

## 6 *Energiestoffwechsel*



Die Fettverbrennung ist ein sehr beliebtes Thema in Fitnesscentern und ein wichtiger Aspekt in einem gesundheitsorientierten Training. Allerdings machen diverse sich teils widersprechende Aussagen bezüglich des Fettstoffwechseltrainings die Runde. Allzu oft wird mit Pauschalempfehlungen gearbeitet, die den Trainingserfolg verhindern können. Dieser Artikel beschäftigt sich eingängig mit den Grundzügen des Energiestoffwechsels und geht vertieft auf die Mechanismen der Fettoxidation ein.



André Tummer

Ende des 18. Jahrhunderts kristallisierte sich die Chemie mehr und mehr als eigenständige Wissenschaft heraus. Der neue Zeitgeist, der sich während der französischen Revolution entwickelte, veränderte auch die Art und Weise des wissenschaftlichen Denkens. So wurden in dieser Epoche grundlegende Stoffwechselvorgänge entdeckt. Es war der Franzose Antoine de Lavoisier (1743–1794), der erstmalig zeigen konnte, dass es sich bei der Atmung um einen Verbrennungsvorgang, also um Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe handelt. Auch der deutsche Wissenschaftler Justus von Liebig (1803–1873) galt als Wegbereiter der organischen Chemie. Unter anderem fand er heraus, dass Fett als Energiereserve des Körpers in Depots gespeichert wird. Er empfahl bereits zu seiner Zeit körperliche Betätigung zum Abbau von Fettpolstern. Max Pettenkofer (1818–1901) und Carl van Voit (1831–1908) entwickelten einen ersten Respirationsapparat, der es ermöglichte, Stoffwechselvorgänge genau zu beobachten. Die beiden entwickelten die ersten Stoff-

wechselbilanzen. Schliesslich war es Max Rubner, der die ersten physiologischen Brennwerte der Hauptnährstoffe berechnete. Bis die ersten Untersuchungen in der Arbeits- bzw. Sport- und Leistungsphysiologie gemacht wurden, sollte es aber noch eine geraume Zeit dauern, und auch heute sind noch längst nicht alle Stoffwechselvorgänge ausreichend erforscht.

wechselbilanzen. Schliesslich war es Max Rubner, der die ersten physiologischen Brennwerte der Hauptnährstoffe berechnete. Bis die ersten Untersuchungen in der Arbeits- bzw. Sport- und Leistungsphysiologie gemacht wurden, sollte es aber noch eine geraume Zeit dauern, und auch heute sind noch längst nicht alle Stoffwechselvorgänge ausreichend erforscht.

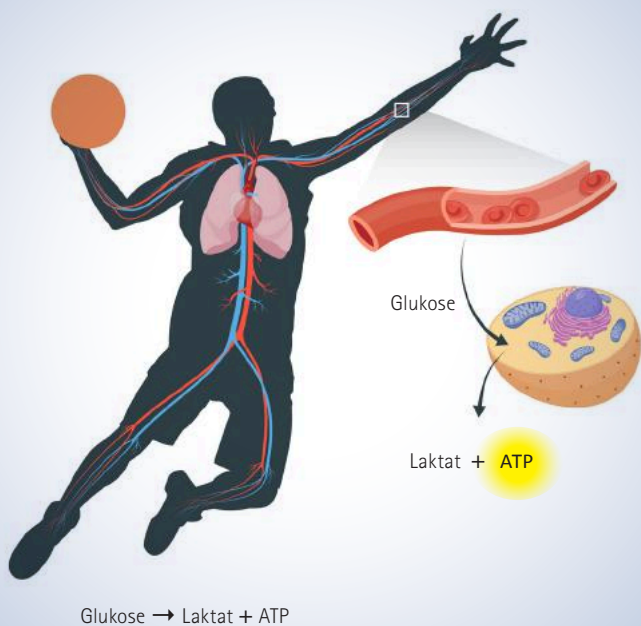
### Muskelstoffwechsel

Die Muskulatur benötigt für ihre mechanische Arbeit chemische Energie in Form des Adenosintriphosphats (ATP). Andere Energieträger können nicht direkt verwendet werden, da die enzymatische Aktivität der Myosinköpfchen (ATPase) spezifisch auf die Spaltung von ATP in ADP und  $P^i$  ausgerichtet ist.

Da das Vorhandensein von ATP im Muskel lebensnotwendig ist – z.B. für die Aufrechterhaltung der Natrium-Kalium-Pumpe oder der Weichmacherfunktion innerhalb des Kontraktionsvorgangs der Aktin-Myosin-Filamente –, sinkt der ATP-Spiegel auch bei Extrembelastungen nur wenig ab. Um den intrazellulären ATP-Vorrat aufrechtzuerhalten, bedient sich die Muskelfaser verschiedener anaerober und aerober Wege der ATP-Resynthese. ▶

<sup>1</sup>ATPasen sind eine Klasse von Enzymen, die Adenosintriphosphat (ATP) unter Freisetzung von Energie in Adenosindiphosphat (ADP) und anorganisches Phosphat (P) spalten. Bei der Reaktion handelt es sich um eine Hydrolyse. Die hierbei frei werdende Energie kann für andere Prozesse genutzt werden.

## Das anaerobe System



Der anaerobe Weg der Energiebereitstellung

### Die anaerobe alaktazide Energiegewinnung

Weil die Antwort des Herzkreislaufsystems zu Beginn einer gesteigerten körperlichen Arbeit relativ träge ist, und der unmittelbar benötigte Energiebedarf nicht direkt oxidativ abgedeckt werden kann, ist der Muskel gezwungen, die notwendige Energie auf dem anaeroben Wege zu gewinnen. Die erste energieliefernde Reaktion ist die Spaltung von ATP:



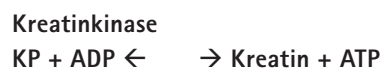
Der ATP-Vorrat in der Muskelzelle beträgt ca. 6 mmol<sup>2</sup> pro Kilogramm Muskelgewebe und reicht somit bei maximaler Muskelkontraktion nur für Sekundenbruchteile.

Die bei dieser Reaktion gebildeten Zerfallsprodukte Adenosindiphosphat (ADP) und anorganisches Phosphat (P) stimulieren die Atmung bis zur 100-fachen Steigerung und aktivieren so alle

<sup>2</sup>mmol = Millimol (gibt die Anzahl der Zuckerteilchen an)

für den Muskelstoffwechsel verantwortlichen Funktionssysteme. Sobald nach Arbeitsende das gesamte ADP bzw. P wieder zu ATP umgewandelt ist, wird die Atmung gehemmt und kehrt in den Ruhezustand zurück. Dieses regulatorische Prinzip wird als *Atmungskontrolle durch den Energiebedarf* bezeichnet.

Um weitere Muskelarbeit zu ermöglichen, wird ATP mit extrem hoher Geschwindigkeit durch den zellulären Kreatinphosphat-Speicher (KP-Speicher) – er beträgt 20–30 mmol/kg Muskelgewebe – wieder aufgefüllt:



Diese sofortige Resynthese von ATP ermöglicht eine Gesamtarbeitszeit bei maximaler Belastung von 5–7 Sekunden bei Erwachsenen.

Trotz des Einsatzes grosser Muskelgruppen sind die Auswirkungen auf den Stoffwechsel des Gesamtorganismus sehr gering. Adaptive Anpassungen im Bereich des Herz-Kreislauf-Systems werden trotz höchster Intensität aufgrund der kurzen Dauer nicht erreicht.

### Die anaerob-laktazide Energiegewinnung

Diese Form der Energiegewinnung erfolgt im Sarkoplasma und stellt bei allen intensiven Belastungen, bei denen die Sauerstoffversorgung unzureichend ist, den bevorzugten Energiegewinnungsprozess dar. Das Maximum der anaeroben Glykolyse wird nach ca. 45 Sekunden erreicht. In diesem Prozess kann nur Glukose bzw. Glykogen als Energielieferant herangezogen werden. Das intrazellulär gespeicherte Glykogen ist dabei schneller verfügbar, da es nicht erst über den Blutweg herantransportiert und durch die Zellmembran geschleust werden muss.

Das bei intensiven muskulären Belastungen als Endprodukt der *anaeroben Glykolyse* entstehende Laktat wirkt sich sowohl lokal als auch allgemein auf das Stoffwechselgeschehen aus. Nach erschöpfender Belastung sind im arbeitenden Muskel maximale Laktatkonzentrationen bis 30 mmol/kg Muskelgewebe, im Blut bis 25 mmol/l gemessen worden.

Die mit diesen Laktatwerten einhergehende extreme Übersäuerung (Azidose) hat lokal das Erliegen der glykolytischen Stoffwechselprozesse zur Folge, da die Azidose die Enzymaktivi-

tät hemmt. Diese Enzymhemmung stellt eine Art Selbstschutz gegenüber einer zu starken Übersäuerung mit nachfolgender Zerstörung intrazellulärer Eiweisstrukturen dar.

Die durch eine maximale Belastung ausgelöste Azidose kann weder durch Pufferung in der Blutbahn noch respiratorisch kompensiert werden (Kohlensäure-Bicarbonat-Puffer). In der lokalen Gewebezidose und der allgemeinen Übersäuerung des arteriellen Blutes ist auch der Grund für den Belastungsabbruch zu suchen.

In der Erholungsphase nach erschöpfender Belastung normalisiert sich die Azidose innerhalb von 30 bis maximal 60 Minuten, abhängig vom Trainingszustand. Das aus dem Muskel in die Blutbahn diffundierte Laktat wird durch die Leber, den Herzmuskel, die Niere und die nicht arbeitenden Skelettmuskulatur wieder verstoffwechselt. Der grösste Teil des Laktats, das bei maximaler, kurzer Belastung durch die anaerobe Glykolyse entsteht, wird in der Muskelzelle nach Abbruch der Belastung wieder zu Glykogen aufgebaut.

Die Laktat-Abbaurrate aus dem Blut beträgt etwa 0,5 mmol/l pro Minute. Leichte körperliche Aktivität in der Erholungsphase beschleunigt diesen Vorgang. Der Organismus arbeitet so lange anaerob, bis entweder die Belastung abgebrochen oder die Belastungsintensität so weit gedrosselt wird, dass eine ökonomische oxidative Substratverbrennung möglich ist.

## Die aerobe Energiegewinnung

Bei einer Belastungsdauer, die über 60 Sekunden hinausgeht, nimmt die aerobe Energiegewinnung eine zunehmend dominierende Rolle ein. Bei der oxidativen Verbrennung, die in den Mitochondrien abläuft, entstehen

### Enzyme der aeroben Energiebereitstellung

**Glukose und Fettsäuren**  $\leftarrow \rightarrow$  **ATP + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O**

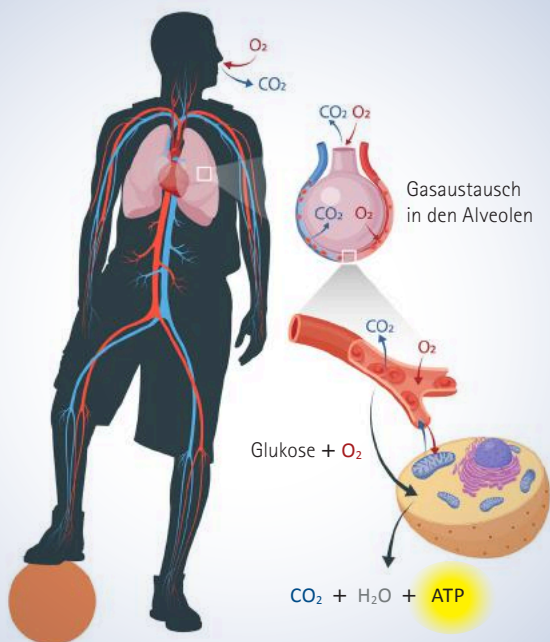
Auf dem aeroben Weg können neben Glukose auch freie Fettsäuren (FFS), sowie in «Notfällen» (Hunger, extreme Dauerbelastung) auch bestimmte Aminosäuren als Energieträger verbrannt werden.

Die aerobe und anaerobe Energiegewinnung bis zum Pyruvat<sup>3</sup> durchlaufen den gleichen Abbauweg. Alle Nahrungsstoffe bei der oxidativen Verbrennung gehen letztlich in den ►

<sup>3</sup>Pyruvat spielt im Organismus als Zwischenprodukt verschiedener Stoffwechselwege eine wichtige Rolle. So kann es als Endprodukt der aeroben Glykolyse in den Zitratzyklus eingespeist oder zu Alanin transaminiert werden. Auch bildet Pyruvat das Ausgangsprodukt der Gluconeogenese. Unter anaeroben Bedingungen entsteht aus Pyruvat das saure Laktat.



## Das aerobe System



Glukose + Sauerstoff → Kohlendioxid + Wasser + Energie

Der aerobe Weg der Energiebereitstellung

Zitratzyklus ein. Beim Durchlaufen dieses Zyklus gewonnene Wasserstoffionen (H<sup>+</sup>) werden über die Enzyme der Atmungskette in Anwesenheit von Sauerstoff oxidiert, wobei ATP, Kohlendioxid und Wasser gebildet werden.

Mittlere und länger andauernde Belastungen werden nun aerob mit Kohlenhydraten und Fetten in einem intensitätsspezifischen Mischungsverhältnis ermöglicht. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die verschiedenen Energieträger unterschiedliche Energieflussraten (Energie pro Zeiteinheit) haben. Am höchsten ist der Energiefluss bei den energiereichen Phosphaten, am langsamsten bei der Oxidation von Fettsäuren; deshalb fällt die Muskelleistung (Kontraktionsgeschwindigkeit) bei der aeroben Energiegewinnung geringer aus als auf dem anaeroben Weg. Die Bereitstellung der Energie erfolgt nicht streng hintereinander, sondern in Abhängigkeit von der geförderten Belastungsintensität und -dauer überlappend.

Vom Standpunkt der Energiegewinnung aus haben die Kohlenhydrate gegenüber den Fetten einen Vorteil: Zwar liefern die Fette bei der Verbrennung 9,3 kcal/g gegenüber 4,1 kcal/g bei den Kohlenhydraten, aber entscheidend ist nicht dieser absolute Wert, sondern der *pro Liter Sauerstoff erreichte Brennwert*. Hierbei ergeben sich für Glukose 5,1 kcal und für Fette 4,5 kcal. Diese Tatsache ermöglicht bei gleichem Sauerstoffangebot einen prozentualen Energiemehrgewinn von 13 Prozent bei Glukose – bei intrazellulärem Glykogen sogar 16 Prozent – gegenüber der Fettverbrennung.

## Fettstoffwechsel

Auch wenn die Fette den grössten Energiespeicher im Organismus darstellen, ist die Fettverbrennung abhängig von der Belastungsdauer, der Intensität der Arbeit, vom Umfang der eingesetzten Muskulatur und von der Art der Muskelfaser (FT/ST)<sup>4</sup>.


Da jedoch bei sehr langen Dauerbelastungen die Glykogenvorräte allein nicht zur Energiedeckung ausreichen, nimmt die Fettsäureverbrennung mit zunehmender Zeitdauer eine immer bedeutendere Rolle ein. Bei über Stunden währender Muskelarbeit können die Fettsäuren 70–90 Prozent des Energiebedarfs bestreiten.

Fette, die zur Energiegewinnung bei körperlicher Leistung benutzt werden, sind überwiegend *Triglyzeride*. Bei den Triglyzeriden ist immer ein Molekül Glycerin mit jeweils drei Fettsäuren verestert, wobei die Kettenlänge der Fettsäuren unterschiedlich sein kann.

Der Abbau der Fette erfolgt zunächst dadurch, dass die Triglyzeride unter Wasseraufnahme zu Glycerin und freien Fettsäuren hydrolysiert werden. Diesen Vorgang bezeichnet man als *Lipolyse*. Glycerin und Fettsäuren werden dabei in die Blutbahn abgegeben und zum Verbrauchsort transportiert. Herzmuskulatur und Skelettmuskulatur besitzen ein vollständiges Enzymsystem zum Abbau der Fettsäuren.

Fettsäuren sind reaktionsträge Moleküle, die zunächst aktiviert werden müssen, damit sie weiter verstoffwechselt werden können. Mit Hilfe des Enzyms Thiokinase wird die Fettsäure mit der Energie von ATP zu *Azyl-CoA*, das mit einem Zwischenträger in die Mitochondrien gelangt. Dort findet die sogenannte Beta-Oxidation statt. Dabei werden von den Fettsäureketten jeweils zwei C-Atome abgespalten, zu *Azyl-CoA* aktiviert und in den Zitratzyklus eingeschleust. Es erfolgt die weitere Oxidation über den Zitratzyklus und die Atmungskette.

<sup>4</sup>Die ST-Fasern (*Slow-Twitch-Fasern*) verbrauchen zur Energiegewinnung Sauerstoff, kontrahieren langsam und ermüden auch langsamer. Die FT-Fasern (*Fast-Twitch-Fasern*) zucken hingegen schnell und kommen bei schnellen, explosiven Kraftbewegungen zum Einsatz.



Durch diesen Prozess werden – bezogen auf die gleiche Menge von aufgebautem ATP – *etwa 7 Prozent mehr Sauerstoff zur Oxidation von Fetten notwendig als beim Abbau der Kohlenhydrate.*

Die Fettsäureoxidation spielt eine bedeutende Rolle bei Dauerleistem im Sport. *Durch eine grössere Leistungsfähigkeit des Kreislaufsystems können trainierte Ausdauersportler mehr Sauerstoff an die Zelle heranschaffen und somit auch bei höheren Leistungen noch Fettsäuren oxidieren, wenn Untrainierte schon auf Glykolyse und damit Kohlenhydratverbrauch umgeschaltet haben.* Sie können damit also Glykogen in der Zelle einsparen, beispielsweise für die Schlussphase in einem Rennen.

*Ein aus gesundheitlicher Sicht «effektiver» Stoffwechsel zeigt sich insbesondere im Ruhestoffwechsel, denn unter Ruhebedingungen und leichten bis moderaten Alltagsbelastungen sollte der Körper hauptsächlich Fette als Energiespeicher verstoffwechseln. Die Fähigkeit des Organismus, Sauerstoff zur Verfügung zu stellen, ist also für den Fettstoffwechsel und damit auch für eine Körperfettreduktion der Schlüsselfaktor.*

Aus den bisher geschilderten Aspekten stellen sich bei einem optimierten Fettstoffwechsel folgende Effekte ein:

- Eine gesteigerte Lipolyse-Rate sorgt für eine erhöhte Konzentration an freien Fettsäuren im Blut an den Fettzellen (Adipozyten).
- Eine verbesserte Muskelkapillarisation erhöht das Angebot von freien Fettsäuren und den Antransport von Sauerstoff.
- Die erhöhte Anzahl an Membran-Transportern für freie Fettsäuren bringt mehr freie Fettsäuren in die Mitochondrien.
- Die Anzahl von Mitochondrien in den Muskelzellen wird gesteigert.
- Die oxidativ arbeitenden spezifischen Fettstoffwechselenzyme werden erhöht.
- Schliesslich wird bei sehr hoher aerober Kapazität auch die Fettspeicherung in den Muskelzellen erhöht. ▶



Eine Spiroergometrie ermittelt die genauesten Daten über die Leistungsfähigkeit.

### Maximale Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub>max)

In diesem Zusammenhang sei kurz auf die VO<sub>2</sub>max eingegangen, da dieser Begriff immer wieder fällt, aber oft nicht ganz klar ist, was die eigentlichen Determinanten sind. Dies wird klarer, wenn wir uns die Formel vor Augen halten:

$$VO_{2max} = HMV \times (a/v \text{ O}_2\text{-Differenz})$$

HMV ist das *Herzminutenvolumen*. Dieses lässt sich bestimmen durch die Herzfrequenz und das Schlagvolumen. Dieser Teil der Formel beschreibt demnach die Transportfähigkeit des Sauerstoffs. Je höher die Herzfrequenz und je grösser das Schlagvolumen, desto mehr Blut – und damit auch Sauerstoff – wird zu den Muskelzellen transportiert.

Der zweite Teil der Formel ist die *arterio-venöse Sauerstoffdifferenz*. Wird im arteriellen Blut viel Sauerstoff antransportiert und ist im venösen Blut ist nur noch wenig Sauerstoff vorhanden, konnte in der Muskelzelle entsprechend viel Sauerstoff genutzt werden. Je grösser die Differenz, desto besser ist die Sauerstoffverwertung in den Zellen.

Natürlich spielt die Höhe der VO<sub>2</sub>max eine Rolle, für die aerobe Kapazität und damit auch für die Fettoxidation entscheidender ist aber die prozentuale Schwelle, das heisst, bei wie viel Prozent der VO<sub>2</sub>max die höchste Fettverbrennungsrate liegt.

### Ventilatorische Testverfahren

Messungen der Atemgase in Ruhe und unter Belastung sind bezüglich der Aussagen über die Fettstoffwechselleistung eindeutig im Vorteil. Laktatmessungen lassen nur die Abgrenzung des aeroben zum anaeroben Stoffwechsel zu. Zur Interpretation gibt es diverse Testverfahren, die zwar im aeroben Bereich einen Laktat-Steady-State oder bei gleichbleibender Dauerbelastung sogar

eine Laktatreduktion (Abbauraten höher als Aufbauraten) feststellen können. Wie die prozentuale Verteilung von Fett und Kohlenhydraten im gemessenen aeroben Bereich ist, kann damit jedoch nicht gemessen werden.

Bei einer Spirometrie wird der *respiratorische Quotient (RQ)* mittels der indirekten Kalorimetrie ermittelt. Der RQ ist das Verhältnis aus *Kohlendioxidabgabe* und *Sauerstoffaufnahme*. Dieses Verhältnis erlaubt eine Aussage zu den anteilig verbrannten Substraten, also darüber, ob der Körper zu einem Zeitpunkt eher Kohlenhydrate oder eher Fette zur Energiegewinnung nutzt:

$$RQ = CO_2\text{-Abgabe} / O_2\text{-Aufnahme}$$

Für die Verbrennung von Kohlenhydraten wird genauso viel CO<sub>2</sub> abgegeben wie O<sub>2</sub> verbraucht wird. Der Wert für den RQ beträgt in diesem Fall 1. Für die Verbrennung von Fetten wird, wie oben bereits erwähnt, mehr O<sub>2</sub> benötigt, als CO<sub>2</sub> abgegeben wird, und somit ist der RQ < 1. (Bei 100 Prozent Fettsäureoxidation wäre der RQ = 0,7). Eine Steigerung der Fettsäureoxidation führt demzufolge zu einer Senkung des RQ-Wertes.

### Körperfettreduktion im Gesundheitssport

Die Reduktion von Körperfett ist eines der häufigsten Trainingsziele von gesundheitsbewussten Personen. Es muss an dieser Stelle jedoch eindeutig gesagt werden, dass Massnahmen zur gezielten Körperfettreduktion neben dem körperlichen Training grundsätzlich auch Ernährungsinterventionen enthalten müssen.

Training allein führt nur dann zur Gewichtsreduktion, wenn die Trainingsumfänge und -intensitäten über einen längeren Zeitraum sehr hoch sind, wie zum Beispiel bei der Vorbereitung auf einen Marathon oder Ähnlichem. Diese hohen Trainingsumfänge werden gesundheitsorientierte Personen, die vielleicht zwei Mal pro Woche ins Fitnesscenter gehen, niemals dauerhaft erreichen. Da die Ernährungsmassnahmen sehr individuell sind, würde eine ausführliche Behandlung dieses Themas den Umfang dieses Artikels sprengen. Ich werde darauf zu einem späteren Zeitpunkt vertieft eingehen.

### Empfehlungen für das Fettstoffwechseltraining im Fitnesscenter

Aus den bisherigen Ausführungen sollte klar ersichtlich sein, dass es für ein erfolgreiches Ausdauertraining unabdingbar ist, die in-

dividuellen Trainingsbereiche des Kunden zu kennen. Ein Testing ist deshalb zwingend notwendig. Leistungsdiagnostiken im Labor sind da die erste Wahl, weil sie eine viel höhere Genauigkeit bieten als Fitnesstests im Fitnesscenter. Bei den die gängigen Tests wie Conconitest, Astrand, PWC, Cooper usw. müssen bezüglich der Messgenauigkeit Abstriche gemacht werden. Trotzdem geben diese eine grobe Orientierung, die sicher mehr bringt als die Faustformeln der altersabhängigen Herzfrequenzen. Zwar messen die heutigen Herzfrequenzgeräte den Puls recht genau, aber eine Interpretation der Werte, ohne dass die dazugehörigen ventilatorischen und stoffwechselbezogenen Daten bekannt sind, unterliegt einer zu breiten Varianz. Hinzu kommen weitere Größen wie Hitze, Müdigkeit, Stress, Trinkverhalten usw., welche die Herzfrequenz beeinflussen können und die Steuerung einer Trainingseinheit erschweren. Für eine langfristige Trainingsüberwachung, beispielsweise das Absinken des Ruhepulses, eines gleichen Pulses bei gesteigerter Leistung oder auch eines erhöhten Ruhepulses, der auf eine unvollständige Regeneration oder auf eine sich anbahnende Infektion hinweist, eignet sich die Pulsüberwachung jedoch gut.

### Trainingsdauer

Leider sind immer noch oberflächliche Aussagen wie «die Fettverbrennung beginnt nach 20 Minuten» weit verbreitet. Als Gesundheitsexperte sollten Sie wissen, dass Fett im aeroben Bereich immer mit verstoffwechselt wird, die Frage ist nur, zu welchem Anteil. Mit zunehmender Dauer der Trainingseinheit nimmt der Umsatz an freien Fettsäuren pro Zeiteinheit linear zu. Eine zeitliche Schwelle für die optimale Trainingsdauer besteht nicht. Je länger die Trainingseinheit dauert, desto grösser sind folglich die Anpassungen der oben genannten Aspekte der Fettverbrennung.

### Trainingsintensität für den Fettstoffwechsel

Ein Schlagwort im Ausdauertraining ist das sogenannte «Zone-2-Training», auch «Fat Max»-Training genannt. In dieser Zone wird die Leistung (Watt oder Geschwindigkeit) definiert, bei der die maximale Fettverbrennung pro Minute erreicht wird. In der aktuellen Literatur liegt dieser Bereich bei 1,3 bis 1,5 mmol/Laktat.

Das Einhalten dieser niedrigen Intensität ist deshalb so wichtig, weil bei ansteigender Glykolyse – und damit bei ansteigendem Laktat- und sinkendem pH-Wert – das *Enzym Carnitin-Acyltransferase 1* zunehmend gehemmt wird. Dieses Enzym regu-

liert den Transport von Fettsäuren in die Mitochondrien. Bereits bei einer Steigerung von 40 auf 50 Prozent der  $VO_2\text{max}$  ist die Fettsäureoxidation bereits um 19 Prozent reduziert. Bei 85 Prozent  $VO_2\text{max}$  ist die Enzymaktivität um 50 Prozent gedrosselt.

### Polarisiertes Training – Prinzip 80/20

Polarisiert zu trainieren bedeutet, dass das Training an den Endgraden (Polen) der Leistungskurve am effektivsten ist. Gerade Freizeitsportler trainieren häufig in einer Grauzone dazwischen. Sie absolvieren ihre lockeren Einheiten nicht locker genug, sodass die Fettstoffanpassungen nicht optimal sind, und ihre intensiven Einheiten nicht hart genug, und auch bezüglich der  $VO_2\text{max}$  und der anaeroben Kapazität kommt es nicht zu einer ausreichenden Entwicklung. Gemäss des 80/20-Prinzips sollten 80 Prozent des Trainings im lockeren und 20 Prozent im intensiven Bereich stattfinden. So könnte eine Einheit von 60 Minuten beispielsweise aus 48 Minuten lockerem und 12 Minuten intensivem Training (etwa als eingebaute Intervalle von 3 x 4 Minuten) bestehen.

### Trainingsorganisation

Die Anzahl Cardiogeräte verursacht in vielen Centern einen Engpass, weil diese Geräte im Vergleich zu den Kraftgeräten relativ lange von einer Person besetzt sind. Deshalb bietet sich die Kombination von mehreren Cardiogeräten an. Anstatt 60 Minuten auf dem Crosstrainer zu stehen, ist die Kombination aus beispielsweise 20 Minuten Walking auf dem Laufband, 20 Minuten Velofahren und 20 Minuten Crosstrainer viel sinnvoller. Aufgrund des Gerätewechsels fällt die Stoffwechselleistung nicht ab, es werden unterschiedliche Bewegungsmuster angesprochen, die Motivation bleibt oben und die Geräte werden schneller wieder frei. ◀

#### Literatur:

- De Marées, H. (2017): **Sportphysiologie**; Sportverlag Strauss
- Heck, H. (1990): **Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik**, Studienbrief 8 der Trainerakademie Köln des Deutschen Sportbundes; Hofmann-Verlag Schorndorf
- Hollmann, W., Strüder H.K. (2009): **Sportmedizin, Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin**; Schattauer Verlag
- Stegemann, J. (1989): **Leistungsphysiologie**; Thieme Verlag
- Tegtbur, U.: **Fettstoffwechsel, Gewichtsreduktion und körperliche Aktivität**; Medizinische Hochschule Hannover
- Weineck, J. (2004): **Sportbiologie**; Spitta Verlag