

Schulz H<sup>1</sup>, Horn A<sup>2</sup>, Heck H<sup>2</sup>

## Validierung der Herzfrequenzvorgabe der OwnZone™-Funktion anhand von Laktatmessungen

*Evaluation of training prescriptions by the OwnZone™ function by means of lactate measurements*

<sup>1</sup>Professur für Sportmedizin/Sportbiologie, Technische Universität Chemnitz

<sup>2</sup>Lehrstuhl für Sportmedizin, Ruhr-Universität Bochum

### Zusammenfassung

Über die Beurteilung der Herzfrequenzvariabilität (HRV) werden mittels der OwnZone™ Funktion des Herzfrequenzmonitors M52 der Firma Polar Empfehlungen zur Steuerung eines Ausdauertrainings gegeben. Ziel der Untersuchung war es, diese Trainingsvorgaben bei einer Laufband-(LB) und Fahrradergometerbelastung (FE) zu evaluieren.

Methodik: 18 männliche Probanden absolvierten in randomisierter Reihenfolge jeweils einen maximalen LB- und FE-Stufentest zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit und jeweils drei individuell gesteuerte Dauerbelastungen über 35 min. Vor jeder Belastung wurde ein sportartspezifischer OwnZone™-Test durchgeführt und die Dauerbelastungen mit der Herzfrequenz (HF) der unteren OwnZone™-Grenze (OZ) sowie den oberen Grenzen OZ30 (OZ-HF +30/min) bzw. OZ40 (OZ-HF +40/min) gesteuert.

Ergebnisse: Die mittleren Laktatkonzentrationen während der Dauerbelastungen (La, 15. bis 35. Minute) wiesen erhebliche interindividuelle Unterschiede auf. Bei der OZ40-Belastung waren die Spannweiten der Individualwerte von 1,5 bis 5,9 mmol/l (LB) bzw. von 1,6 bis 12,1 (FE) sehr groß. 3 (LB) bzw. 7 (FE) Probanden mussten OZ40 vorzeitig abbrechen. Die mittleren Laktatwerte für OZ, OZ30 und OZ40 lagen bei 1,2±0,4, 2,1±0,8 und 3,3±1,5 mmol/l (LB) bzw. 1,5±0,7, 3,7±2,1 und 5,7±3,4 mmol/l (FE). Die Unterschiede zwischen LB und FE waren für OZ30 und OZ40 jeweils signifikant. Die Prozentsätze in Relation zur gemessenen maximalen Herzfrequenz lagen bei 68±6, 83±7 und 90±6 % (LB) bzw. 65±7, 78±5 und 86±6 % (FE). Die Unterschiede zwischen LB und FE waren jeweils signifikant.

Schlussfolgerung: Individuelle Belastungsvorgaben in einem engen Intensitätsbereich auf Basis der Bestimmung der Herzfrequenzvariabilität scheinen besonders bei höheren Belastungsintensitäten nicht möglich zu sein. Außerdem konnten frühere Studien dahingehend bestätigt werden, dass für unterschiedliche Belastungsformen unterschiedliche Belastungsvorgaben notwendig sind, um eine vergleichbare Stoffwechselbeanspruchung zu erhalten.

**Schlüsselwörter:** Herzfrequenzvariabilität, Trainingssteuerung

### Einleitung

Freizeit- und Gesundheitssportler führen ein Ausdauertraining oft mit einer zu hohen Intensität durch (15, 16). Daher ist es sinnvoll über Methoden zu verfügen, mit deren Hilfe zu intensive Belastungen vermieden werden

### Summary

Recommendations for regulating endurance training intensity are given by means of assessing the behaviour of heart rate variability using the function OwnZone™ of the Polar heart rate monitor M52. This study aimed to evaluate these training recommendations during treadmill (TM) and cycle ergometer (CE) exercise.

Methods: Eighteen healthy men underwent a maximal incremental test on treadmill and cycle ergometer in randomized order to determine endurance level. Additionally, they completed three constant load tests over thirty-five minutes with individually-regulated training loads. A specific (TM or CE) OwnZone™ test was conducted before each test and the subsequent constant load test was set according to heart rate (HR) of the lower OwnZone™ limit (OZ) as well as of the upper limits OZ30 (OZ-HR +30/min) and OZ40 (OZ-HR +40/min).

Results: The average lactate concentrations during the constant load tests (15th to 35th minute) showed large interindividual differences. With regard to the OZ40 intensity, the range of individual values was conspicuously broad from 1.5 to 5.9 mmol/L (TM) and 1.6 to 12.1 mmol/L (CE) respectively. 3 (TM) and 7 (CE) test persons had to quit OZ40 early. The average lactate concentrations for OZ, OZ30 and OZ40 were 1.2±0.4, 2.1±0.8 and 3.3±1.5 mmol/L (TM), respectively 0.5±0.7, 3.7±2.1 and 5.7±3.4 mmol/L (CE). These differences were significant for OZ30 and also for OZ40. The relative percentage demands of the measured heart rate maximum amounted to 68±6, 83±7 and 90±6 (TM) and 65±7, 78±5 and 86±6 % (CE) respectively. The differences between TM and CE were significant for each OwnZone™ level.

Conclusion: Individual regulation of training intensity in a narrow intensity range by means of heart rate variability seems to be questionable, especially at higher intensity levels.

**Key words:** Heart rate variability, training intensity

können. Als sehr hilfreich hat sich in dieser Hinsicht in den vergangenen Jahren die Verwendung von Herzfrequenzmessgeräten erwiesen, die eine individuelle Belastungssteuerung durch ein Herzfrequenzmonitoring ermöglichen. Zusätzlich zur kontinuierlichen Herzfrequenzmessung hat die Firma Polar in einigen Herzfrequenzmonitoren wie den M52 eine Anwendung integriert,

mit deren Hilfe vor einem Ausdauertrainingsprogramm ein leistungsdiagnostischer Test (OwnZone™-Test) durchgeführt und ein Herzfrequenzbereich für das Training vorgegeben wird (Abb. 1).

Theoretische Grundlage für die OwnZone™ ist das Verhalten der hochfrequenten Herzfrequenzvariabilität (HRV) unter Belastung. Diese fällt mit zunehmender Intensität ab, erreicht bei etwa 50-55 % der  $VO_{2max}$  ein Plateau (14) und steigt dann bis in den Maximalbereich durch den Einfluss der Atmung wieder an (10, 11).

Die untere Grenze der OwnZone™ entspricht dem Beginn

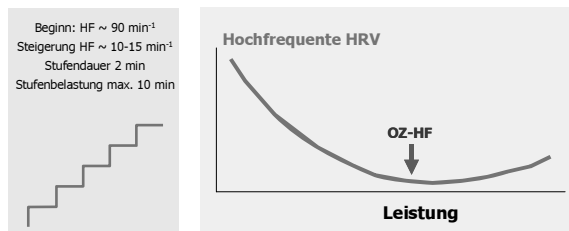


Abbildung 1: Der OwnZone™-Test (links) mit schematischer Darstellung der hochfrequenten Herzfrequenzvariabilität (Mitte) und daraus abgeleitete Intensitätsbereiche für das Ausdauertraining (rechts). Nähere Erläuterungen siehe Text.

des Plateaus bei etwa 65 % der maximalen Herzfrequenz ( $HF_{max}$ ). Die obere Grenze der Own-Zone „Basic“ wird durch Addition einer fixen Herzfrequenz (30/min) zum unteren Limit bestimmt, was etwa 82 % der  $HF_{max}$  entspricht. Bei der OwnZone „Advanced“ wird die obere Grenze durch Addieren von 40 Schlägen/min festgelegt, was etwa 87 % der  $HF_{max}$  entspricht. Der „Advanced“-Bereich wird wiederum in zwei gleiche Zonen (jeweils 20 Schläge/min) eingeteilt, eine OwnZone „low“ (65-77 %  $HF_{max}$ ) und eine OwnZone „high“ (77-87 %  $HF_{max}$ ).

Nach Angaben des Herstellers wird durch die OwnZone™-Funktion der Intensitätsbereich für das aerobe Ausdauertraining bestimmt (Polar). Dabei sollen das untere Limit der OwnZone „Basic“ und der „low“-Bereich der OwnZone „Advanced“ überwiegend einer moderaten Trainingsintensität entsprechen, während das obere Limit der OwnZone „Basic“ und der „high“-Bereich der OwnZone „Advanced“ überwiegend einem intensiven Ausdauertraining entsprechen sollen.

Ob jedoch mit Hilfe der Bestimmung der Herzfrequenzvariabilität der Energiestoffwechsel in der Arbeitsmuskulatur beurteilt werden kann und so eine individuelle Trainingssteuerung ermöglicht wird, ist bisher nicht überprüft worden.

Darüber hinaus ist aus Literaturbefunden bekannt, dass bei unterschiedlichen Belastungsformen die Herzfrequenz- und Laktatreaktionen verschieden sind (8, 9, 1). Da jedoch unabhängig von der Ausdauersportart immer die gleichen OwnZone™-Vorgaben für die Trainingsbereiche gelten, ist zu überprüfen, ob damit vergleichbare Beanspruchungen des Energiestoffwechsels erreicht werden.

Ziel der Untersuchung war es deshalb, die Trainingsempfehlungen mittels der OwnZone™-Funktion bei einer Laufband- im Vergleich zu einer Fahrradergometerbelastung zu evaluieren.

## Methodik

### Probanden

18 männliche Probanden ( $24 \pm 3$  Jahre,  $183 \pm 7$  cm,  $78 \pm 4$  kg, maximale Sauerstoffaufnahme  $51 \pm 8$  ml  $\text{min}^{-1} \text{kg}^{-1}$ ) absolvierten in randomisierter Reihenfolge einen maximalen Laufband- und Fahrradergometerstufentest zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit und jeweils drei individuell gesteuerte Dauerbelastungen über 35 min. Alle Probanden waren klinisch gesund, Nichtraucher und wiesen eine unterschiedliche Ausdauerleistungsfähigkeit auf.

### OwnZone Test

Vor den beiden Stufentests und den sechs Dauerbelastungen wurde jeweils ein sportartspezifischer OwnZone™-Test mit dem Herzfrequenzmonitor M52 (Fa. Polar, Finnland) durchgeführt. Der OwnZone™-Test ist ein Stufentest, bei dem die Intensität über das Herzfrequenzverhalten gesteuert wird. Die Belastung begann mit einer Herzfrequenz unter 100/min (ca. 90/min) und wurde alle 2 min um 10-15/min gesteigert bis nach einem akustischen Signal die Herzfrequenzen der OwnZone™ auf dem Display erschienen. Der OwnZone™-Test hat eine vom Hersteller festgelegte maximale Dauer von 10 min.

Die Belastung begann mit einer Herzfrequenz unter 100/min (ca. 90/min) und wurde alle 2 min um 10-15/min gesteigert bis nach einem akustischen Signal die Herzfrequenzen der OwnZone™ auf dem Display erschienen. Der OwnZone™-Test hat eine vom Hersteller festgelegte maximale Dauer von 10 min.

### Fahrradergometerstufentest

Der Fahrradergometerstufentest wurde mit dem Excalibur Sport (Fa. Lode, Niederlande) durchgeführt. Beginnend mit 50 Watt wurde die Leistung alle 3 min um 50 Watt bis zur subjektiven Erschöpfung gesteigert. In Ruhe, am Ende jeder Belastungsstufe und in der ersten, dritten und fünften Nachbelastungsminute wurden 20  $\mu$ l Kapillarblut aus dem hyperämisierten Ohrläppchen zur Messung der Blutlaktatkonzentration mit dem EBIO Laktatanalyser (Fa. Eppendorf, Hamburg) entnommen. Die maximalen Herzfrequenzwerte wurden aus der fortlaufenden Aufzeichnung mit dem Herzfrequenzmonitor VantageNV (Fa. Polar, Finnland) bestimmt.

### Laufbandstufentest

Der Laufbandstufentest wurde auf dem ELG2 (Fa. Woodway-Gerres, Lörrach) durchgeführt. Beginnend mit 2,4 m/s wurde die Belastung alle 3 min um 0,4 m/s erhöht. Nach jeder Stufe erfolgte eine Unterbrechung von 30 s, in der die Blutabnahme für die Laktatbestimmung (s.o.) vorgenommen wurde. Es wurden die gleichen Messgrößen zu den gleichen Zeitpunkten wie bei der Fahrradergometrie bestimmt.

### Dauerbelastungen

Die Dauerbelastungen auf dem Fahrradergometer und dem Laufband wurden ohne Pause direkt im Anschluss an den OwnZone™-Test über eine Dauer von 35 min durch-

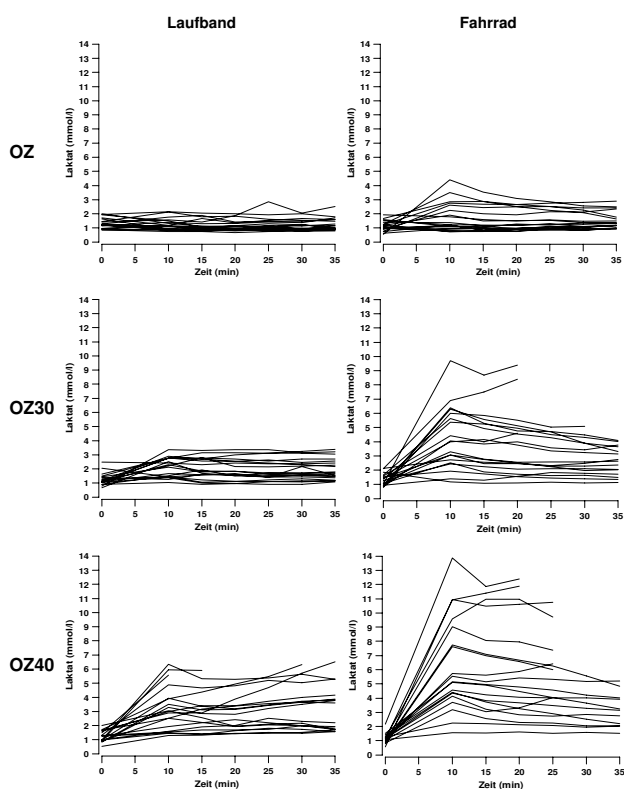


Abbildung 2: Individuelle Laktatzeitverläufe bei den mit der OwnZone™ gesteuerten Dauerbelastungen auf dem Laufband und dem Fahrradergometer.

geführt. Die Intensität wurde jeweils mit der Herzfrequenz (HF) der unteren OwnZone™-Grenze (OZ) sowie den oberen Grenzen OZ30 (OZ-HF +30/min) bzw. OZ40 (OZ-HF +40/min) gesteuert. Innerhalb der ersten 5-10 min wurde die Belastung entsprechend der Zielherzfrequenzvorgabe eingestellt und nach dem Erreichen der Zielherzfrequenz konstant gehalten (kontinuierliche Dauerbelastung).

Während der Dauerbelastungen wurden Herzfrequenz und die Blutlaktatkonzentration in 5minütigen Abständen registriert. Der Anstieg der Laktatkonzentration gegenüber der Zeit wurde mittels linearer Regressionsanalyse aus den Daten der letzten 20 Belastungsminuten berechnet (5). Die Pause zwischen den einzelnen Testtagen betrug minimal zwei und maximal fünf Tage.

## Statistik

Dargestellt sind Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD).

Als statistische Verfahren kamen der Wilcoxon-Test, die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung und die lineare Regressionsanalyse zur Anwendung. Als Signifikanzschranke galt  $p < 0,05$ .

## Ergebnisse

Die Laktatkonzentrationen wiesen während der mit den OwnZone™-Vorgaben gesteuerten Dauerbelastungen erhebliche interindividuelle Unterschiede auf. Abbildung 2

zeigt die individuellen Laktatzeitverläufe während der Dauerbelastungen auf dem Laufband und dem Fahrradergometer.

Bei Erreichen der Zielherzfrequenzen waren besonders bei den OZ40-Belastungen die Spannweiten der Individualwerte mit 1,3 bis 6,3 mmol/l (LB) und 1,6 bis 13,9 mmol/l (FE) sehr groß.

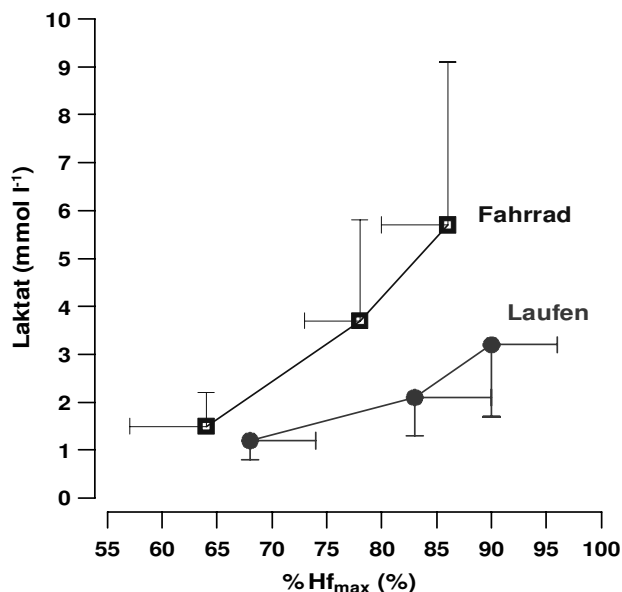


Abbildung 3: Das Laktatverhalten in Relation zur Beanspruchung der maximalen Herzfrequenz, die in den Fahrradergometer- und Laufbandstufentests ermittelt wurden.

Auffällig ist, dass die niedrigsten Laktatwerte bei allen Intensitätsangaben bei etwa 1 mmol/l lagen, während sich die hohen Werte mit zunehmender Intensitätsvorgabe nach oben verlagerten.

Beim Laufen mussten drei Probanden die OZ40-Belastung vorzeitig abbrechen und beim Radfahren waren bei der OZ30- vier und bei der OZ40-Belastung sieben vorzeitige Abbrüche zu verzeichnen. Bei allen abgebrochenen Belastungen lag eine Intensität oberhalb des maximalen Laktat-steady-states mit einem Laktatanstieg über 0,05 mmol/l pro min vor.

Die mittleren Laktatwerte und Herzfrequenzen wurden aus den individuellen Mittelwerten der 15. bis 35. Belastungsminute bestimmt (Tab. 1). Auf dem Fahrradergometer wurden bei gleicher Belastungsvorgabe signifikant höhere Herzfrequenzen, Laktatkonzentrationen (mit Ausnahme OZ) und Prozentsätze der  $HF_{max}$  (nur OZ30) erreicht ( $p < 0,01$ ).

Die mittleren Herzfrequenzen während der Dauerbelastungen lagen durchschnittlich zwischen 3,0 (OZ, FE) und 5,6 Schläge pro min (OZ30, LB) höher als die Zielherzfrequenzen.

Es bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Maximalleistungen und den -laufgeschwindigkeiten im Stufentest und den individuellen mittleren Laktatkonzentrationen während der Dauerbelastungen. Die Korrelationskoeffizienten für die OZ40-Belastungen betragen  $r = -0,24$  (FE) bzw.  $r = -0,21$  (LB).

Beim Vergleich der beiden Belastungsformen waren die Blutlaktatkonzentrationen während der Dauerbelastungen in Abhängigkeit von der Beanspruchung des Prozentsatzes der gemessenen maximalen Herzfrequenz bei der Fahrradergometerbelastung deutlich höher (Abb. 3). So entsprach ein Laktatwert von 1,5 mmol/l bei der Laufbelas-

Diese beträchtliche Variation der %HF<sub>max</sub>-Werte erklärt auch die erhebliche interindividuelle Variation der Blutlaktatkonzentrationen, besonders bei den hohen Intensitätsvorgaben. Mit Hilfe des Laktats als einfach zu messende Größe lassen sich Intensitätskategorien für ein Ausdauertraining aus einer Ergometrie ableiten (3). Mit diesem Ansatz lässt

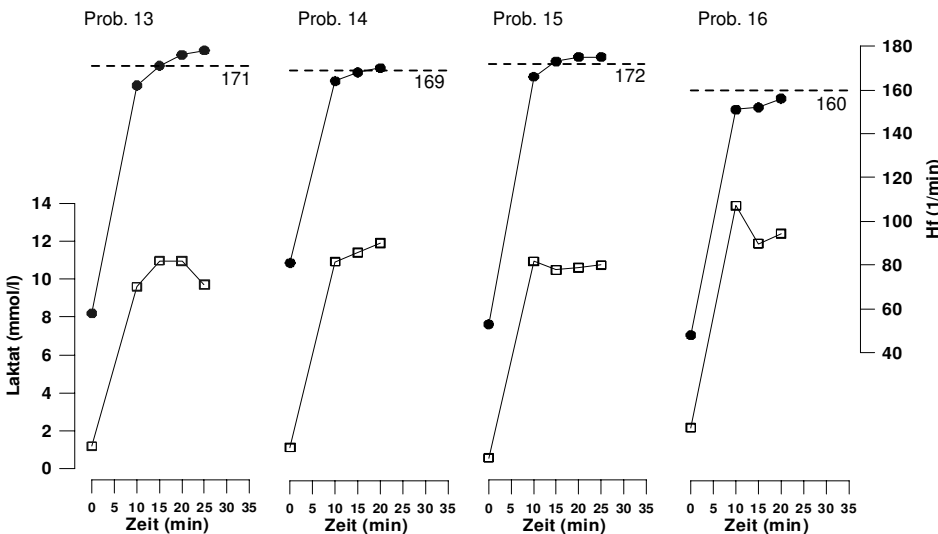


Abbildung 4: Herzfrequenz- und Laktatzeitverläufe von vier Probanden, welche die OZ40-Belastung auf dem Fahrradergometer vorzeitig abbrechen mussten. Die gestrichelten Linien entsprechen den Zielherzfrequenzen.

sich überprüfen, in welchen Bereichen die mit der OwnZone™-Funktion gesteuerten Belastungen liegen. Besonders bei der intensiven OZ40-Belastung verdeutlichen die Laktatkonzentrationen bei Erreichen der Zielherzfrequenzen, dass durch die obere Grenze des „Advanced“-Bereiches Trainingsziele von Regeneration bis hin zu intensiven bzw. hochintensiven Trainingsbelastungen erreicht werden. Dies ist ein Indiz für die unzureichende Steuerbarkeit des Ausdauertrainings durch die Herzfrequenzvariabilität.

Darüber hinaus ist es bemerkenswert, dass bei den intensiven OZ40-Vorgaben die Laktatkonzentrationen in Einzelfällen nur knapp über 1 mmol/l lagen (Abb. 2 unten). Es ist fraglich, ob das

stung 73 % und bei der Fahrradbelastung 64 % der HF<sub>max</sub>. Bei 2 mmol/l Laktat lagen die entsprechenden Werte bei 81 % (LB) und 67 % (FE) und bei 3 mmol/l Laktat bei 89 % (LB) und 74 % (FE). Die maximalen Laktatkonzentrationen in der Stufentests betragen 12,8±2,1 mmol/l (FE) bzw. 11,2±1,7 mmol/l (LB).

Der Variationskoeffizient der Laufgeschwindigkeiten, die den jeweiligen OwnZone Herzfrequenzen in den vier OZ-Tests entsprechen (intraindividuelle Tag-zu-Tag Variabilität) betrug im Mittel 8,6 %. Der mittlere Variationskoeffizient der Leistungen bei den vier OZ-Tests auf dem Fahrradergometer war mit 19,8 % deutlich höher (p<0,01).

## Diskussion

Die Prozentsätze der maximalen Herzfrequenz auf Basis der OwnZone™-Tests entsprechen im Mittel weitestgehend den Vorgaben des American College of Sports Medicine (1). Sie stimmen auch gut mit den Angaben des Herstellers überein (Polar Fitness Team Deutschland: Polar OwnZone. Trainingsprogramme. Polar 2001, unpubliziert). Die individuellen %HF<sub>max</sub>-Werte weichen jedoch zum Teil erheblich nach unten und oben ab (Tab. 1), so dass eine individuelle und zielgenaue Steuerung der Trainingsintensität auf Grundlage der HRV-Bestimmung unter Belastung durch die OwnZone™-Funktion in Frage gestellt werden muss. Ähnliche Befunde fanden auch andere Untersucher (7).

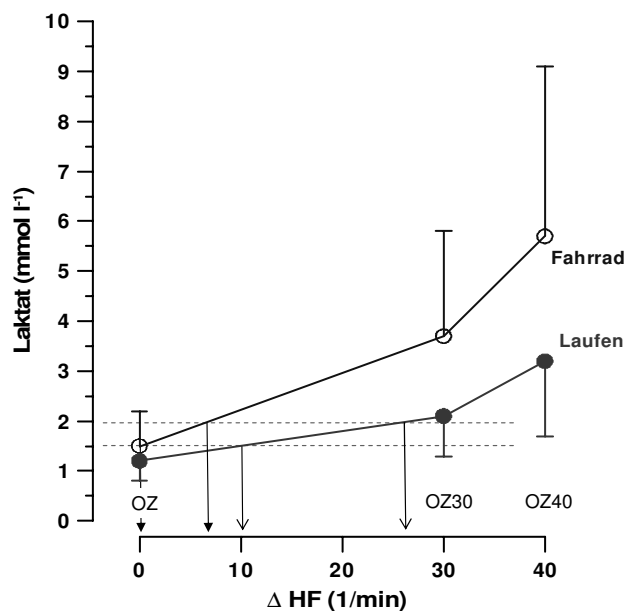


Abbildung 5: Vorschlag für OwnZone™-Belastungsvorgaben eines Ausdauertrainings, das eine Beanspruchung von 1,5 bzw. 2,0 mmol/l Laktat (gestrichelte Linien) zum Ziel hat. Ausgehend von der unteren HF-Grenze geht dieser Bereich von ±0/min bis +7/min für ein Radtraining. Für das Laufen liegen die entsprechenden Belastungsvorgaben dann bei +10/min bis +27/min.

mit dem Ziel eines intensiven Ausdauertrainings der oberen Grenze in Übereinstimmung zu bringen ist.

Es könnte vermutet werden, dass besonders die hohen Laktatkonzentrationen in dieser Untersuchung Folge einer zu schnellen Belastungssteigerung gewesen sein könnten.

Dies wurde jedoch dadurch verhindert, dass die stufenförmig ansteigenden OwnZone™-Tests vor den Dauerbelastungen als Aufwärmen genutzt wurden und die Belastungen dann ohne Pause innerhalb von 5 min (OZ-Belastungen) und 10 min (OZ30- bzw. OZ40-Belastungen) entsprechend der Zielherzfrequenzvorgaben allmählich eingestellt wurden. Somit betrug die Aufwärmphase von Beginn des OZ-Tests mit einer Anfangsherzfrequenz von 90/min bis zum Erreichen der Zielherzfrequenzen zwischen 10 und 20 min.

Tabelle 1: Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimal- und Maximalwerte der mittleren Laktatkonzentrationen und Herzfrequenzen der 15. bis 35. Belastungsminute während der Dauerbelastungen sowie die durchschnittliche prozentuale Beanspruchung der individuellen in den Stufen-tests ermittelten sportartspezifischen maximalen Herzfrequenzen (%HF<sub>max</sub>) sowie der Leistungen (P<sub>4</sub>) bzw. Laufgeschwindigkeiten bei 4 mmol/l Laktat (v<sub>4</sub>).

		Laufband				Fahrrad			
		MW	SD	min	max	MW	SD	min	max
OZ	La (mmol/l)	1,2	0,4	0,7	2,1	1,5	0,7	0,9	2,9
	%HF <sub>max</sub>	68	6	61	78	65	7	54	75
	%v <sub>4</sub> bzw %P <sub>4</sub>	57	9	40	76	56	14	28	78
OZ30	La (mmol/l)	2,1	0,8	1,0	3,5	3,7	2,1	1,1	9,0
	%HF <sub>max</sub>	83	7	72	93	78	5	70	88
	%v <sub>4</sub> bzw %P <sub>4</sub>	78	7	63	88	79	14	54	105
OZ40	La (mmol/l)	3,2	1,5	1,5	5,9	5,7	3,4	1,6	12,1
	%HF <sub>max</sub>	90	6	81	98	86	6	76	96
	%v <sub>4</sub> bzw %P <sub>4</sub>	87	7	76	102	91	15	70	132

Es wurde ein konstanter Belastungsmodus gewählt, um die der Zielherzfrequenzen entsprechenden Belastungen bezüglich des steady state Verhaltens der Laktatkonzentration zu beurteilen. Dabei zeigt sich, dass die Fahrradbelastung für die Probanden ein deutlich intensiveres Training im Vergleich zur Laufbelastung darstellte. Dafür sprechen die signifikant höheren Laktatkonzentrationen bei gleicher Intensitätsvorgabe und die größere Zahl an Belastungsabbrüchen. Bei der OZ40-Belastung waren dies immerhin 39 % (7 von 18 Probanden).

Hier könnte eingewendet werden, dass die Belastung nicht mit Hilfe der Herzfrequenz gesteuert wurde. Es wäre zu erwarten gewesen, dass die Laktatkonzentrationen durch die Reduzierung der Belastung bei konstanter Herzfrequenz geringer ausgefallen wären. Bei der OZ40-Laufbelastung hätte dies wahrscheinlich dazu geführt, dass alle Probanden die Belastung durchgehalten hätten.

Bei der OZ40-Belastung auf dem Fahrradergometer hätte dies jedoch nicht zugetroffen. Vier von sieben Probanden, welche diese Belastung vorzeitig abbrechen mussten, hatten Blutlaktatkonzentrationen über 10 mmol/l. Während bei zwei Probanden (Prob. 13 und 15) die Herzfrequenzen bei Belastungsabbruch etwas höher lagen als die Zielherzfrequenzen, war beim Probanden 14 Abbruch- und Zielherzfrequenz identisch und Proband 16 erreichte bis zum Belastungsende gar nicht die Zielherzfrequenz (Abb. 4). Somit hätte sich an der großen Spannweite der Laktatkonzentrationen nichts geändert, zumal auch damit zu rechnen wäre, dass sich bei einem solchen Vorgehen die niedrigen Laktatkonzentrationen verringert hätten.

Es soll an dieser Stelle betont werden, dass sich die Kritik der Arbeit an die Intensitätsvorgabe durch die Analyse der

Herzfrequenzvariabilität unter Belastung richtet. Die Trainingssteuerung durch die Herzfrequenz ist in der Praxis ein etabliertes Verfahren und muss – auch aus methodischen Gründen dieser Untersuchung – von dem Verfahren der Bestimmung der Zielherzfrequenz getrennt betrachtet werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung deuten darauf hin, dass die Herzfrequenzvariabilität während Belastung kein Indikator für die Beanspruchung des Energiestoffwechsels in der Arbeitsmuskulatur ist. Dies ist in Übereinstimmung mit

Studien, in denen das Verhalten der Spektralkomponenten der Herzfrequenzvariabilität während Belastung keine Rückschlüsse auf die autonome Aktivität des Sympathikus und Parasympathikus zuließ (2, 10, 11)

Der besonders bei der Fahrradbelastung in-diskutabel hohe Variationskoeffizient der an vier Tagen gemessenen OwnZone™-Leistungen von 19,8 % lässt sich nicht allein durch eine unterschiedliche Tagesform erklären. Dieser Befund ist ebenfalls ein Indiz für die fehlende Beziehung der Herzfrequenzvariabilität zum Energiestoffwechsel. Eine Laktatleistungsdiagnostik weist demgegenüber eine hohe Reproduzierbarkeit auf (4, 12). Der Variationskoeffizient für die Leistung bei 4 mmol/l Laktat beträgt 4,15 % (6).

Obwohl ein differenziertes, zielgenaues Ausdauertraining mit Hilfe der Herzfrequenzvariabilität nicht möglich ist, so kann die OwnZone™-Funktion durchaus eingesetzt werden, um zu hohe Belastungsintensitäten im Freizeit- und Gesundheitssport zu vermeiden. Dazu ist es allerdings notwendig, für die Ausdauersportarten Radfahren und Laufen unterschiedliche Belastungsvorgaben anzugeben. Ein möglicher Vorschlag dazu ist in Abb. 5 dargestellt.

Soll eine Beanspruchung von 1,5 bis 2,0 mmol/l Laktat angestrebt werden, was in etwa einem extensiven Ausdauertraining entspricht, dann ist im Mittel mit einer Beanspruchung von 64 bis 67 % HF<sub>max</sub> beim Radfahren und von 73 bis 81 % HF<sub>max</sub> beim Laufen auszugehen. Dies bedingt eine OwnZone™ Belastungsvorgabe ausgehend von der unteren HF-Grenze von ±0/min bis +7/min für ein Radtraining. Für das Laufen liegen die entsprechenden Belastungsvorgaben dann bei +10/min bis +27/min.

Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung lässt sich schlussfolgern, dass die Herzfrequenzvariabilität unter Belastung möglicherweise kein Indikator für die Beanspruchung des Energiestoffwechsels darstellt und daraus abgeleitete Herzfrequenzvorgaben keine individuelle Trainingssteuerung für ein Ausdauertraining ermöglichen.

## Literatur

1. American College of Sports Medicine: The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness and Flexibility in Healthy Adults. Med Sci Sports Exerc 30 (1998) 975-991.
2. Casadei B, Cochrane S, Johnston J, Conway J, Sleight P: Pitfalls in the interpretation of spectral analysis of the heart rate variability during exercise in humans. Acta Physiol Scand 153 (1995) 125-131.

3. Dickhuth HH: Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin. Karl Hofmann, Schorndorf, 2000.
4. Dickhuth HH, Yin L, Niess A, Röcker K, Mayer F, Heitkamp HC, Horstmann T: Ventilatory, lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: relationship and reproducibility. *Int J Sports Med* 20 (1999) 122-127.
5. Heck H: Laktat in der Leistungsdiagnostik. Hofmann, Schorndorf 1990.
6. König U, Heck H, Roskopf P: Die Variabilität des Laktats bei ansteigender Fahrradergometerarbeit, in: Bernett P, Jeschke D (Hrsg.): Sport und Medizin. Pro und Contra. Zuckschwerdt, München, 1991.
7. Margerie R, Boldt F, Schwitters, Brunkhorst H: Ist die Bestimmung der Own-Zone geeignet zur Trainingssteuerung im Freizeit- und Gesundheitssport? *Dtsch Z Sportmed* 56 (2005) 244.
8. Medelli J, Maingourd Y, Bouferrache B, Bach V, Freville M, Libert JP: Maximal oxygen uptake and aerobic-anaerobic transition on treadmill and bicycle in triathletes. *Jpn J Physiol* 43 (1993) 347-360.
9. Miles DS, Critz JB, Knowlton RG: Cardiovascular, metabolic, and ventilatory responses of women to equivalent cycle ergometer and tread-mill exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 12 (1980) 14-19.
10. Perini R, Orizio C, Baselli G, Cerutti S, Veicsteinas A: The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability. *Eur J Appl Physiol* 61 (1990) 143-146.
11. Perini R, Veicsteinas A: Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol* 90 (2003) 317-325.
12. Pfitzinger P, Freedson PS: The reliability of lactate measurements during exercise. *Int J Sports Med* 19 (1998) 349-357.
13. Röcker K, Striegel H, Dickhuth HH: Heart rate recommendations: Transfer between running and cycling exercise? *Int J Sports Med* 24 (2003) 173-178.
14. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Takala TE, Seppanen T, Huikuri HV: Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol* 271 (1996) H244-252.
15. Schulz H, Müller F, Fromme A, Heck H: Die Belastungsintensität bei Freizeitläufern. *Dtsch Z Sportmed* 48 (1997) 270-273.
16. Völker K, Gracher M, Wibbels T, Hollmann W: Über die Notwendigkeit der Steuerung der Belastungsintensität im Breitensport, in: Franz I-W, Mellerowicz H, Noack W (Hrsg.): Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1985.

**Korrespondenzadresse:**

**Prof. Dr. Henry Schulz**  
**Professur für Sportmedizin/Sportbiologie**  
**Institut für Sportwissenschaft**  
**Technische Universität Chemnitz**  
**Thüringer Weg 11**  
**09107 Chemnitz**  
**e-Mail: henry.schulz@phil.tu-chemnitz.de**