

## Jens Bussweiler

(3. Preisträger Referate wissenschaftlicher Nachwuchs)

# Energetische Beanspruchung im Zweikampfsport am Beispiel von zwei Karate-Kata<sup>1</sup>

## Summary

To increase the knowledge about energy requirements in combat sports, the fractional energy supply during two different *Shotokan-Karate-Kata* (*Heian Nidan*, *Unsu*) performed by four male experienced athletes was examined. To this, metabolic profiles during motion sequences were analyzed using a procedure according to Beneke et al. (2002). Aerobic and anaerobic alactic fractions were calculated by using oxygen uptake during and after *Kata* performance. Blood lactate levels were used to determine anaerobic lactic energy fractions. The results show a dominance of high-energy phosphates and aerobic processes in energy supply during *Karate-Kata*.

## Zusammenfassung

Zur Erweiterung des Kenntnisstands über die energetischen Anforderungen in Zweikampfsportarten wurde die anteilige Energiebereitstellung bei der Absolvierung von zwei *Shotokan-Karate-Kata* (*Heian Nidan*, *Unsu*) durch vier erfahrene männliche Karateka untersucht. Die Berechnungen erfolgten entsprechend einem Modell von Beneke et al. (2002). Aus der erhobenen Sauerstoffaufnahme wurde der aerobe und der anaerob-alaktazide Energieanteil und

---

<sup>1</sup> Betreuer der Arbeit ist Herr Prof. Dr. Ulrich Hartmann, Institut für Bewegungs- und Trainingswissenschaft der Sportarten II, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig.

aus den Blutlaktatwerten der anaerob-laktazide Energieanteil kalkuliert. Die Ergebnisse zeigen eine Dominanz der energiereichen Phosphate und der aeroben Prozesse bei der Energiebereitstellung während der Karate-Kata.

**Schlagworte:** Kampfsport, Karate, Kata, Energiestoffwechsel

## 1. Problemstellung

Trotz der weltweit hohen Verbreitung der nicht olympischen Zweikampfsportart Karate ist über das energetische Anforderungsprofil wenig bekannt. In der Trainingspraxis wird vielfach die Ansicht vertreten, dass die Energieanforderungen für die sportartspezifischen Bewegungsfolgen vorrangig durch den anaerob-laktaziden Energiestoffwechsel abgedeckt werden (Banzer et al., 1992; Lehmann, 2000).

Untersuchungen von Beneke et al. (2004) und Doria et al. (2009) konnten für Spitzenathleten zeigen, dass sowohl beim *Kumite* (Kampf) von mehr als 180 s Dauer als auch bei *Kata* (Formen), aerobe Prozesse und die Energiebereitstellung aus den energiereichen Phosphaten dominant zu sein scheinen. Ein Übergewicht der anaerob-laktaziden Energiebereitstellung konnte in diesen Untersuchungen nicht bestätigt werden.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Darstellung der anteiligen Energiebereitstellung bei einer grundlegenden *Kata* von etwa 30 s Dauer und einer Wettkampf-Kata von mehr als 90 s Dauer, um die Erkenntnisse zu Stoffwechselmechanismen in der Sportart zu erweitern.

Neben dieser deskriptiven Darstellung wurden folgende Forschungshypothesen geprüft:

1. *Der Anteil des anaerob-laktaziden Energiestoffwechsels an der Gesamtenergiebereitstellung ist geringer als 30%.*
2. *Es gibt keinen positiv linearen Zusammenhang zwischen Blutlaktatwert nach der Belastung und Energieanteil aus dem anaerob-laktaziden Energiestoffwechsel.*

## 2. Methodik

### 2.1 Probanden

Insgesamt wurden vier erfahrene männliche Karateka (Alter:  $23 \pm 5$  Jahre; Körperhöhe:  $177 \pm 5$  cm; Körpergewicht:  $71 \pm 7$  kg) untersucht. Alle Probanden betrieben die Sportart länger als sechs Jahre regelmäßig und waren Trä-

ger des schwarzen Gürtels (*Dan*). Die Sportler wurden über die Testabläufe sowie mögliche Risiken informiert und waren zum Testzeitpunkt gesund.

## 2.2 Kata

Als Bewegungsabläufe wurden die *Kata Heian Nidan* und *Unsu* der Stilrichtung *Shotokan* gewählt (Kanazawa, 2009). Die *Kata Heian Nidan* ist eine einfache und grundlegende Bewegungsfolge aus 26 Teilbewegungen. Fünf davon sind einzelne Armbewegungen und 21 kombinierte Arm- und Beinbewegungen mit drei Fußritten. Die Absolvierung dieser *Kata* ist im Deutschen Karate Verband e.V. zur Erlangung des 3. Gürtelgrads (7. *Kyu*, Orangegurt) erforderlich. Die *Kata Unsu* ist eine technisch anspruchsvollere *Kata* (Prüfungsprogramm zum 4. *Dan*, Schwarzgurt). Sie wird häufig bei internationalen Wettkämpfen gezeigt und besteht aus sieben einzelnen Armbewegungen, 40 kombinierten Arm- und Beinbewegungen mit fünf Fußritten sowie einem Sprung.

## 2.3 Untersuchungsablauf

Nach individueller, sportartspezifischer Erwärmung und 10-minütiger sitzender Ruhephase wurde der Ruhe-Laktatwert bestimmt. Anschließend absolvierten die Probanden einmal den Ablauf der *Kata* mit der Vorgabe, eine prüfungs- und wettkampfähnliche Bewegungsqualität zu zeigen. Während der *Kata* bis zur 15. Minute nach Belastungsende wurde die Sauerstoffaufnahme kontinuierlich mittels *breath-by-breath*-Atemgasmessung (Metamax®3B, Cortex Biophysik, Leipzig) aufgezeichnet. Die Bestimmung des Blutlaktatwerts erfolgte bis zur siebten Minute der Nachbelastungszeit minütlich aus 20  $\mu$ l Kapillarblut des hyperämisierten Ohrfläppchens (Biosen, EKF Diagnostic, Barleben). Die *Kata* wurden auf Video (DV-Format; 25 Hz) aufgezeichnet und die Dauer des gesamten Bewegungsablaufs bestimmt (utilius® fairplay, ccc, Markkleeberg).

Alle verwendeten Messgeräte wurden nach Herstellervorgabe vor jedem Test überprüft und kalibriert.

## 2.4 Berechnung der anteiligen Energiebereitstellung

Zur Bestimmung der anteiligen Energiebereitstellung wurde ein von Beneke, Pollmann, Bleif, Leithäuser und Hütler (2002) beschriebenes Verfahren verwendet. Dabei wird der aerobe Energieanteil aus der Sauerstoffaufnahme während der *Kata* abzüglich der angenommenen Sauerstoffaufnahme in Ruhe errechnet. Die Abschätzung des Energieanteils aus den energiereichen Phosphaten erfolgt aus einer Flächenberechnung unter der  $O_2$ -Kurve der Nachatmung. Der anaerob-laktazide Energieanteil wird aus dem gebildeten Laktat während der Belastung durch Multiplikation mit einem Sauerstoff-Laktat-

Äquivalent von  $3.0 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}^{-1}$  (di Prampero, 1981) kalkuliert. Die Bestimmung des Gesamtenergieverbrauchs erfolgt durch Addition der einzelnen Energieanteile.

Ein möglicher linearer Zusammenhang zwischen laktazidem Energieanteil und Blutlaktatwert nach der Belastung wurde mittels Berechnung (SPSS 19, IBM, Armonk) der Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson geprüft.

### 3. Ergebnisse

Die Zeitmessung ergibt (MW  $\pm$  SD)  $31,6 \pm 1,8 \text{ s}$  für Heian Nidan und  $102,3 \pm 13,9 \text{ s}$  für die Kata Unsu.

Für den aeroben Energieanteil errechnen sich  $13,7 \pm 1,6 \text{ kJ}$  (Heian Nidan) und  $50,5 \pm 9,4 \text{ kJ}$  (Unsu), für den anaerob-alktaziden Anteil  $33,9 \pm 3,1 \text{ kJ}$  (Heian Nidan) und  $27,6 \pm 6,2 \text{ kJ}$  (Unsu). Aus dem anaerob-laktaziden Stoffwechsel werden  $14,0 \pm 2,5 \text{ kJ}$  für die Basis-Kata und  $20,2 \pm 1,6 \text{ kJ}$  für die Wettkampf-Kata bei maximalen Nachbelastungslaktatwerten von  $4,5 \pm 0,2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$  (Heian Nidan) und  $5,5 \pm 0,3 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$  (Unsu) geliefert.

Die energetische Gesamtbeanspruchung (s. Abb. 1) beträgt somit für Heian Nidan  $61,6 \pm 3,8 \text{ kJ}$  und für Unsu  $98,3 \pm 3,1 \text{ kJ}$ . Dies entspricht metabolischen Leistungen von  $27,7 \pm 1,6 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Heian Nidan) und  $13,6 \pm 1,6 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Unsu).

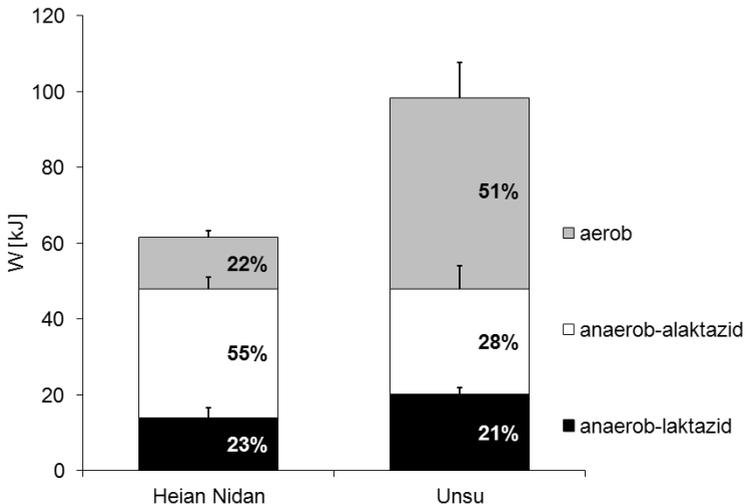


Abb. 1 Energetisches Profil der Shotokan-Kata Heian Nidan und Unsu (n = 4; MW + SD; Prozentuale Angabe = MW)

Die Forschungshypothesen konnten bestätigt werden, da der anaerob-laktazide Energieanteil für alle untersuchten Kata weniger als 30% beträgt und es keinen positiv linearen Zusammenhang zwischen anteiliger Energiebereitstellung aus dem anaerob-laktaziden Stoffwechsel und dem höchsten Blutlaktatwert nach der Belastung gibt ( $r = -0.37$ ;  $r^2 = 0.14$ ;  $n = 8$ ).

#### 4. Fazit

In der vorliegenden Untersuchung konnten die Energiebereitstellungsmechanismen im Sinne der metabolischen Beanspruchung während eines Bewegungsablaufs dargestellt werden. Die Ergebnisse bestätigen bisherige Studien (Beneke et al., 2004; Doria et al., 2009) und negieren einen Überhang laktazider Energiebereitstellungsprozesse. Der laktazide Stoffwechsel liefert trotz gemessener Blutlaktatwerte von 4-6 mmol \* l<sup>-1</sup> bei diesen recht kurzen und intensiven Bewegungsfolgen nicht mehr als ein Viertel der benötigten Energie. Auch konnte gezeigt werden, dass es keinen positiv linearen Zusammenhang zwischen Blutlaktatwert und anaerob-laktazidem Energieanteil für diese azyklischen Bewegungsfolgen gibt. Eine Abschätzung der anteiligen Energiebereitstellung über Blutlaktatwerte erscheint zumindest für diese Disziplin nicht möglich.

Es zeigt sich für die grundlegende *Kata Heian Nidan* ebenso wie für die *Kata Unsu* und für *Kumite*-Belastungen (Beneke et al., 2004; Doria et al., 2009), dass für die sportartspezifischen schnellen Bewegungen vor allem die energiereichen Phosphate eine Schlüsselrolle einzunehmen scheinen. Mit zunehmender Belastungsdauer und steigender Anzahl an Bewegungen wird der Energiebedarf dann vermehrt über den aeroben Stoffwechsel reguliert.

#### Literatur

Banzer, W., Pfeiffer, K., & Karamitsos, E. (1992). Kata-Kaderathleten auf dem Prüfstand - Abschlussbericht über die leistungsdiagnostische Untersuchung. *DKV-Magazin*, 7, 12-13.

Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J. & Hütler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *European journal of applied physiology*, 92, 518-523.

Beneke, R., Pollmann, C., Bleif, I., Leithäuser, R. M. & Hütler, M. (2002). How anaerobic is the Wingate anaerobic test for humans? *European journal of applied physiology*, 87, 388-392.

Di Prampero, P. E. (1981). Energetics of muscular exercise. *Reviews of physiology, biochemistry and pharmacology*, 89, 143-222.

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. *European journal of applied physiology*, 107, 603-610.

Kanazawa, H. (2009). *Karate. The Complete Kata*. Tokio: Kodansha.

Lehmann, G. (2000). *Ausdauertraining in den Kampfsportarten* (Trainerbibliothek, Band 35). Münster: Philippka-Sportverlag.

## **Verfasser**

**Jens Bussweiler**, Institut für Bewegungs- und Trainingswissenschaft der Sportarten II, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig