

6.1 | BIOLOGISCHE ADAPTATIONSFÄHIGKEIT

Lebende Organismen wie der Mensch befinden sich gewöhnlich in einem Fließgleichgewicht, auch Homöostase oder Steady-State genannt, in dem sie ihre alltäglichen, gewohnten Belastungen gut bewältigen können. Dieser Normalzustand ist bei jedem Menschen unterschiedlich, einerseits aufgrund seiner genetischen Anlagen, die sich u. a. im Körperbau, in der Muskelfaserzusammensetzung, seinem Stoffwechsel und seinen geistig-neuronal-volitiven Kapazitäten niederschlagen. Andererseits ist die individuelle Homöostase auch von den bisherigen Lebensumständen, seinem Alter bzw. Trainingsalter abhängig. Wer sich z. B. aufgrund von regelmäßiger körperlicher Arbeit/Freizeitaktivitäten viel bewegt, kann seinen Körper entsprechend länger und höher belasten. Wer dagegen überwiegend sitzend am Rechner arbeitet, kann dabei sicher viel leisten, ist aber körperlich weniger belastbar. Je nach bewegungsaktiver oder -passiver Lebensweise nimmt der Mensch entsprechend Nahrung zu sich und stellt so die energetische Baustoff-Basis für das individuelle, situative Fließgleichgewicht sicher.

Tab. 6.1 Höhe des auslösenden Reizes und Reaktion

Unterschwelliger Reiz		Rückgang der Funktion
Schwach überschwelliger Reiz		Erhalt der Funktion
Mittel- bis stark überschwelliger Reiz		Steigerung der Funktion
Zu stark überschwelliger Reiz		Schädigung, Rückgang der Funktion
Fortgesetzt überschwelliger Reiz		Übertraining

6.1.1 Individuell optimale Trainingsreize

Möchte der Einzelne seine Leistungsfähigkeit verbessern, muss er seinen Organismus ungewohnten Reizen aussetzen, damit dieser sich an die neuen Anforderungen/Gegebenheiten anpasst. Im Sport spricht man von „Trainingsreizen“, die durch sogenannte Belastungskennziffern (Synonyme: Belastungsnormative oder -faktoren) gekennzeichnet sind:

- Reizintensität (in Prozent des aktuellen Maximums)
- Reizdauer (Dauer eines einzelnen Trainingsreizes in Sekunden oder Minuten)
- Reizdichte (zeitlicher Abstand zwischen den einzelnen Trainingsreizen)
- Reizumfang (Summe aller Trainingsreize in einer Trainingseinheit)
- Pause (Dauer zwischen Ende des einen und Anfang des folgenden Reizes)

- Trainingsdauer (Summe der Dauer aller Trainingsreize und aller Pausen)
- Trainingshäufigkeit (Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche)

Alle Faktoren lassen sich variieren im Sinne von absenken oder steigern, wobei die Steigerung einzelner Faktoren im Trainingsaufbau der Normalfall ist.

Die sogenannten „überschwelligen Trainingsreize“ (Tab. 6.1) lösen eine Anpassung hin zu einem erhöhten Niveau aus. Ob ein Trainingsreiz über- oder unterschwellig ist, hängt weniger von seinem Absolutwert (z. B. Sprint in 12,0 s oder Kniebeuge mit 100 kg), als vielmehr von der Relation des Trainingsreizes zum aktuellen Leistungsvermögen des Athleten in technisch-koordinativer, konstitutionell- konditioneller sowie volitiv-motivationaler Hinsicht ab. Generell kann man sagen, dass mit steigendem Leistungsniveau und Trainingsalter die Trainingsreize in Relation zum aktuellen individuellen Maximum (1RM = One Repetition Maximum = aktuelle maximale Leistungsfähigkeit bei einer Wiederholung) höher liegen müssen als beim Trainingsanfänger. Für Anfänger genügen schon niedrige, allgemeine Reize, um eine positive Anpassung auszulösen (s. u., Abb. 6.8). Beim gut trainierten Athleten dagegen wären solche Trainingsreize zu niedrig, sodass sich die Muskulatur sogar rückentwickeln würde (Tomasits & Haber, 2016).

Durch den angemessenen „überschwelligen“ Belastungsreiz wird eine Ermüdung bzw. zeitweise verminderte Leistungsfähigkeit ausgelöst, die eine Erholung bzw. Regeneration erfordert. Die Erholung kann als (passive) Pause, als aktive Erholung mit reduziertem allgemeinem bzw. kompensatorischen Training und/oder mit physiotherapeutischen Maßnahmen gestaltet werden. Während der Erholungsphase werden in den belasteten Körperregionen die verbrauchten Stoffe (Muskeleiweiße, Enzyme) abgebaut und mit dem Blut abtransportiert, zugleich werden ebenfalls mittels des Blutkreislaufs vermehrt Baustoffe und Energieträger aus der Nahrung über Magen, Darm und Blut zu den belasteten Regionen transportiert. Dort werden in den beanspruchten Zellen nicht nur die verbrauchten Substanzen ersetzt, sondern sogar eine zeitlich befristete Überkapazität erzeugt, die traditionell als „Superkompensation“, in neuerer Zeit als „biologische Adaptation“ bezeichnet wird (Abb. 6.1 a), z. B. indem sie die Energiespeicher vergrößern, den anabolen (=muskelaufbauenden) Hormonspiegel anheben, mehr Muskelmasse aufbauen, das Bindegewebe festigen, das Blutvolumen vergrößern, mehr Enzyme bereitstellen usw. Der Prozess von der Belastung bis zur Erholung und biologischen Anpassung auf erhöhtem Niveau kann einige Stunden bis zu mehrere Tagen in Anspruch nehmen. Für junge Sportler im Nachwuchstraining wird eine weitgehend „vollständige“ Erholung angestrebt, die nach einem typischen Technik-Schnellkrafttraining in der Regel nach 48 Stunden, bei sehr intensiven Belastungen nach 72 Stunden erreicht ist (s. u.). Bei gut trainierten Athleten kann die Pause bzw. Erholungsphase zwischen zwei intensiven Trainingseinheiten deutlich kürzer ausfallen (24-36 Std.). In diesem Erholungszeitraum können durchaus allgemeine bzw. andere Trainingsinhalte bei geringer bis mittlerer Intensität absolviert werden, doch sollten weitere spezielle und zugleich intensive Trainingsreize vermieden werden.

Nach erfolgreicher Erholung und Superkompensation ist der Körper einige Tage bis Wochen stärker belastbar bzw. leistungsfähiger. Ohne erneute Belastung ginge das Leistungsvermögen auf das

Ausgangsniveau zurück (Abb. 6.1 a). Setzt man aber in dieser Zeit einen weiteren, idealerweise etwas höheren Trainingsreiz, kann eine erneute Anpassung in Richtung erhöhter Leistungsfähigkeit folgen (Abb. 6.1 b). Hat der Athlet erst einmal ein höheres Leistungsniveau erarbeitet, genügen in der Folge einzelne überschwellige Trainingsreize, um dieses Niveau zu erhalten.

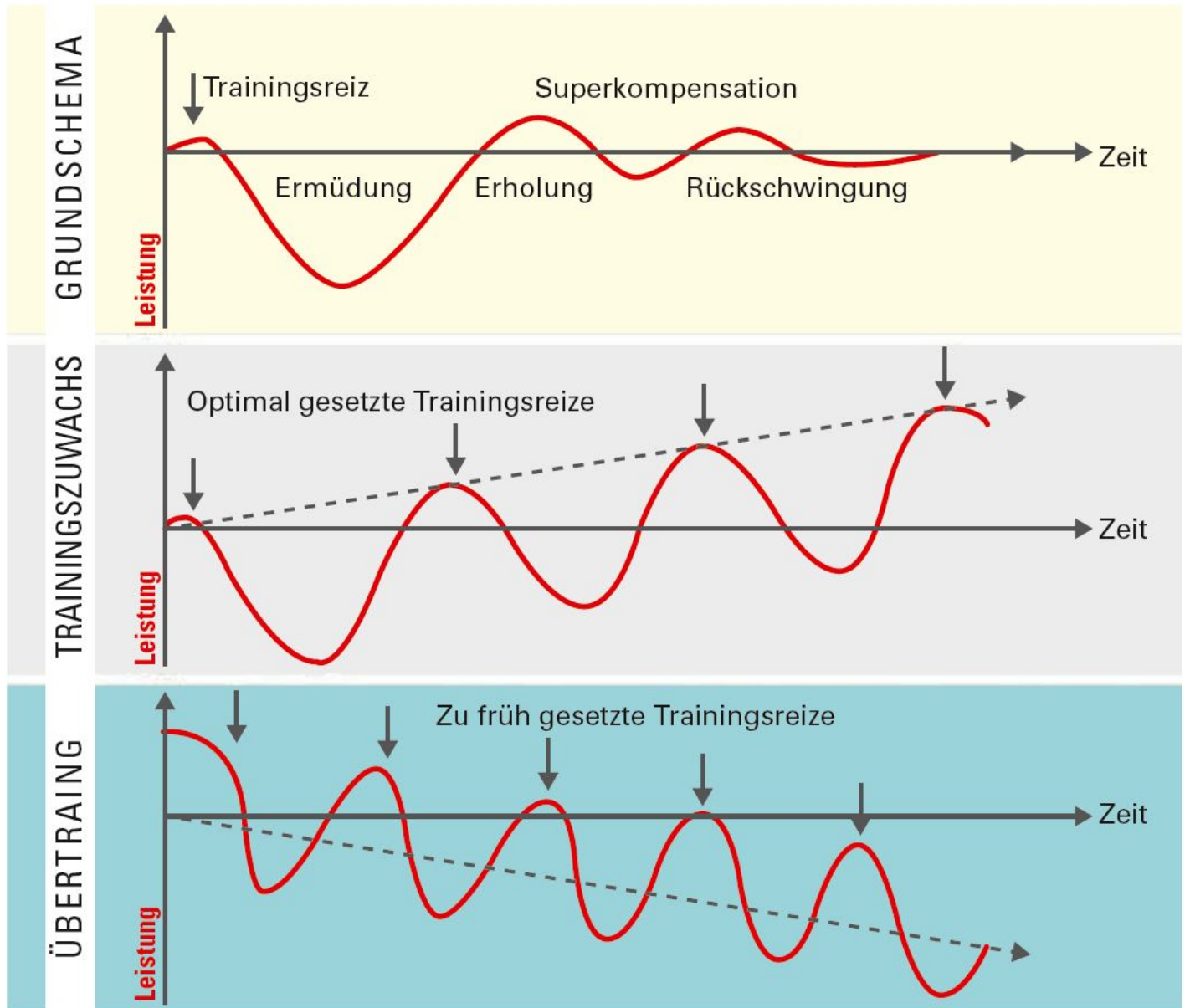


Abb. 6.1 Modell der Superkompensation: a. nach einmaligem überschwelligen Trainingsreiz, b. Optimal fortgesetzte Trainingsreize steigern das Leistungsniveau, c. Zu früh fortgesetzte Trainingsreize senken das Leistungsvermögen bis zum Übertraining

Übertraining vermeiden

Sind einzelne Trainingsreize dagegen zu hoch bzw. zu stark überschwellig oder werden die Trainingsreize in so kurzer Folge gesetzt, dass keine ausreichende Erholung möglich ist, kommt es zur dauerhaften Ermüdung, ja Erschöpfung, und die Leistungsfähigkeit geht verloren (Abb. 6.1 c), man spricht dann von „Übertraining“, „Overtraining Syndrome“ oder neuerdings auch von „Under-

Performance-Syndrome“ (Lösel, 2022). Zusätzliche außersportliche Stressoren wie Prüfungen, Beziehungsprobleme, Infektionen oder Erkrankungen können die Leistungsfähigkeit und damit Belastbarkeit herabsetzen. Der neuere Begriff der Allostase, im Unterschied zur Homöostase, berücksichtigt diese externen Belastungen (Kiely, 2018). Nach dem Konzept der Allostase soll – anders als im Homöostase-Konzept – nicht das Wiedererlangen der stabilen Ausgangslage, sondern die zunehmende Variabilität der organischen Funktion die Adaptationen vorantreiben. Das ist allerdings noch nicht der Lehrstandard.. Wird der Gesamtstress zu hoch, bleibt die erwünschte biologische Anpassung auf ein höheres Leistungsniveau aus bzw. kann sogar ins Gegenteil umschlagen.



Abb. 6.2 Übertraining, erkennbar an Erschöpfung schon bei leichten Belastungen, gilt es zu vermeiden

Wenn der Athlet fortgesetzt Warnsignale wie Abgeschlagenheit und/oder Schmerzen missachtet, tritt ein Überlastungszustand ein, der durch erhöhte Herzfrequenz, Müdigkeit und schlechten Schlaf gekennzeichnet ist. Dieser „sympathikotone“ Zustand ist zunächst noch reversibel, also durch deutlich reduziertes Training und verstärkte Erholungsmaßnahmen umkehrbar. Bleibt die Trainingsbelastung allerdings hoch, kann ein „parasympathikotoner“, chronischer Übertrainingszustand eintreten, der durch starke Überforderung, eine Beeinträchtigung des Immunabwehrsystems und niedrigen Puls gezeichnet ist. Der Organismus wird nachhaltig geschwächt, ja schädigt und benötigt eine längere, mehrmonatige Pause, in der das antrainierte

Leistungsvermögen verloren geht (vergl. Roth, Flich & Huber, 2018). Diese Situation gilt es tunlichst zu vermeiden, indem die entsprechenden Warnsignale ernst genommen, die Belastung rechtzeitig heruntergefahren und Regenerationsmaßnahmen eingeleitet werden.

6.1.2 Regeneration umfassend gestalten

Neben Art, Umfang und Intensität der Belastung fungieren die Länge und Ausgestaltung der Erholung als gleichgewichtige Elemente der Leistungsentwicklung. Die meisten Probleme in der Belastungssteuerung und Gesundheit der Athleten führen Meistertrainer (s. o., Kap. 5.2.2) neben lokaler Überlastung auf unzureichende Pausen zurück. Soll die Zeit zwischen zwei Belastungsreizen optimal gestaltet werden, müssen alle Dimensionen der Regeneration beachtet werden. Dies betrifft die Art und Länge der Pause, die Ernährung und das Trinkverhalten, die Körperhygiene und nicht zuletzt den Schlaf. Nach einer Belastung benötigt der Organismus Ruhe, damit sich die belasteten Organe erholen und anpassen können. Die Regeneration beginnt noch während des Trainings mit dem Auslaufen, -dehnen bzw. Cooldown, in dem die Herzfrequenz wieder auf normale, nur noch leicht erhöhte Werte absinkt, Stoffwechselprodukte wie das Laktat vom Entstehungsort wegtransportiert und abgebaut werden und Verspannungen durch Mobilitäts- und einfache Bewegungsaufgaben (Traben oder für Rollstuhlfahrer Ausfahren/Ergometer in niedriger Geschwindigkeit; Lösel, 2022) aufgelöst werden.

Während und nach dem Training ist eine Getränkeaufnahme in kleinen Schlucken sinnvoll, nicht nur, um die Verluste auszugleichen, sondern auch, um die erhöhte Körpertemperatur durch mögliches Nachschwitzen schneller in den gewohnten Bereich abzusenken. Bei intensiven, schweißfördernden Trainingsbelastungen über 30 min ist eine regelmäßige Flüssigkeitszufuhr noch während des Trainings bzw. Wettkampfes erforderlich, um Leistungseinbußen, bei extremen Flüssigkeitsverlusten Gesundheitsschädigungen zu vermeiden.

Schon kurz nach dem Training, wenn sich der Kreislauf beruhigt hat und das Blut wieder den inneren Organen zur Verfügung steht, können durch eine erste Nahrungsaufnahme verbrauchte Nährstoffe und Spurenelemente zugeführt werden. Lösel (2022, 186) spricht vom „Open-Window-Effekt“, wonach Kohlenhydrate und Aminosäuren in den ersten 30–60 Minuten nach der sportlichen Belastung besonders gut aufgenommen, verdaut, in den Blutkreislauf übertragen und an die Stellen des Bedarfs transportiert werden können. Über die optimale Zeitspanne zwischen Training und Nahrungsaufbau, insbesondere die Aminosäuren-Zufuhr, gibt es in Trainingswissenschaft und -praxis unterschiedliche Auffassungen, z. B. kurz vor dem Schlafengehen oder morgens nach dem Aufstehen. Ähnlich werden Störeffekte durch die zeitgleiche Aufnahme anderer Nährstoffe kontrovers diskutiert. Dies hat z. T. auch rituelle Züge, die dadurch für den einzelnen Athleten richtig sein können (vergl. Kollark & Killing, 2022). In jedem Fall ist eine bewusste, „achtsame“ Nahrungsaufnahme besser als das gedankenlose Verzehren von Fast Food, Süßigkeiten und Softdrinks bis zur Sättigungsgrenze. Die gleichzeitige Aufnahme von Spurenelementen, die zuvor

mit dem Schweiß ausgeschwemmt wurden, vermindert die Gefahr von Muskelkrämpfen.



Abb. 6.3 Cooldown mit Dehnen und ruhigem Traben leitet die Regenerationsphase ein

Ebenfalls wichtig nach intensiven Belastungen sind Maßnahmen der Körperhygiene bzw. – für Spitzenathleten – der Physiotherapie. Die Hygiene beginnt beim warmen Duschen bzw. Wechselduschen zeitnah nach dem Training und setzt sich fort beim Anziehen frischer, der Außentemperatur angemessener Kleidung und bequemer Schuhe. Diese Alltagshygiene kann durch physiotherapeutische Hilfen wie leichte Massagen oder passives Stretching und physikalische Maßnahmen wie Wärme-Kälte-Anwendungen oder ein kurzes Eisbad noch verstärkt werden.



Abb. 6.4 Ein Eisbad fördert die Regenerationsprozesse in der belasteten Muskulatur (Peters)

Nach Training und ersten Regenerationsmaßnahmen begünstigt eine Ruhephase die Anpassungsprozesse. Im Anschluss an ein Vormittagstraining kann das nach einem Mittagessen eine mehr oder weniger lange Pause im Liegen sein, die auch für einen kurzen Schlaf (Power-Nap bis max. 30 min; vergl. Lösel, 2022) genutzt wird. Nach einem Nachmittags-/Abend-Training sollte der Heimweg möglichst stressfrei sein, zu Hause angekommen eine sportgerechte, sättigende Mahlzeit zu sich genommen werden und der Abend ausklingen. Eine ausgewogene, der sportlichen Aktivität angepasste Ernährung ist ein ganz wesentlicher Bestandteil der Regeneration, weil die während der Belastung verbrauchten Nährstoffe zeitnah ersetzt werden müssen. Der Ausdauersportler wird entsprechend mehr Kohlenhydrate, der Kraft-/Schnellkraft-Sportler (Werfer) mehr Eiweiße mit der Nahrung aufnehmen (s. o.). Aber auch die Versorgung mit allen übrigen Nährstoffen, Vitaminen, Spurenelementen, hochwertigen Fetten muss zeitnah und regelmäßig sichergestellt werden (Abb. 6.5).

Dies wird in der Regel durch eine abwechslungsreiche „Hausmannskost“ sichergestellt. Zuhause, im „Hotel Mama“ oder im Sportinternat ist diese gemischte Vollwertkost in der Regel sichergestellt. Leben junge Sportler allein, kann schon die solide Grundversorgung gefährdet sein, im Einzelfall müssen über die Analyse des Blutbildes zusätzliche Supplementierungen (z. B. Ausgleich eines Eisendefizits während und nach der Menstruation) erwogen werden. Kaderathleten sollten den Ernährungsberater des nächsten Olympiastützpunktes bzw. Paralympischen Zentrums konsultieren, der für die konkrete Lebenssituation Empfehlungen geben kann. Gerade angehende Spitzensportler können bzw. sollten mit der Zeit selber Experten für ihre sportgerechte Ernährung

werden.

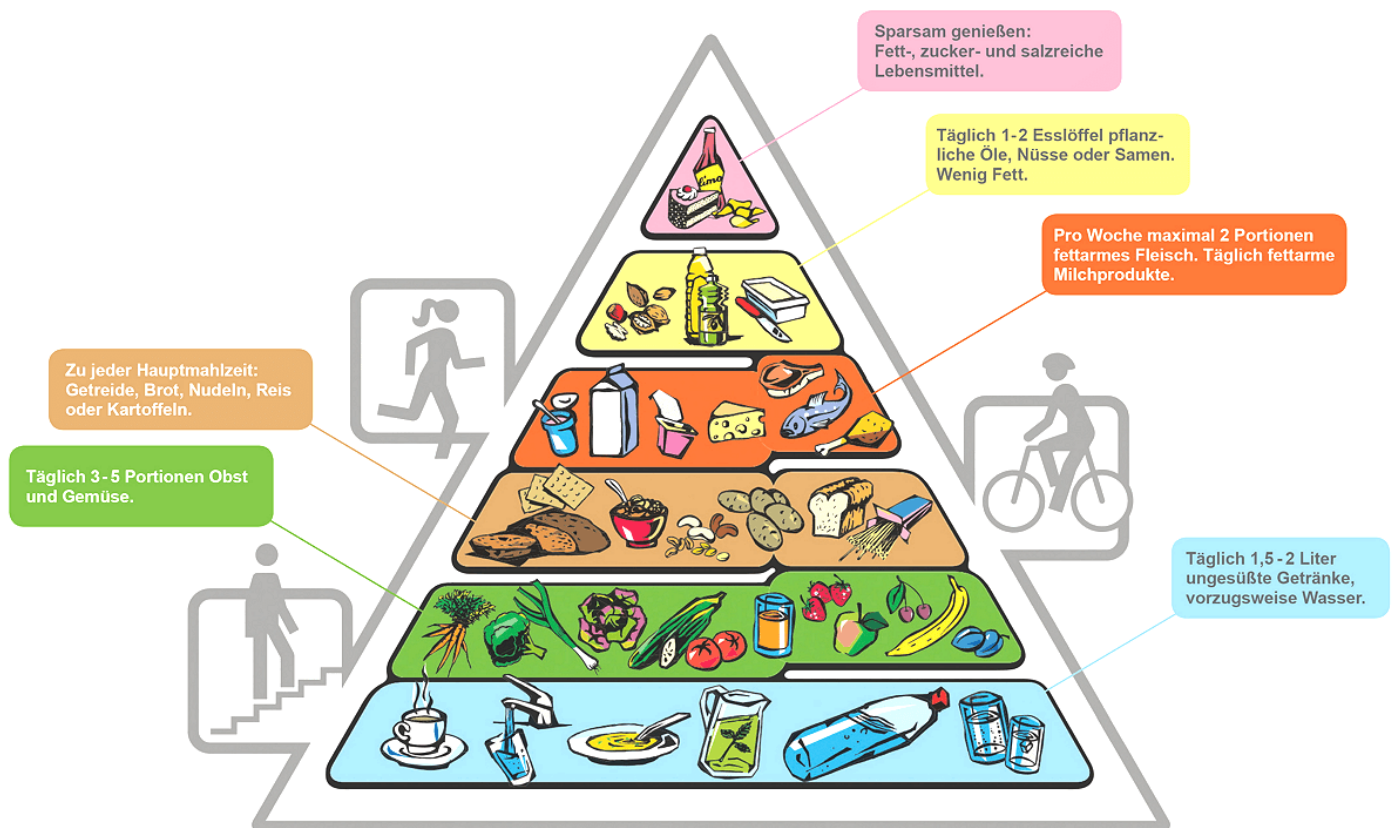


Abb. 6.5 Die Ernährungspyramide mit Empfehlungen für eine ausgewogene Ernährung (SGE, 2005)

Auch die Psychohygiene ist ein wichtiger Teil einer erfolgreichen Regeneration. Ganz allgemein bestimmend dafür ist eine befriedigende Lebenssituation mit sportlichen Zielen, schulisch-beruflichen Perspektiven, einem intakten Familien- und Freundeskreis und entspannter Wohnsituation. In der konkreten Situation kann die Psychohygiene auch einmal aus der Vorbereitung auf anstehende Prüfungen bestehen, die für die weitere Lebensplanung bzw. Sicherheit des Sportlers bedeutsam sind. Nach einem intensiven Training sollte die Erholung i. d. R. aus passiven Freizeitaktivitäten wie Fernsehen, Lesen, Unterhaltung oder Kinobesuchen mit Freunden bestehen.

Nicht hoch genug einzuschätzen ist der regelmäßige erholsame Schlaf in einer festen Kernschlafenszeit mit ausreichenden Tief-, Leichtschlaf- und Traum-(REM)-zyklen (Lösel, 2022). Dass der Schlaf das Regenerationsinstrument schlechthin für menschliche und tierische Organismen ist, bedarf eigentlich keiner weiteren Erläuterung. Für die allgemeine Erholung, aber auch speziell für die nach sportlicher Belastung laufen während der Schlafenszeit ganz wesentliche Prozesse ab:

- In der liegenden Position werden Gelenke und Knorpel entlastet
- Die Knorpelscheiben werden mit Wasser aufgefüllt, die Körpergröße nimmt zu
- In der Kernschlafenszeit hat das Wachstumshormon HGH seine höchste Ausschüttung
- Entsprechend findet das Längenwachstum primär im Schlaf statt

- Zahlreiche Reparatur- und Aufbauprozesse werden durch HGH gefördert
- Kleinere muskuläre Verletzungen heilen schneller aus
- Prozesse des Muskelauf- und -umbaus laufen verstärkt ab
- Stoffwechselabfallprodukte in den Muskeln und anderen Organen werden abgebaut
- Die Knochenmineralisierung und -festigung wird intensiviert
- Das Gehirn verarbeitet die tagsüber erlebten Prozesse und beruhigt die Seele
- Magen und Darm können ihre Verdauungsprozesse abschließen
- Blut-, Lymph-, Immun- und Hormonsystem gehen auf ihre Basiswerte zurück
- Der morgendliche Ruhepuls gibt Auskunft über den Grad der Erholung/ Belastbarkeit

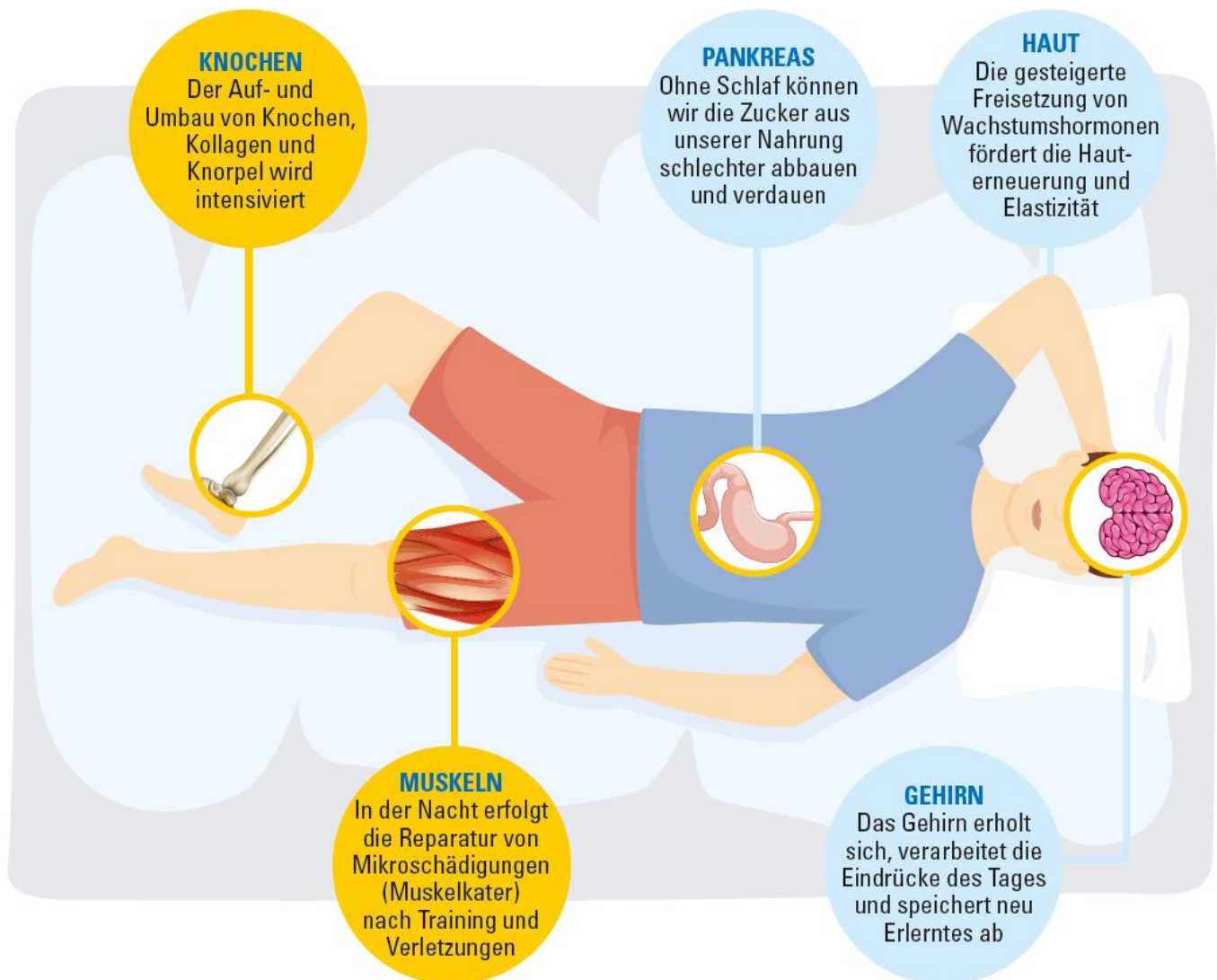


Abb. 6.6 Der Schlaf ist die Regenerationsquelle des Menschen schlechthin

Gerade jüngere Menschen haben Probleme, die Kernschlafenszeit einzuhalten. Hier gilt es Kompromisse zwischen dem physiologischen Bedürfnis des Körpers nach Erholung und dem psychischen Bedürfnis nach altersgemäßen sozialen Kontakten zu finden. Dabei hilfreich ist die 85:15-Regel: Wenn in 85 % der Zeit eine feste Kernschlafenszeit, z. B. von 23-7 Uhr eingehalten

wird, dann kann in 15 %, also einmal pro Woche, auch deutlich später ins Bett gegangen werden, ohne dass die Gesundheit beeinträchtigt wird. Dies sollte allerdings nicht der Tag vor dem Wettkampf bzw. vor oder nach intensiven Trainingsbelastungen sein.

Zu bedenken ist, dass die Mehrzahl der genannten Regenerationsmaßnahmen in der trainingsfreien Zeit, also in Abwesenheit des Trainers stattfinden. Umso wichtiger ist die pädagogische Einflussnahme auf die Athleten, sie nicht nur über die physiologischen Abläufe zu informieren, sondern sie auch zu einem verantwortungsvollen Verhalten gegenüber sich selber, aber auch dem Betreuerteam zu verpflichten (siehe Kap. 9). Wie für fast alle Lebensbereiche gibt es auch für die Regeneration Apps, die z. B. das Schlafverhalten protokollieren und die Möglichkeit des Längsschnittvergleichs geben.

Die optimale Dauer der Regeneration hängt von der Höhe der Belastung ab. Generell sollte man in aufeinanderfolgenden Trainingseinheiten am selben oder nächsten Tag nicht die gleichen intensiven Inhalte trainieren. Bei besonders belastenden Inhalten, sei es im Training oder Wettkampf, kann sogar eine mehrtägige Pause ohne Training oder bei nur geringer Belastung durch andere, unspezifische leichte Trainingsinhalte sinnvoll sein. „Wenn es sein muss, nach ganz harten Einheiten, muss man auch mal eine Woche echt Luft ranlassen“ (Knapp & Killing, 2021).

So stellt sich die Regeneration als komplexe, mehrdimensionale Aufgabe dar, in der die unterschiedlichen Maßnahmen in Wechselwirkung zueinander, zur sportlichen Belastung und zur allgemeinen Verfassung des Sportlers bedacht werden müssen. Beispielsweise ist die Regeneration im Rahmen eines Trainingslagers ohne außersportliche Belastungen anders zu gestalten als zuhause in einer Prüfungsphase oder mit starken beruflichen oder privaten Belastungen. Im letzteren Fall muss vermutlich die Belastungshöhe im Training temporär gesenkt werden, so dass auch der Zeitbedarf für Regenerationsmaßnahmen reduziert werden kann. Im Fall von Verletzungsproblemen ist dies noch einmal neu zu überdenken und unter Zuhilfenahme von Arzt bzw. Physiotherapeut angemessen zu gestalten.

6.1.3 Erholung in allen Trainingszyklen

Regenerationsphasen gilt es innerhalb einer Trainingseinheit und zwischen den Trainingseinheiten, aber auch in den längerdauernden Zyklen gesondert auszuweisen, einzuhalten (siehe Abb. 6.7) und angemessen zu gestalten:

- Innerhalb der Trainingseinheit sprechen die Trainer von vollständiger und unvollständiger, „lohnender Pause“, letzteres, wenn sie einen sich summierenden Belastungseffekt erzeugen wollen (s. u., Trainingsmethoden: Intervalltraining).
- Im Mikrozyklus bzw. in einer Trainingswoche kann durch mehrere, ähnliche Trainingsinhalte eine aufsummierende Belastung entstehen, die eine längere Erholung, z. B. am Wochenende, eventuell auch zusätzliche physiotherapeutische Maßnahmen erfordert.

- Im Mesozyklus, i. d. R. ein Abschnitt von 3-4 Wochen, wird die Trainingsbelastung wellenförmig gestaltet. Nach 2-3 Trainingswochen, z. B. in einem Trainingslager mit Belastungshöhen von 80-60-100 (%), ist eine Erholungswoche mit nur 40 % Belastung erforderlich, um die volle Belastbarkeit wieder herzustellen. Auch hier können verstärkt physiotherapeutische Maßnahmen die Erholung unterstützen.
- Am Ende jeder Trainingsperiode, also nach 6-8 Wochen, die mit einem Belastungshöhepunkt abschließt, sorgt eine Erholungswoche dafür, dass sich der Athlet physisch und psychisch auf die neuen Inhalte und Herausforderungen der nächsten Periode einstellen kann. Hier können medizinische Untersuchungen (Blutbild) die Regeneration begleiten und steuern helfen.
- Im Makrozyklus ist nach Abschluss der Wettkampfperiode eine Übergangsperiode von 2-4 Wochen erforderlich, um die Belastungsfähigkeit und -bereitschaft wieder herzustellen. Neben Urlaub mit vollständiger Belastungspause helfen dazu primär unspezifische und niedrige Trainingsreize. Der Läufer bzw. Rennrollstuhlfahrer trainiert gerade nicht die Ausdauer, sondern spielt z. B. Fußballtennis/Tischtennis, wogegen Sprinter, Springer und Werfer durch Fahrradfahren oder Skilaufen ihre Kapillarisation verbessern.
- Gibt es im Trainingsjahr zwei Makrozyklen, z. B. Hallen- und Freiluftsaison, wird nach der Hallensaison die Übergangsperiode nur 1-2 Wochen, nach der Freiluftsaison 3-4 Wochen betragen, um frei von Blessuren, ausgeruht und motiviert das Training wieder aufzunehmen.
- Mit zunehmendem Alter steigt der Regenerationsbedarf in allen bisher genannten Zeiträumen bzw. müssen die Regenerationszeiten länger werden.
- Im mehr-, gar vieljährigen Leistungsaufbau sind entsprechend längerdauernde Erholungszeiträume einzuplanen, z. B. ein „Sabbatical“ über einen Makrozyklus oder ein ganzes Trainingsjahr, in dem Ausbildungs-, berufliche und private Zielstellungen (längere Reisen) verfolgt werden (um diesbezüglich für die Folgejahre „den Rücken frei zu haben“).
- Spitzenathletinnen verbinden diese sportliche Auszeit z. T. auch mit der „Familienplanung“, bekommen ihr erstes (oder zweites) Kind und vereinbaren so mit ihren Partnern langfristig familiäre Pflichten, berufliche Absicherung und Leistungssport miteinander. Solche Pausenjahre bieten sich insbesondere nach einem mehrjährigen Höhepunkt wie den Paralympics an (Abb. 6.7).

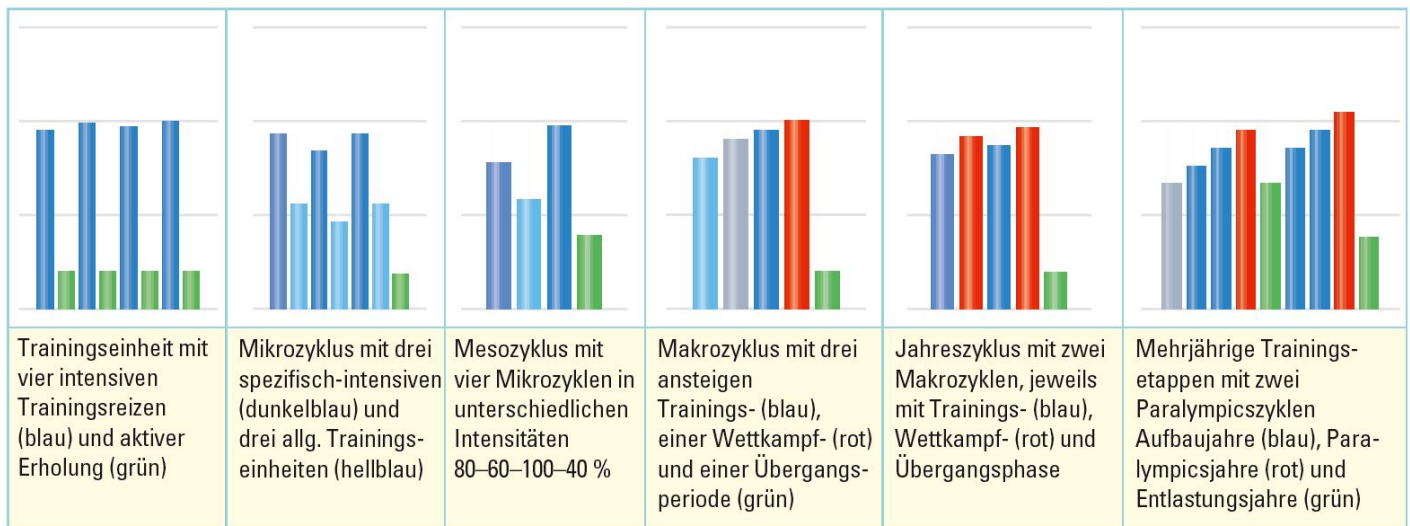


Abb. 6.7 Belastungs- und Erholungsabfolge für unterschiedliche Zeitintervalle (Killing, 2023)

6.1.4 Sonderfall Wachstum und Reifung

Ist ein junger Sportler weitgehend untrainiert, wirkt beinahe jeder sportmotorische Reiz überschwellig und sorgt für eine allgemeine Erhöhung seines Leistungsvermögens. Unabhängig davon, ob er als Rollstuhlfahrer 30 min Basketball spielt, eine Wurfserie absolviert, intensive Sprintstarts durchführt oder zügig einige Runden fährt, wird danach nicht nur seine Start- bzw. Wurfleistung zunehmen, sondern auch seine 50-m-Sprint- und Ausdauerleistung besser. Dies ist darin begründet, dass durch allgemeine Belastungsreize die intramuskuläre Koordination besser, d. h., die Kraftstöße konzentrierter erfolgen, das (inter-) muskuläre Zusammenspiel verfeinert wird, das Herz-Kreislaufsystem aktiviert, Fett ab- und Muskelmasse aufgebaut, das Kraft-Last-Verhältnis günstiger wird, der Sportler die Aufgabenstellung leichter verstehen und umsetzen kann usw.

Dies gilt noch einmal mehr in Phasen verstärkten Wachstums, wie sie der Mensch in seiner Kindheit und Jugend durchlebt. Gerade in der Pubertät erhöhen sich bei Jugendlichen Größe und Gewicht fortlaufend, auch steigt der Anteil der Muskelmasse erheblich (s. o., Kap. 4). Bei den Mädchen setzt die Pubertät ca. 1,5 Jahre früher ein, sodass sie zeitweise den Jungen körperlich vorausseilen. Bei den Jungen setzt die Pubertät zwar später ein, doch halten bei ihnen Längenwachstum und Muskelzuwachs länger (bis etwa 16-18 Jahren) an, so dass schon allein dadurch die körperliche Leistungsfähigkeit stark zunimmt und die der gleichaltrigen Mädchen ein- und deutlich überholt (s. o., Tab. 4.1). Mit dem körperlichen Wachstum müssen in den entsprechenden Startklassen auch die Wettkampfgeräte (Rollstuhl, Prothese) angepasst bzw. ausgetauscht werden. Da Wachstum und körperliche Umstrukturierungen erhebliche Mengen an Energie und Eiweiß-Baustoffen benötigen, ist in der Wachstumsphase auch ihr Nährstoffbedarf erhöht. In dieser Phase genügen schon geringe Trainingsintensitäten (Abb. 6.8, links) zur Auslösung einer optimalen Anpassung bzw. Leistungssteigerung.

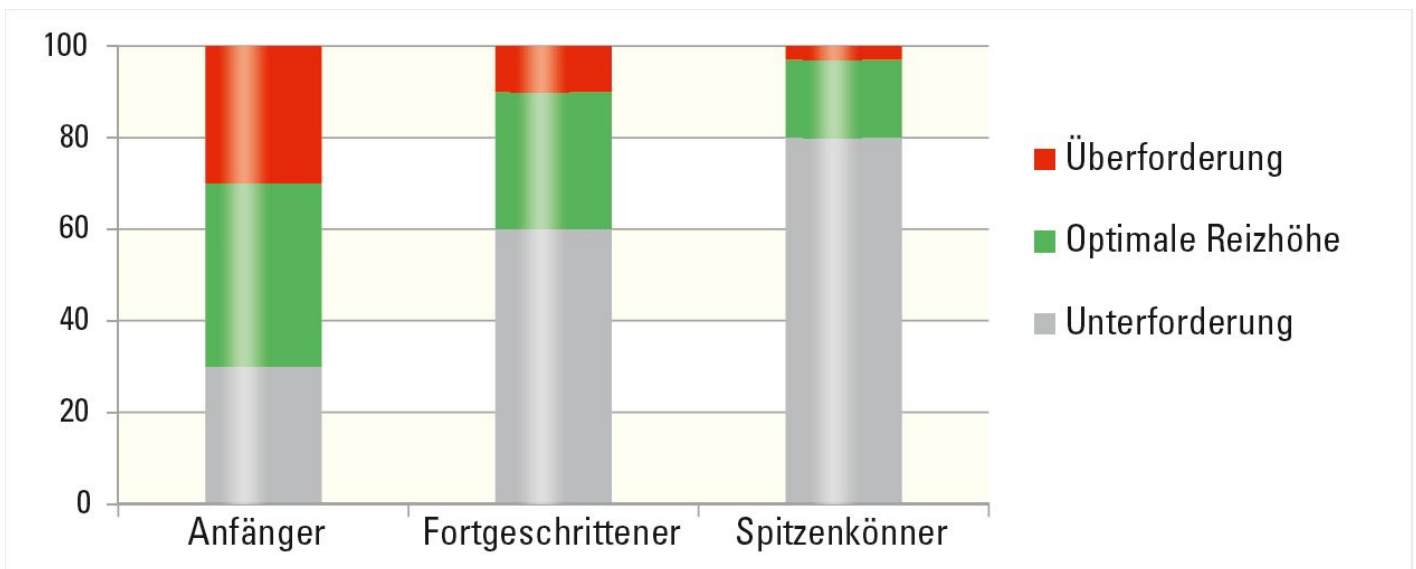


Abb. 6.8 Optimaler Belastungsreiz zur Auslösung biologischer Adaptation in Abhängigkeit vom Trainingszustand

Am Ende dieser Phase, bei Mädchen mit ca. 13-15 Jahren, bei Jungen mit 16-18 Jahren, hat die körperliche Leistungsfähigkeit einen ersten, natürlichen Gipfel erreicht. Danach, bis ca. 22 Jahre, festigen sich noch das Skelett und Bindegewebe (Gelenkkapseln, Bänder, Sehnen), der Körper wird stabiler und belastbarer, so dass die Trainingsbelastung, insbesondere die Intensität, erst dann ihr Maximum erreichen sollte (vergl. Schäfer & Killing, 2021).

In Phasen verstärkten Wachstums steigt die Leistung schon „von alleine“ bzw. bei leichten und allgemeinen Trainingsreizen an. Durch ein intensiveres Training wird dieser Effekt noch verstärkt, so dass die Leistung schneller zunimmt. Da aber keine Leistungsmaximierung im Alter von 13 oder 15 Jahren, sondern deutlich später angestrebt wird, gilt es im Jugendalter ein Optimum und kein Maximum der Trainingsintensität/-belastung zu finden (s. o, Kap. 4.2).

Auf fortgeschrittenem Niveau, wenn der Körper gefestigt ist und die Anpassungen schon ein hohes Niveau haben, die Muskulatur gut entwickelt, der Fettanteil gering und die Koordination sehr gut ist, funktioniert dieser universelle Anpassungseffekt durch allgemeines Training allerdings nicht mehr, dann müssen Belastungsreize intensiver und spezifischer gestaltet werden. Dann kann die Sprintleistung nur durch sprintnahe Trainingsreize, z. B. die Sprinttechnik, die Frequenz, die Sprintkraft und das Krafttraining für die betreffende Muskulatur, verbessert werden. Auch muss mit fortschreitendem Trainingsniveau die Reizintensität näher an das aktuelle Maximum rücken (Abb. 6.8, mitte und rechts), damit der Reiz noch überschwellig im Sinn des Adaptationsprozesses wirkt. Die relativ großen Spielräume für die optimale Reizintensität (z. B. 60-90 % für den Fortgeschrittenen) erklärt sich aus den unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen konditionellen Fähigkeiten: Für die langdauernden Ausdauerbelastungen genügen 60 % des aktuellen Maximums (VO_{2max}), für die kurzzeitigen Sprintbelastungen sind dagegen 90 % und mehr Intensität erforderlich, um eine Anpassung auszulösen. Die Kraftfähigkeiten erfordern mittlere Trainingsintensitäten (70-80 %; vergl. Zöllkau & Killing, 2021).

6.1.5 „Schnellzucker“

Darüber hinaus sollte man gerade die sehr schnellkräftigen, sich sprunghaft entwickelnden jungen Sportler besonders sorgfältig beobachten, da bei ihnen ohnehin jede Trainingsaufgabe, z. B. jeder Start, jede Beschleunigung und jeder fliegende Sprint, jeder Sprung oder Wurf, jede Hebeübung im Krafttraining intensiver umgesetzt wird und einen höheren Effekt hat. Denn die Kontraktion der Muskelfasern erfolgt bei ihnen schneller, entsprechend werden mehr Zug- und Druckkräfte auf Sehnen, Bänder, Gelenke und Knochen ausgeübt, so dass diese stärker beansprucht werden. Statt bei den schnellzuckenden Sportlern die Intensität und Spezifität zusätzlich zu fordern und zu steigern, sollte der Trainer bei ihnen gezielt die Bewegungsqualität fördern und zugleich einen hohen Anteil allgemein koordinativer und athletischer Ausbildung sicherstellen, um die stärkere Belastung der passiven Strukturen zu kompensieren und diese auf künftige, noch intensivere Belastungen vorzubereiten. In den Wettkämpfen erzeugen diese Sportler ohnehin hohe spezifische Intensitäten.



Abb. 6.9 Phil Grolla (vorne rechts), ist als klassischer Sprinter ein typischer „Schnellzucker“

6.1.6 Unterschiedliche Anpassungszeiträume einzelner Organsysteme

Während, wie zuvor ausgeführt, beim Anfänger beinahe jedes Training die sportliche Leistungsfähigkeit insgesamt verbessert, stellt sich der Anpassungsprozess, wenn erst ein gewisses technisch-koordinatives und durch Wachstum sowie Training auch konditionelles Niveau erreicht ist, anspruchsvoller dar. Dann müssen die Trainingsbelastungen nach ihrer Wirkungsrichtung unterschieden werden. Eine Möglichkeit ist hier die Differenzierung in verschiedene Organsysteme:

- Kardiopulmonales System (Lunge-Herz-Kreislauf-Blut)
- Muskel-System (kontraktile Elemente der Muskulatur)
- Kollagen-System (bindegewebige Strukturen wie Sehnen, Bänder, Kapseln, Knorpel)
- Neuro-System (Gehirn, Zentrales Nervensystem, efferente und afferente Nervenbahnen)
- Energiespeicher (im Blut und in Speicherorganen wie der Leber)

Durch intensive und spezifische Trainingsreize kann es zu einer Ungleichzeitigkeit der Erholung und biologischen Anpassung der einzelnen Organsysteme kommen (Tab. 6.2, s. auch Tomasits & Haber, 2016, 164). Muskeln reagieren auf z. B. Krafttrainingsreize durch bessere intramuskuläre Koordination und Querschnittsvergrößerung deutlich schneller als Sehnen, Bänder und Knochen (Weineck, 2019). Die so früher kräftigeren Muskeln „zerren“ an den nur langsam wachsenden Sehnen und Gelenken, so dass Überlastungen und Verletzungen drohen. Dieser Gefahr beugt man durch die Einhaltung der altersund entwicklungsgemäß angemessenen (niedrigen) Intensitäten (s. o., Abb. 6.8) und durch ein vielseitiges, allgemeines Training vor, das gewährleistet, dass der Körper gleichmäßig entwickelt wird (s. o., Voraussetzungstraining, Kap. 4.2).

In Abb. 6.10 gehen wir von einem für das Nachwuchstraining typischen gemischten Training mit vorwiegend Technik- (z. B. nach Erwärmung, Sprint-ABC zur Koordination und Bahnung einer Sprungbzw. Wurfdisziplin), Schnelligkeits- bzw. Schnellkraftinhalten (z. B. Sprints und Mehrfachsprünge) aus. Entsprechend werden das neuronale System und die kontraktile Elemente der Muskulatur hoch beansprucht und ermüden schneller bzw. stärker. Dagegen wird das Herz-Kreislaufsystem nur wenig gefordert und die Energiespeicher nicht vollständig entleert bzw. sind schnell wieder auffüllbar. Letztere sind schon am darauffolgenden Tag wieder voll funktionsfähig.

Tab. 6.2 Unterschiedliche mittlere Anpassungszeiten einzelner Körpersysteme

System	Erste Adaptation	Relevante Adaptation
Nervensystem	Lernen auf Anhieb	Einige Wochen
Muskelproteine	1-2 Wochen	6-8 Wochen
Energiespeicher	3-4 Wochen	Mehrere Monate
Herz-Kreislaufsystem	Mehrere Wochen	ca. halbes Jahr
Kollagene (Sehnen, Bänder, Knochen)	Mehrere Monate	3-4 Jahre

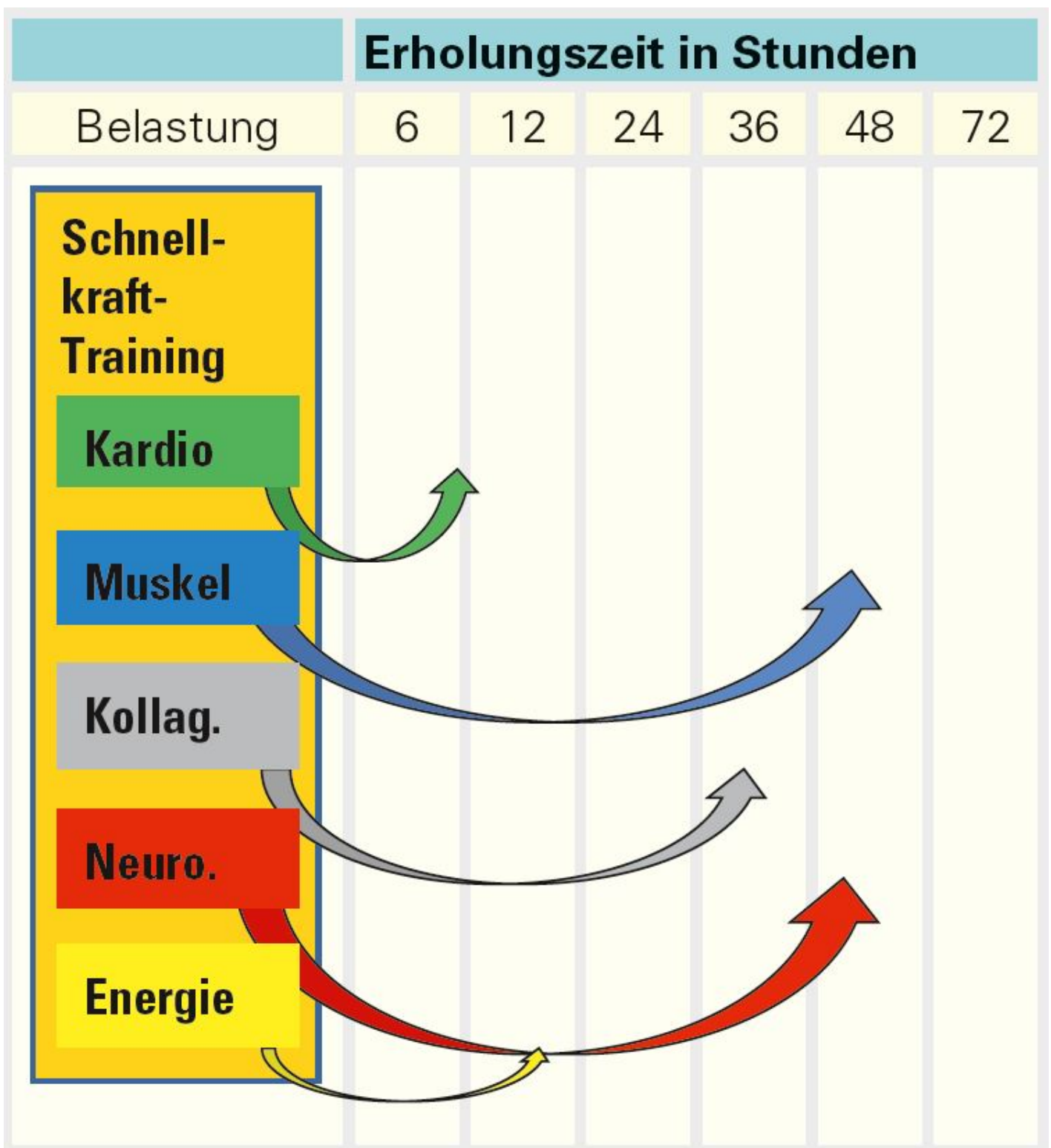


Abb. 6.10 Ermüdung und Erholungsdauer einzelner Organsysteme nach Schnellkraft-Training

Etwa in der Mitte bewegt sich die Beanspruchung und Ermüdung der kollagenen Strukturen wie Sehnen, Muskelhüllen und Bänder, da diese – eben wegen ihrer langsameren Adaptation – von

Natur aus eine höhere Belastbarkeit und geringere Ermüdbarkeit als die Muskulatur aufweisen. Anders wäre dies bei einem ungewohnt intensiven Sprungkrafttraining oder bei Bergabläufen, bei denen die kollagenen, bindegewebigen Anteile einen Großteil der Aufprallenergie abfangen müssen und entsprechend stark beansprucht würden und, da sie schlecht durchblutet sind, mehrere Tage bis zu einer Woche Erholungszeit bis zur erneuten vollen Belastbarkeit benötigen (siehe Info-Kasten Muskelkater; aber auch Thomaskamp & Killing, 2021). Ähnlich überlastend kann auch eine erneute Schnellkraftbelastung am Folgetag, also im ersten Teil der Erholung, wirken, da sich nachfolgend die Ermüdungseffekte überlagern würden und eine längere Erholungszeit erforderten (s. o., Übertraining).

Im Beispiel von Abb. 6.10 sind die Muskulatur und das Nervensystem am stärksten belastet und benötigen länger bis zur vollen Erholung und erneuten Belastbarkeit, so dass erst 72 Stunden nach der ersten Belastung wieder ein vergleichbar intensives Training absolviert werden könnte. Ein Techniktraining mit niedriger Intensität (z. B. Imitationsübungen) ist auch schon am übernächsten Tag möglich, insbesondere, wenn andere Disziplinen bzw. andere Muskelgruppen trainiert werden. Ein allgemeines Athletiktraining oder Turnübungen sind, insofern sie keine reaktiven Belastungen für die Beine beinhalten, sogar schon am ersten Tag nach der Belastung möglich. Ein Aufwärmtraining mit Einlaufen, Gymnastik, Lauf-ABC und leichten Steigerungen kann durch die erhöhte Durchblutung die Regeneration fördern und verkürzen.

Einschub: Muskelkater

Wenn die Muskulatur in ungewohnten Winkelstellungen intensiv belastet wird, z. B. für die Stehend-Sportler beim Bergwandern, Bergabläufen oder beim ersten Krafttraining mit tiefen Kniebeugen, kann sie für mehrere Tage in der Mikrostruktur beschädigt und in ihrer Funktion beeinträchtigt werden. Das geht mit Schmerzen bei entsprechenden Bewegungen, z. B. beim Treppensteigen, einher, man spricht dann vom Muskelkater. Tritt er auf, muss das Training deutlich reduziert, alles Schmerzhafte vermieden und auf regenerierende Inhalte umgestellt werden, z. B. am ersten Tag leichtes Schwimmen, am zweiten Tag ein kurzer, ruhiger Dauerlauf und leichtes Dehnen, am dritten Tag ein Aufwärmtraining einschließlich Lauf-ABC und Steigerungsläufen usw., bis die Beschwerden abgeklungen sind. Auch wenn Muskelkater bei Trainingsumstellungen nicht ganz zu vermeiden ist und aus pädagogischen Gründen einmal „lehrreich“ für die jungen Sportler sein kann, sollte er grundsätzlich nicht angestrebt werden, da er das Training und die Leistungsentwicklung für einige Zeit unterbricht. Führt man neue, ungewohnte Übungen ein, startet man daher besser mit abgeschwächter Ausführung, kleineren Beugewinkeln, geringer Intensität und kleinen Wiederholungszahlen: – Beim Krafttraining mit der Hantel wählt man zunächst nur moderate Gewichte und kleine Beugewinkel. – Bei Bergauf-/absprints beginnt man an flachen Anstiegen und läuft nur kürzere Strecken. – Beim Zirkeltraining sind die Belastungszeiten anfangs kurz, die Pausen länger usw. In den folgenden Trainingseinheiten wird die Belastung sukzessive erhöht, die Beugung verstärkt, das Gewicht erhöht und die Reizdauer verlängert, bis nach einigen Wochen ohne Muskelkater das gewünschte Niveau erreicht ist.

Geht man von einer Erholungszeit von 48 bis 72 Stunden nach intensiven Belastungen aus (Abb. 6.10), können innerhalb einer Trainingswoche zwei bis drei solcher Hauptbelastungen gesetzt werden, zudem weitere komplementäre Einheiten mit allgemein-athletischen oder kompensatorischen Inhalten. Bezüglich der Anzahl intensiver Belastungen gibt es Unterschiede je nach Belastungsart bzw. Disziplinblock. In Tab. 6.3 ist eine Trainingswoche für einen fortgeschrittenen Schnellkraftsportler kurz vor Saisonbeginn dargestellt, in der hochintensive, spezifische Sprints und Sprungserien die Hauptbelastung darstellen. Die werden im Wochenplan auf die „besten Tage“ gelegt, vor denen sich der Athlet hat erholen können (s. u., Kap. 7.3.4). Am jeweils selben Tag in einer Nachmittagseinheit absolviert er das Krafttraining, das die Muskulatur zusätzlich ermüdet, den passiven Bewegungsapparat aber schont. Danach hat er bis zur nächsten intensiven, den gleichen Fähigkeitskomplex entwickelnden Einheit 48 Std. bzw. – über das Wochenende – 72 Std. Zeit, um die übrigen Trainingsinhalte wie Koordination, Stabilisation, Würfe usw. unterzubringen und sie so zu gestalten, dass sie die Regeneration und Anpassung bezüglich der Haupt-Belastungseinheiten nicht gefährden.

Tab. 6.3 Trainingsmittelverteilung im Wochen-Mikrozyklus mit Nachlaufzeiten

Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Sprint Sprungkraft intensiv	Koordination Athletik	Starts Tempoläufe intensiv	Frei oder Jogging	Sprint Sprungkraft intensiv	Koordination Turnen Gymnastik	frei
Kraft Beine und Hebeübung.		Kraft Nur Arme / Schultern	Physio- therapie	Kraft Beine und Hebeübung.		

Spätestens nach dem Wochenende mit zwei ruhigen bzw. freien Tagen sollte der Athlet seine vorige Leistungsfähigkeit wiedererlangt oder sie sogar übertroffen haben. Anders sieht die organische Beanspruchung bei einem primär ausdauerorientierten Training aus, wie wir es in Abb. 6.11 dargestellt haben. Wird ein ruhiger Dauerlauf absolviert (in der Abb. links), werden die Organsysteme zwar unterschiedlich beansprucht, vor allem das Herz-Kreislauf-System und die Energiespeicher, doch werden auch sie bei weitem nicht ausgeschöpft, insbesondere, wenn es sich um routinierte Läufer handelt, so dass schon am Folgetag wieder eine intensive Belastung, sei es technik- oder schnellkraft- orientiert, sei es eine erneute Ausdauerbelastung, möglich ist. Dann muss bzw. braucht auch die Ermüdungs-Erholungsphase erst ab da neu bestimmt zu werden.

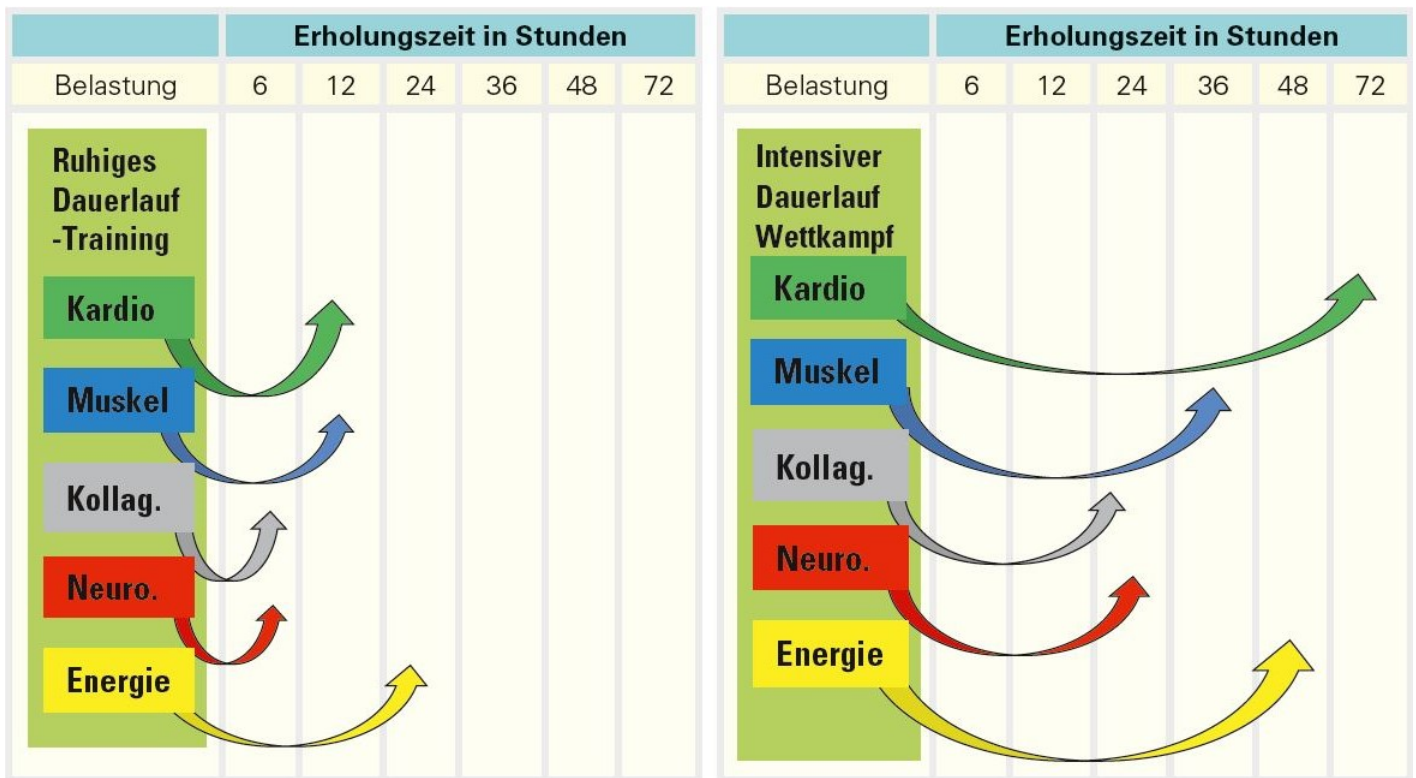


Abb. 6.11 Ermüdung und Erholung einzelner Organsysteme nach ruhigem (links) und längerem, intensivem Dauerlauf oder Intervalltraining (rechts)

Von fortgeschrittenen Athleten wird ein ruhiger Dauerlauf zur Regeneration und Verkürzung der Erholungsphase, also zur aktiven Erholung genutzt. Wird allerdings, wie in Abb. 6.11 rechts dargestellt, ein sehr intensiver GA2-Dauerlauf, z. B. ein intensives Intervalltraining oder ein Cross-Wettkampf durchgeführt, werden sowohl das Herz-Kreislauf-System wie auch die Energiespeicher stark beansprucht, so dass mehrere Tage zur Erholung und Auffüllung der Energiespeicher bis zur nächsten intensiven Belastung erforderlich sind. In dieser Zeit sollten die Energiespeicher durch kohlenhydratreiche Nahrung aufgefüllt und keine intensiven Trainingsreize wie schnelle Tempoläufe absolviert werden, da der Organismus insgesamt geschwächt und verletzungsanfällig ist („open window“ für Infektionserkrankungen, vergl. Dickhuth et al., 2008). Immerhin wäre nach 48 Std. ein Athletik-Training mit dem Schwerpunkt Rumpfkraft und schon nach 24 Std. ein regeneratives Schwimmen bzw. ein ruhiger Dauerlauf möglich (zur Anordnung der Belastungen im Wochen- bzw. Mikrozyklus siehe insbesondere Kap. 7).