

Urs Boutellier

Ausdauer - Energiebereitstellung was der  
Orthopäde wissen muss

**ETH** Eidgenössische  
Technische Hochschule  
Zürich



Sportphysiologie



Universität  
Zürch-  
Irchel



ORTHOPEDICS UPDATE  
« Sportmedizin – für Ersthilfende und Fortgeschrittene »  
19. April 2012

Ausdauer ?

individualisierte Trainingseinheiten sind nicht neu

aber: Innensicht fehlt → z.T. grobe Fehler

ORTHOPEDICS UPDATE  
« Sportmedizin – für Einsteiger und  
Fortgeschrittene »  
19. April 2012

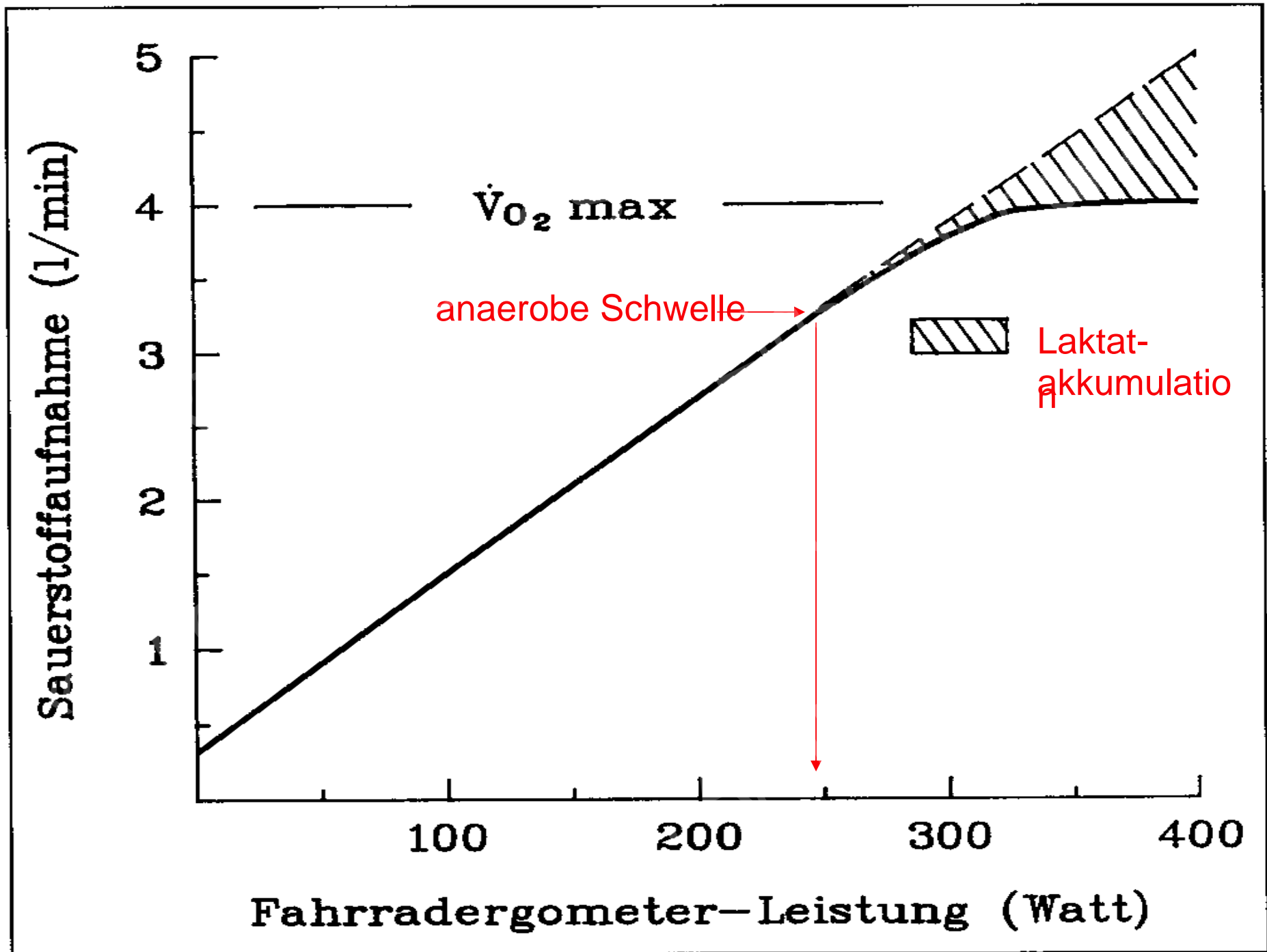
Ausdauer ?

Wie definiert man den aeroben bzw. anaeroben Bereich?

ORTHOPEDICS UPDATE

« Sportmedizin – für Einsteiger und Fortgeschrittene »

19. April 2012



Ausdauer ?

Wie definiert man den aeroben bzw. anaeroben Bereich?

Diese Bereiche existieren nicht!

Allerdings: Es gibt die aerobe und anaerobe Energiebereitstellung

## Bestimmung/Entwicklung der aeroben Leistungsfähigkeit

VO<sub>2</sub>max ? ?

anaerobe Schwelle ? <sup>n</sup> ja nei

Ausdauerkapazität ? ja

ORTHOPEDICS UPDATE  
« Sportmedizin für Einsteiger und  
Fortgeschrittene »

19. April 2012

Kirsten A. Burgomaster, Scott C. Hughes, George J.F. Heigenhauser, Suzanne N. Bradwell, and Martin J. Gibala

Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans

J. Appl. Physiol. 98: 1985 - 1990, 2005

## Methoden:

2x 8 Versuchspersonen (durchschnittlich trainiert)

Trainingsgruppe vs. Kontrollgruppe

alle 2 Tage 4-7 Wingate-Tests während 2 Wochen

zwischen 2 Wingate-Tests 4 min Pause

total 32 Wingate-Tests an 6 Tagen





ORTHOPEDICS UPDATE  
« Sportmedizin für Einsteiger und Fortgeschrittene »  
19. April 2012

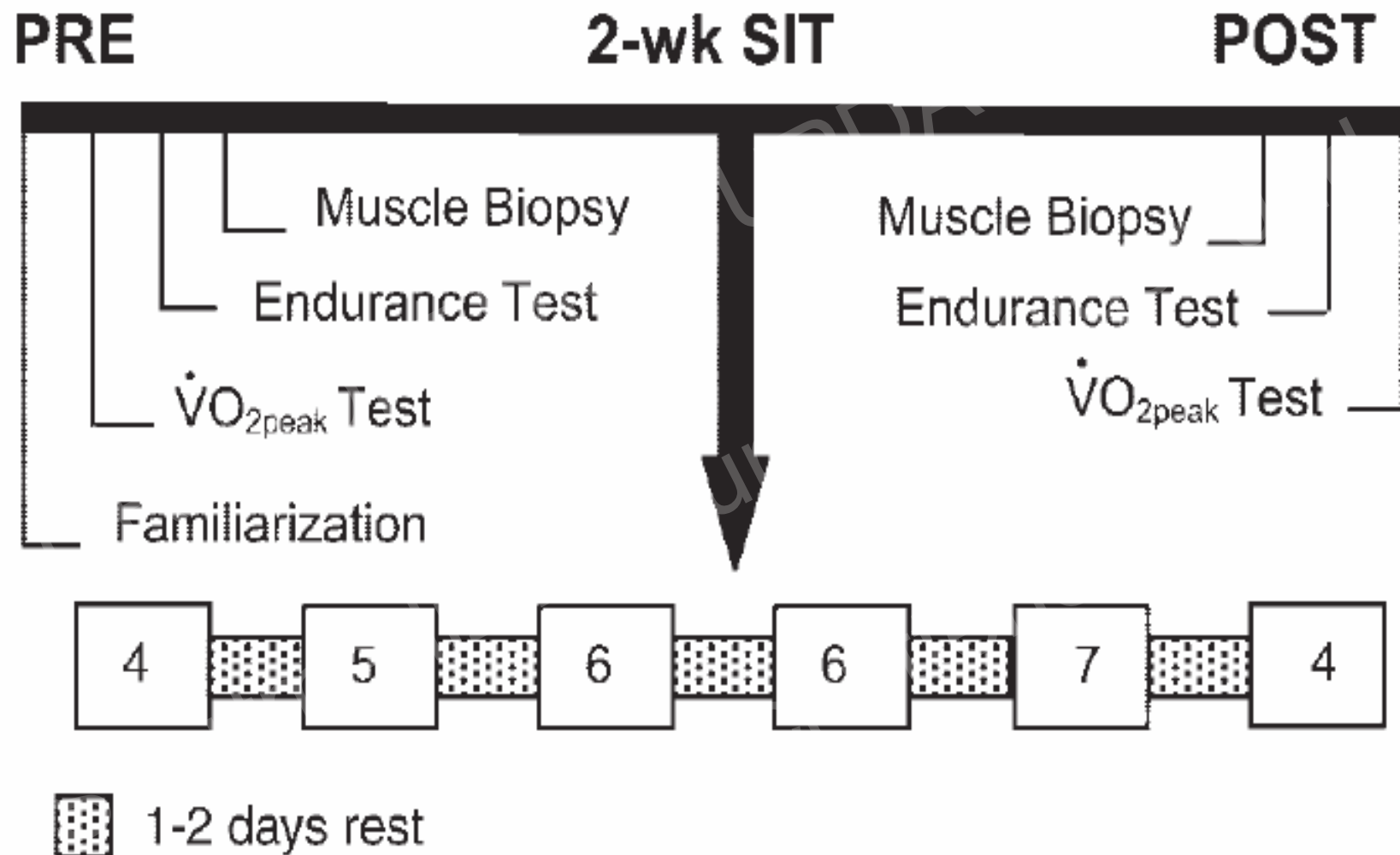


Fig. 1. Overview of experimental protocol.  $\dot{V}O_{2peak}$ , peak oxygen uptake; PRE, preexercise; POST, postexercise; SIT, sprint interval training. Numbers in boxes denote number of Wingate tests completed during each of 6 training sessions over a 2-wk period.

## Methoden, Tests:

Wingate-Test

VO<sub>2</sub>max-Test

Ausdauerterest (Leistung ~ 80% VO<sub>2</sub>max)

Muskelbiopsien

Zeitplan: vor und nach dem Training

## Antworten bezüglich Trainingseffekten?

- Wingate-Test? +
- $\text{VO}_2\text{max}$ -Test? =
- Ausdauer test (Leistung ~ 80%  
 $\text{VO}_2\text{max}$ )? +++
- Muskelbiopsien? +

## Resultate, Ausdauererprobung (min):

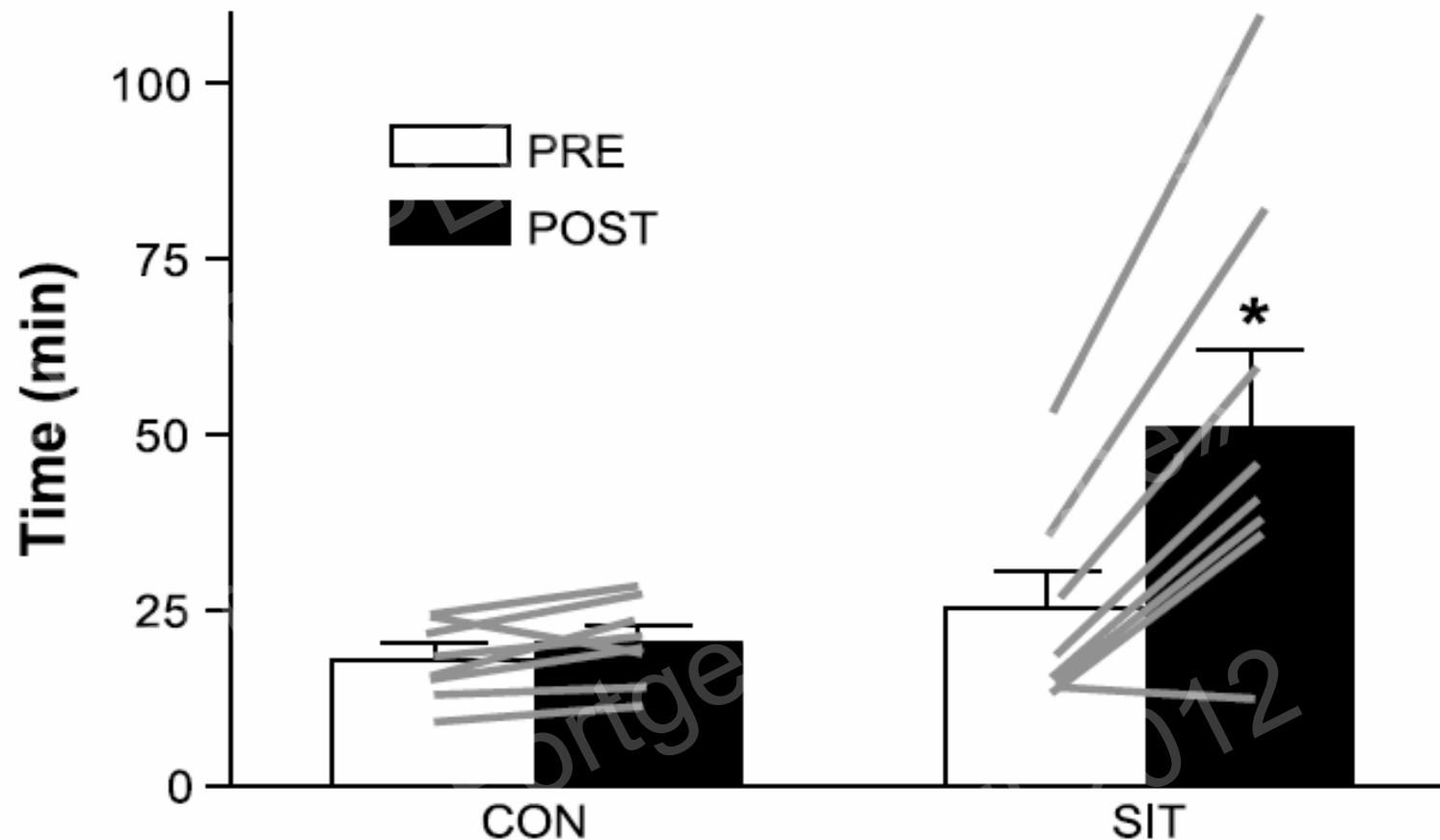


Fig. 2. Cycle endurance time to fatigue before and after a 2-wk sprint training protocol (training group; SIT) or equivalent period without training (control; Con). Values are means  $\pm$  SE for 8 subjects. Individual data are also plotted for all subjects in each group. \* $P < 0.05$ .

We conclude that short sprint interval training (~ 15min of intensive exercise over 2 wk) increased muscle oxidative potential and doubled endurance capacity during intense aerobic cycling in recreationally active individuals.

ORTHOPEDICS UPDATE  
« Sportmedizin – für Einsteiger und Fortgeschrittene »  
19. April 2012

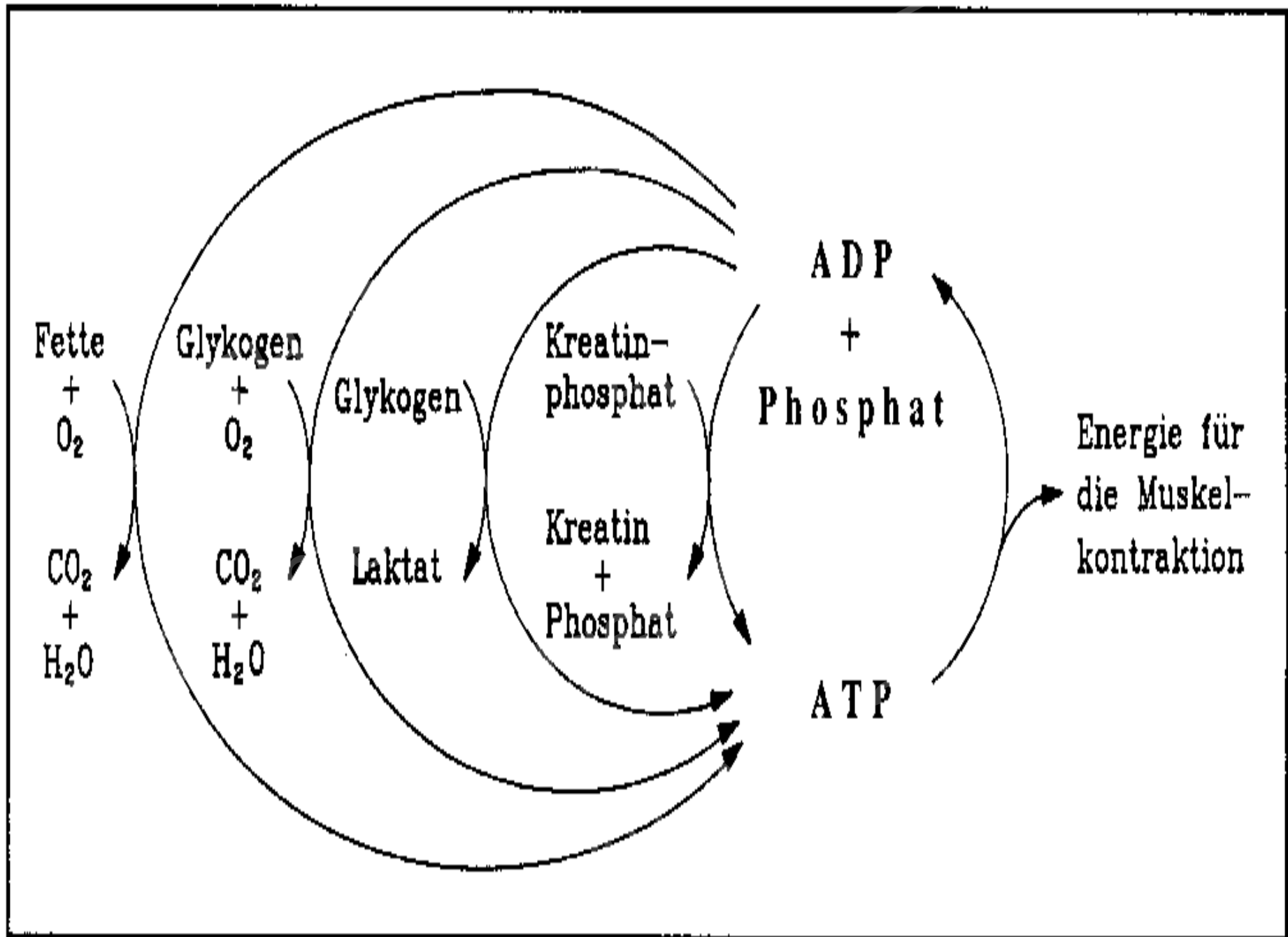
## Grundlagen

Adenosintriphosphat (ATP) = Energielieferant

ATP-Reserven sind klein, reichen nur für wenige Muskelkontraktionen

Wieviel ATP wird während einem Marathon verbraucht bzw. resynthetisiert ?

ungefähr 60 kg





## Bestimmung/Entwicklung der aeroben Leistungsfähigkeit

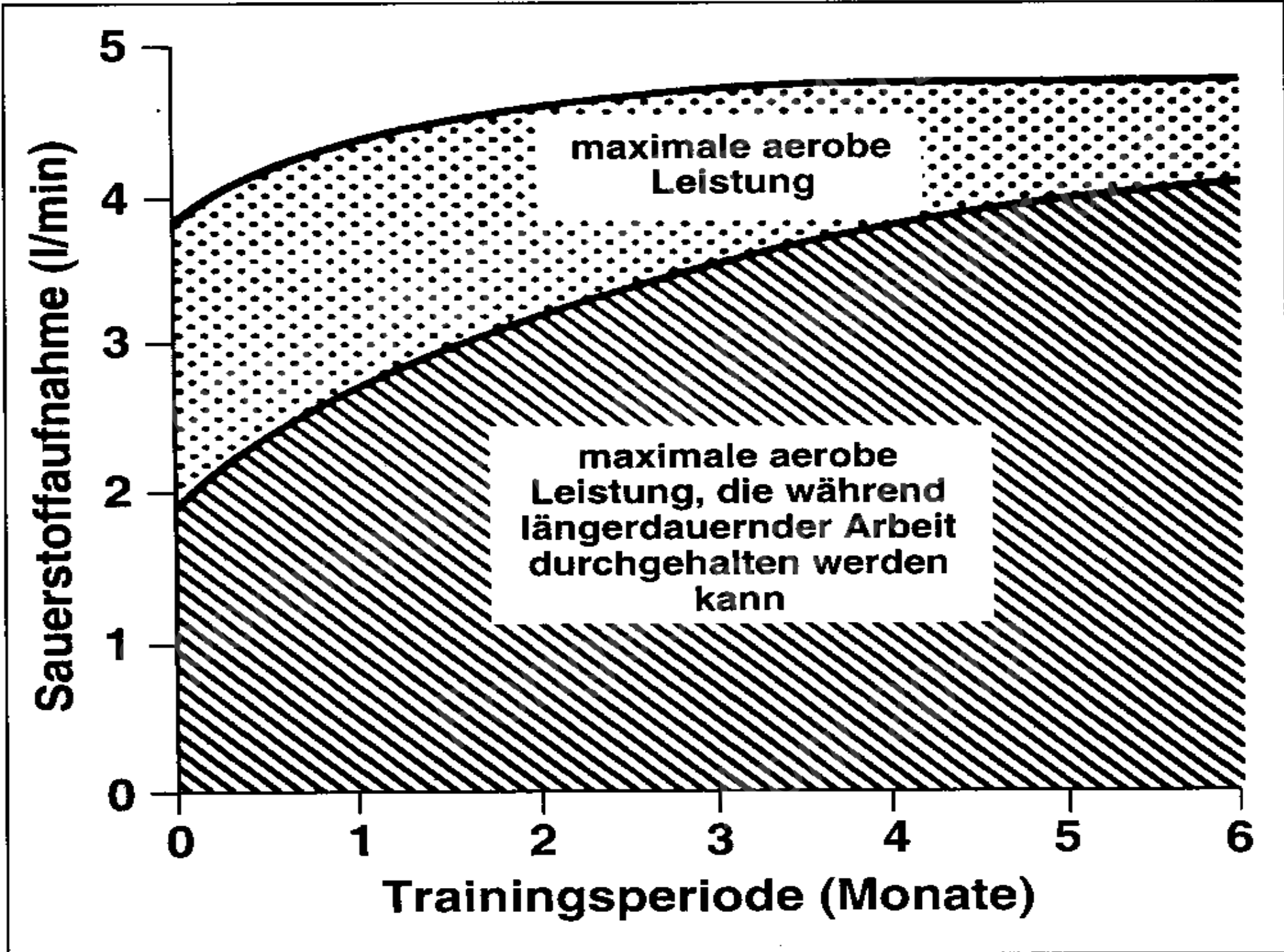
VO<sub>2</sub>max ? ?

anaerobe Schwelle ? <sup>n</sup> ja nei

Ausdauerkapazität ? ja

ORTHOPEDICS UPDATE  
« Sportmedizin für Einsteiger und  
Fortgeschrittene »

19. April 2012



Sauerstoffaufnahme (l/min)

Trainingsperiode (Monate)

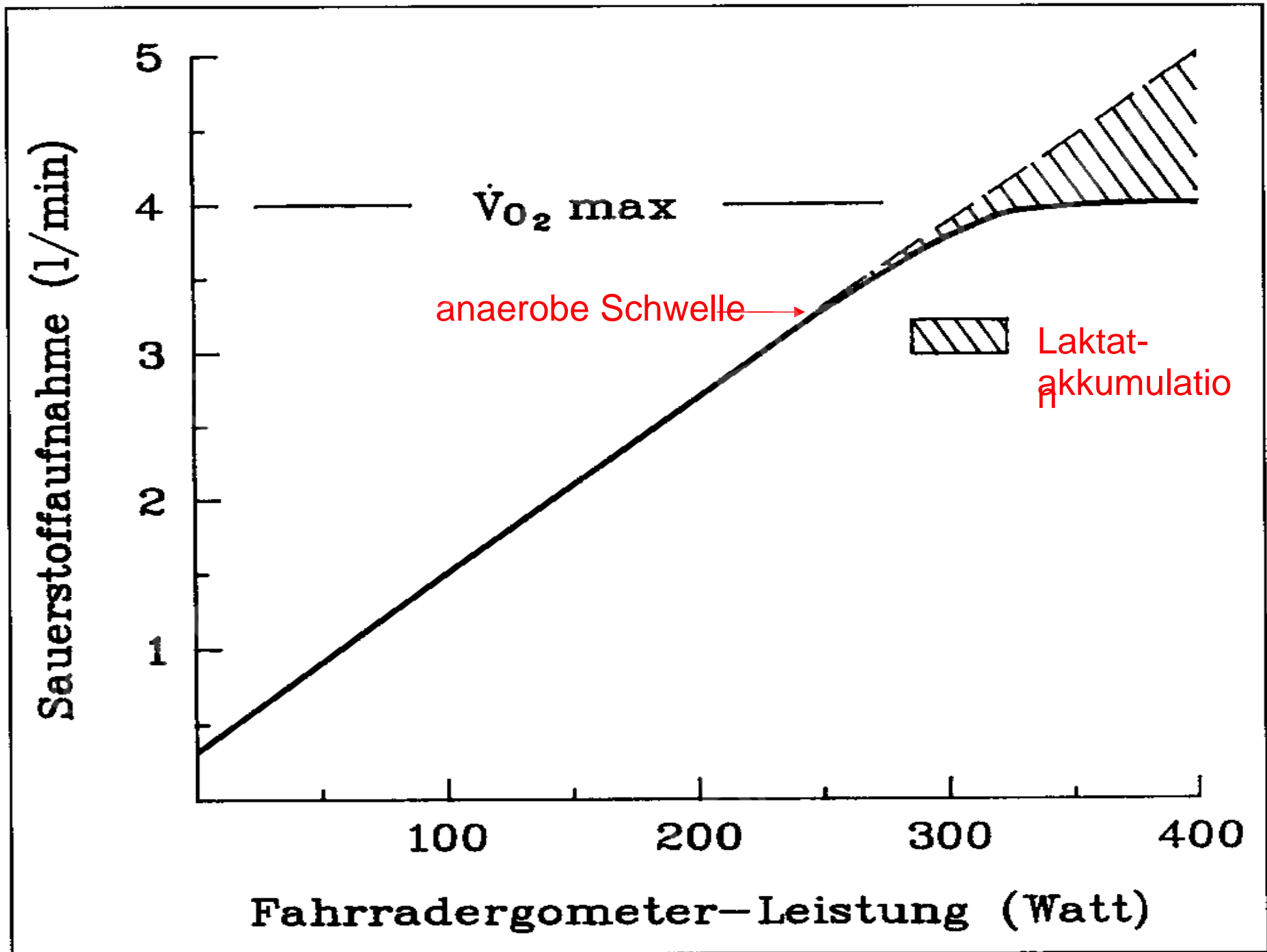
maximale aerobe Leistung

maximale aerobe Leistung, die während längerdauernder Arbeit durchgehalten werden kann

Definition der anaeroben  
Schwelle ?

Klassisch, falsche Antwort:  
Übergang der  
Energiegewinnung von aerob zu  
anaerob

« Sportmedizin für Einsteiger und  
Fortgeschrittene »  
19. April 2012



Definition der anaeroben  
Schwelle ?

Weitere, falsche Antwort:  
4 mmol/l - Schwelle

ORTHOPEDICS UPDATE  
« Sportmedizin für Einsteiger und  
Fortgeschrittene »  
19. April 2012

Definition der anaeroben  
Schwelle ?  
maximales Laktat steady state :

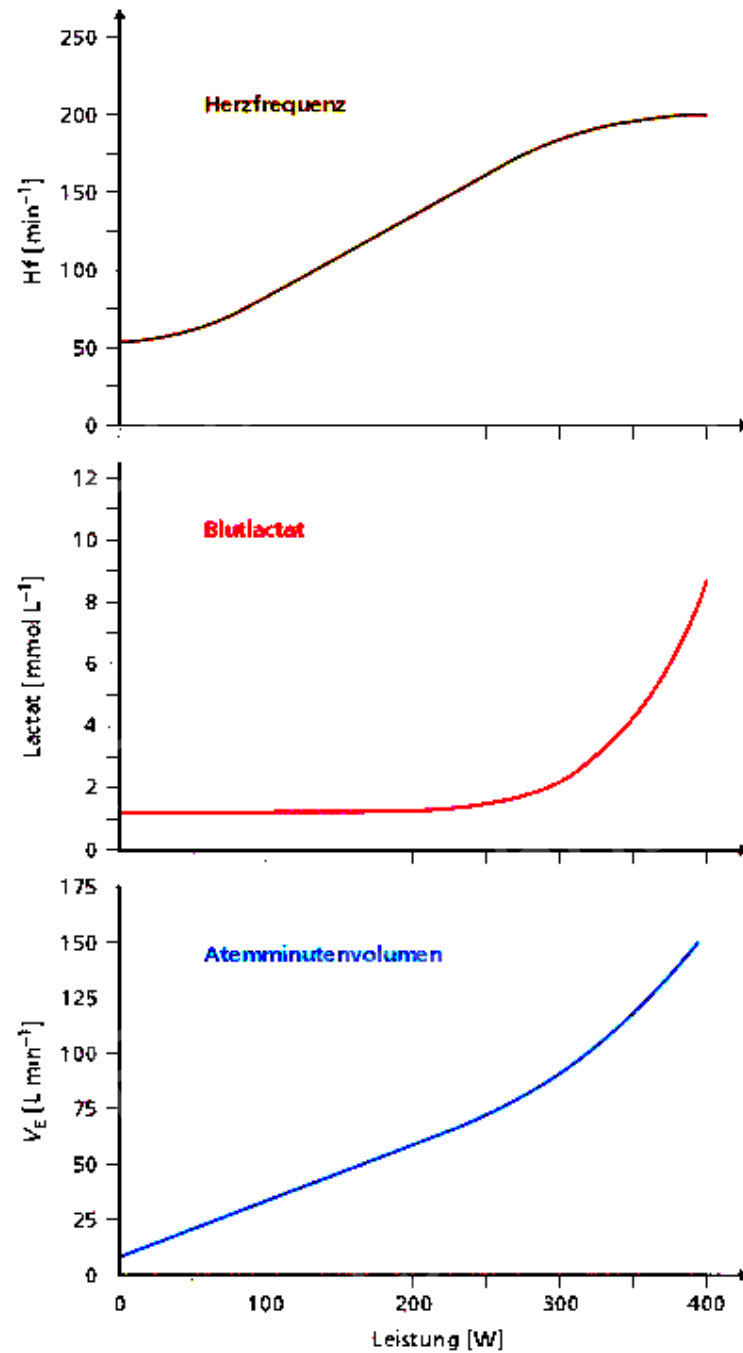
maximale Leistung, die gerade noch im Laktat steady  
state erbracht werden kann

Die Blutlaktatkonzentration steigt während 20 min  
körperlicher Aktivität weniger als 1 mmol/l an; ist die  
Aktivität nur minim höher, so wird die Blutlaktat-  
konzentration während den 20 min mehr als 1 mmol/l  
ansteigen

Bestimmung des maximalen Laktat steady state ist sehr aufwendig: es braucht theoretisch 2 Ausdauer tests von je 30 min, praktisch dürften es 4 - 8 sein.

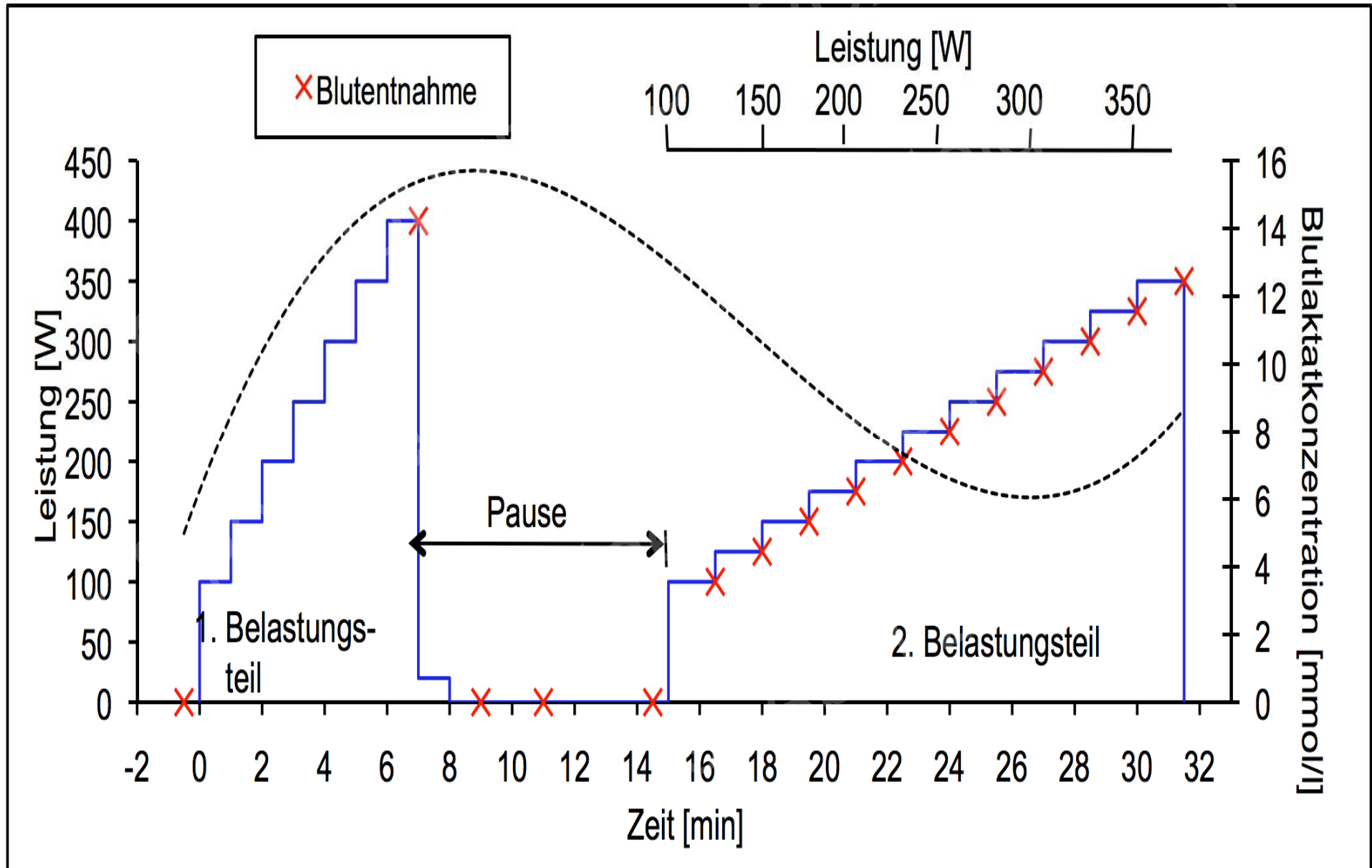
Einfachere Methoden zur Bestimmung der anaeroben Schwelle in einem Test?

- $V_E$ -Anstieg: Schwelle eher zu tief
- Laktatsenketest: Schwelle stimmt
- Conconi test: Schwelle etwas zu hoch





# Laktatsenke-Test



# Zusammenfassung 1

## Aerobe Leistungsfähigkeit:

anaerobe Schwelle und Ausdauerkapazität  
sind wichtiger als  $\text{VO}_2\text{max}$

« Sportmedizin für Einsteiger und  
Fortgeschrittene »  
19. April 2012

## Zusammenfassung 2

- $\text{VO}_2\text{max}$  = theoretisch vorhandenes Potential
- anaerobe Schwelle und Ausdauerkapazität = praktisch verfügbares Potential

« Sportmedizin – für Einsteiger und Fortgeschrittene »

19. April 2012

## Zusammenfassung 3

### Trainingsziele:

- anaerobe Schwelle so nahe wie möglich an  $\text{VO}_2\text{max}$  bringen
- Ausdauerkapazität vergrössern (Schwellentempo so lange wie möglich halten)

19. April 2012

## Ausdauerkapazität, abhängig von ?

- Glykogenspeichern
- Blutglukosekonzentration
- Wasserhaushalt
- Thermoregulation
- Fitness der Atmungsmuskulatur
- Motivation

Hauptaufgabe der Fettoxidation beim Sport?

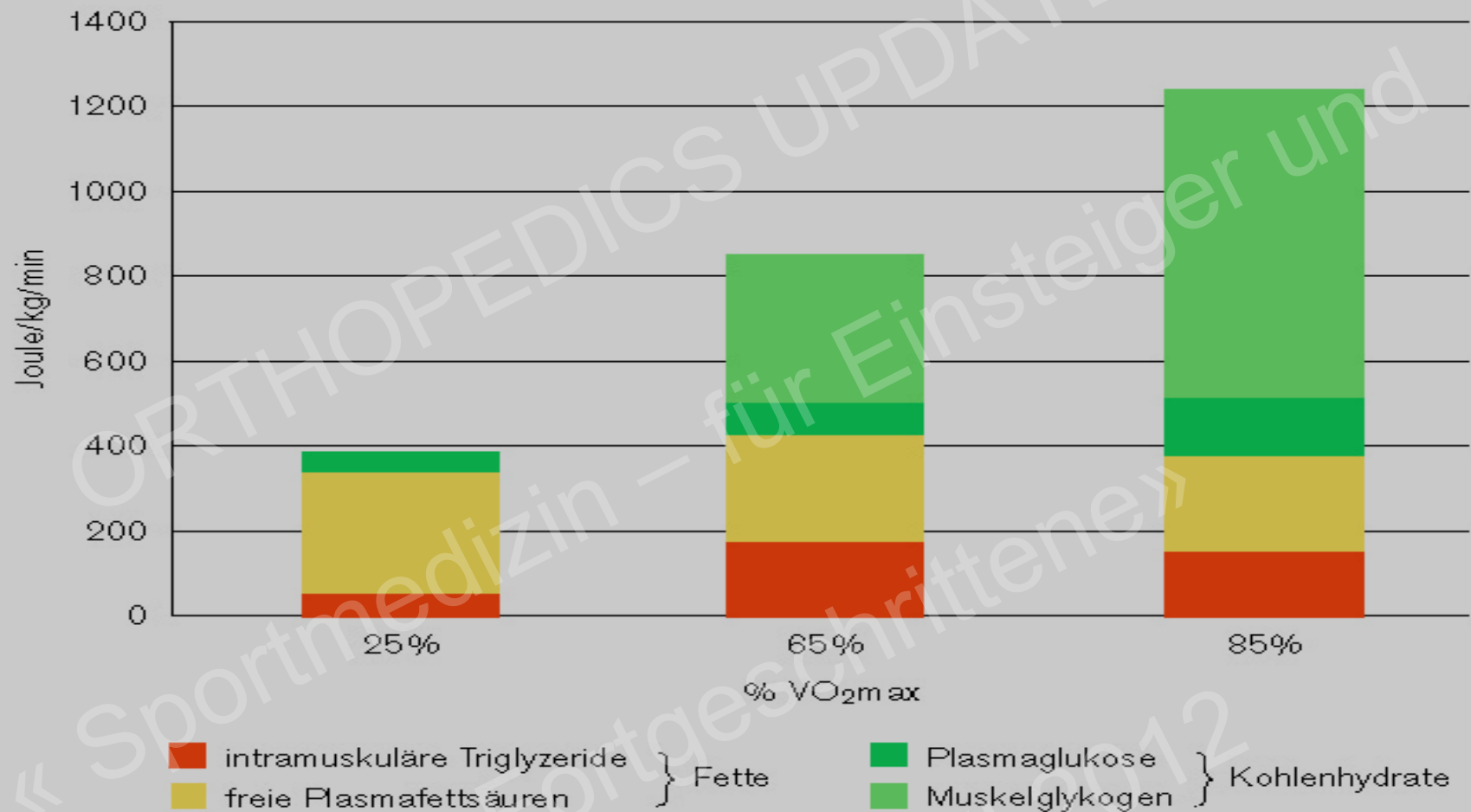
Sparen von Muskelglykogen

ORTHOPEDICS UPDATE

« Sportmedizin – für Einsteiger und Fortgeschrittene »

19. April 2012

## Energiebereitstellung während 30 Minuten Fahrradergometer



Die vier Energielieferanten intramuskuläre Triglyzeride, freie Plasmafettsäuren, Plasmaglukose und Muskelglykogen in Abhängigkeit von der Intensität, ausgedrückt als Prozent maximale Sauerstoffaufnahme (% VO<sub>2</sub>max), während jeweils 30 Minuten Fahrradergometrie. Modifiziert nach Romijn et al., Am. J. Physiol., 1993.

Abbildung 1

# Schlussfolgerungen

Ausdauer - Energiebereitstellung was der Orthopäde wissen muss:

- 1) Ausdauer = aerobe Energiebereitstellung  $\neq$  Training im ~~aeroben Bereich~~
- 2) Ausdauerkapazität = max. Leistungsdauer mit Schwellenintensität (wichtig)
- 3) wichtige Informationen fehlen noch, d.h. aus den limitierten Kenntnissen das Beste machen