

---

## Determinanten zur Beurteilung des Regenerationsprozesses

H. Schulz<sup>1</sup>, P. Platen<sup>2</sup>, U. Hartmann<sup>2</sup>, V. Grabow<sup>1</sup>, M. Niessen<sup>2</sup>, U. Bartmus<sup>1</sup>,  
H. Heck (Projektleiter)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Sportmedizin;

<sup>2</sup>Deutsche Sporthochschule Köln

Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin und

Institut für allgemeine Trainings- und Bewegungslehre

### 1 Einleitung und Problemstellung

Im Spitzensport führen hohe Trainingsintensitäten und -umfänge sowie eine hohe Wettkampfdichte immer häufiger dazu, dass eine große Zahl von Athleten und Athletinnen vor und während wichtiger Wettkämpfe wie Europa- oder Weltmeisterschaften und Olympischen Spielen akut verletzt ist, wegen akuter Infektionskrankheiten an Wettkämpfen nicht teilnehmen kann oder im Zustand des Übertrainings die erwartete Leistung nicht erbringen kann. Als wesentliche Ursache werden vor allem die Zunahme der Wettkampfhäufigkeit und nicht ausreichende Regenerationszeiten angesehen.

Da das Problem der hohen Wettkampfdichte sich aufgrund finanzieller Anreize wie Startgelder, Siegprämien und Druck von Sponsoren wahrscheinlich nicht lösen lassen wird, ist es umso wichtiger, sich mit dem anderen Ursachenkomplex, der nicht ausreichenden Regeneration, wissenschaftlich auseinanderzusetzen und die gewonnenen Erkenntnisse in die Sportpraxis zu transferieren.

Im Leistungssport wird unter Regeneration „die gezielte, auf Trainings- und Wettkampfpfplan abgestimmte Erneuerung der körperlichen, geistigen und seelischen Leistungsfähigkeit nach vorangegangener psychophysischer Anspannung oder Belastung“ verstanden (QUADE/STEHLE 1992).

Voraussetzung für einen wirkungsvollen Regenerationsprozess ist, dass den anabolen Prozessen in der Regenerationsphase ausreichend Zeit zur Anpassung gelassen wird. Dabei ist die benötigte Zeitdauer abhängig von Intensität und Umfang der Trainings- oder Wettkampfbelastung, vom vorhandenen Leistungs- oder Belastbarkeitslevel und vor allem von der Dynamik der Regenerationsprozesse. Dabei sind für einzelne Funktionssysteme unterschiedliche Zeitgänge zu beachten. So ist z.B. der entleerte Kreatinphosphatspeicher der Muskulatur schon wenige Minuten nach einer Belastung im Wesentlichen wieder aufgefüllt, die Füllung der entleerten Glykogenspeicher dauert hingegen ein bis drei Tage.

Störungen des Hormonhaushaltes und der vegetativen Funktionen können nach Wettkämpfen, wie z.B. nach einem Marathonlauf, auch Wochen andauern.

Eine Nichtbeachtung der unterschiedlichen Zeitverläufe im Erholungsprozess kann möglicherweise zu einer fehlenden Anpassung und Leistungsstagnation, im schlimmeren Fall zu einem Überlastungs- oder Übertrainingssyndrom, verbunden mit einem Leistungsverlust, führen.

Die Steuerung des Regenerationsprozesses erfolgt im wesentlichen durch die subjektive Einschätzung des Sportlers und des Trainers. Es ist jedoch wünschenswert, den Regenerationsprozess anhand von objektiven Indikatoren qualitativ und quantitativ beurteilen und damit optimieren zu können.

Wesentliches Ziel des Forschungsprojektes war es deshalb, nach validen Indikatoren für den Regenerationszustand zu suchen.

## **2 Methodik**

In einer Teiluntersuchung wurden insgesamt 37 Athleten aus den Ausdauersportarten Mittel- und Langstreckenlauf, Rudern, Kanu, Triathlon und Radfahren sowie drei aus der Kampfsportart Judo untersucht. Bei diesen wurden über ein Jahr – einige Sportler auch über zwei Jahre – die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- Sportartspezifische submaximale Leistungsdiagnostik (etwa alle vier bis sechs Wochen);
- Ohrkapillare Blutabnahme zur Bestimmung von CK, Harnstoff, Hämatokrit, Hb (etwa zweimal pro Woche);
- Venöse Blutabnahmen zur Bestimmung von Cortisol, Testosteron, reduziertes Gluthation, Gluthation-Disulfid jeweils zu den Zeitpunkten der Leistungsdiagnostik;
- Registrierung der Nacht- und Morgenherzfrequenz (möglichst täglich);
- Erfassung der subjektiven Befindlichkeit (möglichst täglich).

Außerdem wurde das von den Athleten protokollierte Training ausgewertet, um einen Zusammenhang zwischen der Trainingsbelastung und den Zielgrößen aufzudecken.

In einer zweiten Teiluntersuchung sollte bei elf Triathleten und Radrennfahrern durch eine vierwöchige Steigerung des Trainingsumfangs von 500 auf bis zu 2500 Minuten pro Woche ein Übertrainingssyndrom provoziert werden. Es wurden wiederum die oben aufgeführten Messgrößen erhoben, jedoch in einem engeren Zeitraster.

### 3 Ergebnisse

Exemplarisch soll das Verhalten der Nachherzfrequenz bei vier Mittel- und Langstreckenläufern dargestellt werden. Es bestehen über das beobachtete Jahr interindividuell signifikante Unterschiede (Abbildung 1).

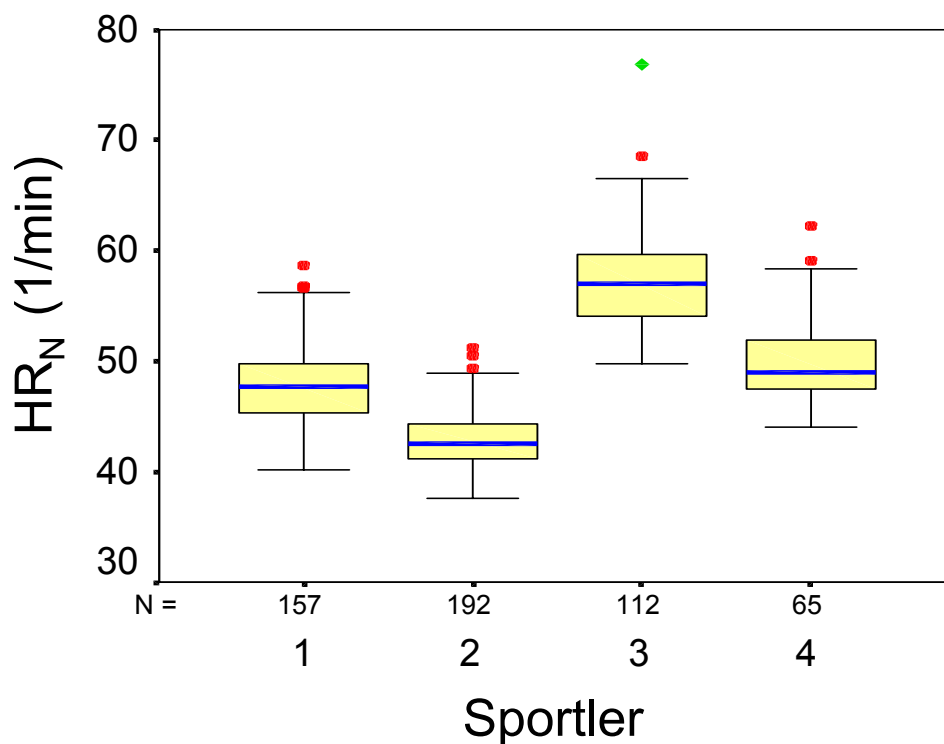


Abb. 1: Box-Whisker-Plots mit Ausreißer und Extremwerten der Nachherzfrequenz von vier Mittel- und Langstreckenläufern während eines Jahres.

Neben der interindividuellen Variation zeigt die Nachherzfrequenz bei den Athleten eine große intraindividuelle Variation im Verlauf einer Saison (Abbildung 2).

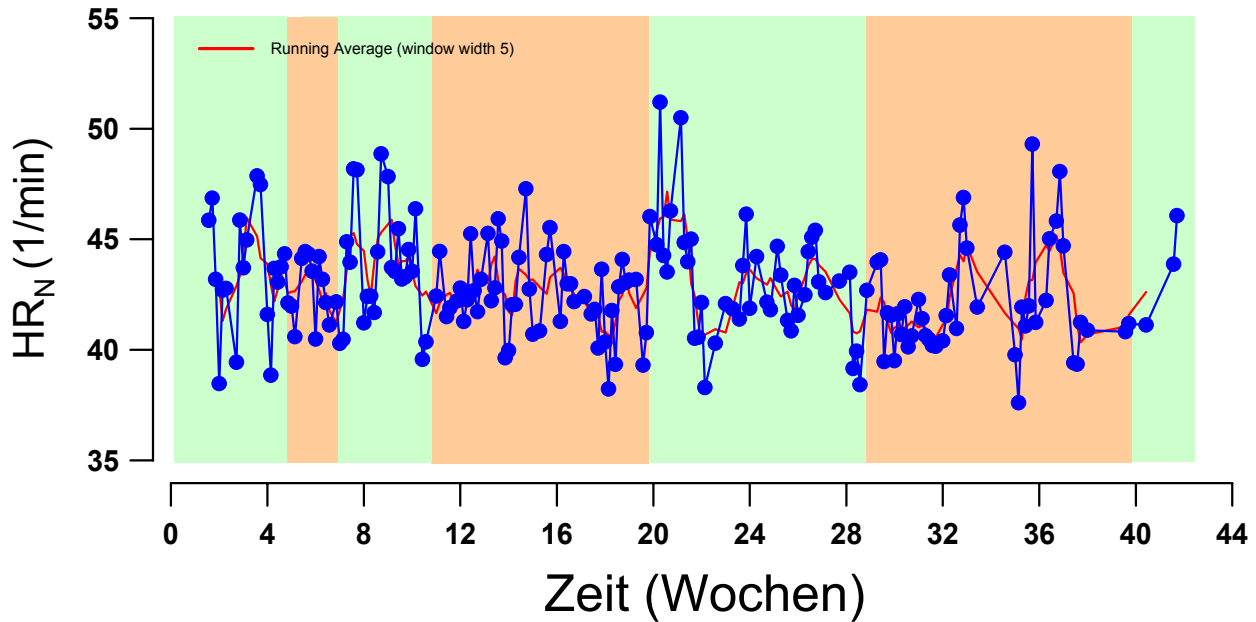


Abb. 2: Verhalten der Nachtherzfrequenz im Saisonverlauf bei einem Langstreckenläufer (Vorbereitungsperioden=grün, Wettkampfperioden=rot)

Die Trainingsbelastung hatte bei drei Sportlern keinen signifikanten Einfluss auf das Verhalten der Nachtherzfrequenz. Nur bei einem Athleten konnte die Variation der Nachtherzfrequenz zum Teil durch das Training erklärt werden. Qualitativ zeigen sich bei den anderen Messgrößen ähnliche Befunde.

Die ausführliche Ergebnisdarstellung wird in einer Monographie erscheinen.

#### 4 Diskussion

Wenn ein Kriterium für die Beurteilung des Regenerationszustandes geeignet sein soll, muss es einige Forderungen erfüllen:

Neben der Validität muss das Beurteilungskriterium eine deutliche Auslenkung gegenüber der normalen biologischen und messmethodischen Variabilität aufweisen, also ein günstiges Rausch-Signal-Verhältnis zeigen.

Des Weiteren zeigen biologische Messgrößen häufig deutliche interindividuelle Mittelwertsunterschiede (NEUMANN/SCHÜLER 1994), was die Kenntnis der individuellen Baseline notwendig macht.

Außerdem darf die Bestimmung zu keiner Belästigung der Athleten führen (z.B. großer Zeitaufwand, Schmerz), was sich möglicherweise nachteilig auf den Trainingsprozess auswirken kann. Da eine hohe Messdichte erforderlich ist, sollte das Bestimmungsverfahren

ren kostengünstig sein. Darüber hinaus muss das Beurteilungskriterium eine Reaktion auf die Trainingsbelastung zeigen.

Da immer der Regenerationszustand eines einzelnen Athleten beurteilt werden soll, ist die Einzelfallanalyse Methode der Wahl. Die Analyse von Mittelwerten ist dafür eher nicht geeignet. So kann bezüglich der Nachherzfrequenz gezeigt werden, dass nach einer zweiwöchigen Trainingsintensivierung zwar die nächtliche Herzfrequenz im Mittel um 4,8 Schläge/min-1 ansteigt (JEUKENDRUP et al. 1992). Dieser Anstieg ist jedoch deutlich geringer, als die intraindividuelle Variation im Verlauf eines Jahres oder während eines Trainingslagers (PLATEN et al. 2000; SCHULZ et al. 2000).

Die bisherige Ergebnisauswertung deutet darauf hin, dass es aufgrund der großen inter- und intraindividuellen Variabilität der untersuchten Messgrößen sowie der nur in Einzelfällen nachzuweisenden Abhängigkeit von den Trainingsbelastungen schwierig sein dürfte, valide und in der Trainingspraxis brauchbare und allgemeingültige Beurteilungskriterien für den Regenerationszustand zu finden.

## 5 Literatur

- JEUKENDRUP, A.E.; HESSELING, M.K.C.; SNYDER, A.C.; KUIPERS, H.; KEIZER, H.A.: Physiological changes in male competition cyclists after two weeks of intensified training. *Int. J. Sportsmed.* 13 (1992), 534-541
- NEUMANN, G.; SCHÜLER, K.-P.: Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. Leipzig 1994
- PLATEN, P.; WÖSTMANN, R.; SCHULZ, H.; HARTMANN, U.; BARTMUS, U.; GRABOW, V.; HECK, H.: Effects of high training loads on urinary catecholamine excretion and nightly heart rates. *Dtsch. Z. Sportmed.* 51 (2000)
- QUADE, K.; STEHLE, P.: Regeneration. In: RÖTHIG, P. u.a. (Hrsg.): Sportwissenschaftliches Lexikon. Schorndorf 1992
- SCHULZ, H.; HARTMANN, U.; PLATEN, P.; GRABOW, V.; WÖSTMANN, R.; NIESSEN, M.; BARTMUS, U.; HECK, H.: Sleeping heart rate is little influenced by training load. *Dtsch. Z. Sportmed.* 51 (2000)

