

---

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

---

Kolloquium zur Bachelorthesis

---

Julian-Marvin Lütten

Fachschule Lübeck, B.Sc. Biomedizintechnik

angefertigt bei der  
cardioscan GmbH  
2018

# Inhalt

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Herausforderungen und Aufgabenstellung

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

# 1. Relevanz des Themas

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Herausforderungen und Aufgabenstellung

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

# 1. Relevanz des Themas

- 14,4 % Anstieg der Mitgliederzahl in deutschen Fitnessstudios zwischen 2014 und 2017  
→ steigende Ambitionen im Bereich Gesundheit und Prävention (DSSV, 2018)
- cardioscan GmbH bietet Spiroergometrie-Systeme zum Definieren von individuellen Trainingsbereichen; bisher mit Dritthersteller-Geräten und eigener *cardioscan Checkpoint Software (CCPS)*
- neues Spiroergometer *metabolicscan* soll künftig genutzt werden
- Stand der Forschung: Detektion von Stoffwechselübergängen durch Bestimmung der ventilatorischen Schwellen (Westhoff u. a., 2012)
- veralteter Auswertungsalgorithmus:  $VT2 = RQ = 1 \rightarrow$  anfällig für Fehler

## **2. Ventilatorisches Schwellenkonzept**

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Herausforderungen und Aufgabenstellung

Methoden

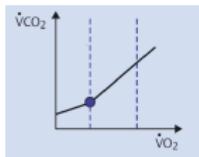
Resultate

Diskussion

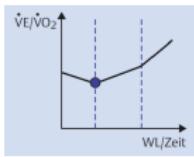
Literatur

## 2. Ventilatorisches Schwellenkonzept

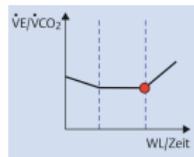
- Ventilatorische Schwellen basieren auf physiologischer/metabolischer Reaktion des Körpers auf erhöhte Belastung → erhöhter Energiebedarf
- erhöhte Glykolyse-Rate → Laktatproduktion → metabolische Azidose → anfallendes  $\text{CO}_2$  → messbare Zunahme der  $\dot{\text{VCO}}_2$  und  $\dot{\text{VE}}$
- Messung der Atemgase in festen Abständen → grafische Darstellung der Parameter
- von AG Spiroergometrie werden einige Methoden empfohlen (Westhoff u. a., 2012)
- Bestimmung der ventilatorischen Schwellen mit jeweils zwei ausgewählten Methoden (VT1: V-Slope,  $\text{EQO}_2$ ; VT2:  $\text{EQCO}_2$ ,  $\dot{\text{VE}}/\dot{\text{VCO}}_2$ )



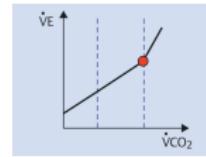
a) V-Slope



b)  $\text{EQO}_2$



c)  $\text{EQCO}_2$



d)  $\dot{\text{VE}}/\dot{\text{VCO}}_2$

### **3. Herausforderungen und Aufgabenstellung**

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Herausforderungen und Aufgabenstellung

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

### **3. Herausforderungen und Aufgabenstellung**

#### **Unternehmensziele**

- optimale Methode zur Schwellenbestimmung für optimierten Algorithmus 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. Methoden**

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Herausforderungen und Aufgabenstellung

**Methoden**

Resultate

Diskussion

Literatur

## 4. Methoden

### Testprojekt

- spiroergometrische Testmessungen mit 28 internen und externen Probanden unter gleichen Bedingungen
- alle Messungen im selben Raum; Temp. zwischen 18 °C und 22 °C
- Personen zwischen 18 und 60 Jahren, Sportler und Nicht-Sportler, Raucher und Nichtraucher
- Anamnesegegespräch + Bestimmung der ungefähren Soll-Belastung und des individuellen Belastungsprotokolls
- Leerlastphase → Ruhestoffwechselmessung → Belastungsphase (Beachtung von Abbruchkriterien nach literarischen Empfehlungen)
- Speichern der Rohdaten in CSV-Dateien
- Weiterverarbeitung + Auswertung der Rohdaten durch MATLAB-Programm
- Schwellenbestimmung: manuell durch zwei Rater + algorithmisch
- Vergleich mit Referenzstudie HUNT 3 (Loe; Steinshamn; Wisløff, 2014)

## 4. Methoden

### 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 Probenschlauch zum Analysemodul
- CO<sub>2</sub>-Messung durch Infrarotlichtabsorption
- Weiterleitung zum galvanischen O<sub>2</sub>-Sensor



metabolicscan: Analysemodul, Atemmodul, Filter und Mundstück

## **5. Resultate**

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Herausforderungen und Aufgabenstellung

Methoden

Resultate

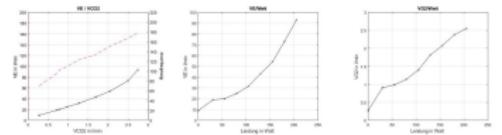
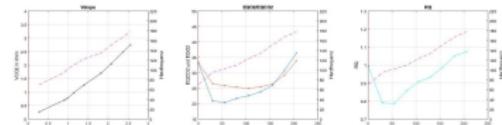
Diskussion

Literatur

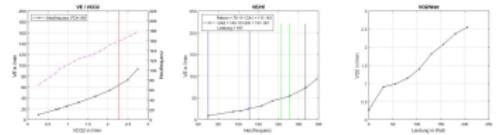
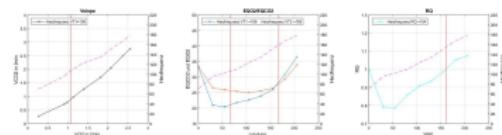
## 5. Resultate

### „6-Felder-Grafiken“

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



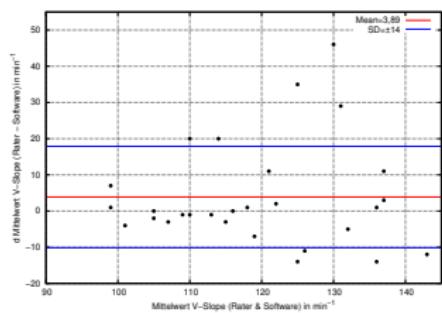
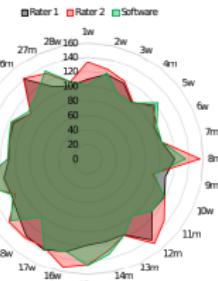
Manuell



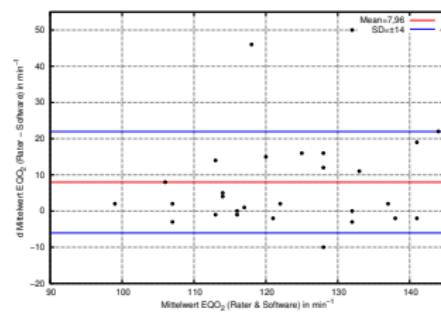
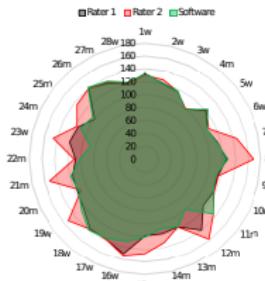
Algorithmisch

# 5. Resultate

## VT1-Ergebnisse



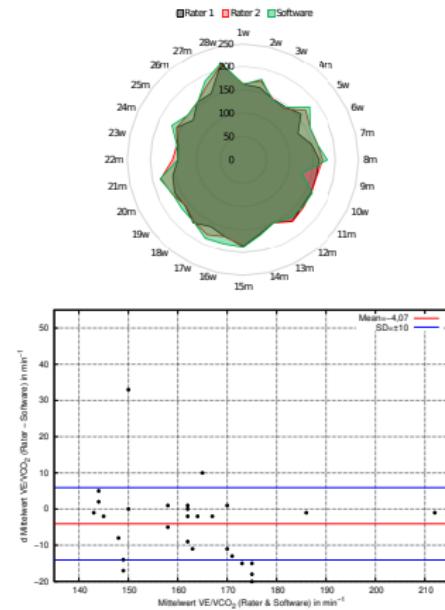
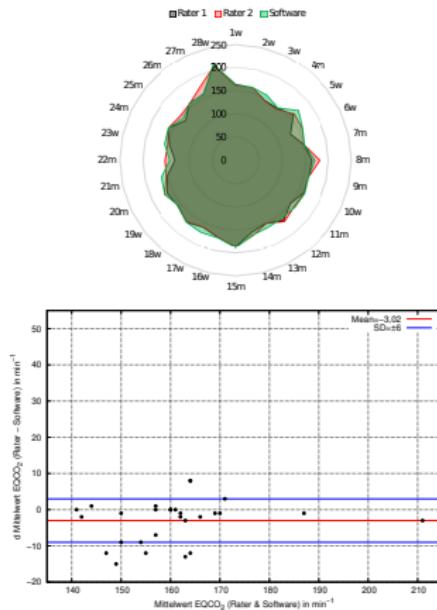
V-Slope



$\text{EQO}_2$

## 5. Resultate

### VT2-Ergebnisse



# **6. Diskussion**

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Herausforderungen und Aufgabenstellung

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

## 6. Diskussion

### Kategorisierung der Plots

Kategorisierung der Plots nach Qualität

		Gut	Kritisch
VT1	V-Slope	7	21
	EQO <sub>2</sub>	13	15
	<i>Summe</i>	20 (36 %)	36 (64 %)
VT2	EQCO <sub>2</sub>	21	7
	VE/VCO <sub>2</sub>	15	13
	<i>Summe</i>	36 (64 %)	20 (36 %)

## 6. Diskussion

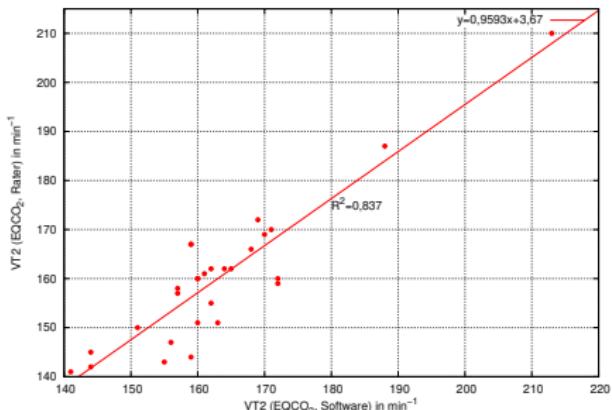
### Evaluation der Tests

- für alle Testmessungen konnten charakteristische Graphen generiert werden
- kritische Graphen sind nach Analyse auf Fehler im Algorithmus zurückzuführen
- neue Messungen bzw. eine erneute Auswertung könnte veränderte Ergebnisse liefern
- alle erhobenen Messwerte lagen innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Sensoren

→ Der metabolicscan kann für die Spiroergometrie genutzt werden.

## 6. Diskussion

### Evaluation der Methoden



Regressionsanalyse der EQCO<sub>2</sub>-Ergebnisse

EQCO<sub>2</sub> ist die Methode mit den geringsten Abweichungen → optimale Methode

Korrelationskoeffizient  $r = 0,912$

VE/VCO<sub>2</sub> als geeignete Referenzmethode mit  $r = 0,816$

## 6. Diskussion

### Evaluation der Methoden

- V-Slope-Plots häufig nicht differenzierbar → fehlerhafter Algorithmus zur Bestimmung der Atemfrequenz (AF) → einige Differenzen:  $r = 0,526$
- Schwankungen der  $\text{EQO}_2$ -Kurve bzw. kein eindeutiger Tiefpunkt → häufiger große Differenzen zwischen den Ergebnissen:  $r = 0,464$
- Mittelung der Messwerte über die Gesamtanzahl der Atemzüge pro Stufe wegen des Algorithmusfehlers problematisch → evtl. Alternative: gleitende Mittelung
- mit einem Modell nach W. Kindermann ist die Trainingszonendefinition nur von VT2 abhängig (Kindermann, 2004) → VT1 zum Erreichen des Ziels nicht zwingend erforderlich
- neuer Algorithmus hat RQ=1-Methode verbessert → dennoch 9 von 28 Tests mit dieser Methode nicht auswertbar; häufig hohe Differenzen zu anderen Methoden
- Vergleich mit HUNT 3: 15 von 28 Ergebnissen sind vergleichbar (trotz unterschiedlicher Belastungsprotokolle)

## 6. Diskussion

### Fazit

- mit EQCO<sub>2</sub> wurde eine genauere Methode zur VT2-Bestimmung erarbeitet
- mit dieser Methode können realistische Trainingszonen nach dem Modell von Kindermann definiert werden
- der Software-Algorithmus zur grafischen Verarbeitung sollte noch weiter optimiert werden
- Alternativen zum Mundstück könnten Atmung des Probanden optimieren/erleichtern  
→ evtl. Reduktion von Messfehlern
- einige Einflussfaktoren sind bei der Durchführung zu beachten: probandenbedingt, anwenderbedingt, umweltbedingt  
→ Produkt- und Konzept-Schulungen durch cardioscan Academy sind wichtig
- EQCO<sub>2</sub>-Algorithmus wird in die CCPS implementiert

## 7. Literatur

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Herausforderungen und Aufgabenstellung

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

## 8. 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.
-  LOE, H.; STEINSHAMN, S.; WISLØFF, 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.
-  WESTHOFF, M. u. a., 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.