

Radfahren

nicht nur für's Herz

Sölden, 18. Juni 2016

Kurt A. Moosburger
Facharzt für Innere Medizin
Sportmedizin - Ernährungsmedizin
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)

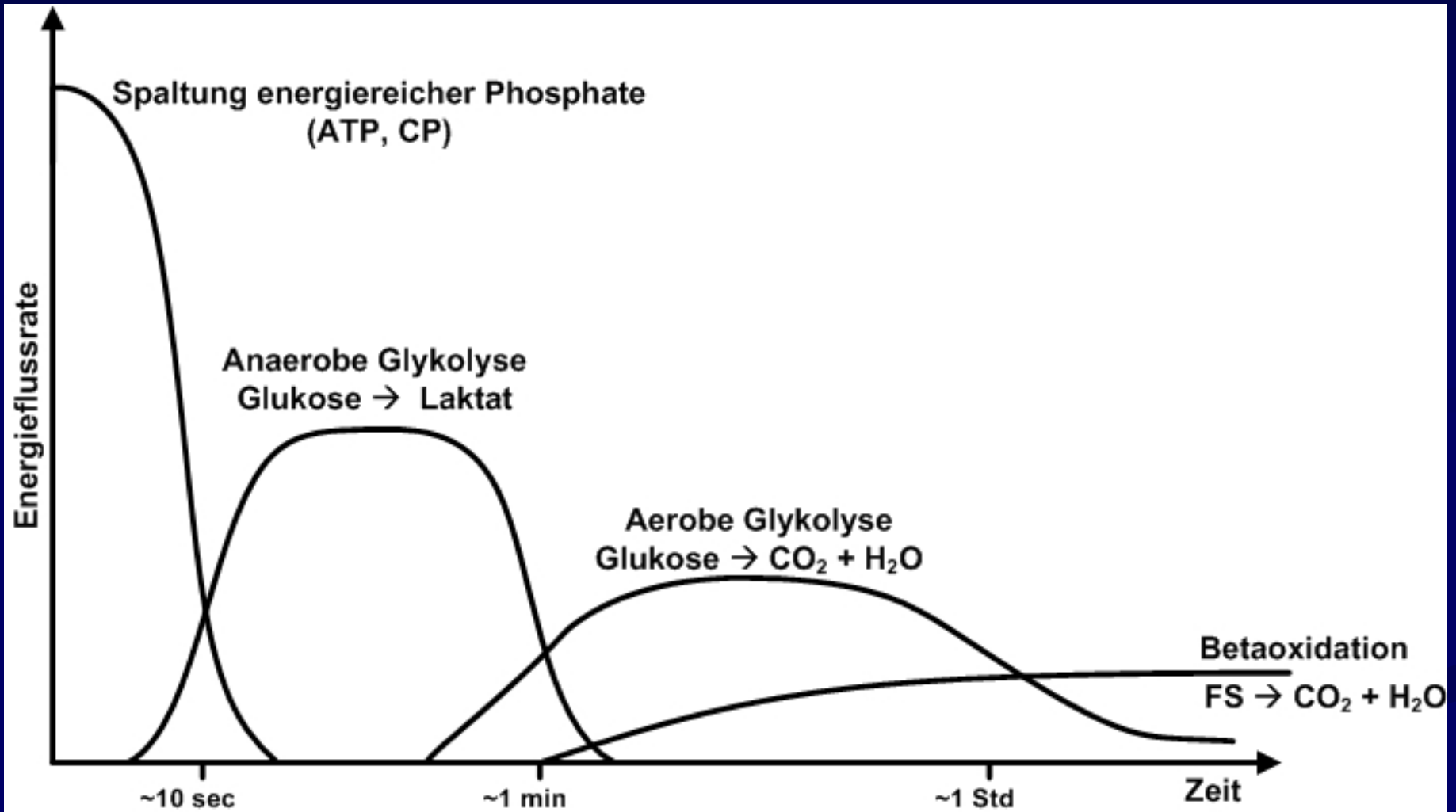
→ **anaerob-laktazid** (anaerobe Glykolyse, unvollständige Glukoseverbrennung)

→ **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

