

# Radfahren

## nicht nur für's Herz

Sölden, 18. Juni 2016

**Kurt A. Moosburger**  
Facharzt für Innere Medizin  
Sportmedizin - Ernährungsmedizin  
[www.dr-moosburger.at](http://www.dr-moosburger.at)

# Bewegung - Sport - Training

- Bewegung ist Bewegung
- Sport ist etwas Soziales oder Kompetitives
- **Training** ist *regelmäßige körperliche Bewegung* (Belastung) zum Zwecke der *Leistungssteigerung* bzw.  
*Erhaltung der körperlichen Leistungsfähigkeit*  
auf der Basis von *Wachstumsprozessen*  
in den beanspruchten Organen
  - **Muskulatur**: je nach Trainingsreiz
    - *Kraft*: Myofibrillen...
    - *Ausdauer*: Mitochondrien, Kapillaren...  
+ Herzmuskulatur (HMV)

# Training

*"Bewegung/Sport als Medikament"*

Ein Training hat einen funktionellen Zweck :

Es löst Wachstumsprozesse aus

Körperliche Bewegung, die keine Wachstumsprozesse auslöst,  
ist kein Training

# Training

## *"Bewegung/Sport als Medikament"*

Katabole Vorgänge laufen ständig von selbst ab.

Anabole Vorgänge bedürfen ständiger Stimuli (Reize)

⇒ Auch zur Erhaltung eines erreichten Zustandes sind ständige Trainingsreize notwendig

⇒ Training muss daher **regelmäßig ganzjährig** durchgeführt werden

# Die medizinische Trainingslehre

gilt für jedermann,

für den Anfänger wie für den Profi

# *Bewegung/Sport als "Medikament"*

*Es gibt keine Altergrenze und keine chronische Erkrankung, die ein Training verbieten würde.*

## **"Dosierung" eines Trainings:**

1. **Intensität** ("Dosis")
2. **Dauer** ("Dosis")
3. **Häufigkeit** ("Dosisintervall")
4. **Umfang** ("wöchentliche Gesamtdosis")  
WNTZ = wöchentliche Netto-Trainingszeit

*individuell in Abhängigkeit von Leistungsfähigkeit und Trainingszustand*

# Motorische Grundeigenschaften

- Kraft
  - Ausdauer
  - Schnelligkeit
  - Koordination
  - Flexibilität
- } "Kondition"

# Ausdauer

- Fähigkeit der Muskelzellen, die oxydative ATP-Produktion zu steigern
- **“Ermüdungs-Widerstandsfähigkeit“**
  - ⇒ Fähigkeit, möglichst lange einer Belastung zu widerstehen, deren Dauer und Intensität letztlich zur Ermüdung und damit zur Leistungseinbuße führt
  - ⇒ Fähigkeit,
    - eine körperliche Tätigkeit länger durchführen zu können
    - danach weniger müde zu sein und
    - sich rascher zu erholen

# Ausdauertraining

= Training der allgemeine Ausdauer

## Leistungsphysiologische Kriterien:

- zyklisch-dynamische Muskelarbeit
- mindestens ein Sechstel der gesamten Skelettmuskulatur
- mindestens 3 Minuten

# Ausdauertraining

ist mehr als nur ein "Cardiotraining"

"Cardiotraining" ist ein Modebegriff der Fitnessszene,  
kein Begriff der Trainingslehre

*Kardio-, kardial (lat.): das Herz betreffend*

*Trainiert wird die Ausdauer der beanspruchten Muskulatur  
(z.B. die Beinmuskulatur beim Radfahren und Laufen)*

Das Herz ist von Natur aus "ausdauernd",  
es wird nur als "Muskelpumpe" trainiert ⇔ HMV ↑

siehe [Das Sportherz, www.dr-moosburger.at/pub/pub012.pdf](http://www.dr-moosburger.at/pub/pub012.pdf)

# Ausdauertraining

## Methodik

- **Dauermethode:** Konstante Belastungsintensität
- **Intervallmethoden:**  
Kurzzeit-, Mittelzeit-, Langzeitintervalle  
Fixe Vorgaben der Belastungsintensitäten mit der entsprechenden "lohnenden Pause"
- **Fahrtspiele:** Geländeabhängige Belastungsintensitäten

# Ausdauertraining

Trainingseffekte auf:

- Herz-Kreislauf-System
- Skelettmuskulatur (Muskelstoffwechsel)
- Allgemeiner Stoffwechsel
- Vegetatives Nervensystem
- Hormonsystem
- Psyche

# Radfahren

eine klassische Ausdauersportart

# Radfahren - für's Herz

Geradelt wird mit den Beinen (nicht mit dem Herz),  
aber auch das Herz wird trainiert:

Das Herz ist die "Pumpe" für den Blutkreislauf

**Herzfrequenz (HF)**: Schläge pro Minute

**Schlagvolumen (SV)**: Blutmenge, die pro Herzschlag ausgeworfen wird

**Herzminutenvolumen (HMV)**: Blutmenge, die in 1 Minute in den Kreislauf  
gepumpt wird (in Ruhe ca. 5 Liter/min)

*Das Herzminutenvolumen ist das Produkt aus Schlagvolumen und Herzfrequenz*

$$HMV = SV \times HF$$

# Das Sportherz

*Das Sportherz ist das Ergebnis einer normalen, sinnvollen Anpassung an eine vermehrte körperliche Dauerbelastung:*

Langjähriges, regelmäßiges, umfangreiches und intensives Ausdauertraining

Das Sportherz ist ein **gesundes, proportional** vergrößertes Herz  
gekennzeichnet durch eine

- **regulative Erweiterung aller Herzkammern** (inkl. der zuführenden und abgehenden Gefäße)
- **kompensatorische Hypertrophie** (Verdickung) der Herzmuskulatur
- **Erweiterung der Herzkranzgefäße** (um die entsprechende Durchblutung und damit Ernährung sowie Sauerstoffversorgung des starken Herzmuskels zu gewährleisten)

Resultat: **Ein überdurchschnittlich leistungsfähiger Herzmuskel**

siehe [Das Sportherz, www.dr-moosburger.at/pub/pub012.pdf](http://www.dr-moosburger.at/pub/pub012.pdf)

# Radfahren - für's Sportherz

$$HMV = SV \times HF$$

Intensives Ausdauertraining = "Sportherztraining"

Größeres Herzvolumen  $\Rightarrow$  größere "Hubreserve"  $\Rightarrow$  größeres Schlagvolumen  
 $\Rightarrow$  Steigerung des maximalen HMV (Die maximale HF ist genetisch festgelegt)

Max. HMV: Gute Hobbysportler: ca. 25 l/min, Weltklasseathleten: 40 l/min

*Das HMV ist entscheidend für die  $VO_2max$  (Limitierender Faktor)*

$VO_2$  = Sauerstoffaufnahme

$VO_2max$  = maximale Sauerstoffaufnahme

*Die  $VO_2max$  ist das entscheidende Bruttokriterium  
für die allgemeine Ausdauerleistungsfähigkeit  
(Aerobe Kapazität)*

# Die maximale Sauerstoffaufnahme

*Die  $VO_2$ max repräsentiert das maximale Transportvermögen von Sauerstoff aus Luft in die arbeitende Muskulatur*

Sie ist das Maß für:

1.  $O_2$ -Zufuhr: Atmung (Gasaustausch in der Lunge)
2.  $O_2$ -Transport: Herz-Kreislaufsystem (Blut - Erythrozyten)
3.  $O_2$ -Verwertung: Aerobe Energiebereitstellung in den arbeitenden Muskelzellen (Radeln: Beinmuskulatur)

bei körperlicher Ausbelastung

*Im Ausdauersport ist entscheidend, wieviel Sauerstoff im Muskelstoffwechsel für die aerobe Energiegewinnung zur Verfügung gestellt wird*

siehe [Die maximale Sauerstoffaufnahme...www.dr-moosburger.at/pub/pub027.pdf](http://www.dr-moosburger.at/pub/pub027.pdf)

# Die maximale Sauerstoffaufnahme

- ist bis zu 70% genetisch determiniert
- Steigerung durch Ausdauertraining: 20 - 50%
- ⇒ *Voraussetzung für eine Spitzen-Ausdauerleistungsfähigkeit ist eine hohe  $VO_2\text{max}$  bereits in untrainiertem Zustand*
- Trainierbarkeit des Anteils der  $VO_2\text{max}$  an der anaeroben Schwelle (Dauerleistungsgrenze) ist höher: 50 - 70%
- Die trainierbare Steigerung der  $VO_2\text{max}$  erfolgt
  1. *zentral* über das Herz-Kreislauf-System durch Vergrößerung des maximalen Herzminutenvolumens (HMV)
  2. *peripher* über die bessere Sauerstoffausschöpfung und -verwertung der Muskulatur durch Kapillarisation und Verbesserung des aeroben Muskelstoffwechsels (Vermehrung und Vergrößerung von Mitochondrien in den ST-Fasern)

# Die maximale Sauerstoffaufnahme



Spiroergometrie nicht notwendig 😊

Berechnung der  $\dot{V}O_2$  in ml/min :

Mann:  $3.5 \times KG \text{ (kg)} + 12 \times \text{Watt}$

Frau:  $3.15 \times KG \text{ (kg)} + 12 \times \text{Watt}$

# Die muskuläre Energiebereitstellung

Es besteht prinzipiell immer ein "Nebeneinander"  
(kein "Nacheinander" !!!)  
der einzelnen Mechanismen der Energiebereitstellung  
mit *fließenden Übergängen*  
in Abhängigkeit von der *Belastungsintensität*  
und dem Trainingszustand.

*Primär bestimmt das Ausmaß der Belastungsintensität  
(nicht die Belastungsdauer) die entsprechende Energiebereitstellung.*

siehe [Die muskuläre Energiebereitstellung im Sport, www.dr-moosburger.at/pub/pub023.pdf](http://www.dr-moosburger.at/pub/pub023.pdf)

# Energiebereitstellung

## anaerob

alaktazid

Energiereiche  
Phosphate  
(ATP + CP)

Spaltung

*Zytosol* (Zellplasma)

laktazid

Anaerobe  
Glykolyse

Unvollständiger  
Glukoseabbau  
zu Laktat

## aerob

Aerobe  
Glykolyse

vollständige  
Glukose-  
verbrennung  
zu  $CO_2 + H_2O$

*Mitochondrien*

Lipolyse  
+  
Betaoxidation

Fettverbrennung  
zu  $CO_2 + H_2O$

# Energieflussrate

ATP-Bildung pro Zeit

anaerob-alaktazide Energiebereitstellung: maximale Energieflussrate



anaerob-laktazide Energiebereitstellung (anaerobe Glykolyse )



aerobe Glukoseverbrennung (aerobe Glykolyse)



Fettverbrennung (Betaoxidation )

*Abnahme der Energieflussrate um jeweils ca. die Hälfte*

⇒ Die maximal mögliche Leistung nimmt in der Reihenfolge

**anaerob-alaktazid** (Spaltung der energiereichen Phosphate)

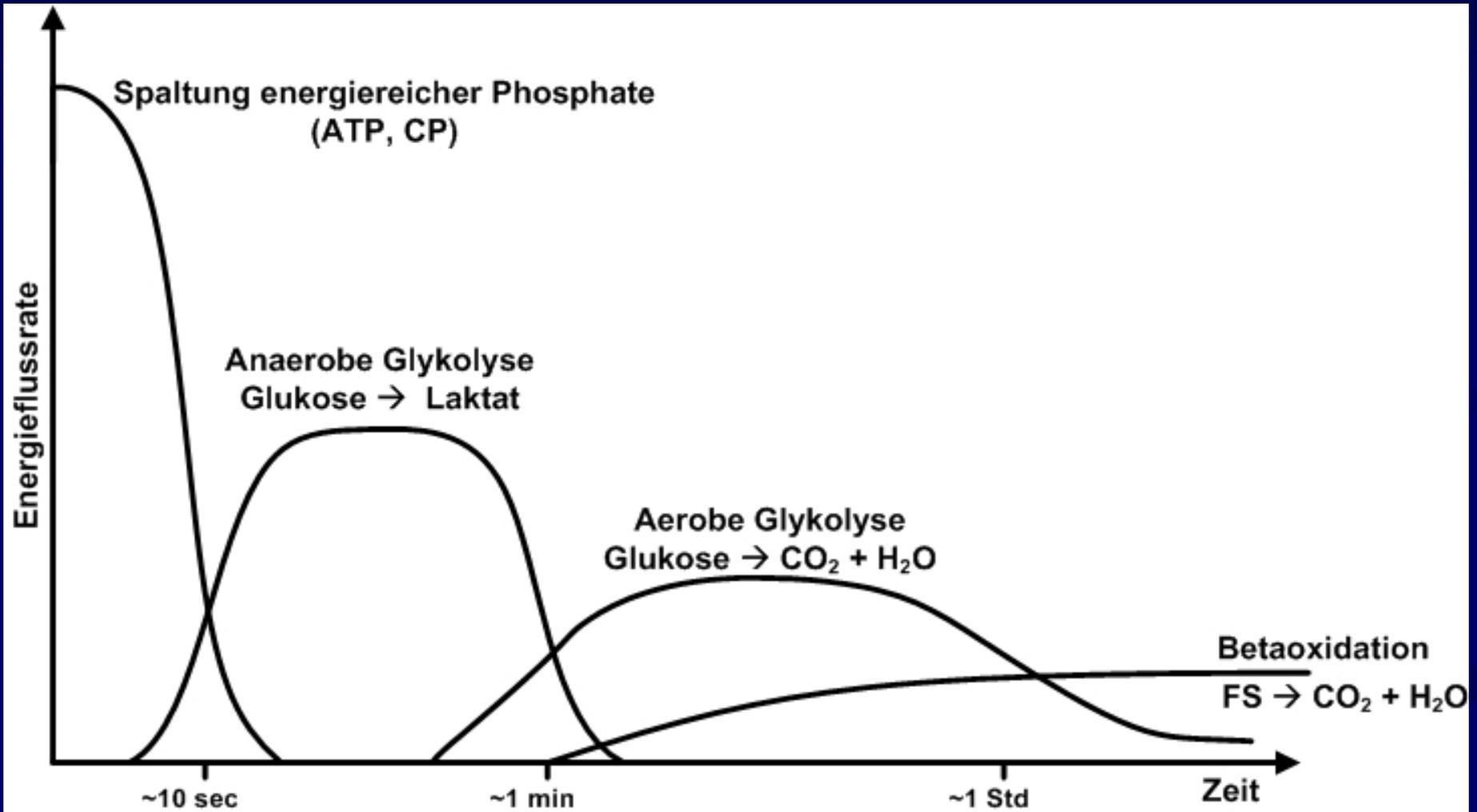
→ **anaerob-laktazid** (anaerobe Glykolyse, unvollständige Glukoseverbrennung)

→ **aerobe Glykolyse** (vollständige Glukoseverbrennung)

→ **Betaoxidation** (Fettverbrennung) ab

Die mögliche Belastungsdauer nimmt in gleicher Reihenfolge zu

# Schema der muskulären Energiebereitstellung



## Anteilmäßige muskuläre Energiebereitstellung in Prozent (Durchschnittswerte, individuelle Schwankungen)

	Betaoxidation	Glykolyse aerob	Glykolyse anaerob	Kreatinphosphat
24-Std-Lauf	ca. 88	Muskelglykogen ca. 10 Leberglykogen (Blutglukose) ca. 2		
Doppelmarathon	ca. 60	Muskelglykogen ca. 35 Leberglykogen (Blutglukose) ca. 5		
Marathon	ca. 20	Muskelglykogen ca. 75 Leberglykogen (Blutglukose) ca. 5		
10000 m		ca. 95 - 97	ca. 3 - 5	
5000 m		ca. 85 - 90	ca. 10 - 15	
1500 m		ca. 75	ca. 25	
800 m		ca. 50	ca. 50	
400 m		ca. 25	ca. 60 - 65	ca. 10 - 15
200 m		ca. 0 - 10	ca. 60 - 70	ca. 20 - 30
100 m			ca. 30 - 50	ca. 50 - 70

# Die muskuläre Energiebereitstellung im Langzeit-Ausdauersport

Aerobe Energiebereitstellung  
= Bildung von ATP unter Verbrauch von Sauerstoff:

Oxidation (Verbrennung) von

1. Fettsäuren: *Betaoxidation*

2. Glukose (Traubenzucker): *aerobe Glykolyse*

zu  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (Kohlendioxid und Wasser)

Im Ausdauersport spielt die Oxidation von Proteinen keine entscheidende Rolle. Ein gewisser Anteil an glukogenen Aminosäuren wird energieliefernd verbraucht (das C-Gerüst wird oxidiert, der Stickstoff als Harnstoff ausgeschieden).

siehe [Der Proteinstoffwechsel, www.dr-moosburger.at/pub/pub019.pdf](http://www.dr-moosburger.at/pub/pub019.pdf)

Der Proteinanteil an der muskulären Energiebereitstellung macht beim Ausdauertraining jedoch nicht mehr als 5% aus (selbst bei intensivster Belastung im Wettkampf weniger als 10%)

# Die Muskulatur des Ausdauersportlers

Typ I-Muskelfasern = ST-Fasern:

- "langsam zuckende" Muskelfasern (slow twitch) mit
- hoher Ermüdungsresistenz
- hoher Konzentration an ATPase
- relativ niedrigem Glykogengehalt
- hohem Myoglobingehalt ( $O_2$ -Speicherung in der Muskelzelle)
- hohen Anzahl an Mitochondrien (den "Kraftwerken der Zelle", in denen die oxidative Verbrennung von Glukose u. Fettsäuren stattfindet)

Sie finden sich vorwiegend in der "roten" Muskulatur und besitzen eine gute Kapillarisation ( $O_2$ -Übertritt Blut → Muskelzelle).

Sie werden bei lang durchgeführten Bewegungen mit geringer Kraftentwicklung eingesetzt.

# Beispiel Marathonlauf

Die "Kunst" ist es, mit dem "letzten Tropfen" Glykogen im Ziel anzukommen.

Da das in der Beinmuskulatur gespeicherte Glykogen nicht ausreicht, um damit einen Marathon zu absolvieren, ist es notwendig, zusätzlich Fettsäuren zu verbrennen, um länger mit dem Glykogen auszukommen.

Das "lernt" die Muskulatur durch extensives GA-Training  
→ sog. *Fettstoffwechseltraining*

Wer sein Muskelglykogen vorzeitig aufbraucht, dem begegnet der "Mann mit dem Hammer"

Lernprozess: Die richtige Wahl der Belastungsintensität

# Marathonlauf

Energiebereitstellung in der arbeitenden Muskulatur:

➤ **Oxidation von Glukose: ca. 80 %**

davon ca. 75 % Glukoseverbrennung "vor Ort": Muskelglykogen

ca. 5 % Blutglukose ("Blutzucker"): Leberglykogen und  
zugeführter Zucker

⇒ wichtig: Ausreichendes Trinken eines zweckmäßigen Getränks

Auch das Gehirn braucht Zucker! Es "lebt" ausschließlich von Glukose

➤ **Oxidation von Fettsäuren ("Fettverbrennung"): ca. 20 %**

# Fettstoffwechseltraining

Gezieltes extensives GA1-Training  
in den klassischen LZA-Sportarten  
(Radrennsport, Marathonlauf, Triathlon)

Gesundheits- bzw. Hobbysportler ohne Marathonambitionen brauchen dieses spezifische LZA-Training nicht

*Ein Training im Fettstoffwechselbereich hat nichts mit "Abspecken" zu tun !!!*

Weit verbreitetes Fehlverständnis:

"Training zum Fettabbau", "Fettverbrennungspuls" zur Gewichtsreduktion

# "Fettstoffwechseltraining"

- **Dauer:** Langdauernde (90 min und länger) extensive Trainingseinheiten
- **Intensität:** ca. 65% der  $VO_2\text{max}$   
(Untrainierte ca. 50%, Hochausdauertrainierte bis 75% der  $VO_2\text{max}$ )  
entspricht 70 - 80% der maximalen Herzfrequenz (!)  
Energiebereitstellung: aerob → 50% Glukose, 50% Fettsäuren
- **Methode:** Dauermethode

⇒ Entwicklung der Langzeitausdauer (LZA III) durch  
*Ökonomisierung der muskulären Energiebereitstellung  
bei längerdauernder Ausdauerbelastung:*

*Die arbeitende Muskulatur "lernt" (Trainingseffekt), bei gleicher  
Energieflussrate (Belastungsintensität) mehr Fettsäuren zu verbrennen  
Betaoxidation ↑, Glukoseoxidation ↓ ⇒ Einsparung von Muskelglykogen  
(Das in der Muskulatur gespeicherte Glykogen ist wertvoll, da limitiert)*

# “Bewegungsaktivität”

- Gesundheitsfaktor
- Fitnessfaktor
- Spaßfaktor

