

# Ausdauertraining

Grundsätzlich würde ich Ihnen das eigentlich überhaupt nicht wünschen, aber wenn Sie doch mal die Gelegenheit bekommen sollten, sich nach dem Schlaganfall oder dem Herzinfarkt eines Freundes oder Angehörigen in einer Rehabilitationsklinik umzusehen, dann würden Sie sehen, dass dort alle vor allem marschieren, marschieren, marschieren und noch mal marschieren. Mit anderen Worten, sie machen Ausdauertraining. Das machen sie in diesen Kliniken auch schon viel, viel länger, als wir verstanden haben, wie der Mechanismus funktioniert, der diesen Menschen so guttut. Klar, wir haben schon lange verstanden, dass ein Sportlerherz eine langsame Schlagfrequenz hat, man spricht vom Vagotonus. Das ist also nach dem, was ich Ihnen bereits vorher erklärt habe, das Gegenteil vom „Sympathikotonus“, d. h. es bringt die Leute von ihrem vegetativen Kampf- und Fluchtmodus runter.

Der Mechanismus ist ganz einfach: Das Großhirn kontrolliert den Hirnstamm, der den Sympathikus hemmt. Wenn sie im Großhirn „mehr Lampen einschalten“, funktioniert die Sympathikus-Kontrolle besser. Sie schalten im Großhirn natürlich auch Lampen an, wenn Sie kluge Gedanken fassen oder meditieren, was, so wissen es die Yoga-Anhänger, zum Vagotonus führt. Unschlagbar ist jedoch Ausdauertraining, einfach aufgrund dessen, dass es unzählige Mechanorezeptoren anspricht. Das sind in diesem Fall Muskelspindeln und Gelenkrezeptoren, die dann wiederum eine wahre Flut von Zuflüssen zum Großhirn produzieren und dieses aktivieren. Kluge Lehrer lassen ihre Schüler sich alle 20 Minuten bewegen, weil das eben im Hirn „die Lampen anschaltet“.

Jede Schauspielerin und jeder Schauspieler verwendet den vielen Grips, den sie haben, indem sie den Text eines Stückes von zwei bis fünf Stunden Länge im Gehen lernen. Nie an den Stuhl gefesselt, sondern immer in Bewegung. Ich kann mich an Bruno Ganz erinnern, wie er an einem Tag Goethes Faust I in acht Stunden und am nächsten Tag Faust II in vierzehn Stunden gespielt hat. Bewegungsprogramme und Grips-Programme („kognitive“) haben eine gemeinsame Regelstrecke, das sind die Basalganglien oder Basalkerne. Das sind diese großen Neuronensammlungen in jeder Hirnhälfte, die Sie auch in der Abb. 6 entdecken können. Ist doch klar, dass man dies nutzen muss.

## Was heißt nun aber wirklich „Ausdauertraining“?

### Definition

„Ausdauer“ ist die Fähigkeit, eine körperliche Belastung möglichst lange aufrechterhalten zu können, den durch die Ermüdung bedingten Leistungsverlust lange hinauszuzögern. Ausdauer bedeutet auch, sich nach sportlichen Belastungen schnell regenerieren zu können. Grundsätzlich sagt der Begriff „Ausdauer“ nichts über die Art der Belastung aus. Es gibt die aerobe Ausdauer wie beim Marathonlauf und die anaerobe Ausdauer wie beim Fußballspiel. Die sogenannte „Grundlagenausdauer“ ist die aerobe Ausdauerform, die in der Gesundheitsvorsorge, im Präventivsport und zur allgemeinen „Fitness“ trainiert wird.

Apropos Fitness: Im sogenannten Fitnessstudio wird im Allgemeinen weniger Fitness trainiert als Muskeln gepumpt, also Kraft trainiert. Man muss genau unterscheiden, ob es um Fitness, Ausdauer oder Kraft bzw. Muskelvolumen geht, siehe die Ausführungen über den Triathleten in diesem Kapitel weiter oben. Im Leistungssportbereich ist Fitness jedoch die Voraussetzung dafür, dass der Sportler spezifische Ausdauer in seiner Sportart erwerben kann. In meiner Praxis treffe ich das häufige Phänomen an, dass Patienten in ihrem speziellen Sport durch zu hohe Intensität des spezifischen Ausdauertrainings (siehe das Beispiel des Triathleten) unter einem Übertrainings-Zustand leiden, der sich negativ auf alle Körpersysteme auswirkt: Immunschwäche, Verletzungsanfälligkeit, chronische Erschöpfung sind typische Symptome. Diese Personen sind also total „unfit“.

Herr Anzgesagter (Name geändert) kommt mit Infektanfälligkeit, Schwächezuständen und depressiver Grundstimmung. Er ist bei einem großen amerikanischen Softwareunternehmen beschäftigt und weiß, was Stress bedeutet. Regelmäßige Reports und Rapports beim nächsten Vorgesetzten, Analyse der eigenen Verkaufs-Performance, Vergleich mit den Kollegen, kurz: jede Menge Wettbewerb. Und das realistischere volle 60 Stunden pro Woche. Er ist 43 und dynamischer Single in der südlichsten Großstadt Deutschlands, somit ist er regelmäßig in den angesagten Clubs, mal P1, mal Heart oder auch im Pacha zu sehen. Du musst gut aussehen, um dazuzugehören, das bedeutet zweimal die Woche Fitnessstudio zum Pumpen und noch einmal die Woche laufen, einmal

Squash. Die beiden letzteren stuft er als das Ausdauertraining ein, von dem er weiß, dass es gesundheitsfördernd ist. Da er ein leistungsbewusster Mensch ist, powert er sich dabei so richtig aus, weil sich das dann auch super gut anfühlt. Er hat zu seinem Leidwesen eine verstärkte Schweißneigung, auch nachts, und leidet zunehmend unter Schlafstörungen.

Ein Blick in die Augen, genauer gesagt ein Betrachten des Augenhintergrundes mit Hilfe eines Ophthalmoskops (Augenspiegel) zeigte bei ihm ein Verhältnis der Arterien zu den daneben liegenden Venen von 1:2,5 (Abb. 10), d. h. die Arterien sind eng gestellt, wofür der Sympathikus verantwortlich ist. Danach brauchten wir keine weitere Diagnostik wie Herzratenvariabilität oder dergleichen, um sagen zu können, dass Herr Anzgesagter unter einem Sympathikus-dominierten Stresssyndrom leidet, was er durch die Art seines Trainings noch weiter verstärkt, anstatt gegenzusteuern.

Es ist halt schwierig, wenn man permanent auf Leistungen getrimmt ist, es beim Sport langsam angehen zu lassen. Das war jedoch die erste Ansage an ihn zur Gesundheit: Zweimal die Woche Ausdauertraining mit einer Intensität, bei der er sich mit seinem Nachbarn auf dem Cross-trainer noch unterhalten kann, ohne nach Luft zu schnappen. Das sollte er vor allem auch tun, wenn neben ihm ein weiblicher Sportler trainiert. Zum Muskel-Shapen könnte er dann noch Hanteln und Geräte pumpen, das ist für ihn „lebensnotwendig“. Laufen zweimal pro Woche aerob, vorerst kein Squash. Warum, das lesen Sie im Folgenden.

## Energiegewinnung

Die folgenden Passagen sind möglicherweise besonders für Trainer und Therapeuten sowie besonders informierte Laien gut verdaulich. Lassen Sie sich nicht frustrieren, wenn Sie nicht zu diesen Personengruppen gehören. Probieren Sie es mal, in den Text einzusteigen, vielleicht später noch mal neu zu lesen oder Sie lesen einfach nur die Zusammenfassung am Ende des Kapitels.

### ATP

Das alles entscheidende Molekül ist ATP, Adenosintriphosphat. Es liefert durch die Umwandlung in ADP (Adenosindiphosphat) die Energie für die Muskelkontraktion, die Fähigkeit der Nerven, Informationen zu

**Mit Erfolg gesund**

Copyright-geschütztes Material

## Eiweiß

Letztendlich kann auch Eiweiß als Energieträger „missbraucht“ werden. Warum missbraucht? Weil Eiweiß eigentlich dazu dienen sollte, daraus Körperbau- und Funktionsmoleküle herzustellen. Natürlich stellt die Muskulatur die größte Eiweißmasse des Körpers dar, eben „das Fleisch“. Aber es gibt keine Gewebe, nicht einmal das Fettgewebe, wo nicht auch Aminosäuren, die kleinsten Bausteine des Eiweißes, als Bausubstanzen für das Stützgewebe benötigt werden.

Wenn Sie freiwillig oder gezwungen das Essen einstellen, geht der Körper in den Fastenstoffwechsel über, bei dem Fett abgebaut wird, um für die Energiebereitstellung verwendet werden zu können. Dabei entstehen sogenannte Keton-Körper, mit denen sich das Gehirn, der Herzmuskel, Skelettmuskeln (und die anderen Organe, nicht jedoch der Leber) in Ermangelung von Glucose als Energieträger durchaus zufriedengibt.

Das Gehirn deckt den Energiebedarf beim Fasten (Fettabbau) zu 75 % aus Ketonkörpern, der Rest muss dann doch über Glucose gedeckt werden, so ganz ohne geht es also nicht. Daher werden beim Fasten sogenannte glukoplastische Aminosäuren aus den Eiweißspeichern des Körpers, d. h. aus der Muskelmasse herausgelöst und in der Leber zu Glucose umgewandelt. Sie werden sagen: „Was für eine Verschwendung.“ So ist es in der Tat und aus diesem Grund werden bei vielen Fastenstrategien Aminosäurendrinks (Modifast<sup>®</sup>, Optifast<sup>®</sup>, Bionorm<sup>®</sup> u. v. a.) zugeführt, um den Abbau von Muskelmasse zu verhindern. Darüber können Sie mehr in Kap. 11 lesen.

## Energiebildung beim Training

Glucose, die aus der Speicherform des Zuckers, dem Glykogen (in Muskel und Leber) freigesetzt wird, oder während eines Marathonlaufs in Form von glukosehaltigen Getränken ständig zugeführt werden kann, ist der einzige Energieträger, der auch ohne Sauerstoff zu ATP umgesetzt werden kann. Das ist leider überhaupt nicht ökonomisch, denn der anaerobe, d. h. der ohne Sauerstoff mögliche Abbau von einem Molekül Glucose zu einem Molekül Laktat, der Milchsäure, welche uns als Indikator für das Ausmaß des Sauerstoffmangels bei einer körperlichen Belastung dient, liefert lächerliche 2 Moleküle ATP, während 32 entstehen,

wenn das Ganze mit Sauerstoff vonstattengeht (s. Abb. 26).

Während das Gehirn den größten Teil seiner Energieversorgung aus Glucose bezieht, sind rote Blutkörperchen, die Zellen des Nebennierenmarks und Spermien ausschließlich auf Glucose als Energieträger angewiesen, da ihnen die Mitochondrien für den aeroben Stoffwechsel fehlen. Beim anaeroben Stoffwechsel, d. h. bei der Glykolyse, ist bei Pyruvat Schluss. Das wird dann durch das Enzym Laktat-Dehydrogenase (LDH) zu Laktat weiterverarbeitet. Pyruvat hemmt dieses Enzym, was sicherstellt, dass Pyruvat unter aeroben Bedingungen in den Zitratzyklus eingeschleust wird und nicht zu Laktat verarbeitet wird.

### Zitratzyklus

Die Enzyme des Zitratzyklus finden sich in den Mitochondrien, während die Glykolyse sozusagen im Bad der Zellflüssigkeit stattfindet. Laktat wird aus der Zelle ausgeschleust und zur Leber verfrachtet, wo im umgekehrten Schritt aus Laktat wieder Pyruvat hergestellt wird.

Das Schlüsselmolekül für den Eintritt in den Zitratzyklus ist Acetyl-CoA, das ein Zwischenprodukt der Spaltung von Glucose, Fettsäuren und einigen Aminosäuren darstellt. Damit sind eigentlich auch schon die Quellen der Energiebildung geschildert, wobei die Aminosäuren hier nur äußerst aushilfsweise zuständig sind (s. o.).

### Leistungsdiagnostik: Respiratorischer Quotient (RQ)

Ob ein Mensch aerob oder anaerob unterwegs ist, kann man grundsätzlich über den sogenannten respiratorischen Quotienten (RQ) messen. Dazu muss im Bereich der Leistungsdiagnostik der Sportmedizin in der Atemluft Sauerstoff und Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ , Kohlensäure) gemessen werden, denn der RQ errechnet sich aus Kohlendioxidabgabe ( $\text{VCO}_2$ ), geteilt durch Sauerstoffaufnahme ( $\text{VO}_2$ ).

Jeder RQ kleiner als 1 beschreibt aerobe Stoffwechselverhältnisse, die genaue Größe resultiert aus der Intensität der Belastung und dem Energieträger, der vorwiegend verbrannt wird. Wie gesagt: je kleiner der RQ, desto mehr aerober Stoffwechsel. Dabei kommen erneut die Fettsäuren mit einem RQ von etwa 0,7 am besten weg, Fettsäuren können ausschließlich aerob verbrannt werden. Bei reiner Glucose-Ver-

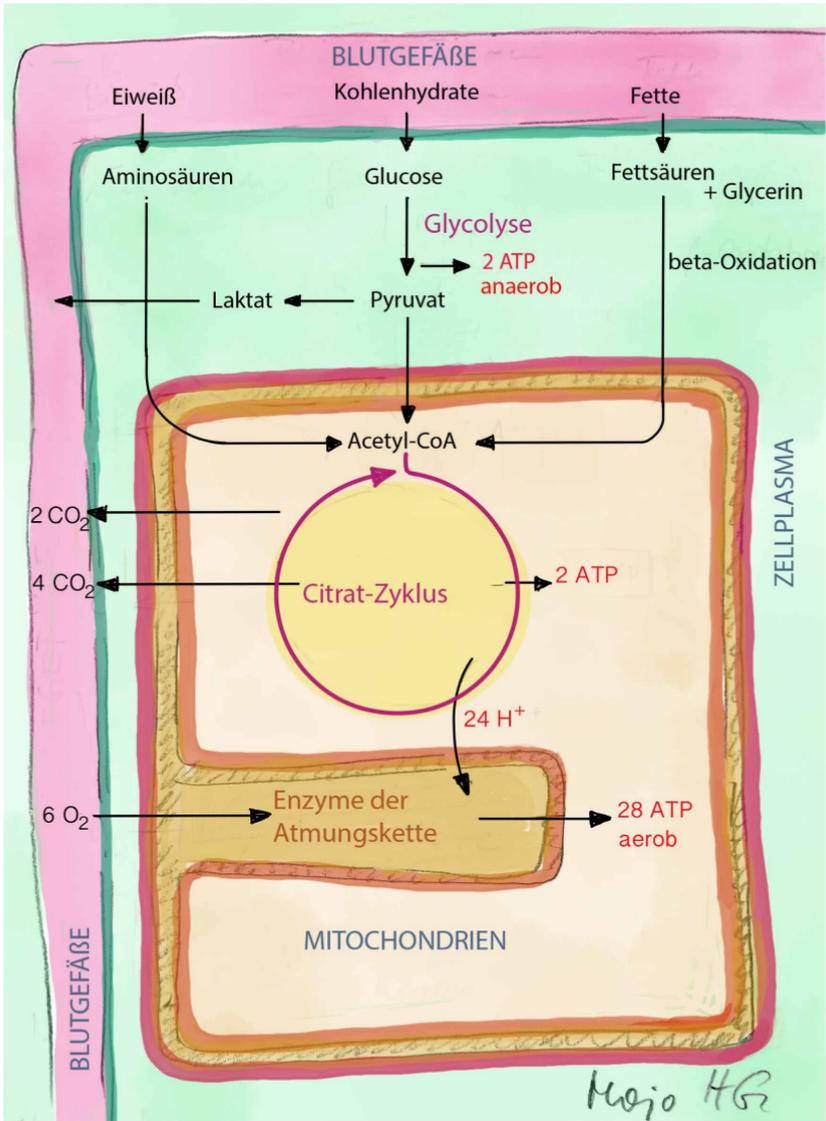


Abb. 25: Energiebildung aus Glucose, Fettsäuren und Aminosäuren. Das Schema beschreibt, dass bei aerobem Stoffwechsel aus 1 Molekül Glucose maximal 32 ATP gebildet werden können. Dabei wird die gleiche Menge Sauerstoff verbraucht wie CO<sub>2</sub> produziert. Das schlägt sich im sog. Respiratorischen Quotienten von 1 nieder.

brennung unter aeroben Bedingungen liegt er bei 1. Bei jeder Belastung werden jedoch mindestens 20 % Glucose zur Energiebereitstellung genutzt, sodass sich ein Mischwert von ca. 0,8 ergibt.

Unter Sauerstoffmangelbedingungen, das nennt man dann „anaerob“, entsteht Milchsäure (Laktat), welche wiederum zu  $\text{CO}_2$  und Wasser abgebaut wird. Sie haben es sofort verstanden: Bei anaeroben Stoffwechselbedingungen liegen die RQ-Werte über eins. Bei gut anaerob trainierten Personen, die sozusagen „viel Laktat aushalten können“, kann der RQ maximal etwa 1,2 erreichen, bei Ausdauertrainierten geht er kaum bis 1,1.

## Die Art der Energiebildung ist belastungsabhängig

Die Glykogenspeicher im Muskel und in der Leber dienen als Sofort-Energiequelle, die jedoch spätestens nach einem 400-Meter-Lauf mit maximaler Geschwindigkeit erschöpft ist. Dann kann es nur mit der Beta-Oxidation von Fettsäuren weitergehen, oder Sie haben inzwischen Glucose zugeführt.

Die Energiebildung hängt von der Belastungsintensität und der Belastungsdauer ab. Bei 10 Sekunden Belastung mit Maximalkraft und maximaler Schnelligkeit wie beim Gewichtheben oder beim 100-m-Sprint (hier spricht man eigentlich von „supra-maximalen“ Belastungen) entsteht noch kein Laktat, denn bei diesen ultrakurzen hochintensiven Belastungen wird ATP im Muskel direkt gespalten und durch Kreatinphosphat erneuert (s. o.), da ATP nach 2 Sekunden aufgebraucht wäre. Über die Regeneration mit Kreatinphosphat geht es weitere 9 Sekunden gut.

$\text{RQ} = \frac{\text{VCO}_2}{\text{VO}_2}$	
RQ = 0,7	aerobe Fettverbrennung
RQ = 1	aerobe Glukoseverbrennung
RQ = 1,2	anaerober Stoffwechsel, gut trainiert

Abb. 26: Respiratorischer Quotient

**Mit Erfolg gesund**

Copyright-geschütztes Material

Sie können das Training als Dauertraining oder Intervalltraining anwenden, indem Sie die Belastung variieren zwischen 50 %-Phasen und 90 %-Phasen. Von der *extensiven Intervallmethode* spricht man, wenn die Pause kürzer ist als das Belastungsintervall.

Das *hochintensive Intervalltraining (HIIT)* ist ein weiterer Trainingsansatz, bei dem sich hochintensive Phasen (85–100 % maximale Herzfrequenz) mit mehreren Erholungsphasen (40–50 % maximale Herzfrequenz) abwechseln.

Eine bekannte Form solch eines Intervalltrainings ist „Tabata“. Dabei hat das hochintensive Intervall eine Länge von 20 Sekunden, in der maximal belastet wird, also bis zum „Kotzen“, gefolgt von einer 10 Sekunden langen Pause mit Grundlagenausdauerintensität und das in 8 Durchgängen. Ein komplettes Tabata-Training besteht damit nur aus 4 Minuten.

Da ein normaler Breitensportler diese Intensität in acht Durchgängen nicht aushält, wird meistens mit relativ geringerer Intensität und längerer Dauer trainiert.

So konnte gezeigt werden, dass man mit kurzen, aber sehr intensiven

<h3>Karvonenformel</h3> $HF_{\text{Training}} = (HF_{\text{max}} - HF_{\text{Ruhe}}) \times \text{Faktor} + HF_{\text{Ruhe}}$	
Beispiel:	$HF_{\text{max}} = 150, HF_{\text{Ruhe}} = 60$
Gesundheitszone: 50-60% der Maximalintensität $(150-60) \times 0,5 = 45+60 = 105$ $\times 0,6 = 54+60 = 114$	
Grundlagenausdauertraining GA1	„Fettstoffwechselzone“: 60-70%
Grundlagenausdauertraining GA2	„aerobe Zone“, anaerobe Schwelle: 70-85%
Intensitätstraining IT:	„anerobe Zone“: 80-95%
Hochintensives Intervalltraining HIIT	85-100%

Abb. 27: Karvonen-Formel bei verschiedenen Belastungsstufen

Belastungsphasen (z. B. 60 Sekunden) im Wechsel mit ebenfalls kurzen Erholungsphasen (z. B. 75 Sekunden), z. B. 12-mal hintereinander, entsprechend etwa 30 Minuten Intervalltraining pro Tag, dieselben Ergebnisse erzielen kann, wie mit einem 90- bis 120-minütigen traditionellen Ausdauertraining bei mittlerer Intensität.

Nach diesen Belastungen sind ebenfalls 48 Stunden Erholungszeit zu empfehlen, sodass dieses Training dreimal wöchentlich durchgeführt werden kann. Sehr wenig Zeitaufwand, großer Effekt. Das ist jedoch nicht für Personen, die Stressabbau anstreben und Gesundheitsfürsorge und Vorsorge betreiben wollen, sondern für relativ fitte Leute, die leistungsfähiger werden, sich auf einen Wettkampf vorbereiten oder auch abnehmen wollen.

## Ausdauertraining: Fazit

Die gesundheitsfördernden Aspekte von Ausdauertraining werden am besten mit einer Trainingsintensität von 65–80 % der Maximalintensität erreicht. Wenn Sie auf einfachste Weise gesundheitsfördernd trainieren wollen, dann tun Sie das, was Ihnen am meisten Freude macht:

Walken, Laufen, Radfahren, Spinning, Crosstrainer, was immer Sie wollen mit einer Intensität, bei der Sie mit der Nasenatmung klarkommen oder nur hin und wieder die Mundatmung dazu nehmen müssen.

Wollen Sie genau wissen, bei welcher Herzfrequenz Ihre aerob/anaerobe Schwelle liegt, müssen Sie sich einer Leistungsdiagnostik unterziehen, die mindestens eine Laktatstufendiagnostik beinhalten sollte. Bei dieser steigern Sie mit Pulsuhr die Herzfrequenz jeweils um zehn Schläge pro Minute und lassen nach 2 Minuten Belastung Laktat messen. Das ist heute sehr einfach mit einem Blutstropfen aus dem Ohr und einem Laktat-Messstreifen zu machen. Wenn ihr Wunsch-Ausdauersport das Laufen ist, schicken wir unsere Patienten einfach am Canaletto lang vor unserer Praxis laufen, wenn nicht, schicken wir sie zur Nachbarin auf das Fahrradergometer.

Die andere Möglichkeit ist, dass Sie nach der Karvonen-Formel, die von der Bestimmung der Ruhe-Herzfrequenz und der maximalen Herzfrequenz abhängig ist, mit guter Annäherung Ihre Herzfrequenz bestimmen, bei der Sie 65–80 % Maximalintensität erreichen. Selbst ist die Frau und der Mann.