

# Training und Wettkampf mit der Herzfrequenz

*Von Prof. Dr. Kuno Hottenrott*

Die Herzfrequenz (HF) ist eine repräsentative Größe zur Beurteilung der Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems. Die HF reagiert sehr schnell auf Beanspruchungsveränderungen des Organismus, vor allem bei Änderungen der Belastungsintensität. Im Ausdauertraining kann mit der fortwährenden Messung der HF die definierte Belastungsintensität der jeweiligen Trainingsbereiche umgesetzt werden. Im Vorfeld sind dazu die oberen und unteren Grenzen der Trainingsbereiche mittels leistungsdiagnostischer Tests (z. B. HFmax-Test, Laktatstufentest) zu bestimmen. Umfassende Kenntnisse der HF tragen dazu bei, das Potenzial dieses einfach zu handhabenden Parameters vorteilhaft für das eigene Training auszuschöpfen.

## **Von der Stoppuhr zur Pulsuhr**

Die Trainingsmethoden im Mittel- und Langstreckenlauf wurden im historischen Rückblick von Rekorden einzelner Läufer bestimmt. Eine erste Einflussnahme auf die Trainingsmethodik erfolgte über die ausdauerbetonte finnische Laufschule, deren markanter Vertreter P. Nurmi war. Das ausdauerbetonte Training der Skandinavier wurde dann durch das deutsche Intervalltraining abgelöst, welches Harbig 1936 zu Rekorden über 400 m und 800 m führte. Das Intervalltraining mit längeren Distanzen und hohen Intensitäten krönte E. Zatopek, der Anfang der 50er Jahre mehrere Weltrekorde lief. Dem extensiven und intensiven Intervalltraining auf der Bahn folgte das Hügellauftraining (Lydiard) und extensive Dauerlauftraining. Van Aaken erzielte mit der langsamen Dauerethode, vor allem beim Marathonlauf der Frauen, beachtliche Erfolge. Die Herzfrequenz-Messung während des Trainings war zu dieser Zeit nicht möglich. Das Lauftempo wurde nach subjektivem Gefühl gewählt oder nach Zeitvorgaben festgelegt. Für das Intervalltraining nutzen die Sportler Lauf Tabellen und ermittelten die Laufgeschwindigkeit aus der Maximalleistung auf der jeweiligen Laufstrecke. Die Anzahl der Intervalle und Wiederholungen wurden entsprechend dem Leistungsstand festgelegt. Mit der Stoppuhr wurden die Split- und Pausenzeiten registriert.

Viel Erfahrung und Aufwand war erforderlich, um ein Intervalltraining zu planen und durchzuführen, was schließlich nur im betreuten Leistungssport gegeben ist. Für das Gros der Läufer sind einfache Methoden notwendig. Mit der Einführung der mobilen Herzfrequenz-Messung ist dies gelungen. Heute kann jeder selbst sein Lauftraining sinnvoll gestalten, sofern ein gewisser Kenntnisstand zum herzfrequenzgesteuerten Training vorliegt.

## **Entwicklung der drahtlosen Herzfrequenzmessung**

Die Herzfrequenz (HF) hat inzwischen einen hohen Stellenwert im Fitness- und Ausdauertraining erlangt. Voraussetzung dafür war die Lösung der technologischen Probleme, die bei der HF-Messung unter sportpraktischen Bedingungen entstanden. Die rasante Entwicklung der Herzfrequenz-Technologie bestimmte bisher das Hightech-

Unternehmen Polar Electro Oy aus Finnland. 1982 brachte die Firma das erste kabellose Herzfrequenzmessgerät auf dem Markt. Die Aktionsspannungen des Herzens werden mit zwei Brustwandelektroden ("Brustgurt") erfasst und über einen Sender drahtlos auf den Empfänger am Handgelenk – die "Herzfrequenz-Messuhr" – übermittelt. Zuvor konnten EKG-genaue Bestimmungen der Herzfrequenz (HF) nur im Labor oder über aufwendige Telemetrieanlagen vorgenommen werden. Mit der fortwährenden Messung der HF in Training und Wettkampf erschlossen sich neue Möglichkeiten der Belastungssteuerung und -kontrolle.

### **Aussagekraft der Herzfrequenzmessung**

Die Herzfrequenz (HF) ist eine repräsentative Größe zur Beurteilung der Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems. Die HF reagiert sehr schnell auf Beanspruchungsveränderungen des Organismus, vor allem bei Änderungen der Belastungsintensität. Im Ausdauertraining kann mit der fortwährenden Messung der HF die definierte Belastungsintensität der jeweiligen Trainingsbereiche umgesetzt werden. Im Vorfeld sind dazu die oberen und unteren Grenzen der Trainingsbereiche mittels leistungsdiagnostischer Tests (z.B. HFmax-Test, Laktatstufentest) zu bestimmen. Umfassende Kenntnisse der HF tragen dazu bei, das Potenzial dieses einfach zu handhabenden Parameters vorteilhaft für das eigene Training auszuschöpfen.

Die richtige Trainingsbelastung ist eine Grundvoraussetzung, um die gesetzten persönlichen Ziele zu erreichen. Häufig wird das Ziel verfehlt, weil die Trainingsbelastungen nicht auf die individuelle Leistungsfähigkeit abgestimmt sind und das Trainingsprogramm zu über- oder unterschwellig ist. Sportler, die ihre Trainingsbelastungen mit HF-Messungen kontrollieren, erhalten fortwährend eine Rückmeldung über die Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems.

Wer regelmäßig seine Herzfrequenz vor, während und nach dem Training überprüft, wird sensibel für bestimmte Veränderungen. Für die Beurteilung der Gesundheit und der Leistungsfähigkeit des Sportlers ist es wichtig, diese Erscheinungen frühzeitig zu erkennen.

### **Vorteile der Herzfrequenz-Messung für verschiedene Zielgruppen:**

#### **Anfänger:**

- Vermeidung von Überanstrengung bei Einhaltung der HF-Zielzonen
- verbesserte Körperwahrnehmung durch Beobachtung der Herzfrequenz bei körperlicher Aktivität.
- Kontrollierte, sanfter Einstieg ins Ausdauertraining
- Effekte des Ausdauertraining lassen sich mit der HF einfach nachweisen; ein Wettkampf ist nicht erforderlich

#### **Regelmäßig Trainierende:**

- Leichte Kontrollierbarkeit und Realisierbarkeit der vorgegebenen Trainingsintensität.
- Motivation durch Beobachtung der individuellen Herzfrequenz

#### **Ambitionierte Sportler:**

- Signale des Körpers "lesen" lernen und diese Informationen für den weiteren Trainingsaufbau nutzen.
- Einfache Steuerung der einzelnen Trainingseinheiten über verschiedene Intensitäten.
- Über- und Unterforderung werden vermieden, das Verletzungsrisiko wird gesenkt.

### Reha-Herzpatienten:

- Risiken der körperlichen Aktivität werden minimiert.
- Vorgegebene Herzfrequenzen können leicht eingehalten werden, so dass die Gefahr der Überbelastung nicht auftreten kann.

Tab. 1 gibt einen Überblick zu den häufigen Erscheinungen der HF, die im Trainingsprozess beobachtbar sind, welche Ursachen dahinter stehen und welche Folgerungen für das Training zu ziehen sind.

<b>Erscheinung/ Beobachtung</b>	<b>Mögliche Ursache</b>	<b>Trainingsmaßnahme</b>
Ruhe-HF ist stark erhöht	Überbeanspruchung, Übertraining, Infekt	Reduzierung des Trainings, Trainingspause
Die HF erreicht beim Tempotraining nicht den gewohnten Wert	Übertraining, Glykogenverarmung	Kein Tempotraining, Mehr GA 1-Training
Die HFmax wird nicht erreicht	Glykogenverarmung, Geringe muskuläre Mobilisation, Fehlende Motivation	Reduzierung des Umfangs im Test, Motoriktraining (Steigerungen, Sprints)
Die HF bleibt beim Intervalltraining in den Pausen ungewohnt hoch	Tempo ist zu hoch	Reduzierung des Lauftempos, Verlängerung der Pausen, Trainingsabbruch
Die HF ist nach dem Training über Stunden erhöht	Erschöpfung, Flüssigkeitsmangel	Flüssigkeitszufuhr, REKOM-Training
Die HF steigt bei gleichem Tempo ungewohnt stark an	Flüssigkeitsdefizit, Infekt	Trainingsabbruch, Flüssigkeitszufuhr
Die Erholungs-HF sinkt in den ersten zwei Minuten ungewöhnlich schnell	Übertraining	Reduzierung des Trainings der folgenden Tage, Motoriktraining (Kurzsprints)

## Festlegung der Herzfrequenz-Trainingsbereiche

Ein zielorientiertes Ausdauertraining vollzieht sich in Trainingsbereichen, die auch als Intensitätsbereiche oder konkret als Herzfrequenz-Zielzonen bezeichnet werden. In der Trainingspraxis werden drei bis fünf Trainingsbereiche voneinander abgegrenzt. Verwirrend sind die unterschiedlichen Bezeichnungen der Trainingsbereiche in den einzelnen Sportarten (Tab. 2: Beispiel für die unterschiedliche Bezeichnung der Trainingsbereiche).

Belastungsintensität	Allg. Bez.	Lauf	Rad	Skilanglauf
Sehr niedrig	REKOM	Reg. Lauf	KB	KB
Niedrig	GA 1	Ext. DL	G1	SB
Mittel	GA 1-2	Int. DL	G2	SB/EB
Hoch	GA 2	TDL	EB	EB
Sehr hoch	WSA	TL	SB	GB

DL: Dauerlauf, EB: Entwicklungsbereich, GA bzw. G: Grundlagenausdauer, SA: Schnelligkeitsausdauer, GB: Grenzbereich, SB: Spitzenbereich (Rad) bzw. Stabilisierungsbereich (Ski), WSA: Wettkampfspezifische Ausdauer

## Die Herzfrequenz-Zonen, abgeleitet von der HFmax

Für die Bestimmung der Herzfrequenz-Trainingszonen stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Im Leistungssport werden die HF-Zonen über die Bestimmung der Laktatkonzentration bei einem Stufentest ermittelt. Neben diesem aufwendigen Verfahren können die Trainingszonen recht zuverlässig von der maximalen Herzfrequenz, dem Conconi-Test und der Herzfrequenzvariabilität abgeleitet werden.

Die maximale Herzfrequenz lässt sich näherungsweise aus der Faustformel „220-Lebensalter“ errechnen. Da bei Sportler oft größere Abweichungen zu diesem Wert bestehen, sollte die HFmax über ein Ausbelastungstest bestimmt werden. Bei gutem Gesundheitszustand kann dies der Sportler in Eigenregime übernehmen, in dem er nach einer hinreichenden Aufwärmphase einen hochintensiven Lauf über mindestens fünf Minuten absolviert. Der Wert am Ende dieses anstrengenden Laufes entspricht der aktuellen maximalen Herzfrequenz. Prozentual lassen sich von diesen Wert die HF-Zielzonen für das Ausdauertraining errechnen (Tab. 3: Trainingsbereiche für das Lauftraining).

<b>Zonen</b>	<b>% HFmax</b>	<b>Lauf-/ Walkingtraining</b>	<b>allg. Bezeichnung</b>
--------------	----------------	-------------------------------	--------------------------

1	unter 65%	Regenerationslauf, langer Fettstoffwechselllauf, Walking	REKOM, GA 1
2	65-80%	Extensiver Dauerlauf, Nordic Walking	GA 1
3	80-85%	Intensiver Dauerlauf	GA 1-2
4	85-90%	Tempodauerlauf, extensive Intervalle	GA 2
5	über 90%	Tempoläufe, intensive Intervalle	WSA, SA

### **HF-Zone 1: sehr leichte Beanspruchung (unter 65 Prozent der HFmax)**

Sportliche Bewegung in dieser Zone erfolgt beispielsweise beim Warm-up und Cool-down oder beim Rehabilitationstraining bei koronaren Herzerkrankungen. Auch beim Walking, Nordic Walking und Skiwandern ist dieser Intensitätsbereich bestens geeignet um den Fettstoffwechsel zu aktivieren und um positive Wirkungen auf die Zusammensetzung der Blutfette (Zunahme des HDL, Abnahme des LDL und der Triglyceride) zu erzielen.

#### **Ziele:**

- Allgemeine Gesundheitsförderung, insbesondere bei Bluthochdruck, Diabetes oder Fettstoffwechselstörung (Metabolisches Syndrom)
- Förderung der Regeneration und des allgemeinen Wohlbefindens
- Bewältigung von psychischem und mentalem Stress
- Aufbau gewinnbringender Ressourcen
- Aktivierung des Fettstoffwechsels

### **HF-Zone 2: leichte bis moderate Belastung (65 bis 80 Prozent der HFmax)**

#### **Ziele:**

- Entwicklung der Ausdauergrundlagen
- Verbesserung des Fettstoffwechsels
- Ökonomisierung und Stabilisierung des Herz-Kreislauf-Systems

Um während der Aktivität in der Zielzone zu bleiben, werden am Herzfrequenz-Messgerät zwei Grenzen, eine bei 65 und eine bei 75 Prozent der HFmax, eingestellt. Ist die Belastungsintensität höher oder niedriger, ertönt ein akustisches Signal.

### **HF-Zone 3: moderate Belastung (80 bis 85 Prozent der HFmax)**

In dieser Intensitätszone wird besonders gern trainiert. Gut Ausdauertrainierte können die Energie in dieser Zone annähernd vollständig über den aeroben Stoffwechsel decken.

Weniger gut Ausdauertrainierte müssen den anaeroben Stoffwechsel erheblich hinzuschalten, so dass bei einem ausschließlichen Training in dieser Zone der Fettstoffwechsel nicht wirksam trainiert wird.

**Ziele:**

- Verbesserung der Ausdauergrundlagen
- Ökonomisierung der Bewegungstechnik
- Verbesserung der Fitness

Während in den Herzfrequenz-Zonen 1 und 2 primär nach der Dauermethode trainiert wird, wird in dieser Zone auch das Fahrtspiel und die Intervallmethode eingesetzt.

**HF-Zone 4: anstrengende Belastung (85 bis 90 Prozent der HFmax)**

Der anaerobe Stoffwechsel wird in dieser Zone vermehrt dazugeschaltet. Die hohe Belastungsintensität übt einen besonders starken Reiz auf den Organismus aus. Die Ausdauer kann sich allerdings nur dann effektiv entwickeln, wenn durch ein Training in den Zonen 2 und 3 die Basis hierfür gelegt wurde. Die Belastungsintensität kann bis zur maximalen Ausbelastung ansteigen. Solch intensive Reize sind vor allem für ein leistungsorientiertes Training erforderlich.

**Ziele:**

- Erhöhung der anaeroben Kapazität
- Verbesserung der Laktattoleranz, Bildung von Enzymen für den glykolytischen Stoffwechsel

Als Trainingsmethode kommt neben der intensiven Dauermethode und dem Fahrtspiel die intensive Intervallmethode in Frage

**HF-Zone 5: sehr anstrengende Belastung (über 90 Prozent der HFmax)**

Das Training über 90 Prozent der maximalen HF ist nur für Leistungssportler von besonderem Interesse. Es gilt der Ausprägung spezieller Wettkampfanforderungen in den jeweiligen Disziplinen.

**Ziele:**

- Erhöhung der anaeroben Kapazität
- Verbesserung der Laktattoleranz
- Training der schnellen Muskelfasern (FT-Fasern)

Trainingsmethode: intensive Intervallmethode und Wettkampfmethode

## **Auswahl eines geeigneten Herzfrequenz-Messgerätes**

Heute haben im modernen Ausdauertraining tragbare HF-Messgeräte einen festen Platz eingenommen. Sie wurden auf die Bedürfnisse unterschiedlicher Zielgruppen weiterentwickelt, sodass derzeit eine Vielzahl von Geräten mit unterschiedlichen Optionen verfügbar sind. Diese Geräte erlauben die zuverlässige Bestimmung von Herzfrequenz, Geschwindigkeit, Tretfrequenz, Höhenmessung, u. a., wie Praxistests bewiesen.

Die technische Funktionsweise erfolgt bei allen Herstellern von Herzfrequenz-Messgeräte nach demselben Prinzip. Die Geräte bestehen aus einem Brustgurt mit integriertem Sender und einer HF-Uhr mit integriertem Empfänger. Die Messungen über Ohrclip oder Fingerkontakt zur Bestimmung der HF haben sich nicht bewährt. Die Fehlerquote ist vor allem während körperlicher Aktivität sehr hoch. Ohne Brustwandelektroden ist derzeit eine valide, drahtlose HF-Messung nicht möglich. Auswahl bzw. der Erwerb eines HF-Messgerätes mit Brustgurt wird vom Einsatzzweck bestimmt. Fitnesportler stellen andere Anforderungen an das Messgerät als Leistungssportler oder Patienten in Rehabilitationskursen. Das einfachste Gerät stellt die fortwährende Anzeige der Herzfrequenz auf dem Display des Empfängers dar und kann zu einem Preis von 50,- EUR erworben werden. Die Preise für hochwertige und PC-auswertbare Messuhren bewegen sich derzeit zwischen 200 und 350 EUR. Einen Überblick über das Spektrum der weiteren Optionen bei HF-Messgeräten liefern folgende Punkte. Beim Kauf im Fachhandel ist eine sachkundige Beratung zu empfehlen.

### **Verfügbare Optionen bei Herzfrequenz-Messgeräten**

- Mit Umschaltfunktion auf Trainingszeit und Uhrzeit.
- Mit einer oder mehreren frei einstellbaren oberen und unteren Grenzen und integrierter Alarmfunktion bei Über- oder Unterschreiten der HF-Zielzone
- Mit Stoppfunktion und ein oder mehreren unabhängigen Timern (z. B. Intervalltraining) und Speicherung von Zwischenzeiten und dazugehörigen Herzfrequenzen.
- Mit automatischer Errechnung und Anzeige von HF-Mittelwert, Erholungs-HF, Erholungszeit, maximaler HF
- Mit Eingabe personenbezogener Daten wie Alter, Körpergewicht, Körpergröße, Geschlecht, Fitnesslevel. Berechnung des Kalorienverbrauchs, des Body-Mass-Index und Bestimmung von drei HF auf Basis des Lebensalters oder der Herzfrequenzvariabilität (OwnZone)\*.
- Mit Speicherung der HF in 5 s, 15 s oder 60 s Intervallen. Speicherkapazität je nach Speicherintervall ca. 5 - 60 Stunden bzw. einer oder mehrerer Trainingseinheiten (zur Analyse von Training und Wettkampf).
- Mit Schlag zu Schlag (R-R)\* Messung und Speicherung sowie fortwährender Anzeige der Herzfrequenzvariabilität auf dem Display (RLX-Wert)\*.
- Mit Radoptionen (Tages- und Gesamtkilometer, Tretfrequenz, Geschwindigkeit, Leistung, Drehmoment)\*.
- Mit Höhenmessfunktion.
- Mit Berechnung des Kalorienverbrauchs.
- Mit Bestimmung der allgemeinen körperlichen Fitness (OwnIndex)\*.

\*) Optionen nur bei HF-Geräten der Firma POLAR®

Die Vielzahl der verfügbaren Optionen ermöglicht den Erwerb eines HF-Messgerätes entsprechend den eigenen Wünschen und Anforderungen. Das umfangreichste Sortiment bietet der Marktführer POLAR® an. Die Auswahl ist aus etwa 20 unterschiedlichen Modellen zu treffen. Diese sind drei Kategorien bzw. Serien zugeordnet:

- A-Serie: Modelle mit einfacher, überschaubarer Handhabung, speziell für Einsteiger und gesundheitsorientierte Sportler
- M-Serie: Modelle individueller Bestimmung der Herzfrequenz-Zielzonen (OwnZone), speziell für den Fitness- und Gesundheitssport
- S-Serie: Modelle mit vielfältigen Optionen, speziell für die Anforderungen im Leistungssport.

Bei der Einstellung der persönlichen Trainingszone im HF-Messgerät stehen dem Anwender drei Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Manuelle Einstellung der HF-Grenzwerte, die der Sportler aufgrund von speziellen leistungsdiagnostischen Untersuchungen bzw. Tests (Laktatstufentest, HFmax-Test, etc.) erhält
2. Berechnung der oberen und unteren HF-Zone nach der HF-Altersformel (65 bzw. 85 Prozent von 220-Lebensalter)
3. Bestimmung von drei individuellen HF-Zielzonen während leichter bis moderater körperlicher Aktivität (OwnZonen)

Die Bestimmung der OwnZone wird vom HF-Messgerät selbst übernommen. Zunächst wird die untere Herzfrequenzgrenze ermittelt. Dieser Wert, der in der Regel zwischen 60 und 70 Prozent der maximalen HF erreicht wird, kann je nach körperlichem und seelischem Wohlbefinden täglich mehr oder weniger stark variieren. Die obere Grenze der Herzfrequenz wird rechnerisch durch Addition von 30 Schlägen zum unteren Wert festgelegt. Die Own Zone umfasst somit einen Trainingsbereich von maximal 30 Herzschlägen. Ein Training nach der OwnZone ist für alle zu empfehlen, die ein stressabbauendes und fitnessorientiertes Ausdauertraining durchführen wollen und Ihre maximale Herzfrequenz nicht durch einen maximalen Herzfrequenztest bestimmen wollen. Anfänger oder Übergewichtige sollten vorrangig mit leichter bis gemäßigter Intensität trainieren. Dies entspricht der „Own Zone low“.

## Überblick zu den drei Herzfrequenzbereichen nach der OwnZone Methode

Low: ca. 60 – 75 Prozent der HFmax

Basic: ca. 60 – 80 Prozent der HFmax

High: ca. 75 – 87 Prozent der HFmax

### OwnZone-Test

Der OwnZone-Test wird in die Aufwärmphase integriert. Für Laufeinsteiger und Fitnesssportler eignen sich die folgenden Intensitätsstufen über jeweils ein bis zwei Minuten.

>-----	Gehen mit langsamer Geschwindigkeit
>>---	Gehen mit normaler Geschwindigkeit
>>>--	Gehen mit forschem Tempo
>>>>-	Langsames Laufen
>>>>>	Laufen

Ausdauertrainierte Sportler können den Test mit langsamem Laufen beginnen.

## **Der praktische Umgang mit dem Herzfrequenz-Messgerät**

Das Messen der HF allein reicht aber nicht aus, um die komplexe Wirkung des Trainings zu erfassen. Vor dem Training muss das HF-Messgerät auf die geplante Trainingseinheit programmiert werden. Dazu werden die individuellen HF-Zielzonen durch Eingabe von Ober- und Untergrenze festgelegt. Eine Belastungskontrolle über die HF ist nun möglich, akustische Signale warnen bei Überschreiten der Grenzwerte oder weisen bei Unterschreiten auf eine zu geringe Intensität hin. Über das Display der HF-Uhr sind die aktuellen HF-Werte sichtbar. Die Messdatenspeicherung ermöglicht außerdem eine Kontrolle danach. Die Daten können über das Display der Uhr oder – nach einer Übertragung mittels Interface in den Personalcomputer – über ein Softwareprogramm analysiert und dokumentiert werden. Die HF-Werte liefern nützliche Informationen zur effektiven Regelung und Steuerung der Belastung. Trainingsprogramme können mit dem HF-Messgerät kontrollierbar in der Praxis umgesetzt werden. Der Einsatz der HF-Messung setzt allerdings gewisse physiologische Grundkenntnisse voraus. Im weiteren Verlauf werden Hinweise für die richtige Nutzung des Herzfrequenz Messgerätes in der Sportpraxis gegeben. In diesem Zusammenhang werden die wichtigsten Trainingsmethoden des Ausdauertrainings angesprochen.

### **HF-Training nach der Dauermethode**

Die Dauermethode ist die im Ausdauer- und Fitnesssport am häufigsten angewandte Trainingsmethode. Sie ist charakterisiert durch eine andauernde Belastung ohne Pause. Eine bestimmte Belastungsintensität wird über eine längere Strecke eingehalten. Der Intensitätsbereich wird durch die Eingabe der oberen und unteren HF-Grenze festgelegt. Ein akustisches Signal ertönt, sobald die Belastungs-HF außerhalb der Grenzen liegt. Bei dieser Methode ordnet sich die Geschwindigkeit der Belastungs-HF unter. Auf profilierten Trainingsstrecken muss der Sportler die Geschwindigkeit mehr oder weniger stark variieren, um den HF-Bereich nicht zu verlassen. Ein etwas größerer HF-Trainingsbereich ist in diesem Fall zu programmieren. Auf flachen Trainingsstrecken oder beim Berglauf können auch relativ nahe beieinander liegende Grenzen gut eingehalten werden. Zu beachten ist, dass sich die Geschwindigkeit mit zunehmender Belastungsdauer bei gleich bleibender Herzfrequenz allmählich reduziert. Ursächlich hierfür ist vor allem die muskuläre Ermüdung, die einen höheren biologischen Aufwand erfordert und die Herzfrequenz bei gleicher Intensität ansteigen lässt. Die Dauertrainingsmethode wird vorwiegend für das Fettstoff- und Grundlagenausdauertraining (GA) sowie Kraftausdauertraining (KA 1) eingesetzt. Die Belastungsdauer sollte mindestens 30 min bei niedriger bis moderater Intensität (65 – 85 Prozent der HF max) betragen.

### **HF-Training nach der Tempowechselmethode**

Sie unterscheidet sich von der kontinuierlichen Dauermethode dadurch, dass Teilstrecken mit höherer oder niedrigerer Geschwindigkeit gelaufen werden. Erholungspausen werden keine eingelegt. Auch hier lässt sich die jeweilige Belastungsintensität durch die Festlegung von Herzfrequenzgrenzen gut steuern. Bei der Auswertung der Trainingseinheit ist zu beachten, dass die mittlere HF die Gesamtbelastung nicht richtig kategorisiert. In diesem Fall sollten die HF-Werte mit einem Häufigkeitsdiagramm ausgewertet werden.

### **HF-Training nach der Intervallmethode**

Die Intervallmethode ist durch einen systematischen Wechsel von Belastungs- und Erholungsphasen in einer Trainingseinheit gekennzeichnet. Die Pausen führen im Vergleich zur Wiederholungsmethode zu einer unzureichenden Erholung. Mit der Intervallmethode kann die sportliche Leistung schnell ein höheres Niveau erreichen, vorausgesetzt die Ausdauergrundlagen wurden vorher dazu gelegt. In einigen Herzfrequenzmessgeräte (z. B. S610 von Polar) sind Intervallprogramme bereits gespeichert. Der Sportler kann aber auch sein eigenes Intervalltraining programmieren. Mit diesen Standardprogrammen lässt sich ein leistungsorientiertes Training optimal umsetzen und anschließend analysieren. Die Festlegung der Intensität und die Dauer der Einzelbelastung sowie die Länge und Art der Pausen setzen trainingsmethodische Kenntnisse voraus. Das Intervalltraining lässt sich in die extensive und intensive Methode unterscheiden. Die extensive Methode ist durch eine mittlere Belastungsintensität, einem relativ hohen Belastungsumfang und relativ kurzen Pausen gekennzeichnet. Sie wird vor allem im GA 2-Training eingesetzt. Bei der intensiven Intervallmethode spielt die Belastungs-HF als Vorgabe für die Intensität eine untergeordnete Rolle. Die Intensitätsvorgabe erfolgt vordergründig nach der Geschwindigkeit, die sich aus der streckenbezogenen Bestleistung ableitet oder nach dem subjektiven Anstrengungsgrad. Von Bedeutung ist im Intervalltraining die HF-Regulation zwischen den Belastungs- und Erholungsphasen. Über die Steilheit des HF-Abfalls lässt sich die Pausenlänge steuern. Beispielsweise beginnt die nächste Belastungsphase erst, wenn die Erholungs-HF 120 Schläge/min erreicht hat. Das kann zwei bis drei Minuten dauern. Aber auch bei unveränderter Pausenlänge informiert die Erholungs-HF über den ermüdungsbedingten Einfluss des Trainings auf das Herz-Kreislauf-System. Sinkt der HF-Erholungswert von Intervall zu Intervall, so ist entweder die Erholungszeit zu kurz oder die Belastungsintensität zu hoch. Veränderungen im Programm wären vorzunehmen. Bei einigen HF-Messgeräten sind Optionen zur Erholungs-HF verfügbar. Hierbei lässt sich entweder ein HF-Wert (z.B. 120 S/min) oder die Zeit (z. B. zwei min) für eine hinreichende Erholungspause einstellen. Wird der HF-Wert bzw. die Zeit erreicht erfolgt ein akustisches Signal.

### **HF-Training nach der Fahrtspielmethode**

Die Fahrtspielmethode ist eine besondere Form der Dauermethode mit häufig wechselndem Tempo auf unterschiedlich langen Streckenabschnitten. Die wechselnde Belastungsintensität wird nicht vorausgeplant, sie beruht auf einem intuitivem Intensitätswechsel entsprechend dem subjektiven Empfinden. Methodisch wird das Training als ein „Spiel mit der Geschwindigkeit“ (fartleg) erlebt. HF-Grenzen sind dabei weit gehend überflüssig, eine obere Grenze warnt vor Überforderungen.

### **HF-Messung bei Trainingstests und Wettkämpfen**

Sportler aller Leistungsklassen nutzen die HF-Messung bei Wettkämpfen. Bei der Tour de France führten die HF-Werte der Radsportler zu regen Diskussionen. Und beim Marathon hat man sich an das Piepen der Uhren längst gewöhnt. Wer den richtigen HF-Bereich für das Rennen einstellt, benötigt keine Tabellen für Zwischenzeiten. Der Sportler kann sich auf Reaktionen des Herz-Kreislauf-Systems konzentrieren und eine Beziehung zur Befindlichkeit herstellen.

Energie- und Flüssigkeitsaufnahme sowie Kopfkühlung mit Wasser äußert sich unmittelbar in den HF-Werten. Auch Motivation und Inspiration für ein gleichbleibendes oder höheres Tempo lässt sich aus der aktuellen Wettkampf-HF schöpfen, denn wer möchte den HF-Wert schon unter die

eingestellte Zone absinken lassen.

Nach dem Wettkampf bietet die Analyse der HF-Kurve umfassende Interpretationen, die für das weitere Training und die folgende Wettkampfvorbereitung hilfreich sein können.

### **Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz**

Die HF verändert sich nicht nur bei muskulärer Aktivität, sondern wird von weiteren Faktoren beeinflusst, was eine Interpretation der Messwerte teilweise erschwert. Wer die Einflussfaktoren kennt, ist eher in der Lage, den ermittelten Herzfrequenzwert richtig zu deuten.

### **Temperatur und Luftfeuchtigkeit**

Den stärksten Einfluss auf die Herzfrequenz hat die Erhöhung der Körperkerntemperatur. Diese kann bei einem Training unter heißen Temperaturen ( $> 30^{\circ}\text{C}$ ), hoher Luftfeuchtigkeit ( $> 70$  Prozent) und ungenügender Flüssigkeitsaufnahme um zwei bis drei  $^{\circ}\text{C}$  ansteigen. Die Herzfrequenz würde im Vergleich zu Normalbedingungen bei gleicher aerober Belastung dann etwa zehn bis 20 Schläge/min höher liegen.

Grundsätzlich wirken sich schnelle Klimaveränderungen stärker auf die Herzfrequenz aus als langsam verlaufende. Der Organismus ist nämlich in der Lage, sich an die veränderten Bedingungen anzupassen. Mehrere Tage sind für die Akklimatisation erforderlich. Diese Tatsache muss besondere Berücksichtigung finden, wenn Wettkämpfe in anderen Klimazonen ausgetragen werden. Eine Anreise zum Wettkampfort sollte dann fünf bis zehn Tage vorher erfolgen.

### **Höhenlage**

Die Herzfrequenz steigt mit zunehmender Höhe an. In Höhenlage von 1.850 m über NN (Engadin) wurden bei 15 Sportstudenten in den ersten Tagen deutlich erhöhte Ruheherzfrequenzen gemessen. In der ersten Nacht lag die HF im Mittel um 18 Schläge/min höher im Vergleich zu den Messungen am Wohnort (ca. 120 m über NN)

Die erhöhten HF-Werte lassen sich nicht allein auf die Höhenlage zurückführen, sondern resultieren auch aus den ungewohnten, relativ hohen körperlichen Anforderungen sowie den veränderten (klimatischen) Bedingungen vor Ort. Nach fünf Tagen konnte eine deutliche Anpassung an die Höhenlage festgestellt werden. Die Zeitdauer für das Erreichen eines stabilen Herzfrequenzniveaus und einer verbesserten Regulation in der Erholung ist unterschiedlich lang und kam in der Höhe eine Woche betragen. Sie hängt von der Höhenlage, dem individuellen Leistungszustand des Sportlers, den gewählten Trainingsbelastungen u.a. ab.

### **Nahrungsaufnahme und Nahrungskarenz**

Bereits während des Essen steigt die HF an. Nach einer Hauptmahlzeit kann die HF zum Ausgangswert um bis zu 20 Schläge/min ansteigen. Nach etwa einer Stunde sinkt die HF wieder. Wird mehrere Stunden keine Nahrungsenergie aufgenommen, sondern nur Wasser getrunken, sinkt die HF bis auf den morgendlichen Ruhewert und teilweise darunter.

## **Einfluss des Tagesrhythmus**

Die Tagesschwankungen der Herzfrequenz stehen in engen Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme und der sportlichen Belastung im Alltag.