

ERMÜDUNG, ÜBERTRAINING, ERHOLUNG & WIEDERHERSTELLUNG

Lerninhalte:

- Grundlagen der Ermüdung
- Auslöser und Folgen der Ermüdung
- Überbeanspruchung und Übertraining
- Grundlagen zu Erholung und Wiederherstellung
- Zeitlicher Verlauf der Wiederherstellung und Konsequenzen für die Trainingsplanung
- Maßnahmen zur beschleunigten Wiederherstellung

1. Lerneinheit:

Ermüdung, Überbeanspruchung und Übertraining

Sowohl bei körperlicher als auch geistiger Beanspruchung kommt es in mehr oder weniger ausgeprägter Form zur **Ermüdung** oder sogar zur **Erschöpfung**.

Im Gegensatz zur Erschöpfung ermöglicht die Ermüdung jedoch noch eine Fortsetzung der jeweiligen Belastung, allerdings verbunden mit Leistungseinbußen.

Werden ermüdende sportliche Belastungen ohne ausreichende Erholung über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten, kann es im Organismus zu verschiedenen Formen der **Überbelastung** sowie zum so genannten **Übertraining** kommen.

1.1 Ermüdung

Grundsätzlich lässt sich die Ermüdung als eine vorübergehende (reversible) Herabsetzung der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit definieren.

Die Ermüdung kann als ein **Schutzmechanismus** verstanden werden, der die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit des Körpers gewährleisten soll.

Im Trainingsprozess stellt die Ermüdung nach sportlicher Belastung zusammen mit der anschließenden Erholungsphase eine wichtige Voraussetzung für **Anpassungsprozesse** und Leistungssteigerungen dar.

Prinzipiell unterscheidet man zwischen **peripherer** (muskulärer) und **zentraler** Ermüdung (zentrales Nervensystem).

Beide Formen der Ermüdung sind nicht immer trennbar, da sie sich gegenseitig beeinflussen. Sie können aber auch unabhängig voneinander auftreten.

Die **periphere Ermüdung** beschreibt Leistungs- und Funktionseinbußen auf der Ebene der Muskelaktivität. Sie wird maßgeblich von der Intensität und dem Umfang der muskulären Belastung bestimmt und tritt meist als subjektive Empfindung auf, noch bevor die tatsächlichen Leistungs- oder Kapazitätsgrenzen erreicht sind.

Als Auslöser für die periphere Ermüdung gelten vor allem:

- die Abnahme der muskulären Energiereserven (z.B. Glykogen, Kreatinphosphat)
- die Anhäufung von Stoffwechselzwischen- und -endprodukten (z.B. ADP, Phosphatreste, Laktat, H⁺-Ionen)

- Elektrolytverluste oder -verschiebungen (z.B. Na, Ka, Mg)
- Veränderungen in der Transmitterfreisetzung (z.B. Acetylcholin)

Sicht- bzw. spürbare Leistungs- und Funktionseinschränkungen sind u.a.

- Abnahme der maximalen Kraftentwicklung
- Reduzierte Kontraktionsgeschwindigkeit
- Veränderungen in der Ansteuerung motorischer Einheiten
- Erschwerte Kraftdosierung
- Muskelschmerzen

Die **zentrale Ermüdung** beschreibt den Leistungsabfall im Bereich der verschiedenen Funktionseinheiten des zentralen Nervensystems. Dabei sind aus sportlicher Sicht besonders die Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung und -weiterleitung entscheidend.

Längerdauernde komplexe, (über)fordernde Reizsituationen, z.B. hohe Konzentrationsleistungen bei koordinativ anspruchsvollen Bewegungsabläufen führen verstärkt zu zentralen Ermüdungserscheinungen. Ebenso können auch längerdauernde monotone, unterfordernde Reizsituationen zu zentralen Leistungsminderungen führen.

Sicht- bzw. spürbare Leistungs- und Funktionseinschränkungen sind v.a.:

- Abnahme der koordinativen Leistungsfähigkeit
- Leistungseinbußen der Wahrnehmungsfähigkeit (z.B. Sehen und Hören)
- Reduktion von Aufmerksamkeit und Konzentration
- Verlängerte Reaktionszeiten
- Nachlassende Motivation

Die Leistungsveränderungen bei peripherer und zentraler Ermüdung können kurzfristig während oder nach der Belastung oder bei fehlenden Erholungszeiten längerfristig wirksam sein.



1.2 Überbeanspruchung und Übertraining

Ermüdung dient der kurz- und längerfristigen Vermeidung einer Überbelastung des Organismus oder seiner Teilsysteme.

Wird einer Ermüdung jedoch **keine adäquate Erholung** gegenübergestellt, können sich die Ermüdungseffekte summieren und zu einer **chronischen Überbeanspruchung** führen. Dies kann sowohl **lokal** an besonders belasteten Körperstrukturen geschehen (z.B. Muskelverhärtungen, entzündete Sehnenansätze, Ermüdungsbrüche) oder **allgemein**, d.h. den gesamten Organismus betreffen.

Die **allgemeine** chronische Überbeanspruchung wird als **Übertraining** bezeichnet und führt zu einem Leistungsabfall, der trotz Erholungsmaßnahmen über Wochen bis sogar Monate anhalten kann.

Neben zu hartem Training und nicht ausreichenden Erholungszeiten spielen häufig auch berufliche und private Stressfaktoren, Schlafmangel, Fehlernährung und andere Störgrößen bei der Auslösung eines Übertrainings eine wichtige Rolle.

Bei der Trainings- und Wettkampfgestaltung können u.a. folgende Auslösefaktoren für das Auftreten eines Übertrainings verantwortlich gemacht werden:

- zu schnelle Steigerung von Trainingsintensität und -volumen
- zu starker Fokus auf die Technikschiulung koordinativ schwieriger Bewegungsabläufe
- zu viele, zu belastende Wettkämpfe

Das Übertraining kommt in verschiedenen Schweregraden vor und lässt sich in zwei Typen unterteilen: das **sympathikotone Übertraining**, bei dem es eher zu Erregungszuständen und innerer Unruhe kommt, sowie das **parasympathikotone Übertraining**, bei dem Abgeschlagenheit und gedrückte Stimmung vorherrscht. Tab. 8 gibt einen Überblick über die verschiedenen Symptome.

Das sympathikotone Übertraining lässt sich durch entsprechende Erholungsmaßnahmen innerhalb von 1 bis 2 Wochen vollständig beheben, das parasympathikotone benötigt hingegen Wochen und Monate.

SYMPATHIKOTONES ÜBERTRAINING

- **Verminderte Leistungsfähigkeit**
- Ruhelosigkeit, Gereiztheit
- Schlafstörungen
- Erhöhte Ruheherzfrequenz
- Erhöhter Blutdruck in Ruhe
- Verzögerte Erholung
- Angespannte Körperhaltung
- Herabgesetzter Laktatwert

PARASYMPATHIKOTONES ÜBERTRAINING

- **Verminderte Leistungsfähigkeit**
- Müdigkeit, Depression
- Normales Schlafverhalten
- Niedrige Ruheherzfrequenz
- Niedriger Blutdruck in Ruhe
- Schneller Rückgang der HF nach Belastung
- Herabgesetzter Belastungslaktatwert und max. Laktatwert

Tab. 8: Symptome des sympathischen und parasympathischen Übertrainings (verändert nach Israel in Weineck 2010, 782)

2. Lerneinheit:

Erholung und Regeneration

2.1 Die Bedeutung ausreichender Erholung für die Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden

Körperliche und geistige Beanspruchungen stehen in einer engen Beziehung mit den Prozessen der Wiederherstellung. Sowohl der Trainingsfortschritt und Wettkampferfolg als auch das körperliche und psychische Wohlbefinden sind von einem ausreichenden Erholungszustand abhängig.

Die Begriffe **Erholung**, **Regeneration** und **Wiederherstellung** werden dabei meist synonym verwendet, wobei Regeneration/Wiederherstellung den **Prozess**, Erholung dagegen den **Zustand** der **Wiedererlangung des ursprünglichen oder sogar gesteigerten Leistungs- und Funktionszustands** nach körperlicher Belastung umfasst.

2.2 Wiederherstellungszeiten und Konsequenzen für den Trainingsalltag

Je nach Art und Ausmaß der vorangegangenen Belastung, aber auch je nach betroffenem biologischem System gibt es große Unterschiede, was die **Zeiträume der Wiederherstellung** betrifft. Wie Tab. 9 anhand einer erschöpfenden Ausbelastung zeigt, kann sich die Regeneration teils über Tage und Wochen ziehen.

Für den Trainingsprozess und die Wettkampfplanung ist es daher wichtig, die Bedeutung der verschiedenen regenerierenden Funktionssysteme für die sportliche Leistungsfähigkeit und die weitere physische und psychische Belastungsverträglichkeit abzuwägen.

Die entsprechenden Trainings- und Wiederherstellungszeiten und -maßnahmen

sollten sich nach der Beanspruchung des Organismus sowie der psychischen Verfassung richten und einer Überforderung mit der **Gefahr eines Übertrainings** zuvorkommen.

MINDESTZEITBEDARF FÜR DIE WIEDERHERSTELLUNG

Im Trainings- und Wettkampfprozess kann häufig nicht auf eine vollständige Wiederherstellung in allen Funktionssystemen gewartet werden, weswegen sich eine pragmatische Herangehensweise anbietet: wie Tab. 10 zeigt, wird im Training häufig bereits bei **unvollständiger** oder **fast vollständiger** Wiederherstellung die nächste Trainingseinheit angesetzt. Es gilt dabei jedoch zu beachten, dass besonders

ZEIT	FUNKTIONELLES SYSTEM
4-6 min	Wiederauffüllung der muskulären Phosphatspeicher
20 min	Rückkehr der Herz-Kreislaufparameter (Hf, Blutdruck) auf Ausgangswerte
20-30 min	Normalisierung des Blutzuckerspiegels
30 min	Normalisierung des Säure-Basenhaushalts und der Laktat-Spiegel
90 min	Übergang zu einem anabolen/eiweißaufbauenden Prozess im Rahmen der Wiederherstellung
6 Std. - 1 Tag	Ausgleich im Flüssigkeitshaushalt
1 Tag	Wiederauffüllung der Glykogenspeicher der Leber
1-3 Tage	Wiederherstellung der Immunabwehr (Open window)
2-7 Tage	Auffüllung der Glykogenspeicher im Muskel nach völliger Entleerung
3-5 Tage	Wiederauffüllung der Fettspeicher im Muskel
3-10 Tage	Regeneration der geschädigten Muskeleiweiße
7-14 Tage	Regeneration der mitochondrialen Kapazität sowie der Enzyme der Energiebereitstellung
1-3 Wochen	psychische Erholung
4-6 Wochen	Abschluss der Regeneration nach einer Langzeitausbelastung (z.B. Marathon)

Tab. 9: Zeitlicher Ablauf der Regeneration nach einer erschöpfenden, hochintensiven sportlichen Wettkampfbelastung (verändert nach Neumann in Engelhardt 2016, 4)

koordinativ anspruchsvolle Trainings-schwerpunkte wie Schnelligkeits- und Techniktraining in einem vollständig erholten Zustand stattfinden sollten, während z.B. ein Grundlagenausdauertraining auch bei unvollständiger Wiederherstellung erfolgen kann.

WECHSEL DER BELASTUNGSANFORDERUNG

Um trotz erforderlicher Regenerationszeiten trainieren zu können, hat es sich besonders im Leistungssport etabliert, **die Belastung aufeinanderfolgender**

Trainingseinheiten zu wechseln, so dass möglichst erholte Funktionssysteme beansprucht werden (s. auch Prinzip der wechselnden Belastung).

So wird z.B. im Krafttraining ein so genanntes **Split-Training** durchgeführt: in einer Trainingseinheit wird jeweils nur eine Körperpartie trainiert, beispielsweise nur die Beine. In der nächsten Trainingseinheit wird zu einer anderen Körperpartie gewechselt. So kann täglich trainiert werden, während die Muskulatur trotzdem 2-3 Tage Zeit zur Erholung hat.

TRAININGS- FORM	Grundlagen- ausdauer- training I	Grundlagen- ausdauer- training II	Schnellkraft- training	Muskel- hypertrophie- training	Schnelligkeits- und Techniktraining
Vorrangiges Funktions- system	aerobe Energie- bereitstellung	aerob-anaerobe Energie- bereitstellung	anaerob- alaktazide und laktazide Energie- bereitstellung	Eiweißstoff- wechsel	neuro- muskuläres System
Unvollständige Wiederherstellung		etwa 1,5-2 Std.	etwa 2-3 Std.	etwa 2-3 Std.	etwa 2-3 Std.
Fast vollständige Wiederherstellung	etwa 12 Std.	etwa 12 Std.	etwa 12-18 Std.	etwa 18 Std.	etwa 18 Std.
Vollständige Wiederherstellung	etwa 24-36 Std.	etwa 24-48 Std.	etwa 48-72 Std.	etwa 72-84 Std.	etwa 72 Std.

Tab. 10: Mindestzeitbedarf für Wiederherstellungsprozesse vorrangig beanspruchter funktioneller Systeme des Organismus bei verschiedenen Trainingsformen (nach Grosser, Neumaier in Schnabel, Harre, Krug 2008, 229)

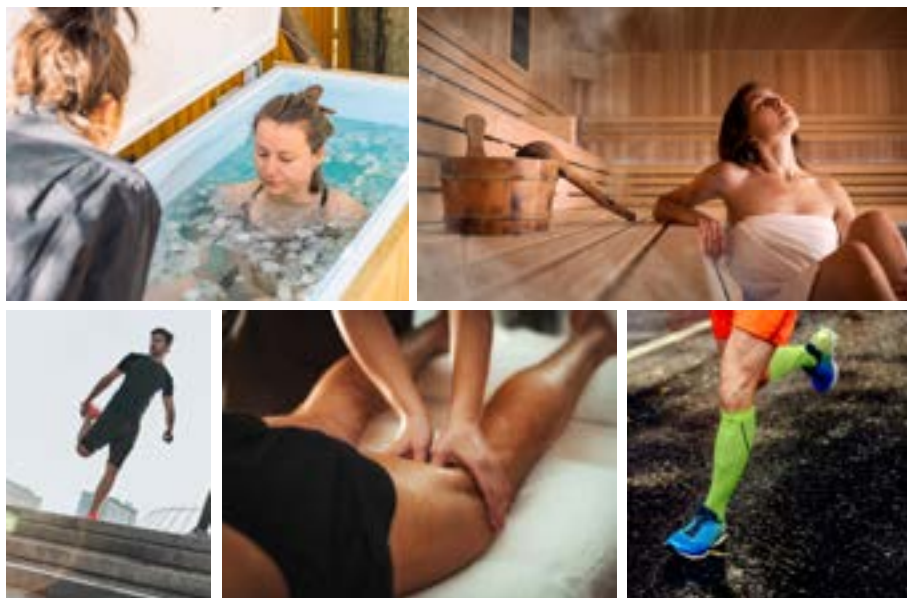
2.3 Maßnahmen zur beschleunigten Wiederherstellung

Nur durch eine beschleunigte Erholung lassen sich mehrere Trainingseinheiten pro Tag erfolgreich durchführen. Auch bei Turnieren, wie z.B. im Handball oder Tennis, ist eine rasche Wiederherstellung für die schnell aufeinanderfolgenden Spiele erforderlich.

Die rasche Wiederauffüllung der entleerten Energiespeicher, der Ersatz der Wasser- und Elektrolytverluste sowie die Bereitstellung einer ausreichenden Nährstoffmenge (z.B. Eiweiß) durch eine entsprechende **Ernährung** stehen am Beginn des Wiederherstellungsprozesses oder begleiten ihn.

Durch **aktive** Maßnahmen (**aktive Erholung**), wie z.B. Auslaufen, Lockerungsgymnastik oder Dehnen kommt es zu einer gesteigerten Durchblutung und Entspannung der zuvor beanspruchten Muskulatur und damit zu einer rascheren Regeneration.

Passive Wiederherstellungsmaßnahmen können die aktiven ergänzen und unterstützen. Entsprechende Möglichkeiten sind u.a.: Ruhelage mit entspannender Musik, Warmwasserbäder, Kälteanwendungen, Massagen, Sauna, Kompressionsbekleidung etc.



MABNAHME	Aktive Erholung	Kaltwasser-Anwendung	Sauna	Massage	Kompressions-bekleidung
Energiebereitstellung	+	+		+	+
Kreislaufsystem	+			+	
Muskulatur	+		+	+	+
Entzündungsparameter	-	+		+	+
Hormonhaushalt (Stress-/Wachstumshormon)	/-	+/-	-/+		
Neuromuskuläres System	+		+	+	+
Psyche		+	+	+	+
Akute Leistungssteigerung	+	-	-	+	

Tab. 11: Übersicht ausgewählter Regenerationsverfahren mit sportpraktischer Relevanz (verändert nach Wiewelhove, Ferrauti in Hottenrott/Seidel 2017, 429); positiver Einfluss (+), negativer Einfluss (-), kein Einfluss (keine Angabe)

Kompressionsbekleidung beispielsweise führt zu einer Steigerung des venösen Rückflusses, zu einer Beschleunigung des Laktatabbaus sowie zu einer Reduktion von Muskelschmerzen und sorgt damit für eine raschere Erholung.

Kälteapplikationen können über verschiedene Kühlmethoden (Anlegung einer Eisweste, kaltes Wannenbad, Kältekabine etc.) erfolgen.

Positive Effekte werden hauptsächlich durch die rasche Senkung der erhöhten Körpertemperatur und der abschwellenden und entzündungshemmenden Wirkung erzielt.

Bei **Wasseranwendungen** führt der hydrostatische Druck zu einem gesteigerten venösen Rückfluss, wodurch der Abbau der Ermüdungsstoffe beschleunigt wird.

2.4 Die Bedeutung des Schlafs für die Regeneration und Erholungsfähigkeit

Der Schlaf und die damit einhergehende Entspannung sind wesentlich für die Wiederherstellung des Organismus nach Belastung und mitbestimmend für die physische und geistige Leistungsfähigkeit.

Im Schlaf wird das **Wachstumshormon** – ein körpereigenes anaboles (Eiweiß aufbauendes) Hormon – ausgeschüttet, das entscheidend bei allen Regenerationsprozessen mitwirkt.

Unzureichender Schlaf führt zu Kraftlosigkeit, Tonusverlust der Muskulatur, Konzentrationsschwäche und Reizbarkeit, was sich letztlich in einer **verminderten Erholungs- und Leistungsfähigkeit** widerspiegelt. Schlafentzug beeinträchtigt alle mo-

torischen Leistungsfaktoren wie Ausdauer, Schnelligkeit, Kraft, Beweglichkeit und vor allem die koordinativen Fähigkeiten.

Eine hohe Leistungsfähigkeit ist in ausgeprägtem Maße von der Schlafqualität abhängig. Unzureichender Nachtschlaf bzw. geringe Schlafqualität (Schlafstörungen, wenig Tiefschlaf im vormitternächtlichen Zeitabschnitt) beeinträchtigen die psychophysische Leistungsfähigkeit.

Die außergewöhnliche Vitalität von Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Vergleich zu älteren Menschen ist u.a. auf ihren ausgeprägten Tag-Nacht-Rhythmus, der sich im Alter zunehmend verschlechtert, zurückzuführen.

Beachten Sie: Neben körperlicher Belastung können auch Stressoren aus dem Alltag einen negativen Einfluss auf die Wiederherstellung haben und sollten bei der Planung und Umsetzung der Erholungsphasen berücksichtigt werden.