

---

# EVALUIERUNG VON METHODEN ZUR BESTIMMUNG DER VENTILATORISCHEN SCHWELLEN IN DER SPIROERGOMETRIE

---

Kolloquium zur Bachelorthesis

---

Julian-Marvin Lütten

Fachhochschule Lübeck, B.Sc. Biomedizintechnik

angefertigt bei der  
cardioscan GmbH  
2018

# Inhalt

- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate
- 6 Diskussion
- 7 Literatur

# 1. Relevanz der Arbeit

- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate
- 6 Diskussion
- 7 Literatur

# 1. Relevanz der Arbeit

## Trend der Fitness-Wirtschaft



Mitgliederentwicklung in dt. Fitnessstudios von 2014 bis 2017 (DSSV, 2018)

# 1. Relevanz der Arbeit

## Spiroergometrie bei cardioscan

- cardioscan GmbH bietet u.a. Spiroergometrie-Systeme an
- Zweck: Definition von individuellen Trainingsbereichen
- Neues Spirometer *metabolicscan* soll künftige Hardware darstellen
- Forschungsstand: Detektion von Stoffwechselübergängen durch Bestimmung der ventilatorischen Schwellen (Westhoff et al., 2012)
- Vorheriger Software-Algorithmus: HF (VT2)  $\hat{=}$  HF (RQ = 1)  
→ akut beeinflussbar → anfällig für Fehler und wissenschaftlich umstritten

## **2. Das ventilatorische Schwellenkonzept**

- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate
- 6 Diskussion
- 7 Literatur

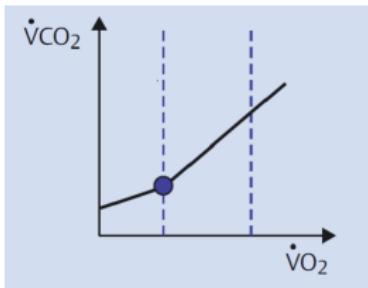
## 2. Das ventilatorische Schwellenkonzept Energiegewinnung des Körpers

- Zunehmende körperliche Arbeit → steigender Energiebedarf
- Stoffwechselumstellungen: aerob → aerob-anaerob → anaerob
- Umstellungen äußern sich im Atemmuster → ventilatorische Antwort auf den Metabolismus
- Prinzip: Respirationsmessung in festen Abständen → grafische Darstellung
- Bestimmung der ventilatorischen Schwellen mit jeweils zwei ausgewählten Methoden je Schwelle (Westhoff et al., 2012)

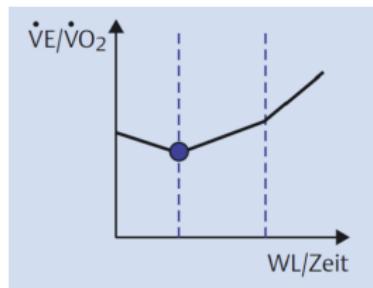
## 2. Das ventilatorische Schwellenkonzept

### Bestimmung der VT1

- Erhöhte Glykolyse-Rate → Milchsäurezyklus → Laktatproduktion/-elimination → zusätzlich anfallendes  $\text{CO}_2$  → messbare Zunahme der  $\dot{\text{V}}\text{CO}_2$



a) V-Slope:  
überproportionaler Anstieg der  $\dot{\text{V}}\text{CO}_2$

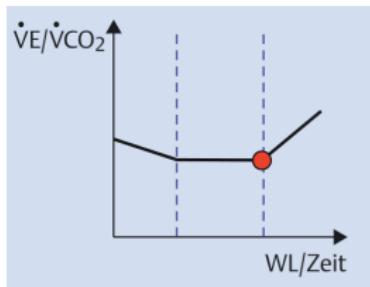


b)  $\text{EQO}_2$ :  
Punkt des optimalen Wirkungsgrades

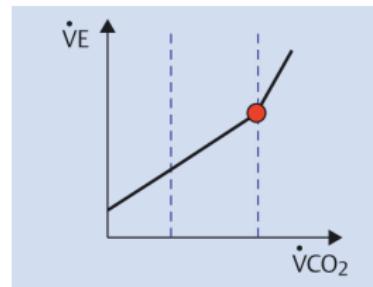
## 2. Das ventilatorische Schwellenkonzept

### Bestimmung der VT2

- Weitere Laktatproduktion trotz erschöpfter Puffer → Exzess-CO<sub>2</sub> → einsetzende Hyperventilation → messbare Zunahme der  $\dot{V}E$



a)  $\dot{V}CO_2$ :  
Anstieg als Folge der Hyperventilation



b)  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ :  
überproportionaler Anstieg der  $\dot{V}E$  als Folge  
der Hyperventilation

### **3. Herausforderungen & Aufgabenstellung**

- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate
- 6 Diskussion
- 7 Literatur

### 3. Herausforderungen & Aufgabenstellung

#### Unternehmensziele

- Optimale Methode zur Schwellenbestimmung für optimierten Algorithmus mit Fahrradergometrie erarbeiten
- Neue Basis für eine zuverlässigere Definition der Trainingsbereiche erstellen

#### Forschungsfragen

1. Eignet sich der metabolicscan zur Durchführung einer Spiroergometrie?
2. Mit welcher Methode können die Schwellen optimal bestimmt werden?
3. Ist eine genauere Bestimmung der VT2 mit den neuen Methoden möglich?

## **4. Methode**

- 1 Relevanz der Arbeit
  - 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
  - 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 
- 4 **Methode**
  - 5 Resultate
  - 6 Diskussion
  - 7 Literatur

## 4. Methode

### Versuchsreihe

- Testmessungen mit 28 internen und externen Probanden unter gleichen Bedingungen
- Probanden: m/w, 19 bis 58 Jahre, Sportler und Nicht-Sportler, Raucher und Nichtraucher
- Leerlastphase (2 min) → Ruhestoffwechselmessung → Belastungsphase
- Stufentest: 2 min (90 s frei, 30 s messen) → Inkrement: 25 W nach WHO-Schema (Trappe; Löllgen, 2000)
- Weiterverarbeitung + Auswertung der Rohdaten durch ein MATLAB-Programm
- Schwellenbestimmung manuell durch zwei Rater + algorithmisch

## 4. Methode

### Aufbau des metabolicscan



metabolicscan: Analysemodul, Atemmodul, Filter und Mundstück

## 4. Methode

### Funktionsweise des metabolicscan

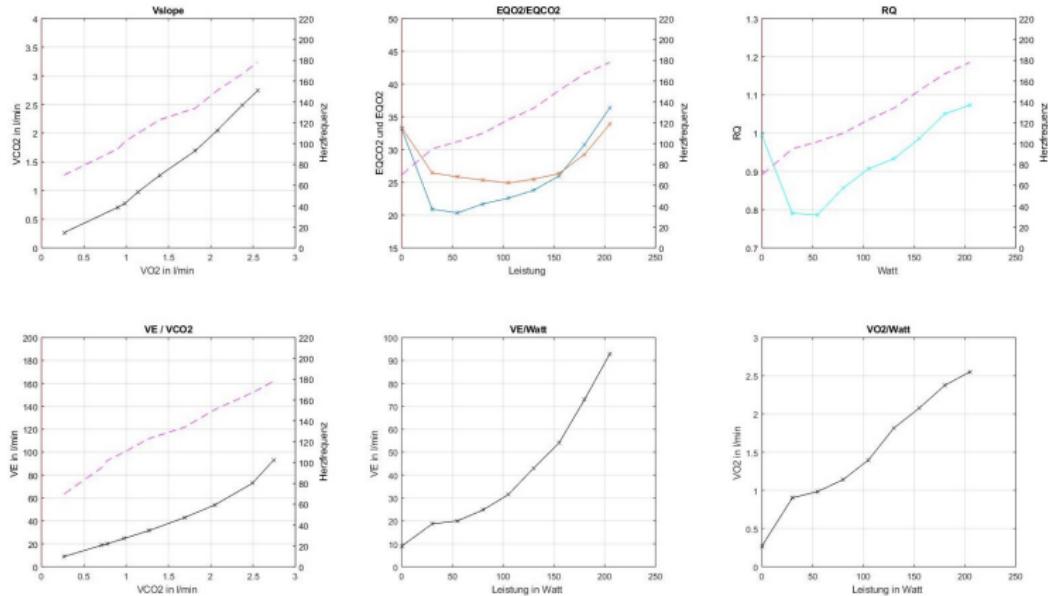
- Atemmodul: Messung der Strömungsgeschwindigkeit der Inspirations- und Exspirationsluft
- Berechnung des Strömungsvolumens durch mathematische Integration über die Zeit
- Analysemodul: CO<sub>2</sub>-Messung durch Infrarotlichtabsorption
- Weiterleitung zum galvanischen O<sub>2</sub>-Sensor → O<sub>2</sub>-Konzentration ist proportional zu fließendem Strom

## **5. Resultate**

- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate**
- 6 Diskussion
- 7 Literatur

## 5. Resultate

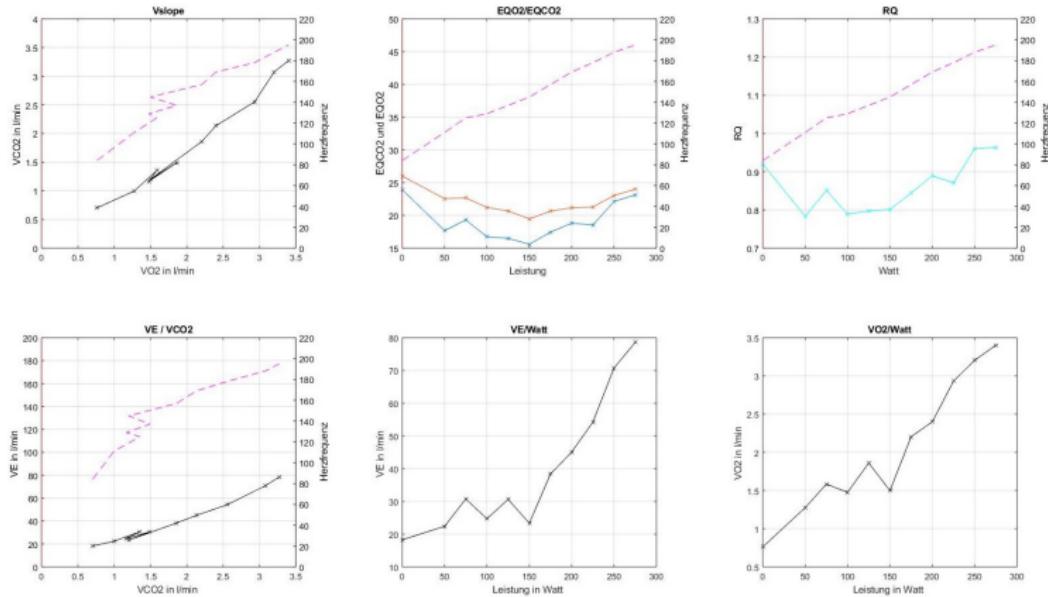
### Beispielplot 1



Beispielplot der Probandin 6w

## 5. Resultate

### Beispielplot 2

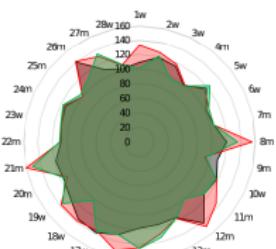


Beispielplot des Probanden 21m

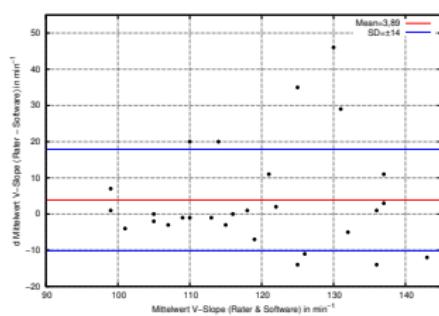
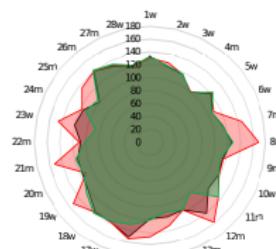
## 5. Resultate

### VT1-Ergebnisse

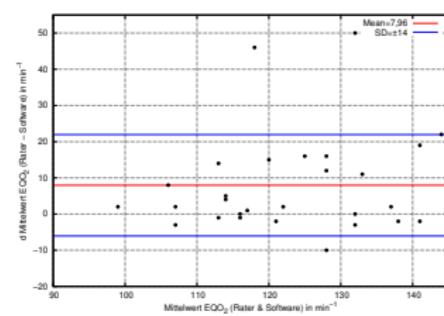
■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



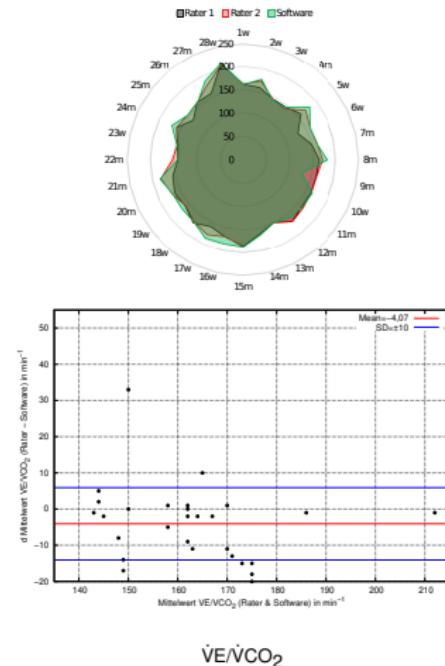
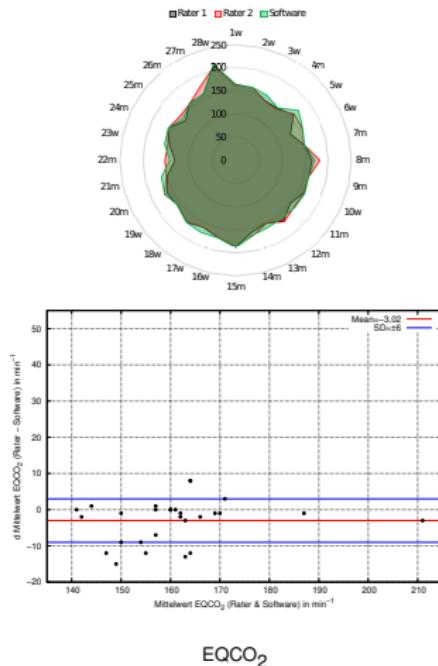
V-Slope



EQO<sub>2</sub>

## 5. Resultate

### VT2-Ergebnisse



# **6. Diskussion**

- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate
- 6 Diskussion**
- 7 Literatur

## 6. Diskussion

### Evaluation der Spiroergometrie

- Keine Sensor-Störungen oder Gerätefehler während der Messungen
- Für alle Testmessungen konnten charakteristische Graphen generiert werden
- Alle erhobenen Messwerte lagen innerhalb der maximal zulässigen Grenzwerte der Sensoren

Der metabolicscan kann generell für die Spiroergometrie genutzt werden.

## 6. Diskussion

### Evaluation der VT1-Methoden

- V-Slope-Plots häufig nicht differenzierbar →  $r = 0,526$
- Schwankungen der  $\text{EQO}_2$ -Kurve →  $r = 0,464$
- Analyse der Plots in Feld 5 und 6
  - Annahme: idealerweise lineare Zunahme (Rühle et al., 2012)
- Erkenntnis: Schwankungen zurückzuführen auf Fehler im Algorithmus
- Mit einem Modell nach W. Kindermann ist die Trainingszonendefinition nur von VT2 abhängig (Kindermann, 2004)
  - VT1 zum Erreichen des Ziels nicht zwingend erforderlich

## 6. Diskussion

### Evaluation der VT2-Methoden

- EQCO<sub>2</sub> mit den geringsten Abweichungen →  $r = 0,912$  → optimale Methode
- $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$  als geeignete Referenzmethode mit  $r = 0,816$
- Mit RQ=1-Methode 9 von 28 Tests nicht auswertbar
- Vergleich mit HUNT 3:  
15 von 28 Ergebnissen für die  $\dot{V}O_{2\max}$  befinden sich innerhalb des geschlechts- und altersspezifischen Durchschnitts

## 6. Diskussion

### Fazit & Ausblick

- Mit EQCO<sub>2</sub> wurde eine genauere Methode zur VT2-Bestimmung erarbeitet
- Trainingszonen sind nach dem Modell von Kindermann damit definierbar
- Alternative Mittelungsverfahren für die erkannten Atemzüge möglich
- Alternativen zum Mundstück könnten Atmung des Probanden optimieren/erleichtern  
→ Reduktion von Messfehlern
- Einige Einflussfaktoren sind bei der Durchführung zu beachten: probandenbedingt, anwenderbedingt, umweltbedingt  
→ Produkt- und Konzept-Schulungen durch cardioscan Academy sind wichtig

## 6. Diskussion

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

## **7. Literatur**

- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate
- 6 Diskussion
- 7 Literatur

## 7. Literatur

-  DSSV, e.V., 2018. *2018 - Eckdaten der deutschen Fitness-Wirtschaft.*
-  KINDERMANN, W., 2004. Anaerobe Schwelle. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. Jg. 55, Nr. 6, S. 161–162.
-  KROIDL, R. F. et al., 2015. *Kursbuch Spiroergometrie - Technik und Befundung verständlich gemacht*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
-  LOE, H.; STEINSHAMN, S.; WISLOFF, U., 2014. Cardio-Respiratory Reference Data in 4631 Healthy Men and Women 20-90 Years: The HUNT 3 Fitness Study. *PLoS One*. Jg. 9, Nr. 11.
-  RÜHLE, K. H. et al., 2012. *Plausibilitätsprüfungen in der Spiroergometrie*. Auch verfügbar unter:  
<http://www.ag-spiroergometrie.de/uploads/media/Plausibilit%C3%A4tCPXKorrekturen.pdf>. zuletzt abgerufen am 25.05.2018.
-  TRAPPE, H.-J.; LÖLLGEN, H., 2000. Leitlinien zur Ergometrie. *Zeitschrift für Kardiologie*. Jg. 89, S. 821–837.
-  WESTHOFF, M. et al., 2012. *Positionspapier der AG-Spiroergometrie zu ventilatorischen und Laktatschwellen*. Auch verfügbar unter:  
[https://www.mesics.de/fileadmin/user/literature/Spiroergometrie/AG-Spiroergometrie\\_Positionspapier-Schwellen.pdf](https://www.mesics.de/fileadmin/user/literature/Spiroergometrie/AG-Spiroergometrie_Positionspapier-Schwellen.pdf). zuletzt abgerufen am 25.04.2018.