EXCERPT/AUSZUG

der Sport- und Präventivmedizin

Dr. Ralph Schomaker & Dr. Andreas Greiwing

Spiroergometrie-Kurs | Theorie

Exklusives Begleitbuch zum Theoriekurs Spiroergometrie

5. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

mit

Quick Guide 9Feldergrafik

SPIROERGOMETRIE | KURS

ZfS | Verlag für Sport und Medizin

Liebe Freunde der Spiroergometrie!

Seit 2008 vermitteln unsere ärztekammerzertifizierten Spiroergometriekurse die theoretischen Grundlagen und praktischen Fertigkeiten, um in Klinik und Praxis sport- und präventivmedizinisch standardisiert untersuchen und eine sichere Befundung aus der 9Feldergrafik nach Wasserman herleiten zu können.

Unser Konzept des „Spiroergometrie-Führerscheins" fokussiert auf anwenderbezogenes beratungsrelevantes Praxiswissen anhand aktueller Studien und Leitlinien aus Sportmedizin, Kardiologie, Pneumologie, Trainings- und Ernährungswissenschaft!

Im Mittelpunkt stehen Ihr Gewinn von Sicherheit in der Anwendung der Spiroergometrie und ein maximaler Informationsgewinn aus der Auswertung der 9Feldergrafik nach Wasserman.

Der Wert jeder Fortbildung misst sich am Wissen, welches man unmittelbar nach Kursteilnahme in den eigenen Berufsalltag integrieren kann.

Unsere Kurse bieten Ihnen eine optimal auf den Beratungsalltag abgestimmte Synthese aus sportmedizinischem Grundlagenwissen und hochaktueller Trainings- und Ernährungswissenschaft um Sie topfit im sport- und präventivmedizinischen Beratungsalltag von Sportlern und Patienten zu machen!

Unser Kursangebot vermittelt Einsteigern und erfahrenen Anwendern die Grundlagen zum klaren Verständnis der Spiroergometrie und baut darauf einen standardisierten Algorhythmus zur Auswertung der 9Feldergrafik nach Wasserman auf. Jede Grafik wird anhand von sieben Fragen analysiert, die ventilatorischen Schwellen werden in einem programmierten Vorgehen sicher bestimmt. Die Anwendung des erlernten Schemas zur Interpretation der 9-Feldergrafik wird anhand von Fallbeispielen aus Präventions- und Sportmedizin, Kardiologie und Pneumologie vertieft und eingeübt.

In auf den praxisnahen Exkursen werden u.a. Trainingsempfehlungen für Gesunde und Kranke, Grundlagen der Laktatmessung, verschiedene Ernährungskonzepte („low carb" & ketogene Ernährung) sowie Tipps zur EKGregistrierung und Blutdruckmessung unter Ergometriebedingungen vorgestellt. Neben Kontraindikationen, Abbruch- und Ausbelastungskriterien runden Empfehlungen zur Aufklärung und zum Befundbericht den Kurs ab.

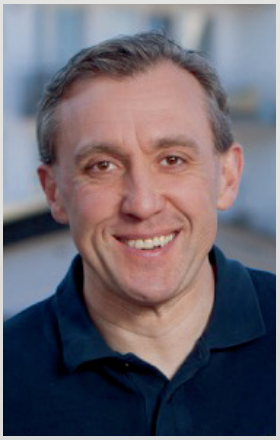
Sie halten die 5. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage unseres Kursbuches [2024] in der Hand, welches den kompletten Foliensatz zu Theoriekurs, Webinar und OnDemand-Kurs enthält. Der zugehörige Quick Guide 9Feldergrafik [3. überarbeitete Auflage, 2024] ist Ihr handlicher Begleiter im Ergometrielabor und ermöglicht Ihnen das neu erworbene Wissen schnell, vollständig und strukturiert in Ihren beruflichen Alltag zu integrieren. Um wesentliche Teile des Kurses wiederholen zu können, ist unser youtube Kanal „Spiroergometrie-Kurs" 24/7 für Sie abrufbereit.

Unser zweitägiger Theoriekurs ist als Präsenzkurs in Münster sowie als Webinar und ab 2024 auch als OnDemand-Kurs (mit Filmsequenzen aus dem Laboralltag) buchbar. Im zweitägigen Praxiskurs steht nach kurzer Wiederholung der Theorie die Vermittlung der praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten im Messalltag im Vordergrund. Der eintägige Anwenderkurs für Medizinische Fachangestellte rundet unser Kursprogramm ab und steht Ihnen ebenfalls als Präsenzkurs oder Webinar zu Verfügung. Alle Kurstermine finden Sie online auf www.spiroergometrie-kurs.de.

Wir wünschen Ihnen erfolgreiche Kurstage und hoffen, dass Ihnen unser Kursbuch und der Quick Guide wertvolle Hilfen beim Transfer des hinzugewonnen Wissens in Ihren Praxisalltag sind.

Ihre Referententeam

Dr. med. Ralph Schomaker



Dr. phil. Andreas Greiwing

Alina Knöpke

SPIROERGOMETRIE | KURS

www-spiroergometrie-kurs.de

Ärztekammerzertifizierte Theorie- und Praxiskurse, Webinare und OnDemand-Kurse zur Spiroergometrie für Ärzte, Sportwissenschaftler und medizinische Fachangestellte

INHALTSVERZEICHNIS ZUM BEGLEITBUCH „Theoriekurs SPIROERGOMETRIE“

1. Einführung: Die Spiroergometrie in der Sportmedizin 6

a. Was ist Spiroergometrie? 7
- I. Rohdaten und berechnete Datenkanäle 8
- II. Ergometrieformen und Ergometrieprotokolle 9

b. Das Zahnradmodell nach Wasserman 12

c. Das dritte Zahnrad nach Wasserman: die Muskulatur 15
- I. Muskelgesundheit ist Organgesundheit 15
- II. Skelettmuskelmasse und Muskelproteinbiosynthese 16
- III. Muskuläre Energiebereitstellung unter körperlicher Belastung 17
- IV. Zonenbasierte Trainingszonenmodelle („range-based“) 18

d. Ventilatorische Schwellen 20
- I. Ventilatorische und laktatbasierte Schwellenmodelle: „VT 1+2“, „LT 1+2“ 20
- II. Endogene Energiespeicher im menschlichen Körper (Kohlenhydrate und Fett) 20
- III. Anteil anaerober Energiebereitstellung unter Belastung 21
- IV. Darstellung ventilatorischer Schwellen als Atemantriebe in spiroergometriebasierten Datenkanälen 22
- V. Standardisierte Bestimmung von VT1 und VT2 (Übersicht) 23

e. Trainingszonen basierend auf ventilatorischen Schwellen 24
- I. Dreizoniges schwellenbasiertes Trainingszonenmodell („threshold-based“) 24
- II. Borg Skala (RPE) 25
- III. Polarized Training Model und „black hole of training intensity” 26
- IV. Wie trainieren Marathonläufer? 27
- V. Transfer trainingswissenschaftlicher Trainingszonenkonzepte in kardiologische und pneumologische Prävention, Therapie und Rehabilitation 28
- VI. Modell molekularer Signalwege zum polarisierten Trainingszonenmodell 32
- VII. VT1 und atemfrequenzbasierte Trainingssteuerung - „Laufen ohne zu Schnaufen“ 33

f. Prätest-Kriterien, Indikationen, Kontraindikationen und Komplikationen in der Spiroergometrie 34
- I. Prätest-Kriterien und Testindikationen 35
- II. Vorbeugung von Untersuchungskomplikationen 36
- III. Absolute und relative Kontraindikationen 37
- IV. Relative und absolute Abbruchkriterien 38
- V. Ausbelastungskriterien 39
- VI. Sekundäre Kriterien zur Validierung von V`O$_2$max 40
- VII. Komplikationen in der Ergometrie 40

g. Kalibration, Wartung und Plausibilitätskontrolle 42
- I. Kalibration 42
- II. Reinigung, Desinfektion, Materialverschleiß und Haltbarkeit 43
- III. Plausibilitätskontrolle 44
- IV. Troubleshooting bei unplausiblen Werten von V`E und V`O$_2$ 44
- V. Biologische Eichung 45

2. Standardisierte Auswertung der 9Feldergrafik nach Wasserman 48

a. **Die 9Feldergrafik nach Wasserman - Grundlage zur „Blickdiagnose“** 49
- I. Leitlinien- und studienbasierte Empfehlungen zur Datenmittelung; Effekte der Datenmittelung 50
- II. Zuordnung der 9Felder zum Zahnradmodell 51
- III. Gegenüberstellung der 1978er und 2012er Edition der 9Feldergrafik 52
- IV. „Customizing“ der 9Feldergrafik 53
- VI. Normwerte und Bezugsgrößen in der Spiroergometrie 53
  1. Kriterien zur Auswahl des geeigneten Normwertkollektivs 54
  2. Normwertformeln und Gewichtsalgorhythmus nach Wasserman 55
  3. Studienbasierte Normwerte 57
  4. Slopes in der Spiroergometrie 59
- VII. Übersicht: Standardalgorhythmus zur Interpretation der 9Feldergrafik (1st Ed., 1978) 61

b. Schritt 1: FELD 3 - V`O$_2$(P)-Slope; V`O$_2$peak oder V`O$_2$max? 62
- I $T_{1/2}$ V`O$_2$ - *ein unzureichend validierter Parameter* 62
- II. Pitfall „crossing method“ ➞ RER=1 ist keine Schwelle! 63
- III. Die Kurve von V`O$_2$ gegen die Last: V`O$_2$(P)-Slope [ΔO$_2$/ΔWatt] 66

Fallbeispiel I: Dilatative Kardiomyopathie nach Chemotherapie 69

IV. „Double Slope Sign“ nach Belardinelli und Quotient [V`E-Slope / rel. V`O_2 peak] nach Rozenbaum 70
V. Maximale Last (Pmax) und V`O_2max 71
1. Planung des Ergometrieprotokolls basierend auf individueller Leistungsfähigkeit 72
2. Sollwerte für Pmax und V`O_2max 72
3. Beispiel: Wattleistung von Tour de France-Teilnehmern 73
4. Muskelfaserzusammensetzung, absolute und relative V`O_2max im Spitzensport 74
5. Plateaubildung von V`O_2 und „Slow Component of Oxygen Consumption” 75
6. Die relative gewichtsbezogene V`O_2max und allometrische Konvertierung 77

EXKURS I: V`O_2max, Sport und Lebenserwartung 79

VI. Das MET (Metabolic Equivalent of Task) 85
1. MET, Training und Mortalität 87
2. MET, Sport und Krebsmortalität 90
3. MET, Normwertformeln und Befundungskriterien 92

EXKURS II: OUES – Oxygen Uptake Efficiancy Slope 95

b. Schritt 2: FELD 8 - Substratutilisation: Fett oder Kohlenhydrat? 95
I. RQ, RER und kalorisches Äquivalent 97
II. Indirekte Kalorimetrie, Grund- und Ruheumsatzmessung 99

Fallbeispiel II: Langstreckenläufer mit extremem Trainingsumfang 104

III. Beispiel: Spiroergometrie bei Einstufentest unter 120min Dauerbelastung (Laufbandergometrie) 106
IV. Mean Response Time [MRT] und „Oxygen Delay” 108

c. Schritt 3: FELD 5 - VT1-Bestimmung 111
I. HR über V`O_2 und Chronotroper Index nach Sirichana 112
II. Definitionen und Bestimmung von VT1 113
1. Feld 5 → V-Slope nach Beaver 114
2. Feld 6 →↑EQO_2 115
3. Feld 9 → ↑$PetO_2$ 115
4. Funktion Excess CO_2 nach Volkov 116
5. Feld 1 → ↑V`E 116
6. Feld 8 → ↓Plateau FatOx 118
7. Feld 7 → ↑Atemfrequenz 118
8. Laktat → ≈2mmol/l oder >+0,5mmol/l 119

Exkurs III: Laktatmessung 119

Exkurs IV: Bikarbonat als Nahrungsergänzung 125

d. Schritt 4: FELD 6 - Atemökonomie, Spiegel der Totraumventilation 126
I. EQO_2 und $EQCO_2$ bei gesunden Probanden in Ruhe, an VT1 und in Ausbelastung 128

e. Schritt 5: FELD 4 - V`E-Slope: Hyper- oder Hypoventilation? 129
I. Definitionen und Bestimmung von VT2 130
1. Feld 4 → V`E-Slope nach Whipp 131
2. Feld 6 → ↑$EQCO_2$ 131
3. Feld 9 → ↓$PetCO_2$ 132
4. Feld 5 → ↑↑V-Slope 132
5. Feld 1 → ↑↑V`E 133
6. Feld 8 → ØFatOx 134
II. Steuerung der Fettoxidation durch Laktat und Insulin 134

Fallbeispiel III: Breitensportler unter Ausdauertraining und „Low Carb“ 136

EXKURS V: „Low Carb“ und Insulinresistenz 140

Fallbeispiel IV: Triathlet unter ketogener Ernährung 144

Exkurs VI: Ketogene Ernährung 146

Exkurs VII: Sport und Gewichtsreduktion: „Jeder Gang macht schlank?“ und Female Athlete Triad 149

7. Feld 7 →↑↑Atemfrequenz 156
8. Laktat → ≈4mmol/l 156

Fallbeispiel V: Undine Syndrom 157

f. **Schritt 6: Feld 2 - O_2-Puls, Herzfrequenzreserve und Herzfrequenzerholung** 158
I. Heart Rate Reserve (HRR 1) und Heart Rate Recovery (HRR 2) 159
II. Cardiac Drift (Fallbespiele aus Ultralauf) und Schwellenkonzept nach Conconi 161

Exkurs VIII: VT1 und Marathongeschwindigkeit „from lab to field“ 163

Fallbeispiel 6: Marathonläufer mit Zielzeitwunsch 163

EXKURS IX: Belastungs-EKG und Ergometrie 1 167

Fallbeispiel 7: Triathlet mit R-Zacken-Artefakten unter Laufbandergometrie 174

Fallbeispiel 8: Breitensportler mit chronotroper Inkompetenz 176

EXKURS IX: Belastungs-EKG und Ergometrie 2 177

Fallbeispiel 9: Seniorensportler mit salvenartiger Vorhoftachykardie 179

EXKURS IX: Belastungs-EKG und Ergometrie 3 180

Fallbeispiel 10: Nichtsportler mit KHK (LAD- und Marginalaststenose LCX) 181

EXKURS X: Blutdruckmessung unter Ergometriebedingungen 184

III. Belastungshypertonie: Grenzwerte zur diagnostischen Abklärung (AHA, EACPR) 184

IV. Spiroergometriebasierte Befundungskriterien bei Gesunden und Kranken (AHA, ESC, EACPR) 188

Fallbeispiel 11: Nichtsportler mit KHK bei ACVB-Indikation vor Bypass-OP 189

g. **Schritt 7: Feld 1 - Atemreserve und MVV** 193
I. FEV1, MVV und Atemreserve 194
II. Die „Neunerregel“ nach Rühle 194

Fallbeispiel 12: Nichtsportler mit COPD 194

h. **Schritt 8: Feld 7 - Atemmuster: Obstruktion oder Restriktion?** 199

EXKURS XII: Intrabreathkurven und Exercise Induced Bronchoconstriction EIB 200

Fallbeispiel 13: Ausdauerläufer mit COPD / Abklärung Exercise Induced Bronchoconstriction EIB 200

Fallbeispiel 14: Leistungstriathlet mit auffälligem Atemmuster 204

Fallbeispiel 15: Ausdauerläufer mit Kopplung der Atem- an die Schrittfrequenz 205

EXKURS XIII: Kopplung von Atem- und Schrittfrequenz bei Bipeden und Quadrupeden 206

Fallbeispiel 16: Ausdauerläufer mit auffälligem Atemmuster 207

i. **Schritt 9: Feld 9 - Gasaustausch** 207

Fallbeispiel 17: Nichtsportler mit Alpha-1-Antitrypsinmangel 211

3. Dyspnoeabklärung in der Praxis: Herz, Lunge oder Trainingsdefizit? 215

a. Befundungshilfen zur Abklärung von Dyspnoe und Leistungsschwäche: *Herz, Lunge oder Trainingsmangel?* 216

b. Pitfalls in der Spiroergometrie (Übersicht) 217

c. Spiroergometriebasierte Risiko- und Prognoseabschätzung bei Herzinsuffizienz 220

d. Präoperative Risikoabschätzung vor Thorakotomie 222

4. Befundung eines ReTests und interindividuelle Verlaufsbeurteilung 223

Glossar/Abkürzungsverzeichnis 225

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

Was ist Spiroergometrie?

Wasserman´s Gearmodel

Das dritte Zahnrad

Ventilatorische Schwellen

Trainingszonen

Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen

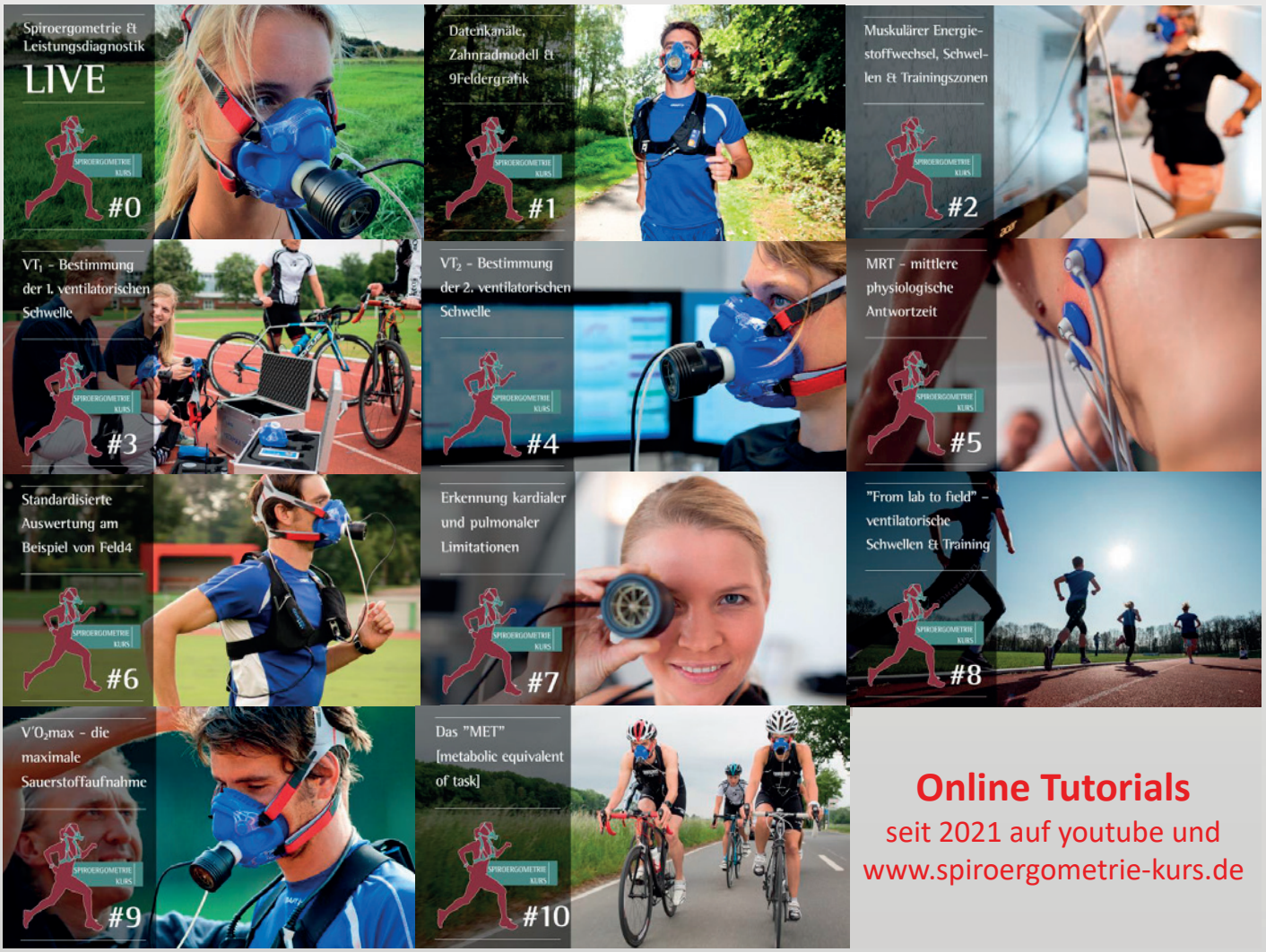
Kalibration, Wartung, Plausibilität

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Spiroergometrie in der Sportmedizin

Begleitskript zum Theoriekurs

Autor Dr. med. Ralph Schomaker



Online Tutorials
seit 2021 auf youtube und
www.spiroergometrie-kurs.de

Was ist Spiroergometrie?

Wasserman´s Gearmodel

Das dritte Zahnrad

Ventilatorische Schwellen

Trainingszonen

Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen

Kalibration, Wartung, Plausibilität

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Was ist Spiroergometrie?

„Die direkte und kontinuierliche Registrierung der Gasstoffwechselwerte und der Atmung während einer dosierbaren Arbeit“

„Mittels einer luftdicht abgeschlossenen Maske erfolgt über einen Spirographen die kontinuierliche Schreibung der Sauerstoffaufnahme, der Kohlendioxidausscheidung, des Atemminutenvolumens (Ventilation) und der Atemfrequenz“

Synonyma: Ergospirometrie, Spiroergographie, Ergospirographie;

Cardiopulmonary Exercise Testing (CPET, CPEX)

2003 Röthig P, Prohl R, „Sportwissenschaftliches Lexikon“, 7. Auf., S. 491

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

Was ist Spiroergometrie?

Wasserman´s Gearmodel

Das dritte Zahnrad

Ventilatorische Schwellen

Trainingszonen

Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen

Kalibration, Wartung, Plausibilität

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Welche Informationen liefert die Spiroergometrie?

→ *Vereinfachter Überblick der auszuwertenden Datenkanäle*

- **Volumensensor**
  ≈ *„schwarze Leitung“*
  - ✓ **VT** = Atemzugvolumen
  - ✓ **AF** = Atemfrequenz
  - ➢ **VT** x **AF** = **V`E**
    (Atemminutenvolumen l/min)

- **Absaugstrecke**
  ≈ *„transparente Leitung“*
  - ✓ **V`O₂** = O_2-Aufnahme l/min
  - ✓ **V`CO₂** = CO_2-Abgabe l/min
  - ➢ **RER** = **V`CO₂/V`O₂**

Zusatzinformationen:

- **EKG / Brustgurt**
  - ✓ Herzfrequenz [**HF**]

- **Ergometer**
  - ✓ Last [Laufband: km/h; Radergometer: Watt]

- Die gemessenen Werte für **V`O₂** und **V`CO₂** hängen wesentlich von den „Endverbrauchern“ (≈ unter der gewählten Ergometrieform beanspruchten Muskelgruppen) ab, die am Messsystem hängen
- Die beanspruchten Muskelgruppen werden durch die gewählte Ergometrieform festgelegt
- Ergometrieform und ergometriebezogener Trainingszustand bestimmen, ob vor dem Erreichen der kardiovaskulären Ausbelastung eine lokale muskuläre Leistungsbegrenzung den Test beendet

2006 Hollmann W et al., „Spiroergometrie – Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken“ (1st Ed.), Schattauer Verlag, S. 110-115

Rohdaten & berechnete Datenkanäle

→ *Detaillierte Darstellung gemessener und berechneter Datenkanäle*

Was ist Spiroergometrie?
Wasserman´s Gearmodel
Das dritte Zahnrad
Ventilatorische Schwellen
Trainingszonen
Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen
Kalibration, Wartung, Plausibilität

Modifiziert nach 2018 Meyer FJ et al. Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie – Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.2018; 72: 687–731, Tabelle 10

Gemessene Kanäle

- **Volumensensor**
  - ✓ Volumen und Dauer eines Atemzuges [V`(t), T]
    - **VT** = ∫V´(t) dt [=Integral über Flow(t)]
  - ✓ Atemfrequenz **AF** [1/T (min)]
- **Absaugstrecke**
  - ✓ $FIetO_2$, $FIetCO_2$
  - ✓ $FEetO_2$, $FEetCO_2$

*(**E**=Exspiration, **I**=Inspiration, et=endtidal)*

- **EKG / Brustgurt**
  - ✓ Herzfrequenz [**HF**]
- **Ergometer**
  - ✓ Last [Laufband: km/h; Radergometer: Watt]

Berechnete Kanäle

- ✓ **V`E** = VT * AF
- ✓ **$V`O_2$** = V`E ($FIO_2$-$FEO_2$) →*[Mischkammer]*
- ✓ **$V`CO_2$** = V`E ($FECO_2$ - $FICO_2$) →*[Mischkammer]*
- ✓ **RER** = $V`CO_2$ / $V`O_2$
- ✓ **EQ O_2** = V`E / $V`O_2$
- ✓ **EQ CO_2** = V`E / $V`CO_2$
- ✓ **O_2-Puls** = $V`O_2$ / HF
- ✓ **$PetO_2$** = berechnet aus $FEetO_2$
- ✓ **$PetCO_2$** = berechnet aus $FEetCO_2$
- ✓ Atemreserve (BR)

→ Die Berechnungsformeln hängen von der verwendeten Messtechnik ab [Mischkammersysteme, BxB = „breath-by-breath“, etc.]

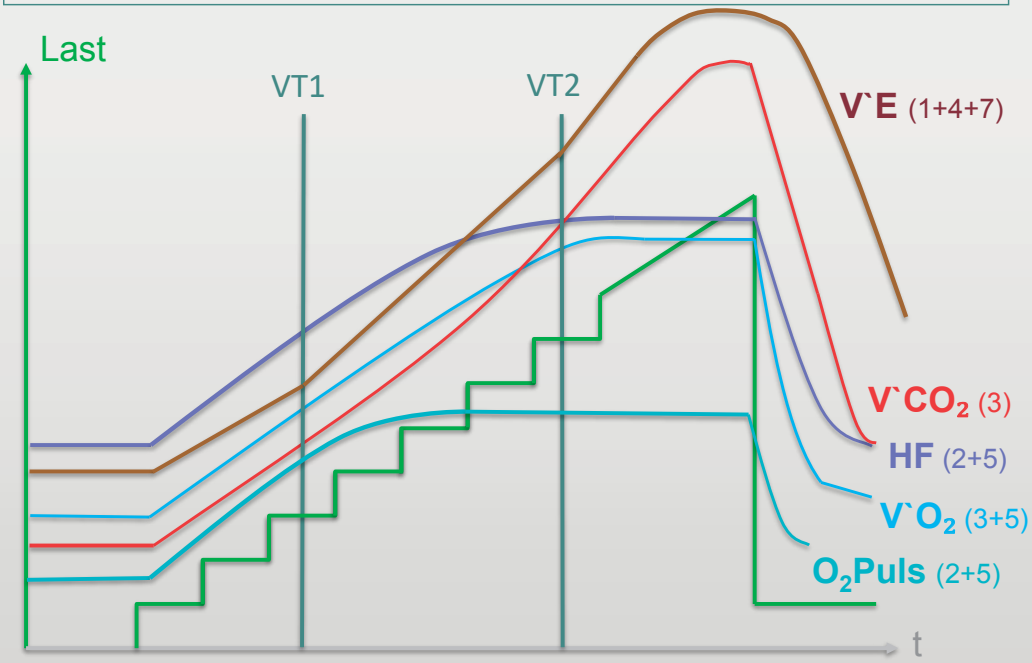
- Eine Auswahl gemessener und berechneter Kanäle wird in der 9-Feldergrafik nach Wasserman gegeneinander aufgetragen → **$V`O_2$, $PetO_2$, $V`CO_2$, $PetCO_2$, V`E, VT, O_2-Puls, HF, Last, *ggf. Laktat***
- Die Darstellung in Form von „slopes“ ermöglicht es auf einen Blick dysproportionale Abweichungen verschiedener Messgrößen gegeneinander zu erkennen
- Einzelne Datenkanäle werden als Linie über die Zeit dargestellt während Volumina als Punkte gegeneinander aufgetragen werden („BxB“-messung: breath-by-breath)

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

Physiologischer Verlauf spiroergometrischer Standardparameter unter steigender körperlicher Belastung

Was ist Spiroergometrie?
Wasserman´s Gearmodel
Das dritte Zahnrad
Ventilatorische Schwellen
Trainingszonen
Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen
Kalibration, Wartung, Plausibilität



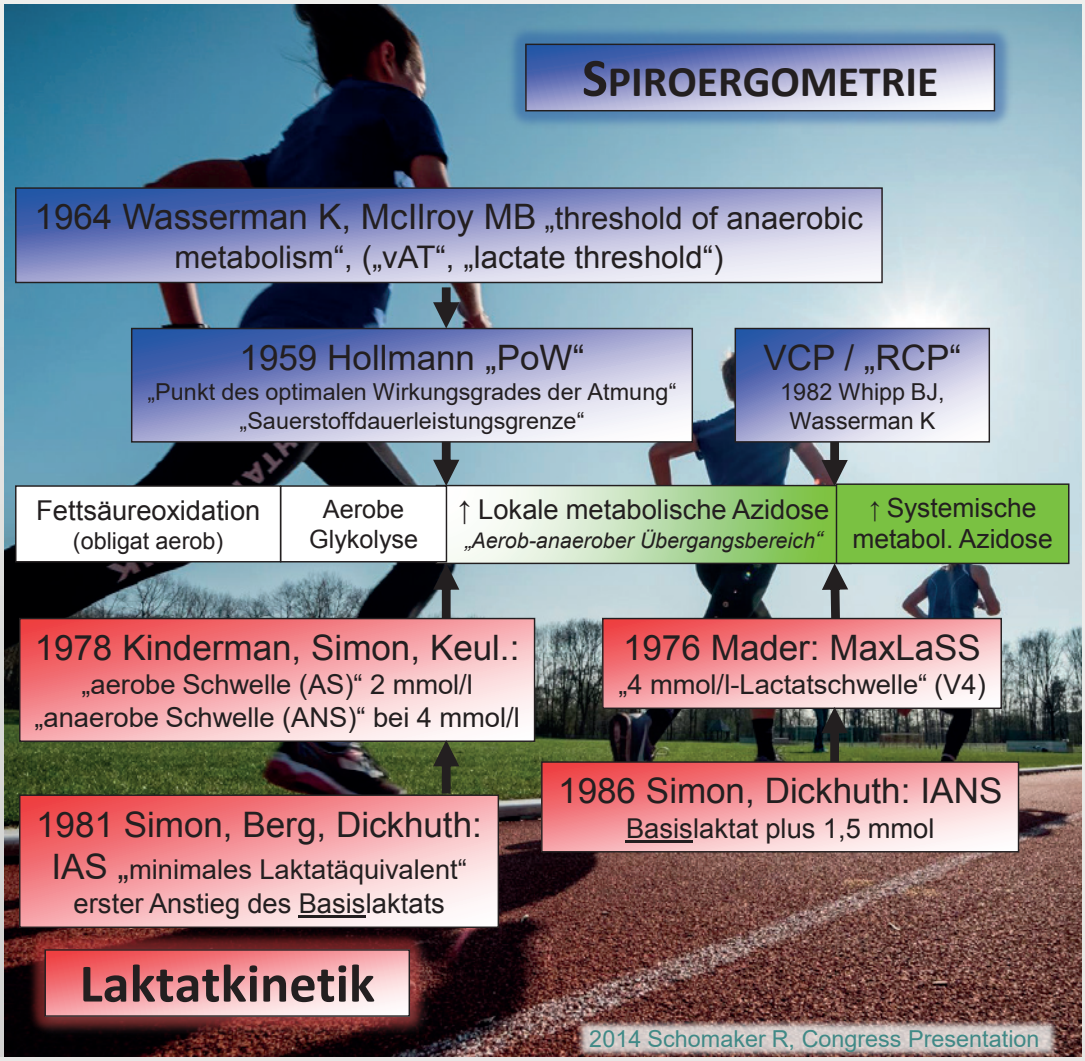
Empfehlungen der AG Spiroergometrie zu farblichen Darstellung:
V`E: braun, $V`O_2$: mittelblau, $V`CO_2$: rot, HR: violett, O_2-Puls: hellblau, Zeit: grau, Last: grün. In Klammern die zugehörigen Felder der 9-Feldergrafik

Modifiziert nach 2005 Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ, Principles of exercise testing and interpretation, S. 34, Fig. 2.29

Modifiziert nach 2013 Raven PB, Wasserman DH, Squires WG, Tinker DM, Exercise Physiology – an integrated approach, S. 348, Fig. 10.11

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Was ist Spiroergometrie?
Wasserman´s Gearmodel
Das dritte Zahnrad
Ventilatorische Schwellen
Trainingszonen
Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen
Kalibration, Wartung, Plausibilität

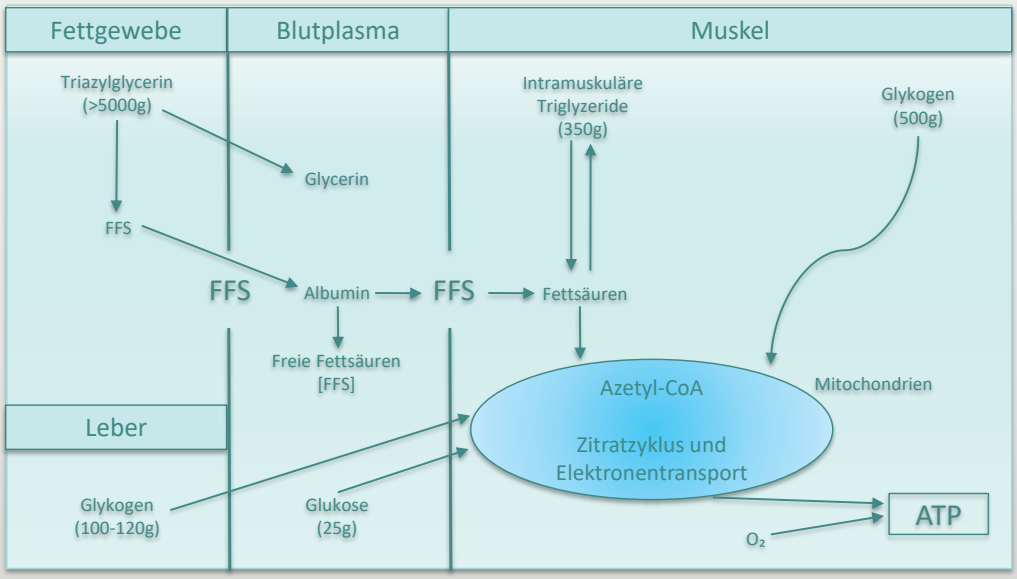


Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

Was ist Spiroergometrie?
Wasserman´s Gearmodel
Das dritte Zahnrad
Ventilatorische Schwellen
Trainingszonen
Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen
Kalibration, Wartung, Plausibilität

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Wichtige endogene Speicherorte für Kohlenhydrate und Fett



- **Fettdepots:**
  - > 5kg Triazylglycerin im Fettgewebe + 350g intramuskuläre Triglyceride
  - ≈ 50.000-100.000 Kcal (bei ♂+♀ mit 10-30% Körperfett) ≈ ca. 120h „at marathon race pace“
  - Zusätzlich können VLDL-Triglyzeride im Blut eine Rolle bis 50% der FatOx bei submaximaler Belastung ausmachen
- **Kohlenhydratdepots:**
  - Leberglykogen 100-120g, Blutglukose 25g, Muskelglykogen 500g (Glykogen: 4,17 Kcal/g)
  - ≈ 2690 Kcal ≈ Energie für etwa 90min Laufleistung „at marathon race pace“ (Weltbestzeit Marathon um 125min)

1997 Coyle EF, Jeukendrup AE, Wagenmakers AJM, Saris WHM in 2010 Clinical Sports Nutrition, 4th Ed., Burke L & Deakin V, S. 394

Was ist Spiroergometrie?
Wasserman´s Gearmodel
Das dritte Zahnrad
Ventilatorische Schwellen
Trainingszonen
Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen
Kalibration, Wartung, Plausibilität

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

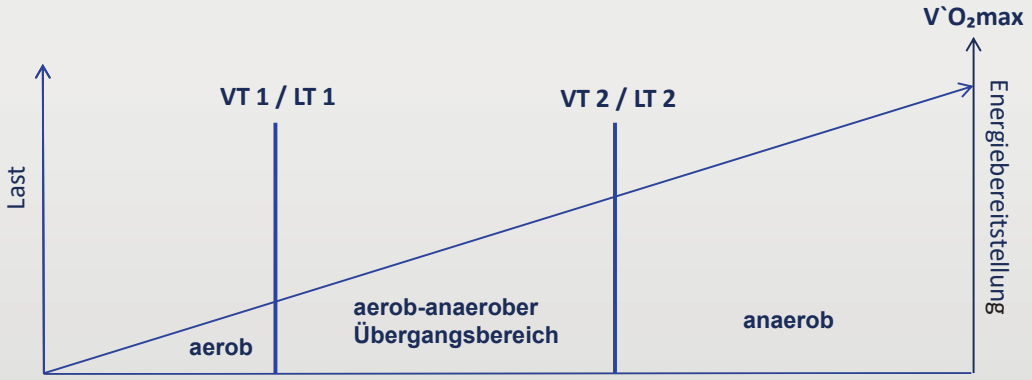
2013 Westhoff M, Rühle KH, Greiwing A, Schomaker R, Eschenbacher H, Siepmann M, Lehnigk B, Ventilatorische und metabolische (Laktat-)Schwellen, Dtsch Med Wochenschr 2013; 138(06): 275-80
2013 Tschakert G, Hofmann P, High-Intensity Intermittent Exercise: Methodological and Physiological Aspects, Int J Sports Physiol Perform, 2013 Nov;8(6):600-10

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

Was ist Spiroergometrie?
Wasserman´s Gearmodel
Das dritte Zahnrad
Ventilatorische Schwellen
Trainingszonen
Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen
Kalibration, Wartung, Plausibilität

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Anteil anaerober Energiebereitstellung
in Abhängigkeit von Belastungsintensität und Belastungsdauer



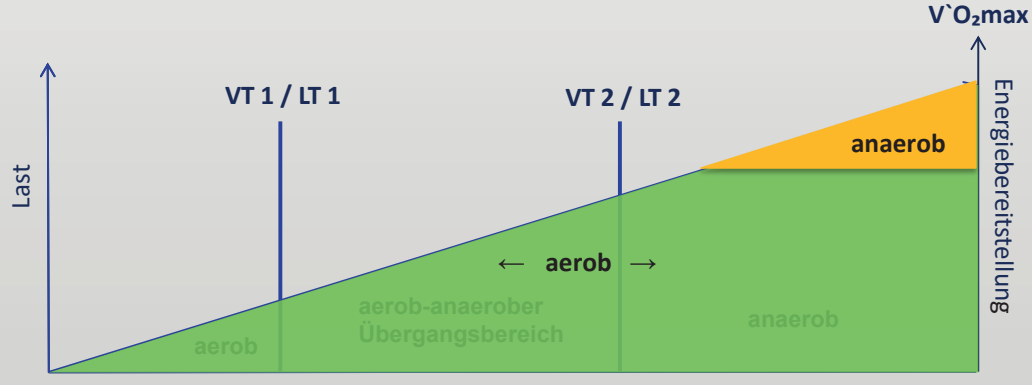
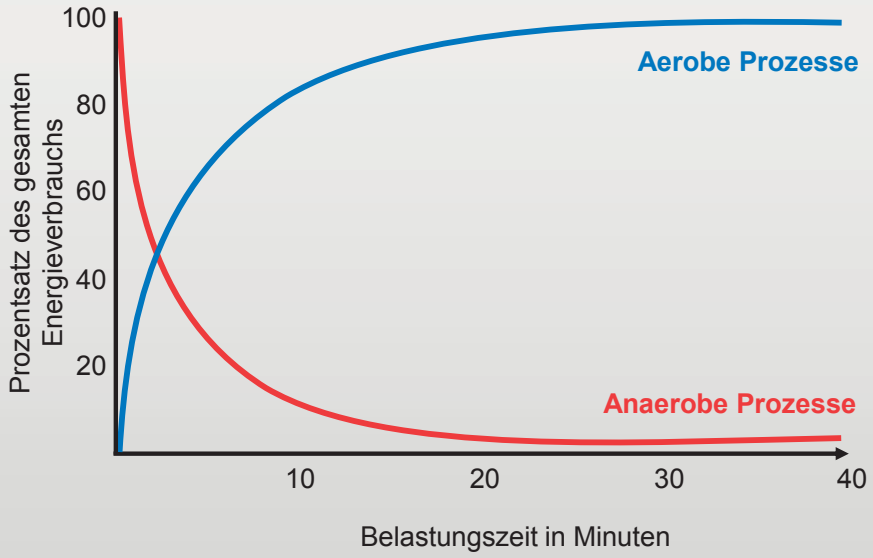


Abbildung modifiziert nach 1978 Kindermann W, Metabolic acidosis. Its significance under physiological and pathological conditions, deutschsprachiger Artikel, Fortschr. Med. 1978 Feb 2;96(5):221-6.
Tabelle: 2015 McArdle WD, Katch FI, Katch VL, Exercise Physiology, 8th Ed., p. 169, Fig 7.7

Was ist Spiroergometrie?
Wasserman´s Gearmodel
Das dritte Zahnrad
Ventilatorische Schwellen
Trainingszonen
Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen
Kalibration, Wartung, Plausibilität

Anteil aerober und anaerober Energiebereitstellung



Belastungs-dauer	10s	30s	60s	2min	4min	10min	30min	60min	120min
% anaerob	90	80	70	50	35	15	5	2	1
% aerob	10	20	30	50	65	85	95	98	99

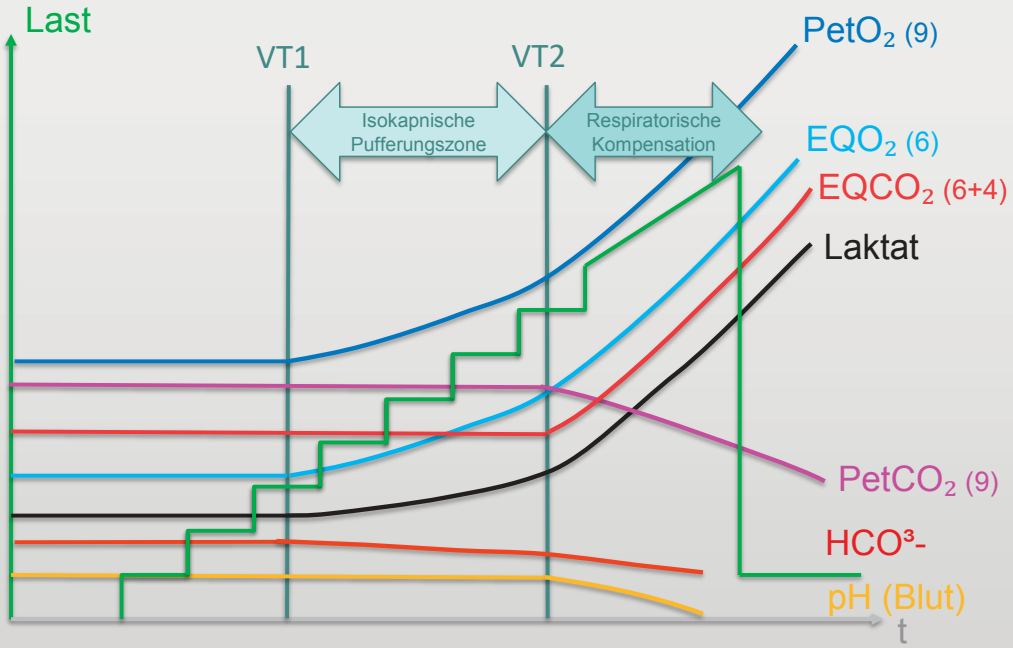
Tabelle: 2015 McArdle WD, Katch FI, Katch VL, Exercise Physiology, 8th Ed., p. 169, Fig 7.7

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

Was ist Spiroergometrie?
Wasserman´s Gearmodel
Das dritte Zahnrad
Ventilatorische Schwellen
Trainingszonen
Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen
Kalibration, Wartung, Plausibilität

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Physiologischer Verlauf spiroergometrischer Standardparameter unter steigender körperlicher Belastung



Empfehlungen der AG Spiroergometrie zur farblichen Darstellung:
Pet O_2: dunkelblau, Pet CO_2: magenta, EQO_2: wie V`$O_2$, $EQCO_2$: wie V`CO_2.
Ergänzt: Laktat; schwarz, HCO^3-: bordeaux, ph(Blut): orange

Modifiziert nach 2005 Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ, Principles of exercise testing and interpretation, S. 34, Fig. 2.29

Modifiziert nach 2013 Raven PB, Wasserman DH, Squires WG, Tinker DM, Exercise Physiology – an integrated approach, S. 348, Fig 10.11

9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

SPIROERGOMETRIE IN DER SPORTMEDIZIN

Standardisierte

Auswertung der „9-Felder-Grafik“

nach Karlman Wasserman (1st Ed., 1978)

in der Sportmedizin

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

ZAHNRADMODELL → TRANSFER IN DIE 9FELDERGRAFIK NACH WASSERMAN

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

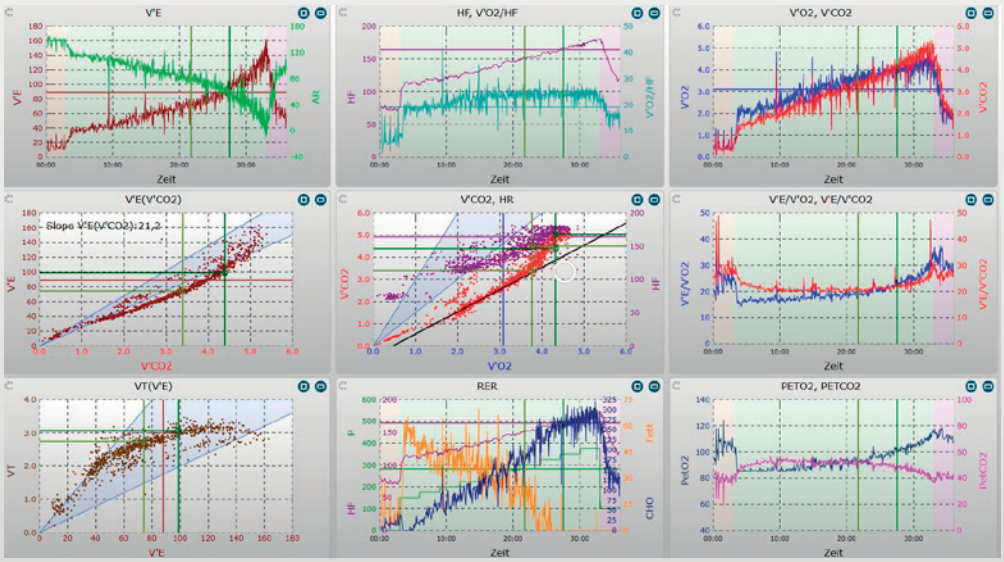
FALLBEISPIEL SPORTMEDIZIN

- **Testproband** (gesunde Referenzperson): ambitionierter Hobbyradsportler
- ♂, **37 Jahre alt, 184cm, 82,5kg, symptomfrei, unauffällige Familienanamnese, keine Medikation, keine KH-Aufenthalte**
  - Testbeginn bei 150 Watt auf eigenem Rad mit Cyclus-2-Ergometer
  - Ausbelastung bei 375 Watt ($V`O_2$/min/kg: 52ml/min/kg)

2014, Greiwing A, Schomaker R; unpublished data

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs
9-Felder-Grafik
Feld 3 / 8 & Kalorimetrie
Feld 5 & VT1
Feld 6
Feld 4 & VT2
Feld 2
Feld 1
Feld 7
Feld 9
Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest
SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

9-FELDER-GRAFIK (1ST ED., 1978) - *UNGEMITTELT*



- ✓ **Darstellung der Rohdaten ohne Datenmittelung**
- Eine gleitende Datenmittelung erleichtert die Auswertung
  - *Messwertbezogen (je Atemzug) über 8-10 (maximal 15) Atemzüge*
  - ***Zeitbezogen: maximal 30s [Rampentest] bis 45s [Stufentest]***
- Eine manuelle Datenkorrektur (Ausreißerbeseitigung) ermöglicht die Korrektur von Fehlmessungen (Fehldetektion der R-Zacken für Herzfrequenz → Schrittfrequenz) und Ausfällen von Datenkanälen (z.B. Herzfrequenz)

2013, Westhoff M, Ruehle KH, Greiwing A, Schomaker R, Eschenbacher H, Siepmann M, Lehnigk ,B, Ventilatorische und metabolische Schwellen – Positionspapier AG Spiroergo, S. 278;

9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Leitlinien- und Studienbasierte Empfehlungen zur Datenmittelung

bei BxB Spiroergometrie

Leitlinienbasierte Empfehlungen		
Herausgeber	**Empfehlung zur Mittelung**	**Zuletzt aktualisiert**
American Thoracic Society/ American College of Chest Physicians	**20-60s**	2003
American Heart Association	**30s** gleitender Mittelwert	2010
American College of Sports Medicine	Keine explizite Empfehlung zur Mittelung	2019
European College of Sports Science	Keine explizite Empfehlung zur Mittelung	2019
Schweizerische Gesellschaft für Sportmedizin	**30s** [ohne Angabe, ob gleitend oder nicht]	2019
Österreichische Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention	**8Atemzüge**, anschließend 30s Intervalle	2019
Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin	Keine explizite Empfehlung zur Mittelung	2019
Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin	**8-12Atemzüge**	2018
Studienbasierte Empfehlungen zur Datenmitteleung		
Martin-Rincon et al, 2019; Robergs et al, 2010, Scheadler et al, 2017	**10 oder 15 Atemzüge**	
MacFarlane et al, 2001, Roecker et al, 2005	**15 oder 30s**	

2020 Ludwig, D, Zur Verwendung von Algorithmen im Rahmen der Auswertung spiroergometrischer Rohdaten bei sportwissenschaftlichen Leistungsdiagnostiken, Inauguraldissertation, Universität Passau, S 77

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

Feld 7

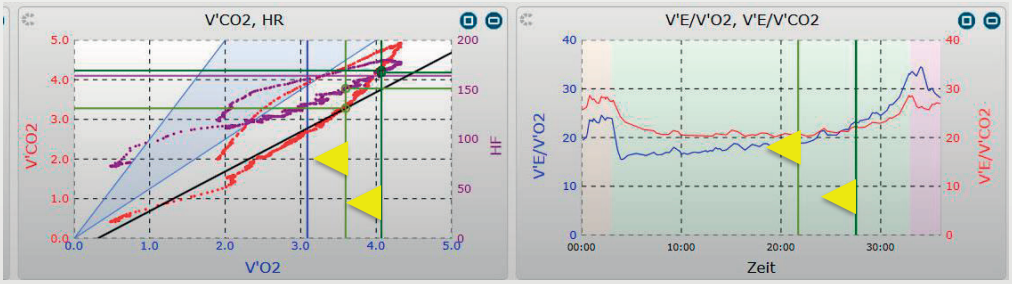
Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Datenmitteilung als möglicher Einflussfaktor

auf die Qualität der erhobenen Messdaten



Die Datenmittelung der spiroergometrischen Rohdaten führt protokollabhängig zu den nachfolgenden unerwünschten Effekten **[für Zeitfenster ≤30s wird eine geringe Effektstärke angenommen]:**

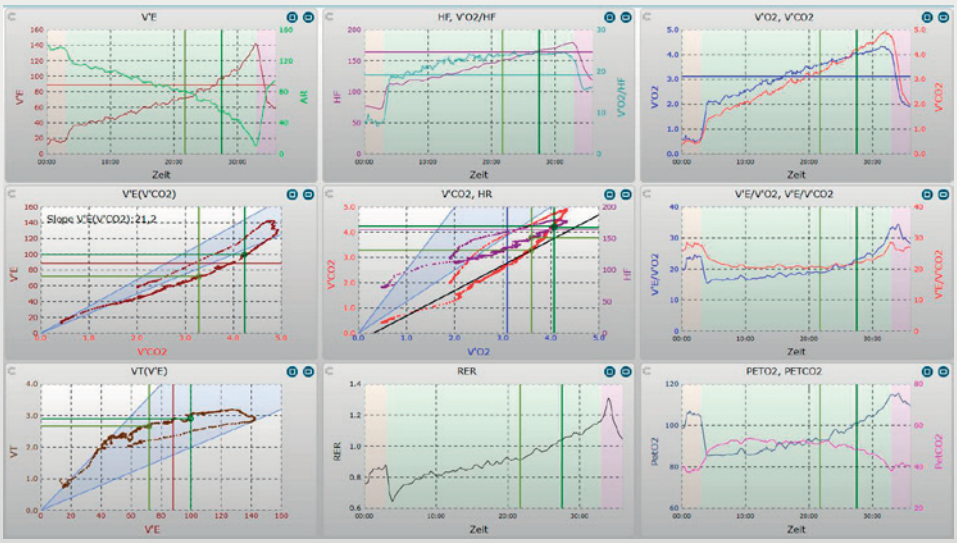
- ***Erfassung verminderter Maximalwerte***
- ***Veränderung der Häufigkeit von Kurvenplateaubildungen***
- ***Verminderung submaximaler Parameter [→ Linksverschiebung]***

Daraus resultieren für den Laboralltag folgenden Konsequenzen:

- ***Einheitliche standardisierte Datenmittelung im Labor***
- ***Testbezogene Dokumentation des methodischen Vorgehens bei der durchgeführten Datenmittelung***
- ***Publikation einheitlicher Vorgaben zur Datenmittelung durch die relevanten Dachverbände***

2020 Ludwig, D, Zur Verwendung von Algorithmen im Rahmen der Auswertung spiroergometrischer Rohdaten bei sportwissenschaftlichen Leistungsdiagnostiken, Inauguraldissertation, Universität Passau, S 248 ff.

9-Felder-Grafik (1st Ed.) – *gemittelt über 45s*



Empfehlung zur Bestimmung der ventilatorischen Schwellen: gleitende Mittelung der Messwerte über ein Zeitintervall von 10-30 [Rampentest] bis 45 [Stufentest] Sekunden oder 8-10 (Stufentest: maximal 15) Atemzüge

1997 Wasserman K, Diagnosing cardiovascular and lung pathophysiology from exercise gas exchange, Chest, 1997; 112:1091-1101

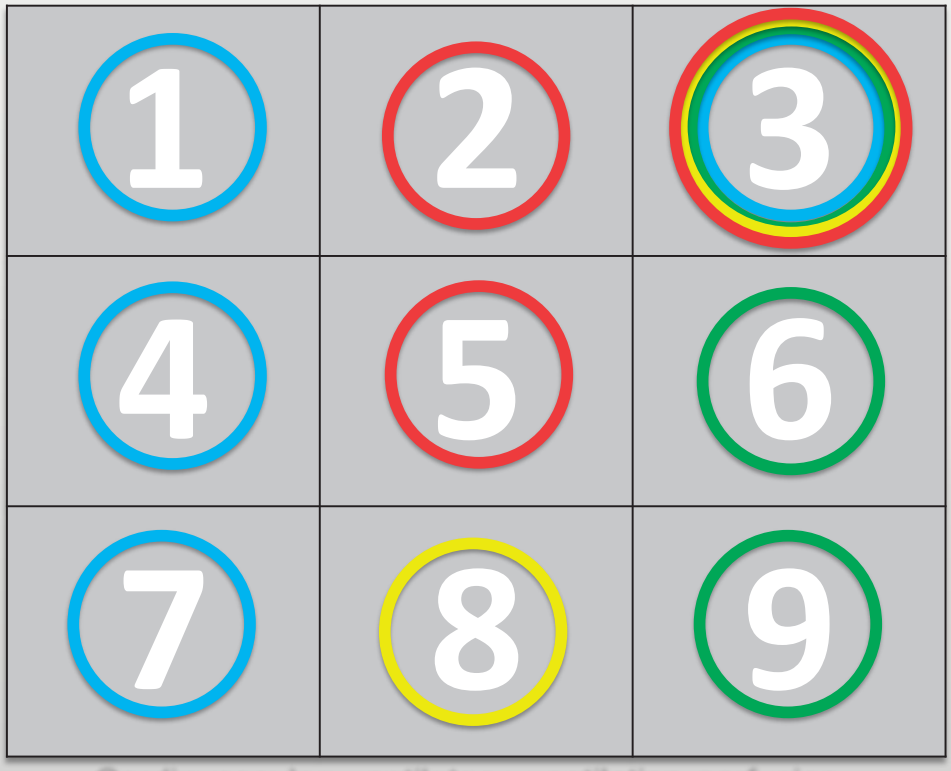
2011 Dumitrescu D, Rosenkreuz S, Atlas Spiroergometrie und pulmonale Hypertonie, S. 24

2013, Westhoff M, Ruehle KH, Greiwing A, Schomaker R, Eschenbacher H, Siepmann M, Lehnigk ,B Ventilatorische und metabolische Schwellen – Positionspapier AG Spiroergometrie, S. 278;

2020 Glaab T et al, Spiroergometrie kompakt - Physiologie, Durchführung und Auswertung, Pneumologie 2020; 74: 88–102

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs
9-Felder-Grafik
Feld 3 / 8 & Kalorimetrie
Feld 5 & VT1
Feld 6
Feld 4 & VT2
Feld 2
Feld 1
Feld 7
Feld 9
Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest
SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

9-Feldergrafik nach Wasserman (1st Ed., 1978)



Cardiovascular; ventilatory; ventilation-perfusion; mismatching,metabolic substrate

1997 Wasserman K, Diagnosing cardiovascular and lung pathophysiology from exercise gas exchange, Chest, 1997; 112:1091-1101 in 2014, Mueller J, Congress Presentation

9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

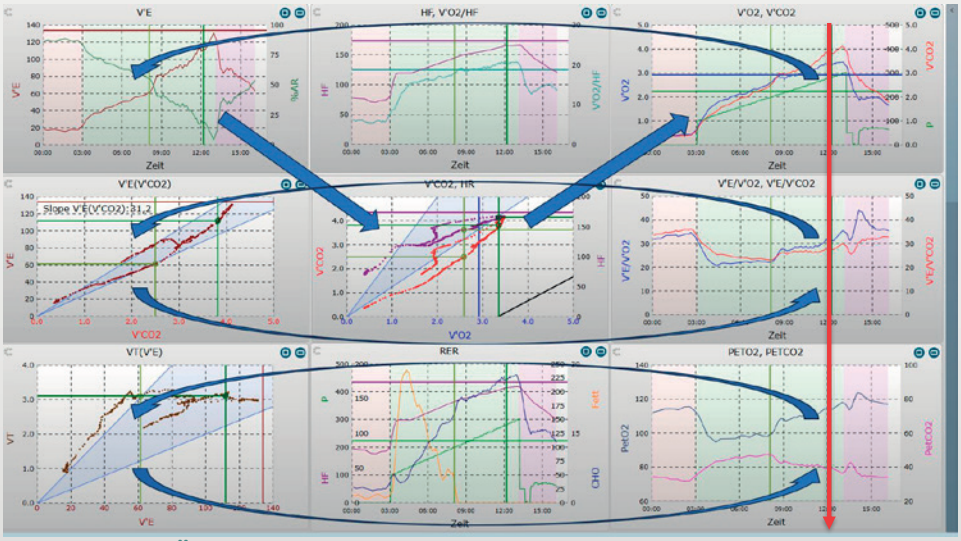
Feld 1

Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing



Was ist neu? → Änderungen der Feldreihenfolge 2012 „aus didaktischen Gründen“:

- ✓ Die sechs Felder mit Zeitbezug (X-Achse) finden sich in der linken und der mittleren Spalte
- ✓ Die drei Felder mit physiologischen Bezugsgrößen (=Volumina) auf der X-Achse finden sich in der rechten Spalte
- ➢ Dadurch Möglichkeit zum Vergleich der Schwellen in den übereinander stehenden Feldern mittels vertikaler Linie

„Die Spiroergometrie Arbeitsgruppe betrachtet den Mehrwert der „neuen“ Anordnung als eher gering und hat keine klare Empfehlung dafür ausgesprochen. Die Autoren schließen sich diesem Votum an“ Kroidl R et al, 2015

„Die 9-Felder-Grafik ist die international meistverbreitete standardisierte grafische Darstellungsform. Die jeweils aktuellste Version der 9-Felder-Grafik sollte verwendet werden“ Meyer et al, 2018

2018 Meyer FJ et al, Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie – Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.2018; 72: 687–731; S. 705; Abb 5 S. 702

2015 Kroidl R et al, Kursbuch Spiroergometrie, 3. Auflage, S. 166

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

Feld 7

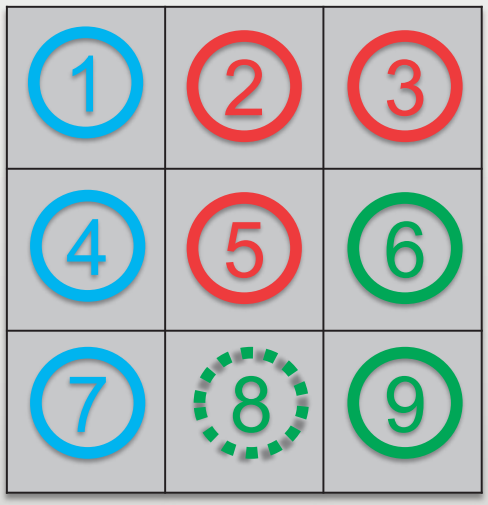
Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

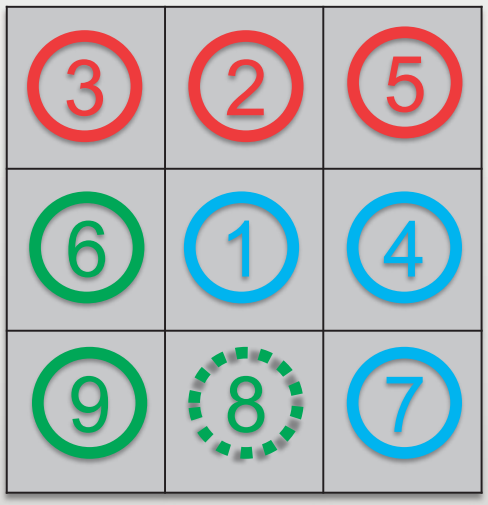
SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

2012 Edition 9-Feldergrafik nach Wasserman

„klassische Anordnung“(1978)



„Neuanordnung“(2012 Edition)



- ➢ **Umstellung der 9-Feldergrafik in der Metasoft Studio® Software auf Wasserman 2012 Edition**
- ✓ Toolbox
  - ✓ Workflows
  - ✓ Workflowverwaltung
  - ✓ Wählen Sie den Workflow, den Sie zur Datenerhebung nutzen (z.B. MC3000)
  - ✓ Klicken Sie auf die Option „bearbeiten“
  - ✓ Klicken Sie auf „Weiter“
  - ✓ Klicken Sie das Workflowitem „Spiroergometrie-Testdurchführung an
  - ✓ Transferieren Sie im rechten Bildquadranten die 9-Felder 2012 Edition auf die Seite „sichtbar“ und speichern Sie unten rechts.

2012 Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer W, Sietsema K, Sun X, Whipp BJ, Principles of Exercise Testing and Interpretation, **5th Ed**. in 2014 Mueller J. Congress Presentation

9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

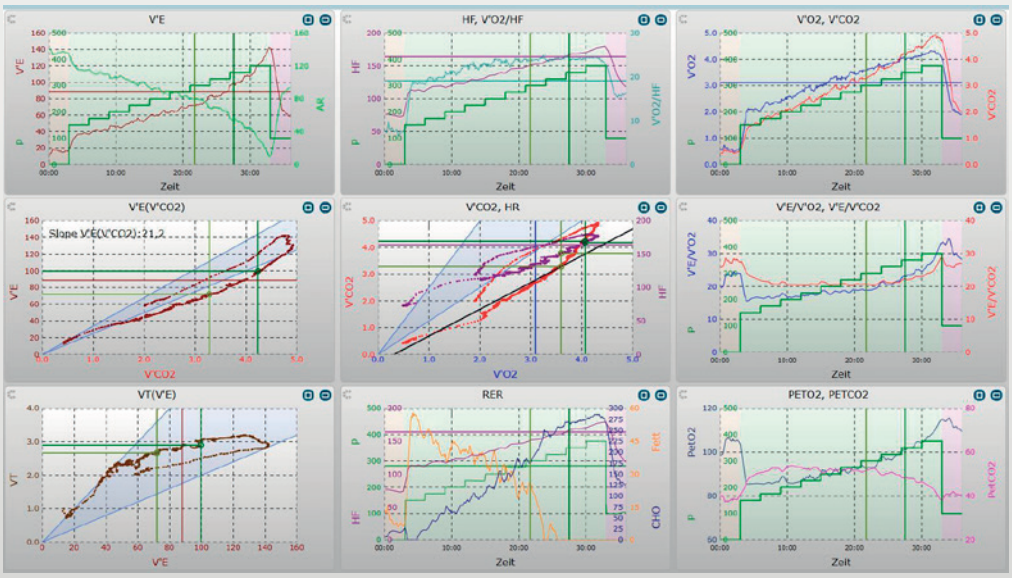
Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

9-Felder-Grafik (1st Ed.,1978) *„customized“*



- Zusätzlich eingeblendete Datenkanäle können die Interpretation der 9-Felder-Grafik erleichtern:
  - ✓ Zeitbezogene Felder (1, 2, 3, 6, 8, 9): Last in Watt (Radtest) oder km/h (Laufband)
  - ✓ Feld 8: Substratutilisation (Fette + Kohlenhydrate)
  - ✓ Feld 5: 45°-Tangente, ggf. Isoplethen für O_2-Puls 5ml und 15ml
  - ✓ Feld 6: ggf. für Laktat Kanal zur manuellen Dateneingabe von Einzelwerten
  - ✓ Feld 1 (oder 7): %MVV auf der y² -Achse mit 1,0 x MVV als Schnittpunkt mit der X-Achse [Atemreserve (AR)], MVV basierend auf FEV1-Manöver vor Test berechnet
  - ✓ Feld 9: BGA-Werte (PaO_2, $PaCO_2$) aus arterialisiertem Kapillarblut des Ohrläppchens

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Normwerte in der Spiroergometrie

9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

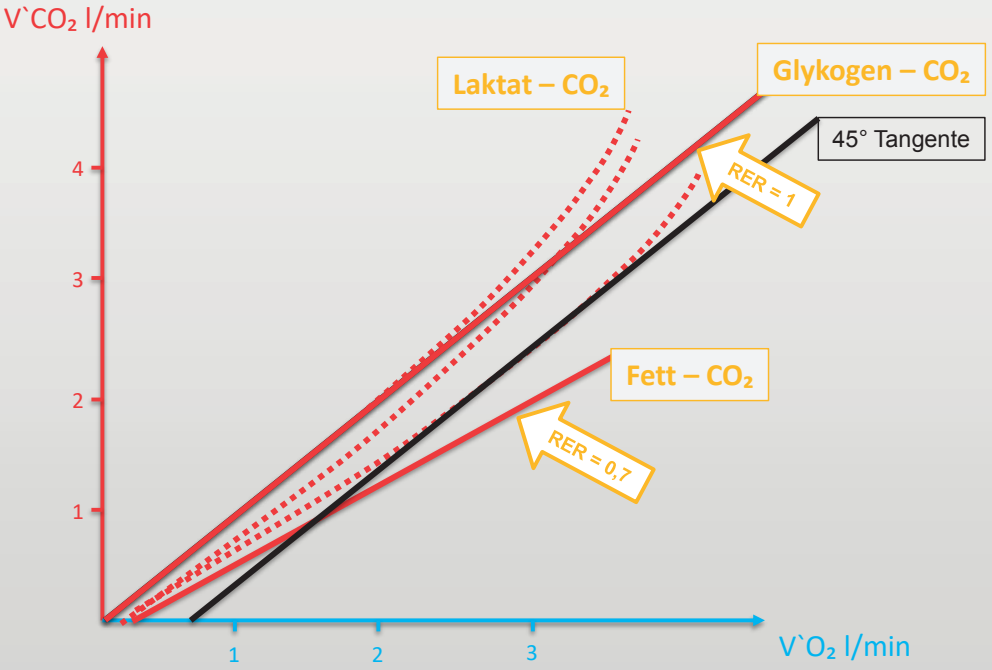
Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Wie funktioniert der „V-Slope“ in Feld 5?



Schematische Darstellung, die die theoretischen Auswirkungen verschiedener Stoffwechselbrennstoffe auf das Verhältnis des CO_2-Ausstoßes zur O_2-Aufnahme zeigt. Der CO_2-Ausstoß ist am geringsten, wenn nur Fett verwendet wird, und steigt mit zunehmendem Einsatz von Kohlenhydraten und mit der Produktion von Laktat

- **RER = 1** → 45° Tangente durch den Nullpunkt → $V`O_2$ ist = $V`CO_2$ an jedem Punkt der Geraden → „100% aerobe Kohlenhydratverstoffwechselung“
- **MERKE: an der VT1 liegt RER zwischen 0,7 und 1,0; Faustregel → Reihenfolge: VT1 < RER=1 < VT2**

Modifiziert nach 1997 Jones NL, Clinical Exercise Testing, S. 23, Fig. 2-4.

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Spiroergometrie in der Sportmedizin

Auswertung der 9-Felder-Grafik nach Wasserman in der Praxis

- *Standardisiertes Vorgehen*
- *Pitfalls & Fehlerquellen*
- *Befundung und Interpretation*

Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

ZfS-Standardalgorhythmus zur Interpretation der 9-Felder-Grafik

nach Karlman Wasserman (1st Ed., 1978) → Normwerte für Gesunde

zfs | Zentrum für Sportmedizin

ZfS-Standard: Auswertung der 9-Felder-Grafik (1st Ed., 1978):

Feld 3/8: V`$O_2$peak >85% V`O_2 predict; V`$O_2$ an VT1 >40% V`O_2predict; V`$O_2$ max oder V`O_2peak? V`$CO_2$max; RER: Metabolische Flexibilität / Substratverstoffwechselung; maximale Leistung (Watt, METmax, Watt/kg); OUES >1,47? „Aerobe Kapazität" = V`O_2(P) Slope „Slope 1" >8ml/min/Watt?; „Slope 2" >4ml/min/Watt? MRT („oxygen delay") <60Sekunden? Funktion ExcessCO_2

Feld 5: V`$O_2$peak >85% V`O_2predict; V`$O_2$ an VT1 >40% V`O_2predict; ggf. Verifizierung von VT2; HR, V`$O_2$ und Last an VT1 und an V`O_2peak; VT nach V-Slope Methode; Höhe der eingegangenen metabolischen Azidose (Nachlastkurve); HRmax; maximaler O_2-Puls >85%Sollwert? HR/V´O_2-Slope; HRR1 (heart rate reserve); HRR2 (heart rate recovery, HR decay slope) >12(16)/min

Feld 6: Bestimmung von VT1 basierend auf EQO_2 und VT2 basierend auf EQCO_2; Atemeffizienz; Verlauf und Werte von EQCO_2 und EQO_2 (dimensionslos) an VT1 (<35?) in Ausbelastung (<40?); Ökonomisierung der Atemäquivalente („Badewanne")? Hinweise für ↑Totraumventilation?

Feld 4: V`E-Slope [1min nach Lastbeginn bis VT2]: Verlauf und absoluter Wert: Hyper- (>34) oder Hypoventilation (<25); *Chronische Herzinsuffizienz: Werte >32,5 prognoserelevant*; Bestimmung von VT2 (=RCP); Atemeffizienz

Feld 2: HR; O_2-Puls: Verlauf, maximaler O_2-Puls >85% Sollwert? Bezug maximaler O_2-Puls zur Last; Ruhe- und AusbelastungsHR; HRR1 (heart rate reserve); HRR2 (heart rate recovery, HR decay slope) >12(16)/min?

Feld 1: V`Emax und dessen Bezug zu individuell ermittelten oder kollektiven Sollwerten (V`Epredict); „Neuner-Regel" (<9l V`E/25Watt); VT1 & VT2 bilden sich ggf. als Atemantriebe ab; Atemreserve AR (≥20% von MVV). Antasten oder Aufbrauchen der Atemreserve? [<20%MVV = pathologisch]

Feld 7: Atemmuster (Obstruktion oder Restriktion?); Atemrhythmus (z.B. Kopplung der Atem- an die Schrittfrequenz); Atemarbeit; Hinweise für atemmechanische Limitierung?

Feld 9: Verifizierung VT1+ VT2; absolute Werte und Verlauf der endtidalen O_2- und CO_2-Partialdrücke; ggf. Bezug zu aufgetragenen BGA-Werten (arterialisiertes Kapillarblut des Ohrläppchens) oder SpO_2

***Am Messplatz wird vorgehalten**: „Bronchospasmolyseset": Salbutamol + Ipratropium Spray (→ Reversibilität einer bronchospastischen endobronchialen Obstruktion), Nitrospray (→ Reversibilität einer typischen Angina pectoris)*

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs
9-Felder-Grafik
Feld 3 / 8 & Kalorimetrie
Feld 5 & VT1
Feld 6
Feld 4 & VT2
Feld 2
Feld 1
Feld 7
Feld 9
Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

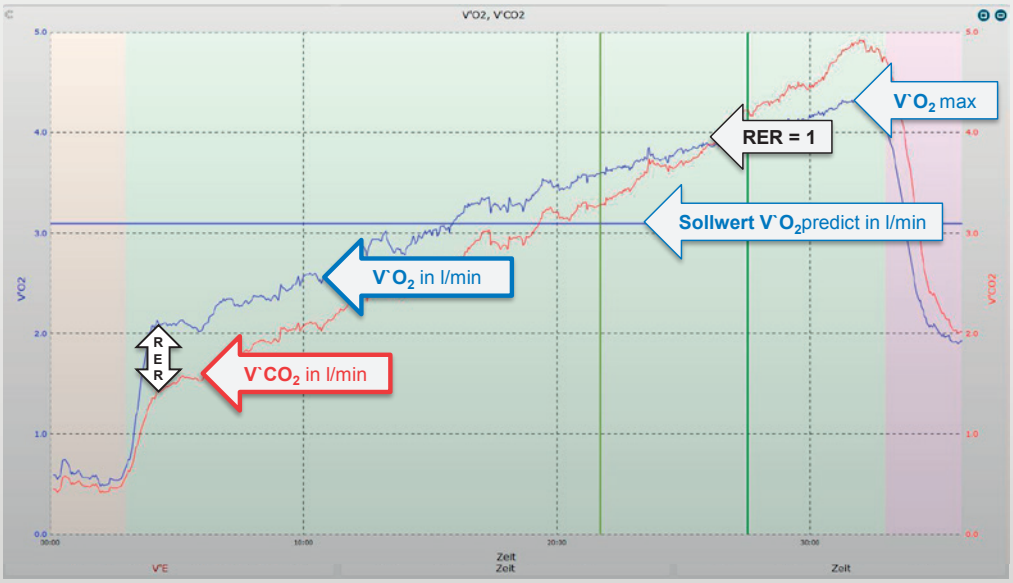
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Systematik der Befundung: 7Fragen pro Feld

- ***Welche Aussagen sind möglich?***
  - ✓ Welche Befundparameter können aus dem Feld erkannt werden?
- ***Was ist dargestellt?***
  - ✓ Welche Daten sind im Feld gegeneinander aufgetragen?
- ***Welche Normwerte liegen zugrunde?***
  - ✓ Für welche Kanäle sind Normwerte sind im Feld hinterlegt, woher stammen sie und bilden Sie den untersuchten Probanden ab?
- ***Was bedeuten die eingeblendeten Isoplethen?***
  - ✓ Wofür stehen die Isoplethen, die im Feld eingetragen sind und die Orientierung erleichtern sollen?
- ***Was muß befundet werden?***
  - ✓ Gibt es einen befundungsrelevanten „Slope"?
  - ✓ Welche relevanten Informationen aus dem Feld gehören in den Befundbericht?
- ***Zusätzlich einblenden:***
  - ✓ Welche zusätzlichen Informationen können sinnvoll in das Feld eingeblendet werden und die Befundung bereichern?
- ***Redundanz:***
  - ✓ Welches der anderen Felder beinhaltet die gleichen Informationen?

2014 Schomaker R, Congress Presentation

Schritt 1: Feld 3



- ✓ **V`O₂** (Y1-Achse links) und **V`CO₂** (Y2-Achse rechts) sind in l/min gegen die Zeit (min; X-Achse) aufgetragen; *ggf. zusätzlich die **Last** in Watt (Rad) oder km/h (Laufband) auf der X-Achse auftragen*
- ✓ Je größer der Abstand von **V`O₂** über **V`CO₂**, umso näher ist **RER** an **0,7** d.h. umso höher ist der Anteil der Fettverbrennung an der Gesamtenergiebereitstellung (**RER** = **V`CO₂ / V`O₂**)
- ✓ ***RER = 1** entspricht keiner definierten „Schwelle"; vielfach kommen im Testverlauf mehrere Kreuzungspunkte „**RER = 1**" vor*
- ✓ **RER ist *im Regelfall* an VT1 <1 und an VT 2 >1. → CAVE! Es gibt Ausnahmen (z.B. unter ketogener Ernährung kann VT2 bei RER <1 nachweisbar sein)**

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs
9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Feld 3: $T_{1/2}V'O_2$ – *ein unzureichend validierter Parameter*

- ✓ $T_{1/2}V'O_2$ = Zeit nach Lastende bis zum Abfall der $V'O_2$ auf 50%$V'O_2$peak über 3Minuten gemessen → **$T_{1/2}V'O_2$ steigt mit Progredienz einer Herzinsuffizienz an**
- ✓ Verschiedene Untersucher haben diesen Parameter in den 1990er Jahren hinsichtlich möglicher Korrelation zu Einschränkungen der relativen $V'O_2$peak, Herzinsuffizienzgraden und als ***mögliches Prognosekriterium für Herzinsuffiziente*** an kleinen Fallzahlen untersucht
- ✓ **Als pathologisch und prognoserelevant werden $T_{1/2}V'O_2$ Werte von >97 bis >170 Sekunden diskutiert. Für Gesunde werden <90Sekunden (Herdy, 2016) angenommen**
- ✓ Als Parameter zur Abgrenzung krank/gesund oder kardial/pulmonale Dyspnoe hat sich die $T_{1/2}V'O_2$ mangels Validierung und Standardisierung bisher nicht etabliert
- ✓ ***Eine gute Evidenzlage besteht hingegen für die Nachlastkurve der Herzfrequenz (HRR2)***

1988 Reddy HK et al, Hemodynamic, ventilatory and metabolic effects of light isometric exercise in Patients with Chronic Heart Failure, IACC Vol 12, No 2, Augusr 1988, 353-8

1996 DeGroote P et al, Kinetics of Oxygen Consumption During and After Exercise in Patients With Dilated Cardiomyopathy, JACC Vol 28, No 1, July 1996, 168-75

1995 Cohen-Solal A et al, Prolonged kinetics of recovery of oxygen consumption after maximal graded exercise in patients with chronic heart failure, Circulation Vol 91, No 12, June 1995, 2924-2932

1998 Scrutinio D et al., Percent achieved of predicted peak exercise oxygen uptake and kinetics of recovery of oxygen uptake after exercise for risk stratification in chronic heart failure, Int J Cardiol, 64 (1998) 117-124

Feld 3: V`O₂max/peak ,V`O₂(P)-Slope, metabolische Flexibilität

- ***Welche Aussagen sind möglich?***
  - ✓ V`O₂max bzw. V`O₂peak , METmax, maximale Last (Radtest: Watt, Laufbandtest: km/h → Watt/kg), mean response time [MRT, oxygen delay], V'CO_2-Kurve im Testverlauf
  - ✓ „Aerobe Kapazität" = V`O₂(P)-Slope = ΔV`O₂/ΔWR [Norm: 10ml/min/Watt]
  - ✓ Substratutilisation + Metabolische Flexibilität: RER → Fett-/Kohlenhydratmetabolismus
  - ✓ Compliance/Mitarbeit, Ausbelastung
  - ✓ FUNKTION von V'CO_2: ExcessCO_2-Slope [$ExCO_2 = [(V'CO_2)^2/V'O_2) - V'CO_2]$] → VT1
- ***Was ist dargestellt?***
  - ✓ Verlauf von V`O₂ und V`CO₂ in l/min über die Zeit
- ***Welche Normwerte liegen zugrunde?***
  - ✓ Sollwert für **V`O₂ predict** nach SHIP, Wasserman, Cooper, Hansen, Jones, Potthoff
- ***Was bedeuten die Isoplethen?*** -
- ***Was muß befundet werden?*** **[angegeben sind Normwertgrenzen für Gesunde]**

✓ **SLOPES**: **V`O₂(P)-Slope (ΔV`O₂/ ΔWatt) >8ml/min/Watt**?; OUES (oxygen uptake efficiancy Slope) >1,47?; **FUNKTION ExcessCO_2-Slope [$ExCO_2 = [(V'CO_2)^2/V'O_2) - V'CO_2]$] → VT1**

✓ Anstieg + Morphologie Kurve V`O₂ [Peak? Plateau und Bezug zum Normbereich (→*„Slope 2" – „double slope"*?)], Abstand Kurve V`O₂ zur V`CO₂ (= RER im Verlauf), Anstieg V`CO₂

✓ **V`O₂peak *„absolut"* in l/min [>85% V`O₂ predict?]** und ***„relativ"*** in ml/min/kg

✓ **V`O₂ an VT1 in %V`O₂predict [>40%?]** und in %V`O₂peak, max. Last (Pmax) in Watt + Watt/kg

✓ **mean response time** [= MRT, oxygen delay] **<60Sekunden?**

✓ *($T_{1/2}$ V´O_2 = Zeit nach Lastende bis Abfall der V´O_2 auf 50%V´O_2peak [<90/200Sekunden?])?*

- ***Zusätzlich einblenden:***
  - ✓ Last in Watt oder km/h [→ V`O₂(P)-Slope: Norm 9-11ml/Watt]
- ***Redundanz:***
  - ✓ V`O₂ und V`CO₂ in Feld 5; V`CO₂ in Feld 4, V`CO₂/VO₂ (= RER) in Feld 8

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs
9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

Feld 7

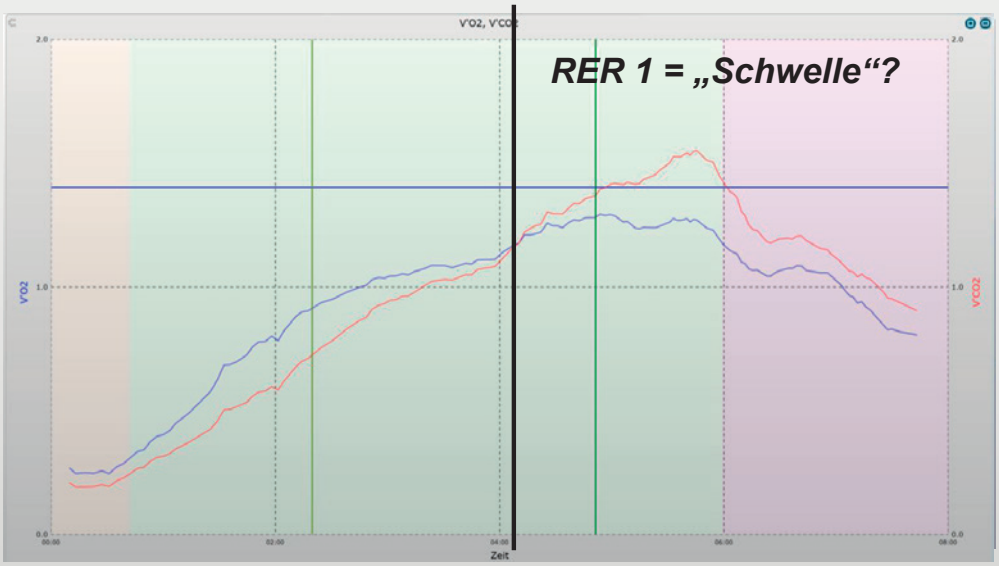
Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Pitfall: Schwelle bei RER = 1?

→ *„CROSSING METHOD" / RER-AT: → „OBJECTIVE AND READILY OBTAINABLE"?*



- 54jährige Frau, 54,5kg, 171cm,
- Radergometertest: 50 - 128Watt, Rampenprotokoll mit Laststeigerung von 15Watt/min

RER = 1 „The Crossing Method“ oder „RER-AT“

1924 Archibald Hill et al: „a study of the RQ … may throw light on the acid-base changes occurring as a result of exercise“

1930 Harrison, Pilcher, Clark finden hohe „respiratory gas exchange ratio“ bei niedriger Belastung von herzinsuffizienten Patienten

1964 Wasserman & McIlroy beschreiben den Anstieg der „respiratory gas exchange ratio **R ($PetCO_2/PetO_2$)** to detect the onset of anaerobic metabolism during exercise“*

1973 Wasserman beschreibt die ExcessCO_2-Bildung aus der Bikarbonat-pufferung des Laktats als AT und relativiert „R“ [=respiratory gas exchange ratio (= $PetCO^2/PetO^2$)] ***als Abbild der ↑ lokalen metabolischen Azidose***

1986 Beaver, Wasserman und Whipp publizieren die „V-Slope-Methode” zu Detektion des Beginns der ExcessCO_2-Bildung aus der Bikarbonatpufferung des Laktats

1924 Hill A et al, Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen, 1 Proc Roy Soc London, Ser B96:438-475, 1924

1930 Harrison TR, Pilcher C, Studies in congestive heart failur II. Respiratory exchange during and after exercise, J Clin Invest 8:291-315, 1930

*1964 Wasserman K, McIlroy MB, Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise, Am J Cardiol 1964 Dec;14:844-52

1973 Wasserman K, Whipp BJ, Joyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J Appl Physiol 1973; 35: 236-43

1986 Beaver WL et al, A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange, J Appl Physiol(1985). 1986 Jun;60(6):2020-7

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs
9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

RER = 1 „The Crossing Method“ oder „RER-AT“

- 1983 Yeh et al definieren **RER= 1 als „RER-AT“**: „$V`O_2$ at the time when RER stabilized above 1.0 not returning to levels below” *(=letzter Kreuzungspunkt)*
- 1990 Dickstein et al beschreiben zur Validierung der AT hingegen den 1. Kreuzungspunkt von $V`CO_2$ und $V`O_2$ in Feld 3 (***erster Atemzug*** im Testverlauf, an dem RER = 1 ist) bei einem Laktatwert von 2mmol/l mit der Einschränkung ***„objective and readily obtainable but arbitrary and cannot be expected to correspond to the onset of anaerobiosis as accurately as methods based on physiological transitions in the pattern of gas exchange”***
- *1991 Cohen-Solal beschreibt* das o.g. Verfahren als „crossing method“ mit der Einschränkung ***„tended to overestimate the mean VT”***
- *2016 Peinado et al untersuchten RER = 1 in Relation zu MaxLass an 12 Amateurradsportlern: die Leistung bei RER = 1 (347 ±35W) lag deutlich über der Leistung an MaxLass (284 ±30w) und an VT 1 (253 ±37W)*

1983 Yeh MP et al, “Anaerobic threshold”: problems of determination and validation. Journal of Applied Physiology 55, 1178-1186

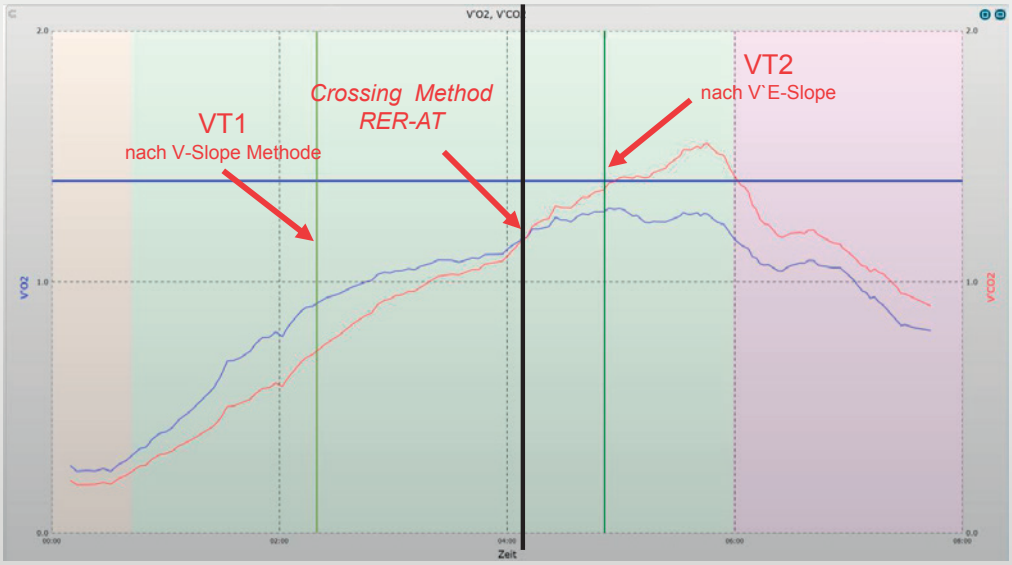
1990 Dickstein K, Barvik S, Aarsland T, Snapinn S, Kalsson J, A comparison of methologies in detection of the anaerobic threshold. Circulation 1990; 81 (Suppl II): II-38-II-46

1991 Cohen-Solal A et al, Multicentre study of the determination of peak oxygen uptake and ventilatory threshold during bicycle exercise in chronic heart failure, Comparison of graphical methods, interobserver variability and influence of the exercise protocol, *Eur Heart J*(1991) 12, 1055-1063

2005 Solberg G et al, Respiratory Gas Exchange Indices for Estimating the anaerobic threshold, J Sprtso Sci Med (2005) Mar 1;4(1):29-36

2016 Peinado AB et al, The midpoint between ventilatory thresholds approaches maximal lactate steady state intensity in amateur cyclists, Biol. Sport 2016;33:373-380

VT1, VT2 UND „*CROSSING METHOD*“ / *RER-AT*



- 54jährige Frau, 54,5kg, 171cm,
- Radergometertest: 50 - 128Watt, Rampenprotokoll mit Laststeigerung von 15Watt/min

[Mader und Heck beschrieben 1986 das Model eines „crossing points“ als Gleichgewicht von Laktatbildung und Abbau. Dieses Konzept steht zur o.g. „crossing method“ von $V`CO_2/V`O_2$ in keinem Bezug]

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs
9-Felder-Grafik

Feld 3 / 8 & Kalorimetrie

Feld 5 & VT1

Feld 6

Feld 4 & VT2

Feld 2

Feld 1

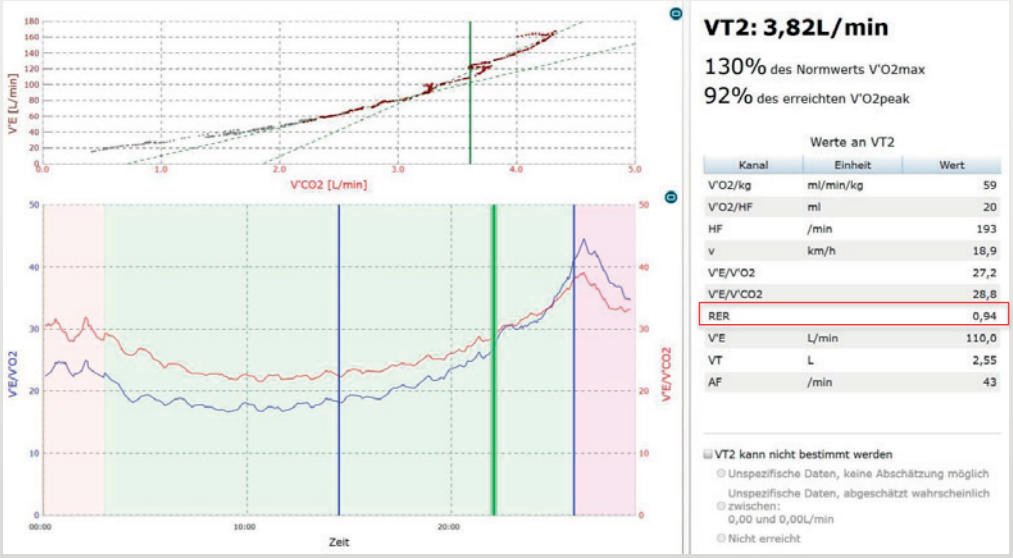
Feld 7

Feld 9

Herz oder Lunge?
Befundungshilfen, ReTest

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

VT1 < RER=1 ≤ VT2?



- *„Da zu Beginn der Belastung die RER im Normalfall < 1 ist und unter der Belastung zunächst abfällt, liegt die VT1 immer bei einer RER <1.“ [Westhoff M et al. 2013]*
- *„VT2: Zeichen der überproportionalen Ventilation zum Ausgleich der Laktatazidose. $V`CO_2/V`O_2$ Slope deutlich >1; RER häufig ca. 1,0 und > 1,0.“ [Kroidl R et al, 2015]*
- **Fallbeispiel oben: Triathlet unter ketogener Ernährung** [<20g Kohlenhydrate/d; <5% Kohlenhydrate am Gesamtenergieumsatz/d] **mit VT2 bei RER=0,94**

2013, Westhoff M, Ruehle KH, Greiwing A, Schomaker R, Eschenbacher H, Siepmann M, Lehnigk B, Ventilatorische und metabolische Schwellen – Positionspapier AG Spiroergo, S. 278

2015 Kroidl R, Schwarz S, Lehnigk B, Kursbuch Spiroergometrie 3. Aufl., Abb. 3.76, S.143

JEDER GANG MACHT SCHLANK?

- IST EINE GEWICHTSREDUKTION DURCH TRAINING MÖGLICH?

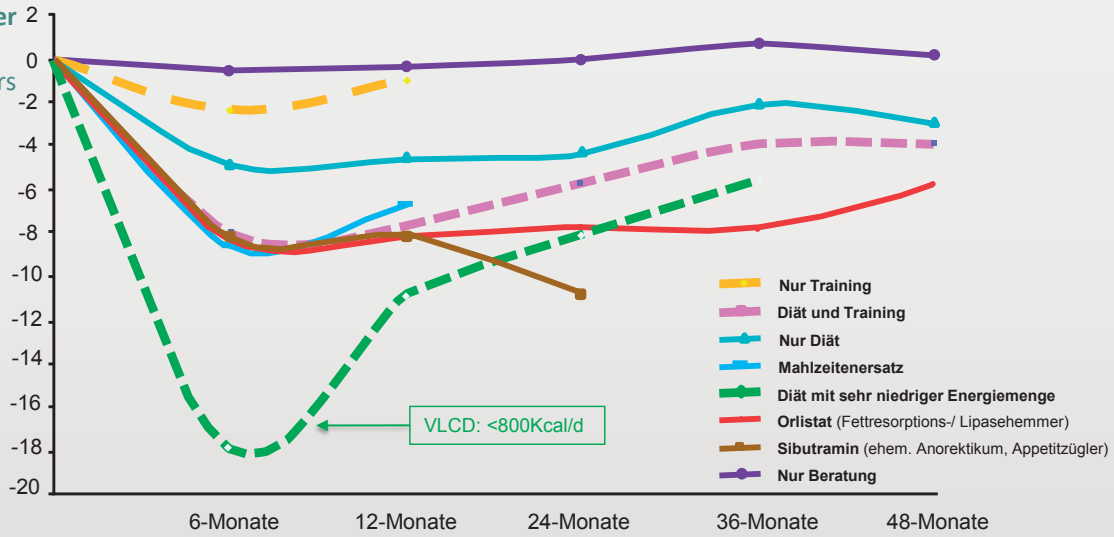
Erwarteter anfänglicher Gewichtsverlust und Möglichkeit eines klinisch signifikanten Gewichtsverlusts durch verschiedene Trainingsmodalitäten

Modalität	Gewichtsverlust	Klinisch signifikanter Gewichtsverlust
Schrittzählerbasiertes Schrittziel >10.000 Schritte am Tag	Spannbreite: 0-1kg Gewichtsverlust	unwahrscheinlich
Ausschließlich aerobes Ausdauertraining	Spannbreite: 0-2kg Gewichtsverlust	Möglich, aber nur bei extrem hohen Ausdauertrainingsumfängen (>7h/Woche)
Ausschließlich Krafttraining	Kein Gewichtsverlust	unwahrscheinlich
Kombination Krafttraining & aerobes Ausdauertraining	Spannbreite: 0-2kg Gewichtsverlust	Möglich, aber nur bei extrem hohen Ausdauertrainingsumfängen (>7h/Woche)
Kalorienrestriktion und aerobes Ausdauertraining	Spannbreite: 9-13kg Gewichtsverlust	möglich

- Auf offiziellen Empfehlungen basierende aerobe Ausdauertrainingsumfänge (150–420 Minuten/Woche) können zu einem leichten Gewichtsverlust (bis 2 kg) führen, allerdings ist der Gewichtsverlust auf individueller Ebene sehr heterogen
- Ärzte sollten ihren Patienten realistische Erwartungen zur Möglichkeit einer Gewichtsabnahme durch körperliches >Training vermitteln und aufklären, dass körperliche Aktivität ohne Gewichtsabnahme zahlreiche gesundheitliche Vorteile mit sich bringt
- *Extrem hohe Belastungsumfänge (8h Gehen + 45min Armkurbelergometrie PRO TAG) + Kalorienrestriktion auf 3,2Kcal/kg/d über 4Tage führten zu 0,5kg/d Körperfettmassen-abnahme bei übergewichtigen Männern*

2014 Swift DL, Johannsen NM, Lavie CJ, Earnest CP, Church TS, The role of exercise and physical activity in weight loss, Progress in Cardiovascular Diseases 56 (2014), 441-447; modifiziert nach Table 1; p 443

2014 Calbet JAL et al, A time-efficient reduction of fat mass in 4 days with exercise and caloric restriction, Scand J Med Sci Sports 25(2) · April 2014



Durchschnittlicher Gewichtsverlust von Probanden, die eine einjährige Gewichtsreduktion komplettiert haben; basierend auf einer Übersicht von 80 Studien (N=26,455; 18,199 haben die Interventionen komplett absolviert [69%]), nach Franz et al. 2007, S. 1757.

- ✓ **„Körperliches Training allein führt zu keinem signifikanten Gewichtsverlust bei adipösen Menschen“**
- ✓ „Basierend auf den aktuellen Ergebnissen stellen **Ernährungsumstellung in Kombination mit körperlichem Training und Verhaltensmodifikation den effektivsten Weg für nachhaltige Gewichtsreduktion** bei übergewichtigen Menschen dar“
- ✓ **„Die Ergebnisse zeigen, dass isoliertes aerobes Training kein geeigneter Weg zur Gewichtsreduktion ist“**

2007 Franz M et al, Weight-Loss Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Weight-Loss Clinical Trials with a Minimum 1-Year Follow-Up, J Am Diet Assoc. 2007;107:1755-1767

2011 Thorogood A et al, Isolated Aerobic Exercise and Weight Loss: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials, *The American Journal of Medicine (2011) 124, 747-755*

2009 Söderlund A et al, Physical activity, diet and behaviour modification in the treatment of overweight and obese adults: a systematic review, Perspectives in Public Health 2009 129: 132, DOI: 10.1177/1757913908094805

2017 Anton SD et al, Effects of Popular Diets without Specific Calorie Targets on Weight Loss Outcomes: Systematic Review of Findings from Clinical Trials, Nutrients 2017 Jul 31;9(8).

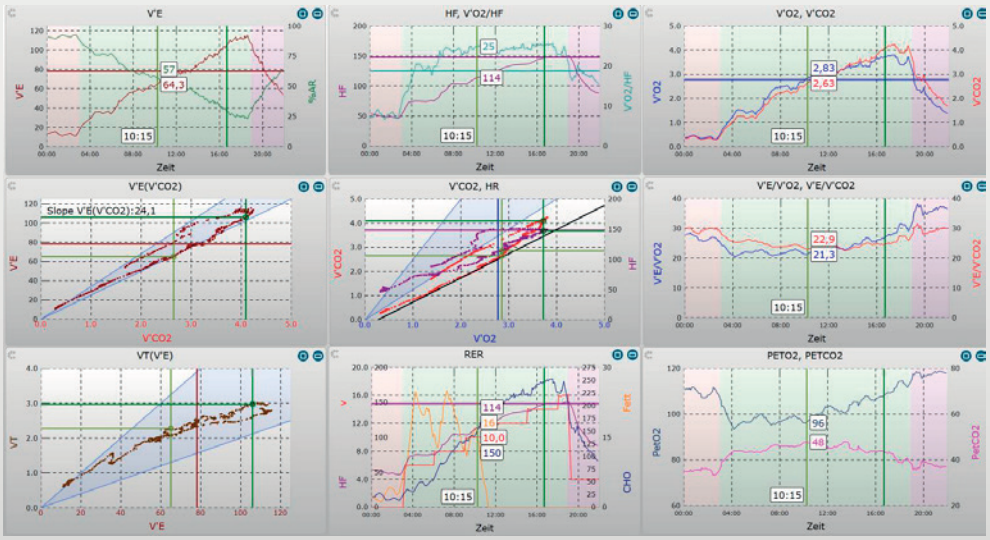
Exkurs VIII
VT1 & Marathonpace

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

DER INTERESSANTE FALL # 6

Exkurs VIII
VT1 & Marathonpace



- 52jähriger Laufsportler, 77,8kg, 180cm, *„möchte Marathon unter 3:30h laufen – dieser findet in 11Tagen statt!“ →Race Pace: 12km/h ≈5min/km*
- Laufbandtest 6 – 16km/h (≈ 303 Watt); 2km/h-Inkremente
- **VT1**: HF 114/min, 8,8 km/h (≈ 192Watt)
- **V`O₂peak**: HF 149/min, 16km/h (≈ 303 Watt), 3,9 Watt/kg, 13,9 MET, V`O₂ 3,78 l/min, O₂-Puls 25 ml, relative V`O₂ 49 ml/min/kg
- RER bei 16 km/h: 1,11; V`O₂(P): 12,5ml/min/W; V`E(V`CO₂): 24,1; Slope HF-Erholung: -24,05/min

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

IST EINE MARATHON-TEILNAHME GEFÄHRLICH?

Plötzlicher Herztod im Volkslauf
- ✓ Halbmarathon: 1 Herztodfall pro 400.000 Starter
- ✓ Marathon: 0,5-2 Herztodfälle pro 100.000 Starter
- ✓ 86% der Betroffenen sind Männer, Ø Alter 42 ±13 Jahre
- ✓ Am häufigsten im letzten ¼ der Strecke mit Häufung zur Ziellinie

Die entscheidende Frage lautet: *WER läuft WAS unter WELCHEN BEDINGUNGEN?*

- ✓ **STUDIE: 8 erfahrene Marathonläufer absolvierten über 7Tage täglich einen Marathon [Gesamtlaufzeit je Läufer: 23h 25min bis 34h 25min]**
- ➢ *Geringe Anstiege von Entzündungsmarkern, Leber- [AP, GOT, GPT und Muskelenzymen [LDH, CK, Myoglobin]*
- ➢ *Verbesserung der Lipidprofils {Gesamtcholesterin -10%, HDL +12%] sowie von Markern der Insulinresistenz [Nüchterninsulinwerte -54%, +HOMA-Index]*
- ➢ *Herzenzyme: während die CK-MB im Mittel um das 3,5fache stieg, blieben Troponin-T und pro-BNP konstant*
- ➢ *Nierenenzyme: kein Anstieg*

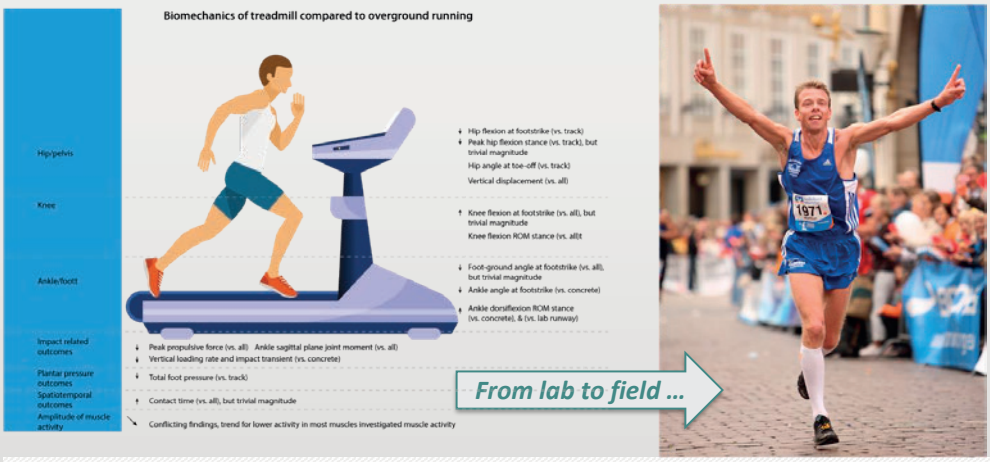
SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

2013 Karstoft, K et al, Daily marathon running for a week—The biochemical and body compositional effects of participation. J Strength Cond Res 27(11): 2927–2933, 2013

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

ÜBERTRAGBARKEIT ERGOMETRIEBASIERTER PARAMETER INS FELD

Exkurs VIII
VT1 & Marathonpace



- Trotz einer Vielzahl von Einflussgrössen ist die Übertragung von auf dem Laufband erhobenen Parametern ins Feld ohne relevante Abweichungen möglich *(Ausnahme: erheblich abweichender Laufstil auf dem Laufband)*
- Der Windwiderstand liegt zwischen 7,5% (Jogging) und 13,5% (Sprint) des Gesamtenergieumsatzes und wird näherungsweise über 1% (-2%) Steigung während der gesamten Lastphase abgebildet
- In 1m Abstand hinter einem vorauslaufenden Läufer zu laufen kann über eine Reduzierung des Luftwiderstandes 5-6% der V`O_2 einsparen

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

2020 Van Hooren B et al., Is Motorized Treadmill Running Biomechanically Comparable to Overground Running? A Systematic Review and Meta-Analysis of Cross-Over Studies, Sports Med 50:785–813
1971 Pugh LGCE, The influence of wind resistance in running and walking and the mechanical efficiency of work against horizontal or vertical forces. J Physiol. 1971;213(2):255–76
2015 McArdle WD, Katch FI, Katch VL, Exercise Physiology, 8th Ed., S. 220

Exkurs VIII
VT1 & Marathonpace

Zielzeitprognose und „Race pace"-Planung im Marathon

Kann man basierend auf einer Spiroergometrie die Marathonzielzeit vorhersagen?

- Die Geschwindigkeit „v" an VT1, VT2 und V`O_2max werden zur metabolismusbasierten prognostischen Abschätzung von Marathonzielzeiten / Laufgeschwindigkeit herangezogen
- Die Geschwindigkeit an der VT1 zeigt die engste Korrelation zur Marathonlaufgeschwindigkeit [verglichen mit „v" an VT2, OBLA, V`O_2max] → **VT1 = Sauerstoffdauerleistungsgrenze**
- **Die Geschwindigkeit an VT1 stellt eine studienbasierte Empfehlung für die Zielzeitberechnung bzw. die Pace-Planung für einen Marathonlauf dar** [Rhodes 1984: Vorhersage auf 103s genau bei 18 ≥3h-Läufern; Tanaka 1984 empfiehlt eine Korrekturformel unter Einbeziehung der Sauerstoffaufnahme an VT1, OBLA und V`O_2max]

1984 Tanaka K, Matsuura Y, Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation, J Appl Physiol Respir Environ Physiol 1984 Sep;57(3):640-3

1984 Rhodes EC et al, Predicting Marathon Time From Anaerobic Threshold Measurements, Phys Sportsmed. 12:95-98

1987 Péronnet F et al, Correlation between ventilatoty threshold and endurance capability in marathon runners, Med Sci Sports Exerc, 1987 19(6):610-615

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de

Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

Exkurs VIII
VT1 & Marathonpace

Trainingssteuerung „from lab to field":

→ *Beispiel: 52Jg. Marathonläufer, 77,8kg, 180cm, BMI 24,1 kg/m²*

→ *„From Lab …"* (01.04.2015)

- **Spiroergometrie**
  - ✓ VT 1: 8,8km/h,; HF 114/min, RER 0,93, AF 29/min [→ 150g KH, 15g Fett]

  ≈6:49min/km → ≈4:47,38h Zielzeit
  - Vorgabe: 12km/h HF 133/min; AF 32/min für **gewünschte Zielzeit <3.30h** [→226g/h KH, 0g Fett]
- **Laktatmessung**
  - ✓ AS (2mmol/l): HF 122/min
  - ✓ Dickhuth (→ 2,1mmol/l): 126/min

→ ***„ …to Field"*** (12.04.2015)

- **Rotterdam Marathon 2015**
- 18,7°C, 52m Höhenvarianz
- **Pulsuhr** (Suunto Movescount®)
  - ✓ HF: ≈ 134/min; ab 3:20h ↑149/min
  - ✓ V: ≈ 11,8 km/h
  - ✓ AF: ≈ 35/min
  - **Erreichte Zielzeit 3.36,53h**

  [>km25 Oberschenkelbeschwerden →↓Tempo; >km38 Gehpausen wegen Blase an Zehenspitze]

2015 Greiwing A, Schomaker R, unpublished data, https://www.blv-sport.de/laufteam/lehre/Rechner.htm

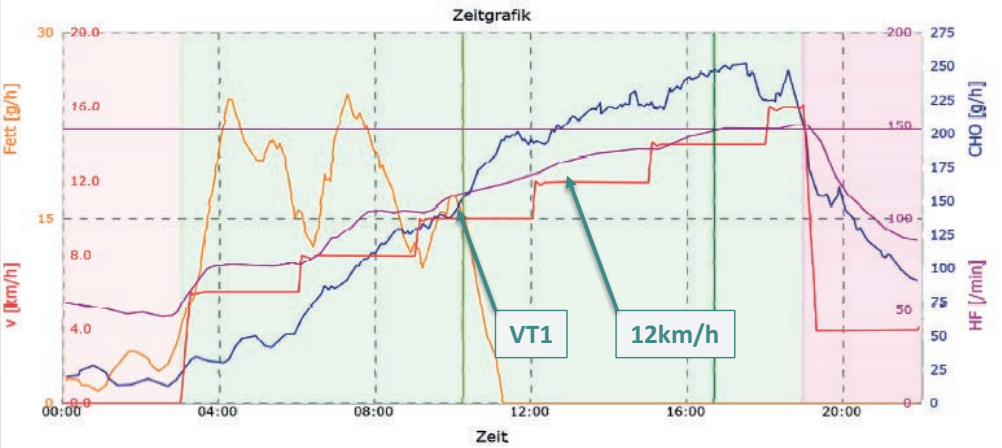
SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de

Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

KH-Oxidation versus KH-Aufnahme

- Kann man gegen den „Mann mit dem Hammer“ ansupplementieren?

Exkurs VIII
VT1 & Marathonpace



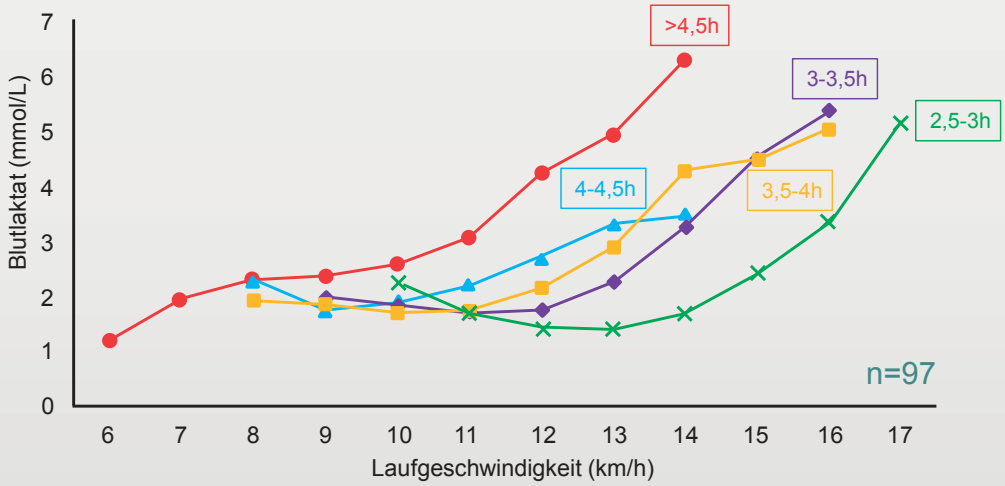
Belastungsintensität	KH-Oxidation g/h Fett-Oxidation g/h	→ KH-Oxidation g/min
VT1	150g/h 15g/h	→ 2,5g/min
12km/h	226g/h 0g/h	→ 3,76g/min

→ **Maximale Oxidationsraten exogen zugeführter KH liegen bei ≈1,2g/min** für **Glukose/Fruktose-Kombinationen 2:1**. Einflussfaktoren auf diese Rate sind: Magenentleerung, Verdauungsprozesse, intestinale Resorption, muskuläre Glukoseaufnahme und -metabolisierung

2019 Jeukendrup A, Gleeson M, Sport Nutrition (3rd Ed), Human Kinetics

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs



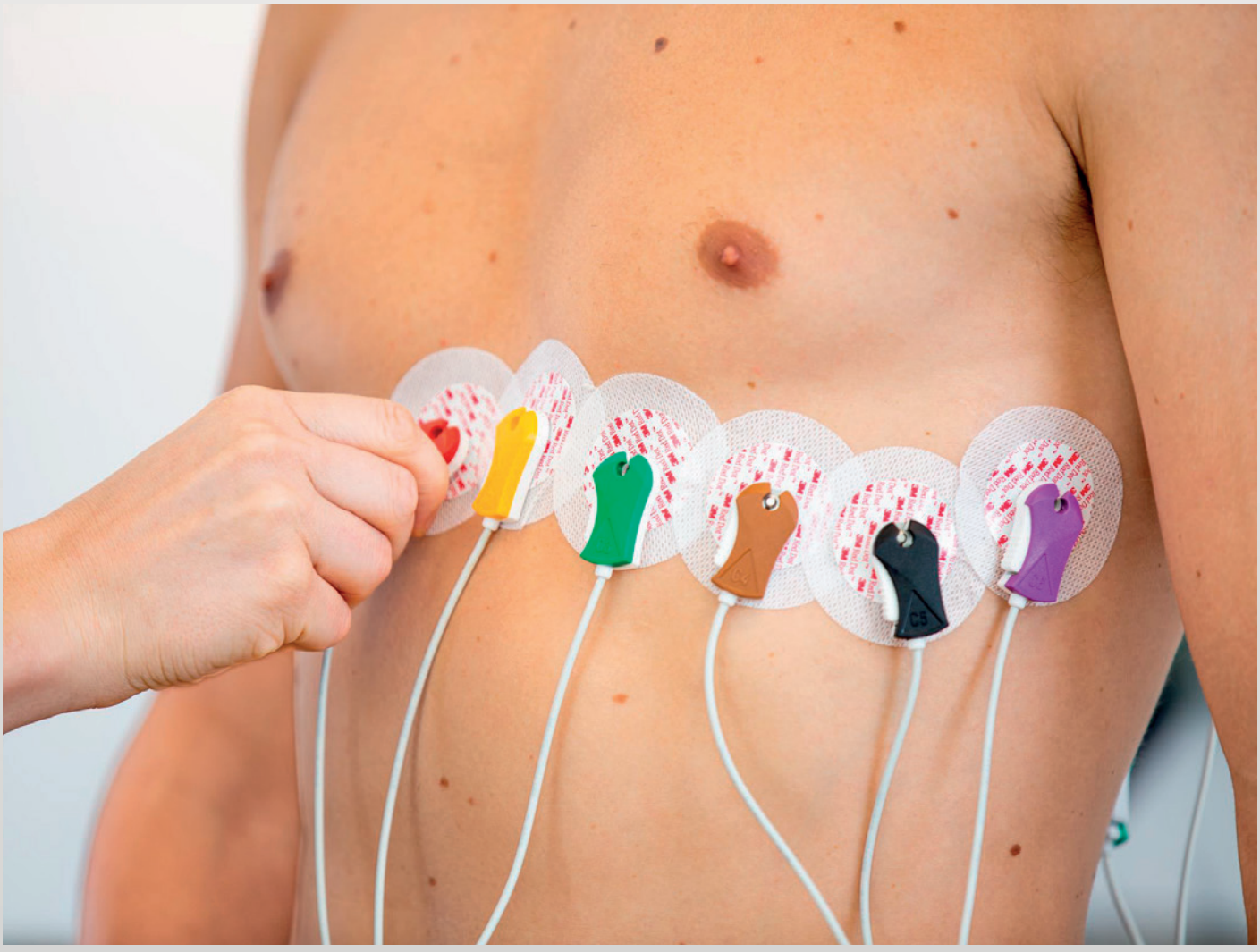
Exkurs VIII
VT1 & Marathonpace

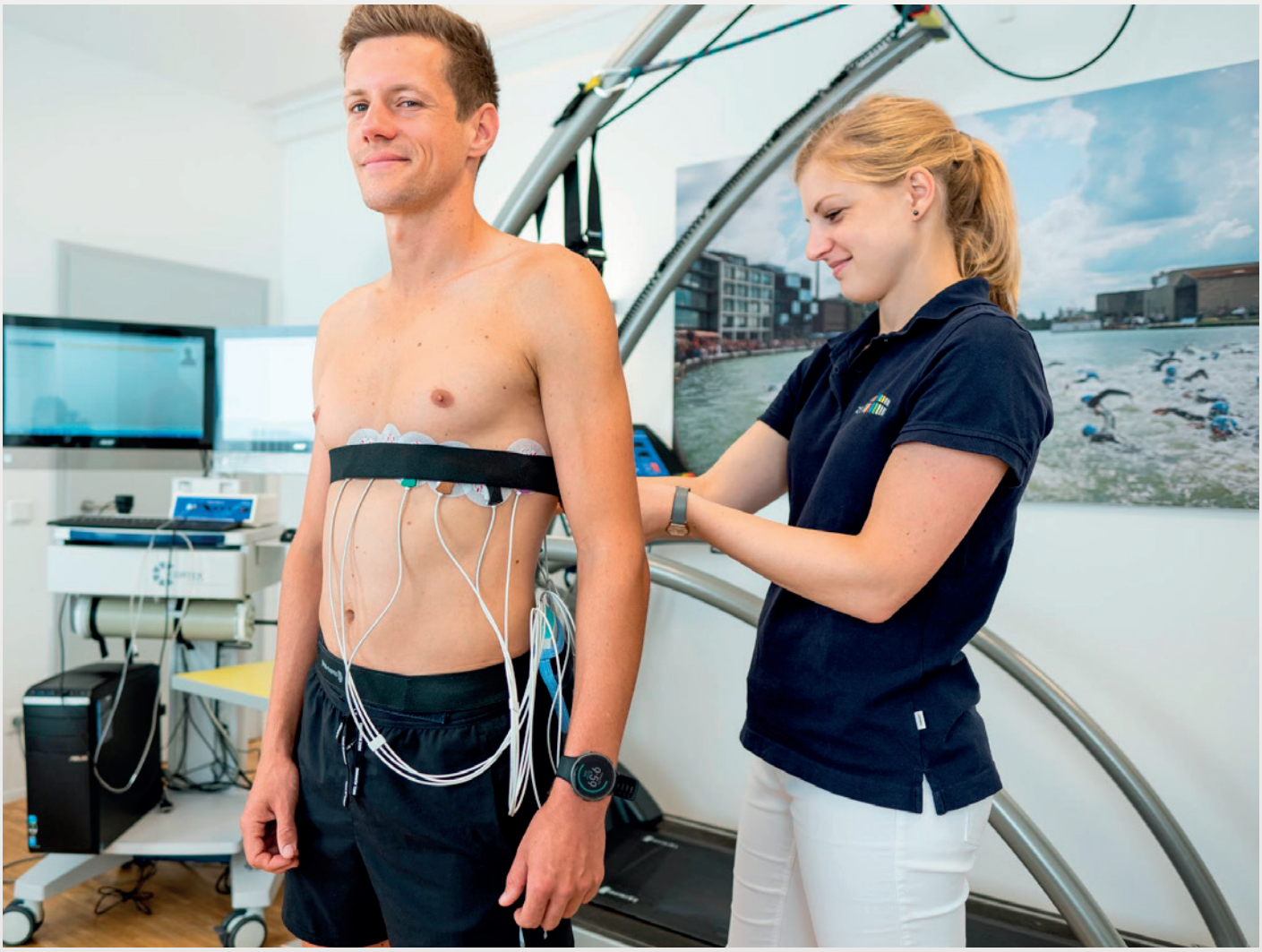
Characteristics	2,5-3h	3-3,5h	3,5-4h	4-4,5h	>4,5
Alter	40 ±7,3	43,6 ±9,9	42,4 ±11,6	43,6 ±9,3	42,1 ±10,3
LT1 km/h	**12,4 ±0,7**	**11,0 ±0,8**	**10,3 ±1,1**	**10,1 ±1,5**	**8,6 ±0,9**
Race Speed	**14,9 ±0,6**	**12,8 ±0,5**	**11,3 ±0,6**	**10,0 ±0,4**	**8,4 ±0,9***
LT1 %V`O_2max	68,7 ±7,5	70,7 ±6,4	70,5 ±5,7	73,3 ±7,5	71,6 ±6,9
V`O_2max ml/kg/min	63,3 ±7,7	55,7 ±4,8	53,2 ±4,6	53,0 ±8,6	46,5 ±5,2
Training km/Woche	91,7 ±31,6	81,5 ±26,0	62,4 ±27,3	56,2 ±14,8	43,8 ±9,5
Training h/Woche	8,1 ±2,5	7,9 ±3,2	6,5 ±2,7	7,7 ±2,4	7,3 ±5,4

2017 Gordon D et al., Physiological and training characteristics of recreational marathon runners, Open Access Journal of Sports Medicine 2017:8, 231-241, Table 1 [n=97] + Table 2 [n=82], Fig 1

*Fraglicher ***Schreibfehler*** in der Originalarbeit: S. 234, Tab 2, letzte Zeile: „8,4 ***±8,9***“

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing





EXKURS XII

Durchführung der FEV1-Messung: sitzend vor Fahrradergometrie, stehend vor Laufbandergometrie

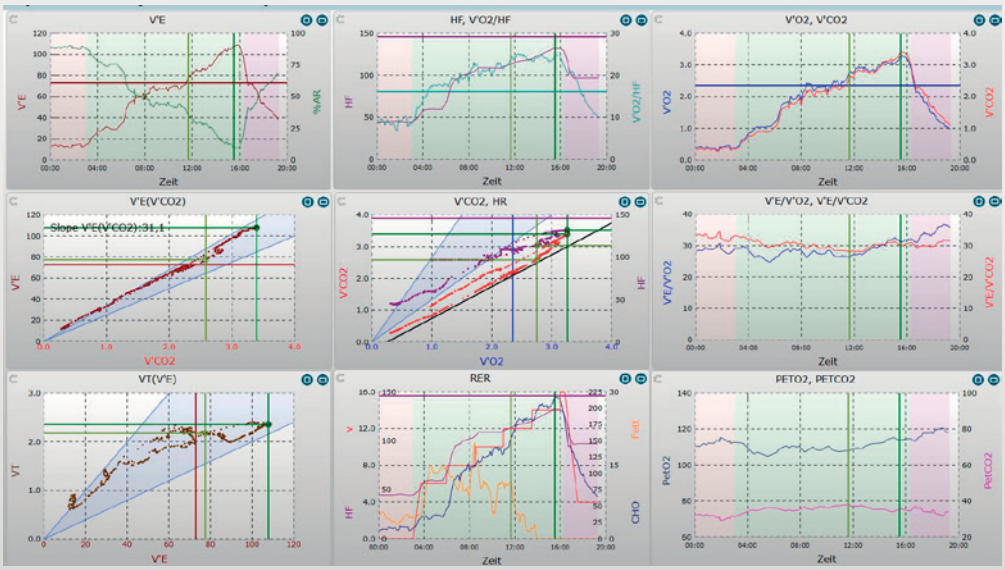
Exkurs XI
EIB & Intrabreath Kurven

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

EXERCISE INDUCED BRONCHOCONSTRICTION [EIB] & INTRABREATH KURVEN

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

DER INTERESSANTE FALL # 13



Exkurs XI
EIB & Intrabreath Kurven

- 54jähriger Mann, 65,5kg, 169cm, Laufsportler & Marathonläufer, Raucher >20 pack years: *„intervallhaft Luftnot ausschließlich beim Lauftraining, V.a. EIA“*
  - Hausarzt: subjektiver Leidensdruck mit der Frage ob sich die Beschwerden objektivierbar messbar darstellen lassen→ diagnostische Abklärung mittels Spiroergometrie beauftragt; ein früher bereits durch Lungenfacharzt rezeptiertes inhalatives Corticosteroid habe der Patient mehrfach abgelehnt
- Laufbandtest 6 – 16km/h (≈ 292 Watt); Stufentest 3min +30s/2km/h
- **VT1**: HF 111/min, 10 km/h (≈ 192 Watt)
- **V`O₂peak**: HF 132/min, 16km/h (≈ 292Watt), 4,4 Watt/kg, 14,2 MET, V`O₂ 3,26 l/min, O₂-Puls 25ml, relative V`O₂max 50 ml/min/kg
- **RER bei 16 km/h: 1,16**; V`O₂(P): 13,7ml/min/W; V`E(V`CO₂): 31,1; Slope HF-Erholung: -7,68/min - ***Ergibt die Spiroergometrie eine objektivierbare Erklärung für die Beschwerden?***

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

DER INTERESSANTE FALL # 13

Exkurs XI
EIB & Intrabreath Kurven

- ***Abklärung einer Obstruktion mittels INTRABREATH-Kurve in der Spiroergometrie***
- ***INTRABREATH-Kurven (→„IC-Manöver" am Ende jeder Laststufe)*** *erlauben eine Beurteilung obstruktiver Parameter unter Ergometerbelastung*
- 54jähriger Mann, 65,5kg, 169cm, Laufsportler & Marathonläufer, Raucher >20 pack years: *„intervallhaft Luftnot ausschließlich beim Lauftraining, V.a. EIA"*
- Laufbandtest 6 – 16km/h (≈ 292 Watt); Stufentest 3min +30s/2km/h
- **VT1**: HF 111/min, 10 km/h (≈ 192 Watt)
- **V`O₂peak**: HF 132/min, 16km/h (≈ 292Watt), 4,4 Watt/kg, 14,2 MET, V`O₂ 3,26 l/min, O₂-Puls 25ml, relative V`O₂max 50 ml/min/kg; **RER bei 16 km/h: 1,16**

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

F/V-KURVE UNTER BELASTUNG: „INTRABREATH KURVE"

EINE OPTION ZUR ABKLÄRUNG PNEUMOLOGISCHER FRAGESTELLUNGEN

Exkurs XI
EIB & Intrabreath Kurven

Indikationen zur Durchführung von Intrabreath Kurven [F/V unter Last]:

- **Spezifische Abklärung einer ventilatorischen Einschränkung unter ansteigender körperlicher Belastung mittels Beurteilung von**
  - ✓ exspiratorischer Flusslimitation
  - ✓ inspiratorischer Flussreserve
  - ✓ Relation von inspiratorischer Kapazität (IC) und endexspiratorischem Lungenvolumen (EELV) zur totalen Lungenkapazität (TLC) als Ausdruck einer dynamischen Überblähung oder einer Atemmuskelschwäche unter Belastung

  [Manche Labore schreiben die F/V-Kurvenfortlaufend auf jeder Laststufe mit]

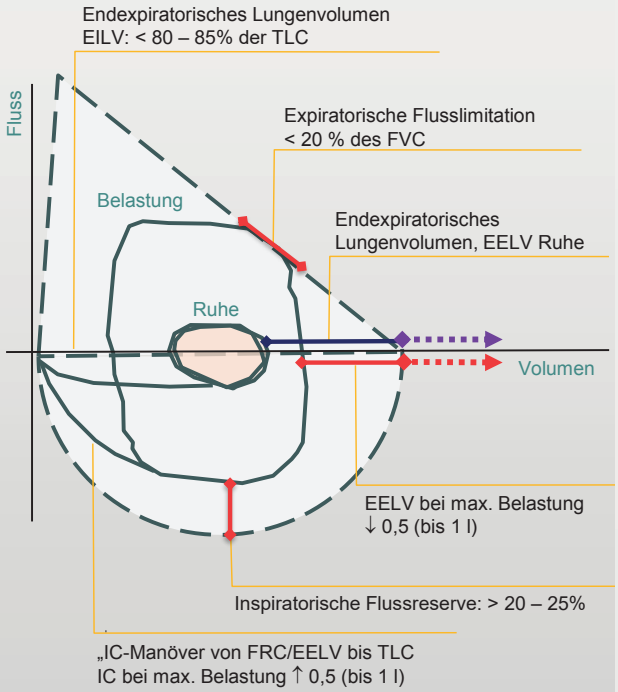
2018 Meyer FJ et al. Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie – Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.2018; 72: 687–731; S. 696

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

F/V-Kurve in Ruhe und unter Belastung

Durchführung von „Intrabreath-Kurven“

- Das Verfahren ist störanfällig und international nicht konsentiert
- **FEV1 prae und post Test** sitzend (Radergometrie); *unsere Empfehlung für Laufbandtest: Durchführung im Stehen*
- **„IC“-Manöver**: Zu festgelegten Zeitpunkten (Ruhe, VT1, V`O_2max, post Test) erfolgt nach 4 normalen Atemzügen und normaler Exspiration eine maximale Inspiration und direkt danach normale Aus-/Weiteratmung
- **Befundungsrelevant sind**:
  - ✓ *Verlagerung der Atemmittellage?*
  - ✓ *Inspiratorische Flusslimitationen?*
  - ✓ *Exspiratorische Flusslimitationen?*
- *Wichtig! „Intrabreath-Kurven“ geben Hinweise auf eine belastungsinduzierte Obstruktion und eine dynamische Überblähung. Die Diagnostik einer EIB erfordert die FEV1-Messung vor, während und nach einer intensiven **einstufig**en Belastung und ggf. eine Ganzkörperplethysmografie*



Exkurs XI
EIB & Intrabreath Kurven

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

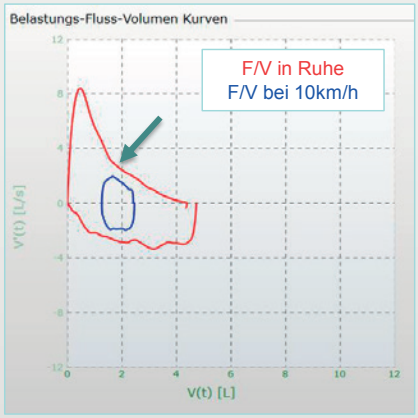
2018 Meyer FJ et al. Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie – Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.2018; 72: 687–731; S. 695 Abb. 1

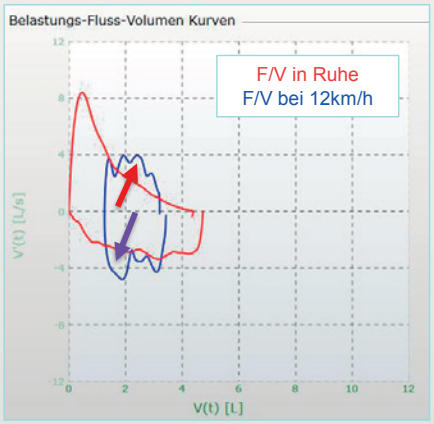
2020 Glaab T et al, Spiroergometrie kompakt Physiologie, Durchführung und Auswertung, Pneumologie 2020; 74: 88–102

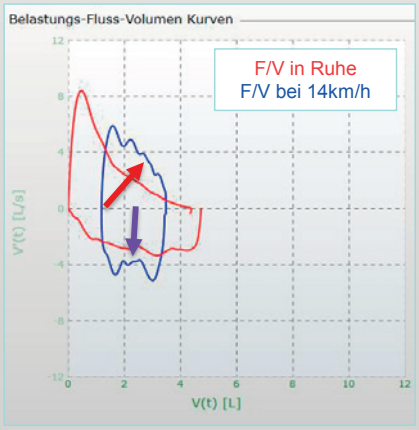
Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

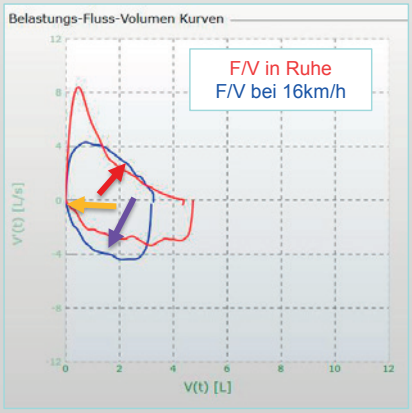
„Intrabreath“-Kurven: Laufsportler mit COPD

- **= Obstruktion**
- **= Exspirator. Flusslimitation**
- **= ↓Inspirator. Flussreserve**
- **= Verlagerung Atemmittelage**









Exkurs XI
EIB & Intrabreath Kurven

FVK = Flußvolumenkurve

Intrabreath Kurven: 4Messpunkte: Ruhe, submaximale + maximale Belastung, Ende der Nachlastphase

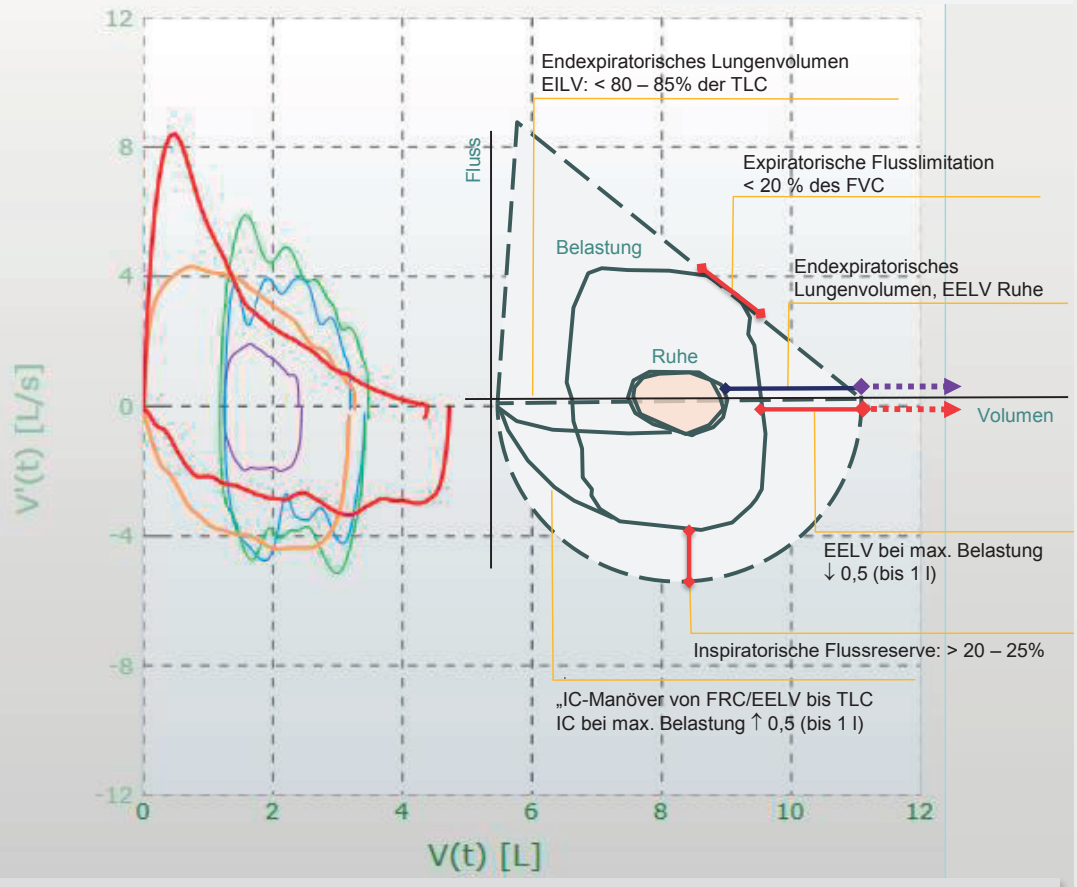
SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Befund: Obstruktion in FEV1-Kurve, Exspirationsfluss: 12+14km/h >FEV1 → exspiratorische Flusslimitation, ↓inspiratorische Flussreserve [negative inspiratorische Flussreserve ab 12km/h, d.h. Inspiration ist unter Belastung besser als in Ruhe → Obstruktion], Verschiebung der Atemmittellage bei 16km/h → dynamische Überblähung

Exkurs XI
EIB & Intrabreath Kurven

Belastungs-Fluss-Volumen Kurven

Kritik an FEV1 Manöver: unphysiologisch v.a. bei COPD und laktazid



2018 Meyer FJ et al. Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie – Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.2018; 72: 687–731; S. 695 Abb. 1

2020 Glaab T et al, Spiroergometrie kompakt Physiologie, Durchführung und Auswertung, Pneumologie 2020; 74: 88–102

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

Spiroergometrie in der Sportmedizin
Skript zum Theoriekurs

„EIB" – EXERCISE INDUCED BRONCHOCONSTRICTION

DIE SPIROERGOMETRIE IST KEIN LEITKRITERIUM IN DER DIAGNOSTIK

- ✓ **80-90% der Asthmatiker können binnen 30min nach Lastbeginn mit einer anstrengungsbedingten reversiblen Bronchoobstruktion reagieren**
- ✓ Auch Nicht-Asthmatiker können betroffen sein
- ✓ Ausdauerleistungssportler sind die am häufigsten betroffene Sportlergruppe und 3-5x häufiger als die Allgemeinbevölkerung betroffen (8% der Olympiateilnehmer; 15-25% der olympischen Ausdauersportler)
- ✓ [DD **„ILO" induzierbare laryngeale Obstruktion** = anfallsweise supraglottische und glottische (ehemals VCD „vocal cord dysfunction") Obstruktion v.a. bei Kindern & Jugendlichen, die im Belastungsverlauf / bei Lastreduktion oft rückläufig ist]
- ✓ Die Spiroergometrie kann u.a. in Feld 7 und in Intrabreath Kurven Hinweise geben, ist aber nicht die primär geeignete Form der Diagnostik
- ➢ **DIAGNOSTIK EIB bei normaler Lungenfunktion [FEV1 >80%]*** (Meyer et al., 2018)
  - Bei trockener (<10mg H_2O/l) Umgebungsluft ≥4min Belastung bei ≥40-60% MVV [>80-90% HRmax], idealerweise auf dem Laufband oder sportartspezifisch
  - FEV1-Messung vor sowie 5, 10, 15, 30min nach Belastung: >10% ↓FEV1 = pathologisch [Kinder >15%]
  - Begleitende Ganzkörperplethysmografie vor und nach Belastung (mehrfach): >150% (Kinder >60%) Zunahme des Atemwegswiderstandes R_{aw} oder R_{eff} = Nachweis eines Anstrengungsasthmas

*FEV1-Abfall in Relation zum Pretest	≥10-<25%	≥25-<50%	>50%
Klassifikation	leichtgradig	mittelgradig	schwer

2018 Meyer FJ et al., Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie – Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.2018; 72: 687–731; S. 711

2020 Dickinson J, Complete Guide to Respiratory Care in Athletes, Routledge, S. 86-99

2019 Cogo A et al., Exercise and Sports Pulmonology: Pathophysiological Adaptations and Rehabilitation, Springer, S. 57-71

2021 Dillenhöfer S et al, Die induzierbare laryngeale Obstruktion (ILO) – Ursachen, klinische Präsentation, Diagnostik und Therapie, Monatsschr Kinderheilkd 2021, 169:1075–1082

Exkurs XI
EIB & Intrabreath Kurven

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de
Dr. Schomaker & Dr. Greiwing

BLEIBEN SIE UP-TO-DATE - BESUCHEN SIE UNSERE ONLINE-TUTORIALS AUF YOUTUBE UND SPIROERGOMETRIE-KURS.DE

GLOSSAR / ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AF (=BF)	Atemfrequenz
AR (=BR)	Atemreserve (20% von MVV oder 15l)
BF (=AF)	breathing frequency
BR (=AR)	breathing reserve (20% von MVV oder 15l)
EQCO2	Atemäquivalente CO2 : V`E/V`CO2 +Korrekturfaktor für apparativen Totraum [dimensionslose Zahl]
EQO2	Atemäquivalente O2 : V`E/V`O2 +Korrekturfaktor für apparativen Totraum [dimensionslose Zahl]
ExCO2	ExcessCO2 = (V'CO2)2/V'O2 – V'CO2
FEV1	forced expiratory volume, forciertes exspiratorisches Volumen in 1 sec
HF (=HR)	Herzfrequenz
HIIT	high intensity interval training, Training >90% V`O2max in TZ 3
HR (=HF)	heart rate
HR Decay-Slope	Kurve der HF direkt nach Lastende in der Nachbelastungsphase
HRR nach Wasserman	Herzfrequenzreserve nach Wasserman = Differenz von (220-Lebensalter) minus HFmax = Ausbelastungskriterium (<15/min)
HRR1	heart rate reserve, Herzfrequenzreserve, HFmax-Ruhepuls
HRR2	heart rate recovery, Herzfrequenzabfall nach Ende der Lastphase
HZV	Herzzeitvolumen, Herzminutenvolumen
LSD	long slow distance training, Training <VT1 und <LT1 in TZ 1
LT1	1. laktatbasierte Schwelle (unter Benennung des zugrundeliegenden Laktatschwellenmodells)
LT2	2. laktatbasierte Schwelle (unter Benennung des zugrundeliegenden Laktatschwellenmodells)
MET	metabolic equivalent of task →2 Definitionen: 3,5mlO2/min/kg Körpergewicht oder 1kcal/kg Körpergewicht/h
MRT	mean response time, mittlere physiologische Antwortzeit, oxygen delay, t-Zeit
MVV	Maximal ventilierbares Volumen, ehemals „Atemgrenzwert"
OUES	oxygen uptake efficiancy slope, Definition: V`O2 = a.log10 V`E + b
PetCO2	pressure endtidal CO2 , CO2-Partialdruck am Ende der Ausatmung
PetO2	pressure endtidal O2 , O2-Partialdruck am Ende der Ausatmung
RER	V`CO2/V`O2 , respiratory exchange rate, respiratory exchange ratio, respiratorische Austauschrate, Abbildung des RQ in der Atemmaske mit zeitlicher Latenz (→MRT)
RPE	rating of perceived exertion, subjektives Anstrengungsempfinden
RQ	Respiratorischer Quotient (= zelluläre Größe)
RRsys/RRdias	dystolischer/diastolischer Blutdruck
SpO2	periphere Sauerstoffsättigung (Pulsoxymetrie)
TZ	training zone, Trainingszone
V`CO2	Kohlendioxidabgabe pro Minute
V`E	Atemminutenvolumen, minute ventilation
V`E*-Slope	Anstieg V`E/VCO2 [dimensionslose Zahl]
V`O2	Sauerstoffaufnahme pro Minute
V`O2/HF	Sauerstoffpuls, O2-Puls
V`O2/Watt	Aerobe Kapazität →V`O2(P)-Slope
V`O2max	Plateau der maximalen Sauerstoffaufnahme unter steigender Last oberhalb des Sollwerts
V`O2peak	maximale im Test erreichte Sauerstoffaufnahme bei fehlender Plateaubildung unter steigender Last
VT	Atemzugvolumen, Tidalvolumen, tidal volume
VT1	1. ventilatorische Schwelle, vAT, Sauerstoffdauerleistungsgrenze, PoW, AT
VT2	2. ventilatorische Schwelle, VCP (ventilatory compensation point), RCP (respiratory compensation point)

CRAFT
CORTEX

Besuchen Sie uns auf www.spiroergometrie-kurs.de und vertiefen Sie Ihr Wissen und die Kompetenz Ihres Assistenzpersonals mit unseren Kursangeboten:

Theoriekurs "Spiroergometrie in der Sport- und Präventivmedizin" *(Präsenzkurs)*
Der zweitägige "Spiroergometrie-Führerschein Theorie" vermittelt ein standardisiertes Schema zur Auswertung der 9Feldergrafik nach Wasserman sowie zur Ermittlung der ventilatorischen Schwellen und zur Differenzierung herz-, lungen- oder trainingsmangelbedingter Leistungseinschränkungen und Luftnotzustände. Der Präsenzkurs bietet optimale Möglichkeiten zur Klärung individueller Fragen durch den fachlichen Austausch mit den Referenten sowie zu Wissensaustausch der Kursteilnehmer untereinander. Kursbestandteil ist unser Skriptum sowie der Quick Guide zum schnellen Wissenstransfer in Ihren Berufsalltag, welche Sie am Kursort erhalten.

Praxiskurs Spiroergometrie "from lab to field" *(Präsenzkurs)*
Im Mittelpunkt des Konzepts "Spiroergometrie-Führerschein Praxis" steht die erfolgreiche Anwendung der Spiroergometrie in der sportmedizinischen Praxis. Tipps & Tricks aus der Messpraxis werden im Spiroergometrielabor in realen Testsituationen praxisnah über "hands-on teaching" vermittelt. Der zweitägige Praxiskurs nimmt Sie mit ins Labor und vertieft die Inhalte des Theoriekurses durch Praxistests an Triathleten auf Rad- und Laufbandergometer sowie ausgewählten Sportlern und Krankheitsbildern. Kursbestandteil ist unser Skriptum sowie der Quick Guide zum schnellen Wissenstransfer in Ihren Berufsalltag, welche Sie am Kursort erhalten.

Anwenderkurs für medizinisches Assistenzpersonal [MFA] *(Präsenzkurs oder Webinar)*
Der Anwenderkurs für medizinisches Assistenzpersonal vermittelt medizinischen Fachangestellten an einem Tag das notwendige Rüstzeug, um Untersuchungen selbstständig durchführen und einen Messplatz kalibrieren und warten zu können. Welche Fehler können vor, während und nach dem Test auftreten und wie können diese erkannt und korrigiert werden? Nach kurzer theoretischer Einführung steht auch in diesem Kurs die praktische Ausbildung mittels „hands-on teaching" im Labor mit Live-Tests im Vordergrund. Kursbestandteil ist ein kurzes Skript sowie unser Quick Guide 9Feldergrafik. Der Kurs wird wahlweise als Präsenzkurs in Münster oder als Webinar angeboten.

Herzlich willkommen zur OnlineSchool Spiroergometrie! Unser Online-Kursangebot gibt Ihnen maximale Flexibilität!

Webinar "Spiroergometrie in der Sport- und Präventivmedizin" *(Der Theoriekurs als Webinar)*
Das zweitägige Webinar "Spiroergometrie-Führerschein Theorie" umfasst alle Inhalte des Theoriekurses: es vermittelt ein standardisiertes Schema zur Auswertung der 9Feldergrafik nach Wasserman sowie zur Ermittlung der ventilatorischen Schwellen und zur Differenzierung herz-, lungen- oder trainingsmangelbedingter Leistungseinschränkungen und Luftnotzustände. **Zwischen den einzelnen Kurstabschnitten besteht die Möglichkeit zum fachlichen Austausch mit den Referenten, individuelle Teilnehmerfragen werden fortlaufend im Chat beantwortet.** Kursbestandteil ist unser Skriptum sowie der Quick Guide zum schnellen Wissenstransfer in Ihren Berufsalltag, welche nach Eingang der Teilnehmergebühr an die Teilnehmer versandt werden.

OnDemand-Kurs "Spiroergometrie in der Sport- und Präventivmedizin" *(Der Theoriekurs als OnDemand-Kurs)*
Der OnDemand-Kurs bietet Ihnen maximale Flexibilität! **Sie entscheiden, wann, wo, wie schnell und wieviel Sie lernen möchten!** Für den OnDemand-Kurs haben wir für Sie den vollumfänglichen Kurs "Spiroergometrie-Führerschein Theorie" im Studio aufgezeichnet und um Blicke den Messalltag in unserem Labor ergänzt. Im Fokus steht die Vermittlung des standardisierten Schemas zur Auswertung der 9Feldergrafik nach Wasserman sowie zur Ermittlung der ventilatorischen Schwellen und zur Differenzierung herz-, lungen- oder trainingsmangelbedingter Leistungseinschränkungen und Luftnotzustände. Kursbestandteil ist unser Skriptum sowie der Quick Guide zum schnellen Wissenstransfer in Ihren Berufsalltag, welche nach Eingang der Teilnehmergebühr an die Teilnehmer versandt werden.

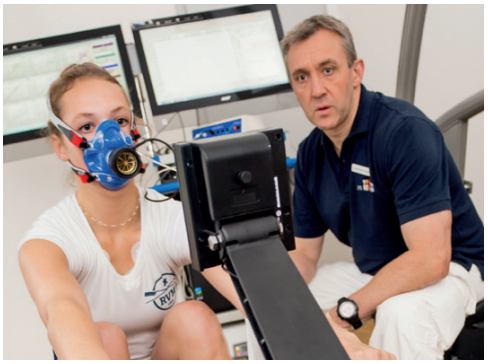
Auch der Anwenderkurs für medizinisches Assistenzpersonal ist als Webinar verfügbar!

youtube-Kanal "Spiroergometrie-Kurs"
Ein besonderer Service für alle Freunde der Spiroergometrie! 24/7 an 365 Tagen im Jahr für Sie abrufbar zeigt der frei zugängliche Teil unserer Online School zentrale Kursinhalte in prägnanten kurzen Filmsequenzen aufbereitet. Ideal als Kurzrepetitorium oder Einführung für alle Kursinteressierten und Neueinsteiger in die Spiroergometrie. Vom MET (metabolic equivalent of task) über die Bestimmung der ventilatoren Schwellen bis zu Differenzierung kardialer und pulmonaler Limitationen bietet unser Kanal ein einzigartiges Angebot, welches bereits im ersten Jahr über 20.000x Nachfragen erhielt!

SPIROERGOMETRIE | KURS
www-spiroergometrie-kurs.de

Ärztekammerzertifizierte Theorie- und Praxiskurse, Webinare und OnDemand-Kurse zur Spiroergometrie für Ärzte, Sportwissenschaftler und medizinische Fachangestellte

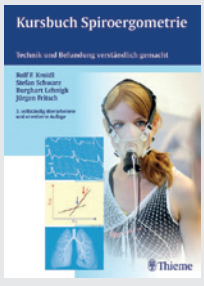
Dieses Begleitbuch ist urheberrechtlich geschützt, © ZfS-Verlag für Sport und Medizin
5. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, © 2024



Dr. Ralph Schomaker & Dr. Andreas Greiwing

Spiroergometrie Arbeitsgruppe

- *Tagungspräsidentschaft 2013 - Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Spiroergometrie*



- *Koautoren des „Kursbuches Spiroergometrie" (2. Auflage, 2009 & 3. Auflage, 2014) Hrsg. Kroidl, Lehnig et. al*

- *Lehrbeauftragte „Sportmedizin" im europäischen Postgraduiertenstudiengang „Master of Preventive Medicine" für Ärzte der Dresden International University*

DIU
DRESDEN INTERNATIONAL UNIVERSITY
DIE WEITERBILDUNGSUNIVERSITÄT DER TU DRESDEN

SPIROERGOMETRIE | KURS
www.spiroergometrie-kurs.de

Ärztekammerzertifizierte Theorie- und Praxiskurse, Webinare und OnDemand-Kurse zur Spiroergometrie für Ärzte, Sportwissenschaftler und medizinische Fachangestellte