

# Laufen

nicht nur für's Herz !

**Kurt A. Moosburger**  
6060 Hall i.T., Thurnfeldgasse 14

<http://www.dr-moosburger.at>

# Laufen – eine klassische Ausdauersportart

Ausdauer ist eine der 5 muskulären Grundeigenschaften (neben Kraft, Schnelligkeit, Flexibilität und Koordination)

*Ausdauer = Ermüdungs-Widerstandsfähigkeit*

Kriterien der allgemeinen Ausdauer:

- dynamische Muskelarbeit mit zyklischem Bewegungsmuster
- mindestens ein Sechstel der gesamten Skelettmuskulatur
- mindestens 3 Minuten

# Ausdauertraining

ist mehr als nur ein "Cardiotraining" !

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

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

Trainiert wird die Ausdauer der Muskulatur !  
(Laufen: Beinmuskulatur)

# Ausdauersport

Trainingseffekte auf:

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

# Laufen - für's Herz

Gelaufen 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, 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**

# Laufen - für's Sportherz

$$HMV = SV \times HF$$

Intensives Ausdauertraining = "Sportherztraining"

Größeres Herzvolumen  $\Leftrightarrow$  größere "Hubreserve"  $\Leftrightarrow$  größeres Schlagvolumen  
 $\Leftrightarrow$  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 (Laufen: Beinmuskulatur)

bei körperlicher Ausbelastung

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

siehe [Die maximale Sauerstoffaufnahme...](#)



# 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

- *zentral* über das Herz-Kreislauf-System durch Vergrößerung des maximalen Herzminutenvolumens (HMV)
- *peripher* über die bessere Sauerstoffausschöpfung und -verwertung der Muskulatur durch Kapillarisation und Verbesserung des aeroben Muskelstoffwechsels (Vermehrung von Mitochondrien in den ST-Fasern)

# Die maximale Sauerstoffaufnahme



Spiroergometrie nicht notwendig

Berechnung der  $VO_2$  in ml/min :

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

Frau:  $3.2 \times KG \text{ (kg)} + 12 \times \text{Watt}$

# Die muskuläre Energiebereitstellung beim Langstreckenlauf

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)

Die Oxidation von Proteinen spielt keine entscheidende Rolle

*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 und nicht die  
Belastungsdauer die entsprechende Energiebereitstellung.*

siehe [Die muskuläre Energiebereitstellung im Sport](#)

# Die Muskulatur des Marathonläufers

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.

# 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  
→ *Fettstoffwechseltraining*

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

Lernprozess: Die richtige Wahl der Belastungsintensität

# 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: 50% Glukose-, 50% Fettverbrennung
- Methode: Dauermethode

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

*Die arbeitende Muskulatur lernt, mehr Fettsäuren zu verbrennen  
Betaoxidation ↑ ⇒ Einsparung von Muskelglykogen möglich*

Das in der Muskulatur gespeicherte Glykogen ist wertvoll, da limitiert (ca. 500g)

# 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

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



# Das Problem schwindender Muskelmasse

Physiologischer "Muskelschwund" ab dem 25.-30.Lj: ca. 1% pro Jahr  
*erst recht bei einem "sedentary lifestyle" !*

## 1. Muskulatur als Stützorgan des passiven Bewegungsapparates

Orthopädische Probleme: *Osteoporose , Arthrosen*

Die Muskelkraft und intermuskuläre Koordination nimmt ab

⇒ sturzbedingte Frakturen im höheren Alter

## 2. Muskulatur als Stoffwechselorgan [Stoffwechsel = Metabolismus]

Metabolische Konsequenzen:

Grundumsatz und Gesamtenergieumsatz nimmt ab

Körperfettanteil steigt (auch bei gleichbleibendem Körpergewicht !)

⇒ *Insulinresistenz - metabolisches Syndrom - Typ 2-Diabetes mellitus  
als "Muskelmangelerkrankung" !*

# Das metabolische Problem schwindender Muskelmasse

Die Muskulatur ist das größte Organ, das  
**Glukose aufnimmt !**

Faustregel: Die Muskelmasse ist proportional zur Insulinsensitivität

Die Muskulatur ist das größte Organ, das  
**Fett verbrennt !**

⇒ Plädoyer für ein regelmäßiges Krafttraining !  
(spätestens ab dem 30. Lebensjahr)

Ab dem 50. Lebensjahr hat Krafttraining einen höheren  
Stellenwert als Ausdauertraining !

# Metabolische Effekte körperlicher Aktivität

Der arbeitende Muskel kann auch Insulin-unabhängig Glukose aufnehmen (AMP-abhängige GLUT 4-Translokation, durch Muskelkontraktion induziert)

## *Mittel- bis langfristige Effekte bei Übergewicht:*

Regelmäßiges Training steigert den Energieumsatz und hilft damit, eine negative Energiebilanz zu erzielen ⇒ Reduktion des Körperfettanteils

- ⇒ Normalisierung des Appetitverhaltens u.a. durch Behebung einer meist bestehenden Leptinresistenz
- ⇒ Steigerung der **Insulinsensitivität** = verbessertes Ansprechen der Körperzellen (v.a. der Muskelzellen) auf die Insulinwirkung dadurch Besserung bzw. Behebung der sog. **Insulinresistenz**
- ⇒ bessere Aufnahme von Glukose in die Körperzellen (v.a. in die Muskulatur)
- ⇒ Blutzuckerspiegel sinkt
- ⇒ bessere Verwertung von Glukose (Synthese und Speicherung von Glykogen in der Leber und vor allem in der Muskulatur)
- ⇒ Verbesserung des Fettstoffwechsels ⇒ Besserung erhöhter Blutfettwerte

# Effekte körperlicher Aktivität auf den Lipidstoffwechsel

- vor allem **Reduktion der Triglyzeride** und **Zunahme des HDL-Cholesterins**
- Zunahme von HDL-C, der großen HDL-Partikeln sowie der durchschnittlichen HDL-Größe
- Abnahme der Triglyzeride, VLDL-Triglyzeride und IDL, ebenso deren Teilchengröße
- Einfluss auf Gesamtcholesterin und LDL-Cholesterin relativ gering
- positive Veränderung der LDL-Partikelgröße und der chemischen Zusammensetzung auch bei unverändertem LDL-Cholesterin

## Weitere Effekte eines körperlichen Trainings

- **Arterien:** Freisetzung von NO (=Stickoxid) im Endothel  
NO bewirkt eine Erweiterung von Arterien und damit eine bessere Durchblutung (z.B. der Muskeln)  
BRONWYN A. KINGWELL, The FASEB Journal 2000;14:1685-96:  
*Nitric oxide-mediated metabolic regulation during exercise: effects of training in health and cardiovascular disease*
- **Blut:** Fibrinolyseaktivität, Thrombozytenaggregation, Blutviskosität  
COPPOLA L et al, Blood Coagul Fibrinolysis Jan 2004;15(1):31-7:  
*Effects of a moderate-intensity aerobic program on blood viscosity, platelet aggregation and fibrinolytic balance in young and middle-aged sedentary subjects*
- **Knochenstoffwechsel:** Erhöhung der Knochendichte u. Verbesserung der Mikroarchitektur durch "weight-bearing exercises"
- **Endokrinologie:** HGH/IGF-1, ACTH, Testosteron, Cortisol, Katecholamine ...
- **Immunologie:** IL-6 und weitere Zytokine, Lymphocyten ...

# Das (poly)metabolische Syndrom

"Syndrom X"

The "deadly quartet"

- Übergewicht (= erhöhter Körperfettanteil, v.a. viszeral)
- pathologische Glukosetoleranz → Typ 2-DM
- Hyper-/Dyslipidämie
- arterielle Hypertonie

# *Sport als "Medikament"*

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

**Gerade das metabolische Syndrom ist eine Indikation !**

## "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**

# Ermittlung der Belastungsintensitäten für das Ausdauertraining

Orientierung an der max. Wattleistung bzw. max. HF  
im Breiten- und Gesundheitssport am zweckmäßigsten!

"Untergrenze" : 50% der max. PWC = ca. 70% der max. HF  
bei Untrainierten meist 75% der max. HF!  
(bei Trainierten 65-70% der max. HF)

"Obergrenze" : 70-75% der max. PWC = 85-88% der max. HF  
(bei Trainierten bis 90% der maximalen HF)

Laktatmessung im Breiten- und Gesundheitssport nicht notwendig  
und auch nicht sinnvoll

(v.a. nicht mit dem "starren" 2- und 4 mmol-Schwellenkonzept)

Spiroergometrie nicht notwendig

Berechnung der  $VO_2$  in ml/min :  $3.5 \times KG$  (kg) + 12 x Watt (Mann)  
 $3.2 \times KG$  (kg) + 12 x Watt (Frau)



# Ermittlung der Belastungsintensitäten für das Ausdauertraining

Wenn man den genauen Ruhepuls kennt  
(= Herzfrequenz unmittelbar nach dem morgendlichen Erwachen)

## KARVONEN-Formel:

Prozentsatz der Herzfrequenzreserve plus Ruhepuls

Herzfrequenzreserve = maximale Herzfrequenz minus Ruhepuls

⇒ **(max. HF minus Ruhe-HF) x Faktor plus Ruhe-HF**

extensives Ausdauertraining: Faktor ca. 0.6

intensives Ausdauertraining: Faktor ca. 0.8

# "Abspecken" durch Sport

## Zwei gängige Irrmeinungen:

1. Um Körperfett zu reduzieren, braucht es ein Ausdauertraining.
2. Das Ausdauertraining muss dabei mit niedriger Intensität absolviert werden.  
(Stichwort "*Fettverbrennungspuls*")

# **Mythos "Fettverbrennungspuls" zur Gewichtsreduktion**

Ein *"Training zum Fettabbau"* oder  
ein *"Training zur Gewichtsabnahme"*  
zu postulieren, ist Nonsense !

Die muskuläre Fettverbrennung während eines Trainings hat keine Relevanz für eine langfristige Reduktion des Körperfettanteils.

Das einzig entscheidende Kriterium hierfür ist eine  
**negative Energiebilanz !**

Diese ist ein überdauernder Prozess.

⇒ **Es gibt kein HF-gezieltes "Abspeck"-Training !**

Der Begriff "Fettverbrennungstraining" wird falsch verstanden

# Fettstoffwechseltraining

- Dauer: Langdauernde (90 min und länger) extensive Trainingseinheiten
- Intensität: ca. 65% der  $VO_2\max$  (Untrainierte ca. 50%, Hochausdauertrainierte bis 75%)
- Methode: Dauermethode

⇒ Entwicklung der Langzeitausdauer durch  
**Ökonomisierung der muskulären Energiebereitstellung  
bei längerdauernder Belastung**

Betaoxidation ↑ ⇒ Einsparung von Muskelglykogen  
(dieses ist wertvoll, da limitiert)

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

Hat nichts mit einem "Abspecken" zu tun! (weit verbreitetes Fehlverständnis)

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

(abgesehen davon sind Adipöse aus biomechanischen und metabolischen Gründen dazu kaum in der Lage)

# "Abspecken" durch Sport

Jede körperliche Aktivität hilft,  
eine **negative Energiebilanz** zu realisieren  
(in Verbindung mit bewusster Ernährung)

**Energieverbrauch > Energiezufuhr**

Mit **Krafttraining** und **HIIT**  
kann man/frau am effizientesten "abspecken"

"Geheimnis": "Nachbrenneffekt" (RMR ↑) und langfristig BMR ↑ ⇨ TEE ↑

Wissenschaft: v.a. Tremblay et al und weitere Arbeitsgruppen (seit über 20 Jahren!)