

So kann die Superkompensation der Muskulatur, bei einer Beschädigung des kontraktilen Apparates 3-8 Tage dauern. Sehnen oder gar Knorpel sind bradytropher (stoffwechselärmer). Die Zeit bis zum Einsetzen der Superkompensation ist dadurch deutlich länger, da die Anpassung der Strukturen mehr Zeit erfordert.

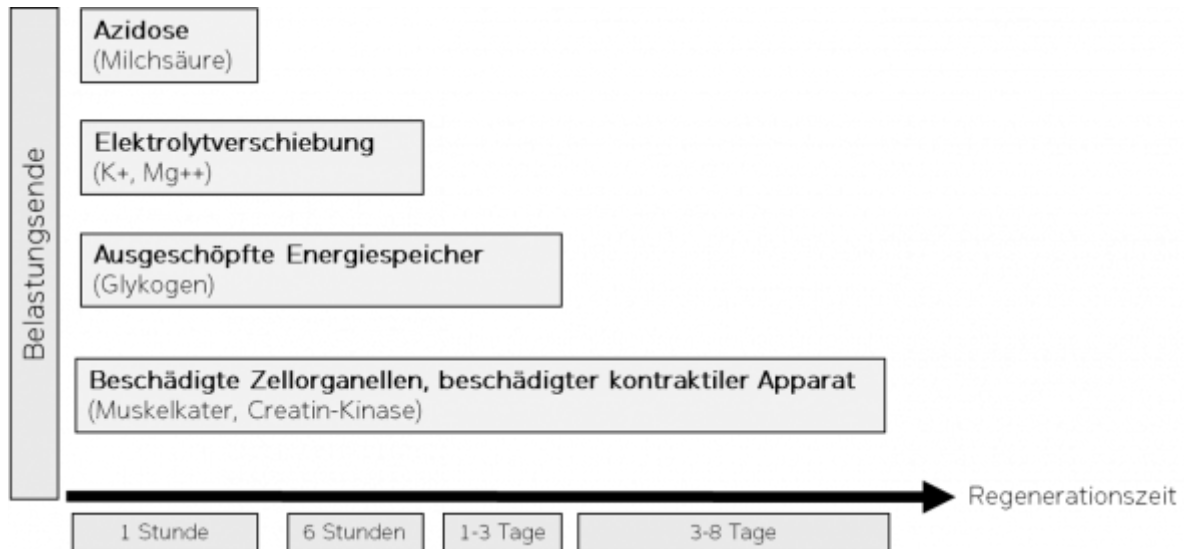


Abbildung 49: Superkompensation verschiedener Organe und Systeme - modifiziert nach Weineck J (2000). Optimales Training. Nürnberg: Spitta.

In der Darstellung ist zu erkennen, dass sich „Laktat- und Ionenhaushalt“ relativ schnell regenerieren. Die häufig zu hörenden Empfehlungen, zwischen zwei Trainingseinheiten mindestens 24 Stunden, aber nicht mehr als 3 Tage verstreichen zu lassen, spiegelt sich in den energetischen Bedingungen im Körper wider und bietet für den Amateurbereich eine akzeptable Orientierung. Entstandene Mikroverletzungen der Muskulatur dagegen erfordern bereits so lange Erholungsintervalle, die einen bestehenden Trainingsplan möglicherweise „über den Haufen werfen“.

Voraussetzung für die Superkompensation

Eine Superkompensation wird nur dann erreicht, wenn eine kritische Reizschwelle überschritten wird (Reizschwellengesetz).

Unterschwellige Reize bleiben wirkungslos bzw. führen sogar zu einer Senkung des Leistungsniveaus oder zur Atrophie von Gewebe.

Leicht überschwellige Reize dienen der Erhaltung des aktuellen Funktionsniveaus.

Überschwellige, mittlere bis starke Reize, lösen physiologische und anatomische Veränderungen aus.

Zu starke Reize können die Funktion beeinträchtigen und den Organismus oder die jeweilige Struktur schädigen.

Leistungssteigerung durch Superkompensation

Es wird deutlich, dass der Zeitpunkt aufeinanderfolgender Trainingsreize ein entscheidender Faktor für die Trainingseffizienz darstellt. Deutlich zu früh oder zu spät gesetzte Reize bzw. zu kurze oder zu lange Regenerationspausen können, unabhängig von anderen Einflussfaktoren, der Grund für einen Leistungsrückgang oder eine Leistungstagnation sein. Bei unbefriedigenden Trainingswirkungen, trotz vermeintlich hinreichender Belastungen, sollte ein Training deshalb u. a. bezüglich seiner zeitlichen Gestaltung hinterfragt werden.

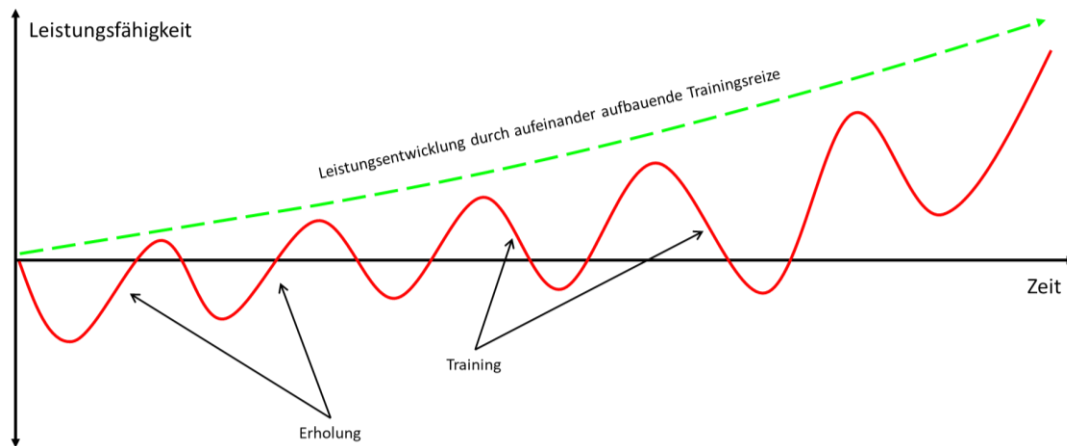


Abbildung 50: Längerfristige Trainingswirkung bzw. Aufsummierung von Superkompensationen

Ausbleiben der Superkompensation

Durch ein Fehltraining kann die Superkompensation ausbleiben. Wird der Trainingsreiz zu früh gesetzt und die Regenerationszeit zu knapp bemessen, gelingt es dem Körper nicht, die überschüssige Anpassungsreaktion zu erreichen. Wird dieses Fehltraining über einen längeren Zeitraum betrieben, können negative Effekte wie ein Übertraining eintreten.

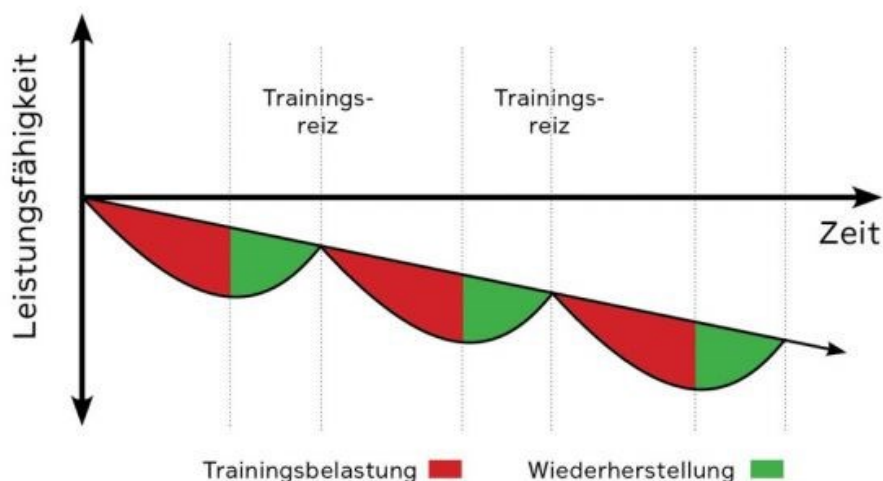


Abbildung 51: Schematische Darstellung der negativen Effekte von Übertraining

Zusammenfassung und Kritik am Modell der Superkompensation

Das Prinzip der Superkompensation ist in Grunde auf nahezu alle Anpassungsmechanismen von Organen und Systemen des menschlichen Körpers anwendbar. Das Prinzip verdeutlicht auf einfache Weise die Reaktion des Körpers auf Training und verhilft somit zu einem besseren Verständnis.

Der Nutzen in der Trainingspraxis ist allerdings beschränkt, da das theoretische Modell für die Trainingssteuerung keine genaue Bestimmung von Zeitpunkten ermöglicht. Wie bereits dargestellt ist der beste Zeitpunkt für das nächste Training der höchste Peak in der Leistungskurve - genau da liegt eine Schwäche des Superkompensationsmodells. Denn es ist extrem schwer beziehungsweise gar nicht möglich, zu bestimmen, wann dieser Zeitpunkt ist oder sein wird. Zudem ist dieser Zeitpunkt bei verschiedenen

Organen und Körpersystemen unterschiedlich. Wie lange die optimale Pause oder Regeneration sein soll, ist demnach kaum exakt zu bestimmen.

Die Bestimmung der zeitlichen Dauer von Erholungsphasen ist eines der großen Mysterien und Forschungsthemen der Sportwissenschaft. Grundsätzlich kann festgehalten werden, je höher die vorangegangene Trainingsbelastung desto länger die anschließend erforderliche Regenerationszeit. Weiterhin ist sie von dem Individuum abhängig und lässt sich in der Praxis oft nur grob eingrenzen.

Da es zahlreiche weitere Einflussfaktoren gibt und der Forschungsstand nach wie vor sehr lückenhaft ist, bleibt eine genauere Eingrenzung problematisch. Subjektiv hilfreich ist Erfahrung, die auf Dauer zu einer guten Selbsteinschätzung eines Sportlers führen kann und somit, in Ermangelung an objektiven Alternativen, eine passable „gefühlsmäßige“ Regenerationsplanung ermöglicht.

Allgemein werden zur Regenerationsförderung weitere Maßnahmen eingesetzt. Die populärsten sind:

- Ausreichende Flüssigkeitszufuhr
- Optimale Ernährung und ggf. Nahrungsergänzungsmittel
- Wärme und Bäder (z. B. Sauna und Dampfbäder)
- Kälteanwendungen
- Gerätegestützte Maßnahmen (z. B. Vibration und Unterdruck)
- Massage und Akupunktur
- Gymnastik und diverse Stretchingformen

Die Wirkungen dieser Maßnahmen, insbesondere hinsichtlich einer Verkürzung der Erholungszeiten, sind nicht durchgängig wissenschaftlich erwiesen (Hottenrott, Seidel, 2017).

6.1.3 Reizschwellengesetz

Eine Superkompensation wird nur dann erreicht, wenn eine kritische Reizschwelle überschritten wird. Die Intensität der Belastung muss also eine gewisse Höhe überschreiten, damit im Körper Anpassungsreaktionen ausgelöst werden. Anfänger erreichen Trainingserfolge bereits mit niedrigen Intensitäten, mit fortgeschrittenem Trainingsalter verschiebt sich die Reizschwelle allerdings immer weiter nach oben.

6.1.4 Quantitätsgesetz

Mit zunehmender Leistungsfähigkeit steigt der Trainingsaufwand, der benötigt wird, um weitere Leistungszuwächse zu erzielen.

Im zeitlichen Verlauf eines Trainingsprozesses muss es zur Realisierung eines höheren Leistungsniveaus immer wieder zur Anpassung bzw. zur Steigerung der Belastung kommen. Die Wirksamkeit bzw. die „Überschwelligkeit“ gleichbleibender Belastungsreize ist im Zuge einer erfolgten Anpassung des Organismus nicht von Dauer. Es kommt zur Akkommodation, d. h. der Körper hat sich an die neue Belastung gewöhnt. Um weitere Adaptationen bzw. Leistungssteigerungen zu erzielen, muss die Homöostase durch neue, höhere Belastungsreize erneut gestört werden. Vereinfacht ausgedrückt bedeutet dies, dass ein Athlet seine Trainingsbelastung von Zeit zu Zeit weiter steigern muss, sofern er noch besser werden möchte. Dieses Vorgehen funktioniert natürlich nur bis zu einem gewissen Grad, denn spätestens mit Erreichen der physiologischen Leistungsgrenze sind, unabhängig vom Trainingsaufwand, keine weiteren Leistungszuwächse mehr möglich.

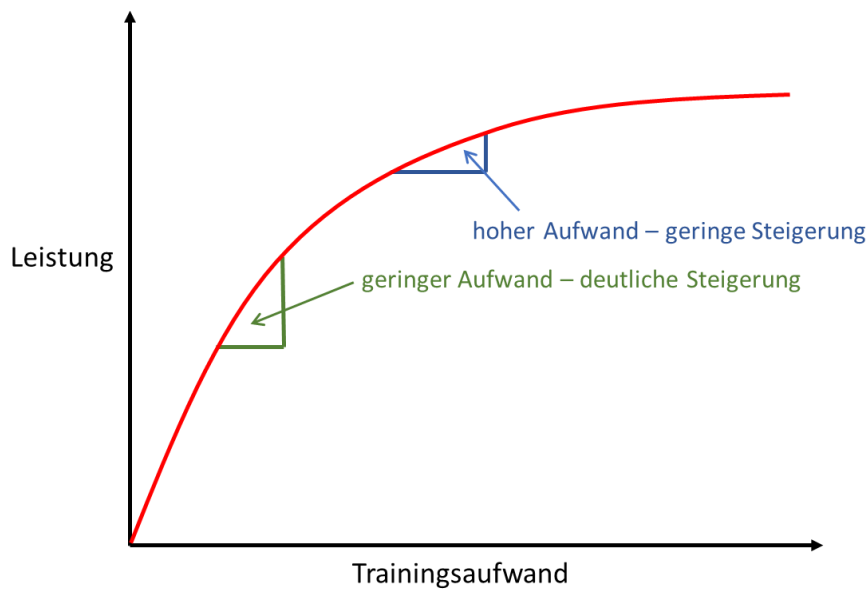


Abbildung 52: Leistungssteigerung in Abhängigkeit vom Trainingsaufwand (Eigene Darstellung)

6.1.5 Anpassungsfestigkeit

Ein langfristig aufgebautes Leistungsniveau ist wesentlich stabiler als ein kurzfristig aufgebautes Leistungsniveau.

In diesem Prinzip bestätigt sich, dass es sich beim Begriff „Training“ um einen zielgerichteten, planmäßigen und systematischen sowie auch kontinuierlichen Prozess handelt. Nachhaltige Leistungssteigerungen, die beispielsweise in Wettkampfphasen stabil abrufbar sein müssen, können entsprechend nur durch wiederholte Belastungsreize und ein Mindestmaß an Dauerhaftigkeit erreicht werden. Abbildung 52 untermauert die vergleichsweise hohe Stabilität längerfristiger und bedachtsam aufgebauter Leistungsniveaus gegenüber anderen.

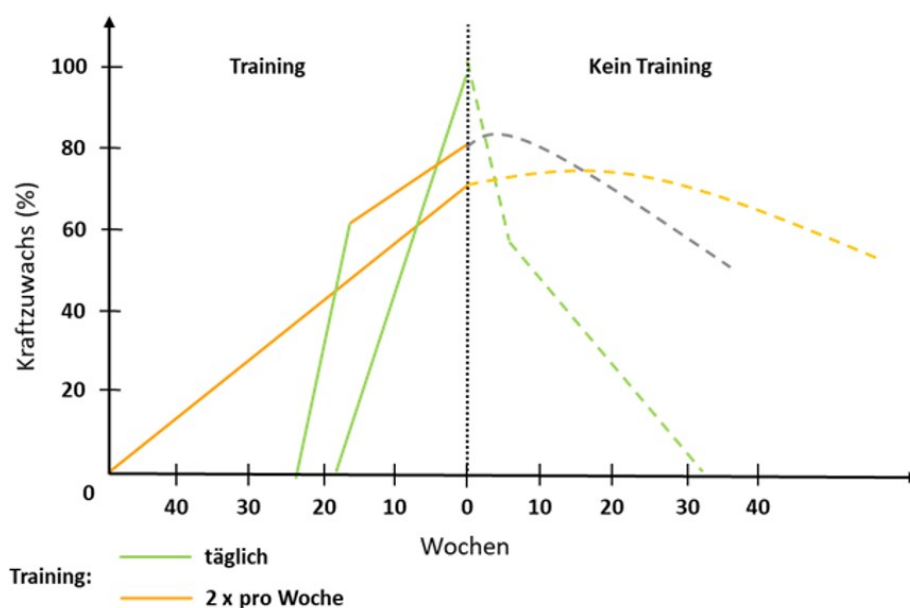


Abbildung 53: Anpassungsfestigkeit (Eigene Darstellung)

6.1.6 Trainierbarkeit

Die Trainierbarkeit eines Individuums ist abhängig von Alter, Geschlecht und der Heredität (genetische Voraussetzung).

In diesem Zusammenhang steht u. U. die Frage der grundsätzlichen Trainierbarkeit im Raum. Man versteht darunter das Potenzial, mit dem konditionelle oder koordinative Fähigkeiten durch Training verbessert werden können und zwar sowohl hinsichtlich der Anpassungsgeschwindigkeit als auch des absoluten Leistungspotenzials. Menschen mit einer niedrigen Trainierbarkeit sind dadurch charakterisiert, dass sie sich selbst bei intensiven Trainingsbemühungen kaum oder nur sehr langsam steigern. Die Trainierbarkeit wird in hohem Maße von genetischen Faktoren und vom Alter bestimmt. Abbildung 53 zeigt beispielhaft die Trainierbarkeit der Muskulatur. Der erkennbare Rückgang im Altersverlauf steht in engem Zusammenhang zur Veränderung hormoneller Aspekte (z. B. Abfall des Testosteronspiegels beim Mann). Die Trainierbarkeit der diversen konditionellen und koordinativen Fähigkeiten ist dabei durchaus unterschiedlich.

Die Trainierbarkeit eines Sportlers ist letztlich eine Variable, die in der Trainingspraxis frühzeitig gut eingeschätzt und mit geschickter Trainingsplanung und Fingerspitzengefühl gehandhabt werden sollte.

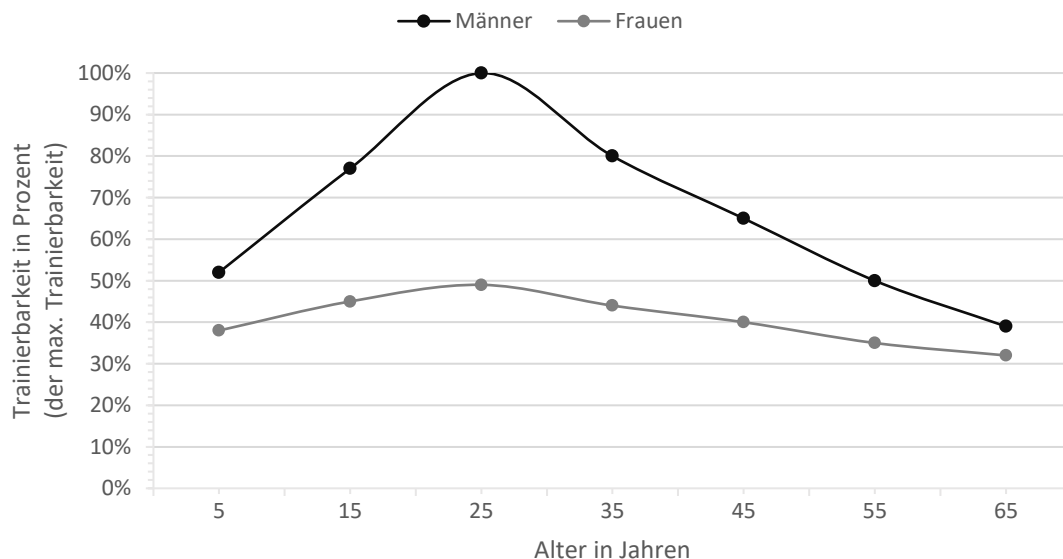


Abbildung 54: Trainierbarkeit der Muskulatur in Abhängigkeit vom Alter (Modifiziert nach Weineck, 1987)

6.2 Belastung versus Beanspruchung

Die Belastung ist bei vorgegebenen Parametern (z. B. Laufe 400 m in 60 s) für alle gleich. Die Beanspruchung kann hingegen, je nach Leistungsniveau der Teilnehmer, höchst unterschiedlich sein. Trainierte empfinden die Belastung als wenig intensiv, Untrainierte hingegen als äußerst intensiv.

6.2.1 Belastung

Unter Belastung versteht man eine vorgegebene Anforderung oder Aufgabe, die von äußeren Bedingungen, nicht aber vom betroffenen Individuum abhängt. Die Belastung wird durch die Belastungsnormative (Umfang, Dauer, Dichte, Häufigkeit, Intensität) bestimmt und ist für alle gleich!

6.2.2 Beanspruchung

Die Beanspruchung ist die subjektive und individuelle Widerspiegelung der Belastung. Kennzeichen der Beanspruchung sind z. B. die Herzfrequenz, die Atmung, Laktatkonzentration, Muskelzittern, Schmerz etc.

6.2.3 Belastungssteuerung über die Borgskala

Die Borgskala der RPE-Werte (Rating of Perceived Exertion) dient zur Abschätzung des subjektiven Belastungsempfindens. Die RPE-Werte basieren auf der Annahme, dass das Belastungsempfinden mit der Herzfrequenz zusammenhängt ($RPE = \text{Herzfrequenz} \times 0,1$).

Da in der Regel die Ruheherzschlagfrequenz bei ca. 60 Schlägen pro Minute liegt, beginnt die Borg Skala bei 6, was den 60 Schlägen pro Minute entspricht. Die maximale Herzschlagfrequenz liegt bei gesunden Menschen meist bei ca. 200 Schlägen pro Minute - daher endet die Borg Skala bei 20.

Tabelle 12: RPE-Tabelle zur Ermittlung des Belastungsempfindens. Ein RPE-Wert von 15 entspricht einer Herzfrequenz von 150 Schlägen pro Minute (Modifiziert nach Dickhuth, 2007)

RPE-Wert	Belastungsempfinden
6	
7	sehr, sehr leicht
8	
9	sehr leicht
10	
11	leicht
12	
13	etwas anstrengend
14	
15	anstrengend
16	
17	sehr schwer
18	
19	sehr, sehr schwer
20	

Auch wenn die Borg-Skala vor allem für die Objektivierung der Beanspruchung in Ausdauerbelastungen entwickelt wurde, wird sie in der Praxis auch bei Kraftübungen genutzt. Dabei ist jedoch kein Rückschluss auf die Herzschlagfrequenz möglich – in diesem Fall dient die Aussage des Trainierenden ausschließlich der Quantifizierung der subjektiven Belastung.

Vor- und Nachteile der Borg Skala

Die Orientierung an der Herzfrequenz ist im Ausdauerbereich für Breiten- und Gesundheitssportler zweckmäßig, denn es gibt einen lineareren Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und der Arbeitsintensität. Es sollte aber beachtet werden, dass es sich um eine subjektive Einschätzung der Belastung handelt (=Beanspruchung), die ungenau sein kann.

6.2.4 Belastungsnormative

Die Belastungsnormative (Reizumfang, -intensität, -dichte, -dauer, -häufigkeit) dienen der Trainingssteuerung und müssen in einem Trainingsplan, je nach Anspruch, mehr oder weniger konkret vorgegeben werden. Sie sind so zu gestalten, dass der jeweilige Energiebereitstellungsmechanismus bzw. die physiologischen und anatomischen Determinanten optimal angesprochen werden (vgl. Qualitätsgesetz des Trainings). Die Gestaltung der Belastungsnormative bestimmt demnach die physiologischen Anpassungsprozesse.

Tabelle 13: Die Trainingssteuerung erfolgt anhand von Belastungsnormativen

Belastungsnormativ	Beschreibung
Belastungsdauer	Die Belastungs- bzw. Reizdauer ist die Zeit, in der ein einzelner Trainingsinhalt oder eine Serie von Trainingsübungen auf den Organismus einwirkt.
Belastungsdichte	Die Belastungs- bzw. Reizdichte ist die zeitliche Aufeinanderfolge einzelner Übungen oder Serien. Eine hohe Reizdichte liegt bei kurzen Pausen vor, eine niedrige bei langen Pausen.
Belastungsintensität	Die Belastungs- bzw. Reizintensität wird über die äußeren Widerstände eingeschätzt (bei der Hantel über das Gewicht, beim Sprungtraining über die Weite und Höhe).
Belastungsumfang	Der Belastungs- bzw. Reizumfang ist die Summe aller Einzelreize.
Belastungshäufigkeit	Die Reizhäufigkeit bezieht sich auf die Anzahl der Trainingseinheiten in einem bestimmten Zeitraum.
Qualität der Bewegungsausführung	Die Qualität der Bewegungsausführung beschreibt, ob eine Übung technisch einwandfrei bzw. nach den Vorgaben des Trainers ausgeführt wird.

6.3 Periodisierung und Zyklisierung

Das Prinzip der Periodisierung und Zyklisierung bezieht sich auf die systematische und planmäßige Gestaltung des Trainingsprozesses mit dem Ziel, die sportliche Höchstform zu einem spezifischen Zeitpunkt zu erzielen oder möglichst langfristig Trainingsfortschritte zu erzielen.

Wenn ein Athlet dauerhaft an der Grenze seiner Belastbarkeit trainiert, droht die Gefahr, dass der Organismus dauerhaft in eine katabole Phase rutscht. Zur Abwendung dieser potenziellen Gefahr werden im periodisierten Training Phasen des zeitlichen Verlustes der Höchstform bewusst eingebaut. Dies erfolgt über die Reduktion der Trainingsintensität oder des -umfanges bzw. über andersgeartete Trainingsreize. Ein periodisiertes Training bedeutet demnach, dass in bestimmten Zeitabschnitten das Trainingsprogramm systematisch verändert wird. Die Systematisierung erfolgt über die Veränderung von verschiedenen Trainingsvariablen (Wiederholungen, Satzzahl, Pausenlänge, Übungen). Dieser planmäßige Wechsel der Trainingsanforderungen führt zu einer langfristigen und nachhaltigen Leistungsverbesserung.

Umfang und Intensität stehen in einem umgekehrten Verhältnis zueinander – je höher der Trainingsumfang, desto niedriger muss die Intensität sein und umgekehrt. Der Wechsel von umfangsbetonten mit intensitätsbetonten Trainingsphasen bringt den Fortschritt. Die Phasen der reduzierten körperlichen Belastung können auch der Verletzungsprophylaxe und -heilung dienen. In den leichten Trainingsphasen haben kleinere Verletzungen die Möglichkeit auszuheilen und der gesamte Körper wird auf die folgenden schweren Trainingseinheiten vorbereitet.

Periodisierung:

Einteilung des Wettkampfjahres in Vorbereitungsperioden, Wettkampfperioden und Übergangsperioden.

Zyklisierung:

Einteilung der Perioden in verschieden große Abschnitte. Je kleiner das zu betrachtende Zeitfenster ist, desto detaillierter erfolgt die Planung.

Tabelle 14: Darstellung der Trainingszyklen und deren Dauer

Fachausdruck	Beschreibung	Zeitraum
Mikrozyklus	Kurzfristige Trainingsplanung	in der Regel 1 – 7 Tage (kann auch nur eine Trainingseinheit umfassen)
Mesozyklus	Mittelfristige Trainingsplanung	in der Regel 2 – 6 Wochen, maximal 12 Wochen
Makrozyklus	Langfristige Trainingsplanung	In der Regel 1/2 – 1 Jahr; kann auch bis zu 4 Jahre umfassen (Olympia-Zyklus)

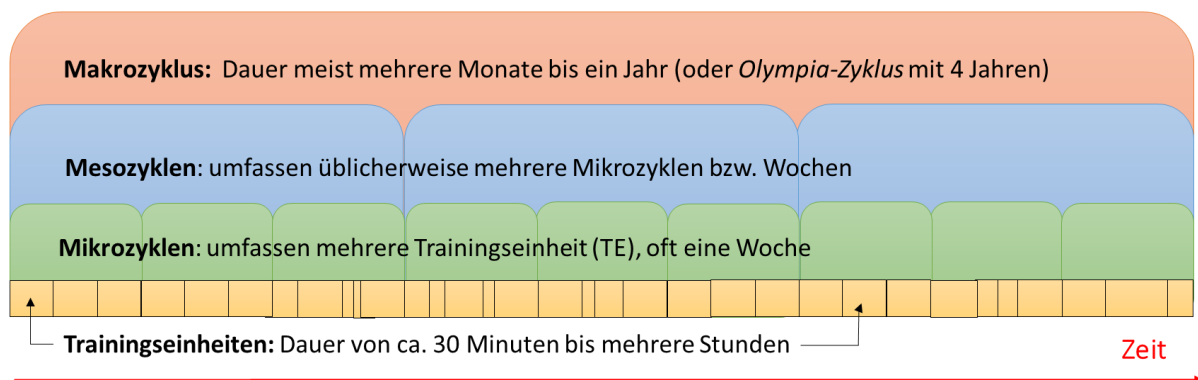


Abbildung 55: Darstellung der Trainingszyklen und deren Dauer

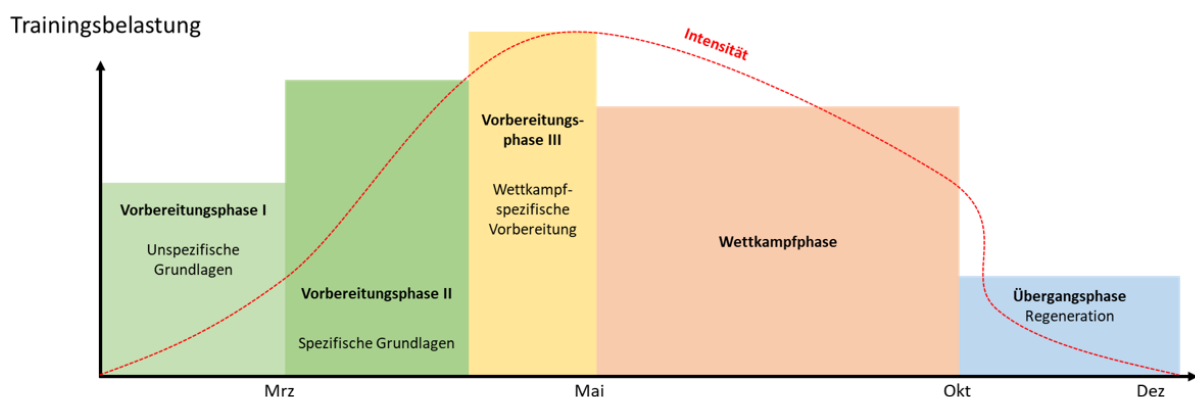


Abbildung 56: Belastungssteuerung im Trainingszyklus

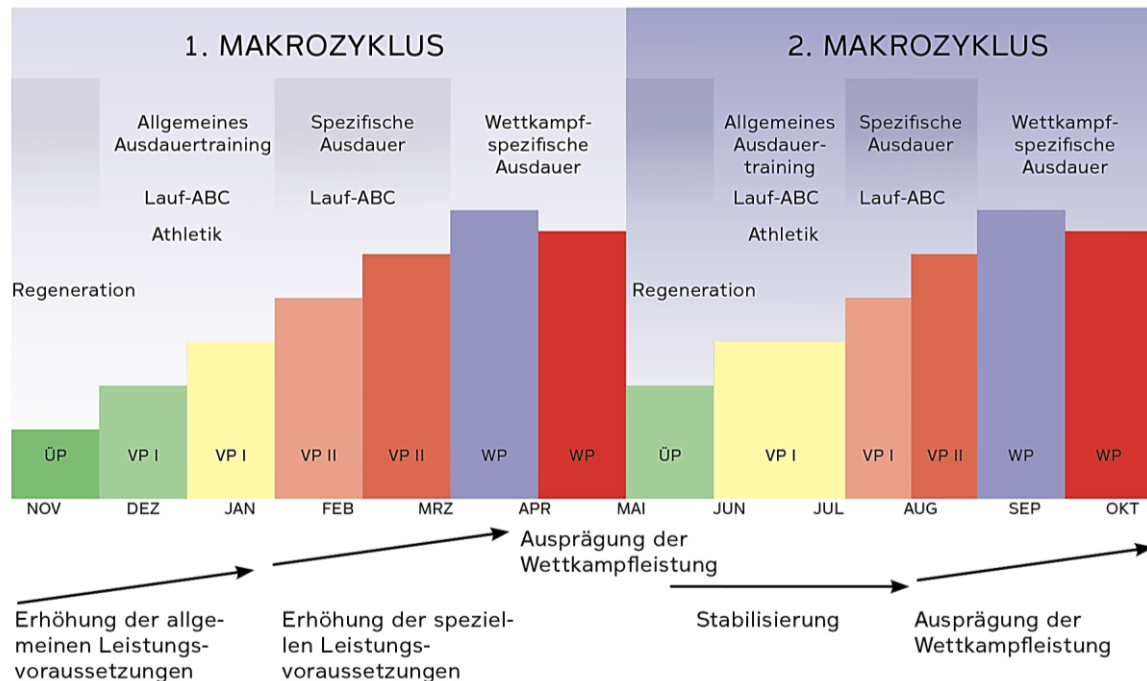


Abbildung 57: Darstellung mehrerer Makrozyklen

Aufgrund des hohen Aufwands bei der Planung finden Periodisierung und Zyklisierung im Fitnessstudio-Alltag, wenn überhaupt, in vereinfachter Form statt. So können mit vertretbarem Personalaufwand z.B. regelmäßig die Wiederholungszahlen variiert (Mesozyklen) oder Übungen gewechselt (Makrozyklen) werden. Der Ablauf dieser Maßnahmen hängt allerdings stark vom jeweiligen Fitnessstudio bzw. Geschäftsführer ab – für die Kunden wäre eine langfristige, sinnvolle Planung mit Belastungsvariationen jedenfalls vorteilhaft.

6.4 Wie viel Sport ist sinnvoll?

Die meisten seiner geistigen und körperlichen Fähigkeiten entwickelt der Mensch bis zur Volljährigkeit oder noch etwas darüber hinaus. Ab ungefähr dem 30. Lebensjahr beginnt bereits auf vielen Ebenen der Verfall. Das alte Sprichwort „Wer rastet, der rostet“ hat sich dabei für viele Bereiche des menschlichen Organismus bewahrheitet, ganz besonders aber in Bezug auf die körperliche Gesundheit und Leistungsfähigkeit. So führen permanente *Unterforderungen*, konkret könnte man sie Bequemlichkeit und Bewegungsmangel nennen, zur beschleunigten Degeneration (beispielsweise *Muskelatrophie*) der nicht genutzten Organe und des „Hochleistungssystems Mensch“ insgesamt. *Überfordernde* Belastungen können dagegen akut oder chronisch schädigen, beispielsweise in Form von Verletzungen (Abbildung 58). Belastungen, die im Bereich *zwischen* Unter- und Überforderung liegen, können dagegen erhaltende oder steigernde Anpassungserscheinungen hervorrufen. Diesen Trainingsbereich gilt es zu identifizieren, um effektive Trainingsreize setzen zu können.

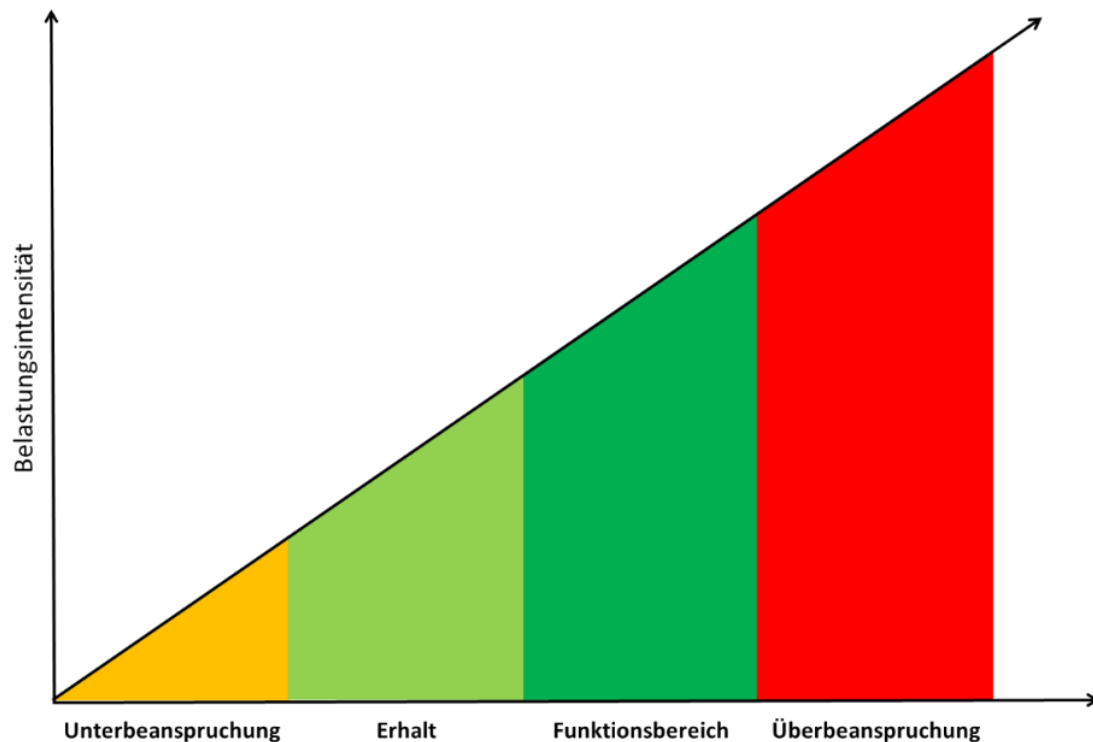


Abbildung 58: Bedeutung unterschiedlicher Belastungsniveaus

6.4.1 Gesundheitstraining

Das *Bundesministerium für Gesundheit* hat 2016 allgemeine Bewegungsempfehlungen im Sinne einer gesundheitlich orientierten Lebensführung veröffentlicht. Sie gehen etwas über die Empfehlungen der *Weltgesundheitsorganisation WHO* aus 2010 hinaus und basieren auf der Analyse wissenschaftlicher Erkenntnisse. Die Empfehlungen sind nach verschiedenen Altersgruppen differenziert (Rütten, Pfeifer, 2016) und beinhalten folgende Kernpunkte:

- Kinder (4-6 Jahre) sollen insgesamt eine Bewegungszeit von 180 Minuten pro Tag erreichen.
- Kinder und Jugendliche (6-18 Jahre) sollen sich mindestens 90 Minuten pro Tag bei mittleren bis hohen Intensitäten bewegen.
- Erwachsene (auch ältere Erwachsene) sollten mindestens 150 Minuten/Woche aerobe körperliche Aktivität mit moderater Intensität (z.B. 5x30 Minuten) durchführen *oder* mindestens 75 Minuten/Woche aerobe körperliche Aktivität mit höherer Intensität durchführen. Eine Kombination der genannten Vorgaben ist ebenfalls möglich.
- Erwachsene (auch ältere Erwachsene) sollten zusätzlich mindestens an 2 Tagen/Woche muskelkräftigende Übungen durchführen.
- Lange, ununterbrochene Sitzphasen sind generell zu vermeiden.
- Bewegungsphasen sollten sich auf mindestens 10-minütige Einzeleinheiten über den Tag und die Woche verteilen.

Mit Aktivitäten, die über die beschriebenen Empfehlungen hinaus gehen, können grundsätzlich weitere positive Wirkungen auf die psychische und physische Gesundheit erreicht werden. Als „moderate“ aerobe Intensität ist eine Intensität von mindestens 55% und höchstens etwa 75% der maximalen Herzfrequenz anzusehen, darüber beginnt der Bereich „höherer“ Intensitäten. Für die „zusätzlichen muskelkräftigenden Übungen“ ist eine Belastung von 30% des 1RM (one repetition maximum/Maximalkraft) die Mindestschwelle, um überhaupt die konditionelle Fähigkeit „Kraft“ anzusprechen.