

<sup>1</sup>Manchado C, <sup>2</sup>Hoffmann E, <sup>3</sup>Valdivielso FN, <sup>1</sup>Platen P

## Beanspruchungsprofil im Frauenhandball – Belastungsdauer und Herzfrequenzverhalten bei Spielen der Nationalmannschaft

*Physiological demands in female handball – demands and heart rate during matches of the German National Team*

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Sportmedizin und Sporternährung, Fakultät für Sportwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum

<sup>2</sup>Deutscher Handballbund, Dortmund

<sup>3</sup>Universidad de Castilla la Mancha, Facultad de Ciencias del Deporte, Spanien

### Zusammenfassung

Der internationale Frauenhandball hat in den letzten Jahren an Dynamik gewonnen. Das Beanspruchungsprofil ist bisher nicht systematisch untersucht. Daher war es Ziel dieser Studie, entsprechende Analysen während der 7 Spiele der Europameisterschaft 2004 der deutschen Nationalmannschaft durchzuführen. Die tatsächlichen Belastungszeiten sowie die Dauer der hochintensiven Angriffsphasen wurden gemessen. 14 der 16 Spielerinnen (Alter  $26,6 \pm 3,8$  Jahre; Größe  $176,0 \pm 7,4$  cm, Gewicht  $70,4 \pm 6,8$  kg) trugen während der Spiele einen Pulsmesser (Polar, Team System). Es wurden die durchschnittlichen Hf-Werte sowie die jeweiligen Prozentwerte vom individuellen Maximalpuls (%Hfmax) von den tatsächlichen Einsatzphasen von 6 der 7 Spiele bei 12 Spielerinnen ermittelt. Die individuelle Hfmax war zuvor bei einem Shuttle-Run Test, die aerob/anaerobe Schwelle (v4), die mit der Grundlagenausdauer korreliert, bei einem Feldstufentest gemessen worden.

Bei einer mittleren Gesamtspieldauer von 72 min war etwa 43 min lang der Ball im Spiel. Im Gesamtspiel fanden sich  $76,0 \pm 10,2$  intensive Angriffsphasen mit einer mittleren Dauer von  $5,72 \pm 0,37$  s. Die Einsatzzeit betrug  $41,7 \pm 5,1$  min. Die mittlere Hf lag bei  $161,1 \pm 3,3$  S/min, die %Hfmax bei  $86,9 \pm 5,5\%$ , und die v4 bei  $3,3 \pm 0,3$  m/s. Interessanterweise fand sich bei den Feldspielerinnen, die über 30 min Einsatz pro Spiel hatten, eine sehr hohe, hochsignifikante negative Korrelation zwischen der v4 und der %Hfmax ( $r=0,96$ ,  $p<0,01$ ).

Die Studie unterstreicht die Notwendigkeit einer gut ausgebildeten Grundlagenausdauer in der Spielsportart Handball.

**Schlüsselwörter:** Frauenhandball, Beanspruchungsprofil, Herzfrequenzverhalten im Spiel, Grundlagenausdauer, intensive Spielphasen

### Einleitung

Der internationale Frauenhandball hat in den letzten Jahren an Dynamik und Schnelligkeit gewonnen (20). Die komplexe Spielfähigkeit setzt sich aus taktischen, technischen und konditionellen Komponenten zusammen (4). Seit ca. 20 Jahren wird eine gut entwickelte Grundlagenausdauer in der Spielsportart Handball auf hohem internationalem Niveau eingefordert (19).

### Summary

Dynamics in international women's handball have increased during the last years. Physiological demands have not been investigated systematically so far. Therefore, the aim of the present investigation was to analyse the respective demands during the 7 matches of the German women's national handball team during the European Championship in 2004. Real time of playing and duration of highly intensive phases during offensive phases were measured. 14 of 16 players (age  $26.6 \pm 3.8$  yrs; height  $176.0 \pm 7.4$  cm, weight  $70.4 \pm 6.8$  kg) agreed to wear a heartrate monitor during the matches (polar team system). We were able to analyse mean heartrates and the corresponding percentual values from the individual maximal heart rates (%Hfmax) in 6 of 7 matches in 12 players during all phases when the players were on the field. Prior to the tournament, individual Hfmax was determined during a shuttle run test, and velocity corresponding to 4 mmol/l blood lactate (v4), which has been shown to correspond to basic endurance performance, was determined during an incremental run field test.

During 72 min of total playing time, the ball was in the match for only 43 min. We found a total of  $76.0 \pm 10.2$  intensive phases during offensive periods, with a mean duration of  $5.72 \pm 0.37$  sec. Mean time of action of the players was  $41.7 \pm 5.1$  min. Mean heart rate was  $161.1 \pm 3.3$  beats/min, corresponding to  $86.9 \pm 5.5\%$  of Hfmax. Mean v4 was  $3.3 \pm 0.3$  m/s. Interestingly, we found a highly significant, positive correlation between v4 and %Hfmax ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ).

The study underlines the necessity of a highly-developed basic endurance capacity in handball.

**Key Words:** Women's handball, physiological demands, heartrate during the match, endurance performance, duration of intensive phases of the match

Erstaunlicherweise ist das sportspezifische physiologische Beanspruchungsprofil bisher nicht systematisch untersucht, insbesondere auch nicht der zeitliche Verlauf der Beanspruchungen im Wettkampf, so dass sich praktisch kaum trainingswissenschaftlich begründete Empfehlungen für Belastungsumfänge, -intensitäten und insbesondere deren zeitliche Abfolge und Interaktion zur Verbesserung von einzelnen konditionellen Komponenten ableiten lassen. Die individuelle Herzfrequenz ist ein vergleichsweise einfach zu erhebender Parameter, der Aussagen zu der individuellen

Tabelle 1: Einsatzzeiten und mittlere Herzfrequenzen (Hf MW) in den einzelnen Spielen sowie als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (sd) aller 6 Spiele; DEN: Dänemark, ROM: Rumänien, HUN: Ungarn, AUT: Österreich, FRA: Frankreich, UKR: Ukraine; Torhüterinnen: Nr. 1, Nr. 10 und Nr. 12.

| Spielerin |             |       | DEN   | ROM   | HUN   | AUT   | FRA   | UKR   | MW    | sd   |
|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1         | Einsatzzeit | min   | 63    | 10    | 50    | 11    | 2     |       | 27,0  | 27,3 |
|           | Hf MW       | S/min | 150   | 153   | 150   | 146   | 147   |       | 149,1 | 2,8  |
| 2         | Einsatzzeit | min   | 8     |       |       | 34    | 37    | 52    | 32,8  | 18,4 |
|           | Hf MW       | S/min | 176   |       |       | 184   | 185   | 185   | 182,5 | 4,4  |
| 3         | Einsatzzeit | min   | 67    | 21    | 54    | 52    | 54    | 64    | 51,9  | 16,5 |
|           | Hf MW       | S/min | 152   | 144   | 140   | 146   | 143   | 150   | 145,8 | 4,6  |
| 4         | Einsatzzeit | min   |       | 30    | 19    | 40    | 32    | 19    | 28,0  | 9,2  |
|           | Hf MW       | S/min |       | 164   | 160   | 153   | 142   | 167   | 157,3 | 10,0 |
| 5         | Einsatzzeit | min   | 9     | 36    | 9     | 24    | 25    | 12    | 19,2  | 10,8 |
|           | Hf MW       | S/min | 151   | 161   | 148   | 157   | 156   | 151   | 154,0 | 4,9  |
| 6         | Einsatzzeit | min   |       |       | 28    |       |       |       | 28,0  |      |
|           | Hf MW       | S/min |       |       | 164   |       |       |       | 164,0 |      |
| 7         | Einsatzzeit | min   | 32    | 29    | 26    | 39    | 36    | 52    | 35,6  | 9,5  |
|           | Hf MW       | S/min | 175   | 174   | 173   | 174   | 168   | 157   | 170,2 | 6,9  |
| 8         | Einsatzzeit | min   | 72    | 74    | 44    | 34    | 34    | 74    | 55,2  | 19,9 |
|           | Hf MW       | S/min | 175   | 148   | 158   | 152   | 153   | 156   | 157,0 | 9,5  |
| 9         | Einsatzzeit | min   | 60    | 28    | 52    | 42    | 36    | 44    | 43,8  | 11,4 |
|           | Hf MW       | S/min | 166   | 162   | 165   | 154   | 149   | 164   | 160,0 | 6,9  |
| 10        | Einsatzzeit | min   | 9     | 51    |       | 34    | 69    | 89    | 50,5  | 30,6 |
|           | Hf MW       | S/min | 161   | 165   |       | 154   | 162   | 167   | 161,8 | 5,0  |
| 11        | Einsatzzeit | min   | 42    | 71    | 55    | 42    | 21    | 47    | 46,3  | 16,5 |
|           | Hf MW       | S/min | 172   | 167   | 166   | 154   | 160   | 164   | 163,9 | 6,2  |
| 12        | Einsatzzeit | min   |       |       | 23    |       |       |       | 22,8  |      |
|           | Hf MW       | S/min |       |       | 142   |       |       |       | 141,7 |      |
| 13        | Einsatzzeit | min   | 70    | 68    | 73    | 68    | 71    | 74    | 70,4  | 2,5  |
|           | Hf MW       | S/min | 165   | 160   | 160   | 159   | 163   | 156   | 160,5 | 3,1  |
| 14        | Einsatzzeit | min   | 21    |       | 48    | 25    | 50    | 39    | 36,7  | 13,2 |
|           | Hf MW       | S/min | 189   |       | 169   | 180   | 184   | 186   | 181,6 | 7,8  |
| MW        | Einsatzzeit | min   | 41,2  | 41,7  | 39,9  | 37,1  | 38,9  | 51,5  | 41,7  | 5,1  |
| Min       |             | min   | 8     | 10    | 9     | 11    | 2     | 12    |       |      |
| Max       |             | min   | 70    | 74    | 73    | 68    | 71    | 74    |       |      |
| MW        | Hf MW       | S/min | 166,5 | 159,8 | 157,9 | 159,4 | 159,3 | 163,9 | 161,1 | 3,3  |
| Min       |             | S/min | 151   | 144   | 140   | 146   | 142   | 150   |       |      |
| Max       |             | S/min | 189   | 167   | 173   | 180   | 184   | 186   |       |      |

Beanspruchung erlaubt, da Variationen in der Herzfrequenz unter Belastung mit einem gewissen Zeitverzug mit Veränderungen der individuellen Belastungsintensität korrelieren (1). In der vorliegenden Arbeit sollte daher als erster Ansatz neben der Analyse intensiver Belastungsphasen eine genauere Untersuchung der Herzfrequenz zur Beurteilung des mittleren Beanspruchungsprofils im Frauenhandball auf internationalem Niveau im Verlauf eines Europameisterschafts-(EM-) Turniers genutzt werden.

## Material und Methode

### Teilnehmerinnen

Die Untersuchung wurde mit den Spielerinnen der deutschen Handball-Nationalmannschaft der Frauen im Vorfeld und während der EM 2004 durchgeführt (n = 16, Alter: 26,6 ± 3,8 Jahre, Größe: 176,0 ± 7,4 cm, Gewicht: 70,4 ± 6,8 kg).

### Maximale Herzfrequenz

Eine Woche vor Beginn der EM wurde ein „Shuttle-Run Test“ zur Ermittlung der individuellen maximalen Herzfrequenzen (Hfmax) durchgeführt (12). Hierbei wurde auf

einer 20 m Wendestrecke (Handballfeld quer, 180° Wendung) mit stufenförmig ansteigender Geschwindigkeit (Beginn: 7 km/h, Steigerung um 1 km/h nach jeweils 1 min) bis zur subjektiven Ausbelastung gelaufen. Die Geschwindigkeit wurde über ein akustisches Signal gesteuert. Die Herzfrequenz wurde kontinuierlich mittels eines Pulstesters (Polar Team System) gemessen.

### Laufgeschwindigkeit bei 4 mmol/l Laktat (maximales Laktat Steady State)

Die Laufgeschwindigkeit bei 4 mmol/l Laktat (v4) (2, 16) wurde in einem Feldstufentest auf einer 400 m Bahn etwa 6 Wochen vor Beginn der EM ermittelt. Beginnend mit 2,0 m/s wurde die Laufgeschwindigkeit jeweils um 0,4 m/s mit 1 min Pause zur Blutentnahme aus dem Ohrläppchen gesteigert. Pro Stufe wurden 2 Runden (2,0 m/s) oder 3 Runden (2,4 – 4,0 m/s) gelaufen. Die Laktatkonzentration wurde nach dem Test enzymatisch (Ebio plus, Eppendorf) bestimmt und v4 linear interpoliert.

Herzfrequenzverhalten während der Handballspiele 14 der 16 Spielerinnen, davon 11 Feldspielerinnen und alle 3 Torwarte, trugen während der 7 Spiele der Europameisterschaft einen Pulstester (Polar Team System).

Tabelle 2: Mittlere prozentuale Nutzung der maximalen Herzfrequenz (% Hfmax) der einzelnen Spielerinnen sowie Mittelwert (MW) und Standardabweichung (sd) der Gesamtgruppe; DEN: Dänemark, ROM: Rumänien, HUN: Ungarn, AUT: Österreich, FRA: Frankreich, UKR: Ukraine; Torhüterinnen: Nr. 1, Nr. 10 und Nr. 12.

| Spielerin | DEN   | AUT  | FRA  | UKR  | HUN  | ROM  | MW   | sd  |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 1         | 76,5  | 74,5 | 75,0 |      | 76,5 | 78,1 | 75,6 | 1,4 |
| 2         | 88,4  | 92,5 | 93,0 | 93,0 |      |      | 91,7 | 2,2 |
| 3         | 87,9  | 84,4 | 82,7 | 86,7 | 80,9 | 83,2 | 84,5 | 2,6 |
| 4         |       | 81,8 | 75,9 |      | 85,6 | 87,7 | 81,1 | 5,2 |
| 5         | 82,1  | 85,3 | 84,8 | 82,1 | 80,4 | 87,5 | 82,9 | 2,6 |
| 6         |       |      |      |      | 84,5 |      | 84,5 |     |
| 7         | 89,3  | 88,8 | 85,7 | 80,1 | 88,3 | 88,8 | 86,4 | 3,5 |
| 8         | 100,0 | 86,9 | 87,4 | 89,1 | 90,3 | 84,6 | 90,7 | 5,4 |
| 9         | 90,2  | 83,7 | 81,0 | 89,1 | 89,7 | 88,0 | 86,7 | 3,7 |
| 10        | 91,0  | 87,0 | 91,5 | 94,4 |      | 93,2 | 91,0 | 2,8 |
| 11        | 93,5  | 83,7 | 87,0 | 89,1 | 90,2 | 90,8 | 88,7 | 3,4 |
| 12        |       |      |      |      | 74,7 |      | 74,7 |     |
| 13        | 90,7  | 87,4 | 89,6 | 85,7 | 87,9 | 87,9 | 88,2 | 1,7 |
| 14        | 97,9  | 93,3 | 95,3 | 96,4 | 87,6 |      | 94,1 | 4,0 |
| MW        | 89,8  | 85,8 | 85,7 | 88,6 | 84,7 | 87,0 | 85,8 | 3,2 |
| sd        | 6,5   | 4,9  | 6,3  | 5,2  | 5,4  | 4,2  | 5,7  | 1,2 |

Ein Spiel konnte aufgrund technischer Probleme nicht ausgewertet werden. Das Polar Team System benötigt zur Aufzeichnung keine externe Uhr, so dass die Pulsmessung ohne Gefährdung der Spielerinnen oder der Gegnerinnen erfolgen konnte. Die Herzfrequenzen wurden im 5 sek. Intervall kontinuierlich aufgezeichnet und nach Ende des Spiels mittels der Polar Software (SW 4) ausgewertet. Berücksichtigt wurden hierbei von den 6 zu analysierenden

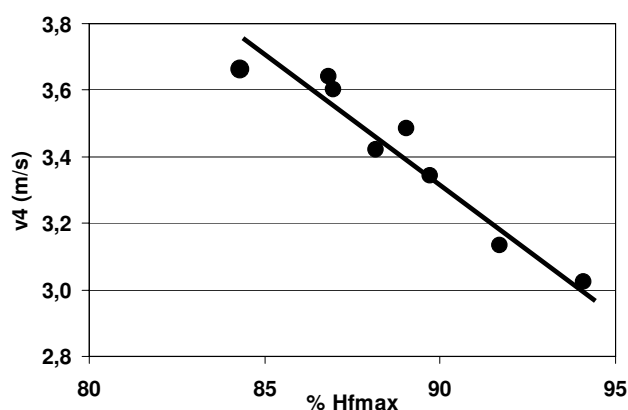


Abbildung 1: Korrelation zwischen der v4 und der mittleren prozentualen Nutzung der maximalen Herzfrequenz (Hfmax) während der Spiele bei den Feldspielerinnen, die mehr als 30 min Einsatzzeit hatten (%Hfmax,  $r = 0,96$ ,  $p < 0,01$ ;  $n = 8$ ).

Spielen ausschließlich die Spielphasen, in denen die Spielerinnen auf dem Feld und der Ball im Spiel war (Video-Analyse, s. u.). Die jeweiligen absolut gemessenen mittleren Herzfrequenzen während des Spiels wurden in Prozent der Hfmax (%Hfmax) berechnet.

## Video-Analyse

6 der 7 Spiele der deutschen Frauenhandball-Nationalmannschaft wurden per Video aufgezeichnet und ausgewertet. Gemessen wurden die gesamte Spielzeit, die Angriffs- und Abwehrphasen, außerdem die tatsächlichen Belastungszeiten, also die Spielphasen, in denen der Ball

im Spiel und die Spielerinnen in Bewegung waren, sowie die Dauer der hochintensiven Angriffsphasen. Diese Phasen wurden unabhängig voneinander von zwei erfahrenen Handball-Trainer/innen definiert und terminiert. Hierbei wurde der meist deutlich erkennbare Übergang vom einfachen Querpassen des Balls mit langsamen Laufbewegungen hin zu schnellen, explosiven Bewegungsabläufen mit Durchbruch- oder Torwurf-Versuch als Beginn, und der Abschluss des Angriffs mit Torwurf, ein erzielter Freiwurf oder der Ballverlust als Ende einer derartigen intensiven Angriffsphase definiert.

## Statistik

Die Daten wurden mittels SPSS 11,0 analysiert und deskriptiv als Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung dargestellt. Korrelationsanalysen erfolgten nach Testung der Homogenität nach Pearson. Ein p-Wert 0,05 wurde als signifikant akzeptiert.

## Ergebnisse

### Maximale Herzfrequenzen und Geschwindigkeit bei 4 mmol/l Laktat (v4)

Die individuellen maximalen Herzfrequenzen der Spielerinnen variierten zwischen 173 und 199 S/min. Im Mittel lagen sie bei  $186,7 \pm 8,3$  S/min. Die v4 variierte zwischen 2,7 und 3,7 m/s und lag im Mittel bei  $3,34 \pm 0,31$  m/s.

### Zeitliche Analyse der Spiele

Die mittlere Gesamtdauer der Spiele betrug  $72:14 \pm 2:92$  min:s (69:15 bis 75:55 min:s). Innerhalb dieser Zeit war jedoch nur  $43:06 \pm 2:53$  min:s lang (38:08 bis 45:55 min:s) der Ball im Spiel. Aktive Angriffs- und Abwehrzeiten waren mit  $22:16 \pm 2:01$  min:s (20:00 bis 24:46 min:s) bzw.  $20:50 \pm 1:28$  min:s (18:08 bis 22:06 min:s) etwa gleich lang. Die Anzahl der Angriffe lag im Mittel bei  $57,5 \pm 3,8$  (53 bis 63) pro Spiel. Im Gesamtspiel fanden sich  $76,0 \pm 10,2$  (60 bis 90) intensive Phasen im Angriff mit einer mittleren Dauer von  $6,0 \pm 0,3$  s. Die Dauer der intensiven Spielphasen variierte hierbei von 2 s bis 15 s.

### Einsatzzeiten und Herzfrequenzen der Spielerinnen

Die mittleren Einsatzzeiten der Spielerinnen variierten erheblich zwischen 19,2 min und 70,4 min (Tabelle 1). Auch die mittleren Herzfrequenzen (Hf) aus allen Spielen wiesen mit Werten zwischen 141,7 und 182, S/min eine erhebliche interindividuelle Variation auf. Die gemessenen maximalen Herzfrequenzen (Hfmax) lagen zwischen 171 und 200 S/min. Die mittlere prozentuale Nutzung der individuellen maximalen Herzfrequenzen (%Hfmax) variierte zwischen 74,7 % und 91,7 % und lag im Mittel aller Spiele für die Gesamtgruppe bei  $85,8 \pm 3,2$  % (Tabelle 2).

### Korrelation zwischen der Grundlagenausdauer (v4) und der prozentualen Nutzung der maximalen Herzfrequenz

8 der 11 teilnehmenden Feldspielerinnen hatten eine mittlere Einsatzzeit über 30 min. In dieser Gruppe fand sich eine sehr hohe und hochsignifikante negative Korrelation zwischen der v4 und der mittleren prozentualen Nutzung der maximalen Herzfrequenz während der Spiele (% Hfmax,  $r = 0,96$ ,  $p < 0,01$ ; Abbildung 1).

## Diskussion

### Gesamtbelastungs- und Einsatzzeit, Angriffszahl

Die Hauptbelastung während eines Handballspiels wird vor allem bestimmt durch die tatsächliche aktive Spielzeit. In der Gesamtbetrachtung sind jedoch auch die übrige Spielzeit mit niedrig intensiven Belastungen, die hier im Mittel etwa 29 min ausgemacht haben, und die Phase des Aufwärmens, die zwischen 20 und 30 min beträgt, zu berücksichtigen. Die aktive Gesamtbelastungszeit lag mit etwa 43 min in einem ähnlichen Bereich wie bei Männerspielen vor etwa 10 Jahren (7). Frühere Daten von Frauenspielen liegen nicht vor. Neben der Einsatzzeit in einem Spiel ist gerade bei Turnieren mit vielen Spielen an aufeinander folgenden Tagen auch die gesamte Einsatzzeit bedeutsam. In einer aktuellen Untersuchung der norwegischen Frauen-Nationalmannschaft wurde die gesamte Einsatzzeit für 3 aufeinander folgende Spiele während eines Freundschaftsturniers pro Spielerin mit  $85 \pm 33$  min (44–134 min), entsprechend etwa 28 min (15–45 min) pro Spiel angegeben (20). Die bei der deutschen Mannschaft gefundene Einsatzzeit von im Mittel etwa 42 min pro Spiel (19 bis 70 min) lag damit deutlich höher. Hier hatten weniger Spielerinnen mehr Spielanteile. Offensichtlich wurde in dem EM Turnier der deutschen Mannschaft, in dem das Endresultat eine hohe Bedeutung hatte, mehr den etablierten, spielstärkeren Spielerinnen „vertraut“ und nicht so variabel gewechselt wie bei der norwegischen Mannschaft in einem Freundschaftsturnier. Dies bedeutet eine erhebliche Gesamtbelastung während der Europameisterschaft für diese „Stammspielerinnen“.

Das Spiel der deutschen Mannschaft war mit 57,5 Angriffen pro Spiel deutlich langsamer als die Spiele während der letzten Weltmeisterschaft 2005 im Finale und im Spiel um Platz 3 und 4, bei denen 78 bzw. 69 Angriffe erreicht wurden (Statistik des Internationalen Handball Verbandes (IHF)). Während der Männer WM 2007 wurden in den beiden Finalspielen jeweils 69 Angriffe erreicht (IHF-Statistik). Vermutlich ist insgesamt für das Erreichen einer vorderen Platzierung in einer Weltmeisterschaft ein höheres Spieltempo, das mit einer höheren Angriffszahl einhergeht, notwendig, als das, was die deutsche Frauenmannschaft realisieren konnte.

### Intensive Belastungsphasen im Angriff

Die meisten Tor entscheidenden Aktionen im Handball sind das Ergebnis kurzer, intensiver Belastungsphasen. Daher kommt insbesondere diesen Spielphasen eine hohe Bedeutung zu. Wir fanden im Mittel etwa 76 intensive Phasen im Angriff mit einer mittleren Dauer von  $6,0 \pm 0,3$  s. Die Dauer dieser hochintensiven Phasen war hierbei mit 2–15 s sehr variabel. In einer älteren Untersuchung mit Männern wurde eine mittlere Dauer von 4–5 s für intensive Angriffsphasen angegeben (10). Eine hohe physische Leistungsfähigkeit im Handball setzt demnach wie bei anderen Sportarten auch unter anderem die Fähigkeit voraus, wiederholte, kurze, aber hochintensive Belastungen ohne Ermüdung über die Dauer eines Spiels durchführen zu können. Dies erfordert eine schnelle Kreatinphosphat-Resynthese (11). Die etwas längeren intensiven Phasen erfordern außerdem eine schnelle und effiziente ATP-Resynthese aus der Glykolyse, was mit entsprechender Laktatbildung einhergeht. In den frühen 80er Jahren wurden Blutlaktatkonzentrationen von etwa 8 mmol/l bei Handballspielern gemessen (13). Eigene, unpublizierte Daten aus den 90er Jahren zeigten je nach Spielphase und vorausgegangenen Aktionen mittlere Blutlaktatwerte zwischen 2 und 7 mmol/l bei Handballspielerinnen während Spielbelastungen. Je höher die oxidative Kapazität bzw. je besser die Grundlagenausdauer, umso schneller erfolgt die Laktatelimination (2). Die Übersäuerung des Organismus mit den damit verbundenen negativen Auswirkungen (reduzierte muskuläre Leistungsfähigkeit, verminderte Konzentration, möglicherweise sogar erhöhte Verletzungsanfälligkeit etc.), die vor allem bei einer Häufung von intensiven, längeren Belastungsphasen mit kurzen Pausen zu erwarten ist, ist vermutlich bei besser ausgebildeter Grundlagenausdauer bei gleich bleibender oder sogar erhöhter Leistungsfähigkeit in den intensiven Belastungsphasen geringer (19).

Insgesamt bestehen im modernen Frauenhandball hohe Anforderungen an die Energie liefernden Systeme. Insbesondere sind eine hohe oxidative Leistungsfähigkeit (Grundlagenausdauer) und eine gute Fähigkeit, wiederholte Sprintbelastungen ohne Ermüdung, also u. a. eine schnelle Kreatinphosphat-Resynthese und Laktat-Elimination durchführen zu können (2), erforderlich.

### Herzfrequenzverhalten während eines Handballspiels

Die Bestimmung des Verhaltens der Herzfrequenz während eines Spiels kann mit gewissen Einschränkungen als Indikator zur Beurteilung der Intensität von intermittierenden Belastungen, wie sie bei Sportspielen die Regel sind, herangezogen werden (1, 5, 8, 9, 18). Anhand der mittleren Herzfrequenzen lässt sich die Sauerstoffaufnahme und somit die tatsächliche individuelle energetische Belastung abschätzen, wenn das individuelle Herzfrequenz- und Sauerstoffaufnahmeverhalten bekannt sind (1). Dies gilt näherungsweise auch



für intermittierende Belastungen. So haben Laufband-Simulationen von Belastungen, wie sie im Hockey typisch sind, ergeben, dass die Kalkulation der durchschnittlichen Sauerstoffaufnahme anhand der mittleren Herzfrequenz diese mit nur  $4,3 \pm 5,3\%$  zu hoch berechnet und damit eine recht gute Abschätzung erlaubt (14). Es kann also gefolgert werden, dass auch im Handball eine Abschätzung des Energieverbrauchs und der Gesamtkörperbeanspruchung anhand des Herzfrequenzverhaltens möglich ist.

In der Literatur sind nur wenige Untersuchungen über das Herzfrequenzverhalten während Handballspielen verfügbar. Untersuchungen bei männlichen Handballspielern fanden während Spielbelastungen mittlere Herzfrequenzen von etwa 75-80% der Hfmax (6), wobei sich diese Daten auf die gesamte Spielzeit beziehen. Eine aktuelle Untersuchung im Hockey hat ergeben, dass unabhängig von der Position der Feldspielerinnen mittlere Herzfrequenzwerte zwischen 82% und 87% der Hfmax erreicht wurden (23). Diese Werte entsprechen etwa denjenigen in der eigenen Untersuchung. Eine ältere Untersuchung im Frauenfußball ergab über drei Ligaspiele gemittelte Herzfrequenzwerte zwischen 89% und 91% der Hfmax, die darauf hindeutet, dass in dieser Spielsportart trotz der längeren Gesamtspielzeit oder aufgrund einer schlechten Grundlagenausdauer eine höhere individuelle Belastungsintensität absolviert wird (3). Angaben bei männlichen Fußballspielern lagen im Mittel mit etwa 85% etwas niedriger, schwankten je nach Untersuchung aber zwischen 80% und 93% der Hfmax (22), so dass auch hier eine relativ hohe mittlere Belastungsintensität angenommen werden muss. Im Basketball wurden bei männlichen Erstliga-Spielern durchschnittliche Hf-Werte während der aktiven Spielzeit von  $89 \pm 2\%$  der individuellen Hfmax gemessen (17).

Insgesamt scheint die anhand der mittleren Herzfrequenzen beurteilte Belastungsintensität zwischen den genannten Spielsportarten nicht wesentlich zu differieren. Dennoch weiß man, dass sich die spezifischen Belastungsmuster insbesondere unter Berücksichtigung der wiederholten, intensiven kurzen Sprints, deren Länge und deren Abfolge zwischen den einzelnen Sportarten erheblich unterscheiden (11, 21). Hier erlauben nur weitere Analysen, die sowohl die Bewegungsmuster als auch korrespondierende physiologische Parameter erheben, Aufschluss über die zu Grunde liegenden Stoffwechsellmuster.

### Herzfrequenzverhalten und Leistungsfähigkeit

In der vorliegenden Untersuchung war die interindividuelle Streuung der Hfmax mit Werten zwischen 75% und 92% erheblich. Interessanterweise ließ sich nach Kenntnisstand der Autor/innen erstmals in einer Spielsportart ein sehr enger, negativer Zusammenhang zwischen der v4 und der prozentualen Nutzung der Hfmax während Spielbelastungen nachweisen. Da die v4 mit der maximalen Sauerstoffaufnahme korreliert (15, 24), ist die prozentuale individuelle Belastung während Handballspielen demnach umso geringer, je besser die Grundlagenausdauer ausgebildet ist. Dieser Befund war

zu erwarten, da während eines Handballspiels in der Regel jede der sechs aktuell eingesetzten Feldspielerinnen aktiv am Spielgeschehen beteiligt und in die Abläufe der Spielzüge im Angriff bzw. in die Deckungsarbeit eingebunden ist. Eine „Schonung“ während der aktiveren Spielzeit, wie sie für andere Spielsportarten mit größerer Spielfläche und einer größeren Zahl Feldspieler/innen denkbar wäre, ist demnach im Handball kaum möglich.

Auch wenn bisher keine Untersuchungen über weitere Handball-spezifische Leistungsmerkmale, wie etwa Tor-effektivität, technische Fehlerquote etc. und der prozentualen Nutzung der Hfmax vorliegen, ist davon auszugehen, dass hier Zusammenhänge bestehen. Je größer die Ermüdung, umso höher dürfte auch die technisch-taktische Fehlerquote sein (19).

### Schlussfolgerung

Der gefundene negative Zusammenhang zwischen der individuellen Belastung im Spiel und der Grundlagenausdauer unterstreicht die Notwendigkeit einer gut ausgebildeten oxidativen Fähigkeit für die Spielsportart Handball. Darüber hinaus wurde die Notwendigkeit der Fähigkeit, wiederholte Sprintbelastungen ohne Ermüdung durchführen zu können, herausgestellt. Auch hierfür ist u. a. eine gute Grundlagenausdauer erforderlich. Weitere, komplexe Untersuchungen insbesondere unter Einbeziehung von „Time-Motion-Analysen“ in Kombination mit physiologischen Parametern während Wettkampfbelastungen sind erforderlich, um detaillierte Analysen zum Stoffwechselprofil in der Spielsportart Handball zu ermöglichen. Welche Trainingsmethoden sowohl zu einer optimalen Entwicklung der Grundlagenausdauer als auch der Schnelligkeit und Erholungsfähigkeit von wiederholten Sprintbelastungen am günstigsten sind, muss ebenfalls durch weitere Untersuchungen geklärt werden

### Danksagung

Die Autor/innen bedanken sich bei den Spielerinnen der deutschen Frauenhandball-Nationalmannschaft für ihre engagierte Mitarbeit.

### Literatur

1. Achten J, Jeukendrup AE: Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med* 33 (2003) 517-538.
2. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J: The concept of maximal lactate steady state. *Sports Med* 33 (2003) 407-426.
3. Brewer J, Davis J: The female player, in: Ekblom B (Hrsg.): *Football (soccer)*. Blackwell Scientific, London, (1994) 95-99.
4. Brings J, Platen P, Hoffmann E: Testverfahren zur Beurteilung der Ausdauer- und Sprintleistungsfähigkeit im Frauenhandball. *Leistungssport* 6 (1998) 26-31.
5. Carter A: Time and motion analysis and heart rate monitoring of a back-row forward in first class rugby union football, in: Hughes M (Hrsg.): No-

- tational analysis of sport: 1&t2. University of Wales Institute, Cardiff, (1996) 145-160.
6. Chiroso LJ, Chiroso I, Padiol P: Variables que determinan la preparación física en balonmano. Revista de entrenamiento deportivo XIII 1 (1999) 16-19
  7. Czerwiniski J: El balonmano: técnica, táctica y entrenamiento, Paidotribo, Barcelona, 1993.
  8. Dawson B, Hopkinson R, Appleby B, Steward G, Roberts C: Comparison of training and game demands in the Australian Football League. J Sci Med Sport 7 (2004) 292-301
  9. Duthie G, Pyne D, Hooper S: Applied physiology and game analysis of rugby union. Sports Med 33 (2003) 973-991.
  10. Espar F: El entrenamiento específico de la resistencia en balonmano. Revista de entrenamiento deportivo II 2 (1988) 33-36.
  11. Glaister M: Multiple sprint work. Sports Med 35 (2005) 757-777.
  12. Grant S, Corbett K, Amjad AM, Wilson J, Aitchison T: A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. Br J Sports Med 29 (1995) 147-152.
  13. Haralambie G, Eder K: Stoffwechseluntersuchungen bei Handballspielern. Leistungssport. 11 (1981) 228-232.
  14. Lothian F, Farrally MR: A comparison of methods for estimating oxygen uptake during intermittent exercise. J Sports Sci 13 (1995) 491-497.
  15. Mader A, Heck H: Möglichkeiten und Aufgaben in der Forschung und Praxis der Humanleistungsphysiologie. Spectrum der Sportwissenschaften. 3 (1991) 25-54.
  16. Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Rost R, Schürch P, Hollmann W: Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmedizin 27 (1976) 480-488.
  17. McInnes SE, Carlson JS, Jones CJ, McKenna MJ: The physiological load imposed on basketball players during competition. J Sport Sci 13 (1995) 387-397.
  18. Miyamura S, Seto S, Yaski HK: A time analysis of men's and woman's soccer, in: Reilly T, Bangsbo J, Hughes M (Hrsg.): Science and Football III. E & FN Spon, London, 1996, 251-257.
  19. Platen P: Die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit im Verlauf einer Saison. Handballtraining 1 (1989) 13-14.
  20. Ronglan LT, Raastad T, Borgesen A: Neuromuscular fatigue and recovery in elite female handball players. Scand J Med Sci Sports 16 (2006) 267-273.
  21. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C: Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. Sports Med 35 (2005) 1025-1044.
  22. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U: Physiology of soccer: an update. Sports Med 35 (2005) 501-536.
  23. Sunderland C, Tyler C, Tunaley V, Macleod H, Morris J: The physiological demands of elite female field hockey. Med Sci Sports Exerc 5 (suppl.) (2006).
  24. Weltman A, Snead D, Stein P, Seip R, Schurrer R, Rutt R, Weltman J: Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and  $\dot{V}O_{2max}$ . Int J Sports Med 11 (1990) 26-32.

**Korrespondenzadresse:**

**Prof. Dr. med. Petra Platen**

**Lehrstuhl für Sportmedizin und Sporternährung**

**Overbergstraße 19**

**44780 Bochum**

**e-Mail: [petra.platen@rub.de](mailto:petra.platen@rub.de)**