

Kerstin Witte & Peter Emmermacher

Spirometrie im Karate-Kumite unter Berücksichtigung der Kampfaktivitäten

Zusammenfassung

Das Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, eine für den Kampfsport unter Wettkampfbedingungen durchgeführte Leistungsdiagnostik vorzustellen. Am Beispiel des Karate-Kumite wurde der Einsatz einer transportablen Spirometrie zusammen mit einem videogestützten Kampfanalysesystem (K-WETT-A) erfolgreich angewendet. An der Untersuchung nahmen 7 Kaderathleten des Landes Sachsen-Anhalt teil. Es konnte festgestellt werden, dass der für die Spirometriemessungen simulierte Wettkampf die Beanspruchung des Athleten unter realen Wettkampfbedingungen widerspiegelt. Die Energiebereitstellungsprozesse liegen im Wesentlichen im aeroben Bereich. Für die Trainingspraxis ist es weiterhin sinnvoll, die Angriffsaktivität synchron zu den physiologischen Daten zu erfassen und diese für eine abschließende Auswertung mit einzubeziehen.

Schlagwörter

Karate-Kumite; Leistungsdiagnostik; Spirometrie; Kampfanalysesystem

Kontakt

Prof. Dr. Kerstin Witte

[Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg](https://www.ovgu.de)

kerstin.witte@ovgu.de

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) and published in the [JOMAR | Journal of Martial Arts Research](https://www.jomar.com) (ISSN 2567-8221) on 2019-06-11.
For more: [j-o-mar.com](https://www.j-o-mar.com)

Erstquelle

Dieser Artikel wurde zuerst veröffentlicht in:

Kuhn, P., Lange, H., Leffler, T. & Liebl, S. (Hrsg., 2011). *Kampfkunst und Kampfsport in Forschung und Lehre 2011*. 1. Internationales Symposium ‚Kampfkunst & Kampfsport‘ vom 6.-7. April 2011 in Bayreuth. Hamburg: Czwalina.

1 Einleitung

Spirometrische Leistungsdiagnostik zielt allgemein darauf hin, die Wirkung des Trainings einzuschätzen, den Leistungsstand des Athleten zu erfassen und den Trainingsplan zu optimieren. Standardisierte Tests werden gewöhnlich auf Ergometern durchgeführt. Der Einsatz einer portablen Spirometrie bietet nunmehr die Möglichkeit, Untersuchungen im Feld und in der Sporthalle durchzuführen, womit es immer mehr möglich wird, eine sportartspezifische Leistungsdiagnostik durchzuführen. Diesbezügliche Untersuchungen sind bspw. für Skisport (Vogt, Puntschart, Angermann, Jordan, Spring, Müller & Hoppeler, 2005), Fußball (Ferrauti, Giesen, Merheim & Weber, 2006) und Badminton (Fries, Faude, Meyer, Rosenberger, Huber & Kindermann, 2007) bekannt. Dabei scheint es nunmehr auch möglich zu sein, die Leistungsfähigkeit unter Wettkampfbedingungen zu bestimmen. Dies soll nachfolgend für die Kampfsportart Karate-Kumite gezeigt werden. Dabei werden folgende Fragestellungen bearbeitet:

1. Inwiefern beeinflusst die tragbare Spirometrie die Aktivität des Athleten?
2. Welche Energiebereitstellungsprozesse sind im Karate-Kumite dominant?
3. Welche Zusammenhänge sind zwischen der Angriffsaktivität und den physiologischen Parametern erkennbar?

2 Leistungsdiagnostik in der Sportart Karate-Kumite

Allgemein existieren für das sportliche Karate bisher nur relativ wenige wissenschaftliche Publikationen. Untersuchungen zur Diagnostik verschiedener Arm- und Beintechniken sowie zur Antizipationsfähigkeit und Wettkampfanalyse wurden von Witte und Emmermacher (2008, 2009, 2010), Hofmann, Emmermacher und Witte (2007) sowie Emmermacher, Witte, Tietze und Hiller (2010) durchgeführt.

Auf der Grundlage von Herzfrequenzmessungen und Laktatbestimmungen nach Wettkämpfen schlussfolgerten Lehmann und Jedliczka (1998), dass der anaerobe Stoffwechsel zur energetischen Absicherung entscheidend ist und damit der Sportler im muskulär übersäuerten Zustand hohe Leistungen erbringen muss. Konträr dazu stehen die Untersuchungen von Beneke, Beyer, Jachner, Erasmus und Hütler (2004). Bei simulierten Karate-Kumite-Wettkämpfen von Bundes- und Landeskadern wurde hier die portable Spirometrie eingesetzt. Es konnte festgestellt werden, dass der durchschnittliche Anteil des aeroben Metabolismus bei ungefähr 80 % liegt und die angenommene Dominanz des anaeroben-laktaziden Stoffwechsels sich nicht bestätigt. Der mittlere prozentuale Anteil der Leistung dieses Stoffwechsels liegt bei ca. 6% und der des anaeroben-alaktaziden bei ca. 14%. Auch Doria et al. (2009) kommen zu dem Schluss, dass der aerobe Stoffwechsel dominiert. Sie verglichen italienische Kumite- und Kata-Kämpfer in ihrem Beanspruchungsprofil. Die Probanden trugen ebenfalls ein portables Spiroergometriegerät, welches Atemzug für Atemzug aufzeichnete. Sie untersuchten drei männliche und drei weibliche Probanden (Alter: 24 (4,6), 21,3 (1,5)). Die Kampfdauer war bei den männlichen Probanden 4 min und bei den weiblichen 3 min. Es wurden die Laktatwerte nach dem Kampf bestimmt. Sie betragen bei den männlichen Probanden (10,6 (4,8) mmol/l) und bei den weiblichen Probanden (7,5 (2,4) mmol/l). Die Verteilung der einzelnen energieliefernden Stoffwechselprozesse sind analog zu denen von Beneke et al. (2004).

3 Methodik

Die Tab. 1 gibt eine Übersicht über die an der Studie teilgenommenen Probanden.

Tab. 1. Probandenübersicht

Probanden	Alter (Jahre)	Größe (m)	Körpermasse (kg)	BMI (kg/m ²)	Kader	Geschlecht (m/w)
A	23	1,76	73	23	Landeskader	m
B	23	1,75	60	19	Landeskader	m
C	15	1,72	60	20	Landeskader	m
D	19	1,72	59	19	Landeskader	w
E	17	1,66	55	19	Landeskader	w
F	14	1,69	45	15	Landeskader	w
G	15	1,65	50	18	Landeskader	w

3.1 Simulierte Karate-Kumite-Kämpfe

Die simulierten Karate-Kumite-Kämpfe wurden unter wettkampfgetreuen Bedingungen durchgeführt. Die männlichen Karateka (A, B, C; vgl. Tab. 1) absolvierten einen 3-Minuten-Kampf und die weiblichen Karateka (D, E, F, G) einen 2-Minuten-Kampf. Die Blutlaktatkonzentrationsbestimmungen (Lactat-Scout, Diagnostic GmbH Barleben) fanden für jeden Probanden vor dem Kampf, in der Kampfhälfte, direkt nach dem Kampf und nach 3 Minuten statt. Für die Erhebung der spirometrischen Daten zusammen mit der Herzfrequenz wurde das portable Spirometriegerät „Metamax 3B“ (Cortex Biophysik GmbH Leipzig) verwendet. Das Spirometriegerät wurde mit einem speziell für den Kumite-Kampf angefertigten Gurt (Karanostik GbR) auf dem Rücken des Probanden befestigt, sodass lediglich Techniken frontal zum Kopf, auf den Rücken und Würfe verboten werden mussten. Da nur ein Spirometriegerät zur Verfügung stand, wurde in jedem Kampf auch nur ein Proband untersucht. Zur Erkennung der Kampfdauer und der mit ihr verbundenen Atmungsparameter wurden in der Software „Metasoft“ zu Kampfbeginn, Kampfpause und Kampfende Marker gesetzt. Um eine spätere zeitliche Zuordnung der Auswertung der metabolischen Prozesse mit kampfspezifischen Situationen durchführen zu können, wurden alle Kämpfe mit 2 High-Speed-Kameras aufgenommen. Des Weiteren wurde die Herzfrequenz der Probanden über die gesamte Untersuchungsdauer mit einem Pulsgurt der Firma „Polar“ aufgezeichnet und automatisch in das Protokoll der Software Metasoft integriert.

Zusätzlich wurden mittels zweier Videokameras Kumite-Wettkämpfe der Probanden aufgenommen, die mit demselben Gegner wie der simulierte Kumite-Wettkampf stattfanden. Für alle Wettkämpfe erfolgte eine zeitliche Auswertung der Angriffsaktivitäten.

3.2 Laufband-Stufentest

Es wurde ein (nach Kindermann, 1987; Clasing, Weicker & Böhning, 1994) standardisierter Laufband-Stufentest mit folgenden Belastungsparametern durchgeführt:

- Eingangsbelastung: 1,5 m/s
- Belastungssteigerung: 0,5 m/s
- Stufendauer: 3 Min.
- Stufenpause: 30 Sek.
- Neigungswinkel: 1%.

Die Bestimmung der spirometrischen Daten, der Herzfrequenz und der Laktatkonzentration erfolgte analog zu den simulierten Karate-Kumite-Kämpfen.

Die Bestimmung der aeroben und anaeroben Schwelle (IAS und IANS) erfolgte nach der V-Slope-Methode (Beaver, Wasserman & Whipp, 1986; Schumacher, Bühlmeier & Hess, 2008). Die Laktatwerte wurden mit Hilfe der Methode nach Simon et al. (1983) ausgewertet. Hierbei steigt in der Regel die Laktatkurve zu Beginn der Belastung leicht an und fällt dann wieder ab. Das nach dem Abfall entstandene Laktat wird als Basislaktat definiert. Als anaerobe Schwelle kann dabei der Laktatwert bei 1,5 mmol/l über dem Basislaktat bestimmt werden (vgl. Dickhuth, Yin, Niess, Röcker, Mayer, Heitkamp & Horstmann, 1999). Die erhaltenen Werte wurden mit den Ergebnissen der Software „Lactate Express“ von SensLab verglichen.

3.3 Bestimmung der Anteile für die Energiebereitstellung

Diese Energiebilanz beinhaltet drei Komponenten: die aerobe Komponente, die anaerobe-laktazide und anaerobe-alaktazide Komponente.

Die Ermittlung der aeroben Komponente erfolgte über den Sauerstoffverbrauch während des Kampfes unter Berücksichtigung des Ruhewertes und des kalorischen Äquivalentes in Abhängigkeit vom respiratorischen Quotienten (Beneke, Beyer, Jachner, Erasmus & Hütler, 2004 bzw. Stegemann, 1991).

Der zweite Teil der Energiebilanz errechnet sich aus der Nettolaktatbildung (Differenz zwischen dem Laktatwert vor dem Kampf und dem höchsten Wert nach dem Kampf). Um den Laktatwert umzurechnen, bedarf es eines Sauerstoffbetrags von ca. 3,0 ml pro Kilogramm Körpergewicht (Di Prampero, 1981). Dieser Wert wird mit dem kalorischen Äquivalent für den aeroben Energieweg multipliziert.

Um die anaerob-alaktazide Komponente zu errechnen, wurde die eingeatmete Sauerstoffmenge nach der Belastung gemessen. Um den Ausgangszustand wiederherzustellen werden zwei Komponenten unterschieden. Die Unterscheidung erfolgt zwischen einer schnellen und einer langsamen Komponente in der Nachbelastungsphase. Auf der Grundlage einer exponentiellen Modellierung der schnellen Komponente kann die anaerobe-alaktazide metabolischen Leistung berechnet werden (Jumah, 2009).

3.4 Bestimmung der Aktivitätsdichte im Kumite

Die Ermittlung der Aktivitätsdichte erfolgte auf der Grundlage der bestimmten Angriffsaktivitäten, unabhängig von ihrer Bewertung mit Hilfe des videogestützten Kampfanalyseprogramms K-WETT-A (Emmermacher, Witte, Tietze & Hiller, 2010). Da nach der Hälfte der Zeit (1 min bzw. 1,5 min) Blut zur Laktatbestimmung entnommen wurde, gibt es zwei Zeit-Bereiche. Die Dichte wird immer auf ein Zeitintervall von einer Minute bezogen. Für Armtechniken wird die Aktivitätszahl 1 und eine Beintechnik die Aktivitätszahl 2 vergeben. Bei einer Kombination ergibt sich dann eine Aktivitätszahl von 2 bei 2 Armtechniken oder eine Aktivitätszahl von 3 bei einer Arm- und einer Beintechnik. Die Aktivitätsdichte entspricht dem Quotienten aus der Summe der Aktivitätszahlen und der Dauer (1 min oder 1,5 min). Bei der Bestimmung der Aktivität werden Steppbewegungen und Blockbewegungen des Athleten nicht berücksichtigt.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Einfluss der tragbaren Spirometrie auf die Aktivität des Athleten

Die nachfolgende Übersicht (Tab. 2) stellt die Angriffsaktivitätsdichten der Athleten mit und ohne Spirometriegerät gegenüber. Die Daten belegen, dass die Kämpfe ohne Spirometriegerät bei allen Athleten aktivitätsreicher waren. Die Ursache hierfür kann darin gesehen werden, dass bei den Kämpfen mit Spirometrie der Gegner jeweils vorsichtiger agierte, so dass der Athlet eine größere Anzahl von Angriffen realisieren konnte. Demzufolge sind die physiologischen Parameter als obere Grenze zu werten. Es kann davon ausgegangen werden, dass die gemessene Beanspruchung bzgl. der Angriffsaktivitäten unter realen Bedingungen nicht höher ist. Allerdings kann keine Aussage darüber getroffen werden, wie sich eine erhöhte Anzahl von Konteraktivitäten (wenn der Gegner aktiver ist, wovon unter realen Bedingungen ausgegangen werden kann) auswirkt. In erster Näherung ist anzunehmen, dass sich dies mit der größeren Anzahl von Angriffsaktivitäten ausgleicht. So können die nachfolgend bestimmten physiologischen Werte als in einem ersten Ansatz als real eingeschätzt werden.

Tab. 2. Angriffsaktivitäten (Armtechniken, Beintechniken und Kombinationen) und Aktivitätsdichten (Ak-D.) mit und ohne Spirometriegerät. Die Zahl nach dem Probandenkennzeichen (vgl. Tab. 1) gibt an, um welchen Zeitbereich (erste oder zweite Hälfte der Wettkampfzeit) es sich handelt

Proband	Mit Spirometriegerät				Ohne Spirometriegerät			
	Arm	Bein	Kombi	Ak-D.	Arm	Bein	Kombi	Ak-D.
A 1	3	4	3	12.0	8	2	8	11.3
A 2	4	2	7	16.7				
B 1	3	1	1	4.7	1	2	5	6.7
B 2	5	1	4	12.7				
C 1	2	4	6	15.3	2	0	3	2.7
C 2	4	2	1	6.7				
D 1	7	2	5	23.0	7	4	0	7.5
D 2	5	9	1	26.0				
E 1	5	1	1	10.0	8	2	3	9.5
E 2	4	2	3	16.0				
F 1	4	0	2	9.0	7	0	2	6.0
F 2	2	0	3	9.0				
G 1	3	2	6	20.0	13	2	3	12.5
G 2	6	0	4	16.0				

4.2 Energiebereitstellungsprozesse im Karate-Kumite

Das Ziel der Auswertung des simulierten Kumite-Kampfes war die Bestimmung der prozentualen Anteile des aeroben und anaeroben Metabolismus an der Energiebereitstellung (vgl. Abb. 1).

Da bei Proband E bei der letzten Kampffraktion das Spirometriegerät ausgefallen ist, standen keine Nachbelastungswerte zur Auswertung des anaerob-alaktaziden Metabolismus zur Verfügung. Wie in Abb. 1 zu erkennen ist, stellt der aerobe Energieanteil die eindeutig dominante Komponente der Energiebereitstellung dar.

Dies stimmt auch mit den Ergebnissen von Benecke et al. (2004) und Doria et al. (2009) überein. Allerdings sind die von Benecke et al. (2004) und Doria et al. (2009) ermittelten Absolutwerte der Energien größer als die der hier getesteten Probanden. Zum Beispiel liegt der mittlere Wert für WPCR=52.6 kJ (Benecke et al., 2004) deutlich über dem von Proband B gemessenen Wert (WPCR= 32.58 kJ). für die aerobe Energie wurde bspw. für Proband B WAER=267.4 kJ berechnet. Benecke et al. (2004) ermittelten einen mittleren Wert von WAER=159.9 kJ. Die Ursache hierfür kann in dem höheren Altersbereich, längerer Kampfzeitdauer und besserem Leistungsvermögen (Nationalkader) gesehen werden.

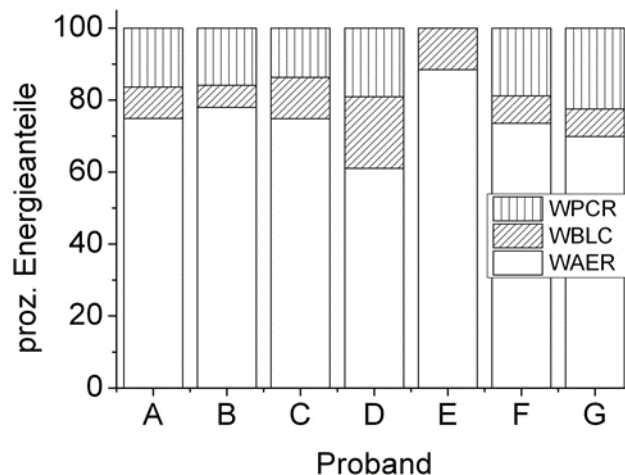


Abb. 1. Prozentualer Anteil der metabolischen Energie für den simulierten Karate-Kumite-Kampf. WBLC = anaerobe laktazide metabolische Energie. WPCR = anaerobe alaktazide metabolische Energie. WAER = aerobe metabolische Energie

4.3 Zusammenhänge zwischen der Angriffsaktivität und den physiologischen Parametern

Auf der Grundlage des Laufbandstufentests wurden die aeroben und anaeroben Schwellen (IAS und IAS) für alle Probanden (Tab. 3) bestimmt. Außerdem sind die Herzfrequenzen an den Schwellen sowie VO₂ und Laktatkonzentrationen zu diesen Zeitpunkten angegeben.

Tab. 3. Übersicht über Geschwindigkeiten, Herzfrequenzen, VO₂ und Laktat an IAS und IANS

Probanden	IAS-Spiro v in m/s	IANS - Spiro v in m/s	HF - IAS 1/min	HF - IANS 1/min	VO ₂ -VT l/min	VO ₂ -RCP l/min	La -VT mmol/l	La -RCP mmol/l
A	2.0	4.0	116	170	1.680	3.749	2.5	5.0
B	2.5	4.0	159	182	1.573	3.514	1.8	6.0
C	2.0	2.5	148	183	1.176	2.243	1.8	3.3
D	2.5	3.5	110	165	1.126	2.592	2.0	4.5
E	2.0	2.0	138	173	1.243	2.223	1.7	2.6
F	2.0	3.0	145	178	1.235	2.061	1.4	3.5
G	2.0	2.5	149	180	1.072	1.671	2.0	4.0

Die nachfolgenden Diagramme in den Abbildungen 2 und 3 stellen die Aktivitätsdichten mit den Laktatwerten sowie den Mittelwerten der Herzfrequenz (Hf), dem Atemminutenvolumen

(VE) und der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO₂) dar. Dabei beziehen sich die Mittelwerte auf die beiden Zeitbereiche vor und nach der Blutentnahme für die Laktatbestimmung. Zunächst ist festzustellen, dass kein allgemeingültiger zeitbezogener Zusammenhang zwischen der Angriffsaktivität und den physiologischen Parametern zu finden ist. Interindividuelle Unterschiede können unter trainingspraktischen Aspekten ausgewertet und diskutiert werden. Nachfolgend soll nur der Vergleich zwischen den beiden Zeitbereichen (Halbzeiten) betrachtet werden.

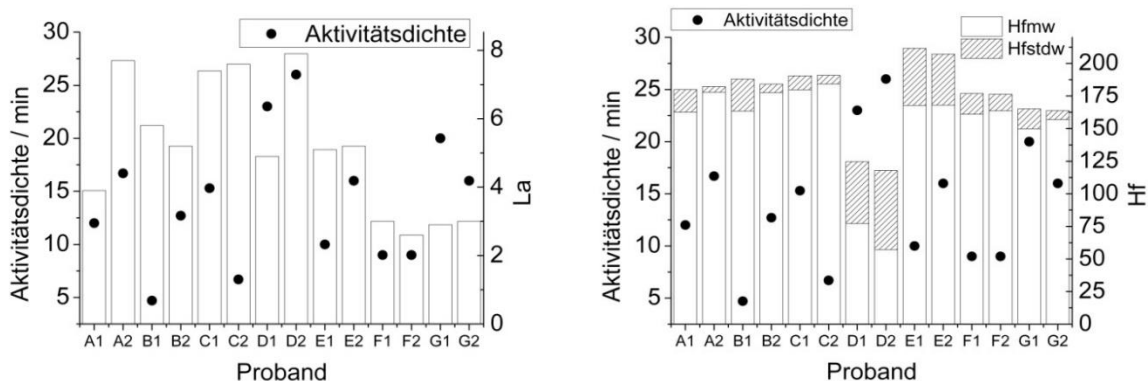


Abb. 2. Blutlaktatkonzentration La (linkes Diagramm) und Herzfrequenz Hf (rechtes Diagramm) im Verhältnis zur Angriffsaktivitätsdichte für alle Probanden. Der schraffierte Balken stellt die Standardabweichung dar

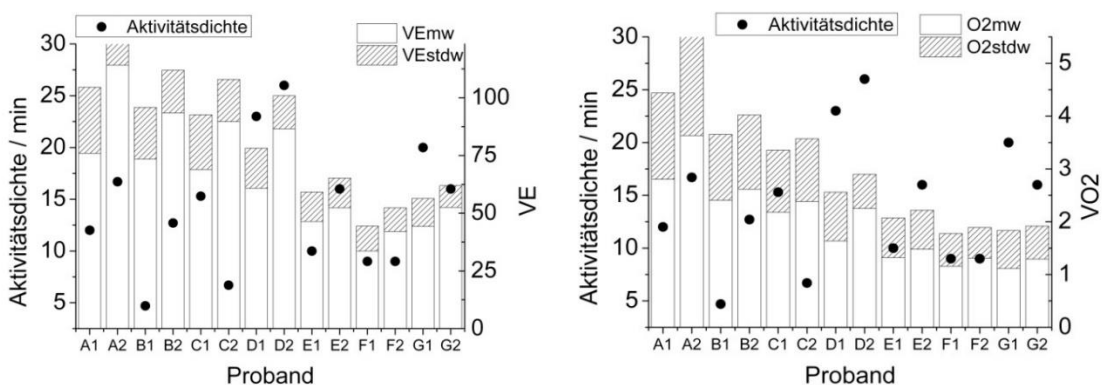


Abb. 3. Mittleres Atemminutenvolumen VE (linkes Diagramm) und mittlere maximale Sauerstoffaufnahme VO₂ (rechtes Diagramm) im Verhältnis zur Angriffsaktivitätsdichte für alle Probanden. Der schraffierte Balken stellt die Standardabweichung dar

Während die Probanden A, B, D und E ihre Angriffsaktivität in der zweiten Halbzeit steigern, trifft dies für die Probanden C, F und G nicht zu. Dies könnte bspw. daran liegen, dass ihre Beanspruchung schon zu groß ist. Proband C weist sehr hohe Laktatwerte und Herzfrequenzen bereits in der ersten Halbzeit auf. Die physiologischen Werte von F und G sind im Vergleich zu den anderen Probanden eher als relativ gering einzuschätzen. Dies ließe die Schlussfolgerung zu, dass ihre Bereitschaft zur maximalen Anstrengung nicht gegeben war oder dass hier eher taktisches Kampfverhalten praktiziert wurde.

Auf die Analyse von direkten Zusammenhängen zwischen Angriffsaktivitätsdichte und physiologischen Parametern sollte verzichtet werden, da diese auch von Konterbewegungen, Steppbewegungen u.a. beeinflusst werden. Außerdem wäre zu diskutieren ob die konstruierte Aktivitätsdichte auch den realen Bedingungen entspricht (z.B.: Beintechnik wird gegenüber einer Armtechnik als doppelt gewertet, die zeitliche Verteilungsdichte der Angriffe

geht nicht mit ein). Wie sich allerdings Herzfrequenz in Relation zu den Angriffsaktivitäten im zeitlichen Verlauf des Kampfes in Bezug zur individuellen aeroben und anaeroben Schwelle verhalten, wird in der Abbildung 4 beispielhaft für den Probanden B dargestellt. Für den Probanden B (Abb. 4) ist zu erkennen, dass nur im zweiten Zeitbereich die individuelle anaerobe Schwelle überschritten wird. In diesem Bereich führt er im Wesentlichen Angriffskombinationen aus, die eine entsprechend höhere metabolische Beanspruchung erfordern. Es soll ausdrücklich vermerkt werden, dass diese Zusammenhänge individuell unterschiedlich sind. Beispielsweise übersteigt Proband C bereits in der ersten Wettkampfhälfte die anaerobe Schwelle. In der zweiten Hälfte werden in diesem Bereich relativ wenige Angriffe durchgeführt. Hier könnte unter trainingspraktischem Aspekt die Schlussfolgerung gezogen werden, den Ausdauerbereich GA1 und GA2 zu verstärken.

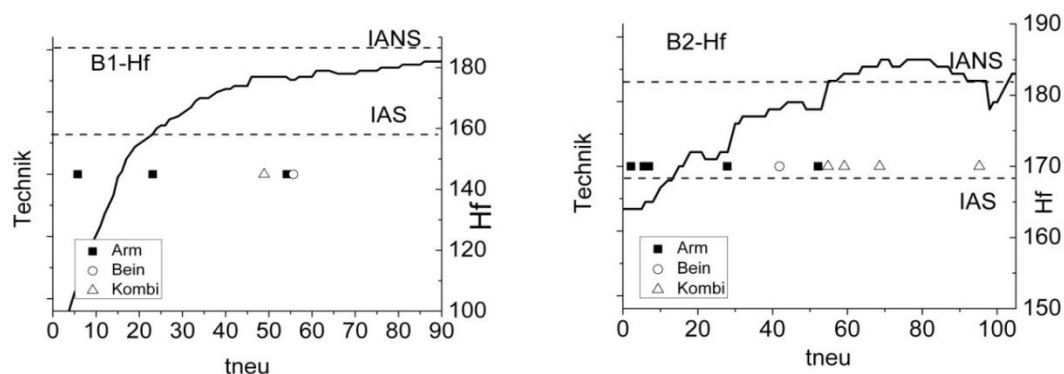


Abb.4. Zeitlicher Verlauf der Herzfrequenz und Angriffsaktivitäten (Armtechniken, Beintechniken und Kombinationen) für beide Kampfzeitbereiche und Darstellung der individuellen aeroben (IAS) und anaeroben (IANS) Schwelle, Proband B

5 Schlussfolgerungen

Der Einsatz einer transportablen Spirometrie zusammen mit einem videogestützten Kampfanalysesystem konnte im Karate-Kumite erfolgreich angewendet werden. Die Güte der Messwerte und ihrer Übertragung hängt im Wesentlichen von der Befestigung des hier verwendeten MetaMax 3B am Athleten ab. Hierfür wurde ein spezieller Tragegurt von der Firma Karanostik GbR entwickelt. Trotzdem kann es bei Erschütterungen dazu kommen, dass die spirometrischen Daten fehlerhaft übertragen werden.

Es konnte festgestellt werden, dass der für die Spirometriemessungen simulierte Wettkampf die Beanspruchung des Athleten unter realen Wettkampfbedingungen widerspiegelt. Die Energiebereitstellungsprozesse liegen im hohen Prozentsatz im aeroben Bereich. Dies sollte für das zukünftige Training der Karateka berücksichtigt werden. Für die Trainingspraxis ist es weiterhin sinnvoll, die Angriffsaktivität synchron zu erfassen und diese für eine abschließende Auswertung mit einzubeziehen.

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass die portable Spirometrie zusammen mit einem einfachen videogestützten Kampfanalyseprogramm (hier K-WETT-A) u.a. auch für spezielle Kampfsportarten einsetzbar ist und wertvolle Hinweise für die Trainingspraxis liefert.

Literatur

- Beaver, W.L., Wasserman, K. & Whipp, B.J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology*, 60, 2020-2027.
- Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J. & Hütler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *Eur J Appl Physiol* 92, 518-523.
- Boutcher, S., Park, Y., Dunn, S. & Boutcher, Y. (2010). The relationship between heart period variability and VO₂ peak response to high intensity intermittent exercise training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 1, p. 7.
- Bremer, Ch. (2003). Nutzung der Atemgasanalyse zur Bestimmung technischer und metabolischer Fähigkeiten bei Schwimmerinnen und Schwimmern im Leistungssport. Diss. Universität Hamburg.
- Clasing, D., Weicker, H. & Böhning, D. (1994). Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Jena, New York.
- Di Prampero, P.E. (1981). Energetics of muscular exercise. *Rev. Physiol. Bio-chem. Pharmacol.* 89, 143-222.
- Dickhuth, H.H., Yin, L., Niess, A., Röcker, K., Mayer, F., Heitkamp, H.C. & Horstmann, T. (1999). Ventilatory, lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: relationship and reproducibility. *Int J Sports Med*, 20, 122-127.
- Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E., Maggioni, M. A., Aschieri, P., Eusebi, F., Fano, G. & Pietrangelo, T. (2009). Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. *Eur J Appl Physiol*, 107, 603-610.
- Emmermacher, P. & Witte K. (Hrsg.) (2007). *Karanostik 2007 - Aktuelle Tendenzen im Sportkarate. Theorie trifft Praxis*. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, ISBN: 3-929757-41-9 bzw. 978-3-929757-41-5.
- Emmermacher, P., Witte, K., Tietze, R. & Hiller, R. (2010). Video supported Fight analysis in karate - K-WETT-A. Asian Conference on Computer Science in Sports, Tokyo.
- Ferrauti, A., Giesen, H.T., Merheim, G. & Weber K. (2006). Indirekte Kalorimetrie im Fußballspiel. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 57, 5, 142-146.
- Fries, M., Faude, O., Meyer, T., Rosenberger, F., Huber, G. & Kindermann, W. (2007). Physiologisches Anforderungsprofil des Badmintonspiels. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 58, 7/8, 274.
- Hofmann, M.; Emmermacher, P. & Witte, K. (2006). Entwicklung eines komplexen Messplatzes zur Technikdiagnostik im Sportkarate. In: Witte, K., Edelmann-Nusser, J., Sabo, A., Moritz, E.F. (Hrsg.) (2006), *Sporttechnologie zwischen Theorie und Praxis IV* (S. 339-346). Aachen: Shaker-Verlag.
- Jumah, M.D. (2009). Analyse und Vergleich von Methoden zur Bestimmung der anaeroben Kapazität und Leistungsfähigkeit bei Freizeitsportlern auf dem Fahrradergometer. Dissertation, Charité, Berlin.
- Kindermann, W. (1987). Ergometrie - Empfehlungen für die ärztliche Praxis. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 38, 6, 244-266.
- Lehmann, G. & Jedliczka, G. (1998). Untersuchungen zur Bestimmung und Entwicklung eines sportartspezifischen konditionellen Anforderungsprofils im Hochleistungssport der Sportart Karate. *Leistungssport*, 28, 3, S. 56-61.
- Pflüger, A. (2000). *Karate 1: Einführung und Grundtechniken*. Falken; Auflage: 42.
- Roecker, K., Prettin, S., Pottgiesser, T., Schumacher, Y.O. & Dickhuth, H.H. (2010). Metabolische Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung in der Sportmedizin. *Sport- und Präventivmedizin* 40, 1, 6-12.
- Scharhag-Rosenberger, F. (2010). Spiroergometrie zur Ausdauerdiagnostik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 61, 6, 146-147.
- Schumacher, G., Bühlmeier, K. & Hess, J. (2008). *Klinische Kinderkardiologie*. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Stegemann, J. (1991). *Leistungsphysiologie - physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports* (4., überarb. Aufl.). Stuttgart u.a.: Thieme.
- Vogt, M., Puntchart, A., Angermann, M., Jordan, K., Spring, H., Müller, E. & Hoppeler, H. (2005). Metabolische Konsequenzen eines wettkampfmäßigen Slalomtrainings bei Nachwuchs-Skiathleten. *Leistungssport*, 2, 48-52.
- Witte K. & Emmermacher, P. (2008). Biomechanik ausgewählter Shotokan-Karatetechniken. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft* 15, 1, 151-165.
- Witte, K. & Emmermacher, P. (2010). Software package for assessment of visual perception and anticipation ability in combat sport. Asian Conference on Computer Science in Sports, Tokyo.
- Witte, K. & Emmermacher, P. (2009). Biomechanical analysis in karate. In: Hökelmann, A., Witte, K. & O'Donoghue, P. (Hrsg.) (2009). *Current trends in Performance Analysis. Selected Proceedings*. World Congress of Performance analysis of Sport VIII. Aachen: Shaker-Verlag.