

---

# 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 (DSSV, 2018)

# 1. Relevanz der Arbeit

## Spiroergometrie bei cardioscan

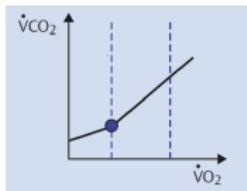
- cardioscan GmbH bietet u.a. Spiroergometrie-Systeme an
- Zweck: Definition von individuellen Trainingsbereichen
- Neues Spiroergometer *metabolicscan* soll künftige Hardware darstellen
- Forschungsstand: Detektion von Stoffwechselübergängen durch Bestimmung der ventilatorischen Schwellen (Westhoff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

## **2. Das ventilatorische Schwellenkonzept**

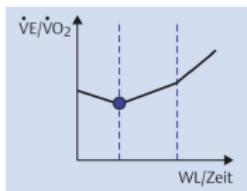
- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate
- 6 Diskussion
- 7 Literatur

## 2. Das ventilatorische Schwellenkonzept

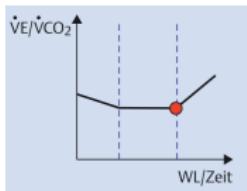
- Zunehmende körperliche Arbeit → steigender Energiebedarf → metabolische Reaktion: Stoffwechselumstellungen: aerob → aerob-anaerob → anaerob
- Erhöhte Glykolyse-Rate → Laktatproduktion → zusätzlich anfallendes  $\dot{V}CO_2$  → messbare Zunahme der  $\dot{V}CO_2$  und  $\dot{V}E$
- Prinzip: Respirationsmessung in festen Abständen → grafische Darstellung
- Bestimmung der ventilatorischen Schwellen mit jeweils zwei ausgewählten Methoden je Schwelle (Westhoff et al., 2012)



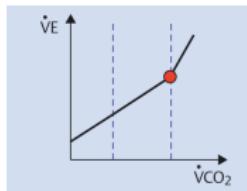
a) V-Slope:  
überproportionaler Anstieg  
der  $\dot{V}CO_2$



b) EQO<sub>2</sub>:  
Punkt des optimalen  
Wirkungsgrades



c) EQCO<sub>2</sub>:  
Anstieg als Folge der  
Hyperventilation



d)  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ :  
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 (räumliche Gegebenheiten, Ernährungszustand etc.)
- Probanden: m/w, 19 bis 58 Jahre, Sportler und Nicht-Sportler, Raucher und Nichtraucher
- Anamnesegespräch + Ruhe-EKG + Protokollberechnung
- Leerlastphase (2 min) → Ruhestoffwechselmessung → Belastungsphase
- Belastungsphase: 2 min (90 s frei, 30 s messen) → Inkrement: 25 W nach WHO-Schema (Trappe; Löllgen, 2000)
- Speichern der Sensor-Rohdaten in Textdateien
- Weiterverarbeitung + Auswertung durch ein MATLAB-Programm
- Schwellenbestimmung: manuell durch zwei Rater + algorithmisch

## 4. Methode

### Funktionsweise des metabolicscan

- Modularer Aufbau: Atemmodul mit Flowsensor + Analysemodul mit CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-Sensormodul
- Atemmodul: Messung der Strömungsgeschwindigkeit der Inspirations- und Exspirationsluft
- Berechnung des Strömungsvolumens durch mathematische Integration über die Zeit
- Pumpe saugt Luftanteil durch Nafion-Schlauch zum Analysemodul
- 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



metabolicscan: Analysemodul, Atemmodul, Filter und Mundstück

## **5. Resultate**

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

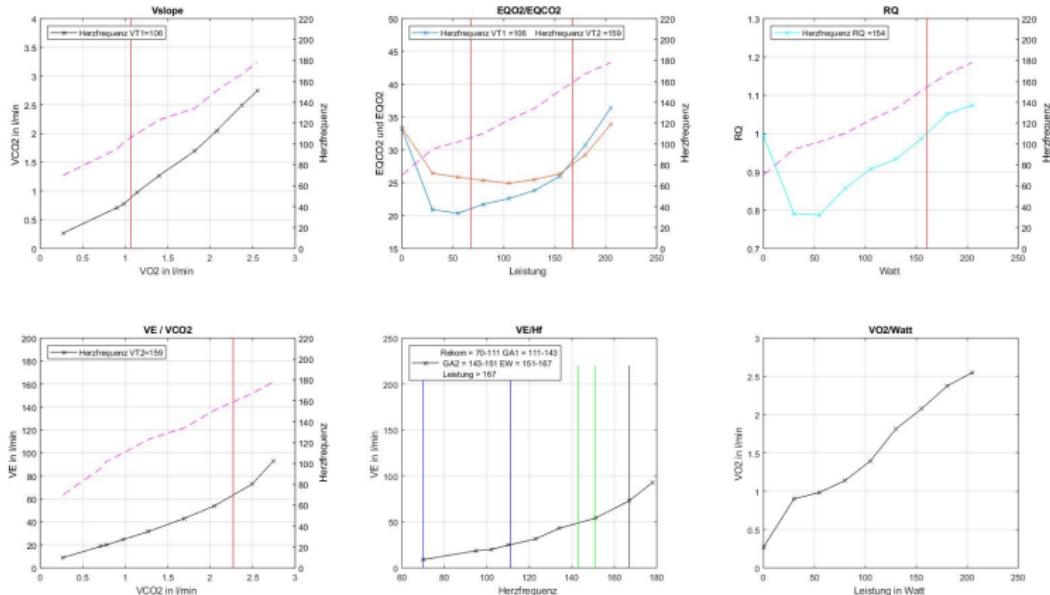
## 5. Resultate

### „6-Felder-Grafiken“

- Keine Sensor-Störungen oder Gerätefehler während der Messungen
- Zwei „6-Felder-Grafiken“ für jeden Probanden generiert: eine für manuelle Bestimmung, eine mit algorithmischen Schwellenbestimmungen
- Vorwiegend bei den VT1-Methoden teilweise nicht-differenzierbare Plots
- Differenzen zwischen den einzelnen Ergebnissen der Rater und Software  
→ statistische Auswertung

# 5. Resultate

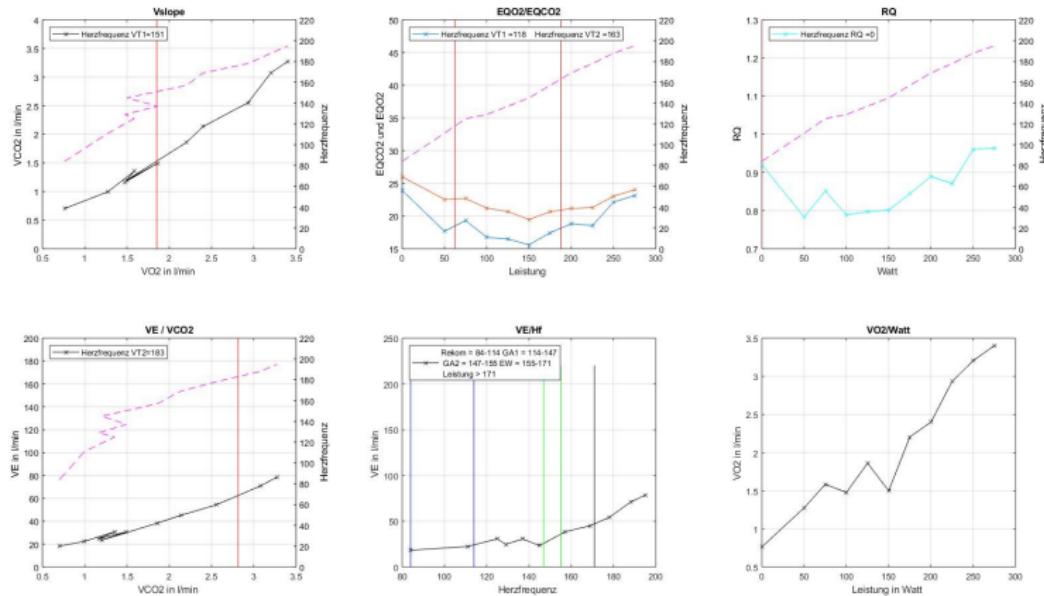
## Beispielplot 1



Beispielplot der Probandin 6w mit algorithmisch bestimmten Schwellen

## 5. Resultate

### Beispielplot 2

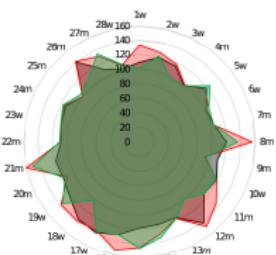


Beispielplot des Probanden 21m mit algorithmisch bestimmten Schwellen

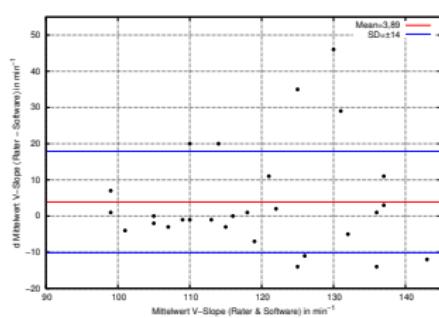
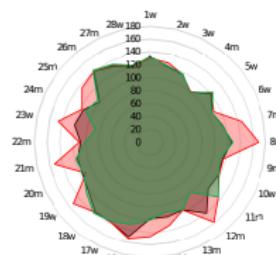
## 5. Resultate

### VT1-Ergebnisse

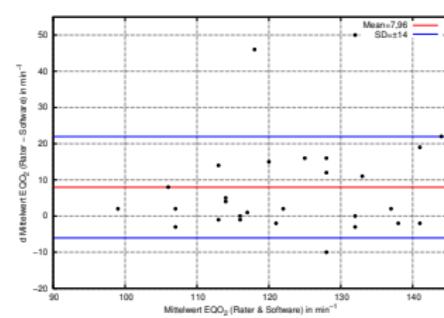
■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



V-Slope

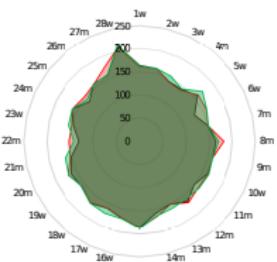


EQO<sub>2</sub>

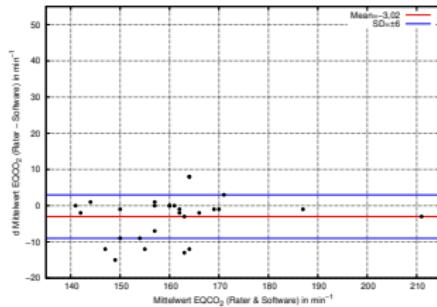
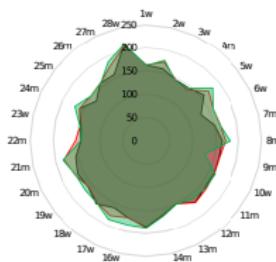
## 5. Resultate

### VT2-Ergebnisse

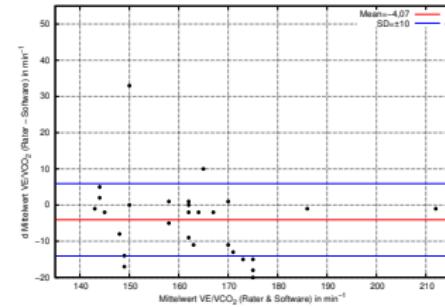
■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



EQCO<sub>2</sub>



VE/VCO<sub>2</sub>

# **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 Tests

- Für alle Testmessungen konnten dennoch 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

- V-Slope-Plots häufig nicht differenzierbar → viele Differenzen →  $r = 0,526$
- Schwankungen der  $\text{EQO}_2$ -Kurve → häufige große Differenzen →  $r = 0,464$
- Analyse des Verlaufs der  $\dot{V}E$  bzw. der  $\dot{V}\text{CO}_2$  zur W  
→ Annahme: idealerweise lineare Zunahme (Röhle 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

- EQCO<sub>2</sub> ist die Methode mit den geringsten Abweichungen → optimale Methode  
→ Korrelationskoeffizient  $r = 0,912$
- $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$  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 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.