

Winfried Spanaus

# **Herzfrequenzkontrolle im Ausdauersport**

Diese Arbeit wurde als Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades  
an der Philosophischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
unter dem Titel „Untersuchung zur maximalen Herzfrequenz  
bei leistungsorientierten Freizeit-Langläufern“ angenommen.

Meyer & Meyer Verlag

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Vorwort</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>1 Einleitung</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>2 Literaturanalyse</b> .....  | <b>15</b> |
| 2.1 Aufbau und Funktion des Herzens .....  | 15        |
| 2.1.1 Morphologie des Herzens .....  | 15        |
| 2.1.2 Herzfrequenzregulation .....   | 15        |
| 2.1.2.1 Erregungsbildung und Ausbreitung .....   | 16        |
| 2.1.2.2 Einflüsse auf die Herzfrequenzregulation .....                                   | 17        |
| 2.1.3 Der Blutkreislauf .....  | 19        |
| 2.1.3.1 Der große Blutkreislauf (Körperkreislauf) .....                                  | 19        |
| 2.1.3.2 Der kleine Blutkreislauf (Lungenkreislauf) .....                                 | 19        |
| 2.1.4 Das Sporthertz .....   | 20        |
| 2.1.4.1 Geschichtlicher Rückblick .....  | 20        |
| 2.1.4.2 Funktion des Sporthertzens .....   | 21        |
| 2.2 Ruhefrequenz und submaximale Herzfrequenz .....                                      | 24        |
| 2.2.1 Ruheherzfrequenz .....   | 24        |
| 2.2.2 Submaximale Herzfrequenz .....   | 27        |
| 2.2.3 Die Herzfrequenz unter dem Einfluss von<br>Flüssigkeitszufuhr und Temperatur ..... | 28        |
| 2.2.4 Herzfrequenz in Abhängigkeit vom Geschlecht .....                                  | 30        |
| 2.2.5 Herzfrequenz und Ernährung .....   | 31        |
| 2.3 Maximale Herzfrequenz .....  | 32        |
| 2.4 Maximale Herzfrequenz mit fortschreitendem Alter .....                               | 37        |
| 2.5 Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme .....  | 45        |
| 2.6 Methoden der Herzfrequenzmessung .....   | 48        |
| 2.6.1 Geschichtlicher Abriss .....   | 48        |
| 2.6.2 Palpatorisches Verfahren .....   | 52        |
| 2.6.3 Fotoelektronisches Prinzip und Messung<br>über einen Dehnungsstreifen .....        | 53        |
| 2.6.4 Herzfrequenzmessung nach dem EKG-Prinzip .....                                     | 54        |
| 2.7 Problematik der Trainingssteuerung im Freizeitsport .....                            | 56        |

## **INHALTSVERZEICHNIS**

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 2.8       | Ausdauer  | 60 |
| 2.8.1     | Aerobe und anaerobe Ausdauer                          | 60 |
| 2.8.2     | Kurzzeit-, Mittelzeit- und Langzeitausdauer           | 61 |
| 2.9       | Trainingsmethoden                                     | 62 |
| 2.9.1     | Dauermethode  | 63 |
| 2.9.1.1   | Extensive Dauermethode                                | 63 |
| 2.9.1.2   | Intensive Dauermethode                                | 63 |
| 2.9.2     | Intervallmethode                                      | 64 |
| 2.9.2.1   | Extensives Intervalltraining                          | 65 |
| 2.9.2.2   | Intensives Intervalltraining                          | 65 |
| 2.9.3     | Wiederholungsmethode                                  | 65 |
| 2.9.4     | Wettkampfmethode                                      | 66 |
| 2.10      | Diagnostische Verfahren zur Trainingssteuerung        |    |
|           | im Ausdauersport                                      | 67 |
| 2.10.1    | Der Laktat-Stufentest (erstes Schwellenkonzept)       | 67 |
| 2.10.2    | Der GONCONI-Test (zweites Schwellenkonzept)           | 68 |
| 2.10.3    | Der $\dot{V}O_{2\max}$ -Test                          | 69 |
| 2.10.4    | Der $HF_{\max}$ -Test                                 | 70 |
| 2.10.4.1  | Der 800-m-Test  | 72 |
| 2.10.4.2  | Der 1.000-m-Lauf                                      | 72 |
| 2.10.4.3  | Der Eine-Meile-Test                                   | 72 |
| 2.10.4.4  | Der 3.000-m-Wettkampf                                 | 73 |
| 2.10.4.5  | Der zwei-Meilen-Test                                  | 73 |
| 2.10.4.6  | Wiederholungsläufe über eine Meile                    | 73 |
| 2.10.4.7  | Der 5.000-m-Wettkampf                                 | 73 |
| 2.10.4.8  | Der 10-km-Wettkampf                                   | 74 |
| 2.10.4.9  | Der Grescendo-Lauf                                    | 74 |
| 2.10.4.10 | Der Stufentest  | 74 |
| 2.10.4.11 | Der 3x3-Minuten-Test                                  | 74 |
| 2.10.4.12 | Der 12-Minuten-Test                                   | 74 |
| 2.10.4.13 | Der Berganlauf  | 74 |
| 2.10.4.14 | Der Hügel-Wiederholungstest                           | 74 |
| 2.10.4.15 | Der 200-m-Intervall-Test                              | 75 |
| 2.11      | Die Herzfrequenz als Parameter zur Trainingssteuerung | 75 |

|      |   |            |
|------|---|------------|
| .60  | <b>3 Empirischer Teil. . . . .</b>  | <b>76</b>  |
| .60  | 3.1 Problemstellung. . . . .  | 76         |
| .61  | 3.2 Methodik. . . . .   | 77         |
| .62  | 3.2.1 Auswahl des Probandenguts. . . . .  | 77         |
| 53   | 3.2.2 Versuchsbedingungen und Ablauf. . . . .   | 78         |
| 53   | 3.2.3 Übersicht der eingesetzten Herzfrequenzmessgeräte. . . . .  | 79         |
| 53   | 3.2.4 Auswertungsverfahren. . . . .   | 81         |
| 64   | 3.2.4.1 Rücklauf. . . . .   | 81         |
| " 65 | 3.2.4.1 Statistische Verfahren. . . . .   | 81         |
| 95   | 3.2.5 Beschreibung des Probandenguts (Rücklauf). . . . .  | 82         |
| 65   | <b>4 Ergebnisse. . . . .</b>  | <b>92</b>  |
| •6"  | 4.1 Ergebnisse der Probanden. . . . .   | 92         |
| •67  | 4.2 Herzfrequenzverlaufskurven der HF <sub>max</sub> -Tests. . . . .                                      | 96         |
| •67  | 4.2.1 Die Herzfrequenzkurve eines 12-Minuten-Tests<br>(HF <sub>max</sub> -Test 1) . . . . .               | 97         |
| •68  | 4.2.2 Die Herzfrequenzkurve eines 1.600-m-Stufentests<br>(HF <sub>max</sub> -Test2) . . . . .             | 99         |
| •69  | 4.2.3 Die Herzfrequenzkurve eines 800-m-Tests (HF <sub>max</sub> -Test 3) . . . . .                       | 101        |
| .70  | 4.2.4 Die Herzfrequenzkurve eines Hügel-Wiederholungstests<br>(HF <sub>max</sub> -Test4) . . . . .        | 103        |
| .72  |   |            |
| •72  |   |            |
| .72  |   |            |
| 73   | <b>5 Diskussion der Untersuchungsergebnisse. . . . .</b>  | <b>105</b> |
| y T  | 5.1 Vergleich der einzelnen HF <sub>max</sub> -Tests untereinander. . . . .                               | 105        |
| yo   | 5.2 Vergleich der eigenen Untersuchungsergebnisse mit<br>den gängigen HF <sub>max</sub> -Formeln. . . . . | 111        |
| 7-,  | 5.2.1 Die HF <sub>max</sub> errechnet durch die gängigen Formeln. . . . .                                 | 112        |
| •74  | 5.2.2 Vergleich der Ergebnisse mit der Formel<br>ROST/HOLLMANN'S. . . . .                                 | 113        |
| •74  | 5.2.3 Vergleich der Ergebnisse mit der Formel<br>LAGERSTRÖM/GRAFS. . . . .                                | 116        |
| •74  | 5.2.4 Vergleich der Ergebnisse mit der Formel<br>PETERS/STEMPERS und HILLS et al. . . . .                 | 118        |
| •74  | 5.2.5 Vergleich mit der ersten Formel NEUMANN'S. . . . .  | 120        |
| •75  | 5.2.6 Vergleich mit der zweiten Formel NEUMANN'S. . . . .   | 122        |
| •75  | 5.3 Neue Formeln zur Berechnung der HF <sub>max</sub> . . . . .   | 124        |

## **INHALTSVERZEICHNIS**

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>6</b> | <b>Schlussfolgerungen</b> .....                  | <b>135</b> |
| <b>7</b> | <b>Literaturverzeichnis</b> .....                | <b>140</b> |
| <b>8</b> | <b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> ..... | <b>159</b> |
| <b>9</b> | <b>Anhang</b> .....                              | <b>165</b> |
|          | Abkürzungsverzeichnis .....                      | 172        |
|          | Bildnachweis .....                               | 172        |