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 x 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

siehe *Das Sportherz*

Laufen – für's Sportherz

HMV = SV x HF

Intensives Ausdauertraining = "Sportherztraining"

Größeres Herzvolumen ⇨ größere "Hubreserve" ⇨ größeres Schlagvolumen
⇨ 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_2max 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_2max bereits in untrainiertem Zustand*

- Trainierbarkeit des Anteils der VO_2max an der anaeroben Schwelle (Dauerleistungsgrenze) ist höher: 50 – 70%

Die trainierbare Steigerung der VO_2max erfolgt

- *zentral* über das Herz-Kreislauf-System durch Vergrößerung des maximalen Herzminutenvolumens (HMV)
- *peripher* über die bessere Sauerstoffausschöpfung und -verwertung der Muskulatur durch Kapillarisierung 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 x KG (kg) + 12x Watt
Frau: 3.2 x KG (kg) + 12 x 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 CO_2 + H_2O (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 Kapillarisierung (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_2max
  (Untrainierte ca. 50%, Hochausdauertrainierte bis 75% der VO_2max)
  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:
  Nitroc 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 x KG (kg) + 12 x Watt (Mann)
3.2 x 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 Nonsens !

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

Das einzig entscheidende Kriterium hiefür 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_2max (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!)