
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

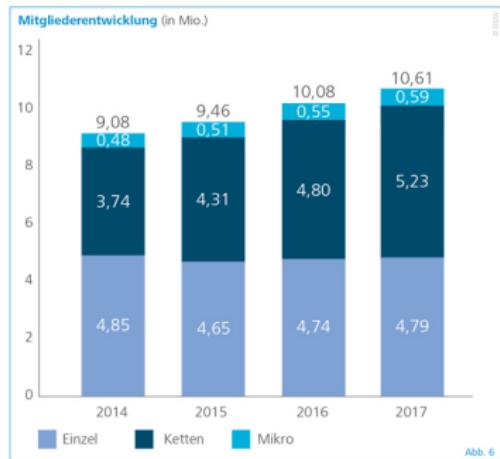
- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate
- 6 Diskussion
- 7 Literatur

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

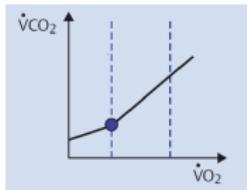
- cardioscan GmbH bietet u.a. Spiroergometrie-Systeme an
- Zweck: Definition von individuellen Trainingsbereichen
- Neues Spiroergometer *metabolicscan* soll künftige Hardware darstellen
- Forschungsstand: Detektion von Stoffwechselübergängen durch Bestimmung der ventilatorischen Schwellen (Westhoff 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

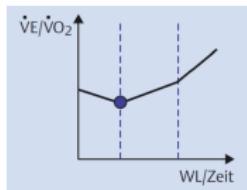
- 1 Relevanz der Arbeit
- 2 Das ventilatorische Schwellenkonzept
- 3 Herausforderungen & Aufgabenstellung
- 4 Methode
- 5 Resultate
- 6 Diskussion
- 7 Literatur

2. Das ventilatorische Schwellenkonzept

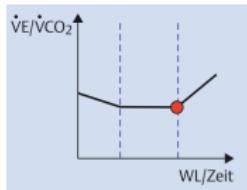
- Zunehmende körperliche Arbeit → steigender Energiebedarf → metabolische Reaktion: Stoffwechselumstellungen: aerob → aerob-anaerob → anaerob
- Erhöhte Glykolyse-Rate → Laktatproduktion → zusätzlich anfallendes $\dot{V}CO_2$ → messbare Zunahme der $\dot{V}CO_2$ und $\dot{V}E$
- Prinzip: Respirationsmessung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



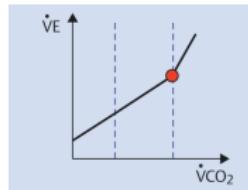
a) V-Slope:
überproportionaler Anstieg
der $\dot{V}CO_2$



b) EQO₂:
Punkt des optimalen
Wirkungsgrades



c) EQCO₂:
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 + Bestimmung der ungefähren Soll-Belastung und des individuellen Belastungsprotokolls mit Rücksicht auf Trainingszustand
- 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
- Statistische und methodenkritische Analyse der Ergebnisse

4. Methode

Funktionsweise des metabolicscan

- Modularer Aufbau: Atemmodul mit Flowsensor + Analysemodul mit CO₂/O₂-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
- Analysemodul: CO₂-Messung durch Infrarotlichtabsorption
- Weiterleitung zum galvanischen O₂-Sensor → O₂-Konzentration ist proportional zu fließendem Strom



metabolicscan: Analysemodul, Atemmodul, Filter und Mundstück

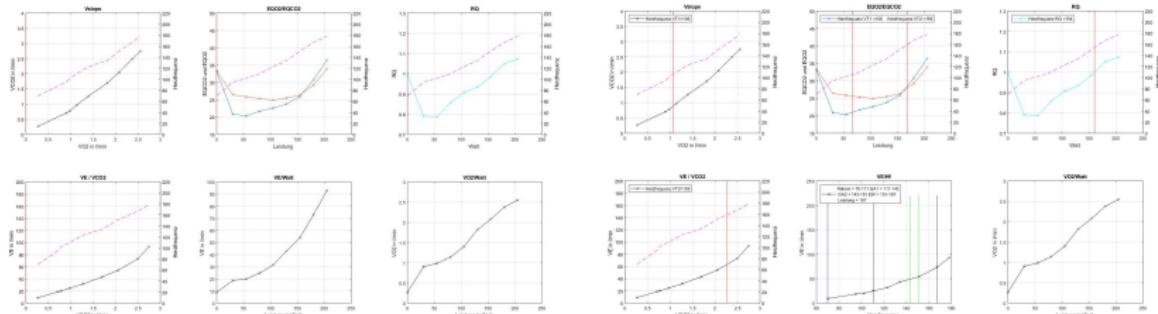
5. Resultate

- 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

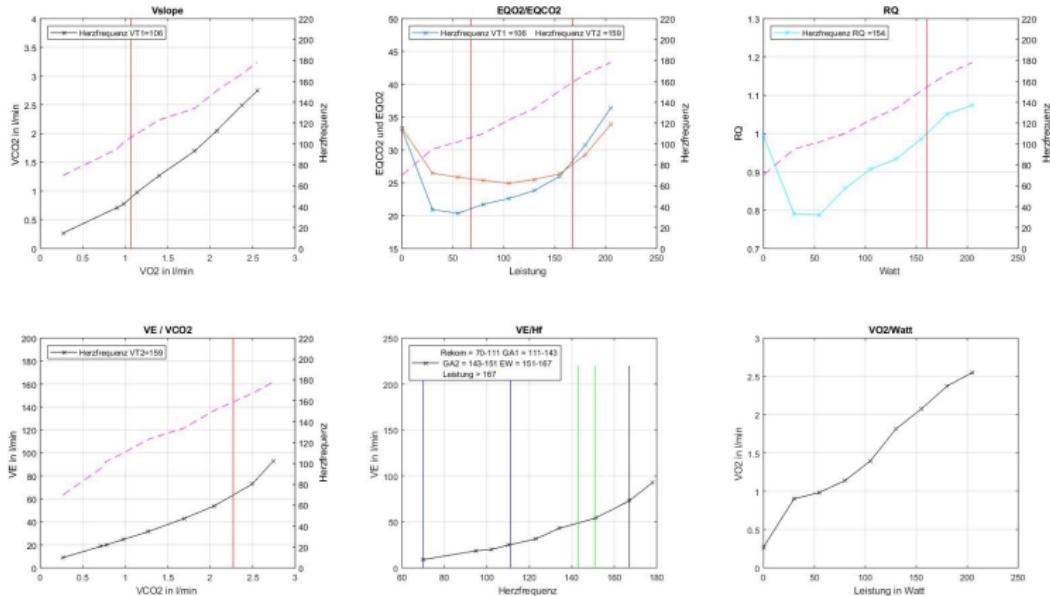


a) Blankplot

b) Plot mit algorithmisch bestimmten Schwellen

5. Resultate

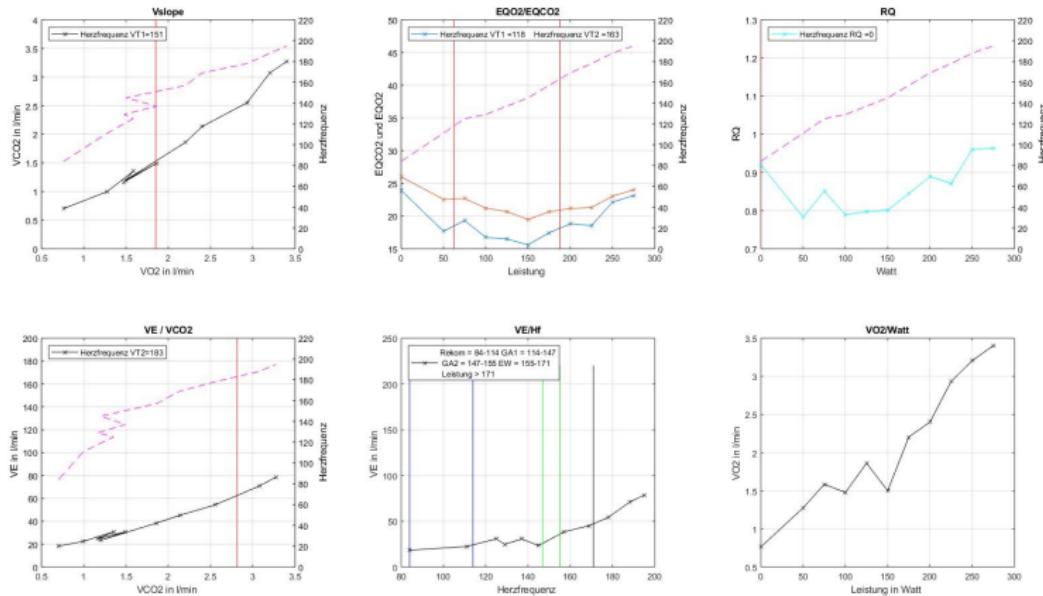
Beispielplot 1



Beispielplot der Probandin 6w

5. Resultate

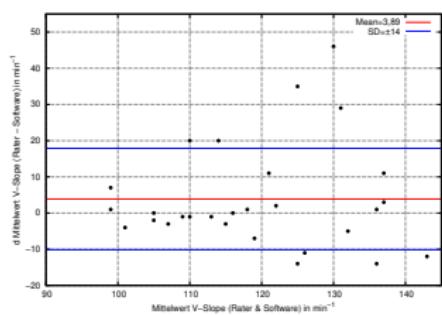
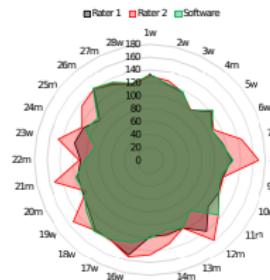
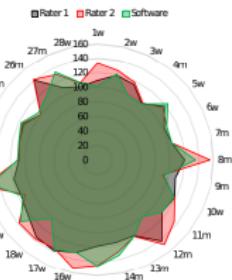
Beispielplot 2



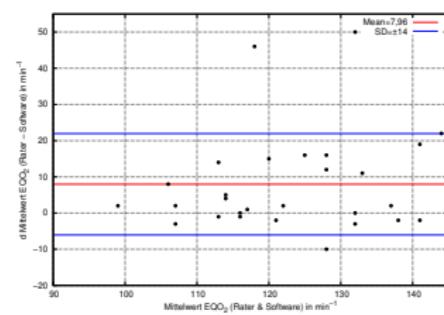
Beispielplot des Probanden 21m

5. Resultate

VT1-Ergebnisse



V-Slope

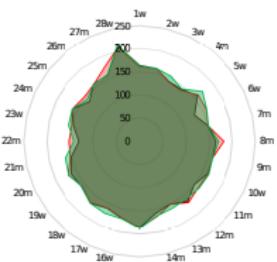


EQO_2

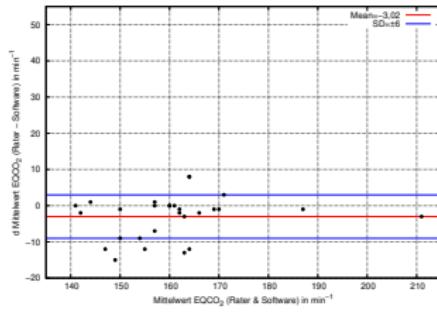
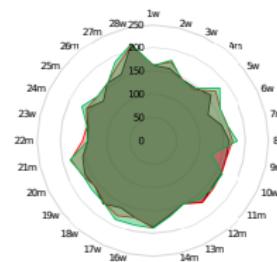
5. Resultate

VT2-Ergebnisse

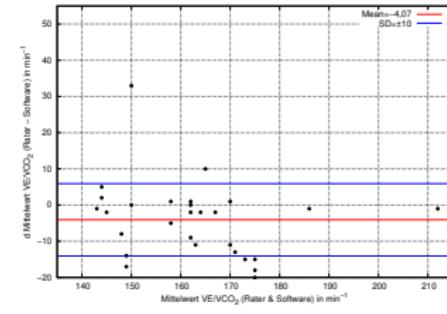
■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



EQCO₂



VE/VCO₂

6. Diskussion

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

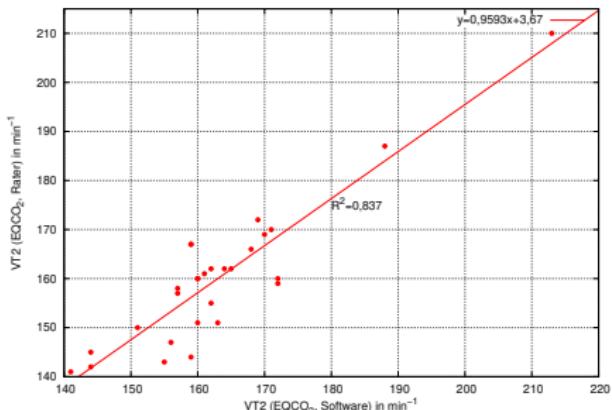
6. Diskussion

Evaluation der Tests

- VT1-Bestimmung erschwert durch kritische Plots erschwert
- Analyse der Felder 5 und 6: Plausibilitätsprüfung des Verlaufs der $\dot{V}E$ bzw. der $\dot{V}CO_2$ zur W
→ Annahme: idealerweise lineare Zunahme (Rühle et al., 2012)
- Erkenntnis: Schwankungen zurückzuführen auf Fehler im Algorithmus
- Für alle Testmessungen konnten charakteristische Graphen generiert werden
- Alle erhobenen Messwerte lagen innerhalb der maximal zulässigen Grenzwerte der Sensoren

6. Diskussion

Evaluation der Methoden



Regressionsanalyse der EQCO₂-Ergebnisse

EQCO₂ ist die Methode mit den geringsten Abweichungen → optimale Methode

Korrelationskoeffizient $r = 0,912$

VE/VCO₂ als geeignete Referenzmethode mit $r = 0,816$

6. Diskussion

Evaluation der Methoden

- V-Slope-Plots häufig nicht differenzierbar → viele Differenzen → $r = 0,526$
- Schwankungen der $\dot{V}O_2$ -Kurve → häufiger große Differenzen → $r = 0,464$
- Mit einem Modell nach W. Kindermann ist die Trainingszonendefinition nur von VT2 abhängig (Kindermann, 2004)
→ VT1 zum Erreichen des Ziels nicht zwingend erforderlich
- Mit RQ=1-Methode 9 von 28 Tests nicht auswertbar; bei auswertbaren Plots: häufig hohe Differenzen zu anderen Methoden
- Vergleich mit HUNT 3: 15 von 28 Ergebnissen befinden sich innerhalb des geschlechts- und altersspezifischen Durchschnitts
→ 12 Ergebnisse eine Stufe niedriger (plausibel, da muskulärer Wirkungsgrad sowie $\dot{V}O_2$ auf Laufband höher und Schwelle später erreicht (Kroidl et al., 2015))

6. Diskussion

Fazit & Ausblick

- Mit EQCO₂ wurde eine genauere Methode zur VT2-Bestimmung erarbeitet
- Trainingszonen sind nach dem Modell von Kindermann damit definierbar
- Gleitende Mittelung als evtl. Alternative zur Mittelung der Messwerte interessant
- 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. zuletzt abgerufen am 25.04.2018.