

Ausdauersport ja, aber bitte richtig

Sportmedizinische Erkenntnisse und Fakten zusammengefasst von Dr. Dr. med. Ernst Weeber

Fitnessstudios boomen, Radwege sind am Wochenende genauso überfüllt wie die Autobahn, Jogger und Walker bevölkern die Landschaft. Die Aktiven unserer Gesellschaft versuchen der Bequemlichkeitsfalle des sitzenden Arbeitstages zu entfliehen. Ausdauersport ist gesund und macht schlank. Gilt dies uneingeschränkt, oder ist Sport doch Mord ? Die gesundheitlich positiven Aspekte eines Ausdauertrainings sind unumstritten, aber auch hier gilt : Die Dosis macht das Gift. Die Intensität, die Dauer der Belastung, Aufwärmen und Abkühlen, genügende Regenerationsphasen und die richtige technische Ausführung der Sportarten sind entscheidend für den Erfolg und schützen vor Schäden.

Die folgenden Ausführungen sind zum grossen Teil mit Fachausdrücken gespickt und sollen zu genaueren Verständnis meines Vortrages und zum Nachstudium dienen.

Ambitionierte Hobbysportler und Leistungssportler können sich über die moderne Trainingslehre und die neuesten sportmedizinischen Erkenntnisse informieren.

Was ist Training?

Unter Training versteht man das Bemühen, durch gezielte Maßnahmen auf den Organismus einzuwirken. Durch Training kann die individuelle Leistungsfähigkeit gesteigert, erhalten und wiedergewonnen werden; ein altersbedingter Leistungsabfall kann hinausgeschoben und verlangsamt werden.

Das Ziel des Trainings kann in der Maximierung der Leistungsfähigkeit und in der Verbesserung des sportlichen Könnens, in der Prävention von Bewegungsmangelercheinungen oder in der Rehabilitation von Leistungsdefiziten gesehen werden.

Training verläuft auf jedem Leistungsniveau, bei beiden Geschlechtern und in jedem Alter nach denselben Zyklen von Belastung, Ermüdung, Erholung und Anpassung über das Ausgangsniveau hinaus. Diese Anpassungen bilden sich zurück, falls nicht regelmäßig weiter belastet wird. Modifikationen in der Ausprägung und im zeitlichen Verlauf der einzelnen Prozeßphasen sind fest zustellen.

Die Aussagen der allgemeinen Trainingslehre sind sportartübergreifend, niveaunabhängig, geschlechtsneutral und nicht altersspezifisch".

Wirkungen des Ausdauertrainings

Herz-Kreislauf

- Vergrößerung des Herzmuskels (Sporthertz) = (Erweiterung der Herzhöhlen)
- Verdickung des Herzmuskels
- Erhöhung des Schlagvolumens
- Erhöhung des Herzminutenvolumens
- Verbesserte Sauerstoffaufnahme
- Senkung des Ruhepulses
- Verbesserte Kapillarisation
- Vergrößerung der arterio-venösen O₂-Differenz
- Stabilisierung des Blutdrucks

Sporthertz

In der Brust von Ausdauersportler im Hochleistungsbereich schlägt ein riesiger Muskel: 1,6 Liter sind die gemessenen Höchstwerte - es ist doppelt so groß und treibt bei jedem Schlag doppelt soviel Blut in die Adern wie das Organ eines Untrainierten.

Bei Läufern, Ruderern, Schwimmern, Triathleten und anderen Ausdauersportlern passt sich die Pumpmuskulatur der Belastung an. Herzfrequenz, Schlagvolumen und Herzminutenvolumen verändern sich, d.h. das Herz arbeitet ökonomischer und leistungsfähiger.

Früher wurde dieser Anpassungsprozess als schädlich bezeichnet, da er oft einen sehr niedrigen und unregelmäßigen Puls zur Folge hat in Extremfällen lediglich 30-32 Schläge pro Minute. Doch in der Regel ist ein Sporthertz ungefährlich. Wenn der Athlet Abschied vom Hochleistungssport nimmt, bildet es sich gewöhnlich binnen weniger Jahre auf eine nahezu normale Größe zurück.

Leistung des Herzens

Die Leistung des Herzens ist durch

Schlagvolumen

Herzfrequenz

Herzminutenvolumen

beschrieben.

Mit **Schlagvolumen** bezeichnet man die Menge Blut, die das Herz mit einem Schlag auswirft. Bei untrainierten Erwachsenen rechnet man mit einem Schlagvolumen von 60-70 ml in Ruhe. Ausdauertrainierte Sportler können Schlagvolumina von bis zu 200 ml unter anstrengender Belastung aufweisen.

Durch Ausdauertraining kommt es zu einer Herzvergrößerung. Die Herzinnenräume werden erweitert und der Herzmuskel wird kräftiger (Gewicht). Dadurch kann sich das Schlagvolumen unter Belastung im Vergleich zum Untrainierten fast verdoppeln. Die maximale Herzfrequenz kann durch Training kaum gesteigert werden. Das Herzminutenvolumen wird bei Belastung somit im Vergleich zu Normalpersonen vor allem aufgrund des größeren Schlagvolumens bis auf den doppelten Wert erhöht.

	Herzgröße		Schlagvolumen		Herzfrequenz		Herzminutenvolumen	
	Gewicht	Gesamt-volumen	Ruhe	Belastung	Ruhe	Belastung	Ruhe	Belastung
	g	ml	ml		Schläge/min		Liter	
untrainiert	200-300	600-800	60-90	75-105	60-80	ca. 200	ca. 5	ca. 18
ausdauertrainiert	350-500	900-1300	95-115	170-200	40-60	ca. 200	ca. 5	ca. 39

Die **Herzfrequenz** wird in Schlägen pro Minute gemessen. In Ruhe weisen untrainierte gesunde Personen eine Herzfrequenz von 60-80 Schlägen pro Minute auf; bei Hochleistungssportlern des Ausdauerspektrums werden Ruhepulswerte von 30-40 Schlägen pro Minute erreicht.

Unter **Herzminutenvolumen** versteht man die Menge Blut, die das Herz in einer Minute auswirft, also das **Produkt von Herzfrequenz und Schlagvolumen**.

Das maximal mögliche Herzminutenvolumen liegt bei Untrainierten etwa bei 20 Litern pro Minute, bei stark Ausdauertrainierten werden über 40 Liter pro Minute erreicht.

Maximale Sauerstoffaufnahme

VO₂max

Die Muskulatur kann längerfristig nur soviel Energie entwickeln wie Sauerstoff zur Verfügung steht. Das maximale Sauerstoffaufnahmevermögen

VO₂max

ist ein wichtiger leistungsbestimmender Faktor im Sport, vor allem beim Ausdauertraining

Dabei ist die maximale O₂-Aufnahmefähigkeit nicht mit der Menge der eingeatmeten Luft zu verwechseln.

Vielmehr ist die VO₂max, das "**Bruttokriterium für das aerobe Ausdauerleistungsvermögen**", das Maß für Sauerstoffzufuhr (Atmung), Sauerstofftransport (Herz-Kreislauf) und Sauerstoffverwertung (Muskelzelle) im Ausbelastungszustand des Organismus.

Berechnet wird sie über das **Herzminutenvolumen (HMV)** und die **arteriovenöse Sauerstoffdifferenz (AVDO₂)**.

"Der zentrale Faktor (**HMV**) informiert über Herzarbeit und die Sauerstoffbindungskapazität des Blutes.

Im peripheren Faktor (**AVDO₂**) kommen Kapillarisation, Myoglobingehalt und die Mitochondrien (Zahl und Größe) mit ihrem Enzymbesatz zum Ausdruck.

Um die maximale Sauerstoffaufnahme zu vergrößern, ist es somit notwendig, alle aufgeführten Teilfaktoren anzupassen. In Abhängigkeit von der Belastungsgestaltung (Intensität und Umfang) im Training kann aber auch eine Schwerpunktverschiebung innerhalb der komplexen Anpassungsprozesse zum zentralen oder peripheren Teil hin erreicht werden. Will man die aerobe Kapazität vergleichend beurteilen, empfiehlt es sich, die relative maximale Sauerstoffaufnahme (rel. VO₂max) zu berechnen. Sie drückt die Sauerstoffmenge in Milliliter pro Kilogramm Körpergewicht pro Minute (ml/kg/min) aus...

Die VO₂max ist im Erwachsenenalter vergleichsweise gering trainierbar. Sie kann im Durchschnitt um 20% (15-30%), nach mehrjährigem Training bis zu ca. 50% verbessert werden. Höhere Verbesserungen sind dann möglich, wenn vor bzw. in der Pubertät (Wachstumsalter!) ein entwicklungs- und altersangepasstes, systematisches Training begonnen wird..."

Arteriovenöse Sauerstoffdifferenz

AVDO₂

Ein wichtiger Indikator für die Beurteilung der peripheren Sauerstoffaufnahme bzw. -verwertung ist die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz.

Neben einer Herzvergrößerung kommt es durch Training zu einem Anstieg des Blutvolumens, der roten Blutkörperchen und des Gesamt-Hämoglobins. Dadurch erhöht sich die Sauerstofftransportkapazität des Herz-Kreislauf Systems und somit die Ausdauerleistungsfähigkeit.

Unter arteriovenöser Sauerstoffdifferenz versteht man die Differenz im Sauerstoffgehalt des Blutes in der Lungenarterie (= venöses Mischblut) und im arteriellen Blut. Sie gibt einen Hinweis auf die periphere Sauerstoffausschöpfung.

Die Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalt des arteriellen und dem des venösen Blutes, die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz, ist bei Körperruhe gering. Wenn bei einer intensiven sportlichen Belastung der mittlere Blutdruck ansteigt und alle Arteriolen maximal weit gestellt sind, werden durch den erhöhten Blutandrang alle Kapillaren des Muskels eröffnet und durchströmt, wodurch sich die Kontaktverhältnisse (Diffusionsfläche, Diffusionsstrecke, Kontaktzeit) so verbessern, dass der Muskel dem arteriellen Blut praktisch den gesamten Sauerstoff entnehmen kann.

Eine stärkere Sauerstoffausschöpfung in der Peripherie wird v.a. durch die Zunahme der Zahl der durchbluteten Kapillaren (s.u.), durch die Steigerung des Sauerstoffverbrauchs im Gewebe, durch die Zunahme der Säuerung (pH-Abfall) des Blutes in den Kapillaren und durch den Anstieg der Bluttemperatur in der Arbeitsmuskulatur bewirkt.

Die Vergrößerung der arteriovenösen O₂-Differenz ermöglicht eine höhere Sauerstoffmehraufnahme in den Lungen, da eine maximale Sauerstoffaufnahme in das durch die Lungenalveolen strömende Blut nur dann möglich ist, wenn in der Peripherie dem arteriellen Blut möglichst viel Sauerstoff entzogen wird.

In Ruhe beträgt die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz im Skelettmuskel etwa 5 Vol.-% (dies entspricht einer etwa 25prozentigen Sauerstoffausschöpfung), bei maximaler Belastung 10-12 (Untrainierte) bzw. 16-18 Vol.-% (Hochausdauertrainierte) - diese Werte entsprechen einer Sauerstoffausschöpfung von etwa 50 bzw. 75 %.

Nur durch diese regionale Sauerstoffausschöpfung von fast 100 Prozent und die damit verbundene erhöhte arteriovenöse Sauerstoffdifferenz ist zu erklären, dass ein Muskel, der bei intensivster dynamischer Muskelarbeit seine Durchblutung um das Zwanzigfache steigert, auch dann noch im Steady-state arbeiten kann, wenn sein Energiebedarf auf das Hundertfache angestiegen ist.

Blutgefäße und ihre Veränderung durch Training

Die Energiebereitstellung bzw. -umwandlung in der Muskelzelle ist abhängig vom Sauerstofftransport zum Muskel und vom Abtransport der Stoffwechselschlacken.

Über das Blutgefäßsystem werden versorgende Stoffe dorthin gebracht, wo sie für eine Organleistung benötigt werden. Abfallstoffe werden vom Ort der Verwertung wegtransportiert. Zentralstation dieses Versorgungssystems ist das Herz. Von ihm weg führen die Schlagadern (Arterien), zu ihm hin die Blutadern (Venen).

Sowohl Arterien als auch Venen sind vergleichsweise weite Adern, die große Mengen Blut transportieren können.

Sie sind aber nicht in der Lage, transportierte Stoffe an die Umgebung abzugeben oder Stoffe aufzunehmen.

Der Stoffaustausch geschieht in den **Kapillaren**, feinsten Verästelungen der Adern, die im Vergleich zur transportierten Blutmenge eine sehr große Oberfläche aufweisen.

"Während in Ruhe nur etwa 3-5 % der vorhandenen Kapillaren eröffnet sind, werden bei Ausdauerbelastungen sämtliche Kapillaren eröffnet und zusätzlich erweitert. Die Zahl der offenen Kapillaren steigt auf das 30-50fache an. Die gleichzeitige Kapillarerweiterung vergrößert die Gesamtoberfläche auf etwa das 100-fache."

Kapillarisation - Ausbau der Transportwege

Ausdauertraining führt zu einer Erhöhung der Kapillardichte bzw. -oberfläche durch Kapillarneubildung.

Es kann sich hierbei um eine Öffnung von Ruhekapillaren, eine Verlängerung und Erweiterung vorhandener Kapillaren oder um eine echte Kapillarneubildung handeln.

Muskulatur - Stoffwechsel

- Erhöhte Zahl der Mitochondrien (v.a. in den ST-Fasern)
- Verbesserte Leistungsfähigkeit der Enzyme in den Mitochondrien
- Erweiterung der Glykogenspeicher

Mitochondrien - Kraftwerke der Zelle

Die Muskelfasern brauchen für die Kontraktion "Treibstoff" - denn Bewegung kostet bekanntlich Energie. Die vom Blut gelieferten Nährstoffe enthalten zwar Energie, aber diese Energie ist chemisch gebunden und steht den Zellen nicht direkt zur Verfügung. Ebenso wie das Benzin in einem Motor müssen auch die Nährstoffe zuerst verbrannt werden, um Bewegung zu erzeugen. Das geschieht in speziellen Zellorganen, den Mitochondrien, die in jeder Muskelzelle vorhanden sind.

Wegen ihrer Funktion als Energieversorger werden "die Mitochondrien auch als Kraftwerke" der Zellen bezeichnet.

Die bei der Verbrennung der Nährstoffe gewonnene Energie wird zunächst in einem besonderen Molekül, dem **Adenosintri-phosphat (ATP)**, gespeichert. Das ATP wandert dann von den Zellkraftwerken zu den Myofibrillen, den kleinsten Einheiten des Muskels also, in denen die Bewegung erzeugt wird. Dort gibt das ATP die gespeicherte Energie in dem Moment ab, in dem sich der Muskel zusammenzieht: Körperliches Training erhöht die Zahl der Myofibrillen und damit Dicke und Kraft des Muskels.

Auch die Mitochondrien - Zellkraftwerke - lassen sich durch Training (v.a. Ausdauertraining) vermehren und verbessern so die Energieversorgung.

Enzyme

sind Eiweissverbindungen, die bestimmte Stoffwechselforgänge in Gang setzen und aufrechterhalten.

Die Leistungsfähigkeit eines Stoffwechselbereichs hängt u.a. von der zur Verfügung stehenden Enzymmenge ab.

Stoffwechsel und Energie

Voraussetzung für jede körperliche Arbeit ist ein reibungsloser ATP-Nachschub.

Denn die in den Muskelzellen gelagerten Mengen reichen bei starker Beanspruchung gerade für ein bis drei Kontraktionen aus. Und auch durch gezieltes Training wachsen die ATP-Depots von Sprintern im Vergleich zu Untrainierten und Ausdauerathleten nur um bis zu 20 Prozent. Ist der Vorrat erschöpft, zapft die Zelle nach einer festen Hierarchie unterschiedliche Energiequellen an.

Zunächst greift sie auf einen Energie-Zwischenspeicher zurück, das Kreatinphosphat (KP). Mit dessen Hilfe regeneriert sie Adenosintriphosphat aus dem Vorläufermolekül Adenosindiphosphat (ADP). Bei voller Leistung geht allerdings auch der KP-Vorrat nach sechs bis acht Sekunden zur Neige - wobei Sportler ihn besser ausschöpfen als Untrainierte...

Dauerleistungen vermag die Muskulatur nur dank zweier Stoffwechselmechanismen zu vollbringen. Beim einen verbrennt sie den Traubenzucker Glukose sowie die aus Fetten stammenden Fettsäuren unter Sauerstoffverbrauch - "**aerob**". Beim anderen baut sie Glukosemoleküle ohne Sauerstoff "**anaerob**" - ab.

Beide Prozesse laufen immer, allerdings auf unterschiedlich hohen Touren.

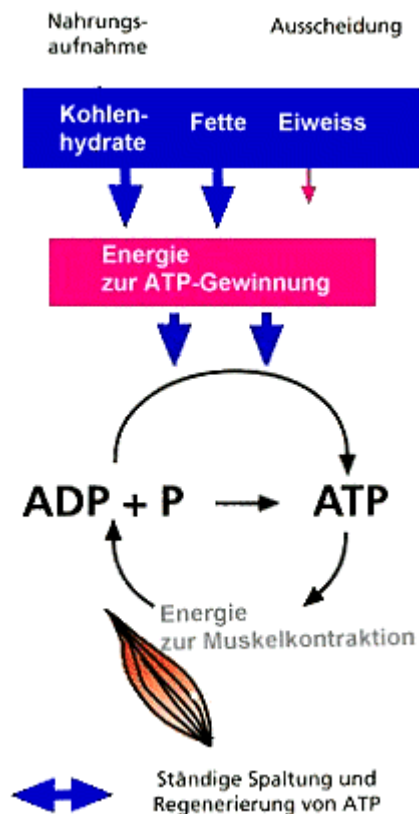
Fließt mit dem Blut genug Sauerstoff heran, hat das aerobe System in den Kraftwerken der Zelle, den Mitochondrien, Vorfahrt. Im Zusammenspiel einer großen Zahl biochemischer Reaktionen werden dort Kohlenhydrate und Fettsäuren zu Kohlendioxid abgebaut. Der dabei freigesetzte Wasserstoff wird zu Wasser verbrannt und die gewonnene Energie im ATP gespeichert.

Verbraucht die Muskulatur mehr ATP als der aerobe Energiegenerator liefern kann, tritt der anaerobe Stoffwechsel in den Vordergrund: Die Zellen gewinnen ATP, indem sie Glukose über mehrere Zwischenstufen in das "Abfallprodukt" **Milchsäure** (Laktat) verwandeln. Die Säure reichert sich in den Muskelfasern und schließlich im Blut an. Die Folge: Der Organismus wird buchstäblich sauer, die im Stoffwechsel unentbehrlichen Enzyme werden gehemmt, und dem Sportler werden die Beine schwer.

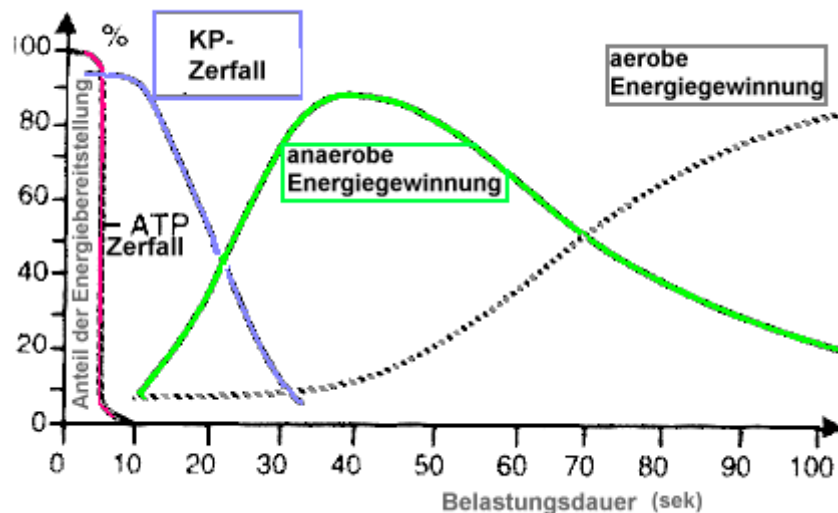
Energiegewinnung in der Muskelzelle

Bedeutung des Energiestoffwechsels bei Ausdauerleistungen

Die Energie für sportliche Leistungen wird nicht unmittelbar aus der Nahrung (Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße) gewonnen. Das in allen Körperzellen gespeicherte **Adenosintriophosphat (ATP)** liefert die notwendige Energie. Je nach Beanspruchung können dabei unterschiedliche Phasen der Energiebereitstellung durchlaufen werden.



Wichtig dabei ist, ob dies mit ausreichender Sauerstoffaufnahme (aerob) oder unzureichender Sauerstoffaufnahme (anaerob) geschieht und ob dabei Milchsäure (Laktat) entsteht oder nicht. Bei einem 800m-Lauf sieht dies ungefähr so aus:



1. Die anaerob-alktazide Phase der Energiebereitstellung

(rote und blaue Kurve)

Zunächst zerfällt das in den Mitochondrien vorhandene ATP. Das ATP zerfällt bei der Muskelkontraktion in das Adenosindiphosphat (ADP) und einen Phosphatrest P. Der Körper muss dann dafür sorgen, dass neues ATP hergestellt wird. Die Energie eines weiteren Phosphats in der Muskelzelle, des Kreatinphosphats (KP), sorgt kurzfristig dafür, dass aus ADP und P wieder ATP entsteht (Resynthese von ATP).

Man nennt dies die anaerob-alktazide Phase der Energiebereitstellung (kein Sauerstoff erforderlich, keine Milchsäure als Stoffwechselendprodukt).

2. Die anaerob-laktazide Energiebereitstellung

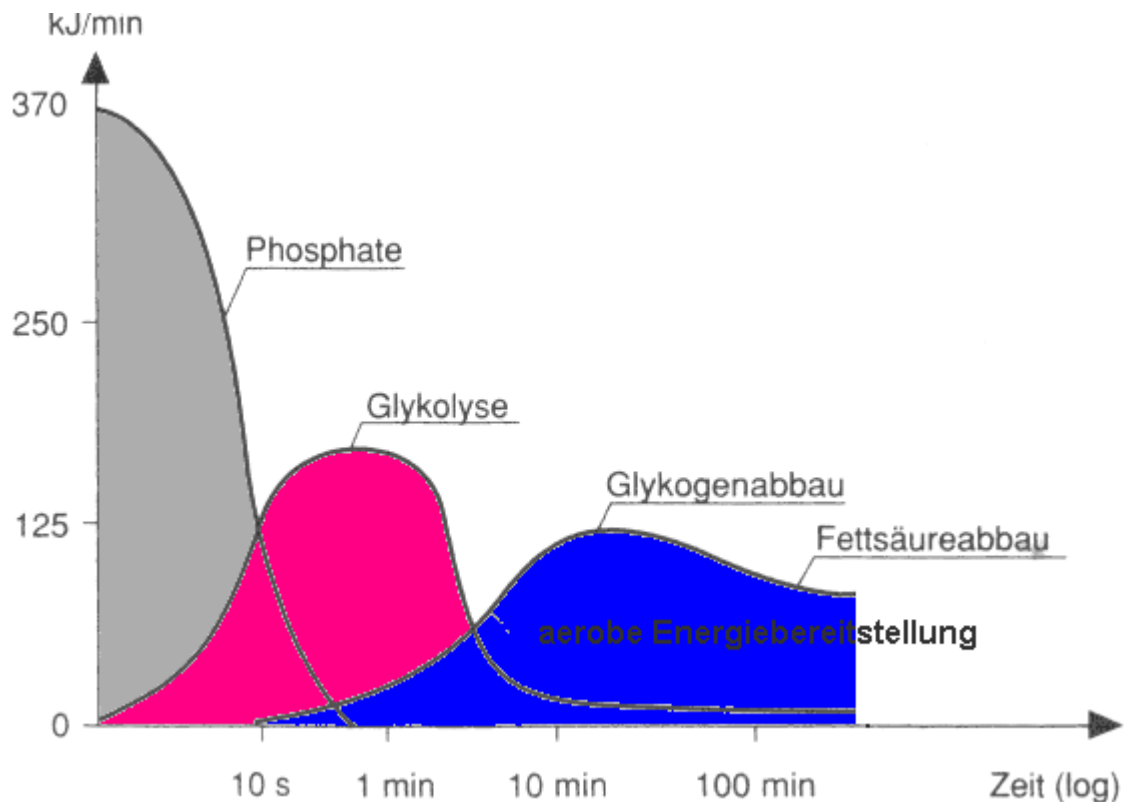
(grüne Kurve)

Noch bevor die Vorräte an energiereichen Phosphaten verbraucht sind, ist die nächst schnellere Variante des Energiestoffwechsels aktiv geworden, die **anaerob-laktazide Energiebereitstellung** durch den Abbau von Glukose. Bereits nach einigen Sekunden wird die anaerob-laktazide Energiebereitstellung genutzt. Dieser Weg wird immer dann bestritten, wenn nicht genug Sauerstoff zur Energiegewinnung zur Verfügung steht. Die benötigte Energie steht dabei schnell zur Verfügung, die Energieausbeute ist aber gering, da das Zuckermolekül nicht vollständig zerlegt wird. **Es entsteht Milchsäure (Laktat)**, die schnell zur Ermüdung führt, wenn sie sich verstärkt anhäuft. Die Ausbeute von 2 Molekülen ATP aus einem Molekül Glukose ist gering; der anaerob-laktazide Stoffwechsel arbeitet also in Hinblick auf die Ausnutzung der Nahrungskohlenhydrate unökonomisch. Bei erschöpfenden Anstrengungen mit einer Belastungsdauer von etwa einer Minute wird der anaerob-laktazide Stoffwechsel ausgereizt; mit einem Anteil von maximal rund 70 % an der Gesamtenergieproduktion wird ein Höhepunkt etwa 45 Sekunden nach Beginn der harten zusätzlichen körperlichen Belastung erreicht. Im Spitzenbereich werden bei Auslastung des anaerob-laktaziden Stoffwechsels Laktatkonzentrationen bis zu 25 mmol/liter im Blut gemessen; in dieser Hinsicht Untrainierte erreichen 7-8 mmol/l.

3. Der aerob-alaktazide Abbau von Glukose und Fett(säuren)

(graue Kurve)

Nur wenn genug Sauerstoff zur Verfügung steht, kann die Glucose vollständig abgebaut werden. Dieser Vorgang dauert aber deutlich länger, wie man der Grafik entnehmen kann. Die Energieausbeute ist aber deutlich größer (38 Moleküle ATP aus einem Zuckermolekül). Auf aeroben Weg können zudem auch die Fettsäuren abgebaut werden.



Trainingswirkungen

Die aerobe Kapazität zu steigern und den Übergang vom aeroben zum anaeroben System so lange wie möglich hinauszuzögern" - das, betont Joseph Keul, sei das Hauptziel eines Ausdauertrainings. Den Effekt erreicht bereits, wer dreimal pro Woche jeweils für 30 bis 45 Minuten bei einem Puls von etwa 130 bis 150 läuft, schwimmt oder Rad fährt. Die dann effizientere Energieversorgung beruht auf vielen, kleinen Anpassungen:

- Die Mitochondrien werden zahlreicher und größer. Forscher haben ermittelt, dass nach einem 16-wöchigen Schwimmtraining die Eiweißmasse der Zellkraftwerke um 70 Prozent gewachsen war.

- Die Enzyme vor allem des aeroben, aber auch des anaeroben Stoffwechsels werden aktiver.
- Die Muskelzelle synthetisiert mehr Myoglobin. Dieses dem Hämoglobin verwandte Molekül transportiert den Sauerstoff von der Zellhülle in die Mitochondrien.
- Das Glukosereservoir der Muskulatur wächst - auf den gesamten Körper bezogen von 300 auf 400 bis 500 Gramm.

Eine ausdauertrainierte Muskelzelle schont diese Zuckerreserven so lange wie möglich, Bei Dauerbelastungen speist sie bevorzugt Fettsäuren in den Stoffwechsel ein. 70 bis 90 Prozent des Energiebedarfs einer leichten bis mittelschweren Tätigkeit deckt sie auf diesem Wege. Der Vorrang dieses Brennstoffs ist sehr sinnvoll: Die Fettvorräte des Körpers sind nahezu unerschöpflich.

Erst wenn ein Ausdauertrainierter sich sehr lange oder sehr intensiv belastet, greift der Organismus auf Glukose zurück. Dabei zapfen die Muskeln zunächst die Kohlenhydratdepots der Leber an. Bei Bedarf entlässt dieses Organ eine Zuckerflut ins Blut. Als Reaktion auf regelmäßigen Sport stockt es seine Vorräte auf - von etwa 80 auf im Mittel 120 Gramm. Im Extremfall wachsen die Speicher so stark, dass sich die Leber, wie bei Radrennfahrern beobachtet, bis zu einer Hand breit in den Brustkorb hinein ausdehnt.

Zuletzt werden die Kohlenhydratlager der Zelle angegriffen. Deren Kapazität läßt sich für einen Wettkampf deutlich steigern: Der Athlet muss sich einige Tage vor dem Start völlig verausgaben. Wenn er sich dann mit Kohlenhydraten, etwa aus Nudeln in allen Variationen, vollstopft, speichern seine Muskeln den Brennstoff mit maximaler Rate. (Carbo-loading)

An der Grenze der Leistungsfähigkeit entscheiden diese Reservoirs darüber, ob etwa ein Langstreckenläufer siegt oder verliert. Denn die zelleigenen Glukosevorräte liefern per anaerobem Abbau die Energie für den Endspurt."

Blut

- Vermehrung der roten Blutkörperchen
- Vermehrung des Hämoglobins (roter Blutfarbstoff)
- Zunahme des Blutplasmas
- Erweiterte Pufferkapazität bei Übersäuerung

Transportfunktion	Pufferfunktion	Abwehrfunktion
Atemfunktion -Antransport von O ₂ (von der Lunge zu den Körperzellen) -Abtransport von Kohlendioxid aus dem Gewebe zur Lunge	Konstanterhaltung des Gleichgewichts chemischer Prozesse. Durch Bindung der im Stoffwechsel entstandenen	Transport von Antikörpern und Abwehrzellen (Abwehr bzw. Eliminierung

Nährfunktion

Versorgung der Körperzellen mit Nährstoffen (Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße)

Spülfunktion

Abtransport von Stoffwechselprodukten.

Steuerungsfunktion

Chemische Steuerung des Gesamtorganismus über Hormone und andere Wirkstoffe (Vitamine, Fermente).

Wasser- und Elektrolyttransportfunktion

Wärmetransportfunktion

-Abtransport der im Stoffwechsel entstehenden Wärme an die Körperoberfläche
-Verteilung der Wärme im gesamten Organismus

Wasserstoffionen an die Pufferkapazität des Blutes wird der pH-Wert des Blutes relativ konstant gehalten. Diese Konstanz der Wasserstoffionen ist wichtig für die optimale Funktionsfähigkeit der Enzyme.

eingedrungener Krankheitserreger oder Fremdkörper)

Anpassungsleistungen des Blutes durch Training

Durch ein regelmäßiges Ausdauertraining kommt es zu einer **Vermehrung des Blutvolumens** (bis zu 40%).

Dabei besteht ein enger Zusammenhang zur Vergrößerung des Herzens.

Das höhere Blutvolumen ist dabei vor allem auf ein gestiegenes Plasmavolumen gegenüber dem Volumen der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) zurückzuführen, so dass es tendenziell zu einer Abnahme des Hämoglobin-(roter Farbstoff in den Erythrozyten) und Hämatokritwertes (Volumenanteil der festen Bestandteile des Blutes) kommt.

	Blutvolumen (ml/kg)	Erythrozytenvolumen (ml/kg)	Plasmavolumen (ml/kg)	Hämatokrit (%)
Untrainiert	77	30	47	45.0
Semitrainiert	91	36	55	45.5
Ski-Alpin	88	36	52	44.8
Schwimmen	97	37	60	43.5
Leichtathletik	105	40	65	43.4
Radrennsport	107	46	61	47.2
Triathlon	107	40	67	43.2

Lunge – Atmung

- Vertiefte Atmung
- Vergrößerung des Atemminutenvolumens
- Erhöhte Vitalkapazität

Der lebens- und leistungswichtigen Sauerstoff (O₂) muss ständig nachgeliefert werden.

Gleichzeitig muss das entstandene Kohlendioxid (CO₂) abgegeben werden.

Das Atemzentrum reguliert diese Prozesse optimal.

Eine besondere Atemtechnik ist deshalb im Sport nicht erforderlich.

Leistungsgrößen der Lunge - Lungenvolumina

Der Brustkorb nimmt nach einer normalen Ausatmung eine entspannte Mittelstellung ein, die sogenannte Atemruhelage. Durch die Messung des ein- und ausgeatmeten Luftvolumens kann man Rückschlüsse auf die Änderung des Lungenvolumens während der Atmung ziehen.

Das Fassungsvermögen der Lunge schwankt von Mensch zu Mensch sehr stark und ist abhängig von der Körpergröße und dem Körpergewicht, dem Alter, der Konstitution und dem Geschlecht und nicht so sehr vom Trainingszustand.

Atemvolumen bezeichnet man diejenige Luftmenge, die in einer Minute ein- und ausatmet wird. Es ist das Produkt aus Atemzugvolumen und Atemfrequenz.

Atemzugvolumen ist das Luftvolumen, das bei einem normalen Atemzyklus ein- und ausgeatmet wird. In Ruhe beträgt es bei Erwachsenen ca. 0,5 Liter, unter Belastung kann es auf ca. 2,5 Liter ansteigen, bei ausdauertrainierten Spitzensportlern auf Werte bis um 4 Liter.

Inspiratorisches Reservevolumen heißt das Luftvolumen, das nach einer normalen Einatmung bei vertiefter Atmung zusätzlich eingeatmet werden kann.

Expiratorisches Reservevolumen heißt das Luftvolumen, das man nach einer normalen Ausatmung mit Hilfe der Bauchpresse willentlich noch zusätzlich ausatmen kann.

Residualvolumen heißt das Luftvolumen, das selbst bei tiefster Ausatmung noch in der Lunge zurückbleibt. Es beträgt bei gesunden Erwachsenen ca. 1,3 Liter. Weil sich die Luft im Residualvolumen immer mit der eingeatmeten frischen Luft vermischt, enthält sie noch sehr viel Sauerstoff, der deswegen während der Ausatemungsphase weiterhin in das Lungenblut übertritt, wodurch der Gasaustausch zwischen den Lungenbläschen und dem Lungenblut gleichmäßig und unabhängig von der jeweiligen Atemphase abläuft.

Unter **Vitalkapazität** wird die maximale Luftmenge verstanden, die nach einem Atemzug wieder ausgeatmet werden kann.

Auch wenn Ausdauersportler eine deutlich erhöhte Vitalkapazität aufweisen (bis zu 7 Litern - Untrainierte ca. 3-4 Liter/abhängig von Größe und Gewicht), so ist dies kein wirklich leistungsbestimmender Faktor.

Totalkapazität heißt das Luftvolumen, das sich nach maximaler Einatmung insgesamt in der Lunge befindet. Die Totalkapazität setzt sich aus dem Residualvolumen und der Vitalkapazität zusammen.

Als **Totraum** bezeichnet man die Summe all der Hohlräume, die zwar der Luftzuleitung dienen, jedoch nicht am Gasaustausch zwischen Luft und Lungenkapillarblut teilnehmen.

Wenn bei einer sportlichen Belastung ein untrainiertes Herz mehr als 20 Liter Blut pro Minute durch den Körper pumpt und wenn die arbeitenden Muskelzellen aus diesem Blut sehr viel mehr Sauerstoff ausschöpfen als in Ruhe, sinkt der Sauerstoffgehalt des zentralvenösen Blutes, so dass in den Lungen wieder entsprechend mehr Sauerstoff zugeladen wird.

Die durchschnittliche maximale Sauerstoffaufnahme eines untrainierten Mannes zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr liegt zwischen 3000 und 3500 ml/min. Die vergrößerten Sportherzen von hochausdauertrainierten Spitzensportlern können pro Minute bis zu 40 Liter Blut durch den Körperkreislauf und durch den Lungenkreislauf pumpen.

Die ausdauertrainierten Muskelzellen dieser Sportler können dem vorbeiströmenden Blut sehr viel mehr Sauerstoff entnehmen als untrainierte Muskelzellen (größere arterio-venöse Sauerstoffdifferenz). Deswegen liegen die Werte für die maximale Sauerstoffaufnahme ausdauertrainierter Spitzensportler entsprechend höher zwischen 75 und 80 ml pro Kilogramm Körpergewicht und Minute. Werte von über 55 ml pro Kilogramm Körpergewicht und Minute werden normalerweise nur bei Sportlern gemessen, die regelmäßig Ausdauertraining betreiben.

Die Faktoren, die die maximale Sauerstoffaufnahme begrenzen, sind die Beatmung der Lunge (Atemminutenvolumen), der Gasaustausch zwischen Lungenbläschen und Lungenkapillarblut (Diffusionskapazität), die Sauerstofftransportkapazität des Herz-Kreislauf-Systems (Herzminutenvolumen), der gemeinsame Sauerstoffverbrauch aller ruhenden und arbeitenden Organsysteme, insbesondere die biochemische Ausstattung der arbeitenden Muskelzelle (arterio-venöse Sauerstoffdifferenz), das Blutvolumen und die Gesamtzahl aller Hämoglobinmoleküle (Totalhämoglobingehalt des Blutes).

Bei einer intensiven sportlichen Belastung dürfte der wichtigste leistungsbegrenzende Faktor die Höhe des Herzminutenvolumens und die Möglichkeit der Sauerstoffausschöpfung durch die arbeitende Muskelzelle sein. Das subjektive Gefühl des Sportlers, «außer Atem» zu sein, wird offenbar mehr durch diese beiden Faktoren ausgelöst als durch die Fähigkeit der Lunge, den Sauerstoff aus der Umgebungsluft in das Blut aufzunehmen. Auch die Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme durch Ausdauertraining ist genauso von der Steigerung des Herzminutenvolumens und von der verbesserten Sauerstoffausschöpfung durch die trainierte Muskelzelle abhängig wie vom optimalen Funktionszustand des Atmungssystems. Im übrigen bewirkt Ausdauertraining über eine verbesserte Atemtechnik eine tiefere Atmung, einen Anstieg des maximal möglichen Atemminutenvolumens und insgesamt eine Ökonomisierung der Atmung.

Zusammenfassende Wirkungen des aeroben Ausdauertrainings auf den Organismus

Aerobes Ausdauertraining führt zur Ausbildung eines Sportherzens mit folgenden Eigenschaften:

Erweiterung der Herzhöhlen

Im Vergleich zum Normalherzen kann das Volumen des Sportherzens bei Männern von 1 1 - 1 2 ml auf 14- 1 8 ml pro kg Körpergewicht, bei Frauen von 9- 10 ml auf 14- 1 6,5 ml pro kg Körpergewicht gesteigert werden.

Verdickung der Herzwände

Das Myokard, das Kernstück der muskulösen Herzwand, ist beim Sportherzen im Vergleich zum Normalherzen verdickt: das Herzgewicht kann dadurch von 250-300 g auf 350-500 g zunehmen.

Erhöhung des Schlagvolumens

Das Schlagvolumen des Herzens wird in Ruhe von 60-90 ml pro Herzschlag wird bei Ausdauertrainierten deutlich vergrößert (bis ca 200 ml - die Angaben zum Schlagvolumen schwanken in der einschlägigen Literatur)

Erhöhung des Herzminutenvolumens

Die Menge Blut, die das Herz pro Minute auswerfen kann, kann von 20l/min bei Untrainierten auf 30-40 l/min bei Trainierten vergrößert werden.

Senkung des Ruhepulses

Der Ruhepuls kann bis unter 40 Schläge/Minute gesenkt werden; Spitzenausdauersportler weisen einen Ruhepuls von etwa 30 Schlägen pro Minute auf.

Beschleunigte Pulsberuhigung nach Belastungsende

Es zeigt sich nun, dass Ausdauertrainierte nicht nur mehr Blut pulsieren lassen können, sondern dass auch die Ausnützung größer ist:

Aerobes Training führt zu einer verbesserten Kapillarisation der Arbeitsmuskulatur durch

- eine Querschnittsvergrößerung der Kapillaren,

- eine größere Zahl geöffneter Kapillaren in der Arbeitsmuskulatur,
 - eine verbesserte Blutverteilung durch Engstellung nicht benötigter Kapillargebiete
- Konsequenz ist eine verbesserte Versorgung der Arbeitsmuskulatur mit Sauerstoff und Nährstoffen und ein verbesserter Abtransport von Stoffwechselschlacken.

Blut

Auch das Blut, das als Transportmedium für Sauerstoff und Nährstoffe dient, reagiert mit Änderungen auf Ausdauertraining, die mit den gerade beschriebenen Änderungen des Blutgefäßsystems harmonieren.

- Vermehrung der roten Blutkörperchen
- Aerobes Ausdauertraining führt zur Vermehrung der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins durch eine Vergrößerung des Blutvolumens um 1-2 Liter.

Damit erhöht sich die Menge des Hämoglobins um 200-300 g. Da das Hämoglobin die Substanz ist, die Sauerstoff zum Transport im Blutkreislauf binden und in der Arbeitsmuskulatur wieder abgeben kann, erhöht sich dadurch die maximale Sauerstoffaufnahme.

Zunahme des Blutplasmas

Mit der Erhöhung des Blutvolumens nimmt auch die Menge an Blutplasma zu, wodurch die Wasserreserve des Körpers vergrößert wird und die Viskosität (Zähigkeit) des Blutes abnimmt; dadurch wird die Herzarbeit erleichtert.

Erweiterte Puffermöglichkeiten

Die Kapazität von Stoffen (z. B. Natriumbikarbonat), die übermäßigen Laktatanfall puffern können, wird erhöht; dadurch wird eine Übersäuerung verzögert. So wie sich das Blut und Gefäßsystem auf erhöhten Stoffaustausch unter Ausdauerbelastung einstellt, kann man entsprechend auch Wirkungen auf die belastete Muskulatur feststellen:

Muskulatur

In der Muskulatur ergeben sich als Folge aeroben Ausdauertrainings:

- eine höhere Anzahl von Mitochondrien in den ST-Fasern und Vermehrung der Enzyme des aeroben Stoffwechsels in den Mitochondrien
- eine Erweiterung der Glykogenspeicher in den Muskeln (und der Leber) bis auf das Doppelte
- eine Ausprägung der FT-Fasern als FT0-Fasern.

Atmung

Vertiefte Atmung

Vergrößerung des Atemminutenvolumens

Erhöhte Vitalkapazität

Nervensystem

- beruhigende Wirkung auf das Nervensystem
- Steigerung der parasymphathischen Aktivität

Das Nervensystem ermöglicht es, die Umwelt zu erkennen und die Organfunktionen an die wechselnden Umgebungsbedingungen anzupassen.

Damit hat es auch im Sport eine entscheidende Bedeutung für das Verständnis von ▶ Steuerung- und Regelungsprozessen der Bewegung sowie für ▶ Anpassungsprozesse durch Training.

Das Nervensystem des Menschen wird untergliedert in einen zentralen und einen peripheren Teil. Beide zusammen regeln unsere Beziehung zur Innen- und Außenwelt.

Die Aufgabe des zentralen Nervensystems (Gehirn, Rückenmark) ist einer Schaltzentrale vergleichbar. Aus Sinnesorganen kommende Informationen werden aufgenommen, verarbeitet und ggf. in Bewegung umgesetzt.

Das vegetative Nervensystem ist für die Tätigkeit der inneren Organe zuständig.

- ▶ ZNS und Bewegung
- ▶ Bewegungskoordination
- ▶ vegetatives Nervensystem

Vegetatives (autonomes) Nervensystem

Das vegetative Nervensystem steuert Aktivitäten der inneren Organe.

Das vegetative Nervensystem besteht aus großen Faserkomplexen, welche die inneren Organe, z.B. ▶ Atmung und Verdauung, ▶ Herz, Blutgefäßsystem und Drüsen innervieren.

Es besteht aus zwei Teilen: Der sympathische Teil regelt die körperlichen Aktivitäten bei Anstrengung oder Stress, der parasympathische Teil stellt den Körper auf Nahrungsaufnahme und Ruhe ein.

Parasympathikus

▶beruhigend

Sympathikus

▶anregend

Der **Sympathikus** nimmt seinen Ursprung der Mitte des Rückenmarks und verzweigt sich über weite Teile des Körpers.

Der **Parasympathikus** entspringt aus den übrigen Bereichen des Rückenmarks.

Auch er ist stark verzweigt und innerviert im Wesentlichen dieselben Organe wie der Sympathikus.

Durch regelmäßige sportliche Aktivitäten, vor allem durch Ausdauertraining kann eine zunehmende Verlagerung auf den Parasympathikus erreicht werden (Umschaltung auf allgemeine Erholung, allgemeine Stoffwechselökonomisierung, innere Ruhe, Ausgeglichenheit).

Die vom Sympathikus stimulierten Organsysteme erhöhen ihre Leistungskapazität.

Sport und Immunsystem

Unser Immunsystem beinhaltet alle immunbiologischen, mentalen und muskulären Abwehrkräfte. Es dient dem Schutz des Körpers und dem Überleben bei starken körperlichen Belastungen.

Dabei fungiert der beanspruchte Muskel wie eine Immunzelle, d.h. er produziert unter Stress immunologische Botenstoffe, welche sowohl über das Gehirn (Zwischenhirn, Hirnanhangsdrüse) und die dadurch stimulierte Nebenniere (Stresshormone) als auch direkt über verschiedene Immunzellen wirken und so die Immunabwehr stärken und stimulieren. Weitere Regelkreise, die von diesen Botenstoffen (z.B. Interleukine, Wachstumsfaktoren) aktiviert werden, mobilisieren das immunkompetente zelluläre Netzwerk und reduzieren dadurch die Infektgefahr.

In der Frühgeschichte des Menschen war so sichergestellt, dass eine Flucht vor dem Feind gesund überstanden werden konnte. Aus dieser historischen Distress-Situation ("negativer" Stress, denn das sind ja Flucht und Feind) hat sich der heutige Sport entwickelt, der Spaß machen und der Erhaltung unserer Gesundheit und Leistungsfähigkeit dienen soll (Eustress). Gesundheit meint hier die Summe aller biologischen Voraussetzungen, die nötig sind, damit wir uns gemäß unserer ererbten Anlagen frei verwirklichen können. Dazu gehört heute für immer mehr Menschen das Laufen, welches nicht nur direkt unser Immunsystem stabilisiert, sondern sich auch indirekt über das psychische Wohlbefinden stärkend auf die Abwehr auswirkt: Man wird seltener krank.

Bei muskulärem Gewebe-Stress, der durch intensive Bewegung induziert wird, ist es besonders wichtig, dass über die Leber durch den vom Muskel abgegebenen Botenstoff Interleukin 6 sogenannte "Akute-Phase-Reaktanden" freigesetzt werden. Sie repräsentieren sozusagen die Sofortabwehrmechanismen. Dazu gehören das C-reaktive Protein CRP, das Mannose-bindende Protein MBP und andere Serumeiweiße, welche sich oft direkt an verschiedene Erreger binden (CRP, MBP) und diese dadurch unschädlich machen können. So wird garantiert, dass in einem gesunden Zustand das mit Hilfe der Muskelkraft angestrebte Ziel auch erreicht wird. Bei chronischen Entzündungsprozessen, wie z.B. der Arteriosklerose, ist das CRP erhöht. Sportliches Ausdauertraining kann die Werte wieder normalisieren.

Was tun gegen Entzündungen?

Da der Sport einen "entzündlichen" muskulären Gewebestress auslöst, ist das von mir postulierte "Sportimmunologische Paradoxon" zunächst schwer zu interpretieren. Dieses Phänomen lautet: Moderat betriebener Ausdauersport (wie das Laufen) bewirkt eine aseptische, also nicht durch Krankheitserreger bedingte Entzündungsreaktion, welche auf die Dauer anti-entzündliche Gegenregulationsmechanismen in Gang setzt. Dadurch entsteht ein hemmender Bremseffekt auf andere, meist chronisch-degenerative Entzündungsprozesse. Zu diesen Prozessen zählt man heute die Arteriosklerose, das Metabolische Syndrom (Prädiabetes, Hochdruck, Übergewicht und Insulinresistenz mit erhöhten Blutfettwerten), Alterungsprozesse und das Krebsgeschehen, um nur die wichtigsten zu nennen. Diese interessanten Zusammenhänge erklären die

gesundheitsfördernden Auswirkungen des Ausdauersports. Man könnte sogar sagen, dass die proinflammatorischen (entzündungsfördernden) Geschehnisse im Körper durch die sich im Verlaufe des Ausdauertrainings entwickelnden anti-inflammatorischen (entzündungshemmenden) Regulationsmechanismen neutralisiert werden. Schematisch ist das in Abb. 1 dargestellt.



Nichts deprimiert einen Sportler mehr als die Unterbrechung seines mehr oder weniger leistungsorientierten Trainingsprogramms oder der Verzicht auf einen Marathon oder ein anderes sportliches Ziel auf Grund eines vermeidbaren Infekts. Dass eine derartige Depression unser Immunsystem noch mehr schwächt, liegt auf der Hand, wenn man bedenkt, dass unsere Immunabwehr unser sechstes, direkt vom Gehirn beeinflussbares Sinnesorgan ist. Es erkennt, was nicht zu uns passt, z.B. Bakterien, Viren, oder Parasiten. Voraussetzung für ein leistungs- und erfolgsorientiertes Ausdauer-Training im Sinne einer Zielerreichungs-Strategie ist daher ein stabiles immunologisches Abwehrsystem. Dieses hängt von bestimmten Bedingungen ab:

Wie bleibt Ihr Immunsystem stabil?

1. Ein geregeltes, gesundes Schlafverhalten, denn im Schlaf erholt sich unser Immunsystem. Rezeptfreie Schlafmittel auf pflanzlicher Basis (z.B. Baldrian, Sedonium) sind zur Not erlaubt und helfen, Schlafdefizite zu reduzieren. Besser sind jedoch einige mentale Techniken.
2. Absolutes Freisein von chronischen Infekt-Herden (Mandeln, Zähne), denn von hier aus kann unter Belastung "gestreut" werden (Herz!). Ein trainiertes Organ hat eben grundsätzlich ein besseres Outfit und deshalb auch mehr Haftpunkte für Krankheitserreger, da es für seine Leistung optimal ausstaffiert ist. Bei Herzmuskelerkrankungen hat sich beispielsweise Selen als komplementäre Therapie bewährt.
3. Regelmäßige Pulskontrolle: Ruhe- und Trainingspuls müssen konstant bleiben. Nach

grippalen Infekten empfiehlt sich ein Ruhe- und Belastungs-EKG zur Kontrolle.

4. Kein Training bei Fieber bzw. Grippe und "grippalen Erkältungskrankheiten"! Dabei keine Antibiotika nehmen, da 85 Prozent dieser Infekte durch Viren hervorgerufen werden, die auf Antibiotika ohnehin nicht reagieren. Antibiotika schwächen die Immunabwehr, nicht zuletzt durch das Abtöten der immunstimulatorisch wirksamen Darmflora. Vitamin-Cocktails und Antioxidantien haben sich in solchen Fällen nicht nur als Prophylaxe bewährt.

5. Vermeiden sollte man Stress-Situationen, die das Immunsystem belasten. Dazu gehören neben Übertraining und Pulsunregelmäßigkeiten (Schlaflosigkeit, Müdigkeit, Lustlosigkeit, Abgeschlagenheit usw.) auch familiäre Probleme, Beziehungs-Stress und beruflicher Stress (Mobbing).

6. Oft wird durch ein intensives Trainingsprogramm die Immunabwehr geschwächt, weil keine Regenerationszeiten eingehalten werden. Dann ist der Körper besonders empfänglich für Infekte. Weniger ist oftmals mehr. Regeneration heißt auch Resubstitution der verloren gegangenen Ressourcen, wie z.B. der Mikronährstoffe.

7. Bei den zur Vorbereitung eines sportlichen Events (z.B. Stadtmarathon) anstehenden Wettkämpfen sollte man sich nicht zu nahe kommen, denn Untersuchungen haben gezeigt, dass Küsschengeben, Händeschütteln und Umarmungen ganz entscheidend zur Verbreitung von Erkältungskrankheiten beitragen. Bei "engeren" Kontakten auch an EBV (Epstein-Barr)-, Hepatitis- und Herpes-Viren denken.

8. In Gebieten, in denen Zecken eine Gefahr für Läufer darstellen, sollte man sich durch Kleidung entsprechend schützen. Ferner empfiehlt sich eine Körperinspektion nach dem Training und die Benutzung von Mückensprays und Repellents als Vorsorge, weil auch die (immer öfter mit Borellien infizierten) Zecken dadurch abgehalten werden.

9. Eine Grippe-Impfung sollte so früh wie möglich durchgeführt werden, sie schadet nicht, sondern aktiviert das Immunsystem auch über den spezifischen Impf-Effekt hinaus.

10. Bei echter Influenza sind neben fiebersenkenden Allgemeinmaßnahmen auch Neuraminidase-Inhibitoren angebracht (z. B. Relenza). Sie hemmen die Vermehrung des Virus und kürzen die Krankheitsdauer drastisch ab.

Wie fördern Sie Ihre Abwehrlage?

1. Echinacea Präparate zur Infekt-Prophylaxe.

2. Tee-Sorten: Eberrauten-Tee (Herba abrotani, 1 Teelöffel pro Tasse 3 x wöchentlich, bei Infekten 2 x täglich, 30 Sekunden Aufkochen), Grüner (chinesischer) Tee, auch in Form von Tabletten (Grüner Tee Extrakt).

3. Aminosäure-Präparate mit vorwiegend L-Carnitin, Glutamin, Arginin und Taurin. Bei Erkältungen zusätzlich N-Acetyl-Cystein, welches auch als Antioxidans wirkt.

4. Bei intensivem Training sind zusätzliche Vitaminpräparate und Anti-Oxidantien zu empfehlen, um ein Zuviel an freien Radikalen abzufangen. Das gilt auch für das Röntgen (Zahnherde!) oder Interkontinentalflüge (Strahlenschutz) in Zusammenhang mit Sport

und Sportreisen. Sinnvoll auch in der Regenerationsphase und im Rahmen einer Diät zur Gewichtsreduktion.

5. Mineralien und Spurenelemente: Zink (immunstabilisierend), Selen (immunstärkend und anti-oxidativ), Magnesium, ganz selten Chrom. Ganz allgemein gilt: Was dem Muskel nützt, auch die Immunabwehr stützt! (Auch und gerade vom Muskel gehen wichtige Impulse für das Immunsystem aus!).

6. Spezifische Infekt-Prophylaxe: Chronische Bronchitis (hier helfen Broncho-Vaxom oder Broncho-Munal), bei (chronischen) Harnwegsinfekten und zu deren Vorbeugung: Uro-Vaxom. Es handelt sich dabei nicht um Medikamente, sondern um spezifische Immun-Aktivatoren, die aus den Bestandteilen der Erreger hergestellt werden. Während einer solchen "Kur" das Training etwas reduzieren. Um Harnwegsinfekten (besonders bei Frauen) vorzubeugen nicht nur viel trinken, sondern auch auf Preiselbeersäfte oder entsprechende Konzentrate (wirken in diesem Fall anti-bakteriell) zurückgreifen.

7. Diszipliniertes Ernährungsverhalten: Kohlenhydrat-(Getreideprodukte) und nicht zuckerreich! Viel frisches Obst und Gemüse, Fisch (auch Fischöl-Kapseln) und nicht zuviel Fleisch (enthält aber das wichtige Eisen!).

8. Während des Laufens oder intensiven Sporttreibens: Viel trinken, spätestens nach einer Stunde anfangen. Nicht "reines" Wasser, auch nicht nur Elektrolyt-Getränke, sondern Kohlenhydrat- (Maltodextrin-, Oligosaccharid-)haltige Drinks, da diese stabilisierend auf die Immunabwehr wirken und zudem Ausdauer und Regeneration verbessern. Keine Getränke mit Zuckerersatzstoffen, dadurch wird nur Insulin mobilisiert. Trinken, um eine Eindickung des Blutes zu vermeiden (Herzfrequenz steigt, 300-500 ml pro Stunde kann man an Flüssigkeit z. B. bei einem Marathon verlieren!). Mischungsverhältnis Fruchtschorle zu Na-Mineraldrink etwa 1:1, 1:2. Der Mg-Quotient sollte etwa 2:1 sein. Merke: Man soll ein heißes Nierenbecken nicht mit kalten Bieren schrecken! Marathon: Am besten alle 5 Kilometer trinken.

9. Eine wichtige Infekt-Prophylaxe: Nasse Kleidung nach Training und Wettkampf sofort wechseln, das kann sonst an die Nierchen gehen! Gänsehaut vermeiden.

10. Bei drohender Infektgefährdung morgens neben der Pulskontrolle die "Ruhe-Temperatur" messen. Diese sollte nicht über 37 Grad betragen. Beim Trainierten liegt sie immer unter 37 Grad. Eine Erhöhung weist auf einen (beginnenden) Infekt hin.

Grundsätzlich gilt: Erst anti-infektiös, dann anti-entzündlich behandeln. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass zwischen einem durch Viren hervorgerufenen grippalen Infekt und einer eventuellen bakteriellen Infektion unterschieden wird. Beim Ersteren sind keine Antibiotika angezeigt, während bei bakteriellen Infektionen Antibiotika indiziert sind, vor allem beim leistungsorientierten Sportler. Hier spielt es dann keine Rolle, dass Antibiotika die immunologische Abwehr schwächen können, denn die schnelle Abtötung der Krankheitserreger steht im Vordergrund.

Zusammenfassend folgende Tipps:

- So wenig Stress wie möglich.
- Kein Übertraining, kein "Gewichtmachen" ("Abkochen"), viel Schlaf (Regeneration). Meide Menschenmassen, wasche oft die Hände, hab aber "Berührungsängste"!
- Trinke - auch beim Training – mit Kohlenhydrat angereicherte (6-8%) Mineraldrinks, vor allem vor (2 h), während, und nach dem leistungssportlichen Ereignis, bei dem es bestenfalls um persönliche Bestleistungen, nicht um öffentlich bedeutsame Rekorde gehen sollte: All zu viel ist ungesund.
- Bleibe den eingelaufenen Schuhen treu: Verletzungsgefahr! Das gilt auch für erprobte Sportkleidung in Bezug auf Schwitzen oder Scheuern.
- Ernähre dich vitaminreich, vor anstrengenden Wettbewerben zur Infektprophylaxe ist Vitamin C-Zufuhr zu empfehlen!

Zusammenfassend kann man folgendes zur **Stärkung des Immunsystems durch leistungsorientierten (Ausdauer-)Sport** sagen:

1. Es findet eine Hochregulation von gesundheits- und leistungsfördernden Regulationssystemen im Körper statt, das gilt auch für die geistige Leistungsfähigkeit (verbesserte Hirndurchblutung, Mobilisation von Neurotransmittern bzw. des Serotonin/Dopamin-Systems.).
2. Es entsteht eine Bremswirkung auf gesundheits- und leistungsmindernde Regelkreise des Körpers, nicht zuletzt auf Grund der Hochregulation anti-entzündlicher, das Immunsystem stabilisierender Mechanismen.
3. Die immunologische Abwehr gegenüber krankmachenden Erregern von außen (z.B. Bakterien, Viren, Borrelien) wird gestärkt, wie sich mit Hilfe immunologischer Tests nachweisen lässt (Speichel IgA, natürliche Killerzell-Aktivität, Funktion von Fresszellen usw.). Die Borreliose wird durch Zeckenstiche übertragen, ein bei Läufern nicht zu Unrecht gefürchtetes Ereignis.
4. Es wird eine gewisse Stressresistenz erzeugt, d.h. die schädigende Wirkung von Stresshormonen wird deutlich abgeschwächt. Eine vagotone Gelassenheit scheint sogar zu einer Lebensverlängerung beizutragen, zumindest bei stress-sensiblen Menschen, bei denen nicht der Vagus des vegetativen Nervensystems das Übergewicht hat, sondern der "weniger stressige" Vagus.
5. Das Immunsystem trägt ganz wesentlich zur optimalen Fitness bei, d.h. zu einem adäquaten Angepasstsein (englisch: to fit!), um die zu bewältigenden Lebensaufgaben erfolgreich lösen zu können.
6. Das Laufen und andere Ausdauersportarten stimulieren die Immunabwehr auch auf ganz andere Weise: sie fördern das mentale Wohlbefinden, führen zu Euphorie angesichts von Erfolgserlebnissen (Marathon, runners high), steigern die Lebensqualität (Aussehen) und die geistigen Leistungsfähigkeit (gesteigerte Hirndurchblutung).
7. Es entsteht ein weitgehender, auch durch das Immunsystem bewirkter Schutz gegen sogenannte Zivilisationskrankheiten wie z.B. Herz- und Kreislauferkrankungen, Diabetes, Metabolisches Syndrom,

Fettstoffwechselstörungen, Übergewicht, Insulinresistenz, aber auch ein gewisser Schutz gegen einige Krebserkrankungen (z.B. Brust-, Prostata-, Darmkrebs) und Autoimmunerkrankungen.

8. Alterungsprozesse werden gebremst, wobei auch immunregulatorische Regelkreise eine Rolle spielen. Bisher hat man allerdings nur einen geringen Einfluss auf die Lebensquantität feststellen können (ganz im Gegensatz zur Lebensqualität!).

9. Die Disziplinierung von Lebens- und vor allem Ernährungsgewohnheiten hat einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf unser Immunsystem ("Immunonutrition"). Durch eine gesunde, vitaminreiche Nahrung mit viel frischem Obst und Gemüse sowie Fisch und Soja (anstelle von viel fettem Fleisch) kann die Immunabwehr in ihrer Fitness unterstützt werden.

10. Eine Steigerung des Selbstwertgefühls durch Laufen trägt sicher auch zu einer stabilen Immunabwehr bei. Doch gilt vor allem für leistungs- und wettkampforientierte Sportler: Sport treiben ohne vom Sport getrieben zu werden, denn ohne regenerative Pausen ist die Immunabwehr schnell im Keller. Das Übertrainingsyndrom mit Lustlosigkeit, Schlafstörungen, Leistungsabfall und einer erhöhten Infektanfälligkeit ist die Folge.

Durch folgende Prozesse kann das Immunsystem allerdings geschwächt werden, so dass das Infektionsrisiko steigt:

a. Durch ein Zuviel des Guten, d.h. Übertraining, Powertraining, übertriebenen Ehrgeiz und Wettkampfdruck. In der Sportimmunologie spricht man von einer J-Kurven-Konstellation: Moderates Training stärkt die Abwehr, extreme Belastung schwächt sie. Allerdings gibt es hier große individuelle Besonderheiten je nach genetischer Veranlagung, Talent, Alter, Körpergewicht und Trainierbarkeit. Kenianische Läufer beispielsweise haben für den Langstreckenbereich die optimale Zusammensetzung der Muskelfasern (Ausdauerstofffasern und kaum Sprintfasern, bei den in den USA lebenden Afrikanern ist es genau umgekehrt, sie sind die "geborenen" Sprinter!).

b. Durch zusätzliche Beanspruchungen der Immunabwehr (zweite Front durch Infekte) oder durch immunschwächende Begleiterscheinungen wie Anorexia athletica oder starken psychischen Stress durch Leistungsdruck.

c. Beim Marathon-Entzugssyndrom, meiner Meinung nach eine Sonderform des sogenannten Sportentzugssyndroms. Durch Verletzungen, Krankheiten, oder auf ärztlichen Rat muss das leistungsorientierte Ausdauerlaufen eingestellt werden. Dadurch kommt es bei vielen betroffenen Läufern oft zu reaktiven Depressionen, zu Minderwertigkeitsgefühlen und zu einer schweren narzisstischen Kränkung. Es ist klar, dass unter diesen Umständen die Immunabwehr nicht nur einen echten Trainingsverlust erleidet, sondern dass sie auch mental supprimiert werden kann. Als Folgeerscheinung beobachtet man häufig Infekte und einen messbaren Abfall von Immunparametern, z.B. des IgA im Speichel.

Ich empfehle daher immer wieder, dass Läufer sich ein wie auch immer geartetes zweites Standbein in Form eines Hobbies zulegen sollten. Laufen ist inzwischen zu einer derartigen Selbstverständlichkeit geworden, wie das Sporttreiben insgesamt,

dass man es nun wirklich nicht mehr als Hobby bezeichnen kann. Auch der wettkampf-motivierte Volksläufer sollte sich nicht nur auf das Sammeln von Auszeichnungen und Urkunden verlassen. Ein solches Steckenpferd sollte einen auf ganz andere Weise auf Trab bringen, sei es auf geistigem Gebiet (Literatur, schreibende Läufer, wissenschaftliches Interesse am Sport oder an Ernährung, Seniorenstudium oder Beschäftigung mit den Möglichkeiten des Computers), oder im musischen Bereich (Malen, Musik, Videofilme etc.) bzw. im familiären Umfeld (die nicht zu unterschätzenden Heimwerker!). Man kann aber auch noch eine andere Sportart nebenher betreiben (z.B. Walking, Inline-Skaten, Schwimmen oder Aquajogging), auf die man notfalls umsteigen kann.

Natürlich interessiert den Immunologen in diesem Zusammenhang die Frage, ob der Laufsport süchtig macht. Ich möchte sie mit JA beantworten, denn offenbar werden bei keiner anderen Sportart so viele Endorphine freigesetzt. Viele Läufer empfinden "runners high", den Endorphin-Kick oder das Flow-Gefühl (bis hin zu "Hallus") nur beim Ausdauerlaufen und in keiner Weise vergleichbar mit anderen Sportarten wie z.B. dem Radfahren. In der Tat beobachten wir beim Laufen eine klassische Trias süchtiger Abhängigkeit: Erstens schwere psychische und weniger schwere körperliche Entzugserscheinungen. Zweitens der Wunsch, wider besseres Wissen (des Arztes) und gegen jede Vernunft nicht auf das gewohnte und geliebte Lauftraining verzichten zu müssen. Eine Laufpause geht folglich immer mit äußerster Stimmungslabilität einher, bestenfalls mit schlechter Laune und Missstimmung. Drittens: Das Bestreben, die Dosis permanent steigern zu müssen: Bessere Zeiten, häufigere Wettkämpfe, intensivere Trainingseinheiten.

Abschließend könnte man sagen: **Ausdauersport bringt unser Immunsystem laufend auf Trab und macht auch dem Geist Beine**, ohne dass man auf diese Weise allen Problemen davonlaufen könnte und sollte.

Aufwärmen – Abwärmen

Eine Auf- und Abwärmphase sollte Bestandteil jedes Trainings- und Wettkampfprozesses sein.

Sportler sollten wissen, dass ein gezieltes Aufwärmen die Leistungsfähigkeit verbessert und die Verletzungsgefahr reduziert.

Wirkungen des Aufwärmens

- Beschleunigter Ablauf nervaler Erregungsprozesse;
Anstieg von Reaktions- und Kontraktionsgeschwindigkeit
- Steigerung von Herzfrequenz, Blutdruck und Atmung
Vermehrung der Durchblutung der in der Sportart eingesetzten Muskeln

- Steigerung der Körpertemperatur; Verbesserung der Energiebereitstellungsvorgänge
- Reduzierung der inneren Reibung von Muskeln, Sehnen und Bändern
Reduzierung der Verletzungsgefahr
- Vermehrung der Produktion von Gelenkschmiere
- Dickenzunahme des Gelenkknorpels durch Flüssigkeitseinlagerungen
- Abbau von nervösen Spannungszustände; Steigerung der Motivationenzunahme des Gelenkknorpels durch Flüssigkeitseinlagerungen

Prinzipien für die Gestaltung einer Aufwärmphase

- **Aktive Aufwärm- /Bewegungshase mit dem Ziel, die Körpertemperaturdeutlich (um ca. 2 bis 2,5°C) zu erhöhen.**
- **Das allgemeine Aufwärmen geht dem speziellen Aufwärmen stets voraus: langsam, schonend, geringe Bewegungsamplituden.**
- **Das Aufwärmen richtet sich in Umfang und Intensität nach dem Trainingszustand: je besser der Trainingszustand, desto länger und - am Ende des Aufwärmens - desto intensiver.**
- **Das Aufwärmen ist an die Intensität der geplanten Belastungen anzupassen: je höher die angestrebte Belastung (z.B. im Wettkampf), desto länger die allgemeine aktive Aufwärmphase.**
- **Beim speziellen Aufwärmen sollen die Bewegungen der Wettkampf-/Trainingsbelastung berücksichtigt werden.**
- **Ergänzung der aktiven Aufwärmphase durch Abschnitte mentaler Vorbereitung.**

Die Aufwärmzeit steigt mit zunehmendem Alter und Leistungsstand

Bei kühler Witterung muss länger aufgewärmt werden als bei warmer Umgebungstemperatur

Am Morgen ist länger aufzuwärmen als im weiteren Tagesverlauf

Als Mindestzeit sollten im Schulsport 10 Minuten, im Leistungssport 20 Minuten angesetzt werden

Das Aufwärmen sollte 5 bis 10 Minuten vor Wettkampfbeginn abgeschlossen sein, danach muss der Körper durch entsprechende Bekleidung warmgehalten werden

Richtiges Aufwärmen

...schafft
Leistungsbereitschaft

Das richtige Aufwärmen bereitet physisch und psychisch auf die sportliche Leistung bzw. den zentralen Stundeninhalt vor.

... schafft
Körperbewusstsein

Aufwärmen sollte kein lästiges Übel sein, sondern auch Spaß machen.
Aufwärmen ist so abwechslungsreich, wie der Sport selbst. Dabei sollte ein Gespür für die Funktion und den Aufbau der Aufwärmphase entwickelt werden.

...wird langsam
gesteigert

Ein gutes Aufwärmen ist stets von langsam ansteigender Intensität gekennzeichnet. Es muss motivierend sein und Raum für individuellen Aktivierungsbedarf lassen.

...ist keine
Trainingszeit

Das Aufwärmen ist keine Trainingszeit, weil Training zu Ermüdung führt. Aufwärmen sollte aber aktivieren. Kurzzeitig hohe Belastungen von Kraft und Schnelligkeit können Teil des Aufwärmens sein. Aber immer wieder lockern und entspannen. Koordinationsaufgaben oder Dehnübungen sollten Bestandteil des Aufwärmens sein.

...sollte in den Hauptteil
übergehen

Zwischen dem Aufwärmen und der eigentlichen Belastung dürfen keine langen Wartezeiten entstehen.

Abwärmen (Cool Down)

Wirkungen des Abwärmens

Nervensystem

Wiederherstellung des Gleichgewichts zwischen Sympathikus und Parasympathikus
Abnahme der Erregung und Anspannung, Einkehr von Beruhigung

Herz-, Kreislaufsystem

Rückkehr von Pulsfrequenz, Blutdruck, Atmung und Temperatur in die Normallage

Muskulatur

Lockerung der ermüdeten und verspannten Muskulatur
Beschleunigung des Abbaus von Stoffwechselprodukten

Stretching beim Sport ist sinnvoll, nicht aber vor einem Wettkampf

Bevor es mit Dehnübungen losgeht, müssen die Muskeln warm sein

Was ist dran am Dehnen (Stretching)

Fast alle machen es und kaum jemand weiß, warum eigentlich. Die Rede ist vom Dehnen, welches nach allgemeinem Verständnis ein fester Bestandteil des Trainings sein muss. Immer häufiger wird aber gerade in letzter Zeit das Dehnen in Frage gestellt und sogar auf ein mögliches Verletzungsrisiko durch Dehnen unmittelbar vor oder nach einer Trainingseinheit hingewiesen (siehe unten). Dehnen oder nicht dehnen, fragt sich der Sportler.

Kaum ein Sportler, ob Profi oder Gelegenheitsjogger, verzichtet auf die Prozedur: Vor und nach dem Training werden einige Minuten lang die Muskeln gedehnt. Diese Zeit kann man sich sparen, urteilen Forscher der Universität Sydney in Australien. Egal ob die Muskeln vor, während oder nach dem Sport durch Stretching gedehnt werden, hat demnach keine signifikanten Auswirkungen auf das Verletzungsrisiko oder auf die Stärke des Muskelkaters, folgern sie aus einer Analyse von fünf Studien zu Stretching.

So pauschal kann man dies jedoch nicht sagen, berichtet Professor Dietmar Schmidtbleicher von der Universität Frankfurt der "Ärzte Zeitung". Schließlich gebe es auch genug Studien, die das Gegenteil belegten. Stretching, das heißt die Muskeln werden langsam gedehnt und die Dehnung wird lange gehalten. Dies, so der Sportmediziner, vermindere den Muskeltonus. Damit bringen die Muskeln zwar nicht mehr die maximale Kraft, das Verletzungsrisiko sinke jedoch ebenfalls.

Anders sehe es aus bei kurzen wippenden und zerrenden Dehnübungen, wie sie oft zur Leistungssteigerung vor dem Sport gemacht werden. Diese erhöhten den Tonus, damit die Muskelleistung, aber auch das Verletzungsrisiko.

"Entscheidend ist also, wer dehnt", so Schmidtbleicher. "Wer in den Wettkampf geht, darf vorher nicht stretchen, sonst reduziert er damit seine Siegchancen, für Hobbysportler ist Stretching aber prima."

Und hilft Dehnen gegen Muskelkater? Nicht unbedingt, so Schmidtbleicher. Wenn nach dem Sport bereits Mikrorisse in den Muskelfasern bestehen, können sie durch Dehnen vergrößert werden.

Solche Mikrorisse, die zu Muskelkater führen, können auch dann entstehen, wenn Muskeln beim Dehnen vor dem Sport noch kalt sind, warnt Professor Klaus Jung aus Mainz und rät: Erst Lockerungsübungen, dann Stretching.

Der Stand der Dehnforschung ist nicht so einfach darzulegen, da sicherlich noch nicht alle Fragen geklärt sind. Aber ein paar Mythen kann man entkräften.

Mythos Nr. 1: Dehnen als Verletzungs- und "Muskelkater" prophylaxe:

Beim Dehnen muss man unterscheiden zwischen kurzfristigen und langfristigen Effekten. Unmittelbar nach dem Dehnen steigt die Gelenkreichweite messbar.

Dies ist aber vorwiegend auf eine höhere Dehnungsspannungstoleranz und nicht etwa auf bestimmte Veränderungen im Muskel zurückzuführen. Bei intensiven Dehnprozeduren kommt es zu enormen mechanischen Spannungen im Muskel, die alleine schon **Muskelkater (=DOMS: delayed onset muscle soreness)** bewirken oder verstärken können. Zusätzlich konnten

Untersuchungen von WIEMANN und KLEE zeigen, dass Schnellkraftleistungen unmittelbar nach statischem (also gehaltenem) Dehnen schlechter sind (und zudem ein DOMS provoziert wird).

Ein nicht allzu intensives dynamisches (also federndes) Dehnen in der Übungsvorbereitung zur Vergrößerung der Flexibilität und zum Absenken der passiven Muskelspannung ist vertretbar.

Intensives Dehnen sollte nur vor Trainingseinheiten in Sportarten stattfinden, in denen die Beweglichkeit eine leistungsbestimmende Komponente darstellt, etwa beim Turnen, Kampfsport oder Hürdenlauf. **Nicht nur vor, auch nach einem Krafttraining sollte intensives statisches Dehnen vermieden werden**, da trainingsbedingte kleinste Verletzungen (Mikrotraumen innerhalb der Muskelfaser aufgrund exzentrischer Muskelarbeit) verstärkt werden und somit ein Muskelkater (DOMS) provoziert bzw. verstärkt wird. Zusammenfassend **schützt Dehnen unmittelbar vor sportlichen Leistungen nicht vor Verletzungen, sondern begünstigt sie eher.**

Mythos Nr. 2: "Muskelverkürzung":

Die Vorstellung, ein Muskel verkürzt sich, wenn er nicht gedehnt wird, ist plausibel, aber überholt. **Die Länge eines Muskels per se ist immer gleich.** Eine "Verkürzung" wird üblicherweise im Rahmen eines Muskelfunktionstest festgestellt. Damit ist aber eine eingeschränkte Flexibilität bzw. eine verminderte Toleranz gegenüber einer Dehnungsspannung gemeint (und so sollte man es auch bezeichnen), eine wirkliche Verkürzung eines Muskels besteht dabei nicht. **Die Muskelverkürzung ist funktionell zu betrachten**, d.h. wenn ein Muskel seine optimale Kraftentfaltung in einem kleineren Winkel hat, als er sollte, kann man von einer "Verkürzung" sprechen. **Angezeigt ist es dann, den Gegenspieler zu kräftigen und den Muskel über möglichst große Amplituden arbeiten zu lassen.** Damit wird auch wieder ein Gleichgewicht in den Ruhespannungen auf beiden Seiten hergestellt (**Ausgleich muskulärer Dysbalancen**).

Durch Dehnen wird der Muskel nicht strukturell länger (auch nicht "schlanker", wie vielfach geglaubt wird), dennoch **kann die Beweglichkeit erhöht werden.**

In der Prävention und Rehabilitation ist das ein wichtiges Argument fürs Dehnen.

Im **Gesundheitssport** kann man deshalb ruhig **dehnen und kräftigen** in einer Trainingseinheit.

Zusammenfassung:

Beim Dehnen gibt es eine Spannung auf die Muskulatur. Ist die Spannung hoch, kann damit sogar ein hypertrophiewirksamer Reiz erzielt werden. Nach intensivem Ausdauertraining (Laufen), bei dem es auch zu kleinsten

Verletzungen (Microtraumen durch exzentrische Belastung) im Muskel kommt, ist Dehnen als zusätzliche mechanische Beanspruchung sicher nicht angebracht. Wer exzentrisches Krafttraining oder IK-Training (Training der intramuskulären Koordination) macht, sollte Dehnübungen auf einen anderen Tag verschieben. Im Gesundheitssport sind die Beanspruchungen geringer. Meistens nehmen sich die Leute nur an zwei oder höchstens drei Tagen Zeit für's Training und verbinden damit in der Regel auch das Dehntraining.

Muskelkater

Muskelkater ist oft eine Begleiterscheinung beim Training Ungeübter. Er tritt meistens einen Tag nach einer ungewohnten Belastung auf und verliert nach einigen Tagen seine schmerzhafte Wirkung.

Was ist im Muskel passiert ?

Ein überbelasteter Muskel weist feine Risse (Mikrorupturen) in den **Muskelfasern** auf. Durch diese Risse dringt langsam Wasser ein, so dass sich nach einiger Zeit (24-36 Stunden) kleine Oedeme bilden. Die Muskelfaser schwillt durch das eindringende Wasser an und wird gedehnt. Der wahrgenommene Dehnungsschmerz ist der Muskelkater.

Lange Zeit wurde der Milchsäure(Laktat) die Schuld an diesem allseits bekannten Phänomen gegeben.

In dem weit verbreiteten Buch "Sportkunde"(S.255) ist dies auch heute noch zu finden.

Was ist eigentlich Muskelkater ?

Wissenswertes zur Entstehung und Behandlung

Ist die Milchsäure wirklich schuld?

Wenn jemand nach der Ursache des Muskelkaters fragt, erhält man meist spontan die Antwort: "Das kommt doch von der Milchsäure!" (die besonders bei hohen körperlichen Belastungen in großer Menge produziert wird). Diese weit verbreitete Meinung beruht auf einer vor vielen Jahrzehnten aufgestellten Spekulation, die nie bewiesen wurde, ja, die, wie man heute weiß, ausgesprochen unwahrscheinlich ist.

Eine völlig andere, im angloamerikanischen Raum verbreitete Ansicht ist, daß der Muskelkater durch kleine Zerreißen im Gewebe entsteht (Zusammenstellung der Hypothesen bei WIETOSKA und BÖNING 1979, BÖNING 1983). In den letzten Jahren haben elektronenmikroskopische Untersuchungen diese Vorstellung erhärtet.

Symptome des Muskelkaters

Das typische Kennzeichen des Muskelkaters ist, dass er nach einer ungewohnten oder besonders starken muskulären Anstrengung mit einer Verzögerung von einem Tag auftritt und dann bis zu einer Woche dauert. Ungewohnt ist für einen Untrainierten, wenn er nach langer Pause wieder am Sport teilnimmt oder eine neue Sportart anfängt. Für einen Leistungssportler gilt dies, wenn er eine neue Bewegung einübt (z.B. eine schwierige Turnübung) oder sich im Wettkampf viel stärker als im Training auslastet. Die vom Muskelkater betroffenen Muskeln sind dann steif, hart

und eigenartig kraftlos; sie schmerzen bei Bewegungen, aber auch, wenn man auf sie drückt.

Warum bekommt man nach Bergablaufen Muskelkater?

Ob diese Beschwerden ursprünglich durch Milchsäure oder durch Risse verursacht sind, müsste sich eigentlich aus einer Beobachtung der zum Muskelkater führenden Bewegungen bereits erkennen lassen. Milchsäure entsteht nämlich in besonders großer Menge bei schnellen, viel Energie fordernden Bewegungen von etwa einer Minute Dauer, wie z.B. dem 400-m-Lauf, weil die Sauerstoffversorgung des Muskels hinter dem Bedarf hinterherhinkt. Risse entstehen dagegen am ehesten bei großer Kraftbelastung, die das Muskelgewebe einer zu hohen Spannung aussetzt. Gerade bei maximaler Kraftentfaltung ist die Belastung aber nur kurz - die Kontraktion dauert daher nicht lange genug, um eine Milchsäureanhäufung auszulösen. Die notwendige Energie gewinnt der Muskel bei solchen kurzen Anstrengungen aus der Spaltung sehr energiereicher Phosphorverbindungen.

Die größten Kräfte entwickelt eine Muskelfaser (= Muskelzelle) nicht etwa, wenn sie sich verkürzt, sondern wenn sie durch über mächtige äußere Kräfte gedehnt wird. In diesem Augenblick wächst sie sozusagen über sich selbst hinaus. Diese sogenannte "exzentrische Kontraktion" ist gar nichts ungewöhnliches, sondern kommt beim Abbremsen von Bewegungen ständig vor. Beim Bergabgehen wird z.B. die Beschleunigung des Körpers durch die Schwerkraft ständig von Muskeln abgebremst, die der Dehnung durch aktive Kontraktion Widerstand leisten. Das gleiche geschieht beim Landen nach einem Sprung.

Das Entscheidende ist nun, dass gerade solche exzentrischen Kontraktionen am häufigsten Muskelkater auslösen, während die Milchsäurebildung dabei sehr gering ist. Fast jedermann erinnert sich an Muskelkater nach Abstieg von einem Berg. Das klassische Experiment stammt von dem skandinavischen Sportphysiologen ASMUSSEN aus dem Jahre 1956. Er ließ Versuchspersonen bis zur Erschöpfung mit einem Bein auf einen Stuhl hinauf- und mit dem anderen herabsteigen. Die Probanden ermüdeten zuerst im Aufsteigebereich und hatten am nächsten Tag Muskelkater im Absteigebereich!

Man kann einwenden, dass in diesem Versuch auch die Muskelkräfte durch das Körpergewicht vorgegeben und deshalb bei Auf- und Abstieg gleich gewesen seien. Dies stimmt in der Tat für den Gesamtmuskel, aber nicht für die einzelne Muskelfaser. Das Nervensystem nutzt die größere Maximalkraft der einzelnen Faser bei exzentrischer Kontraktion; es benutzt ein verändertes Innervationsprogramm und setzt entsprechend weniger Fasern ein als bei der Muskelverkürzung. Das Gewicht muss beim Abstieg also von weniger Fasern als beim Aufstieg getragen werden, so dass auf die Einzelfaser eine größere Kraft entfällt und damit natürlich die Rissgefahr ansteigt.

Warum fängt der Muskelkater erst nach einem Tag an ?

Natürlich stellt sich die Frage, warum im Augenblick der Verletzung kein Schmerz verspürt wird. Der Grund ist einfach: die Schmerznervenendigungen liegen außerhalb der Muskelfasern im Bindegewebe. Nur wenn auch dort Risse entstehen, fühlt man sofort Schmerz. Anderenfalls müssen erst die beschädigten Strukturen in der Zelle abgebaut werden, die Spaltprodukte können die Schmerznerven nach dem

Austritt unmittelbar reizen oder mittelbar dadurch, dass sie Wasser in die Zelle ziehen. Das führt über Zellschwellungen zu Gefäßeinengung; damit verschlechtert sich die Durchblutung, was ebenfalls Schmerz verursacht. Muskelschmerz führt außerdem zu einer reflektorischen Verspannung (Muskelhärte), die die Durchblutung weiter vermindert und so in einem Teufelskreis den Schmerz verstärkt. All dies erklärt die Verzögerung bis zum Auftreten des Muskelkaters.

Schlechte Koordination ist eine Mitursache!

Auch die Tatsache, dass Muskelkater nur bei ungewohnten Bewegungen auftritt, lässt sich gut erklären. In einer solchen Situation ist die intramuskuläre Koordination noch schlecht. Der Kontraktionsbeginn in verschiedenen Muskelfasern ist nicht wie nach langer Übung perfekt synchronisiert, so dass einzelnen Fasern noch besonders hohen Spannungsspitzen ausgesetzt werden.

Prinzip des wirksamen Belastungsreizes (Superkompensation)

Dieses Prinzip geht davon aus, dass der Trainingsreiz eine bestimmte Intensitätsschwelle überschreiten muss, um überhaupt eine Anpassungsreaktion auszulösen, d. h., um trainingswirksam zu sein.

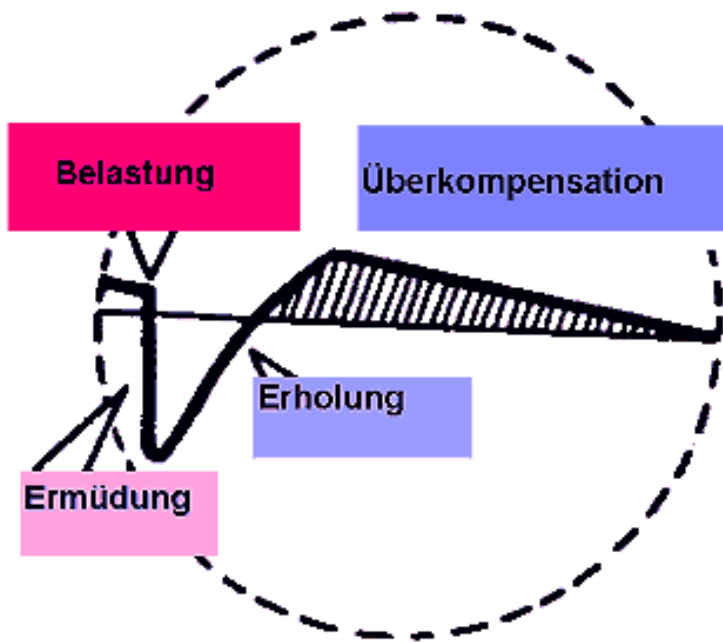
Biologischer Hintergrund ist die sog. Reizstufenregel, nach der im Hinblick auf funktionelle und morphologische Anpassungsänderungen unterschwellige (= unter der wirksamen Reizschwelle), überschwellig schwache, überschwellig starke und zu starke Reize unterschieden werden.

Unterschwellige Reize bleiben wirkungslos, überschwellig schwache erhalten das Funktionsniveau, überschwellig starke (= optimale) lösen physiologische und anatomische Änderungen aus; **zu starke Reize schädigen die Funktion**. Der Schwellenwert des Belastungsreizes hängt vom Leistungszustand des Sportlers ab.

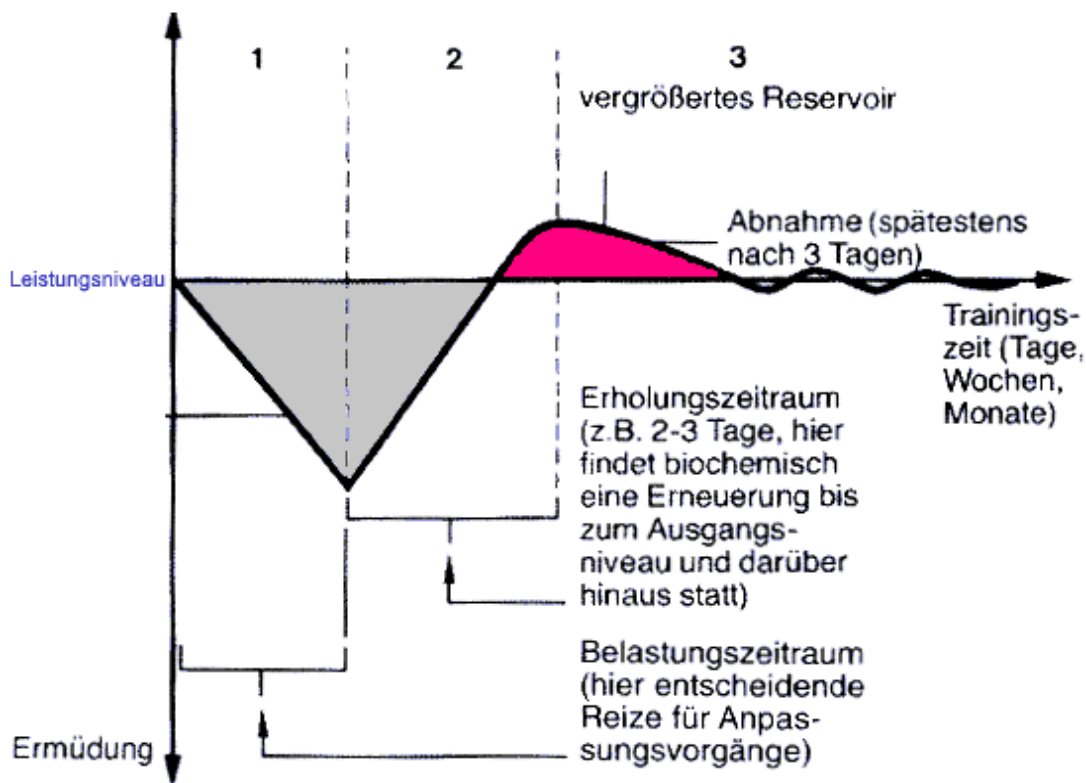
Training als Anpassungsvorgang

Das Wirkungsgefüge von Belastung und Anpassung

Bleiben Belastungsreize unter einem bestimmten individuellen Schwellenwert (20-30% der individuellen Maximalbelastbarkeit), dann werden positive Anpassungserscheinungen nicht ausgelöst. Adaptationen werden also erst durch ein quantitatives und qualitatives Belastungsminimum in Gang gesetzt. Belastung, Ermüdung und Erholung dürfen nicht als getrennte Phänomene des Trainings angesehen werden, sondern sie bilden ein fein aufeinander abzustimmendes Wirkungsgefüge.



Modell der Überkompensation (Superkompensation)



Das Übertrainingssyndrom stellt nach wie vor eine sportmedizinische Herausforderung dar

Es handelt sich um eine Ausschlussdiagnose bei trotz Regeneration mindestens ca. zwei Wochen anhaltendem Leistungsabfall ohne nachweisbare organisch krankhafte Ursache. Warnsymptome sind eine Verschlechterung der Leistungsfähigkeit bzw. der Technik mit verzögerter Erholung im Training und das Auftreten von Befindlichkeitsstörungen wie das Gefühl einer schweren Arbeitsmuskulatur und Schlafstörungen.

Die submaximale ergometrische Leistungsfähigkeit ist unverändert, die maximale Kurzzeitausdauerleistung in den meisten Sportarten erniedrigt. Die Bestimmung von Blutparametern unter Ruhebedingungen lässt die Diagnose eines Übertrainingssyndroms nicht zu.

Das Übertrainingssyndrom (ÜTS; engl. "overtraining syndrome", "staleness") ist charakterisiert durch einen Abfall der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit trotz weitergeführtem oder sogar intensiviertem Training mit teilweise ausgeprägten Befindlichkeitsstörungen, der auch nach einer verlängerten Regenerationsphase von (willkürlich festgelegten) 2 bis 3 Wochen noch nachweisbar ist. Bei einer kürzeren Dauer spricht man eher von einem Überlastungszustand (engl. "overreaching"). "Übertraining" bezeichnet eigentlich nur den überlastenden Trainingsprozess per se....

Häufigste Ursache für einen Überlastungszustand sind über einen längeren Zeitraum wiederholt absolvierte hohe Trainingsintensitäten, insbesondere im anaerob-laktaziden oder hochintensiven Ausdauerbereich, hohe, innerhalb kurzer Zeit angestiegene Trainingsumfänge oder zu häufige Wettkämpfe. Nicht selten liegt auch eine zu hohe Intensität (evtl. auch Dauer) des zwischen den einzelnen Belastungsreizen liegenden regenerativ geplanten Trainings vor: Ständige monotone Belastungen sind problematischer als hohe Reizspitzen mit jeweils konsequenter Erholung.

Häufig sind zusätzliche, bei der Trainings- und Wettkampfplanung unberücksichtigte, Stressfaktoren von wesentlicher Bedeutung. Hierzu gehören Prüfungssituationen, Beziehungsprobleme, ständige Engpässe im täglichen Zeitmanagement, zu schnelle Wiederaufnahme des gewohnten Trainings nach Infekten, ungenügende Regeneration in der Woche nach Trainingslagern mit hohen Belastungsumfängen, einseitige Ernährung mit ungenügender Nährstoffdichte oder eine unzureichende Höhenadaptation (oftmals zu intensives Training in der ersten Woche). Obwohl das ÜTS nach wie vor eine der gefürchtetsten "Erkrankungen" (besser "Funktionsstörung") des Leistungssportlers darstellt, existiert bis heute kein etabliertes Diagnoseschema. Insgesamt handelt es sich um ein komplexes multifaktorielles Geschehen mit unterschiedlichen Stadien und teilweise auch unterschiedlichen Symptomen in den verschiedenen Sportarten (ausdauer- oder kraftbetont).

Typischerweise wird über ein Gefühl einer schweren Arbeitsmuskulatur ("schwere Beine" bei Radfahrern, Triathleten und Läufern) geklagt, das bereits bei ungewöhnlich niedrigen Belastungsintensitäten im Training, aber auch bei Alltagsbelastungen auftreten kann. Weitere häufige Beschwerden sind chronische Müdigkeit und Schlafstörungen.

Belastungsmerkmale

(Belastungskomponenten, Belastungsnormative)

Belastungen erzeugen einen Reiz, der zu mehr oder minder effektiven Anpassungserscheinungen des Organismus führt.

Mit den Belastungsmerkmalen beschreibt man die Struktur eines Trainingsprozesses,

d.h. es wird deutlich, wie **intensiv**, wie **umfangreich** und mit welchen **Pausen** trainiert wird.

Belastungsintensität	Anstrengungsgrad; Art und Weise der Ausführung	Beschreibungsgrößen/-merkmale Geschwindigkeiten in Zeit, Herzfrequenzen, Laktatwerte im Blut; kg, Watt, Prozentwert zur Bestmarke weitere Beschreibungsmöglichkeit: maximal, submaximal, gering
Belastungsumfang	Gesamtumfang der Belastungen	km, kg; Anzahl der Wiederholungen; Stunden, Minuten
Belastungsdauer	Zeit der Belastungseinwirkung einer Übung (Übungsfolgesfolge)	Sek., Minuten, Stunden
Belastungsdichte	zeitliche Aufeinanderfolge von Belastungen; Verhältnis von Belastung und Erholung	Zeitintervalle zwischen den Einzelbelastungen; Verhältnis von Belastungs- und Erholungszeit

Die Trainingshäufigkeit

ist bestimmt durch die Anzahl der wöchentlichen Trainingseinheiten (oder bezogen auf einen Mikrozyklus von 7-10 Tagen)

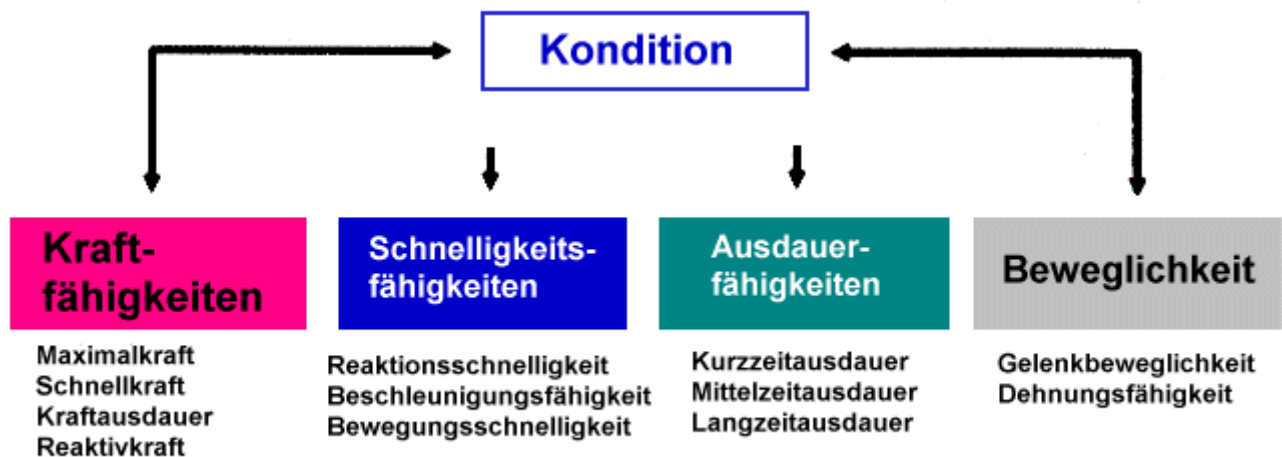
Diese Belastungsmerkmale kennzeichnen jeden Trainingsprozess und sollten deshalb zur genaueren Kennzeichnung angegeben werden. Sie müssen auf die verschiedenen Aspekte der Konditionsentwicklung bezogen werden.

Grundbegriffe des Trainings

Training umfasst alle Maßnahmen zur Steigerung und Stabilisierung der sportlichen Leistung.

Aus biologischer Sicht bedeutet Training die Anpassung des Körpers bzgl.

► Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit und Beweglichkeit



Was ist Ausdauer ?

Ausdauer ist die Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei langandauernden Belastungen.

Da wir aber Ausdauerleistungen in den verschiedensten Formen vollbringen, bietet sich eine Unterscheidung in verschiedene Ausdauerleistungsfähigkeiten an.

Grundlagenausdauer - Allgemeine Ausdauer

Spezifische Ausdauerfähigkeit bei langandauernden Belastungen
in ► aerober Stoffwechsellage.

Sie ist auch die Grundlage für umfangreiche Trainings- und Wettkampfbelastungen.

Spezielle Ausdauer

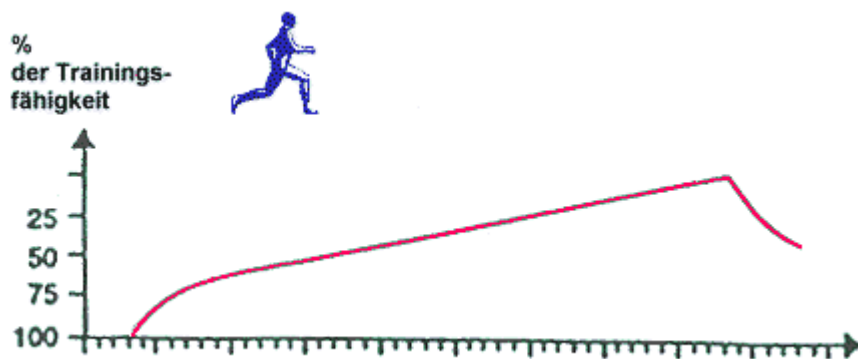
sportart- und wettkampfspezifische Leistungsfähigkeit

Aerobe Ausdauer :
 die energieliefernden Stoffwechselprozesse laufen mit Sauerstoff ab

Anaerobe Ausdauer:
 die energieliefernden Stoffwechselprozesse laufen ohne Sauerstoff ab

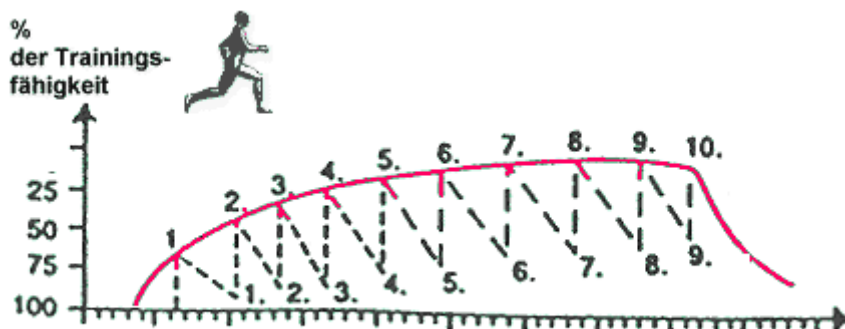
Trainingsmethoden im Ausdauertraining – Übersicht

Diese Übersicht bezieht sich auf ein Leistungstraining. Die angegebenen Werte sind als grobe Richtwerte zu verstehen.
 Entscheidend ist die trainingsmethodische Systematik.



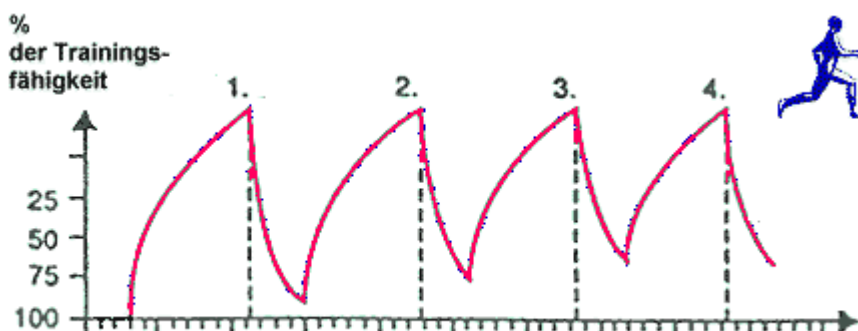
Dauermethode

Belastungsintensität - im Bereich der aeroben Schwelle
Pause - keine
Belastungsumfang - sehr groß
Belastungsdauer - 30 Min.-2Std.



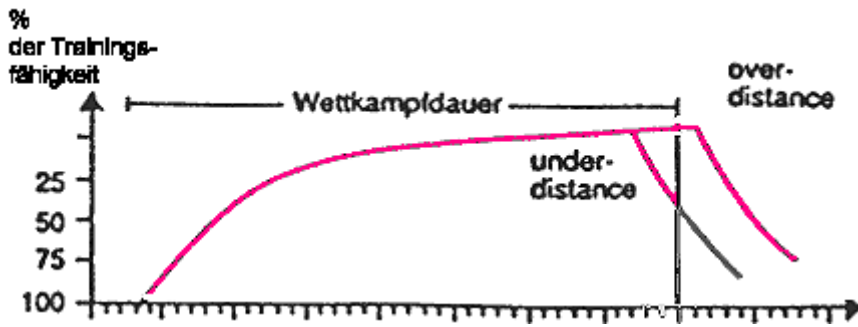
Intervallmethode

Belastungsintensität - 60-80%
Pause - "lohnendePause"
Belastungsumfang - Mittel
Belastungsdauer - kurz bis mittel



Wiederholungsmethode

Belastungsintensität - 90-100%
Pause - vollständig
Belastungsumfang - gering
Belastungsdauer - kurz-mittel



Wettkampfmethode

Belastungsintensität - 95-100%

Pause-keine

Belastungsumfang -gering bis mittel

Belastungsdauer -mittel-lang

Dauermethode

länger andauernde Belastung ohne Unterbrechung

- mit konstanter Intensität

Belastung

- Intensität gering bis mittel (extensiv); Belastungsdauer bis zu mehreren Stunden möglich; aerobe Beanspruchung
 - Intensität hoch (intensiv); Belastungsdauer etwa bis 45 min; aerob-anaerobe Beanspruchung

Grundlagenausdauer; Belastungsverträglichkeit/aerobe Leistungsfähigkeit; Ökonomisierung; Muskelfaserveränderungen (Myofibrillen); Fettstoffwechsel/Monotonieverträglichkeit; Grundlagenausdauer; Kraftausdauer; Langzeitausdauer; Belastungsverträglichkeit für intensivere Anforderungen; Ökonomisierung im aerob-anaeroben Funktionsbereich

- mit wechselnder Intensität (Wechselmethode)

bei ständigem Verbleib im trainingswirksamen Bereich wechselt die Intensität planmäßig oder geländebedingt zwischen gering bis hoch

Glykogenstoffwechsel; Muskelfaserveränderungen; Durchhalte- und Konzentrationsfähigkeit; Wirkung von Dauermethoden/Umstellungsfähigkeit (physiologisch/psychisch)/Erholungsfähigkeit

Intervallmethode

Wechsel zwischen relativ kurzen Belastungs- und Entlastungsphasen; Intervalle nur zur bedingten (unvollständigen) Erholung

- Intensität gering bis mittel (extensiv)/Belastungsdauer bis ca. 10 min und großer Gesamtumfang; aerobe Beanspruchung
 - Intensität hoch, aber nicht maximal (intensiv); Belastungsdauer zumeist bis etwa 60 s; aerob-anaerobe Beanspruchung

Grundlagenausdauer; Kraftausdauer; Belastungsverträglichkeit; aerobe Leistungsfähigkeit; STF/ Umstellungsfähigkeit und Mobilisierungsfähigkeit; Grundlagenausdauer und Kraftausdauer im aerob-anaeroben Funktionsbereich/aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit; Laktatverträglichkeit; Herzvolumenvergrößerung

Wiederholungsmethode

Wechsel zwischen sehr intensiven, relativ kurzen Belastungsphasen und lang dauernden Erholungsphasen; geringer Gesamtumfang

wettkampfspezifische Intensität; Belastungsdauer im Unterdistanzbereich der Kurz- und Mittelzeitdisziplinen bzw. Überdistanz im Sprint; anaerobe Beanspruchung

wettkampfspezifische Ausdauer; Schnellkraftausdauer; Kapazität und Leistungsfähigkeit/Laktattoleranz; Kompensationsfähigkeit; FTF/ Mobilisations- und Erholungsfähigkeit unter anaeroben Bedingungen

Wettkampfmethode

einmalige, seltener mehrfache Belastung mit höchstem Einsatz und wettkampftypischem Verhalten/Trainingswettkämpfe;

Wettkampfdistanz;
Unterwettkampfdistanz;
Überwettkampfdistanz;
mit Trainingspartner/ Gegner und ggf. sporttechnischer und taktischer Aufgabenstellung

komplexe Leistungsfähigkeit; Entwicklung wettkampfspezifischer Ausprägung
Beziehungen zwischen allen Leistungsvoraussetzungen

Trainingsmethoden im Ausdauertraining

- **Belastungsintensität**
- **Belastungsdichte**
- **Belastungsumfang**
- Belastungsdauer
- Trainingshäufigkeit

Die Trainingsmethoden zur Gestaltung einzelner Trainingseinheiten unterscheiden sich also durch die unterschiedliche Gewichtung von Intensität, Umfang und Dichte und Dauer.

Als Haupttrainingsmethoden gelten die **Dauermethode**, die **Intervallmethode** und die **Wiederholungsmethode**.

Hinzu kommt noch die **Wettkampfmethode**.

Dauermethoden

Dauermethoden sind gekennzeichnet durch lange gleichmäßige Ausdauerbelastungen ohne Pausen.

Dauermethoden sind also maximal dicht und umfangsbetont; die Intensität variiert je nach Zielsetzung der Trainingseinheit zwischen "sehr gering" und "Wettkampftempo". (In diesem Zusammenhang wird auch von extensiver und intensiver Dauermethode gesprochen).

Im Vordergrund steht die Verbesserung der **aeroben Kapazität**, die vorzüglich durch die maximale Sauerstoffaufnahme charakterisiert ist.

Abhängig von der gewählten Dauermethode werden unterschiedliche Effekte erzielt. Die Unterschiede der einzelnen Dauermethoden sind im folgenden kurz dargestellt. Wenn insbesondere extensiv trainiert wird, d.h. mit hohem Trainingsumfang und niedriger Intensität, werden im Bereich des Fettstoffwechsels adaptative physiologische Wirkungen erzielt. Bei der extensiven, kontinuierlichen Dauermethode stehen vornehmlich folgende Trainingswirkungen im Vordergrund: Die Ökonomisierung der Herz-Kreislauf-Arbeit, Verbesserung der Fettverbrennung und die Verbesserung der peripheren Durchblutung.

Neben der gleichmäßigen Dauerbelastung sind auch Varianten möglich.

Bei der Tempowechselmethode wird die Intensität planmäßig variiert.

Beim sog. **Fahrtspiel** wird die Intensität spielerisch von niedrig bis maximal variiert.

(Der Unterschied zur Intervallmethode ist dabei fließend).

Intervallmethoden

Intervallmethoden zeichnen sich - im Unterschied zu den Dauermethoden dadurch aus, dass der Trainingsablauf von Pausen unterbrochen wird.

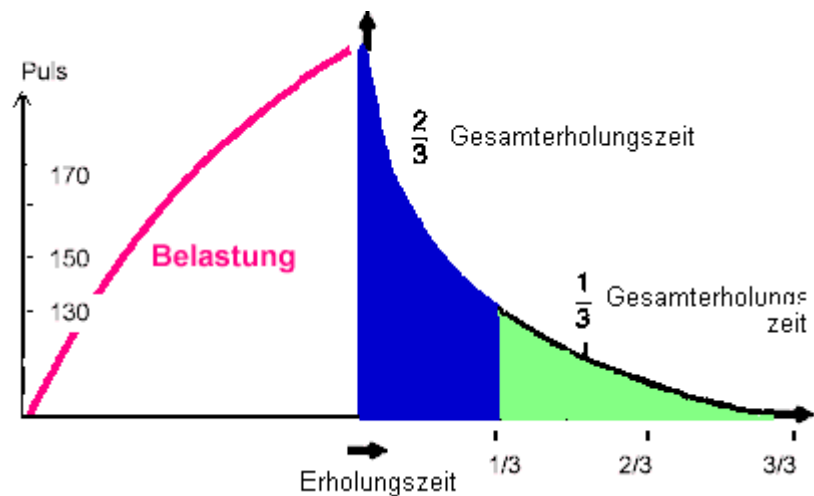
Die Pausen werden im Intervalltraining so gewählt, dass sie nicht zur vollständigen Erholung führen. Die Pausenlänge ist vielmehr so zu gestalten, dass die nächste Belastung dann folgt, wenn man sich eine gleiche Belastung gerade eben wieder zutraut.

Man nennt solche Pausen **lohnende Pausen**, weil der Körper zu dem genannten Zeitpunkt den wesentlichen Anteil der Erholung nach der vorangegangenen Belastung geschafft hat.

Werden unter einer Intervallmethode Übungen aus dem Ausdauerspektrum durchgeführt, kann die Länge der lohnenden Pause über die Herzfrequenz gesteuert werden. Es ist jedoch nicht möglich, einen für alle Personen gültigen universellen Herzfrequenzwert anzugeben, der das Ende der lohnenden Pause anzeigt, weil das Herzfrequenzverhalten abhängig vom Trainingszustand, der Veranlagung und dem Alter individuell verschieden ist. Bei der lohnenden Pause erholt sich der Körper im ersten Drittel der Erholungszeit etwa zu zwei Dritteln. Bei der unvollständigen Erholung wird nur dieses erste Drittel genutzt, man bezeichnet dies als lohnende Pause.

Oft wird eine [Herzfrequenz](#) von 120 Schlägen pro Minute angegeben, die den richtigen Zeitpunkt zur Wiederaufnahme der Belastung anzeigen soll, dies ist jedoch von individuellen Faktoren abhängig und nur als grober Richtwert zu verstehen.

Der individuell passende Wert ist von jedem Sportler gemäß seinen Erfahrungen zu bestimmen.



Die Wiederholungsmethode

Die Wiederholungsmethode ist eine Trainingsform, bei der mit sehr hohen Intensitäten(90-100%) trainiert wird.

Dies ist nur durch lange und vollständige Pausen möglich.

Im Mittelpunkt der Trainingswirkungen steht dabei die aerob-anaerobe Energiebereitstellung

Die Wettkampfmethode

Sie wird in Form von Trainings- und Aufbauwettkämpfen angewandt.

Sie ist durch eine einmalige Belastung mit höchster Intensität gekennzeichnet.

Es werden also wettkampfgemäße Funktionszustände des Organismus angestrebt,

Ausdauertraining – Herzfrequenzberechnung

Die Berechnung erfolgt nach der [Karvonen Formel](#):

"Max. Herzfrequenz minus Ruheherzfrequenz, multipliziert mit 0,6 (intensiv 0,75) plus Ruheherzfrequenz"

$$(\text{max HF} - \text{Ruhe-HF}) \times 0,6 (0,75) + \text{Ruhe-HF}$$

Die maximale Herzfrequenz nimmt mit dem Alter ab.

Von ca. 220 Schlägen/Min. im Kindesalter bis ca. 160 Schläge/Min. im Alter von 60.

Wenig trainierte Erwachsene haben eine Ruhe-Herzfrequenz von ca.72 Schlägen/Min.

Trainierte Ausdauersportler können eine Ruhe-Herzfrequenz von 40 oder weniger Schlägen haben.

Bitte beachten:

Bei den errechneten Werten handelt es sich lediglich um grobe Richtwerte.

Ausdauertraining nach der [Dauer Methode](#) sollte sich im mittleren Intensitätsbereich bewegen

Eine zeitliche Einteilung von [Ausdauerleistungen](#) liefert folgenden Schema:

▶ [Schnelligkeitsausdauer](#):

Spezielle Ausdauerfähigkeit für zyklische Disziplinen mit einer Wettkampfdauer bis ca.30/35 sec

▶ [Kurzeit ausdauer](#)

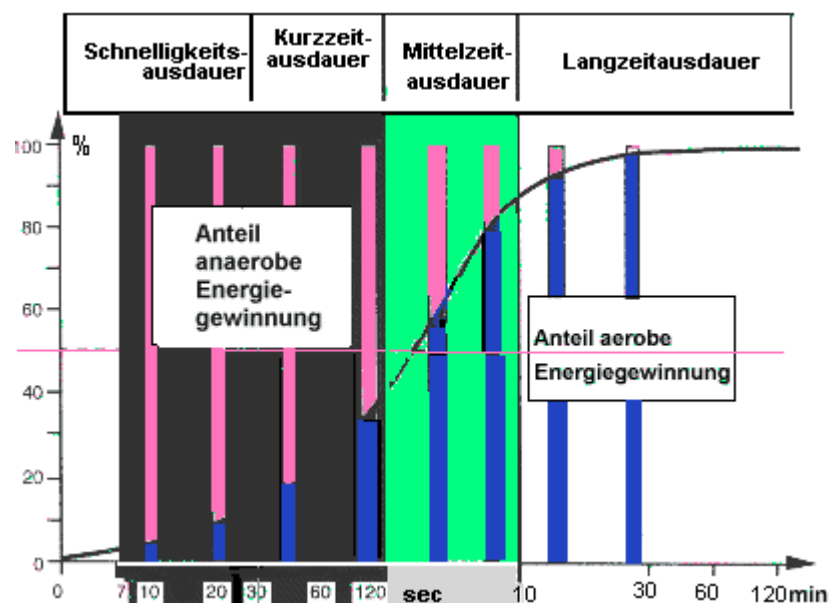
35 Sekunden bis 2 Minuten

▶ [Mittelzeit ausdauer](#)

2 bis 10 Minuten

▶ [Langzeit ausdauer](#)

10 Minuten bis mehrere Stunden



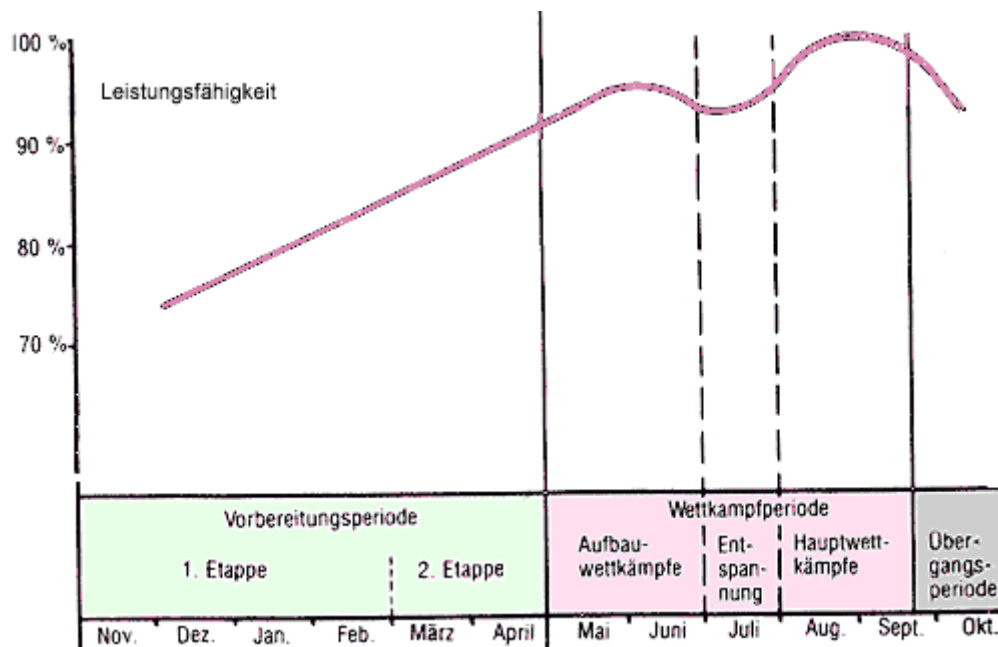
Prinzip der Periodisierung und Zyklisierung

Das Ganzjahrestraining muss jedoch planmäßig aufgebaut sein, damit ein hoher Leistungszuwachs erzielt wird und bei denwichtigsten Wettkämpfen die höchste Leistungsfähigkeit erreicht wird

In der Praxis zählen zur Periodisierung folgende Abschnitte eines Jahres:

- **Vorbereitungsperiode(n)**
- **Wettkampfperiode (n),**
- **Übergangsperiode (n)**

Ein Sportler kann nicht ganzjährig im Hochleistungszustand sein, da er sich damit im Grenzbereich seiner individuellen Belastbarkeit befindet. Sehr leicht ist damit die Gefahr verbunden, daß die anabole (= aufbauende Stoffwechsellage) Gesamtsituation in eine katabole (= abbauende) übergeht. Aus biologischen Gründen ist also ein Belastungswechsel notwendig. Der Phasencharakter des Adaptationsverlaufs mit Steigerungs-, Stabilisierungs- und Reduktionsphasen verlangt sowohl langfristig nach Einteilung des Trainingsjahres in aufbauende, stabilisierende und reduzierende Belastungsperioden (Vorbereitungs-, Wettkampf-, Übergangsperiode) als auch mittelfristig im Rahmen der Mesozyklen einen Wechsel von belastungssteigernden, belastungserhaltenden und belastungsreduzierenden Mikrozyklen. Dadurch können einerseits Belastungsüberforderungen vermieden und andererseits höhere Leistungsspitzen zu bestimmten Zeiten erreicht werden.



Beispiel für eine Jahresperiodisierung. Dabei wird hier nur ein Leistungsgipfel (Wettkampfperiode) erreicht.

In vielen Sportarten müssen zwei oder mehrere Leistungsgipfel erreicht werden.

Prinzip der Variation der Trainingsbelastung

Gleichartige Trainingsreize über einen längeren Zeitraum können zu einer Stagnation führen. Durch Veränderung des Belastungsreizes kann dies verhindert werden. Diese Variation der Belastungsreize kann sich im Training nicht nur auf Intensitätsänderungen, sondern vor allem auf den Wechsel von Trainingsinhalten, der Bewegungsdynamik, der Pausengestaltung, also auch der Trainingsmethoden zu beziehen.

"Sie stellen für den angesprochenen Bereich (vegetatives Nervensystem) eine Unterbrechung der Belastungsmonotonie dar und verursachen als ungewohnte Belastungsreize weitere ► Homöostasestörungen mit nachfolgenden Anpassungen.

Das Prinzip der Variation spielt eine wesentliche Rolle im Hochleistungstraining, weil dort im Zuge der Spezialisierung die Variation der Belastungskomponenten, -inhalte und -methoden von vornherein nicht mehr gegeben ist, das Eintreten von Leistungsbarrieren andererseits geradezu nach Variation des Trainings verlangt. Die Änderung ist dann im Rahmen eines vorgegebenen Intensitätsbereichs möglich und auch wirksam."

Prinzip der Wiederholung und Dauerhaftigkeit (Kontinuität)

Ein einmaliges Training löst noch keine erkennbaren Anpassungen aus. Zum Erreichen einer optimalen Anpassung ist es notwendig, mehrfach die Belastung zu wiederholen, da für eine stabile Anpassung der Organismus zunächst eine Reihe von akuten Umstellungen einzelner Funktionssysteme durchlaufen muss.

Die endgültige Adaptation ist erst erreicht, wenn über die Anreicherung von Substraten (= energiereiche Stoffe) hinaus auch in anderen Funktionssystemen (z. B. Enzymsystem, Hormonsystem) Umstellungen erfolgten, und vor allem auch das Zentralnervensystem als die Führungsinstanz von Bewegungsleistungen sich angepasst hat.

Es ist bekannt, dass sich die metabolischen und auch enzymatischen Umstellungsvorgänge relativ schnell vollziehen (2-3 Wochen) und für strukturelle (morphologische) Änderungen längere Zeitspannen (mindestens 4-6 Wochen) anzusetzen sind. Die steuernden und regelnden Strukturen des Zentralnervensystems benötigen die längste Anpassungszeit (Monate).

Bleiben regelmäßige und dauerhafte Belastungsreize aus, so stellt sich eine Rückbildung der funktionellen und morphologischen Umstellungen ein (Deadaptation).

Bei bereits vollzogener Anpassung kommt es damit zu einem Stabilitätsverlust des Steuer- und Regelsystems.