierten Wettkämpfen liegt die HF bei 91,1% und bei den offiziellen Wettkämpfen bei 91.7% der maximalen HF ( $HF_{max}$ ). Die mittlere Herzfrequenz von internationalen Spitzenathleten während eines offiziellen Kampfs beträgt  $183 \pm 8$  S/min. Dies entspricht  $91 \pm 3\%$  der maximalen HF. Diese Aussage bestätigten Doria et al. (2009), Iide et al. (2008), wobei die Werte in *Kumite* von  $92 \pm 2\%$  und in *Kata*  $94 \pm 7\%$  der maximalen HF entsprechen. Zehr & Sale (1997) erstellen die HF von 92.7% - 100.9%, wobei diese Aussage von Shaw & Deutch (1998) und Bussweiler & Hartmann (2013) darin unterstützt wird, in dem die komplexere *Kata* zu einer höheren HF führten. Im Vergleich zu der Studie von einer anderen Kampsportart, in dem Fall Taekwondo, konnte festgestellt werden, dass die HF sich bei den Taekwondo-Athleten nicht unterscheidet und beträgt 93% der  $HF_{max}$  (Estevan et al. 2011). Darüber ergibt sich, dass hohe kardiovaskuläre Anforderungen an die aerobe Herzleistung während simulierten und offiziellen Wettkämpfen festgestellt werden konnten. Die dargestellten Werte zeigen keinen Unterschied im Hinblick auf das Niveau der Athlet(inn)en, Geschlecht und Belastungszeit, obwohl die Belastungszeit bei Frauen und Männer unterschiedlich ist. Um einen Zusammenhang zwischen allen Ergebnissen zu erzeugen lässt sich somit sagen, dass 90% der gesamten Kampfzeit mit über 90% der maximalen Herzleistung ausgeführt wird.

Die Untersuchungsergebnisse wurden in dem Kapitel 10.1.1 zu dem energetischen Anforderungsprofil bei den simulierten- und offiziellen Wettkämpfen gesammelt und in der Tabelle 5 aufgezeigt. Durch 2- und/oder 3-minütigen *Kumite*-Kampf dauern die offensiven und defensiven Serien der Kombinationstechniken von  $2.1 \pm 1.0$  und  $1.8 \pm 0.4$  Sekunden (Iide et al. 2008). Beneke et al. (2004) stellten fest, dass das Verhältnis zwischen ausgeführten Aktionen und der Ruhezeit in einem *Kumite*-Kampf 2:1 beträgt, wobei alle Aktionen und Pausen von dem/der Kampfrichter/in festgelegt werden. Daher weisen beide Autoren darauf hin, dass die hochintensiven Aktivitäten durch einen *Kumite*-Kampf von einer bis drei Sekunden dauern, wobei eine gesamte Nettokampfzeit der durchgeführten Aktionen für einen 2-minütigen Kampf  $13.3 \pm 3.3$  und für einen 3-minütigen Kampf  $19.4 \pm 5.5$  Sekunden betragen. Eine hohe Intensität im Karate wird hauptsächlich durch anaerobe Kapazität

durchgeführt, was auf die Bedeutung der anaeroben Fähigkeiten hinweist: ATP, CP und Glykolyse. Die Phosphate setzen die Energie für zehn bis 20 Sekunden Aktivitäten frei, wobei bei einer erhöhten Intensität von 60 bis 90 Sekunden die Energie von Glykogen abgedeckt wird. Im Karate entsteht aufgrund des anaeroben Energieverbrauchs ein Sauerstoffdefizit, wobei dieses Sauerstoffdefizit als ein Parameter auf die Energiekapazität hinweist, die besonders bei den Spitzenathlet(inn)en auftritt und bis 20 L beträgt. Ein Drittel der gesamten Energie bei einem *Kumite*-Kampf wird aus dem anaeroben Energieteil abgedeckt (Ravier et al. 2006). Der simulierte *Kumite*-Kampf, zusammengefasst von Iide et al. (2008) & Roschel et al. (2009) zeigte einen geringen Prozentsatz der Blutlaktatkonzentration von ca. 3.5 mmol/L in einer Belastungszeit von 120 bis 180 Sekunden. Die dargestellten Werte sind sehr geringer als Werten, die bei den anderen Autor(inn)en in simulierten und offiziellen Kämpfen ermittelt wurden (Beneke et al., 2004; Doria et al., 2009; Tabben et al., 2013; Chaabéne et al., 2014; Chaabéne et al., 2014a; Zaborski et al., 2016).

Die Unterschiede von den Studien konnten tatsächlich von der Kampfsituation, von dem Trainingszustand und von der Individualität der Athlet(inn)en betrachtet werden, wobei die Spitzenklassen eine ausgezeichnete Anpassung an die Akkumulation von Laktaten zeigten. Die Laktatwerten weisen auf Grund der ständigen Nettowettkampfzeit von 180 bis 240 Sekunden während eines *Kumite*-Kampfes große Streuungen auf und liegen im Mittel für Spitzenathlet(inn)en zwischen 5 und 11 mmol/L. Zudem weisen Beneke et al. (2004) darauf hin, dass die Kämpfer auf internationalem Niveau höhere Werte der Blutlaktatkonzentration als die Kämpfer auf nationalem Niveau hatten. Nichtsdestotrotz verdeutlichen im Allgemeinen, die in dem Kapitel 10.1.1 ausgewerteten Studien, dass die *Kumite*-Disziplin, energetisch vorwiegend aus dem aeroben Energiestoffwechsel versorgt wird, aber keine eindeutige Erklärung ermittelt wurde, welche Bedeutung die Laktat-Energiebereitstellung in *Kumite*-Kampf hat. Die Angriffs- und Abwehraktionen werden durch die gestellten sogenannten Aktionen als anaerob-laktaziden Stoffwechselweg ausgeführt. Der aerobe Teil dominiert mit der zunehmenden Rundenzahl, da die anaerobe-laktazide Leistung langsamer abfällt und an Bedeutung verliert (Beneke et al. 2004). Dies kann durch einen *Kumite*-Kampf mit kürzeren Pausen entsprechen, die in einem Kampf stattfinden, da die Athlet(inn)en sich eventuell kurz erholen können. Im Hinblick auf Verteilung der Energie könnte die *Kumite*-Disziplin einer leichtathletischen Disziplin von 800-1500 m entsprechen, aber im Gegensatz dazu ergibt sich bei einem 400 m Lauf ein Mittelwert der Blutlaktatkonzentration zwischen 22 bis 25 mmol/L, und beim Fußball ein Mittelwert von 3 bis 8 mmol/L (Hartman & Niessen, 2011 & Tschan et al., 2001, S. 9). Betrachtet von der Belastungszeit her kann die *Kumite*-Disziplin irgendwo zwischen denen positioniert werden.



Andererseits weisen die Mittelwerte aus dem Kapitel 10.1.2 zur *Kata*-Disziplin darauf hin, dass die Blutlaktatkonzentration sehr gering als in der *Kumite* Disziplin ist. Die Belastungsdauer für die Basis-*Kata* beträgt zwischen 30 und 100 Sekunden für die Meister-*Kata*. Aus der Studie von Brussweiler & Hartmann (2012, S.112) kommt hervor, dass der Energiebedarf für die Meister-*Kata Unsu* zwischen  $96 \pm 4$  kJ beträgt, was dem aeroben Stoffwechselweg entspricht. Zehr & Sale (1993) und Imamura et al. (1999) zeigten einen kleinen Mittelwert von der Blutlaktatkonzentration zwischen 0.75 und 1.6 mmol/L, wobei unterschiedliche Protokolle angewendet wurden (zwei aufeinanderfolgende *Kata* mit der Dauer von 20 Minuten), was im Vergleich zu anderen Studien von den Spitzenathleten sehr niedriger ist (Ariaza et al., 2009; Doria et al., 2009 & Busweiler & Hartmann, 2012). Diese Werte liegen in einem mittleren Ruhewert, da die Laktatkonzentration 0.9 mmol/L beträgt (Hofmann, et al., 2017, S. 213). Bei Spitzenathleten ist der laktazide Stoffwechselweg der Blutlaktatkonzentration 6 mmol/l für die Basis-*Kata* und für die Wettkampf-*Kata* bis zu 7.5 mmol/L. Dies zu interpretieren ist subjektiv, wobei die geringe Zahl der Studien es nicht ermöglichen, die Energiebereitstellung in *Kata* ganz genau zu bestimmen, da die Athlet(inn)en auf einem internationalen Niveau antreten. Es ergibt sich, dass zwei *Kata* hintereinander ausgeführt werden, wobei Athlet(inn)en wie in den vorherigen Abschnitt beschrieben wurde, nicht genug Zeit hatten, um das gebildete Blutlaktat abzubauen. Die Autor(inn)en kamen zum Entschluss, dass eine entscheidende Rolle für die Energieversorgung in der *Kata*-Disziplin die Phosphate spielen, vor allem der anaerobe Teil der Energie. Dies entspricht schnellen Aktionen in der *Kata*. Mit einer zunehmenden Anzahl der Dauer, über 60 Sekunden, wird die Energie durch den aeroben Stoffwechselweg herangezogen. Wie im vorherigen Abschnitt der Arbeit erwähnt wurde, ist der aerobe Stoffwechselweg entscheidend und konnte in der *Kata*-Disziplin ähnliche Aussagen bestätigen, nämlich dass die aerobe Versorgung der Energie aber ebenfalls die anaerob-alaktazide von großer Bedeutung sind (Brussweiler & Hartmann, 2012, S.114). Die Energiebereitstellung wurde im Vergleich zwischen (*Kata-Kumite*) von 50-74% aerob, 14-28% anaeroben-alaktazid und 12-22% anaerob-laktazid ermittelt, Doria et al., (2009). Allerdings unterscheiden sich alle *Katas* in der Art der physikalischen Leistung, Karate-Stilen (Shotokan, Goyo-ryu, Shito-ryu und Wado-nu) (siehe Kapitel 2.1), sowie von der Anzahl der ausgeführten Techniken, aber eben auch vom Trainingszustand zwischen Schüler/in und Meister/in (Hofmann et al., 2017).

Obwohl der Karatesport im Allgemeinen zu den aeroben Ausdauersportarten gehört, sind besonders in der Disziplin *Kumite* kurze Aktionen entscheidend, die als anaerob-alaktazid bezeichnet werden. Da bislang keine bestimmten sportartspezifischen Tests entwickelt wurden, wird von den meisten Autor(inn)en der Wingate-Test verwendet, um die beste explosive Leistung feststellen zu können, die in möglichst kurzer Zeit ausgeführt werden soll.

Die einzigen Studien, die beide Disziplinen abdecken, stellten keinen Unterschied zwischen *Kumite*- und *Kata* Disziplinen bei dem 30 Sekunden Wingate-Test fest, die mittleren Werte waren jedoch bei männlichen Athleten deutlich höher als bei weiblichen Athletinnen in beiden Disziplinen. Aus Kesheshian (2013) Forschung geht hervor, dass die Spitzenathleten mit 8% einen besseren Mittelwert auf nationalem Niveau (praktizierenden) zeigten. Diese Aussage kann von Ravier et al. (2004) zwischen nationalen ( $10.9 \pm 1.5$  W/kg) und internationalen ( $12.5 \pm 1.3$  W/kg) Karateathlet(inn)en bestätigt werden kann, wobei ein anderer Test angewendet wurde. Dies zu interpretieren ist schwierig, da die maximale Leistung auf eine deutliche Abhängigkeit vom Trainingszustand hinweist. Die unzureichende Anzahl von Studien zur Disziplin-Kumite erlaubt keine weitere Diskussion.

Die vertikale Sprunghöhe wird allgemein als ein guter Parameter für die entscheidende explosive Kraft der unteren Extremitäten angesehen. Karate Tritttechniken und schnelle Tapping-Bewegungen auf der Tatami sind jedoch nicht nur im Karate, sondern in anderen Kampfsportarten von der großen Bedeutung, um vor allem die Geschwindigkeit der Kraftentwicklung währendes des Kampfes und Ausführung der Kata zu erhöhen. Die Dauer des Trainings im Karate könnte auch ein Faktor für die Kraftentwicklung sein, und gleichzeitig spiegelte das jahrlange Training der unterschiedlichen Trainingsmethoden eine entscheidende Rolle wider (Najmi et al., 2016). Die dargestellten Daten in der Tabelle 13 weisen höhere Werte der vertikalen Sprunghöhe von internationalen Spitzenathleten als bei den nationalen Athleten auf. Diese Aussage im Vergleich zu der maximalen Leistung der Kraft, kann so interpretiert werden, dass die maximale Geschwindigkeit in einem Zusammenhang mit der explosiven Kraft steht und eine wichtige Determinante für die Entwicklung auf mechanische Faktoren der Muskeln bezieht (Ravier et al., 2003). Aufgrund der geringen Anzahl an Studien ist es sehr schwierig einen Unterschied zwischen den beiden Disziplinen festzuhalten, aber die Studie von Doria et al. (2009) weist darauf hin, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen *Kumite* und *Kata* bei der vertikalen Sprunghöhe (Counter Movement Jump, Squat Jump) gibt. In einem Vergleich zwischen den Studien von Kampfsport Taekwondo zeigten sich fast ähnliche Ergebnisse wie beim Karate, aber überraschend ist jedoch ein Beispiel von koreanischen Judoathleten, die einen Wert von  $58.1 \pm 5.6$  cm aufweisen (Roschel et al., 2009). Daher kann gesagt werden, dass diese Athleten eine gute Kraft der unteren Extremitäten zeigten, was dazu führt, die Technik der Körperwürfe besser anwenden zu können (Cleather, 2006). An dieser Stelle kann resümiert werden, dass durch die Sprunghöhe die erhaltenen Ergebnisse verschiedene Einflussfaktoren des Trainings selbst auf die Entwicklung im Karate anzeigen. Von größeren Interessen ist jedoch der SJ für die Disziplin-Kata, um Sprünge aus einer statischen Position ausführen zu können, wobei die Situation oft bei der Meister-Kata vorkommt. Mitschwingen der Arme

beim CMJ im Vergleich zu den SJ-Studien ist schwierig zu interpretieren, da das Mitschwingen während des Vertikalsprungs zu Verbesserung von 10 bis 20% beitragen kann (Luhtanen & Komi, 1978). Andererseits ist der 1 RM eine traditionelle und zuverlässige Methode zur Bestimmung der maximalen Kraft. Eine kleine Anzahl von Studien erlaubt es nicht, die signifikanten Unterschiede zwischen *Kumite* und *Kata* festzustellen, aber es ist jedoch zu empfehlen, in der leistungsdiagnostischen Praxis den Hand Griff-Test anzuwenden. Najmi et al. (2016) nennen, dass der Hand Griff-Test für Karateathlet(inn)en besonders *Kumite* unerlässlich ist, bei denen die Kämpfer/innen in der *Kumite*-Disziplin die Kraft benötigen, um vor allem die Würfe ausführen zu können. Karate setzt mehr auf explosive Kraft und horizontale Bewegungen. Die das Gesamtgewicht so schnell wie möglich durch bestimmte vorgegebene Schritte (*Kata*) und Tapping-Bewegungen (*Kumite*) ausführen, anstatt absolute Kraft hervorzubringen, was teilweise keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Disziplinen aufweist. Imamura et al., (1998); Roschel et al., (2009) & Najmit et al., (2016) stellten bessere Ergebnisse bei den ältesten Gruppen fest, wobei dies so interpretiert werden kann, dass bei der Beurteilung der maximalen Kraft der Trainingszustand von großer Bedeutung ist. Schließlich ist eine der wichtigsten motorischen Fertigkeiten die Beweglichkeit (Flexibilität). Flexibilität ist die grundlegende Komponente für einige Kampfsportarten, einschließlich Karate (Pate & Shepard, 1989) und ist bei Karateathlet(inn)en von entscheidender Bedeutung, um hohe Tritte auszuführen und bei höheren Geschwindigkeiten die Fußtechniken kontrollieren zu können. Die Beurteilung der Flexibilität wurde in den meisten Studien durch einen Sit-and-Reach-Test durchgeführt. Derzeit liegen jedoch sehr wenige Studien bzw. Daten zur Flexibilität im Karate vor, um einen Unterschied zwischen *Kumite* und *Kata* bestimmen zu können. Die einzige Studie von Koraponvski et al., (2011) zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen *Kumite* und *Kata*. Die dargestellten Studien in Kapitel 10.2.5 weisen darauf hin, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Junioren und Senioren gab (Najmit et al., 2016). Andererseits schienen Karateathleten auch eine signifikante größere Flexibilität in der Beugung des rechten und linken Knies zu haben (Probst et al., 2007). Zusammengefasst kann gesagt werden, da es die wenige Anzahl an Studien nicht ermöglichen, die Unterschiede in beiden Disziplinen zu beschreiben. Darüber hinaus sollten die Untersuchungen so durchgeführt werden, um den Bewegungsbereich zu veranschaulichen, der für die erfolgreiche Leistung im Karate erforderlich ist. Dies zu interpretieren ist schwierig, aber es muss zwischen statischer und dynamischer Flexibilität unterschieden werden, da die dynamische Beweglichkeit für beide Disziplinen entscheidend ist. Aus diesem Grund sollte bei zukünftigen Forschungen mehr Aufmerksamkeit auf die dynamische Flexibilität gelegt werden, als auf die statische Flexibilität.

Die Ergebnisse der durchgeführten narrativen Übersichtarbeit zeigten, dass es bestimmte Unterschiede bei den physischen bzw. physiologischen Eigenschaften zwischen Kumite und Kata gibt. Das Wissen über die relevanten Merkmale der physiologischen und physischen Eigenschaften, die sich auf sportliche Leistung auswirken, könnte für die Trainer/innen und Sportwissenschaftler/innen von großem Interesse sein, um die trainingsmethodischen Verfahren zu steuern bzw. zu verbessern. Darüber hinaus sollten diese Informationen verwendet werden, um die unterschiedlichen Trainingsprogramme anzupassen und die Aufmerksamkeit darauf hinzurichten jene spezifischen Segmente, die für die Verbesserung der sportlichen Leistung und den Erfolg in Karate-spezifischen Disziplinen verantwortlich sind (aerobe-anaerobe Ausdauerleistungsfähigkeit, Energiebereitstellung, Sprungkraft, Flexibilität usw.) zu verbessern.

## Literaturverzeichnis

- Abdel-Beser, E. A., (2010). Using the Length and Weight of the body and some Dynamic Parameters to perform Ura Mawashi Geri Skill to Predict Kumite Players Performance. *World*, 3:127-131.
- Ahonen, J., Lahtinen, T., Sandström, M., Poglioni, G., (2003). Sportmedizin und Trainingslehre. 2 Auflage.
- Albrecht, K., & Meyer, S., (2015). Stretching und Beweglichkeit. Das neue Expertenhandbuch. 3., überarb. Aufl. ed. Stuttgart: Haug. Print.
- Ames, L. B., & Sheldon, W. H., (1955). Atlas of man. *Journal of Physiology*. S. 331-335.
- Amri, S., Ujang, A. F., Wazir, M. R. et al. (2012). Anthropometric correlates of motor performance among Malaysian university athletes. *Movement, Health & Exercise*; 1
- Andreoli, A., Monteleone, M., Van Loan, M., (2000). Effects of different sport on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Medicine & Sports Science & Exercise*.
- Arazi, H. & Izadi, M. (2017). Physical and physiological profile of Iranian world-class karate athletes. *Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences*, 9:115-123.
- Arnot, R., & Gaines, C. (1990). Sportselection. New York. S. 122.
- Arriaza, R. (2009). Karate. In *Compat Sports Medicine* (pp: 287-297). Springer. London
- Baker, J.S. & Davies, B. (2006). Variation in resistive force selection during brief high intensity cycle ergometry implications for power assessment and production in elite karate practitioners. *Journal of sport science and medicine*. S. 42-46.
- Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J. & Hütler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *European journal of applied physiology*, 92 (4-5), 518–523.
- Bertini, I., Pujia, A., & Giampietro, M. (2003). A follow-up study of the variations in the body composition of karate athletes. *Acta diabetologica*, 40(1). 142-144.
- Blažević, S., Katić, R., & Popović, D. (2006). The effect of motor abilities on karate performance. *Collegium antropologicum*, 30(2): 327-333.
- Bouchard, C., Taylor, A. W., Simoneau, J. A., Dulac, S., (1991). Testing maximal anaerobic power and capacity. In: Mc, Dougall, J. D., Wenger, H. A., Green, H. J., (Hrsg). Physiological testing of the elite athlete. Mouvement publications. Canadian Association of Sport Science. S. 175-221.
- Bouhrel, E., Jouini, A., Gmada, N., et al. (2006). Heart rate and blood lactate responses during Taekwondo training and competition. *Sci Sports*, 21:285-90.
- Boutellier, U. (2005). Die aerobe Schwelle. Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie. 53 (44). 185-185.
- Boyas, S. & Guével, A. (2011). Neuromuscular fatigue in healthy muscle: Underlying factors and adaptation mechanisms. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54(2), 88-108. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2011.01.001>
- Braunberger, S. (2019). Stabil? Die Bedeutung von propriozeptiven Informationen für die posturale Kontrolle und posturale Stabilität – eine systematische Literaturanalyse. Universität Wien.
- Bussweiler, J. & Hartmann, U. (2012). Energetics of basic Karate Kata. *European Journal of Applied Physiology*, 112(12). 3991-3996.
- Buško, K., & Wit, B., (2002). Force-velocity relationship of lower extremity muscles of karate athletes and rowers. *Biol Sport*, 19(4): 373-84.
- Butios, S., Tasika, N., (2007). Changes in heart rate and blood lactate concentration as intensity parameters during simulated Taekwondo competition. *J Sports Med Phys Fitness*, 47:179-85.

- Bührle, M., (1985). Dimensionen des Kraftverhaltens und ihre spezifischen Trainingsmethoden.
- Bös, K. (2017). Handbuch motorische Tests. Sportmotorische Tests, Motorische Funktionstests, Fragebögen zur körperlichen sportlichen Aktivität und sportpsychologische Diagnoseverfahren. 3 überarbeitete Auflage.
- Carter, J., (1970). The somatotypes of athletes. *A review. Human Biology*, 42 (4), 535- 56.
- Cleather, D. J. (2006). Adjusting powerlifting performances for differences in body mass. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2): 412-421.
- Chaabéne, H., Hachana Y., Franchini E., Mkaouer B., & Chamari K., (2012). Physical and Physiological Profile of Elite Karate Athletes. *Sports Medicine*. 42 (10), 829-843.
- Chaabéne, H., Hachana, Y., Attia, A., Mkaouer, B., Chaabouni, S. & Chamari, K. (2012). Relative and absolute reliability of karate specific aerobic test (ksat) in experienced male athletes. *Biology of Sport*, 29 (3), 211.
- Chaabéne, H., Hachana, Y., Franchini, E., et al., (2012). Reliability and construct validity of the Karate-specific aerobic test. *J Strength Cond Res*. 15.
- Chaabéne, H., Franchini, E., Miarka, B., Selmi, M.A., Mkaouer, B. & Chamari, K. (2014a). Time-motion analysis and physiological responses to karate official combat Sessions: is there a difference between winners and defeated karatekas. *Int J Sports Physiol Perform*, 9 (2), 302–308.
- David, E. (1986). Grundlagen der Sportphysiologie. *Peri med erlagen*.
- De Meéres, H. (2002). Sportphysiologie. Sport und Buch Strauss. Köln. Der Leichtathletik. 1821-1824
- Dickhuth, H., H. Meyer, F. Röcker, K. Berg., (2010). Sportmedizin für Ärzte. Lehrbuch auf der Grundlage des Weiterbildungssystem der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP). S. 17.
- Dietrich, M. Klaus, C. & Klaus, L. (1993). Handbuch Trainingslehre. -2., unveränd. Aufl. – Schorndorf: Hofmann.
- Doclus, N. C. Moynard, L. Bortheleny, J. Mesune, S. (2014). Postural Stabilisation during bilateral and unilateral vibration of ankle muscles in the sagittal and frontal planes. *Journal of Neuroengineering und Rehabilitation*, 11.
- Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E. (2009). Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top- level athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 107: 603-610.
- Edelmann, S. (2008). Karate-von der Physiologie zur Technik. *Sportwissenschaftliche Grundlagen, Technikklassifikation und Trainingshinweise*.
- Ekulend, U. Neovius, M. Linne, Y. Brage, S. Wareham, Nj. Roessner, S. (2005). Association between physical activity and fat mass in adolescence. The Stockholm Weight Development Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81: 355-360.
- Elias, N. (2003). Sport und Spannung im Prozess. Einführung. In: Blanert, R. & Hamer, H. (Hrsg.). Norbert Elias Gesammelte Schriften. Band 7. Sport und Spannung im Prozess. Baden-Baden. Verlagsgesellschaft. 42-120.
- Engelhardt, M. Neumann, G. (1994). Sportmedizin: Grundlagen für alle Sportarten.
- Estevan, I., Alvarez, O., Falco, C. et. al. (2011). Impact force and time analysis influenced by execution distance in a roundhouse kick to the head in taekwondo. *J Strength Cond Res*, 25:2581-6.
- Falk, B. Weinstein, Y. Dotan, R. Abramsen, D. A. Mann-Segal, D. & Hofmann, R. J. (1996). A treadmill test of sprint running. *Scand J Med Sci Sports*. S. 259-264
- Fetz, F. Kornexl, E. (1991). Sportmotorische Test: Inn-Vertrag, Innsbruck.
- Finsterer, J. (2012). Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise. *BMC. Musculoskeletal*

- Disorders, 13(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-218>.
- Francescato, M. P. Talon, T. & Di Prampero, P. E. (1995). Energy cost and energy sources in Karate. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71 (4). 355-361.
- Fry, A. C. Newtons, R. (2002). A brief history of strenght trainings and basic principles and concepts. In: Kramer: *Strenght training for sport*, Oxford: *Blackwall Science*: 1-19.
- Fritzsche J., & Raschka, C. (2007). Sports and athropological investigations on somatotypology of elite karateka. *Anthropologischer Anzeiger: Bericht über die bilogische anthropologische Literatur*. 65(3): 317-329.
- Funakoshi, G., (1973). Karate Do Kyohan (the Master text) in Japanese. Tokoyio: *Kodansha International Ltd.*; 3-14
- Georgieu, E. (1997). Auswirkungen der körperlichen Aktivität auf die Osteoprose, S. 254-258.
- Giampietro, M. Pujia, A. Bertina, I. (2003). Anthropometric feature and body composition of young athletes practicing karate at high and medium competative level. *Acta Diabotel*. S. 145-148.
- Gloc, D., Plewa, M. & Nowak, Z. (2012). The effects of kyokushin karate training on anthropometry and body composition of advanced female and male practitioners. *Journal of Combat Sports and Martial Arts* 1(2); Vol. 3, 63-71.
- Grosser, M. & Starischka, S. (1986). *Konditionstests*, München, 2. Auflage.
- Grupp, J. & Fritsch, C. (2002). Shotokan-Karate: Training, Technik, Prüfung. 3. Überarb. Aufl. ed. Achen: Meyer und Meyer. S. 38-39.
- Haber, P. (2001). *Leitfaden zur medizinischen Trainingsberatung*. Wien: Springer – Verlag.
- Haber, P. (2009). *Leitfaden zur medizinischen Trainingsberatung. Rehabilitation bis Leistungssport*, 3. Auflage. Wien: Springer Verlag Wien.
- Habersetzer, R. (2011). *Die Grundtechniken des Karate. Vom Weißgurt bis zum 1. DAN*
- Hanns-Friedrich Dahn, C. (2018). Vergleich unterschiedlicher Definitionen und Determinanten des Belastungshochdrucks anhand einer Stichprobe der Population. *Basierten Stady of Health in Pomerania*.
- Hattinger, P. (1968). *Isometrisches Muskeltraining*. 3 Auflage. Stuttgart. Thieme.
- Hamid A., & Izadi M..(2017). Physical and Physiological Profile of Iranian World-class Karate Athletes. *Biomedical Human Kinetics*.
- Healy, K. (2001). *Karate-Schritt für Schritt zu Shotokan-Meister*. Augsburg- Weltbild Verlag, GmbH. Augsburg.
- Hebbelinck, M., & Borms, J., (1989). Körperliches Wachstum Und Leistungsfähigkeit. *Bei Schulkindern*. 2., überarb. Aufl. ed. Leipzig [u.a.]: Bart. Print. *Sportmedizinische Schriftenreihe*; 15.
- Heath, B. H. & Carter, J. E. L. (1967). A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*, 27. 57-54.
- Heushammer, A. (2018). *Das Grundgesetz für Ernährung und Diät. Die Physiologie des Essens. Ernährung-Diät-Gesundheit-Umwelt-Natur-Globalisierung- Anthropometrische Verfahren*.
- Hermannsen, L. Medbo, J. I. (1984). The relative Significance of Aerobic and Anaerobic Processes during Maximal Excercise of Short Duration In. *Medicine Sport and Science*. 17. S: 57-67.
- Hern, K. P. (1993). Die Wachstumsdynamik als ein Aspekt der Kennzeichnung von anthropometrischen Leistungsvoraussetzungen. In: *Sport und Wissenschaft*. Bd. 2. Sankt Augustin,S: 53-61. HOHMANN;
- Heck, H. Löllgen, H. Winter, U. J. Erdmann, E. (1995). *Aerob-anaerobe Schwelle*. (eds) Ergometrie. Springer, Berlin, Heidelberg. S. 217.
- Hoffenrott, N. & Seidl, I. (2018). *Handbuch Trainingswissenschaft-Trainingslehre. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport*.

- Hofmann, P. Alexander, M. Tschalert, G. (2004). Gute Kriterien, Protokolle und Spezial-Ergometrie zur Belastungsuntersuchungen. Kompendium der Sportmedizin. Physiologie, Innere Medizin und Pediatrie, S. 71-87.
- Hofmann, p. Wonisch, M. Rochus, P. (2017). Kompendium der Sportmedizin. Laktat-Leistungsdiagnostik. Durchführung und Interpretation.
- Hohmann, A. Lames, M. Letzelter, M. (2003). Einführung in die Trainingswissenschaft, Limpert Verlag, 3. Auflage.
- Hollmann, W. Hettinger, T. (2000). Sportmedizin. Stuttgart, 4. Auflage.
- Hollmann, W. Strüder, H. K. (2009). Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin, 5. Aufl. Schattauer, Stuttgart.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium. What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Age and Ageing, 35. 118-11.
- Horn, A. (2007). Spezielles Ausdauertraining im Karate.
- Hüter-Becker, A., Freivogel, S., Hirsch, H. V., Hirsch, M. A., Pott, C., (2005). Bewegungsentwicklung und Bewegungskontrolle. Das neue Denkmodell in der Physiotherapie. Band 2.
- Iide, K. Imamura, H. Yoshimura, Y. Yamashita, A. Miyahara, K. Miyamoto, N. & Moriwaki, C. (2008). Physiological responses of simulated karate sparring matches in young men and boys. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22.3: 839-844.
- Imamura, H., Yoshimura, Y., Uchida, K., et al. (1996). Heart rate response and perceived exertion during twenty consecutive karate sparring matches. *Aust J Sci Med Sport*, 28 (4). 114-5.
- Imamura, H. Yoshimura, Y. Uchida, K. et al. (1997). Heart rate, blood lactate responses and rating of perceived exertion to 1,000 punches and 1,000 kicks in collegiate karate practitioners. *Appl Hum Science*. 16(1):9-13.
- Imamura, H., Yoshimura Y., Uchida, K., Nishimura, S., Nakazawa, A.T. (1998). Maximal Oxygen Uptake, Body Composition and Strength of Highly Competitive and Novice Karate Practitioners. *Journal of Physiological Anthropology, Appl Human Sci*, 17(5): 215-218.
- Imamura, H., Yoshiura, Y., Nishimura, S., Nakazawa, A. T., Nishimura, C., Shirota, T. (1999). Oxygen uptake, heart rate, and blood lactate responses during and following karate training. *Med Sci Sports Exerc*, 31: 342-7.
- Imamura, H., Yoshiura, Y., Nishimura, S., Nakazawa, A. T. Teshima, K. Nishimura, C. et al. (2002). Physiological responses during and following karate training in women. *J Sports Med Phys Fitness*, 42: 431-7.
- Imamura, H., Yoshimura, Y., Nishimura, C., Sakamoto, K. (2003). Oxygen uptake, heart rate and blood lactate responses during 1,000 punches and 1,000 kicks in female collegiate karate practitioners. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 22: 111-4.
- Jakhel, R. (2002). Modernes Sport-Karate. Technische und taktische Grundlagen. S. 21-22-
- Katić, R., Jukić., Glavan, I., Ivanišević, S., Gudelj, I., (2009). The impact of specific Motoricity on karate Performance in Young Karateka. *Coll Antropol*, 33(1): 123-130.
- Krahenbuhl, G. S., Skinner, J. S. & Wendy, M. K. (1985). Developmental Aspects of maximal aerobic Power in Children. *Exercise in Sport Sciences Reviews*, 503-538
- Klee, A. & Wiemann, K. (2005). Beweglichkeit/Dehnfähigkeit. Schorndorf. Hofmann, Print. Praxisideen, 17: Bewegungskompetenzen.
- Keith, S. U., Vieira, A. D., Papcke, C., Pinheiro, R., Nohama, P. & Scheeren, E. D. (2017). Physiological and Biomechanical Fatigue Responses in Karate: A Case Study." *The Open Sports Sciences Journal* 10: 286-93. <https://doi.org/10.2174/1875399X01710010286>.
- Keshishian, H. (2013). Motor Fitness Profiling of Elite and Novice Karate Practitioners. *Doctoral thesis*. Australian Catholic University.



- Keul, J., Kindermann, W. & Simon, G. (1978). Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik. In: *Leistungssport* 8.
- Koraponovski, N., Berjan, B., Božić, P., Pazin, N., Sanader, A., Jarić, S. (2011). Anthropometric and Physical Performance Profiles of Elite Karate Kumite and Kata Competitors. *Journal of Human Kinetics*, 30: 107-114.
- Koronas, K., I. Kitsios, P. Abatzides, G., Athanailidis, A., Varsamis, & Zarotis. (2003). K Knochendichte Erwachsener Tennisspieler Im Vergleich Zu Sportlich Inaktiven. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*. S. 113-117.
- Lehmann, M. (1996). Blutlaktatuntersuchungen bei österreichischer Staatsmeisterschaft. Verschiedene sportartspezifische Laktatstufentests.
- Lehmann, G. & Jedlicka, G. (1998). Untersuchungen zur Bestimmung und Entwicklung eines sportartspezifischen-konditionellen-Anforderungsprofil im Hochleistungstraining der Sportart Karate. *Leistungssport* 3/98, Münster: *Philippka-Sportverlag*.
- Le Roux, E. (2015). Physiological demands and time-motion analysis of simulated elite karate kumite matches.
- Letzelter, M. (1978). Trainingsgrundlagen. Reinbeck.
- Lind, W. (1997). Okinawa Karate: Geschichte und Tradition der Stile. Berlin. Sportverlag Berlin.
- Mahrous, A. Mehani, S. (2004). Kinematische und dynamische Biomechanik des Prellstosses Kizami-Zuki beim Karate. 23-25.
- Markner, A. (2004). Wettkampfanalyse der Finalkämpfe der Karate-Europameisterschaft 2004. *Ausarbeitung zur Erlangung des 5. DAN Karate des Deutschen Karate Verbandes e.V.*
- Marković, G., Vučetić, V., Cardinale, M. (2008). Heart rate and lactate responses to teakwondo fight in elite woman performers. *Biology of Sport*, 25:135-146.
- Martin, D. Carl, K. Lehnertz, K., (1993). Handbuch Trainingslehre, 2 unveränderte Auflage.
- Meeres, H. D. & Hermann, H. (2003). Sportphysiologie. Korr. Nachdr. Der 9., *Vollständig überarb und Erw. Aufl. ed. Köln. Sportverl. Strauß, 2003. Print*
- Najmi, N., Abdullah, M. R., Juahir, N., Maliki, A. B. H., Musa, R. M., Mat-Rasid, S. M., Adnan, A. Kosni, N. A. Eswaramoorthi, V., Alias, N. (2016). Comparison of body fat percentage and physical performance of male national senior and junior karate athletes. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*: 486-511.
- Nakayama, M. (1978). Best Karate 2. Fundamentals. Tokio-New York- San Francisco.
- Neumann, M. (2017). Physiologische Beanspruchung einer Karate-Kumite Trainingseinheit-eine Pilotstudie. Leipzig: Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät.
- Nikookheslat, S. D., Faraji, H., Fatollahi, S., & Alizadeh, M., (2016). Physical and Physiological Profile of Elite Iranian Karate Athletes. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 5: 2322-3537.
- Noh, J. W., Kim, J. H., Kim, M. Y., Lee, J. U., Lee, L. K., Park, B. S., Yang, S. M., Jeon, H. J., Lee, W. D., Kwak, T.Y., Jang, S. H., Lee, T.H., Kim, J. Y., Kim, J. (2014). Somatotype Analysis of Elite Boxing Athletes Compared with Nonathletes for Sports Physiotherapy. *J Phys Ther Sci*; 26(8): 1231–1235.
- Nunan, D. (2006). Development of a Sports specific aerobic capacity test for karate-a pilot study. *J Sports Sci Med*, 5:47-53.
- Oakley, B. & Green, M. (2001). The production of Olympic champions: International perspectives on elite sport development system. *European Journal for Sport Management* 8, 83-105.
- Oliveira, T.P. de, Andrade, F. de, Braga, B.S., Filgueiras, J., Coelho, L., Pertence, M.S., Coelho, E., Flávio, V., Milanez, M.S. & Lima, J. de. (2014). Heart rate and rating of perceived exertion in simulated competitive fights in Brazilian karate fighters.

- Origua Rios, S., Marks, J., Estevan, I., & Barnet, M. L. (2018). Health benefits of hard martial arts in adults: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 36: 1614-1622.
- Osorio, L. & Portela, C. (1996). Aerobe und anaerobe Ausdauer bei Kindern und Jugendlichen. Sportphysiologische und sportmedizinische Befunde und ihre Bedeutung für die Trainingspraxis.
- Pate, T., & Shephard, R., (1989). Characteristics of physical fitness in youth, In: Gisolfi, C., Lamb, D. R., editors. *Perspective in exercise and sport*. Indianapolis (IN). Benchmark Press: 1-45
- Parnell, R. W. (1954). Somatotyping by physical anthropometry. *American Journal of physiological Anthropometry*. 209-239.
- Petersen, K., Hansen, C. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2007). Muscle mechanical characteristics in fatigue and recovery from a marathon race in highly trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 101 (3), 385-396.
- Pietr, W., Bercades, L., Kim, G. D. (2006). Relative total body fat and skinfold patterning in Filipino national combat sports athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5: 35-40.
- Pietr, W., Bercades, L. T. & Center, O. (2009). Somatotype of national elite combative sport athletes. *Brazilian Journal of Biometricity*, 3(1). 21-30.
- Platen, P. (2001). Osteoporose sind Prävention und Therapie durch Sport möglich? *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz* 44.1: 52-59. Web.
- Prouteau, S., Pelle, A., Collump, K., (2006). Bone density in elite judoists and effects of weight cycling on bone metabolic balance. *Medicine Science & Sports Exercise*; S: 694-700.
- Probst, M. M., Fletcher, R., Seeling, D. S. (2007). A comparison of lower-body, flexibility, strength and knee stability between karate athletes and active controls. *J Strength Cond Res*, 21(2): 451-5.
- Edelmann, S. (2008). Karate-von der Physiologie zur Technik. *Sportwissenschaftliche Grundlagen, Technikklassifikation und Trainingshinweis*
- Rank, M. Freiburger, V. Halle, M. (2012). Sporttherapie bei Krebserkrankungen- Grundlagen-Diagnostik-Praxis.
- Ravier, G. Grappe, F. Rouillon J. D. (2003). Comparison between the maximal variables of velocity, force and power from two analysis methods in the functional assesment of karate. *Sci Sport*. 18: 134-140.
- Ravier, G. Grappe, F. Rouillon J. D. (2004). Application of force-velocity cycle ergometer test and vertical jump test in the functional assesment of karate competitor. *J Sports Med Phys Fitness*, 44 (4), 349-355.
- Ravier, G., Grappe, F., & Rouillon, J. D: (2006). Maximal accumulated oxygen deficit and blood responses of ammonia, lactate and pH after anaerobic test: a comparison between international and national elite karate athletes. *Int J Sport Med*, 27:810-817
- Ravier, G., Dugue, B., Grappe, F., & Rouillon, J. D. (2009). Impressive anaerobic adaptations in elite karate athletes due to few intensive intermittent sessions added to regular karate training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, 19. (5). 687-694.
- Rodrigues Ferreira, M. A., Vences Brito, A., (2010). Electromechanical delay in ballistic movement of superior limb: comparison between karate athletes and nonathletes. *Percept Motor Skill*. 111(3). 722-34.
- Roschel, H., Batista, M., Monteiro, R., Bertuzzi, R.C., Barroso, R., Loturco, I., Ugrinowitsch, C., et al. (2009). Association between neuromuscular tests and kumite performance on the Brazilian Karate National Team. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(3): 20-24.
- Sanchez-Puccini, M. B. Argothy Bucheli, R. E. Meneses Echavez, J. F. et al. (2014). Anthropometric characterization of male elite karate Athletes. *International Journal of Morphology*.
- Sbriccoli, P., Camomilla, V., Di Mario, A., et al. (2010). Neuromuscular control adaptations in elite

- athletes: the case of Top level karateka. *Eur J Appl Physical*, 108(6): 1269-80.v
- Schabel, G. Harre, D. Borde, A. (1994). Trainingswissenschaft. Berlin 1994, S. 198
- Schnabel, G. Barth, B. (2008). Trainingslehre-Trainingswissenschaft. Leistung-Training-Wettkampf. 2, Aktualisierte Aufl. ed. Aachen Graz: Meyer & Meyer.
- Sebej, F. (1990). Goyu-Ryu für Einsteiger. Berlin 199.
- Shaw, D. K. & Deutsch, D. T. (1982). Heart rate and oxygen uptake response to performance of karate kata. *J Sports Med*. 22(4): 461-7.
- Sheldon, W. H. (1940). The varieties of human physique. New York. Harper
- Smith, M., (2006). Physiological profile of elite senior and junior England international amateur boxer. *J Sports Sci Med*, 5(CSSI): 74-89.
- Solonikidis, M. Papadopoulos, C. (2001). Diagnose und Auswertung der motorischen Fähigkeiten Kraft und Schnelligkeit bei Leistungssportlern im Tennis.
- Stegemann, J. (1991). Leistungsphysiologie: Physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.
- Sterkowicz, S. (1992). Sprawność fizyczna karatek. Physical fitness of karate athletes. *English and Polish. Physical Education and Sport*, (1-2). 59-67.
- Sterkowicz-Przybycien, K. L. (2010). Body Composition and somatotype of the top Polish male karate contestants. *Biol Sports*, 27: 195-201.
- Steven Baker, S. J. & Davies, B. (2006). Variation in resistive force selection during brief high intensity cycle ergometry: implication for power assessment and production in elite karate practitioners. *J Sports Sci Med*, 5 CSSI): 42-6.
- Tabben, M., Coquart, J., Chaabène, H. & Franchini, E. (2014b). Validity and Reliability of New Field Aerobic Karate Specific Test (KST) for. *International Journal*.
- Tabben, M., Sioud, R., Haddad, M., Franchini, E., Chaouachi, A., Chamari, K. & Tourny-Chollet, C. (2013). Physiological and perceived exertion responses during international karate kumite competition. *Asian journal of sports medicine*, 4 (4), 263.
- Tabben, M., Tourny, C., Haddad, M., Chaabane, H., Chamari, K. & Coquart, J.B. (2015). Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training load in karate athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*.
- Trappe, J. H. Löllgen, H. (2000). Leitlinien zur Ergometrie, z. Kardio. 89: 821-837
- Tricoli, V., & Franchini, E., (2009). Association between Neuromuscular Tests and Kumite Performance on the Brazilian Karate National Team. *Journal of Sports Science And Medicine*, 8 (3). 20-24.
- Trivic, T., Eliseev, S., Tabakov, S., Raonic, V., Casals, C., Jahic, D., Jaksic, D., Drid, P. (2020). Somatotypes and hand-grip strength analysis of elite cadet sambo athletes. *Medicine (Baltimore)*; 99(3): e18819. Published online 2020 Jan 17. doi:10.1097/MD.00000000000018819
- Tošković, N. N., Blessing, D., Williford, H. N. (2004). Physiological profile of recreational male and female novice and experienced Taekwondo practitioners. *J Sports Med Phys Fitness*, 44: 64-72.
- Toyoshima, T., Inoshita, K., Ueda, D., Mori, K. & Nakano, S. (2003). Exercise intensity in a kumite bout estimated by oxygen intake, blood lactate concentration and the speed of movement. *Res J Budo (Martial Arts)*, 36, 31–38.
- Tschan, H. Baron, R. Smekal, G. Bachl, N. (2001). Belastungs-Beanspruchungsprofil im Fußball aus physiologischer Sicht. In *österreichischen Journal für Sportmedizin*, 503-538.
- Villiger, B. Egger, K. Lerch, R. Probst, H. Schneider, H. S. Tritschler, T. (1991). Ausdauer, Georg Thieme Verlag Stuttgart- New York.
- Violan, M. A., Small, W. E., Tetaruk, M. N., et al. (1997). The effect of karate training on flexibility,

- muscle strenght and balance in 8-to-13 years old boys. *Pediat Exerc Sci*, 9: 55-64.
- Wasserman, K. Hansen, J. E. Sue D. Y. Stringer, W. W. Sietsema, K. E. Sun, X. G. Whipp, B. J. (2012). Principles of Exercise Testing and Interpretation. 5 ed. *Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins*.
- Weineck, J. (2004). Optimales Fußballtraining. Spitta Verlag, 4. Auflage.
- Weineck, J. (2007). Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings (15. Aufl.). Balingen: Spitta.
- Weineck, J. (2008): Optimales Training; Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung es Kinder und Jugendtrainings; 15. Auflage. Balingen
- Weinmann, W. (1998). Das Kampfsport-Lexikon- Von Aikido bis Zen. 3. Aufl. ed. Berlin. (S.114).
- Weiß, O. & Norden, G. (1999). Einführung in die Sportsoziologie.
- Wichmann, W. D. (1996). Karate Kata: 1. Heian 1-5, Tekki 1, Bassai-Dai/Wolf-Dieter-Wichmann. Niedernhausen, Ts: Falken-Verl. Print- Falken-Bücherei, 683: Sport (S. 8-9).
- Wonisch, M. Hofmann, P. Förster, H. Hörtnagl, H. Ledl-Kurkowski, E. & Pokan R. (2017). Kompendium der Sportmedizin. *Physiologie Innere Medizin und Pädiatrie*, 2. Aufl. ed. Vienna: Springer Vienna, 2018. Web.
- World Karate Federation (Hrsg.). (2020). Kata and Kumite Competition Rules. Zugriff am 01.01.2020 unter [https://www.wkf.net/pdf/wkf-competition-rules-2020\\_en-pdf-en-784.pdf](https://www.wkf.net/pdf/wkf-competition-rules-2020_en-pdf-en-784.pdf)
- Yoshimura, Y., Imamura, H., (2010) Effects of basic karate excercises on maximal oxygen uptake in sedentary collegiate woman. *J Health Sci*, 56(6). 721-6.
- Yadav, S. A., (2013). A comparison between male judo-kas and karate-kas within body compesition and physical fitness. *Turkish Journal of sport and Exercise*, 15:3: 64-68.
- Zaborski, B. Kastriot, Š. Đukanović, N. Kostovski, Ž. (2016). Changes in the Physiological Processes during training and official competitions in young karate athletes. *High school of medicine*.104-109.
- Zintl, F. Eisenhut, A. (2004). Ausdauertraining. BLV Verlag München, 6. Auflage.
- Zehr, E. P. & Sale, D. G. (1993). Oxygen uptake, heart rate and blood lactate responses to the chito-ryu seisan kata in skilled karate practitiones. *Int J Sports Med*, 14: 269-74.
- Zehr, E. P., Sale, D., & Dowling, J.J. (1997). Ballistic movement performance in karate athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29. (10). 1366-1373.

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 1: Zusammenfassende allgemeine Übersicht der Grundtechniken des Karate (Edelmann, 2008, S. 147) .....                                                                             | 9  |
| Abb. 2: Karate 1-Premier-League in Dubai 2020, Rafael Aghayev (Aserbaidshan, rechts), Male Kumite -75kg. Female Kumite, Ura-mawashi-geri (rechts) (WKF- World Karate Federation) ..... | 11 |
| Abb. 3: Ryo Kiyuma zum ersten Mal World Champion 2016 in Linz. Yoko-geri-keage (rechsts) (WKF-World Karate Federation).....                                                            | 12 |
| Abb. 4: Seitenvergleich der Unterarme eines Tennisspielers im Röntgenbild (Meeres, 2003, S.13). .....                                                                                  | 19 |
| Abb. 5: Stoffwechselwege der energieliefernden Nahrungsstoffe (Weineck, 2008, S. 153). .....                                                                                           | 21 |
| Abb. 6: Laktat-Kurve konstanter Belastung am Ergometer zur Bestimmung des maximalen Laktat-Steady-State (Heck, 2005. S. 215).....                                                      | 24 |
| Abb. 7: Energiebereitstellung für männliche und weibliche Karateathleten im Kumite- und Kata (Beneke et al., 2009, S. 608).....                                                        | 25 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 8: Die Ergebnisse von der Beziehung zwischen dem KSAT und der Fahrradergometrie. (A) Beziehung zwischen der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO <sub>2</sub> max) und der Zeit bis zur Erschöpfung (TE – time to exhaustion) bei dem KSAT; (B) Beziehung zwischen der VO <sub>2</sub> max bei dem KSAT und der VO <sub>2</sub> max bei der Fahrradergometrie und (C). Beziehung zwischen der VO <sub>2</sub> max bei der Fahrradergometrie und der Zeit (TE) zur Erschöpfung von dem KSAT (Tabben et al., 2014, S. 205) ..... | 32 |
| Abb. 9: Der mittlere Werte definiert als Normwerte des unterschiedlichen Niveaus (Zintl & Eisenhut, 2004, S. 65) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 34 |
| Abb. 10: Die relativen Werten der VO <sub>2</sub> max bei den unterschiedlichen Sportdisziplinen (mod. n. Hollmann & Hettinger, 2004 und mod. n. Weineck, 2004, S. 158) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 36 |
| Abb. 11: Verhalten der biochemischer Variablen durch einen KSAT (Keith et al., 2017, S. 288) ..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 41 |
| Abb. 12: Die schematische Erstellung von verschiedenen Formen der Ausdauer (mod. n. Hollmann u. Strüder, 2009; Tschakert, Müller u. Hofmann, 2017, S. 274) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 43 |
| Abb. 13: Counter Movement Jump (CMJ) und Squat Jump (Salonikidis, et al., 2001, S. 45). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 52 |
| Abb. 14: Beweglichkeitsmodell (Albrecht & Meyer, 2015, S. 12). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 53 |
| Abb. 15: Ressourcen für posturale Kontrolle (Horak, 2005, S. ii8) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 57 |
| Abb. 16: Die anaerob-alaktizid Energierbereitstellung nimmt mit zunehmender Anzahl von Kämpfen ab (mod. n. Beneke et al. 2004, S. 522).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 63 |
| Abb. 17: Die Verteilung der Energie für männliche und weibliche Athleten in der Karate-Disziplin Kumite (Doria et al. 2009, S. 608; mod. n. Neumann, 2017, S. 14). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 64 |
| Abb. 18: Die Verteilung der Energie für männliche und weibliche Athleten in der Karate-Disziplin Kata. Aerob (grau), anaerob-alaktizid (hellgrau) und laktazide (weiß) (Doria et al. 2009, S.608). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 70 |
| Abb. 19: Die Verteilung des Energieverbrauchs für die Kata Unsu im Vergleich zu den Studien von (Bussweiler & Hartmann, 2014, S.112). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 70 |
| Abb. 20: Die Verteilung der Ergebnisse zu den ausgeführten Übungen (Tech I, Tech II und Kata). HF links und VO <sub>2</sub> max rechts (mod. n. Imamura et al. 1999) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 73 |
| Abb. 21: Die prozentuale Zeitverteilung, die in jeder Intensitätszone für jede Kampfrunde verbraucht wurde (mod. n. Tabben et al. 2013, S. 267). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 76 |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 1. Übersicht über die Kata des Shotokan-Stils .....                                                                                                                        | 12 |
| Tab. 2. Ergebnisse aus der Forschung zur Quantifizierung der Energiebereitstellung im Kumite- und Kata. Die Werte sind aus der Grafik abgeleitet. ....                          | 26 |
| Tab. 3. Das Protokoll von KSAT (Karate-specific aerobic test) .....                                                                                                             | 30 |
| Tab. 4. Studien zur Untersuchung der Reliabilitätsprüfung (ICC-intraclas correlation coefficient, SEM-typical error od measurement, SWC-smallest worthwhile effect).....        | 31 |
| Tab. 5. Übersicht der Studien von physiologischen Parametern in Karate-Kumite [La] .....                                                                                        | 61 |
| Tab. 6. Die Blutlaktatkonzentration nach den drei verschiedenen Formen des Trainings.....                                                                                       | 66 |
| Tab. 7. Der Mittelwert von dem gesamten Energieverbrauch in fünf Runden. ....                                                                                                   | 67 |
| Tab. 8. Übersicht der Studien von dem physiologischen Parameter in Karate- Kata [La].....                                                                                       | 67 |
| Tab. 9. Untersuchungsergebnisse basierend auf der maximale Sauerstoffaufnahme bei dem Ergometer. ....                                                                           | 71 |
| Tab. 10. Die Ergebnisse der Gesamtzeit, relative und absolute Herzfrequenz und wahrgenommene Anstrengung von sieben Athleten während insgesamt 21 internationalen Kämpfen. .... | 75 |
| Tab. 11. Die Verteilung der Herzfrequenz für jede Runde der simulierten Kämpfen.....                                                                                            | 76 |
| Tab. 12. Übersicht Studien zu der anaeroben maximalen Leistung (Power) .....                                                                                                    | 80 |
| Tab. 13. Übersicht der Studien zu der reaktiven Kraft (Counter Movement Jump & Squat Jump) ..                                                                                   | 82 |
| Tab. 14. Übersicht der Studien zu der maximalen Kraft (1-RM) .....                                                                                                              | 84 |

## Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

|                        |                                       |
|------------------------|---------------------------------------|
| ADP                    | Adenosindiphosphat                    |
| AMP                    | Adenosinmonophosphat                  |
| ATP                    | Adenosintriphosphat                   |
| a-v-DO <sub>2max</sub> | periphere Utilation                   |
| BMI                    | <i>Body Mass Index</i>                |
| BSS                    | <i>Bidex Medical System</i>           |
| bzw.                   | beziehungsweise                       |
| cm                     | Centimeter                            |
| CMJ                    | <i>counter movement jump</i>          |
| CO <sub>2</sub>        | Kohlendioxid                          |
| CoP                    | Druckpunkt- <i>Center of Pressure</i> |
| DAN                    | Grad                                  |
| EKG                    | Elektrokardiographie                  |
| FFM                    | fettfreie Masse                       |
| HF                     | Herzfrequenz                          |
| HMV                    | Herzminutenvolumen                    |
| HIT                    | <i>high intensity training</i>        |
| kcal                   | Kilokalorien                          |
| kJ                     | Kilojoule                             |
| KH                     | Kohlenhydrate                         |
| kg                     | Kilogramme                            |
| KSAT                   | <i>Karate specific-aerobic test</i>   |
| KYU                    | Gürtelgrade                           |
| La                     | Laktate                               |
| L                      | Liter                                 |
| LSS                    | Laktat <i>Steady State</i>            |
| m/w                    | männlich/weiblich                     |
| MP                     | <i>Mean Power</i>                     |
| O <sub>2</sub>         | Sauerstoff                            |
| PP                     | <i>Peak Power</i>                     |
| RQ                     | Respiratorische Quotient              |
| RM                     | Ein Wiederholungsmaximum              |
| SJ                     | <i>Squat Jump</i>                     |
| Sek.                   | Sekunden                              |
| vgl.                   | vergleiche                            |
| VO <sub>2max</sub>     | Maximale Sauerstoffaufnahme           |
| WAnT                   | <i>Wingate-anaerobic test</i>         |
| W                      | Watt                                  |
| WKF                    | World Karate Federation               |
| z.B.                   | zum Beispiel                          |

### **Eidesstattliche Erklärung**

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde weder an anderer Stelle eingerichtet, noch von anderen Personen (z. B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt“.

Wien, August 2020

Benjamin Šabić