

Der wissenschaftliche Preis der Schweizerischen Gesellschaft für Sportmedizin ist dieses Jahr auf zwei Gewinner aufgeteilt worden. Der eine Gewinner ist Roger Vogel, der Titel der prämierten Arbeit lautet «Gegenseitige Abhängigkeit von Leistungsvermögen, Herzfrequenz-Regulation und psychologischen Faktoren bei Ausdauersportlern: Ergebnisse einer Prospektivstudie». Basierend auf dieser sehr umfassenden Studie hat Roger Vogel gleich zwei Beiträge zur komplexen Thematik des Übertrainings für unsere Zeitschrift verfasst: einen Übersichtsartikel mit nützlichen Begriffserklärungen und ätiologischen Überlegungen sowie einen substanzialen Originalartikel mit den wichtigsten Ergebnissen seiner Studie.

Die Redaktion

Roger Vogel

Sportwissenschaftliches Institut (SWI), Bundesamt für Sport (BASPO), Magglingen

«Übertraining»: Begriffsklärungen, ätiologische Hypothesen, aktuelle Trends und methodische Limiten

Zusammenfassung

Hochleistungssportler bewegen sich auf dem schmalen Grat zwischen zu geringem Training, um Spitzenleistungen zu erbringen, und Overreaching, mit entsprechend gravierenden Konsequenzen für Training und Wettkampf. Overreaching (OR, Überbelastung) bezeichnet einen Zustand, der durch einen ungeplanten und primär unerwarteten Leistungseinbruch gekennzeichnet ist. Diese Überbelastung ist das Resultat eines länger dauernden Ungleichgewichts zwischen Belastungs- und Erholungsfaktoren des Sportlers. Ein unbehandeltes Overreaching kann zu einem Übertrainings-Syndrom führen. Mit Übertrainings-Syndrom (Overtraining Syndrome, OTS oder Staleness) wird ein Symptomkomplex mit Krankheitswert bezeichnet, der auf eine systemische Erschöpfung des Athleten zurückzuführen ist.

OR und OTS induzieren eine Vielfalt an strukturellen, neuroendokrinen, immunologischen, physiologischen und psychologischen Veränderungen. Aus diesem Grund kann kein einzelner, allgemein gültiger Parameter diese Veränderungen allein charakterisieren. Entsprechend vielfältig sind auch die Hypothesen, die der Pathophysiologie von OR und OTS zu Grunde gelegt werden. Ein Überblick über die gängigen Modellvorstellungen bezüglich Genese von OR und OTS wird in der vorliegenden Arbeit gegeben.

Die Erforschung von Overreaching und Übertrainings-Syndrom ist schwierig. Ein Konsens bezüglich Nomenklatur und operationalisierter Kriterien fehlt bis heute. Die Erkenntnisse, die mittels experimentellem Ansatz und unter standardisierten Bedingungen gewonnen wurden, konnten bisher nicht vorbehaltlos auf ein einzelnes Individuum, insbesondere nicht auf Spitzenathleten übertragen werden. Ein individueller Studienansatz erscheint hier wünschbar. Viel versprechend erscheinen Studien, welche die aktuellen Testresultate eines Athleten mit seiner mehrfach dokumentierten «Referenz-Leistungsfähigkeit ohne formaufbauendes Training» (Baseline) vergleichen. Jede Beobachtungsstudie muss zugunsten der langfristigen Durchführbarkeit und der klinischen Relevanz einen Verlust an standardisierten Bedingungen hinnehmen. Der vielversprechendste Weg im Hinblick auf Trainingsmonitoring und Früherkennung von OR und OTS dürfte eine noch systematischere Suche nach dem individuellen Verhalten von Parametern und Parameterkombinationen sein.

Summary

«Overtraining»: Definitions, hypotheses, recent trends and methodological limitations

Elite athletes are living on the edge between not training enough to achieve peak performance, and a state called overreaching, with its possible deteriorating effects on competition and training. Overreaching (OR) is characterized by an unplanned and unexpected drop in performance despite increased or maintained training load. OR is the result of a long-term imbalance between stressors and factors of recovery. Untreated OR may lead to Overtraining Syndrome (OTS; staleness), a state characterized by a complex of symptoms and signs of exhaustion and persistent fatigue. OR and OTS both induce a multitude of changes within structural, neuroendocrinological, immunological and psychological systems. Thus, it is extremely unlikely that only one single valid parameter characterizes all these changes. The multitude of partly conflicting hypotheses about the genesis of OR and OTS are reflecting this problem. The current hypotheses are briefly reviewed in the present paper.

Research in OR and OTS is a challenging task. A consensus about terminology and operationalized criteria is still lacking. Caution must be taken when conclusions drawn from experimental studies under standardized conditions are transferred to one special individual, especially to an elite athlete. Study designs based upon an individualized approach seem to be more suitable. Studies comparing recent results of performance tests and monitoring parameters intraindividually with multiple test results gained during off-season («baseline values») seem to be promising. However, for the sake of clinical relevance and practicability, reduced standardization is inherent to every observational study.

We feel that an even more systematic search for individual susceptibilities regarding the predicting parameters of OR and OTS is the most promising road to monitor the training regimen of a given athlete, and to detect early signs of OR.

Spitzensportler versuchen Grenzen hinauszuschieben. Dabei befinden sie sich dauernd auf einer Gratwanderung zwischen zu wenig und zu viel Training. Eine optimale Leistung kann aber nur bei einer ausgeglichenen Trainings-Erholungs-Bilanz erreicht werden.

Auf der Suche nach der individuellen maximalen Leistungsfähigkeit läuft der Athlet Gefahr, seine momentane Leistungsgrenze zu überschreiten. Dies kann sowohl durch zu viele oder zu intensive Trainingsreize als auch durch mangelnde Erholung geschehen. Auf Belastung und Erholung nehmen Umweltfaktoren Einfluss, wie das persönliche Umfeld und die Arbeit, sowie die individuelle mentale Verarbeitung der jeweiligen Reize.

Wird die momentane Leistungsgrenze nicht erkannt oder über längere Zeit nicht beachtet, wird das Training ineffizient. Es resultiert ein Overreaching (Überbelastung) oder im schlimmsten Fall ein Übertrainings-Syndrom. Nicht nur Spitzensportler, sondern auch (über-)motivierte Freizeitsportler sind gefährdet, ein Overreaching zu erleiden. Entsprechend ist der Begriff «Übertraining» auch in der Laienpresse gang und gäbe [1].

Reagiert ein Athlet oder sein Trainer rechtzeitig auf Frühwarnsymptome eines drohenden Overreachings (Leistungsstagnation, Müdigkeit, saure Muskeln, depressive Verstimmung etc.), kann er durch Redimensionierung des Trainingsumfanges oder der Trainingsintensität oder aber durch Ausbau erholungsfördernder Massnahmen ein Übertrainings-Syndrom vermeiden.

Sehr viele verschiedene Ursachen können eine Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen Reiz und Erholung bewirken und somit zu Overreaching führen. Wohl dürfte ein individueller «Locus Minoris Resistentiae» oder allenfalls mehrere solcher «Loci» des Athleten zuerst auf dieses Ungleichgewicht reagieren. Insbesondere eine längerfristige Verschiebung des Gleichgewichtes wirkt sich aber systemisch aus.

Ziel des vorliegenden Artikels ist es, eine Übersicht über die aktuelle Nomenklatur, Operationalisierung und Pathophysiologie des «Übertrainings» zu geben und letztlich Folgerungen für adäquate Studiendesigns im Bereich der Übertrainingsforschung abzuleiten.

Begriffe und Definitionen

Ein länger dauerndes Ungleichgewicht zwischen belastenden und erholungsfördernden Faktoren hat erfahrungsgemäss einen Leistungseinbruch zur Folge. Zur Bezeichnung dieses unerwarteten Leistungseinbruchs existiert keine einheitliche Nomenklatur. Einerseits sind verschiedene Begriffe gebräuchlich, andererseits werden demselben Begriff aber auch unterschiedliche Inhalte zugeordnet. Weitere Verwirrung stiften die Unterschiede im englisch- und im deutschsprachigen Raum sowie unterschiedliche Verwendung der Begriffe im umgangssprachlichen und im wissenschaftlichen Bereich. Unter diesen Bedingungen wird ein Konsens bezüglich operationalisierter Kriterien für einen solchen Leistungseinbruch nahezu verunmöglicht.

Vielfalt der Begriffe

In der englischsprachigen Literatur werden die Begriffe «Overreaching» [2, 3, 4, 5, 6, 7, 9] und «Short-term Overtraining» [4, 9] für eine mildere Frühform, die Bezeichnungen «Overtraining» [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], «Overtraining Syndrome» [2, 3, 4, 6, 7, 9, 10], «Staleness (Syndrome)» [3, 4, 9, 11], «Long-term Overtraining» [4, 9], «Burnout (Syndrome)» [9, 10] und «Chronic fatigue of the athlete» [5] eher für eine schwerwiegende Spätform dieses Leistungseinbruchs verwendet. In der deutschsprachigen Literatur sind die Begriffe «Übertraining(-s Syndrom)» [12, 13, 14], «Parasympathisches (addisonoides)» und «Sympathisches (basedowianes) Übertraining» [4], «Überlastungs-Syndrom» [14], «Überlastungszustand» [15] und «Überbelastung» («Überbelastungszustand») [14] geläufig.

Seltener werden Bezeichnungen wie «Unexplained Underperformance Syndrome» [16], «Overwork» [5], «Overstrain(ing)» [5, 17, 18], bzw. «Überziehen» [19] oder «Fehltraining» verwendet.

Unterschiedliche Inhalte desselben Begriffs

In der wissenschaftlichen Literatur haben die Bezeichnungen «Übertraining» bzw. «Overtraining» folgende Bedeutungen: In substantivierter Form («das Übertraining», «Übertrainiertsein», «being overtrained») werden sie einerseits als Überbegriff [3, 4, 5, 8], andererseits als unerwünschte oder aber als geplante Ermüdung nach einer harten Trainingsphase [6, 20] verwendet. In Verbform («übertrainieren», «to overtrain») hingegen als Bezeichnung für hartes Training, als Bezeichnung für ein Training, welches geplanterweise [3, 7, 9] oder ungeplanterweise [2] zu einer starken Trainingsermüdung führt.

Für die Trainingsmethode, bei der das Trainingsvolumen einige Wochen vor dem geplanten Höhepunkt stark gesteigert und unmittelbar vor dem Wettkampf im Sinne einer «Tapering-Phase» massiv reduziert wird [7], werden meist Begriffe wie «Overload Training» [3, 10], «Overload (Principle)» [2, 4] und «Supercompensation Training» verwendet. Allerdings nennen einige Autoren diese Trainingsmethode «Overreaching» [21] oder «Overtraining» [22].

Während die deutsche Literatur auf Grund des klinischen Erscheinungsbildes oft die von Israel [12] geprägte Unterteilung in ein sympathisches (basedowianes oder «klassisches») und ein parasympathisches (addisonoides oder «modernes») Übertraining vornimmt, grenzt vor allem der englischsprachige Raum seit längerem eine kurzfristige, milde Form des «Übertrainings», das «Overreaching», von einer länger dauernden, schwerwiegenden Variante, dem «Overtraining Syndrome», ab [4].

Keine einheitliche Operationalisierung der Begriffe

Einerseits erschwert die fehlende einheitliche Nomenklatur eine einheitliche Operationalisierung, andererseits geben nur wenige Autoren überhaupt Angaben zu einer Operationalisierung des Overreachings:

Für Hooper et al. [23] mussten für die Overreaching-Diagnostik bei Spitzenschwimmern sämtliche der folgenden Kriterien erfüllt sein: 1. keine Verbesserung der Maximalleistung über 400 m (Mitteldistanz) bzw. 100 m (Sprinter) von der Früh- zur Spätsaison, 2. keine Verbesserung der Wettkampfzeiten, 3. Müdigkeitsscore > 5 (Skala von 1–7) an mehr als 7 aufeinander folgenden Tagen, 4. Kommentare im Trainingstagebuch über schlechte Trainingsverträglichkeit und 5. Ausschluss von Krankheiten anhand von Bemerkungen im Trainingstagebuch und einer normalen Blutsenkungsrate und normaler Leukozytenzahl.

Snyder et al. [24] operationalisierten «Overreaching» in einer experimentellen Studie mit Hochleistungsradfahrern durch fünf Kriterien: 1. eine Reduktion der Maximalleistung in einem Stufentest auf dem Veloergometer um 10 Watt oder mehr (ca. 3%), 2. eine Reduktion der maximalen Herzfrequenz um über 5 bpm, 3. ein um über 60 nmol/l reduzierter Plasmacortisol-Spiegel (in Ruhe?), 4. eine Reduktion des Quotienten «Maximallaktat / maximaler Borgwert x 100» [25a] um mehr als 20 (Skala nach Borg von 0 bis 10) [25], 5. affirmative Beantwortung von 5 der 6 folgenden Fragen eines täglich ausgefüllten Fragebogens [26]: Hast du das Gefühl, nicht vollständig erholt zu sein? Nimmt deine Form ab? Ist es härter für dich, dein Training zu beenden? Würdest du gerne ein Training auslassen? Hast du Probleme einzuschlafen? Konntest du das ganze Training beenden?

In einer experimentellen Überbelastungs-Studie mit 9 ausdauertrainierten Frauen legten Usitalo et al. [27] folgende Kriterien für Overreaching fest: Bei Ausschluss von anderen medizinischen Ursachen für den Leistungsabfall: 1. eine erniedrigte VO_2max um mindestens $2 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ (ca. 4%), 2. eine erniedrigte Maximalgeschwindigkeit im Laufbandtest, 3. weitere unspezifische Symptome und Zeichen des Overreachings, wie Trainingsmüdigkeit, Stimmungsschwankungen, Gefühlsveränderungen, Schlafprobleme, unregelmässige Menstruation, Appetitlosigkeit, Händezittern, Schwitzen und weitere psychosomatische Beschwerden.

Berglund et al. [28] beobachten Kanuten in den Monaten vor Olympischen Spielen mittels des psychologischen Fragebogens «Profile of Mood States» (POMS). Ausserhalb der Saison wurde

im Sinne einer persönlichen Baseline der Summenwert des POMS mehrmals ermittelt. Erhöhte sich während der Trainingsphase in der Vorbereitung auf Olympische Spiele dieser Score um 50% über die Baseline, so wurde der Athlet als überbelastet beurteilt.

Biochemische Grenzwerte, wie eine Verringerung des Quotienten zwischen freiem Testosteron und Cortisol im Plasma um 30% oder unterhalb von 0.35×10^{-3} (freies Testosteron in nmol/l und Cortisol in $\mu\text{mol/l}$) [29, 30] oder eine Harnstoffkonzentration von über 8.3 mmol/l für Männer und 7.0 mmol/l für Frauen konnten nicht konsistent nachvollzogen werden [30, 31, 32, 33]. Absolute Grenzwerte ohne individuelle Referenzwerte des Athleten (persönliche Baseline) werden als wenig valabel taxiert [33].

Die Übergänge von der physiologischen Ermüdung nach einer harten Trainingseinheit über Overreaching zum Übertrainings-Syndrom sind fließend [34] und klare Grenzen zwischen diesen Zuständen nach bisherigem Wissen nicht erkennbar. Jegliche diagnostischen Kriterien zur Abgrenzung der einzelnen Zustände bleiben somit bis zu einem gewissen Grade willkürlich. Die präzise Unterteilung scheidet vor allem auch an den unterschiedlichen Vorstellungen darüber, wie lange ein Leistungseinbruch andauern muss, damit von Overreaching oder eben einem Übertrainings-Syndrom gesprochen werden kann.

In ihrer Extremform weisen sowohl ein Übermass an Training als auch eine ungenügende Erholung einige Parallelen zum «Burnout-Syndrom» (bzw. Chronic Fatigue Syndrome CFS, Myalgische Enzephalomyelitis ME) auf. Insofern kann ein Erschöpfungszustand eine Art «gemeinsamen Endpunkt» eines relativ zu seinen individuellen Kapazitäten übermässig belasteten Menschen darstellen, unabhängig davon, ob (absolut oder relativ) zu wenig erholt oder (absolut oder relativ) zu stark belastet wurde, und unabhängig von der Art der Belastung. Legt man diesen Überlegungen beispielsweise das Stress-Modell von Selye [35] zu Grunde, so kann im Falle eines Athleten das Overreaching mit der «stage of resistance», das Übertrainings-Syndrom mit der «stage of exhaustion» verglichen werden. Bei einem Athleten wird man diese «stage of exhaustion» mit «Übertrainings-Syndrom», im Falle beispielsweise eines Managers mit «Burnout-Syndrom» und bei irgendeiner anderen Berufsgattung wohl mit «Chronischem Ermüdungssyndrom» bezeichnen. Fraglich ist, ob die auf Grund der verschiedenen Ursachen unterschiedlichen «Resistenz-Stationen» auch in ihrer jeweiligen Extremform wirklich symptomatisch unterscheidbar sind.

Vorschlag einheitlicher Definitionen

Zur Vereinheitlichung der Nomenklatur werden in Anlehnung an das USOC/ACSM Consensus Statement [2] folgende Begriffe und Definitionen vorgeschlagen:

Superkompensationstraining (*Overload, Overload Training, Overload Principle*)

Mit «Superkompensationstraining» (engl.: Overload [2], Overload Training [3, 10] oder Overload Principle [4]) wird ein Trainingsprinzip bezeichnet. Diese Methode ist durch eine geplante, systematische und progressive Erhöhung der Trainingsvolumina gekennzeichnet, welche in einer gewollten, kurzfristigen Übermüdung resultiert. An diesen Trainingsabschnitt schliesst sich eine Erholungsphase (engl.: Tapering) an. Ziel dieser Trainingsmethode ist eine grösstmögliche Adaptation des Körpers an den spezifischen Belastungsreiz [4, 2] bzw. das Erreichen der maximal möglichen «Superkompensation der Leistungsfähigkeit» im Hinblick auf einen Wettkampf.

Jakowlew [36] bezeichnet mit «Superkompensation» (überschiessende Wiederherstellung [36], Überkompensation [37]) die «...Gesetzmässigkeit...», dass jedes biologische System, das aus dem für die funktionelle Ruhe charakteristischen dynamischen Gleichgewicht gebracht wurde, in diesen Gleichgewichtszustand zurückkehrt, wobei es eine Phase überschüssender, das Ausgangs-

niveau übersteigender Wiederherstellung seines biochemischen und funktionellen Potentials durchläuft.» Dieses Prinzip wurde für einige biochemische, metabolische und hormonelle Parameter nachgewiesen (z.B. für Glykogen [u.a. 36] und Nebennierenhormone [35]) und als Modell für den Trainingseffekt – «eine Zunahme des Niveaus der funktionellen Möglichkeiten» [36] – sinngemäss übernommen.

Erklärung und Begründung:

Das Konsensuspapier der USOC/ACSM [2] und weitere Autoren, u.a. Fry et al. [3] und Kuipers et al. [4], stützen die oben genannten Begriffe.

Der deutsche Begriff «Superkompensationstraining» impliziert einerseits die Geplantheit als auch das Ziel dieser Trainingsmethode. Die englischen Begriffe beschreiben ausserdem die Art, wie dieses Ziel erreicht werden soll: Die körperliche Homöostase wird gezielt durch hohe Trainingsumfänge gestört. Durch die anschließende Erholungsphase wird das Gleichgewicht im Sinne der «Superkompensation» auf einem höheren Niveau wieder eingestellt.

Diese Trainingsmethode wird von einzelnen Autoren [7] mit «Overreaching» bezeichnet. Dieser Begriff ist aber für die meisten Autoren für einen Zustand reserviert, der durch einen ungeplanten Leistungseinbruch gekennzeichnet ist, und nicht für die Methodik, die zu diesem Zustand führt.

Overreaching (OR, Überbelastung)

Mit Overreaching (Überbelastung [14]) wird ein Zustand bezeichnet, der durch einen ungeplanten [2, 10] und primär unerwarteten Leistungseinbruch gekennzeichnet ist. Dieses Overreaching ist das Resultat eines länger dauernden Ungleichgewichts zwischen Belastungs- und Erholungsfaktoren des Sportlers. Die Leistungseinbusse ist unerwartet angesichts des betriebenen Trainingsaufwandes und der bisherigen Leistungsentwicklung [3]. Medizinische Gründe oder ein altersbedingter Abbau als Ursache für diesen Leistungsabfall sind auszuschliessen [38].

Die Erholung vom Zustand des Overreachings benötigt zumindest eine «länger als normale» [3] Regenerationsphase, die bei erholungsförderndem Verhalten des Athleten wenige Tage, höchstens aber zwei bis drei Wochen dauern sollte [2, 4, 6]. Das Erreichen einer «Superkompensation» ist noch möglich [4, 9, 10].

Erklärung und Begründung:

Das Consensus Statement der USOC/ACSM [2] und die meisten Autoren stützen diese Begriffe, die sich etabliert haben. Mit «Overreaching» wird somit ein Zustand [4] bezeichnet. Im Gegensatz dazu bezeichnet das «Overload Principle» eine Trainingsmethodik [4].

«Länger dauerndes Ungleichgewicht» bedeutet, dass Overreaching klar von der kurzfristigen Ermüdung durch einzelne harte Trainingseinheiten («Training fatigue» [3]) abgegrenzt wird. Falls ein Athlet sein Training zyklisch periodisiert, liegt zwischen der aktuellen (erniedrigten) Leistung und der früher erbrachten mindestens ein Mesozyklus nach Fry et al. [3].

Ein Mesozyklus ist ein in sich abgeschlossener Trainingsabschnitt. Er besteht aus mehreren periodisch aufgebauten Mikrozyklen («lockere», «mittlere», «harte» Woche, Regeneration) und dauert meist etwa 4 Wochen. Er ist Teil eines Makrozyklus, also einer länger dauernden Trainingsphase (z.B. Aufbau-, Vorwettkampf-, Wettkampfphase). Eine erniedrigte Leistung nach Abschluss eines Mesozyklus zeigt an, dass sich der Athlet vom vorangehenden Zyklus noch nicht vollständig erholt hat. Somit ist er auch nicht bereit für den nächsten Mesozyklus mit meist höheren Trainingsvolumina.

«Primär unerwartet» heisst, dass der Leistungseinbruch nicht im Sinne einer Trainingssteuerung einkalkuliert wurde. Wohl kann manchmal im Nachhinein nachvollzogen werden, weshalb das absolvierte Training zu einem Overreaching geführt hat, sei es beispielsweise auf Grund inadäquater Steigerung des Trainingsvolumens oder wegen mangelnder Erholung.

Ursachen für Overreaching können nicht nur Trainingsreize, sondern jegliche Belastungen im Sport und im Umfeld sein [9, 12]. Die Begriffe tragen diesem Umstand Rechnung, indem sie keine Ursache implizieren.

Die Erholung vom Zustand des Overreachings sollte bei optimalem Erholungsverhalten des Athleten höchstens zwei Wochen dauern [2, 4, 6], anderenfalls ist ein Übertrainings-Syndrom oder eine andere Ursache für den Leistungseinbruch in Betracht zu ziehen. Die relativ kurze Erholungsphase sowie die noch mögliche «Superkompensation» grenzen den Zustand des Overreachings von einem Übertrainings-Syndrom ab.

Overreaching im Sinne des Consensus Statements [2] wird als ernst zu nehmende, frühe Form eines Übertrainings-Syndroms infolge einer inadäquaten Erholung erachtet. Der Athlet hat «über die Stränge gehauen» oder «überzogen». Ein Leistungseinbruch durch Overreaching in diesem Sinne ist immer ungeplant. Die physiologische Ermüdung nach einer harten Trainingsphase ist vom Zustand des Overreachings begrifflich abzugrenzen.

Der deutsche Begriff «Überbelastung» oder «Überlastung» wird oft im Sinne einer mechanischen Überbeanspruchung, beispielsweise von Teilen des Bewegungsapparates, verwendet. Er kann deshalb suggerieren, dass es sich beim Overreaching um ein lokal manifestes Phänomen handelt. Da sich Overreaching und Übertrainings-Syndrom systemisch auswirken, wird im Folgenden vor allem der englische Begriff «Overreaching» verwendet.

Als Synonyme für Overreaching im Sinne der oben stehenden Definition werden die Bezeichnungen «Short-time Overtraining», «Physical Overstrain» und «Überziehen» – als Bezeichnung für das Trainingsverhalten, welches zu Overreaching führt – angesehen.

Übertrainings-Syndrom

(Overtraining Syndrome OTS, Staleness)

Mit Übertrainings-Syndrom (engl.: Overtraining Syndrome, Staleness) wird ein Symptomkomplex mit Krankheitswert [2, 3, 4, 8] bezeichnet. Dieser ist auf eine systemische Erschöpfung zurückzuführen, welche durch länger dauerndes unbehandeltes Overreaching [2, 10] verursacht wurde. Die Erholung vom Übertrainings-Syndrom dauert Wochen bis Monate [4]. Eine «Superkompensation» ist nicht mehr möglich [8].

Erklärung und Begründung:

Die Begriffe sind etabliert, und die meisten Autoren benützen sie in oben stehendem Sinn. Im Unterschied zum Overreaching ist dem Übertrainings-Syndrom ein Krankheitswert zuzuordnen. Es bezeichnet den «Zusammenbruch des Systems» auf Grund lange andauernden Overreachings. Es besteht keine Möglichkeit mehr, auf (Trainings-)Stressoren noch adäquat reagieren zu können. Der dekompenzierte Athlet braucht seine gesamte Energie, um sich von diesem Zusammenbruch, der einer eigentlichen Krankheit entspricht, zu erholen. Dadurch besteht auch keine Hoffnung auf einen allfälligen Trainingseffekt im Sinne der «Superkompensation», egal wie lange pausiert wird. Somit unterscheidet sich ein Übertrainings-Syndrom von Overreaching auch in der Zeit, welche für die Erholung von dem entsprechenden Zustand benötigt wird [9].

Andere Begriffe wie Overwork, Overstrain etc. sind weniger etabliert. Die Bezeichnung «Chronic Fatigue of the Athlete» ist nach heutigem Wissensstand ungünstig. Für das Chronic Fatigue Syndrome bestehen Diagnosekriterien [39]. Diese zeigen einige Überschneidungen mit den für das Übertrainings-Syndrom beschriebenen Symptomen. Aktuell kann aber bestenfalls darüber spekuliert werden, ob das Übertrainings-Syndrom des Athleten, das Burnout-Syndrom der Manager und das Chronic Fatigue Syndrome letztlich Varianten ein und derselben Entität sind. Klar ist hingegen, dass auch Athleten an einem Chronic Fatigue Syndrome leiden können [40, 41].

Der von einer Arbeitsgruppe vorgeschlagene Terminus «Unexplained Underperformance Syndrome» [16] hat den Vorteil, dass keine eigentliche Ursache, beispielsweise ein Übermass an Training, suggeriert wird. Allerdings sind nur die pathophysiologi-

schen Zusammenhänge des Übertrainings-Syndroms unklar («unexplained»); eindeutig Ursache des Syndroms ist das Ungleichgewicht zwischen Belastung und Erholung, wie hoch oder niedrig diese Belastung auch sein mag. Ausserdem dürfte der Begriff kaum in die Umgangssprache übernommen werden.

Die Unterscheidung zwischen sympathischem (basedowianem) und parasympathischem (addisonoidem) Übertraining wird primär nicht gemacht. Obwohl die beiden Subtypen in vielen Publikationen erwähnt werden, werden sie nur von wenigen Autoren konsequent unterschieden, u.a. von Israel [12] und Kereszty [18].

Der Begriff «Übertrainings-Syndrom» ist trotz der erwähnten Schwächen geschichtlich legitimiert. Wichtig sind letztendlich die Definition und allfällige Diagnosekriterien für das Syndrom, nicht nur der Begriff an sich.

Als Synonyme für das Übertrainings-Syndrom im Sinne der oben stehenden Definition werden folgende Bezeichnungen angesehen: Staleness [3, 4, 9, 14], Long-term Overtraining [8], Überlastungssyndrom [14], Überlastungszustand [15]; umgangssprachlich: Overtraining, «Übertrainiertsein», das Übertraining [14].

Eindeutig von dem systemischen Geschehen bei Overreaching und Übertrainings-Syndrom abzugrenzen ist die lokale Überbelastung (Physical/Muscular Overstrain) [3, 4].

Hypothesen und Modelle zu Ätiologie und Genese des Overreachings

Die eigentliche Ursache des Overreachings und des Übertrainings-Syndroms ist eine relativ zur Belastung ungenügende Erholung bzw. eine relativ zur Erholungsfähigkeit oder -möglichkeit übermässige Belastung. Man nimmt beim gegenwärtigen Wissensstand an, dass beide Ursachen dieselben pathophysiologischen Auswirkungen haben. Welche Kombinationen dieser Auswirkungen schliesslich zum klinischen Bild des Übertrainings-Syndroms führen, ist zwar Inhalt von diversen Hypothesen, letztlich aber völlig unbekannt [3, 4].

Ermüdung und Erschöpfung bewirken Veränderungen auf verschiedenen Ebenen der psychischen und physischen Systeme des Menschen. Diese Veränderungen sind schwierig zu erfassen, weil die diversen Regelkreise dieser Systeme eng miteinander interagieren. Inwiefern einzelne Parameter innerhalb eines Regelkreises diesen in seiner Gesamtheit repräsentieren, ist nicht immer eindeutig. Bei der Beobachtung eines Sportlers stellt sich ausserdem die Frage, welche der Veränderungen als normale Adaptation an einen Trainingsreiz zu interpretieren sind und welche Veränderungen eine Dekompensation dieses Systems anzeigen. Lehmann et al. [42] beschreiben die These, dass Veränderungen bestimmter pathophysiologischer Messgrössen eine eingeschränkte Leistungsfähigkeit erklären können und die Normalisierung dieser Parameter eine genügende Erholung anzeigen. Für Hackney [43] ist hingegen nicht klar, ob die beobachteten Veränderungen als pathologische Antwort auf Stress zu interpretieren sind oder ob sie eine positive Adaptation des Körpers erst ermöglichen.

Die Unterteilung der verschiedenen Hypothesen ist schwierig, sind doch deren Ansätze zum Teil diametral entgegengesetzt. Nachfolgend soll die Unterteilung in folgende Gruppen von Hypothesen versucht werden:

- Hypothesen, die den Schwerpunkt auf die auslösenden Faktoren des Overreachings legen (ursachenbezogene Hypothesen)
- Hypothesen, die sich an das klinische Erscheinungsbild des Overreachings anlehnen (klinikbezogene Hypothesen)
- Pathophysiologisch orientierte Hypothesen, entweder mit dem Ansatz der «zentralen Ermüdung» oder der «peripheren Ermüdung».

Ursachenbezogene Hypothesen

Hypothese der psychischen Genese

Bereits frühe Publikationen zum Thema Overreaching und Übertrainings-Syndrom erwähnten die Komplexität dieser Phänomene. Herxheimer [13] sah die Ursache, «... warum wir den Zustand des

Übertrainiert seins weniger leicht exakt erfassen können, ... darin, dass es sich hierbei viel weniger um somatisch-humoral fassbare Zustände handelt, sondern um psychische.» Er glaubt ausserdem, dass «auch ein rein geistiger Beruf... dazu führen (kann), dass ein Mensch in einen solchen Zustand hineingerät». Diese Ansicht ist mit der heutigen Lehrmeinung durchaus vereinbar. Dass auf keines der physiologischen Zeichen «sicherer Verlass» sei, spreche dafür, «... dass die wesentlichen Faktoren des Übertrainings auf dem Gebiet liegen, das wir heute noch als das psychische bezeichnen, so dass wir sie mit den bisherigen Faktoren nicht zu fassen vermögen».

Sicher ist einerseits, dass die «wesentlichen Faktoren» des Übertrainings, zumindest in pathophysiologischer Hinsicht, noch nicht restlos geklärt sind. Andererseits ist den psychischen Einflussfaktoren eine wesentliche Bedeutung beizumessen. Ob psychologische Faktoren allerdings modulierend oder, wie von Herxheimer vermutet, ursächlich sind, ist unklar. Auch in diesem Bereich dürfte eine Kombination beider Extreme vorliegen.

Monotonie-Hypothese nach Foster und Lehmann

Auf Grund von Untersuchungen von Bruin et al. [44] mit überbelasteten Rennpferden formulierten Foster und Lehmann [21] die Trainingsmonotonie-Hypothese. Bruin et al. [44] versuchten bei Rennpferden mittels alternierend harten und regenerativen Trainingseinheiten während mehreren Monaten ein Übertraining herbeizuführen. Die Tiere zeigten erst dann Anzeichen von Overreaching, als neben der Belastungserhöhung innerhalb der intensiven Einheiten auch die Intensität der regenerativen Einheiten erhöht wurde. Dadurch wurde neben der Intensität auch die Monotonie des Trainings erhöht, d.h. der Unterschied zwischen so genannt «harten» bzw. «lockeren» Trainingseinheiten verkleinert.

Foster und Lehmann glauben, dass die fehlende Alternierung von regenerativen und intensiven Trainingseinheiten für die Entstehung von Overreaching wichtiger sei als das Trainingsvolumen per se. Die Trainingsmonotonie wurde von ihnen wie folgt berechnet: Für jedes Training wird das Produkt aus Trainingsdauer und Borgwert (10-Pte-Skala) [25] gebildet und über die Woche aufsummiert (= Weekly load, wöchentliche Trainingslast). Der Quotient aus dem durchschnittlichen täglichen Trainingsvolumen ($\text{Weekly load} / 7 = \text{Mean daily load}$) und der Standardabweichung der «Mean daily loads» wird als Mass für die Trainingsmonotonie angesehen. Das Produkt aus Trainingsmonotonie und der wöchentlichen Trainingslast wird als Mass für die Belastung («strain») angesehen. Foster und Lehman stellten Zusammenhänge zwischen niedrigem «strain» mit geringer Monotonie und einer erfolgreichen Wettkampfsaison bzw. zwischen hohem «strain» und Krankheiten dar.

Da die Früherkennung des Übertrainings-Syndroms schwierig und die Therapie langwierig ist, wird der Prävention dieses Zustandes grosse Bedeutung beigemessen. Die zyklische Alternierung von intensiven und regenerativen Trainingseinheiten (Trainingsperiodisierung) wird als einer der Schlüssel zur Prävention von Overreaching und Übertrainings-Syndrom angesehen [3, 4, 45]. Das Trainingsvolumen ist zwar nur einer der Einflussfaktoren auf die Entstehung von Überbelastung, stellt aber bei einem Spitzenathleten einen der Hauptfaktoren auf der Belastungsseite dar. Die Quantifizierung des Trainings unter Berücksichtigung von Trainingsdauer und -intensität ist ein Hilfsmittel, mit welchem ein solcher Hauptbelastungsfaktor erfasst werden kann.

Klinikbezogene Hypothese

Hypothese bezüglich Dysbalance des Autonomen Nervensystems (ANS)

Eine der älteren Hypothesen bezüglich der Pathophysiologie des Overreaching postulierte eine Dysbalance innerhalb der beiden Achsen des ANS. Vor allem Israel [12, 46] beschrieb auf Grund des klinischen Erscheinungsbildes (Symptome und Zeichen vgl. [46]) bei überbelasteten Athleten zwei Formen des «Übertrainings»: Das sympathische (sympathikotone), «klassische» oder basedowiane Übertraining ist durch eine generelle Erregung von

diversen Körperfunktionen charakterisiert und sei auf eine Erhöhung des Sympathikotonus zurückzuführen [9, 12]. Das parasympathische (parasympathikotone), «moderne» oder addisonide Übertraining hingegen ist gekennzeichnet durch eine generelle Hemmung und Antriebsschwäche und laut dieser Hypothese durch eine Erhöhung des parasympathischen Tonus begründet [9, 12]. Obwohl Israel [12] beschreibt, dass die beiden Formen sich «recht sicher» voneinander abgrenzen lassen und meist «relativ rein» auftreten, glauben andere Autoren, dass es sich beim sympathischen Übertraining um eine Vorstufe des parasympathischen Übertrainings handelt [10].

In ähnlichem Sinne wie Israel unterscheidet Kereszy [18] zwei Formen des «Übertrainings», die er «Overtraining» und «Overstrain» nennt. Beim «Overtraining» herrsche meist eine «Dominanz des Sympathikus» vor. Er unterscheidet innerhalb des «Overtrainings» weiter drei Gruppen, je nachdem, ob die Symptomatik sich vorwiegend im technischen, emotionalen oder physiologischen Bereich manifestiert. «Overstrain» vergleicht er einerseits mit der Erschöpfungsphase (stage of exhaustion) nach Selye [35], aber auch mit dem parasympathischen Übertraining nach Israel [12], obwohl er glaubt, dass eigentlich eine erniedrigte sympathische Aktivität Ursache für diesen Zustand und die Erhöhung des parasympathischen Tonus somit nur relativ sei.

Aus den Arbeiten von Israel und Kereszy geht nicht eindeutig hervor, ob der Zustand des ANS im Übertrainings-Zustand direkt gemessen wurde – beispielsweise mittels pharmakologischer Blockade – oder ob das Modell rein auf dem klinischen Erscheinungsbild beruht. Laktat und Katecholamine als indirekte Parameter erlauben nur beschränkt Rückschlüsse auf den Zustand des ANS. So kann die im OTS unter Belastung erniedrigte Laktatkonzentration [47] auch im oft reduzierten Glykogengehalt der Muskeln begründet sein [48]. Für die erniedrigte Konzentration der Katecholamine [47] im OTS werden hypothalamische Ursachen verantwortlich gemacht [49].

Pathophysiologisch orientierte Hypothesen

Die pathophysiologisch orientierten Hypothesen lassen sich weiter unterteilen in Hypothesen der zentralen Ermüdung und solche der peripheren Ermüdung. Die Ermüdung ist definiert als die Unmöglichkeit, eine bestimmte Leistung bei gegebener Belastung und Frequenz der Arbeitszyklen weiter erbringen zu können. Hypothesen, welche den Ursprung der Ermüdung vor allem im Zentralnervensystem sehen, beruhen auf den beobachteten Veränderungen innerhalb der neurologischen und neuroendokrinen Systeme und den Wechselwirkungen zwischen diesen Systemen.

Hypothesen der peripheren Ermüdung sehen den Ursprung der Ermüdung vor allem in der Peripherie, das heisst im arbeitenden Organ, also im Muskel. Das veränderte Substratangebot, oder aber der durch Muskelschäden ausgelöste Entzündungsvorgang, wirke auf zentrale Mechanismen zurück. Die Unterscheidung stammt unter anderem von der Beobachtung, dass eine Kontraktion eines Muskels gegen Widerstand in vivo auch dann noch elektrisch stimulierbar ist, wenn der Proband bereits zu erschöpft ist, um diese Bewegung willkürlich auszuführen. Bereits 1957 beurteilte Mateeff [50] die Unterteilung in zentrale und periphere Ursachen der Ermüdung allerdings als «... augenscheinlich unrichtig, denn das arbeitende Organ in der Peripherie und sein Zentrum bzw. seine Vertretung in der Grosshirnrinde sind miteinander verknüpft.» Beispielsweise wird eine Substratdepletion im Muskel indirekt als Auslöser der zentralen Ermüdung verantwortlich gemacht (siehe BCAA-Hypothese). Andererseits kann die zentrale Ermüdung via nervale Strukturen eine periphere Bewegung modulieren.

Glykogenmangel-Hypothese [48]

Dass die Glykogenspeicher in den Muskeln unter intensiver Belastung abnehmen und dies leistungslimitierend sein kann, ist seit längerem bekannt [51, 52, 53]. Der reduzierte Glykogengehalt der Muskeln wurde auch als eines der Zeichen des Overreaching und des Übertrainings-Syndroms mehrmals erwähnt [u.a. 3]. Es wurde

deshalb die Hypothese formuliert, dass die reduzierte Glykogenkonzentration in den Muskeln ursächlich an der Genese von Overreaching und OTS beteiligt sei. Die reduzierte Verfügbarkeit von Glukose als Substrat zur Energiegewinnung würde unter anderen folgende zwei Konsequenzen nach sich ziehen: Einerseits sinken bei reduziertem Glukoseangebot die Laktatkonzentrationen submaximal und maximal. Beide Zeichen wurden bei Athleten mit Overreaching und Übertrainings-Syndrom mehrmals bestätigt. Ersteres ist unter dem Begriff des «Laktat-Paradoxons» [54] bekannt: Die niedrigen submaximalen Laktatwerte bei einem überbelasteten Athleten gaukeln eine verbesserte Leistungsfähigkeit vor. Andererseits wird der Muskel bei niedrigen Glykogenspeichern vermehrt auf andere Substrate zurückgreifen, beispielsweise Fette oder Aminosäuren, insbesondere auf die BCAA. Der Link zu der BCAA-Hypothese ist dadurch gegeben.

Allerdings zeigte die Gruppe um Snyder et al. [24], dass auch mit optimal gefüllten Glykogenspeichern ein Overreaching möglich ist. Wohl kann also ein Glykogenmangel die Ermüdung begünstigen, ein reiner Substratmangel dürfte im Normalfall aber kaum alleinige Ursache des Overreachings oder des Übertrainings-Syndroms sein.

BCAA-Hypothese [55]

Der Muskel verbraucht als Protein-Substrat vor allem die verzweigt-kettigen Aminosäuren (Branched Chain Amino Acids, BCAA) Leuzin, Isoleuzin und Valin. Die BCAA benutzen zur Überwindung der Blut/Hirn-Schranke denselben Carrier wie die Aromatischen Aminosäuren (AAA) Tryptophan (Trp), Phenylalanin und Tyrosin. BCAA und AAA stellen an diesem Carrier somit kompetitive Hemmer dar. Trp wird im Hirn zum Teil zu Serotonin (5-Hydroxy-Tryptamin, 5-HT) umgewandelt [56]. Serotonin wiederum gilt als einer derjenigen Stoffe, die unter anderem eine so genannt zentrale Ermüdung induzieren können. Steht dem Muskel wenig Glukose zur Verfügung, verbraucht er mehr BCAA. Das Gleichgewicht BCAA/AAA verschiebt sich zu Gunsten der AAA. Damit steigt auch die Chance, dass die AAA, insbesondere Trp, einen kompetitiven Vorteil gegenüber BCAA am Carrier zur Überwindung der Blut/Hirn-Schranke haben. Die Tryptophankonzentration im Hirn steigt dadurch an und somit auch die Serotoninkonzentration, welche, wie erwähnt, Müdigkeit induzieren soll. Die Konzentration des freien Trp im Blut wird auch dadurch erhöht, dass die ebenfalls steigende Konzentration der freien Fettsäuren unter lang dauernder Belastung das Trp aus seiner Bindung an Albumin verdrängt.

Für Meeusen [57] ist allerdings nicht klar, ob durch eine BCAA-Supplementation Ermüdung tatsächlich hinausgezögert werden kann. Zudem zeigten einzelne Studien weder eine signifikante Veränderung der BCAA unter Belastungssteigerung [58] noch eine Beeinflussung der Leistung durch einen Serotonin-Antagonisten (Ritanserin) [59]. Meeusen glaubt, «...that it will probably take more brains than a human has available to understand only a part of brain functioning.» [57]

Weitere «Substrat»-Hypothesen

Ammoniak (NH₃) steigt unter Belastung an und wurde für die zentrale Ermüdung verantwortlich gemacht. Auch als Ursache der Hyperammonämie unter Belastung wurde die Glykogendepletion vermutet [60]. Als Hauptquelle für Ammoniak unter intensiver Belastung wurde der Purinnukleotidzyklus (PNC) postuliert [61, 62]. Weder dieses Postulat noch die Annahme eines PNC blieben allerdings unwidersprochen [63]. Glutamin, eine Aminosäure, welche von Immunzellen als Energiesubstrat gebraucht wird, wurde für die Immunkompromittierung des überbelasteten Athleten verantwortlich gemacht [64], da Glutamin unter Belastung sinkt. Die Glutaminkonzentration im Plasma scheint aber auch sportartabhängig zu sein, was darauf hinweisen könnte, dass die unterschiedlichen Glutaminkonzentrationen von der metabolischen Beanspruchung abhängig sind [65]. Ausserdem konnte bisher kein direkter Zusammenhang zwischen der Glutaminkonzentration im Plasma und der Infektanfälligkeit der Athleten hergestellt werden [66].

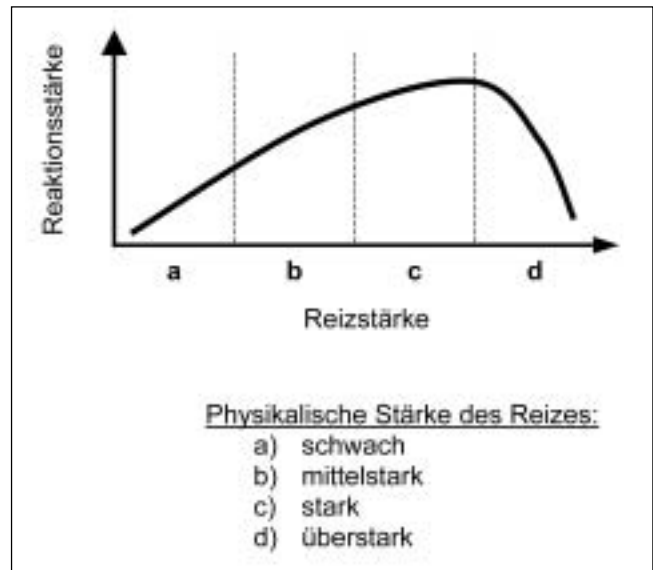


Abbildung 1: Abhängigkeit der Reaktionsstärke von der Reizstärke (modifiziert nach [50]).

Hypothese der zentralen Schutzhemmung

Ältere Übersichtsartikel aus dem russischen und bulgarischen Raum beschreiben die Ansicht, dass die lokale Ermüdung zentral eine so genannte Schutzhemmung bewirkt. Diese Publikationen [50, 67] berufen sich vor allem auf die Forschung von I.P. Pawlow; mit zunehmender Reizstärke nimmt auch die Reaktionsstärke bis zu einem gewissen Grad zu. So genannt «überstarke Reize» bewirken aber eine Abnahme der Reaktionsstärke (s. Abb. 1).

Es wird betont, dass die im Nervensystem bei einer Muskelarbeit einsetzende Ermüdung laut Pawlow «...keine Hemmung darstellt, sondern die Beschützerrolle für die Zelle übernimmt und damit eine weitere, übermässige, gefährliche Zerstörung dieser... Zelle verhindert» (zitiert in [67]). Obwohl sich diese Experimente auf die akute Ermüdung beziehen, lässt sich das in *Abbildung 1* dargestellte Prinzip für die Übertrainingsproblematik übernehmen; die Reizstärke entspricht der Trainingslast, die Reaktionsstärke der Leistungsfähigkeit [21]. Diese Hypothese offeriert eine Begründung für die mit übermässiger Reizstärke abnehmende Reaktionsstärke. Die Mechanismen, wie ein solcher Reiz zu einer zentralen Hemmung führt, bleiben aber unerklärt.

Hypothese der Neuro-Endokrinen Dysbalance

Barron et al. [49] beobachteten bei vier «overtrained athletes» eine reduzierte Antwort von Cortisol, Adrenocorticotropin (ACTH), Wachstumshormon (GH) und Prolaktin (PRL) auf eine insulin-induzierte Hypoglykämie. Die Gruppe folgerte daraus eine endokrine Beteiligung an den Ursachen des Overreachings. Aus der normalen Antwort dieser (und weiterer) Hormone auf Thyreotropin-Releasing-Hormon (TRH) und Luteinisierendes Hormon-Releasing Hormon (LHRH) wurde auf eine hypothalamische (und nicht eine hypophysäre) Genese des – nur mangelhaft definierten – «Overtrainings» geschlossen. Die Beteiligung von endokrinen Faktoren an der Übertrainingsproblematik ist wohl unbestritten, der direkte ursächliche Zusammenhang jedoch nicht evident [68].

Zytokin-Hypothese [69]

Die Zytokin-Hypothese sieht als Ursprung des Overreachings den lokalen mechanischen Muskel- und Gelenkschaden, der durch intensives Training hervorgerufen wird. Die lokalen Entzündungsvorgänge und Reparaturmechanismen, welche durch ein solches «adaptives Mikrotrauma» hervorgerufen werden, können «überschiessend» werden. Ein initial lokales (Entzündungs-)Geschehen kann bei einer Chronifizierung dadurch systemische Auswirkungen haben, beispielsweise via Interleukine. Da Interleukine nicht

nur als lokale Modulatoren, sondern auch als Messenger ins ZNS fungieren, können sie zentrale Wirkung haben und vegetative Symptome wie beispielsweise Fieber auslösen. Weitere direkte oder indirekte Wirkungen auf andere Bereiche innerhalb des immunologischen Systems, auf die endokrinen Organe, den Substrat-Metabolismus und das psychische Befinden sind bekannt und werden in dieser Hypothese weitgehend integriert.

Wie bei allen anderen Denkmodellen ist auch bei der umfassenden Zytokin-Hypothese ungeklärt, welche Mechanismen für die Progression eines ursprünglich lokalen (zentralen oder peripheren), adaptiven Geschehens in ein systemisches Geschehen verantwortlich sind. Dieses Modell lehnt sich allerdings stark an die ursprünglich von Selye [35] beschriebene Vorstellung eines «Lokal-Adaptiven Syndroms» und des «Generellen Adaptiven Syndroms» an.

Auch die Frage, ob einem Übertrainings-Syndrom tatsächlich eine lokale, insbesondere muskuläre Entzündungsreaktion vorausgehen muss, ist nicht abschliessend geklärt. Unter anderen konnten Bruin et al. [44] bei überbelasteten Rennpferden keine Anzeichen einer Muskelentzündung finden.

Die meisten Hypothesen zur Genese von Overreaching und Übertrainings-Syndrom versuchen letztlich, eine einzelne Ursache für deren Entstehung zu finden. Oft gehen Veränderungen innerhalb bestimmter Systeme zwar mit OR und OTS einher, ohne indes alleinige Ursache für diese Zustände zu sein. Letztlich stellt sich hier das Problem einer nicht eindeutig klärbaren Kausalitätsrichtung, selbst wenn Zusammenhänge und Assoziationen noch so gut dokumentiert werden. Selbst bei einem holistischeren Ansatz wie der Zytokin-Hypothese wird oft versucht, Ursache und Wirkung scharf zu trennen. Keine der aktuellen Hypothesen kann jedoch diese Trennung, sofern sie überhaupt existiert, widerspruchsfrei vornehmen.

Methodische Konsequenzen für die Erforschung des Overreachings und des Übertrainings-Syndroms

Ein allgemein akzeptierter Konsens bezüglich Definition und Operationalisierung von Overreaching und Übertrainings-Syndrom muss gefunden werden. Ansätze dazu sind die Definitionen nach dem Konsensus-Paper der ACSM [2] und die Liste von Symptomen und Zeichen von Fry, Morton und Keast [3].

Wohl sämtliche physiologischen und psychologischen Systeme eines Menschen werden durch Overreaching und Übertrainings-Syndrom verändert. Es ist deshalb ausserordentlich unwahrscheinlich, dass Veränderungen eines einzelnen Parameters für die Veränderungen aller dieser Systeme repräsentativ sein sollen. Vielmehr ist anzunehmen, dass der Vergleich von Verläufen verschiedener Parameter Rückschlüsse auf den Belastungs-Erholungs-Zustand erlaubt. Es ist ausserdem denkbar, dass eine sinnvolle, «komplementäre» Kombination von Kardinalsymptomen und -zeichen zur Diagnose des Overreachings und dessen Frühformen gefunden werden könnte. Wie bei vielen anderen internistischen Syndromen könnten diese Kriterien beispielsweise in «Major-» und «Minor-» Kriterien unterteilt werden. Ein Beispiel für eine solche Unterteilung stellen die Diagnosekriterien nach Holmes et al. [39] für das Chronic Fatigue Syndrome dar.

Punktuelle Messwerte können nur dann seriös interpretiert werden, wenn eine persönliche Baseline oder ein individueller Vergleichswert in einer anderen Trainingsphase vorliegt. Ein Leistungstest im Zustand des Overreachings kann per se durchaus als Resultat eines sehr gut ausdauertrainierten Spitzenathleten interpretiert werden [54]. Erst im Vergleich mit den Vor- und auch Nachwerten erhält ein bestimmter Test eventuell eine spezielle Bedeutung. Diesen Umstand haben unter anderen Hartmann et al. [33] explizit herausgehoben. Es ist deshalb wünschbar, dass der internationalen Tendenz weg von der eigentlichen Diagnose der «Katastrophe Übertrainings-Syndrom» hin zu einem Trainingsmonitoring [70] oder sogar einer «Trainingstitration» [28] nachgegangen wird und vermehrt Parameterverläufe innerhalb eines

normalen Trainingsjahres eines Athleten beobachtet werden, ohne jegliche Einflussnahme auf das Training. Ansätze zu solchen Verlaufsstudien sind unter anderem bei Hooper et al. [23], Berglund et al. [28], Hartmann et al. [33] und Steinacker et al. [71] gegeben.

Für das Studiendesign zur Untersuchung des Übertrainings-Syndroms stehen grundsätzlich zwei verschiedene Ansätze zur Verfügung: der experimentelle Ansatz und die Beobachtungsstudie [72].

Soll eine Studie im strengen Sinn wissenschaftlich schlüssig sein und verallgemeinerbare Erkenntnisse liefern, muss sie unter standardisierten Bedingungen experimentell oder zumindest quasi-experimentell durchgeführt werden. Standardisierte Bedingungen in einer Übertrainingsstudie mit Spitzensportlern sind aber aus mehreren Gründen kaum denkbar und weitgehend unrealistisch. Spitzenathleten lassen aus nahe liegenden Gründen nur äusserst ungenügende Eingriffe in ihren Trainingsplan zu, insbesondere wenn diese allenfalls ihre Wettkampfsaison gefährden könnten. In vielen Studien wurde hingegen «künstlich» Overreaching herbeigeführt, oft bei mässig trainierten Probanden und oft mittels massiver Intensitäts- und/oder Volumensteigerungen, die jeglicher Trainingslehre widersprechen. Ein Overreaching entwickelt sich allerdings oft schleichend über mehrere Wochen. Ausserdem ist fraglich, ob die mit mässig trainierten Probanden gewonnenen Erkenntnisse auf Spitzenathleten übertragen werden können.

Stehen zur Bewältigung eines Problems verschiedene Lösungsmöglichkeiten zur Verfügung, so wird diese Aufgabe von verschiedenen Individuen auch unterschiedlich gelöst [73]. Auch wenn es in diesem Zusammenhang etwas zynisch tönen mag, so sind doch für das Problem Overreaching verschiedene «Strategien» im Sinne von Bates [73] möglich. Eine zu geringe Erholung oder eine zu starke Trainingssteigerung sind nur zwei grundsätzliche Möglichkeiten. Auch können mehrere Fälle von Overreaching von ein und demselben Individuum auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen sein. In einer Überbelastungsstudie mit Athleten auf Höchstleistungsniveau ist deshalb ein Single-Case-Ansatz mindestens denkbar oder sogar nötig.

Eine Beobachtungsstudie muss hingegen zugunsten der Durchführbarkeit und der klinischen Relevanz einen Verlust an standardisierten Bedingungen hinnehmen. Eingriffe in den Trainingsplan fallen weg. Probleme mit der Compliance auf Grund des Studienansatzes dürften somit geringer ausfallen. Die Beobachtungsstudie ist ethisch unproblematisch, was von einer entsprechenden experimentellen Intervention nicht gesagt werden kann.

Fazit für die künftige Übertrainingsforschung

Es ist zu erwarten, dass auf höchstem Leistungsniveau diverse Parameter leistungsbegrenzend werden, die auf Breitensport-Niveau keine Rolle spielen, da die Redundanz der physiologischen Systeme auf diesem Niveau allfällige Schwachpunkte abfedern kann. Bei zunehmender Belastung dürften bestimmte, vermutlich hochindividuelle «Loci Minoris Resistentiae» zu limitierenden Faktoren werden. Idealerweise müssten aus einer Palette von möglichen Indikatoren der Ermüdung diejenigen herausgesucht werden, die für einen bestimmten Athleten am ehesten für den Übergang von physiologischer Trainingsermüdung zum Zustand der Übermüdung repräsentativ sind.

Auf Grund des gegenwärtigen Kenntnisstandes ist anzunehmen, dass eine systematische Suche nach individuellen Suszeptibilitäten im Bezug auf Frühzeichen des Overreachings den aussichtsreichsten Weg zur Trainingssteuerung und zur Diagnose von Overreaching darstellt. Entsprechend schwierig gestaltet sich bei diesem streng individualistischen Ansatz jegliche wissenschaftliche Arbeit, die sich normalerweise an stochastischen Prinzipien und ihren Generalisierungsmöglichkeiten orientiert.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Roger Vogel, Sportwissenschaftliches Institut, Bundesamt für Sport, CH-2532 Magglingen, Tel. 032 327 61 67, E-Mail: roger.vogel@baspo.admin.ch

Literaturverzeichnis

- 1 *Wessinghage T.*: Übertraining. In: *Fit for Life 1999*; 5: 78.
- 2 *Brittenham G., Cioroslan D.A., Davis J.M., Kuipers H., Noakes T., Bergen S., Shoulberg D., Urhausen A., Skinner J.*: The Second annual USOC/ACSM human performance summit: Overtraining: the Challenge of prevention; A consensus statement. <http://www.acsm.org/acsmusoc.htm>.
- 3 *Fry R.W., Morton A.R., Keast D.*: Overtraining in athletes. An update. *Sports Med.* 1991; 12(1): 32–65.
- 4 *Kuipers H., Keizer H.A.*: Overtraining in elite athletes. Review and directions for the future. *Sports Med.* 1988; 6(2): 79–92.
- 5 *Kreider R.B., Fry A.C., O'Toole M.L.*: Overtraining in sport: terms, definitions, and prevalence. In: *Kreider R.B., Fry A.C., O'Toole M.L. (Eds.): Overtraining in Sport, Human Kinetics 1997.*
- 6 *Hooper S.L., Mackinnon L.T.*: Monitoring overtraining in athletes. Recommendations. *Sports Med.* 1995; 20(5): 321–327.
- 7 *Budgett R.*: The overtraining syndrome. *BMJ* 1994; 13: 309(6952): 465–468.
- 8 *Lehmann M., Foster C., Gastmann U., Keizer H., Steinacker J.M.*: Definition, types, symptoms, findings, underlying mechanisms, and frequency of overtraining and overtraining syndrome. In: *Lehmann et al. (Eds.): Overload, Performance incompetence, and regeneration in Sport; Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, 1999.*
- 9 *Lehmann M., Foster C., Netzer N., Lormes W., Steinacker J.M., Liu Y., Opitz-Gress A., Gastmann U.*: Physiological responses to short-, and long-term Overtraining in elite athletes. In: *Kreider R.B., Fry A.C., O'Toole M.L. (Eds.): Overtraining in Sport, Human Kinetics 1997.*
- 10 *Uusitalo A.L.T.*: Overtraining. *Phys. Sportsmed.* 2001; 29(5): 35–50.
- 11 *Parmenter D.C.*: Some medical aspects of the training of college athletes. *The Boston medical and Surgical Journal* 1923; 189: 45–50.
- 12 *Israel S.*: Die Erscheinungsformen des Übertrainings. *Sportmedizin* 1958; 9: 207–209.
- 13 *Herxheimer H.*: Die Erscheinungsformen des Trainings und Übertrainings. In: *Mallawitz A., Rautmann H. (Eds.): Muskularbeit und Energieverbrauch, Fischer 1930.*
- 14 *Urhausen A.*: Das Übertrainingssyndrom – ein multifaktorieller Ansatz im Rahmen einer prospektiven Längsschnittuntersuchung bei ausdauertrainierten Sportlern. Post doc thesis Saarbrücken: univ. Saarl. 1993.
- 15 *Urhausen A., Kindermann W.*: Aktuelle Marker für die Diagnostik von Überlastungszuständen in der Trainingspraxis. *Dtsch. Z. Sportmed.* 2000; 51(7+8): 226–233.
- 16 *Budgett R., Newsholme E., Lehmann M., Sharp C., Jones D., Peto T., Collins D., Nerurkar R., White.*: Redefining the overtraining syndrome as the unexplained underperformance syndrome. *Br. J. Sports Med.* 2000; 34(1): 67–68.
- 17 *Adlercreutz H., Härkönen M., Kuoppasalmi K., Kosunen K., Näveri H., Rehunen S.*: Physical activity and hormones. *Adv. Cardiol.* 1976; 180: 144–157.
- 18 *Kereszty A.*: Overtraining. In: *Larson L. (Ed.): Encyclopedia of Sport Sciences and Medicine, New York: Mac Millan 1971; 218–222.*
- 19 *Lehmann M., Petersen K.G., Liu Y., Gastmann U., Lormes W., Steinacker J.M.*: Chronische und erschöpfende Belastungen im Sport, Einfluss von Leptin und Inhibin. *Dtsch. Z. Sportmed.* 2000; 51(7+8): 234–243.
- 20 *Morgan W.P., Brown D.R., Raglin J.S., O'Connor P.J., Ellickson K.A.*: Psychological monitoring of overtraining and staleness. *Br. J. Sports Med.* 1987; 21(3): 107–114.
- 21 *Foster C., Lehmann M.*: Overtraining Syndrome. In: *Guten G.N. (Ed.): Running Injuries, Philadelphia: Saunders, 1997, 173–188.*
- 22 *Raglin J.S.*: Overtraining and Staleness: Psychometric monitoring of endurance athletes. In: *Singer R.N., Murphey M., Tennant L.K.: Handbook of Research on Sport Psychology, MacMillan, New York, 1993; 840–850.*
- 23 *Hooper S.L., Mackinnon L.T., Gordon R.D., Bachmann A.W.*: Hormonal responses of elite swimmers to overtraining. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1993; 25(6): 741–747.
- 24 *Snyder A.C., Kuipers H., Cheng B., Servais R., Fransen E.*: Overtraining following intensified training with normal muscle glycogen. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1995; 27(7): 1063–1070.
- 25 *Borg G.A.V.*: Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1982; 14(5): 377–381.
- 25a *Snyder A.C., Jeukendrup A.E., Hesselink M.K., Kuipers H., Foster C.*: A physiological/psychological indicator of over-reaching during intensive training. *Int. J. Sports Med.* 1993; 14(1): 29–32.
- 26 *Jeukendrup A.E., Hesselink M.K., Snyder A.C., Kuipers H., Keizer H.A.*: Physiological changes in male competitive cyclists after two weeks of intensified training. *Int. J. Sports Med.* 1992; 13(7): 534–541.
- 27 *Uusitalo A.L.T., Uusitalo A.J., Rusko H.K.*: Heart rate, and blood pressure during heavy training, and overtraining in the female athlete. *Int. J. Sports Med.* 2000; 21(1): 45–53.
- 28 *Berglund B., Säfström H.*: Psychological monitoring, and modulation of training load of world-class canoeists. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1994; 26(8): 1036–1040.
- 29 *Adlercreutz H., Härkönen M., Kuoppasalmi K., Näveri H., Huhtaniemi I., Tikkanen H., Remes K., Dessypris A., Karvonen J.*: Effect of training on plasma anabolic, and catabolic steroid hormones, and their response during physical exercise. *Int. J. Sports Med.* 1986; 7(Suppl.): 27–28.
- 30 *Banfi G., Marinelli M., Roi G.S., Agape V.*: Usefulness of Free testosterone/cortisol ratio during a season of elite speed skating athletes. *Int. J. Sports Med.* 1993; 14(7): 373–379.
- 31 *Hoogeveen A.R., Zonderland M.L.*: Relationships between testosterone, cortisol, and performance in professional cyclists. *Int. J. Sports Med.* 1996; 17(6): 423–428.
- 32 *Vervoorn C., Quist A.M., Vermulst L.J., Erich W.B., de Vries W.R., Thijssen J.H.*: The behaviour of the plasma free testosterone/cortisol ratio during a season of elite rowing training. *Int. J. Sports Med.* 1991; 12(3): 257–263.
- 33 *Hartmann U., Mester J.*: Training and overtraining markers in selected sport events. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000; 32(1): 209–215.
- 34 *Meeusen R.*: Overtraining and the central nervous system. The missing link? In: *Lehmann et al. (Eds.): Overload, Performance incompetence, and regeneration in Sport; Kluwer academic / Plenum Publishers, New York, 1999; 187–202.*
- 35 *Selye H.*: The stress of life. McGraw Hill, 1984.
- 36 *Jakowlew N.N.*: Sportbiochemie. Sportmedizinische Schriftenreihe, Bd. 14, Barth J.A., Leipzig 1977; 80–98.
- 37 *Harre D.*: Trainingslehre. Sportverlag Berlin, 10. Auflage, 1986.
- 38 *Derman W., Schweltnus M.P., Lambert M.I., Enms M., Sinclair-Smith C., Kirby P., Noakes T.D.*: The «worn-out athlete»: A clinical approach to chronic fatigue in athletes. *J. Sports Sci.* 1997; 15(3): 341–351.
- 39 *Holmes G.P., Kaplan J.E., Gantz N.M., Komaroff A.L., Schonberger L.B., Straus S.E., Jones J.F., Dubois R.E., Cunningham-Rundles C., Pahwa S., Tosato G., Zegans L.S., Purtilo D.T., Brown N., Schooley R.T., Brus I.*: Chronic fatigue syndrome: a working case definition. *Ann. Int. Med.* 1988; 108(3): 387–389.
- 40 *Eichner E.R.*: Chronic fatigue syndrome: How vulnerable are athletes? *Phys. Sportsmed.* 1989; 17(6): 157–160.
- 41 *James J.*: M.E. and me, by Jenny James. *Compass Sport* 1999; 20(5): 10–11.
- 42 *Lehmann M., Gastmann U., Baur S., Liu Y., Lormes W., Opitz-Gress A., Reissnecker S., Simsch C., Steinacker J.*: Selected parameters and mechanisms of peripheral and central fatigue and regeneration in overtrained athletes. In: *Lehmann et al. (Eds.): Overload, Performance incompetence, and regeneration in Sport; Kluwer academic / Plenum Publishers, New York, 1999; 7–25.*
- 43 *Hackney A.C.*: Neuroendocrine system. In: *Lehmann et al. (Eds.): Overload, Performance incompetence, and regeneration in Sport; Kluwer academic / Plenum Publishers, New York, 1999; 173–186.*
- 44 *Bruin G., Kuipers H., Keizer H.A., Van der Vusse G.J.*: Adaptation, and overtraining in horses subjected to increasing training loads. *J. Appl. Physiol.* 1994; 76(5): 1908–1913.
- 45 *Bompa T.O.*: Periodization. *Human Kinetics 1999.*
- 46 *Israel S.*: Zur Problematik des Übertrainings aus internistischer und leistungsphysiologischer Sicht. *Med. Sport* 1976; 16(1): 1–12.
- 47 *Kindermann W.*: Das Übertraining – Ausdruck einer vegetativen Fehlsteuerung. *Dtsch. Z. Sportmed.* 1986; 37(8): 238–245.
- 48 *Snyder A.C.*: Overtraining, and glycogen depletion hypothesis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998; 30(7): 1146–1150.
- 49 *Barron G.L., Noakes T.D., Levy W., Smith C., Millar R.P.*: Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1985; 60(4): 803–806.

- 50 *Mateeff D.*: Muskelermüdung und allgemeine Ermüdung; I. Teil. Theorie & Praxis der Körperkultur 1957; 6(8): 718–727.
- 51 *Costill D.L., Sparks K., Gregor R., Turner C.*: Muscle glycogen utilization during exhaustive running. *J. Appl. Physiol.* 1971; 31(3): 353–356.
- 52 *Costill D.L., Bowers R., Branam G., Sparks K.*: Muscle glycogen utilization during prolonged exercise on successive days. *J. Appl. Physiol.* 1971; 31(6): 834–838.
- 53 *Karlsö J., Saltin B.*: Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *J. Appl. Physiol.* 1971; 31(2): 203–206.
- 54 *Jeukendrup A.E., Hesselink M.K.*: Overtraining – what do lactate curves tell us? *Br. J. Sports Med.* 1994; 28(4): 239–240.
- 55 *Wagenmakers A.J.M.*: Role of amino acids, and ammonia in mechanisms of fatigue. In: Marconnet et al. (Eds.): *Muscle Fatigue mechanisms in exercise and training*; Med. Sport Sci. Basel, Karger 1992; 34: 69–86.
- 56 *Strüder H.K., Weicker H.*: Physiology and pathophysiology of the serotonergic system and its implications on mental and physical performance. part I. *Int. J. Sports Med.* 2001; 22(7): 467–481.
- 57 *Meeusen R.*: Overtraining and the central nervous system. The missing link? In: Lehmann et al. (Eds.): *Overload, Performance incompetence, and regeneration in Sport*; Kluwer academic / Plenum Publishers, New York, 1999; 187–202.
- 58 *Tanaka H., West K.A., Duncan G.E., Basset D.R. jr.*: Changes in plasma tryptophan/branched chain amino acid ratio in responses to training volume variation. *Int. J. Sports Med.* 1997; 18(4): 270–275.
- 59 *Meeusen R., Roeykens J., Magnus L., Keizer H., De Meirleir K.*: Endurance performance in Humans: The effect of a dopamine precursor or a specific serotonin (5-HT_{2A/2C}) Antagonist. *Int. J. Sports Med.* 1997; 18: 571–577.
- 60 *Broberg S., Sahlin K.*: Hyperammonemia during prolonged exercise: an effect of glycogen depletion? *J. Appl. Physiol.* 1988; 65: 2475–2477.
- 61 *Lowenstein J.M.*: The purine nucleotide cycle revised. *Int. J. Sports Med.* 1990; 11(Suppl. 2): 37–46.
- 62 *Hageloch W., Schneider S., Weicker H.*: Blood ammonia determination in a specific field test as a method supporting talent selection in runners. *Int. J. Sports Med.* 1990; 11(Suppl. 2): 56–61.
- 63 *Graham T.E., Rush J.W.E., MacLean D.A.*: Skeletal muscle amino acid metabolism, and ammonia production during exercise. In: Hargreaves M. (Ed.), *Exercise Metabolism, Human Kinetics* 1995: 131–175.
- 64 *Newsholme E.A.*: Biochemical mechanisms to explain immunosuppression in well-trained, and overtrained athletes. *Int. J. Sports Med.* 1994; 15(Suppl. 3): 142–147.
- 65 *Hiscock N., Mackinnon L.T.*: A comparison of plasma glutamine concentration in athletes from different sports. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999; 30(12): 1693–1696.
- 66 *Walsh M.L., Blannin A.K., Robson P.J., Gleeson M.*: Glutamine, exercise and immune function. *Sports Med.* 1998; 26(3): 177–191.
- 67 *Wassiljewa W.W.W.*: Einige Bemerkungen zu den Mechanismen der Ermüdung und des Übertrainings. *Theorie & Praxis der Körperkultur* 1955; 4(3): 207–215.
- 68 *Viru A., Viru M.*: Evaluation of endocrine activities and hormonal metabolic control in training and overtraining. In: Lehmann et al. (Eds.): *Overload, Performance incompetence, and regeneration in Sport*; Kluwer academic / Plenum Publishers, New York, 1999; 53–70.
- 69 *Smith L.L.*: Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000; 32(2): 317–331.
- 70 *Viru A., Viru M.*: *Biochemical Monitoring of Sport Training, Human Kinetics* 2001.
- 71 *Steinacker J.M., Lormes W., Kellmann M., Liu Y., Reissnecker S., Opitz-Gress A., Baller B., Günther K., Petersen K.G., Kallus K.W., Lehmann M., Altenburg D.*: Training of junior rowers before world championships. Effects on performance, mood state and selected hormonal and metabolic responses. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 2000; 40(4): 327–335.
- 72 *Mackinnon L.T.*: Overtraining effects on immunity and performance in athletes. *Immunol. Cell Biol.* 2000; 78: 502–509.
- 73 *Bates B.T.*: Single-subject methodology: an alternative approach. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1996; 28(5): 631–638.