

### III Regeneration(smanagement) und Athletenmonitoring

#### Pfeiffer, Mark

Univ.-Prof. Dr. phil. Mark Pfeiffer ist am Institut für Sportwissenschaft der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz (JGU) Leiter der Abteilung „Theorie und Praxis der Sportarten“. Zuvor war er zwei Semester an der Technischen Universität München (TUM) als Universitätsprofessor tätig. Er hat an der Universität Kassel Sportwissenschaft und Politik für das Lehramt (Gymnasien) studiert und an der Universität Leipzig promoviert. Die Habilitation erfolgte an der Universität Bayreuth. Von September 2013 bis September 2017 war Prof. Pfeiffer Sprecher der Sektion „Trainingswissenschaft“ der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft (dvs).

Seine Forschungsschwerpunkte beziehen sich u.a. auf das Talenterkennung und Athlet:innen-Monitoring sowie Anpassung, Erholung und Regeneration. Er war Mitglied des interdisziplinären Forschungsteams im REGman-Projekt (BISp) und hat im Rahmen des Projekts mit „REGmon“ eine webbasierte Softwarelösung für das Athlet:innen-monitoring bzw. Regenerationsmanagement entwickelt.

→ Universitäts-Webseite

→ Google Scholar

## 1 Theoretische Einführung

Trainingsbelastungen, Wettkampfdichte und sozialer Druck (u. a. durch mediale Präsenz) sind in vielen Disziplinen des Leistungssports in den letzten Jahrzehnten deutlich angestiegen. Trotz intensiver trainingswissenschaftlicher Bemühungen zur Steigerung der Trainingsqualität verdichten sich die Signale aus verschiedenen Sportarten, dass Überlastungssyndrome zunehmen. Zur Vermeidung nicht intendierter Missverhältnisse zwischen Belastung und Belastbarkeit nimmt die Erholungsphase (Regeneration) im klassischen Gesamtgefüge der Trainingssteuerung eine zentrale Stellung ein. Regeneration beschreibt die Phase, in der die aufgrund körperlicher Belastungen veränderten Organ-, Stoffwechsel- und Steuerungssysteme sowie die mentalen Verhältnisse (Psyche) strukturell und funktionell wiederhergestellt (auf den Ruhewert) und angepasst werden (Ferrauti, 2020). Aus leistungssportlicher Perspektive wird Regeneration definiert als die Gesamtheit der Prozesse, die dazu führen, dass eine Person nach einer Trainingsbelastung wieder in der Lage ist, die vor der Belastung gezeigte Leistung zu erbringen oder diese zu übertreffen (Hauswirth et al., 2013).



#### Lizenzhinweis

Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ CC BY 4.0 International zugänglich.

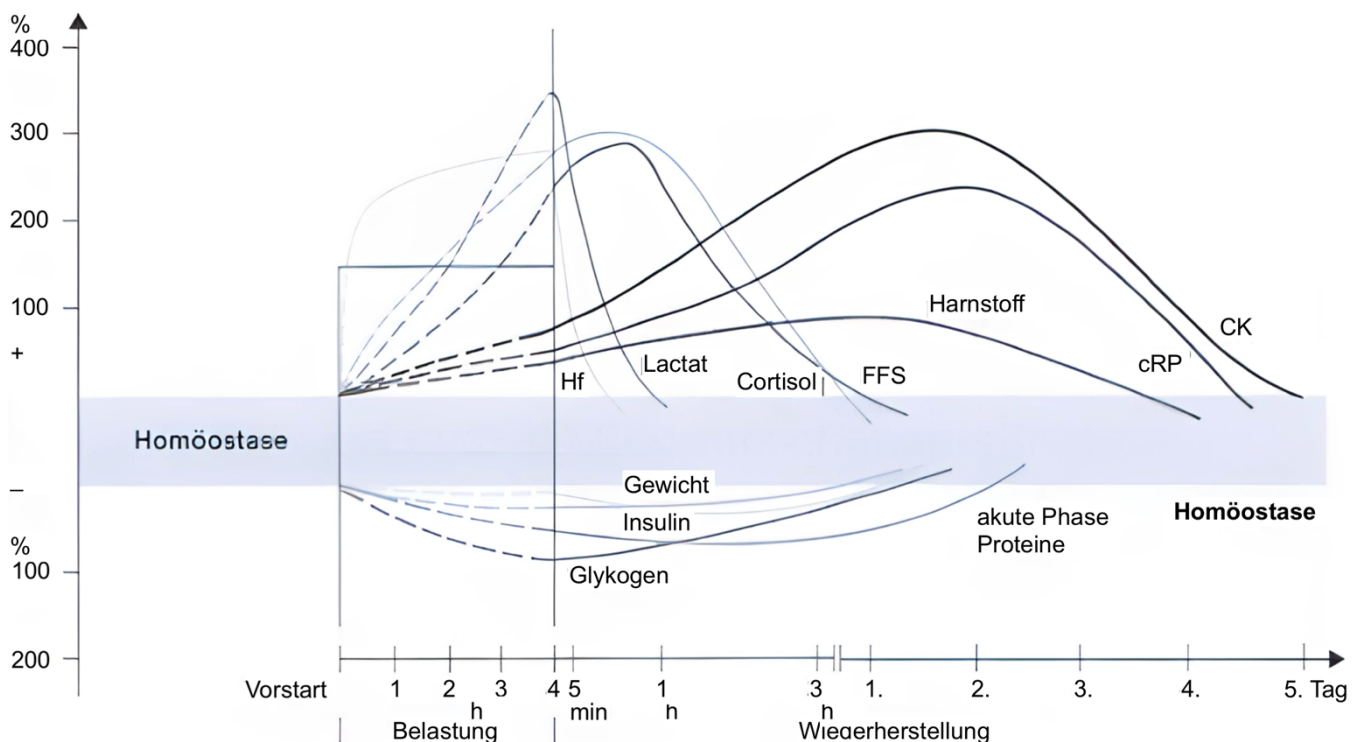
#### Zitiervorschlag

Pfeiffer, M. (2026). Regeneration(smanagement) und Athletenmonitoring. In Josef Wiemeyer, Katrin Hoffmann, Gerrit Kolleger, Kaja Langer, Christian Simon (Hrsg.), *Aktuelle Erkenntnisse zu Training und Leistung im Sport – 36. Darmstädter Sport-Forum 2023* (S. 34-51). Darmstadt: Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Humanwissenschaften, Institut für Sportwissenschaft. <https://doi.org/10.26083/tuda-7732>

## Modellvorstellungen zum sportlichen Training

Für die Einordnung regenerativer Prozesse sind zunächst grundlegende Modellvorstellungen zum sportlichen Training notwendig. Diese bilden sowohl die basalen Mechanismen der Leistungsveränderung (z. B. Adaptation) als auch die Komplexität und zeitliche Dynamik des Trainingsprozesses ab. Die meisten Modellvorstellungen und Theoriepositionen zur Regeneration basieren auf dem von Roux bereits 1895 beschriebenen Homöostase-Prinzip, nach dem jeder lebende Organismus bestrebt ist, Störungen der verschiedenen Funktionssysteme umgehend aktiv zu kompensieren, um den Ruhezustand (Homöostase) wieder herzustellen. Übertragen auf das sportliche Training stellt die Trainingsbelastung eine „Störung“ der Homöostase dar und der Organismus ist permanent bemüht, Prozesse in Gang zu setzen, die der Wiedererlangung des Ausgangszustandes dienen (Abbildung III.1). Bei der Homöostase handelt es sich jedoch weniger um einen genau bestimmbareren Wert als Ausdruck des Gesamtorganismus, sondern vielmehr um einen Bereich, indem die verschiedenen interagierenden Teilsysteme des Körpers sich in einem gewissen „Gleichgewichtszustand“ (dynamisches Fließgleichgewicht) befinden. Als Regeneration wird im Allgemeinen die Phase der Wiederherstellung des Ruhezustandes im Anschluss an die sportliche Belastung bezeichnet, wengleich der Organismus bereits während der Belastungsphase der „Systemstörung“ mit regenerativen Prozessen entgegenwirkt. Die verschiedenen biologischen Teilsysteme und mit ihnen die Prozesse unterscheiden sich zum einen in dem Ausmaß und zum anderen in der zeitlichen Dimension der durch die Störung hervorgerufenen Auslenkung (Abbildung III.1).

Abbildung III.1: Homöostase-Prinzip: Die körperliche Belastung stellt eine „Störung“ des Gleichgewichtszustandes (Homöostase) dar, die den Organismus dazu anregt, Prozesse in Gang zu setzen, die der Wiederherstellung des Ausgangsniveaus dienen. Die verschiedenen Prozesse weisen dabei unterschiedliche Zeitdynamiken auf, die anhand des Verlaufs von Indikatoren (z. B. Herzfrequenz, Glykogen, Laktat usw.) dargestellt werden ( mod. nach Friedrich, 2014).



---

Ermüdungs- als auch Erholungsprozesse finden auf verschiedenen Funktionsebenen des menschlichen Organismus in unterschiedlicher Geschwindigkeit und Ausprägung statt (Meyer et al., 2016):

- Muskulatur (Glykogenentleerung, reversibler Verlust mechanischer Eigenschaften, Mikroschädigungen),
- neuromuskuläres Zusammenspiel (verringerte Impulsrate, verringerte Rekrutierbarkeit),
- autonomes Nervensystem (Dysregulation von Sympathikus und Parasympathikus, Erschöpfung sympathischer Aktivierbarkeit, eingeschränkte maximale Aktivierbarkeit des Herz-Kreislauf-Systems),
- zentrales Nervensystem,
- Hormonsystem (verringerte Aktivierbarkeit von Hormondrüsen, veränderte Ansprechbarkeit innerhalb von hormonellen Feedbackschleifen),
- Bindegewebe (diverse Mechanismen, darunter auch eine eingeschränkte Festigkeit von Bändern, Sehnen und Knochen).

Hierbei ist zu beachten, dass die Verschiedenartigkeit der sportlichen Disziplinen dazu führt, dass die Ermüdung in variabler Weise gleichzeitig auf mehreren Funktionsebenen des menschlichen Organismus hervorgerufen wird.

Die sportliche Leistungsfähigkeit, als Ausdruck des Gesamtsystems, nimmt während der Belastung ab und steigt je nach Belastungsausmaß (Dauer, Art, Intensität usw.) erst im Verlauf der Wiederherstellung an und erreicht später ebenfalls wieder das Ausgangsniveau (Abbildung III.1).

Für das Verständnis der Regeneration im Sport bietet das sogenannte Belastungs-Beanspruchungs-Konzept einen weiteren Erklärungsrahmen. Hiernach stellt die ganzheitliche Belastung, vornehmlich in Training und Wettkampf, den Ausgangspunkt der Leistungsveränderung dar. Unter Belastung wird die Gesamtheit der Einflüsse oder Faktoren verstanden, die im Trainingsprozess oder dem Trainingshandeln aber auch im Alltag auf die trainierende Person wirken. Der Anforderungscharakter der Belastung ergibt sich aus der Art und Schwierigkeit der jeweiligen Handlungsaufgabe und den dabei bestehenden Ausführungsbedingungen (Hohmann et al., 2020). Die Bewältigung der Aufgabe stellt eine Belastung dar, deren Bewältigung durch eine Inanspruchnahme biologischer Strukturen und Funktionen erfolgt. Demzufolge bezeichnet Beanspruchung die Auswirkungen oder Reaktionen auf Belastungen und hängt vom individuellen Ausprägungsgrad der in Anspruch genommenen biologischen Teilsysteme bzw. der Qualität der ablaufenden Prozesse ab. Die Strukturierung der Beanspruchung kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen. Eine physiologische Perspektive betrachtet, wie die einzelnen Systeme wie Muskulatur, Herz-Kreislauf-System, Atmung, Nervensystem oder das endokrinologische System (z. B. Hormone) beansprucht sind. Aus trainingswissenschaftlicher Perspektive wird eine konzeptionelle Verbindung zu den sportmotorischen Leistungsvoraussetzungen, den Komponenten der sportlichen Leistungsfähigkeit, dahingehend hergestellt, dass diese in Anspruch genommen werden, um die von außen einwirkenden Belastungsanforderungen zu bewältigen (Hohmann et al., 2020).

Die Beanspruchung ist somit nicht nur eine unumgängliche Begleiterscheinung körperlicher Belastungen, sondern es bedarf eines gewissen Beanspruchungsausmaßes, um durch sportliches Training gezielt Anpassungsreaktionen des Organismus hervorzurufen. Diese dienen im leistungsorientierten Training dazu, die sportliche Leistung zu verbessern, sie zu erhalten oder einem Leistungsrückgang (z. B. altersbedingt) entgegenzuwirken. Die Trainingsbelastungen müssen hochgenug sein, um entsprechende An-

---

passungsprozesse in Gang zu setzen (adaptationswirksame Belastung bzw. Beanspruchung). Dies erfordert mit zunehmendem Leistungsniveau eine sukzessive Erhöhung der Gesamtbelastung und/oder eine auf die jeweilige Zielstellung ausgerichtete zeitliche und methodische Belastungsverteilung (Periodisierung). Um Leistungsrückgänge in Folge zu hoher Belastungen zu vermeiden, sind gezielte Phasen der Regeneration (Erholung) notwendig (Halson & Jeukendrup, 2004).

Die Beanspruchung des Organismus geht zeitlich über die akute Belastungsphase hinaus, weshalb eine begriffliche Abgrenzung zur Phase der Wiederherstellung, d. h. der Regeneration hilfreich ist. Nachfolgend wird die Reaktion des Organismus während der Belastung als Beanspruchung (internal load) bezeichnet, wohingegen Regeneration oder Erholung den Prozess der Wiederherstellung beschreiben. Davon unterscheiden lässt sich die „Erholtheit“, welche den Zustand im Bereich der Homöostase kennzeichnet.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in der Sportwissenschaft die verschiedenen Begrifflichkeiten keineswegs einheitlich verwendet werden. Die Antwortreaktionen des Organismus im Nachgang einer sportlichen Belastung werden zum Teil ebenfalls als Beanspruchung bezeichnet, beispielsweise wenn mittels eines Fragebogens der Zustand der Beanspruchung eingeschätzt werden soll, wie beim „Akutmaß Erholung und Beanspruchung (AEB)“. Unter Beanspruchung wird hier der Zustand des Organismus verstanden, unter Belastung und in „Ruhe“.

### **Von der Regeneration zum Regenerationsmanagement**

Die bisherigen Ausführungen verdeutlichen, dass es sich bei der Regeneration als Bestandteil des Trainingsprozesses um ein facettenreiches Phänomen handelt, das sowohl zeitliche Komponenten (u. a. Erholung während oder zwischen aufeinanderfolgenden Belastungen) als auch belastungs-, adressaten- und umweltspezifische Besonderheiten aufweist. Regeneration hat folgende vier Ziele (Hauswirth et al., 2013):

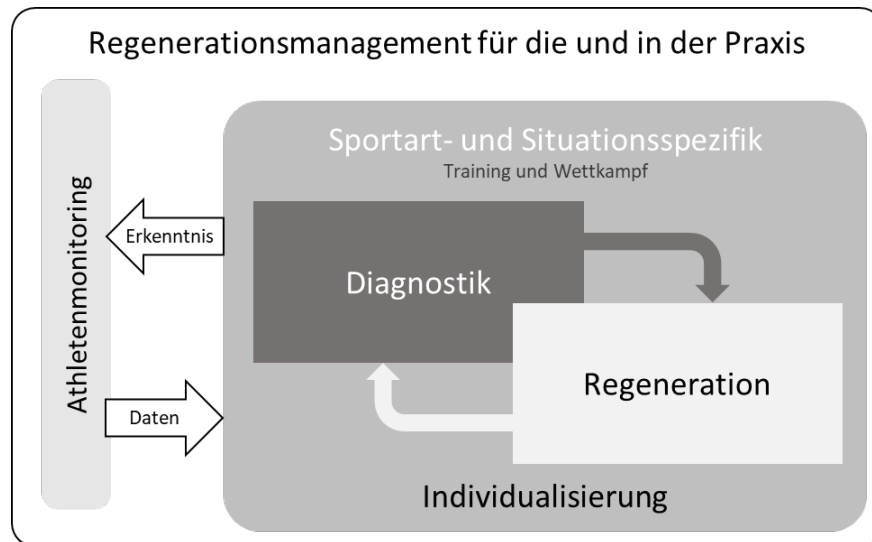
- Unterstützung und Verbesserung der Trainingsanpassung/-wirkung
- Reduzierung des Risikos von Überbelastung und Übertraining (non-functional overtraining, overtraining syndrome)
- Reduzierung des Risikos von Verletzungen und Krankheiten
- Schnelle Wiederherstellung der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit (Performance).

Für die Zielerreichung ist es zunächst wichtig, diejenigen Sportlerinnen und Sportler zu identifizieren, die einen besonderen Erholungsbedarf aufgrund einer hohen Beanspruchung aufweisen. Gleichzeitig ist es genauso bedeutsam, jenen Sportlerinnen und Sportlern ihr „normales“ Training zukommen zu lassen, die nicht „übermäßig“ beansprucht, d. h. nicht akut regenerationsbedürftig sind. Sollte eine Regenerationsbedürftigkeit festgestellt werden, gilt es im nächsten Schritt eine geeignete Auswahl von regenerationsfördernden Maßnahmen zu ermitteln, mit deren Hilfe sich die Regenerationsprozesse der betroffenen Sportlerinnen und Sportler angemessen unterstützen lassen. Die Kernaufgaben des Regenerationsmanagements besteht in 1. der Abschätzung des Erholungsbedarfes sowie 2. der Auswahl und Dosierung von Interventionen, um Regenerationsprozesse zu unterstützen.

Zur Bewältigung beider Aufgaben sind die Sportartspezifika (u. a. Anforderungsprofil, Trainings-, Leistungs- und Wettkampfstruktur) und die Kontextbedingungen (u. a. Klima, Material usw.) zu berücksichtigen. Weiterhin bedarf es prozessbegleitender Informationen über die Sportlerin/den Sportler und de-

ren Beanspruchungs- und Belastungssituation, um den Regenerationsstatus und die Effekte der regenerationsfördernden Maßnahmen besser beurteilen zu können. Damit wird vor allem der Individualität der Trainingswirkung und der Anpassungsreaktionen sowie der Effekte regenerationsfördernder Maßnahmen Rechnung getragen. Das Athletenmonitoring fungiert hier als Bindeglied zwischen den beiden Kernaufgaben (Diagnostik und Regeneration) und dem Trainingsprozess und ist in dieser Funktion ein Bestandteil des Regenerationsmanagements (Abbildung III.2).

Abbildung III.2: Regenerationsmanagement bestehend aus den beiden Kernaufgaben der Diagnostik des Regenerationsbedarfs und der Regenerationsförderung unter Berücksichtigung der Sportart- und Situationspezifität sowie dem Athletenmonitoring als Bindeglied zum Trainingsprozess.



Das Interesse des Leistungssports am „Regenerationsmanagement“ ist ungebrochen, wie u. a. die Vielzahl internationaler Publikationen belegen. Ganz offenbar werden auf diesem Gebiet nach wie vor relevante Reserven im Hinblick auf die Leistungsoptimierung gesehen.

## 2 Diagnostik des Regenerationsbedarfs

Der Trainingsprozess lässt sich bezogen auf die Belastungsfolgen in verschiedene Phasen einteilen (Meeusen et al., 2013). Nach einer Trainingseinheit mit einer Belastung, die hoch genug ist, entsprechende Anpassungsreaktionen des Organismus zu bewirken (Überlastung), stellen sich abhängig von Trainingsintensität und -umfang zunächst Leistungseinbußen, Ermüdungserscheinungen und eventuell auch Verschlechterungen der Gemütslage ein. Diese gehen jedoch nach angemessener Erholung zurück und führen im Idealfall zu einer Leistungssteigerung (Tabelle III.1). Die Wiederherstellung der Energiereserven in der Erholungsphase dauert je nach Belastungsgestaltung einige Stunden oder Tage (acute fatigue), kann jedoch auch bis zu zwei Wochen (functional overreaching) andauern.

Bei einer weiteren Intensivierung des Trainings mit unzureichenden Erholungsphasen, kann ein Erholungsbedarf von mehreren Wochen entstehen. Leistungsstagnation oder -rückgang sind in dieser Phase zu beobachten (non-functional overreaching). Bei Weiterführung des Trainings in gleicher Art und Weise oder sogar mit einer Intensivierung, besteht die Gefahr, dass sich die beanspruchten Strukturen und Funktionen erst nach Monaten erholen und die Leistung dauerhaft sinkt (overtraining syndrome). Dieser Zustand beinhaltet krankhafte Fehlanpassungen in den verschiedenen biologischen, neurochemischen und hormonellen Regulationsmechanismen (Meeusen et al., 2013). Neben dem sportlichen Training

kommen in dieser Phase auch andere Ursachen wie sportexterne Stressoren (Faktoren) hinzu oder sind Auslöser eines Übertrainingsyndroms.

Tabelle III.1: Phasenmodell des Trainingsprozesses im Leistungssport (modifiziert nach Meeusen et al., 2013).

Prozess	Training	Trainingsintensivierung		
	(Überlastung)			
<b>Effekt</b>	Akute Ermüdung	„Functional Overreaching“ (Kurzzeit-OR)	„Non-Functional Overreaching“ (Extremes OR)	„Overtraining Syndrome – (OTS)“
<b>Wiederherstellung</b>	Tag(e)	Tage – Wochen	Wochen - Monate	Monate - ...
<b>Leistung</b>	Anstieg	Vorübergehender Leistungsabfall (z.B. Trainingslager)	Stagnation Leistungsabfall	Leistungsabfall

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die akute Belastung im Rahmen des „normalen“ Trainings- und Wettkampfbetriebes (inkl. kürzerer Hochbelastungsphasen) und nicht auf (chronische) Überlastung bzw. Übertraining. Die Bewertung der „normalen“ Ermüdung prägt fast täglich die Handlungsentscheidungen von Trainerinnen und Trainern sowie der Aktiven. Die optimierte Erholung samt Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit nach einer intensiven Trainings- oder Wettkampfbelastung bis zum Folgetag sind von großer sportpraktischer Bedeutung.

Wie einleitend beschrieben ist die Wiederherstellung der aktuell höchstmöglichen sportartspezifischen Leistungsfähigkeit ein zentrales Anliegen der Leistungssportpraxis. Somit wäre diese auch das logische Außenkriterium, um die Güte einer Methode zur Erfassung von Regenerationsbedarf im Leistungssport zu bestimmen (externe Validität). Als Goldstandard für die Diagnostik des Regenerationsstatus (Erholungsbedarfs) gilt ein möglichst sportartspezifischer Leistungstest (Indikatorbelastung), dessen Referenz unbedingt in erholtem Zustand zu gewinnen ist. Für eine valide Beurteilung sind bei der Wahl der Indikatorbelastung neben einem engen Bezug zur jeweiligen Wettkampfbelastung die Reproduzierbarkeit sowie die Sensitivität für leistungssportrelevante Differenzen im Grad des Erholungsbedarfs (und damit der Leistungsfähigkeit) der Athletin/des Athleten von Bedeutung. Die Auswahl eines Goldstandards muss selbstverständlich sportartbezogen erfolgen und kann nicht immer alle Aspekte der Disziplin berücksichtigen (z. B. Sportspiele). Intensive Indikatorbelastungen interferieren zudem mit dem Trainingsalltag und sind aus praktischen Gründen nicht für die routinemäßige Erfassung des Erholungsbedarfs geeignet. Es ist daher notwendig, praxistaugliche Parameter (Surrogatparameter) zu identifizieren und im Vergleich zum etablierten Goldstandard zu validieren.

Mit der Messung von Indikatoren für Erholtheit bzw. Ermüdung werden in der Regel zwei Ziele verfolgt:

- Die Identifikation von Sportlerinnen und Sportlern, die einen Regenerationsbedarf haben. Indirekt werden dabei diejenigen erkannt, die ausreichend erholt, also voll trainierbar sind.
- Die Bewertung von regenerationsunterstützenden Maßnahmen.

In Betracht kommen dabei verschiedene Erfassungsmethoden, die sich im Wesentlichen in folgende Kategorien aufteilen lassen:

- einfache motorische Tests,

- Labordiagnostik (insbesondere Blutwerte),
- Psychometrische Verfahren,
- sonstige Verfahren.

Vorgeschlagen wird ein prozessbegleitendes Monitoring bestehend aus einer Kombination aus sportlicher Leistung und physiologischen, biochemischen, immunologischen und psychologischen Markern als Routinemaßnahme durchzuführen (Coutts et al., 2018; Coutts et al., 2007).

In der Fachliteratur, in der Sportpraxis und im kommerziellen Sektor werden eine Vielzahl an Parametern zur Bestimmung des Erholungszustandes bzw. des Regenerationsbedarfs vorgeschlagen. Diese sind jedoch zum Teil nur unzureichend systematisch hinsichtlich der erforderlichen Sensitivität für die Beurteilung des Erholungsbedarfs im Leistungssport evaluiert. Neben fehlenden Studien im Setting des Leistungssports sind die bislang vorliegenden Befunde kaum vergleichend einzuordnen, weil das forschungsmethodische Vorgehen (u. a. Erfassung der Parameter, Belastungskenngrößen, Belastungsart usw.) uneinheitlich war. Dies wurde im Rahmen des Projekts „Regenerationsmanagement im Spitzensport“ (REGman) zum Anlass genommen, verschiedene Parameter hinsichtlich ihrer Güte zur Erfassung des Erholungsbedarfs zu untersuchen, und zwar nach vorher festgelegten methodischen Standards (Meyer et al., 2016).

Die REGman-Befunde zeigen für fast alle untersuchten Parameter bei identischer Belastungsgestaltung eine zum Teil erhebliche Streuung zwischen den Athletinnen und Athleten (interindividuelle Variabilität). Zusammenfassend werden für drei unterschiedliche Belastungsformen solche Verfahren bzw. Parameter vorgeschlagen, die als Indikatoren für das Regenerationsmanagement eingesetzt werden können (Meyer et al., 2016; siehe Tabelle III.2).

Tabelle III.2: Diagnostische Verfahren zur Messung des Regenerationsbedarfs in Abhängigkeit der Belastungsform (Meyer et al., 2016).

Diagnostische Verfahren	Belastungsform		
	Ausdauer	Kraft	Intervallartig
Motorische Tests	Submaximale Tests für Radsportler (z. B. LSCT) oder Läufer (z. B. YoYo-Tests)	Maximalkraft gemessen über 1RM oder isometrisch (MVIC)	Je nach Beanspruchungsprofil der Sportart CMJ, Multiple Rebound Jump; Kurzsprints
Laborwerte	Harnstoff, Insulin-like growth factor (IGF-1), freies Testosteron, Quotient aus freiem Testosteron und Cortisol Creatinkinase (CK), C-reaktives Protein (CRP)		
Psychometrie	AEB und KEB für ein engmaschiges Monitoring; ggf. weitere psychometrische Verfahren (z. B. DOMS-Skala)		
Weitere Verfahren	Ruhe-HF, HRV (rMSSD) Tensiomyographie (TMG) (z. B. Parameter Dm und Tc)		

### 3 Regenerationsmaßnahmen

Die Leistungssportpraxis ist mit einer Vielzahl an regenerationsfördernden Maßnahmen konfrontiert, deren Wirksamkeitsnachweis jedoch nicht immer unter wissenschaftlich kontrollierten Bedingungen überzeugend nachgewiesen ist. Hierzu zählen weit verbreitete und bei den Athletinnen und Athleten beliebte Maßnahmen wie Sauna oder Kälteapplikationen, aber auch moderne, praxiskompatible Methoden wie Foam-Rolling und technologisch unterstützte Maßnahmen wie beispielsweise Unterdruckbehandlungen, Laser- bzw. LED-Bestrahlungen. Dabei zielen die einzelnen Methoden auf die Unterstützung der Wiederherstellung unterschiedlicher Funktionsebenen des menschlichen Organismus ab (vgl. Kapitel 1). Beispielsweise wirkt Kaltwasserimmersion (KWI) auf den Substrattransport und das anabol-katabole Gleichgewicht, während für Wärme in Form von Sauna vor allem Effekte auf die Muskulatur, insbesondere die Temperatur und die Dehnfähigkeit nachgewiesen sind (Tabelle III.3).

Tabelle III.3: Potenzielle Wirkungsebenen ausgewählter Regenerationsverfahren (Hottenrott & Seidel, 2017).

Potenzielle Wirkungsebene	Wir- Effekt	Regenerationsverfahren				
		AE	KWI	KK	Sauna	Massage
Energieverfügbarkeit	Substrattransport	+	+	+	o	o
	Glykogen Gehalt	-	o	o	o	o
Kreislauf	Gesamtkreislauf	+	+	+	+	-
	Durchblutung Arbeitsmuskulatur	+	-	-	-	+
Muskulatur	Temperatur	+	-	+	+	+
	Dehnfähigkeit	+	-	o	+	+
	DOMS	o/+	+	+	+	+
	Mikroschädigungen	o	+	+	o	o/+
	Vermehrte Flüssigkeit im Gewebe	o/+	+	+	-	+
Immunsystem	Entzündungsreaktion (CRP, IL-1, IL-6, TNF $\alpha$ )	o	+	o	o	o
Hormonsystem	Anabol-kataboles Gleichgewicht	o	+	o	-	o
Neuromuskuläres Zusammenspiel	Aktivierungspotential	o	-	o	-	o
Psyche/Vegetativum	Wohlbefinden	o	+	+	+	+

AE = Aktive Erholung; KWI = Kaltwasser-Immersion; KK = Kompressionskleidung; + = möglicherweise positiver Einfluss; o = ohne Einfluß bzw. unbekannt; - = möglicherweise negativer Einfluß; DOMS = Delayed Onset Muscle Soreness; CRP = C-reaktives Protein; IL = Interleukin; TNF  $\alpha$  = Tumornekrosefaktor

---

Betrachtet man die Zeitdimension, dann zeigt sich, dass die meisten regenerationsfördernden Verfahren im Anschluss an eine ermüdende Trainings- oder Wettkampfbelastung bzw. zwischen zwei Belastungen durchgeführt werden. Der Wirkungsnachweis ist jedoch bislang nur selten unter wissenschaftlich kontrollierten Bedingungen überzeugend erbracht worden, insbesondere im Hinblick auf die Wiederherstellung der sportlichen Leistungsfähigkeit am unmittelbaren Folgetag. Eine genauere Analyse bisheriger empirische Befunde aus dem Bereich des Leistungs- oder Hochleistungssports (Spitzensports) verdeutlicht, dass in vielen Studien einzelne Personen durch die verwendeten Maßnahmen gegenüber einer Kontrollsituation (meist passive Erholung) zwar Vorteile (Positive-Responder) haben, jedoch für andere Teilnehmende dies nicht gilt, diese z. T. sogar negative Reaktionen zeigen (Negative-Responder). Ferner zeigen Studien aus REGman, dass diese Effekte bei mehrfacher Anwendung nur bedingt konsistent sind (reproduzierbare Responder; Wiewelhove et al., 2021). Im Betreuungsumfeld von Athletinnen und Athleten ist dies bei der Auswahl geeigneter Regenerationsmaßnahmen zu beachten.

Insgesamt ist zu konstatieren, dass der Nachweis der Wirksamkeit gängiger Regenerationsmaßnahmen gruppenstatistisch kaum überzeugend und nur selten mit hohen Effektstärken gelungen ist. Bereits die sportartspezifischen Besonderheiten (u. a. Trainings- und Wettkampfstruktur) und Rahmenbedingungen haben zur Folge, dass kein grundsätzliches und gleichermaßen gültiges Anwendungsszenario angenommen werden kann. Darüber hinaus zeigen die Studienergebnisse zum sportlichen Training, dass die Wiederherstellungs- und Anpassungsprozesse auf den verschiedenen Funktionsebenen eine hohe inter- und intraindividuelle Variabilität aufweisen. Für eine grobe Orientierung lassen sich die Studienergebnisse zur Wirksamkeit regenerationsfördernder Maßnahmen in einer vereinfachten und verkürzten Weise vergleichend gegenüberstellen

Abbildung III.3).

In einem weiteren Schritt wurden die Handlungsempfehlungen zum Einsatz von Regenerationsmaßnahmen hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Fundierung und sachlogischen Bedeutung für die verschiedenen Wiederherstellungsprozesse in einem Pyramidenmodell zusammengefasst (Abbildung III.4).

Die Regenerationspyramide verdeutlicht, dass die Bedeutung von Ernährung und Schlaf für eine optimale Regeneration unbestritten ist und die gruppenstatistische Evidenz zur Wirksamkeit komplementärer Regenerationsinterventionen von Kaltwasserimmersion über das Cooling oder die Sauna bis zu Trendanwendungen (z. B. Lichttherapie) bislang überwiegend gering bis trivial ausfällt. Allerdings können die Effekte dieser ergänzenden Maßnahmen im Leistungs- und Spitzensport sowie im Einzelfall durchaus relevant sein.

Abbildung III.3: Simplifizierte Interpretation und Bewertung der Evidenz der Wirksamkeit von Regenerationsinterventionen. Je länger die Regler sind, desto größer ist die Unsicherheit bei der Interpretation und Bewertung der Evidenz. Unsicherheit ergibt sich aus einer zu geringen Anzahl an Studien und/oder einer heterogenen Befundlage (Wiewelhove et al., 2023).

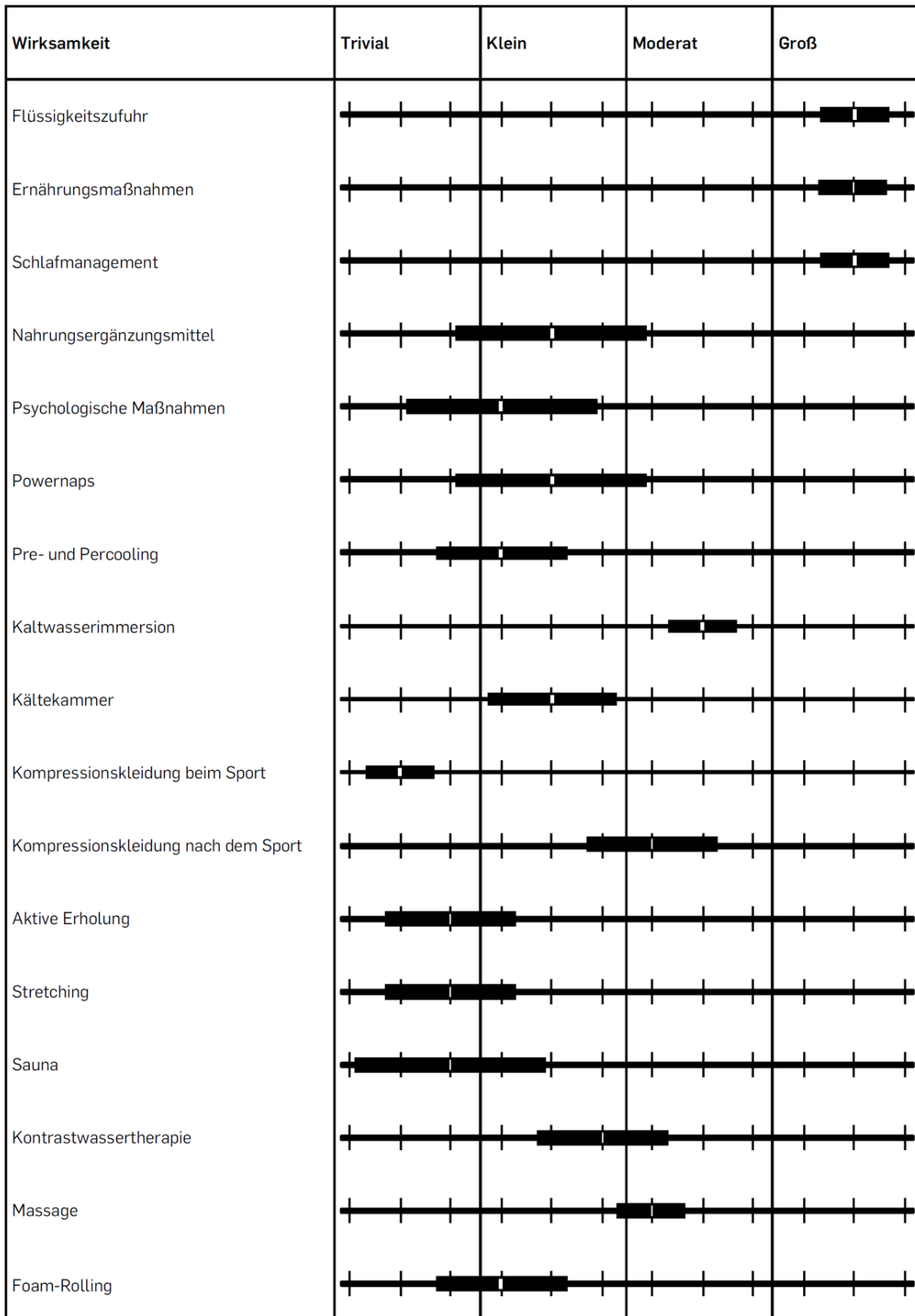
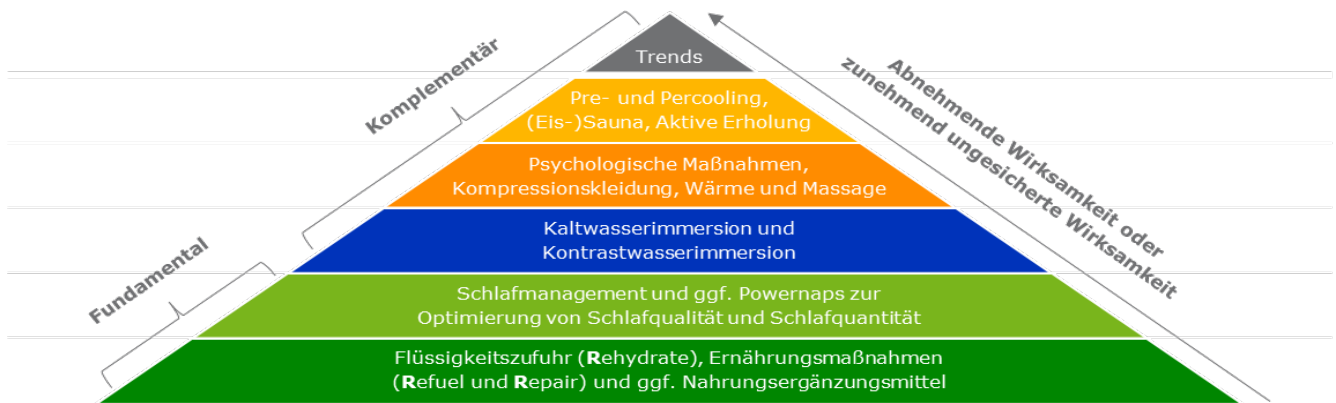


Abbildung III.4: Regenerationspyramide (überlassen von Wiewelhove et al., 2023).



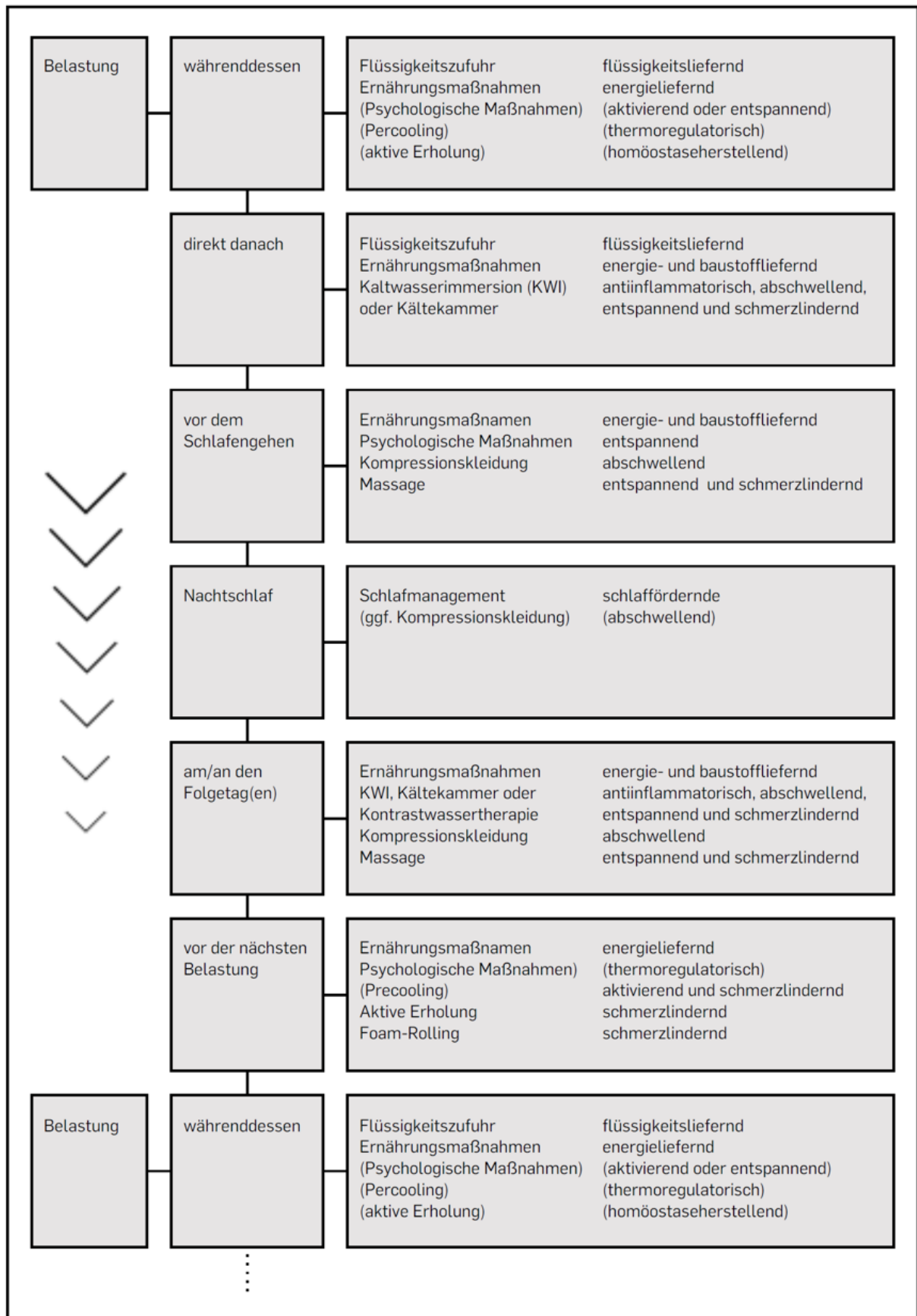
Um der Sportpraxis für die konkrete Handlungssituation aus den verfügbaren Regenerationsinterventionen eine angemessene und systematische Auswahl für jede Sportlerin/jeden Sportler zu ermöglichen, ist man in jüngster Zeit dazu übergegangen, für die zeitliche Komponente sowie belastungs-, adressaten- und umweltspezifische Besonderheiten praxisnahe Entscheidungshilfen zu formulieren (Ferrauti & Pfeiffer, 2020; Thorpe, 2021; Wiewelhove et al., 2023; Wiewelhove et al., 2021). Dabei orientiert man sich an folgenden Punkten:

- Sportart und Belastungsspezifität der absolvierten Aktivität und deren Abstimmung mit dem vorrangigen Wirkungsmechanismus der ausgewählten Maßnahmen.
- Zeitraum, in dem die Erholungsvorgänge stattfinden sollen. Dieser kann sehr kurz (z. B. beim Intervalltraining oder zwischen zwei Trainingseinheiten oder Wettkampfabschnitten an einem Tag) oder länger sein (z. B. über Nacht bzw. über mehrere Tage).
- Individuelle Wirksamkeit von Regenerationsstrategien, individuelle Bedürfnisse, Vorlieben und Überzeugungen sowie das Alter von Athleten.

Dieses Vorgehen lässt sich gut nachvollziehbar am Beispiel der Erholungszeiträume veranschaulichen (Wiewelhove et al., 2021). Ausgangspunkt für die Auswahl regenerativer Maßnahmen ist die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Trainings- oder Wettkampfbelastungen liegenden Zeiträume (Abbildung III.5).

Während der Belastung selbst sind vor allem eine belastungsadäquate Flüssigkeits- und Ernährungszufuhr begleitet von weiteren Maßnahmen wie psychologischen Techniken, aktivierenden Programmen oder Kühlung (je nach Klima) von großer Bedeutung. Im weiteren Verlauf sind es, orientiert am Stadium der Wiederherstellungsprozesse, neben der Ernährung zunächst Kälteapplikationen gefolgt von mechanisch wirkenden Maßnahmen wie Kompression oder Massage. Über Nacht ist dann für einen angemessen langen und erholsamen Schlaf zu sorgen, bevor am Folgetag aus einem breiten Maßnahmenpektrum ausgewählt werden kann. Vor der nächsten Belastung gilt es den Organismus mit psychologischen Maßnahmen, dem Precooling (insbesondere bei Hitze), der aktiven Erholung oder dem Foam-Rolling auf diese optimal vorzubereiten.

Abbildung III.5: Priorisierung von Regenerationsinterventionen unter Berücksichtigung der Erholungszeiträume (Wiewelhove et al., 2023).



---

## 4 Athletenmonitoring

Wie einleitend dargestellt, ist für die leistungssportliche Trainingspraxis sowohl hinsichtlich der Beurteilung des Regenerationsstatus als auch der Einschätzung von Effekten regenerationsfördernder Maßnahmen eine prozessbegleitende, engmaschige Erfassung von Belastungs- und Beanspruchungskenngrößen (Athletenmonitoring) bedeutend. Unter Athletenmonitoring (AM) versteht man die systematische Sammlung und Analyse von Informationen über den Trainierenden und seinen Trainingsprozess im Zeitverlauf (Timmerman et al., 2024). Insbesondere im Leistungssport ist das AM weit verbreitet und mit der exponentiell steigenden Anzahl an jährlichen Publikationen ein Trendthema in der Wissenschaft. AM ist vielschichtig und kann die Erfassung einer breiten Palette numerischer (d. h. quantitativer) und nicht numerischer (d. h. qualitativer) Daten über das Training, den Zustand des Trainierenden oder andere Einflussfaktoren (Ernährung, Schlaf, Alltag) umfassen. Die Verbreitung des AM wurde in den letzten Jahren durch eine rasante Entwicklung im Bereich der Sensortechnologie und eine zunehmende Digitalisierung in fast allen alltäglichen Lebensbereichen gefördert. Beides ermöglicht eine komfortable Bereitstellung wichtiger Daten, Informationen und Erkenntnisse in geringen Zeitabständen.

Ziel der regelmäßigen, prozessbegleitenden Daten- und Informationserfassung im AM ist es, hierüber fundierte Entscheidungen in Bezug auf Trainings- und Regenerationsmaßnahmen ableiten zu können. Das Handeln im Training soll unterstützt und dahingehend optimiert werden, dass die Leistungsbereitschaft und Adaptationsfähigkeit steigt und das Krankheits- und Verletzungsrisiko sowie Zustände des Übertrainings verhindert werden. Hier sind deutliche Parallelen zu den Zielen des Regenerationsmanagements erkennbar (vgl. Kapitel 1).

Im Athletenmonitoring lassen sich die verschiedenen Parameter (Daten, Informationen) den beiden Bereichen „Beanspruchung“ (Person) und „Belastung“ (Umwelt bzw. Wirkungsfaktoren) zuordnen und anhand der folgenden Kriterien unterscheiden (Coutts et al., 2018; Ferrauti et al., 2020):

### Beanspruchungskenngrößen der Person

- Trainings-/Wettkampfbeanspruchung (z. B. Herzfrequenz, Blutlaktat, subjektives Belastungsempfinden)
- Response (z. B. biologische Marker wie Kreatinkinase oder psychometrische Verfahren, Muskelschmerzempfinden)
- sportliche Leistungsfähigkeit (idealerweise durch Testverfahren, die keine zusätzliche Beanspruchung für den Athleten verursachen)

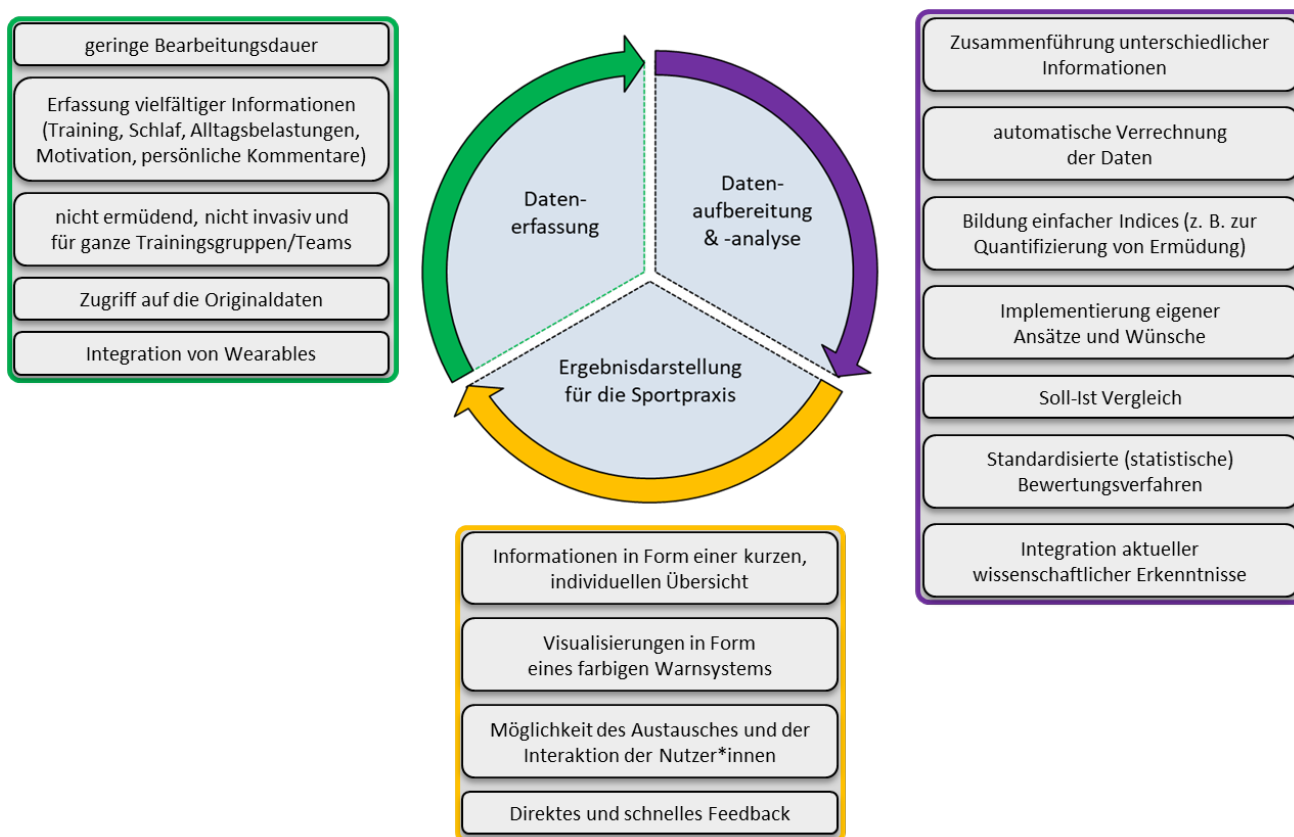
### Belastungskenngrößen der Umwelt

- Trainings-/Wettkampfbelastung (z. B. Trainingsinhalte und -umfänge, Geschwindigkeiten, Bewegungscharakteristika)
- Alltagsbelastung (z. B. Arbeit, Studium, Schule)
- Regenerationsfördernde (z. B. Schlaf, Ernährung, passive und aktive Regenerationsverfahren) und regenerationsbeeinträchtigende Maßnahmen und Rahmenbedingungen (z. B. Verletzungen, Krankheiten)

Bei der Implementierung des AM in die Trainingsroutine spricht man von einem Athletenmonitoringsystem (AMS), welches in einer weiten Definition sowohl die inhaltlich-strukturelle Ebene (z. B. Zielstellung, Test- und Parameterauswahl) als auch die Prozessebenen (Datenerfassung, -aufbereitung, -analyse, -interpretation und daraus folgende praktische Umsetzung) umfasst (Schneider et al., 2020). Die

konkrete Umsetzung erfolgt häufig sportarten- oder sportartengruppenspezifisch, wobei die individuelle Betrachtung im Mittelpunkt steht. In den letzten Jahren sind eine Reihe an anwendungsorientierten Publikationen entstanden, die sich mit dem Prozess der Implementierung eines AMS in die Trainingspraxis und/oder mit den Bedarfen der Trainingspraxis sowie den Anforderungen an ein AMS befassen (u. a. Coyne et al., 2022; Gabbett et al., 2017; Neupert et al., 2022; Neupert et al., 2024; Robertson et al., 2017; Thornton et al., 2019; Timmerman et al., 2024).

Abbildung III.6: Der Prozess des Athletenmonitorings in einem Athletenmonitoringsystem (AMS) bestehend aus den drei Prozessphasen Datenerfassung, Datenaufbereitung und -analyse, Ergebnisdarstellung/-rückmeldung und Anforderungen seitens der beteiligten Personengruppen (Sportlerinnen/Sportler, Trainerschaft und anderes Betreuungspersonal (Roos et al., 2013; Starling & Lambert, 2018).



Fasst man die Ergebnisse zusammen, dann sind es vor allem ökonomische Aspekte und der Bedarf an konkreten Handlungsempfehlungen, die von den am Trainingsprozess beteiligten Personen im Zusammenhang mit einem AMS als bedeutend angesehen werden. Aus Sicht der Nutzerinnen und Nutzer sollte das AMS wissenschaftlich fundiert und gleichzeitig einfach, sportler-/trainernah, praktikabel und kostengünstig sein (Rasche & Pfeiffer, 2020). Die Akzeptanz eines AMS hängt u. a. davon ab, inwieweit Sportlerinnen und Sportler sowie die Trainerschaft einen persönlichen Vorteil aus der Anwendung ziehen können und ob eine adäquate Anleitung im Umgang mit dem AMS erfolgt (Duignan et al., 2019). Weiterhin zeigen die Befunde, dass der Prozess der Datenerfassung und des Feedbacks verstanden werden muss und im Bedarfsfall durch entsprechende Hilfestellungen optimiert werden kann. Die Bedienung und Verfügbarkeit über portable Endgeräte (Smartphone, Tablet, Notebook) sowie die Datenerfassung mittels Wearables ist dafür bereits zum gängigen Standard geworden. Kritisch bleibt jedoch zu konstatieren, dass durch den technischen Fortschritt zwar insbesondere die ökonomischen Anforderun-

---

gen und Bedarfe (zeitökonomische Erfassung, Auswertung und Rückmeldung, Interaktion der beteiligten Personen, Ortsunabhängigkeit usw.) weitgehend erfüllt sind, jedoch die wissenschaftliche Forschung nach wie vor nur bedingt valide Methoden bereitstellen kann, um konkrete Handlungsempfehlungen für den Einzelfall über das AMS bereitstellen zu können. Dafür gibt es mehrere Gründe:

- Trainingsinduzierte Anpassungsprozesse sind dynamisch, d. h. Anpassungen erfolgen zeitlich verzögert und identische Trainingsreize führen bei Trainierenden aufgrund des veränderten Leistungszustands zu kaum identischen Beanspruchungen (intraindividuelle Variabilität).
- Anpassungsprozesse können bei unterschiedlichen Personen sowohl hinsichtlich der Ausprägungsqualität und -quantität als auch hinsichtlich der zeitlichen Dimension eine hohe Variation aufweisen (interindividuelle Variabilität).
- Anpassungsmechanismen werden nur selten isoliert ausgelöst, d. h. Trainingsmaßnahmen wirken auf das „Gesamtsystem“ des Trainierenden und damit zeitgleich auf mehrere Funktionsebenen des menschlichen Organismus.

Erst in der jüngeren Vergangenheit wurde sich der Individualität als Forschungsgegenstand intensiver zugewandt, entsprechende Forschungsstrategien entwickelt und die inter- und intraindividuelle Variabilität in der sportlichen Leistungsfähigkeit sowie in den trainingsinduzierten Anpassungsprozessen untersucht (u. a. Boullosa et al., 2020).

## 5 Zusammenfassung

Regeneration ist ein vielschichtiges, facettenreiches Phänomen, welches im Leistungs- und Spitzensport dahingehend eine große Bedeutung einnimmt, dass die Trainingsumfänge und -intensitäten ohne die Gefahr einer Überbeanspruchung mit Folgen des Übertrainings kaum noch gesteigert werden können. Die Trainingsqualität und damit die Optimierung der Regeneration rückt damit als Leistungsreserve zunehmend in den Blickpunkt des Interesses der Sportpraxis und der Wissenschaft. Zentrale und ineinandergreifende Bestandteil des Regenerationsmanagements sind 1. die Erfassung und Beurteilung des Erholungszustandes und des Erholungsbedarfs, 2. die situationsgerechte Auswahl regenerationsfördernder Maßnahmen in Abhängigkeit der Zeit, der Sportartspezifik und der individuellen Bedarfe und Vorlieben sowie 3. das Athletenmonitoring (AM), um trainingsprozessbegleitend für die Steuerung des Trainings möglichst engmaschig Informationen über die Belastungs- und Beanspruchungssituation der einzelnen Athletin/des einzelnen Athleten bereitzustellen.

Die Kernresultate bisheriger Untersuchungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- „Eine Diagnostik von Ermüdung und Erholungsbedarf an Leistungssportlern muss individualisiert erfolgen. Pauschale Schwellen- oder Grenzwerte sind für nahezu keinen Zielparameter sinnvoll.
- Die Auswahl der diagnostischen Zielparameter muss unter Berücksichtigung sportartspezifischer Beanspruchungs- und Trainings-/Wettkampfstrukturen erfolgen. Dies gilt sowohl in inhaltlicher als auch in zeitlicher Hinsicht.“

(Ferrauti & Pfeiffer, 2020).

Das Athletenmonitoring stellt das Bindeglied zum trainingspraktischen Handeln im Leistungssport dar, sichert die Integration des Regenerationsmanagements in den alltäglichen Trainingsprozess und berücksichtigt mit seiner Ausrichtung auf das Individuum die inter- und intraindividuelle Variabilität von Trainings- und Anpassungsprozessen.

---

## Literaturverzeichnis

- Boullosa, D., Casado, A., Claudino, J. G., Jiménez-Reyes, P., Ravé, G., Castaño-Zambudio, A., Lima-Alves, A., de Oliveira, S. A., Dupont, G., Granacher, U., & Zouhal, H. (2020). Do you Play or Do you Train? Insights From Individual Sports for Training Load and Injury Risk Management in Team Sports Based on Individualization. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00995>
- Coutts, A., Kempton, T., & Crowcroft, S. (2018). Coutts, A. J., Crowcroft, S., & Kempton, T. (2018). Developing athlete monitoring systems: Theoretical basis and practical applications. In M. Kellmann & J. Beckmann (Eds.), *Sport, Recovery and Performance: Interdisciplinary Insights* (pp. 19-32). Abingdon: Routledge. In (pp. 19-32).
- Coutts, A. J., Wallace, L. K., & Slattery, K. M. (2007). Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28(2), 125-134. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924146>
- Coyne, J. O. C., Coutts, A. J., Newton, R. U., & Haff, G. G. (2022). The Current State of Subjective Training Load Monitoring: Follow-Up and Future Directions. *Sports Medicine-Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00433-y>
- Duignan, C. M., Slevin, P. J., Caulfield, B. M., & Blake, C. (2019). Mobile Athlete Self-Report Measures and the Complexities of Implementation. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(3), 405-412.
- Ferrauti, A. (2020). *Trainingswissenschaft für die Sportpraxis Lehrbuch für Studium, Ausbildung und Unterricht im Sport: Lehrbuch für Studium, Ausbildung und Unterricht im Sport*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58227-5>
- Ferrauti, A., & Pfeiffer, M. (2020). *Allgemeine Empfehlungen zur Anwendung von Regenerationsmaßnahmen*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft. [https://www.bisp.de/Shared-Docs/Downloads/Publikationen/Publikationssuche\\_Sonderpublikationen/REGman\\_Regenerationsmanagement\\_im\\_Spitzensport\\_Teil2.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bisp.de/Shared-Docs/Downloads/Publikationen/Publikationssuche_Sonderpublikationen/REGman_Regenerationsmanagement_im_Spitzensport_Teil2.pdf?__blob=publicationFile&v=4)
- Ferrauti, A., Schneider, C., & Wiewelhove, T. (2020). Leistungssteuerung im Sport. In *Trainingswissenschaft für die Sportpraxis: Lehrbuch für Bachelor und Masterstudiengänge im Fach Sportwissenschaft*. Springer.
- Friedrich, W. (2014). *Optimale Regeneration im Sport : der Schlüssel zum Erfolg für Freizeit- und Leistungssportler* (2., überarb. und erw. Aufl. ed.). Spitta-Verl. <http://d-nb.info/1059885018/04>
- Gabbett, T. J., Nassis, G. P., Oetter, E., Pretorius, J., Johnston, N., Medina, D., Rodas, G., Myslinski, T., Howells, D., Beard, A., & Ryan, A. (2017). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. *British Journal of Sports Medicine*, 51(20), 1451-1452. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097298>
- Halson, S. L., & Jeukendrup, A. E. (2004). Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med*, 34(14), 967-981. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434140-00003>
- Hauswirth, C., Mujika, I., & physique, I. n. d. s. e. d. l. é. (2013). *Recovery for Performance in Sport*. Human Kinetics. [https://books.google.de/books?id=wJfc42\\_KdMUC](https://books.google.de/books?id=wJfc42_KdMUC)
- Hohmann, A., Lames, M., Letzelter, M., & Pfeiffer, M. (2020). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (7. überarb. Aufl. ed.). Limpert. <https://www.lehmanns.de/shop/weitere-fachgebiete/53788728-9783785319673-einfuehrung-in-die-trainingswissenschaft>
- Hottenrott, K., & Seidel, I. (2017). *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre*. Hofmann. <http://www.hottenrott.info/wp-content/uploads/2017/03/Blick-ins-Buch.pdf>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*, 13(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.730061>

- 
- Meyer, T., Ferrauti, A., Kellmann, M., & Pfeiffer, M. (2016). *Regenerationsmanagement im Spitzensport. REGman - Ergebnisse und Handlungsempfehlungen.*
- Neupert, E., Gupta, L., Holder, T., & Jobson, S. A. (2022). Athlete monitoring practices in elite sport in the United Kingdom. *Journal of Sports Sciences*, *40*(13), 1450-1457. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2085435>
- Neupert, E., Holder, T., Gupta, L., & Jobson, S. A. (2024). More than metrics: The role of socio-environmental factors in determining the success of athlete monitoring. *Journal of Sports Sciences*, *42*(4), 323-332. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2330178>
- Rasche, C., & Pfeiffer, M. (2020). REGmon – ein intelligentes und innovatives Online-Portal für die Sportpraxis. In *Trainingswissenschaft für die Sportpraxis: Lehrbuch für Bachelor und Masterstudiengänge im Fach Sportwissenschaft.* Springer.
- Robertson, S., Bartlett, J. D., & Gatin, P. B. (2017). Red, Amber, or Green? Athlete Monitoring in Team Sport: The Need for Decision-Support Systems. *Int J Sports Physiol Perform*, *12*(Suppl 2), S273-S279. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0541>
- Roos, L., Taube, W., Brandt, M., Heyer, L., & Wyss, T. (2013). Monitoring of daily training load and training load responses in endurance sports: What do coaches want? *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, *61*, 30-36.
- Schneider, C., Loch, F., & Rasche, C. (2020). Monitoring – methodische Wege zur täglichen Feinjustierung von Trainings- und Erholungssteuerung. In *Trainingswissenschaft für die Sportpraxis: Lehrbuch für Bachelor und Masterstudiengänge im Fach Sportwissenschaft.* Springer.
- Starling, L. T., & Lambert, M. I. (2018). Monitoring Rugby Players for Fitness and Fatigue: What Do Coaches Want? *Int J Sports Physiol Perform*, *13*(6), 777-782. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2017-0416>
- Thornton, H. R., Delaney, J. A., Duthie, G. M., & Dascombe, B. (2019). Developing Athlete Monitoring Systems in Team Sports: Data Analysis and Visualization. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(6), 698-705. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2018-0169>
- Thorpe, R. T. (2021). Post-exercise Recovery: Cooling and Heating, a Periodized Approach. *Frontiers in Sports and Active Living*, *3*. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.707503>
- Timmerman, W. P., Abbiss, C. R., Lawler, N. G., Stanley, M., & Raynor, A. J. (2024). Athlete monitoring perspectives of sports coaches and support staff: A scoping review. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *19*(4), 1813-1832. <https://doi.org/10.1177/17479541241247131>
- Wiewelhove, T., Ferrauti, A., Wahl, P., & Lundby, C. (2023). *Regenerationsinterventionen und deren Wirksamkeit im Sport.* Universität Bochum / Fakultät für Sportwissenschaft. <https://doi.org/10.13154/294-9743>
- Wiewelhove, T., Thase, C., Glahn, M., Hessel, A., Schneider, C., Hottenrott, L., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2021). Repeatability of the Individual Response to the Use of Active Recovery the Day After High-Intensity Interval Training: A Double-Crossover Trial. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *16*(8), 1160-1168. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2020-0671>