

Masterarbeit zur Erlangung des Masters in Bewegungs- und Sportwissenschaften,
Departement für Medizin,
Universität Freiburg (Schweiz)

Die physischen Anforderungen der Sportart Badminton an nationale Spitzenspieler

Analyse der physischen Belastung mittels LPM (Local Position Measurement)

Olivier Andrey

Referent: Dr. Urs Mäder
Korreferent: Martin Rumo
August 2013

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1 Zusammenfassung | 3 |
| 2 Einleitung | 5 |
| 2.1 Einführung in das Thema | 5 |
| 2.2 Hintergrund und Ausgangslage | 6 |
| 2.2.1 Geschwindigkeit und Beschleunigung | 6 |
| 2.2.2 Herzfrequenz (HF) | 8 |
| 2.2.3 Leistungsmodell Badminton | 10 |
| 2.2.4 Erklärungen der Parameter der folgenden Studien | 12 |
| 2.2.5 Studien zum Thema | 13 |
| 2.3 Ziel und Fragestellung / Hypothesen | 18 |
| 3 Methoden | 19 |
| 3.1 Durchführung der Datenerhebung | 19 |
| 3.2 Positionsdatenmessung | 20 |
| 3.3 Herzfrequenzmessung | 21 |
| 3.4 Datenauswertung | 21 |
| 4 Resultate | 23 |
| 4.1 Probanden | 23 |
| 4.2 Distanz | 24 |
| 4.2.1 Deskriptive Statistik der Distanz | 24 |
| 4.2.2 Vergleich der Nettodistanz mit der Nettodistanz aus Bochow/Kollath (1987) | 24 |
| 4.2.3 Vergleich der Distanz zwischen Siegern und Verlierern | 25 |
| 4.3 Geschwindigkeit | 26 |
| 4.3.1 Durchschnittliche Geschwindigkeit | 26 |
| 4.3.2 Maximale Geschwindigkeit | 27 |
| 4.3.3 Vergleich mit der Studie von Bochow/Kollath (1987) | 27 |
| 4.3.4 Vergleich der Geschwindigkeiten zwischen Sieger und Verlierer | 28 |
| 4.4 Beschleunigung | 28 |
| 4.4.1 Durchschnittliche Beschleunigung | 28 |
| 4.4.2 Maximale Beschleunigungswerte | 29 |
| 4.4.3 Verteilung der Beschleunigungswerte | 29 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.4.4 | Vergleich der Beschleunigungswerte | 30 |
| 4.4.5 | Vergleich der Beschleunigung zwischen Siegern und Verlierern | 31 |
| 4.4.6 | Vergleich von Studien bezüglich Geschwindigkeit und Beschleunigung | 32 |
| 4.5 | Herzfrequenz | 32 |
| 4.5.1 | Deskriptive Statistik der Herzfrequenzwerte | 32 |
| 4.5.2 | Verteilung der Herzfrequenz | 33 |
| 4.5.3 | Vergleich der Herzfrequenz mit der Studie von Cabello (2003) | 34 |
| 4.5.4 | Vergleich der Herzfrequenz zwischen Siegern und Verlierern | 35 |
| 5 | Diskussion und Schlussfolgerung | 36 |
| 5.1 | Diskussion | 36 |
| 5.1.1 | Hypothese A1 | 36 |
| 5.1.2 | Hypothese A2 | 37 |
| 5.1.3 | Hypothese A3 | 38 |
| 5.1.4 | Hypothese A4 | 38 |
| 5.1.5 | Hypothese B1 | 40 |
| 5.1.6 | Hypothese B2 | 41 |
| 5.1.7 | Hypothese B3 | 41 |
| 5.1.8 | Hypothese B4 | 42 |
| 5.2 | Schlussfolgerung und weiterführende Fragestellungen | 43 |
| 6 | Literaturangabe | 48 |
| 7 | Anhang | 50 |
| 7.1 | Formular Spielerangaben | 50 |
| 7.2 | Daten | 50 |
| 8 | Danksagung | 53 |
| 9 | Persönliche Erklärung | 54 |
| 10 | Urheberrechtserklärung | 55 |

1 Zusammenfassung

Badminton ist eine Sportart, die insbesondere in der Schweiz noch wenig erforscht ist. International gibt es Studien zu der Physiologie und Kinetik (Distanz, Geschwindigkeit und Beschleunigung) der Sportart. In dieser Studie soll deshalb mittels LPM und Herzfrequenzaufzeichnung untersucht werden, wie die durchschnittlichen und maximalen Distanzen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und der Verlauf der Herzfrequenz von Schweizer Spitzenspielern während einem Satz Herreneinzel aussehen. Die Resultate sollen anschliessend mit internationalen Studien verglichen werden. Zudem werden die ermittelten Daten zwischen den Siegern und Verlierern verglichen um herauszufinden, ob diese einen Einfluss auf den Ausgang des Satzes nehmen.

Als Probanden standen 10 Spieler nationale Spitzenspieler der Untersuchung zur Verfügung. Pro Begegnung wurde ein Satz gespielt.

Die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit während einem Badmintonsatz betrug $2.43 \text{ m/s} \pm 0.12 \text{ m/s}$. Der Durchschnitt der maximalen Geschwindigkeitswerte lag bei $4.25 \text{ m/s} \pm 0.32 \text{ m/s}$. Die mittleren Beschleunigungen und mittleren maximalen Beschleunigungen erreichten $4.63 \text{ m/s}^2 \pm 0.42 \text{ m/s}^2$ bzw. $8.12 \text{ m/s}^2 \pm 0.93 \text{ m/s}^2$. Die durchschnittliche Herzfrequenz betrug $157 \text{ bpm} \pm 10.67 \text{ bpm}$, die mittlere maximale HF $178 \text{ bpm} \pm 10.61 \text{ bpm}$. Gespielt wurde mit einer durchschnittlichen relativen HF von $88\% \pm 0.04\%$.

Beim Vergleich mit der Studie von Bochow/Kollath aus dem Jahr 1987, die noch vor der Änderung des Zählsystems durchgeführt wurde, kam hervor, dass die aktuellen Schweizer Spitzenspieler während dem Spiel hoch signifikant eine grössere Distanz ($p = 0.0175$) zurücklegen und höhere Geschwindigkeiten ($p = 0$) und Beschleunigungen ($p = 0$) aufweisen. Der Vergleich der relativen Herzfrequenz wurde mit einer Studie von Cabello aus dem Jahr 2003 gezogen. Die Herzfrequenzdaten der vorliegenden Studie liegen leicht unter derjenigen von Cabello (2003) (95% Konfidenzintervall von -0.59 bis -0.07). Die Vergleiche zwischen Siegern und Verlierern zeigen, dass bezüglich Herzfrequenz, Laufdistanz, Geschwindigkeit und Beschleunigung keine Aussage über den Ausgang des Satzes zu machen ist. Eine Analyse der Distanz hat zudem gezeigt, dass nicht das Spielniveau über die Laufdistanz entscheidet sondern die Spieldauer.

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass die Sportart Badminton in Bezug auf Geschwindigkeit und Beschleunigung tendenziell zunehmend ist und dass Schweizer Spieler bezüglich Herzfrequenz leicht unter dem internationalen Niveau sind. Die gemessenen Werte lassen im Vergleich zwischen Siegern und Verlierern keine Aussage über den Ausgang des Satzes zu.

2 Einleitung

2.1 Einführung in das Thema

Die Sportart Badminton hat sich in den vergangenen Jahren sehr stark weiterentwickelt. Zum einen durch die Erneuerung des Zählsystems 2006: Es wird nicht mehr auf 15 sondern auf 21 Punkte pro Satz gespielt und das Aufschlagsrecht ist nicht mehr Voraussetzung, um einen Punkt zu erzielen, neu gilt die Rally-Point-Zählweise. Somit ergibt jeder Ballwechsel einen Punkt für den einen oder anderen Spieler, der Spielstand schreitet immer voran, was beim alten Zählsystem nicht der Fall ist, wenn jeweils der Spieler den Ballwechsel gewinnt, der um das Aufschlagrecht spielt. In Spielen, wo das Aufschlagrecht oft hin und her wechselte, konnte ein Spiel theoretisch unendlich lange dauern. Spiele von bis zu 90 Minuten kamen deshalb vor. Mit dem neuen Spielsystem dauert ein Spiel maximal 60 Minuten, meistens aber 20 bis 30 Minuten.

Zum anderen entwickelte sich das Badmintonspiel durch den Einsatz von neuen Technologien, insbesondere der Nanotechnologie, bei der Herstellung von Rackets. Diese Technologien ermöglichen es, leichtere und stabilere Rahmen zu bauen, was dem Badmintonspieler ein besseres Rackethandling, schnellere Schlaggeschwindigkeiten und eine höhere Präzision ermöglicht. Diese Veränderung ist auf dem Spielfeld für Badmintonkenner relativ einfach zu erkennen. Die Bälle werden mit höherem Tempo gespielt, die Spieler gehen im Spielaufbau weniger Risiken ein und es wird vermehrt mit Finten gespielt. Somit verändert sich auch die physiologische Beanspruchung des Spielers. Wer weniger Risiken im Spielaufbau eingeht, muss sicher sein, dass er den Ballwechsel und das Spiel physisch bis zum Schluss durchhalten kann. Zudem muss der Spieler fähig sein, schnell Tempoerhöhungen durchzuführen, sei dies, weil der Gegner eine Finte spielt oder weil er selber in eine gute Angriffsposition gerät und Aussicht darauf hat, den Ballwechsel für sich zu entscheiden.

Die spielerischen Veränderungen sind im Badminton wie gesagt von Kennern der Sportart leicht auszumachen. Wie aber reagiert der Körper des Spielers auf diese Veränderungen? Welchen Belastungen muss er im modernen Badminton standhalten und wie kann er sich auf diese Belastungen optimal vorbereiten? Das sind Fragen, die in dieser Arbeit behandelt

werden sollen. Es geht nicht nur darum, einen Vergleich der physiologischen Belastung zu früher herzustellen, sondern auch um eine Bestandaufnahme zu machen, wie das physiologische Profil von Schweizer Spitzenspielern im Badminton aktuell aussieht. Ein Ziel ist es, Trainern einen Hinweis geben zu können, wie man heutzutage ein Badmintontraining gestalten kann, um den Spieler optimal auf die Belastung im Spiel vorzubereiten.

2.2 Hintergrund und Ausgangslage

2.2.1 Geschwindigkeit und Beschleunigung

Geschwindigkeit und Beschleunigung sind wichtige Bestandteile der Kinetik, welche die Bewegung von Körpern im Raum untersucht, berechnet und darstellt. Die Geschwindigkeit gibt an, welche Distanz innerhalb einer gewissen Zeit von einem Körper zurückgelegt wird. Sie wird deshalb in Distanz pro Zeit – Meter pro Sekunde (m/s) oder besser bekannt Kilometer pro Stunde (km/h) – angegeben. In dieser Arbeit wird vorwiegend die Masseinheit m/s gebraucht. Da die Badmintonspieler im Einzel ein Feld von 6.7 m x 5.18 m abdecken und das Spiel nicht Stunden dauert, ist es nicht so relevant zu wissen, welche Distanz die Spieler in einer Stunde, sondern welche Distanz sie pro Sekunde zurücklegen. Zur Umrechnung von m/s in km/h wird der Faktor 3.6 gebraucht: $1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$.

Der Verlauf der Geschwindigkeitskurve sieht auf dem Bildschirm folgendermassen aus:

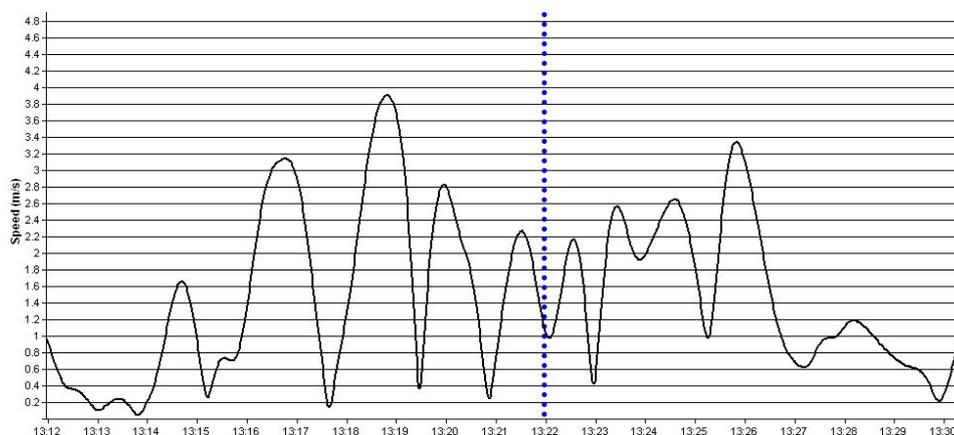


Abb. 1: Beispiel des Verlaufs der Geschwindigkeitskurve während einem Ballwechsel.

Die Beschleunigung gibt die Veränderung der Geschwindigkeit an. Genauer gesagt, wie schnell die Geschwindigkeit zu- oder abnimmt. Die Masseinheit für die Beschleunigung bezeichnet die Distanz pro Zeit im Quadrat: m/s^2 . Ist der Beschleunigungswert positiv, heisst das, dass der Körper an Geschwindigkeit zunimmt, ist sie negativ, nimmt die Geschwindigkeit ab. Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Beschleunigungskurve während demselben Ballwechsel.

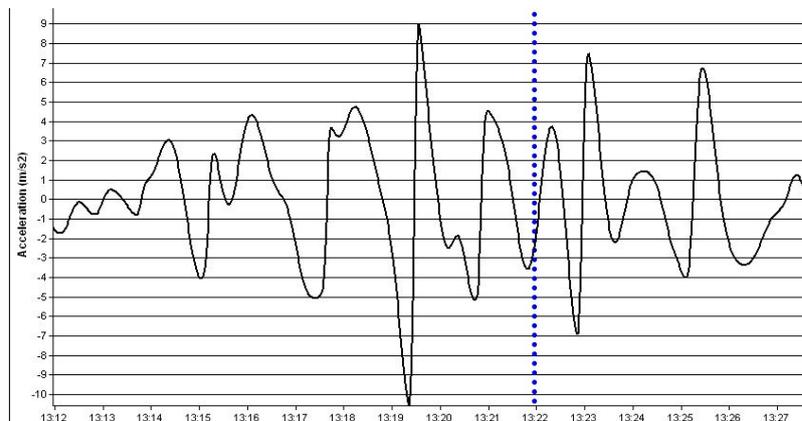


Abb. 2: Beispiel des Verlaufs einer Beschleunigungskurve während einem Ballwechsel.

Wenn die Geschwindigkeit zunimmt, ist die Beschleunigung wie gesagt positiv, nimmt die Geschwindigkeit ab, ist die Beschleunigung negativ. An den Umkehrpunkten der Geschwindigkeit ist die Beschleunigung deshalb bei Null. Die folgende Abbildung zeigt den simultanen Verlauf beider Kurven. Die blau gepunktete Linie ist auf den Umkehrpunkt der Geschwindigkeit gestellt. Am selben Ort überquert die Beschleunigungslinie den Nullpunkt.

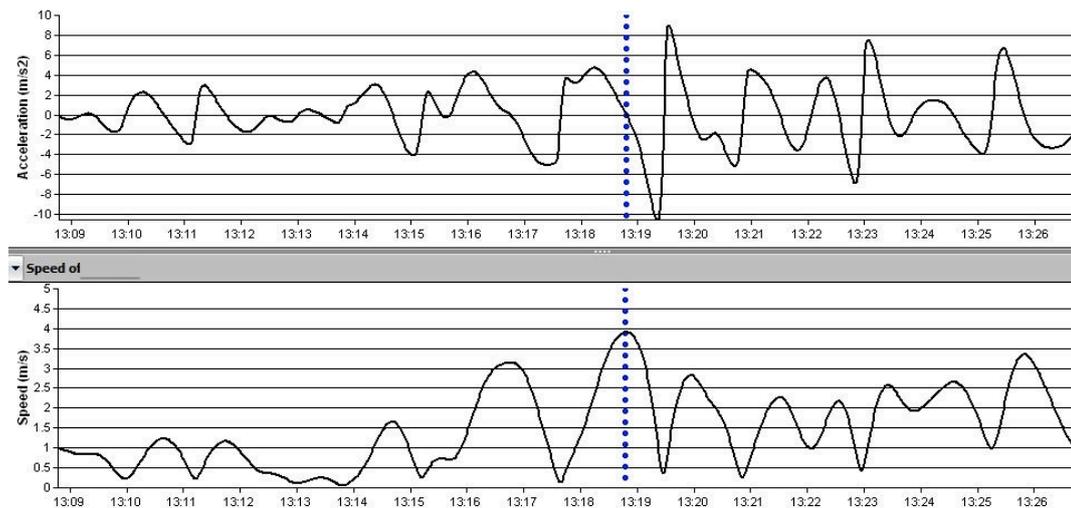


Abb. 3: Vergleich der Beschleunigungs- und Geschwindigkeitskurve während einem Ballwechsel.

An den Punkten, wo die Beschleunigungskurve den Nullpunkt in positiver Richtung verlässt, stösst der Spieler ab. D. h. er initiiert entweder eine Bewegung vom Spielzentrum in Richtung Shuttle oder vom Shuttle in Richtung Spielzentrum. Verlässt die Kurve den Nullpunkt in negativer Richtung, bremst er die Bewegung ab, das heisst er hat entweder einen Ausfallschritt oder einen Sprung Richtung Shuttle getätigt oder ist zurück im Spielzentrum. Beschleunigungskurven mit einer grössern Amplitude sind meist ein Indiz dafür, dass sich der Spieler zum Ball hin bewegt, kleinere Amplituden dagegen deuten eher auf eine Bewegung in Richtung Spielzentrum. Diese Regel ist aber nicht allgemeingültig.

2.2.2 Herzfrequenz (HF)

Die Höhe der Herzfrequenz ist zwar nicht der einzige, aber dennoch ein relativ guter Indikator für die Belastungsintensität. McArdle/Katch/Katch nennen als Intensitätsindikatoren u. a. auch der Energieaufwand, das absolute Belastungsniveau, die Laktatkonzentration und die relative $VO_2\text{max}$ (vgl. McArdle/Katch/Katch 2010, S. 470).

Bei einer submaximalen Belastung steigt die Herzfrequenz mit der Zunahme der Belastung. Nach einem Trainingsprogramm von sechs Monaten, kann eine bei einem Individuum eine Verringerung der Herzfrequenz von 20 bis 40 Schlägen beobachtet werden. Die maximale Herzfrequenz bleibt jedoch relativ stabil, auch nach dem Absolvieren eines aeroben Trainingsprogramms (vgl. Wilmore, Costill 2006. S. 238 f.).

Um genaue Aussagen über die Höhe der Belastung zu machen, können wie gesagt auch die Laktatkonzentration im Blut oder der $VO_2\text{max}$ gemessen werden. Diese Messungen sind jedoch recht kompliziert. Die Herzfrequenzmessung ist bezüglich Aufwand Ertrag die optimale Methode. Ein wichtiger Wert dabei ist die oben erwähnte maximale Herzfrequenz (HFmax). Sie gilt als Referenzwert für die Berechnung der relativen Herzfrequenz (HFrel) und wird auch gebraucht um Trainingsempfehlungen im Ausdauersport abzugeben. So schlagen McArdle/Katch/Katch beispielsweise vor, für ein aerobes Training in der Zone zwischen 60% und 70% der maximalen Herzfrequenz zu trainieren (vgl. McArdle/Katch/Katch 2010, S. 472).

Die Herzfrequenz wird beim LPM alle 5 Sekunden aufgezeichnet. der Verlauf der Herzfrequenzkurve während einem Satz im Badminton wird in der Abbildung 4 dargestellt. Die senkrechten braunen Linien bezeichnen den Beginn und das Ende des Satzes.



Abb. 4: Verlauf der Herzfrequenzkurve während einem Satz

Zu Beginn des Satzes steigt die Herzfrequenz (in der Abbildung 4 *heartrate* genannt) steil an. Danach bleibt sie bis zum Ende des Satzes mehr oder weniger auf gleicher Höhe. Erst nach dem Ende des Satzes sinkt sie wieder steiler ab.

2.2.3 Leistungsmodell Badminton

Um den Bereich, den diese Arbeit abdecken soll zu präzisieren und um aufzuzeigen, welche Bereiche sich in dessen Umfeld befinden wird in diesem Unterkapitel die Sportart Badminton anhand eines Leistungsmodells dargestellt. Hier soll das Modell von Jugend und Sport (BASPO 2009) als Grundlage dienen:

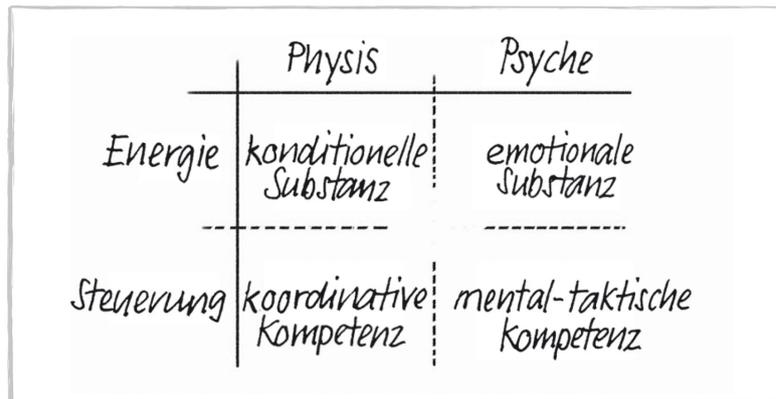


Abb. 5: Das Leistungsmodell von J+S (Kernlehrmittel (KLM), BASPO 2009, S. 16)

Die konditionelle Substanz beinhaltet die Konstrukte Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer und Beweglichkeit. Die koordinative Kompetenz die Fähigkeiten der Reaktion, Orientierung, Differenzierung, Rhythmisierung und des Gleichgewichts. Unter die emotionale Substanz gehört die Motivation, das Selbstvertrauen und die Ursachenerklärung. Um die Komponenten der mental-taktischen Kompetenz aufzuzeigen, eignet sich die entsprechende Abbildung (Abb. 6) am besten:

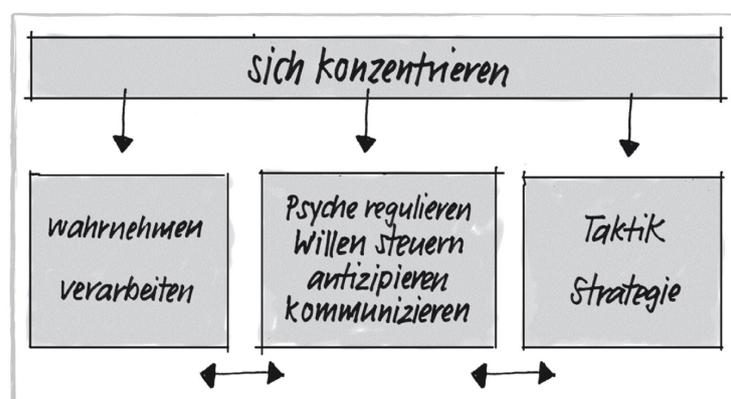


Abb. 6: Mental-taktische Kompetenz (KLM, BASPO 2009, S. 22)

Für die Sportart Badminton soll dieses Modell nun etwas angepasst werden. Die vier Bereiche konditionelle Substanz, koordinative Kompetenz, emotionale Substanz und mental-taktische Kompetenz werden dort als die Konstrukte Physis, Technik, Psyche und Taktik übernommen. Die vier Konstrukte können in verschiedene Faktoren unterteilt werden. Jeder dieser Faktoren enthält Indikatoren, die eine messbare Aussage über den Spieler zulassen.

Die folgende Tabelle (Tab. 1) zeigt das Leistungsmodell für die Sportart Badminton, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Diese Arbeit legt den Fokus einzig auf einen Teil des rot markierten Bereichs. Zu den anderen Bereichen soll hier nicht speziell Stellung bezogen werden.

Tab. 1: Leistungsmodell im Badminton

| Badminton | | | | |
|-------------|--|--|--|---|
| Konstrukt | Physis (Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer, Beweglichkeit) | Psyche (Selbstver-trauen, Ursachen- erklärung, Motivation) | Technik (Schlag- und Lauftechnik) | Taktik (Wahrnehmen, Antizipieren, Entscheiden in Bezug auf Strategien) |
| Faktoren | Schlagkraft, Schnellkraft, Ausdauer, Hold and Go Bewegungen. | Ziele, Visionen, Denkmuster, Bereitschaft, Wille, Emotionen, Fokussierung. | Ausfallschritt, Umsprung, Chinasprung, Überkopfschla gbewegung, Unterhandschl agbewegung, Driveschlagbe wegung, Backhand. | Umsetzung von verschiedenen taktischen Schemata. Angriffsplatzier- ung, Follow up, Abwehrplatzierung , Konter, Neutrales Spiel. |
| Indikatoren | Die Parameter zur Physiologie und Laufarbeit werden im folgenden Kapitel dar- gestellt. | Ausstrahlung, Körpersprache, Locker-, Angespannt- heit, Emotionen/ Nerven im Griff haben bei brenzlichen Situationen. | Footwork: Schrittlänge, Schrittanzahl. Schlagtechnik: Ellbogenposition, Unterarm- rotation, Handgelenkein- satz, Griffhaltung. | Qualität der Schläge (Clear, Drop, Smash, Netzdrops, Block, Lob, Drive) |

2.2.4 Erklärungen der Parameter der folgenden Studien

Die Parameter werden hier zur besseren Übersicht in Kategorien unterteilt. Jeder Parameter wird allerdings nur einmal aufgeführt, obwohl einige davon in mehreren Kategorien untergebracht werden könnten. Der Parameter *Ballwechseldauer* beispielsweise könnte in die Kategorie *Dauer* und *Ballwechsel* eingeteilt werden. Im Folgenden wird er nur unter *Dauer* aufgeführt um doppelte Nennungen zu vermeiden.

Parameter der Dauer

- **Spieldauer:** Beschreibt, wie lange ein Spiel vom ersten Aufschlag bei Spielstand 0:0 im ersten Satz bis zum Ende des Spiels dauert, Pausen inbegriffen. Es handelt sich also um die Bruttospielzeit.
- **Belastungs-Pause-Verhältnis:** Bezeichnet die Dauer der Belastung gegenüber der Dauer der Pause. Ein Wert von 0.5 bedeutet, dass die Belastung halb so lange dauert wie die Pause.
- **Ballwechseldauer:** Bezeichnet die Dauer beginnend mit dem Aufschlag bis zum Moment, an dem der Punkt zu Ende gespielt ist, d. h. bis ein Spieler einen Punkt erzielt oder einen Fehler begangen hat.
- **Schläge pro Sekunde:** Gibt die Anzahl Schläge an, die durchschnittlich über die Nettospielzeit eines Satzes oder eines Spiels pro Sekunde gespielt werden.

Parameter bezüglich Ballwechsel

- **Ballwechsel:** Bezeichnet die Aktionen vom Aufschlag bis zum Moment, an dem der Punkt zu Ende gespielt ist, d. h. bis ein Spieler einen Punkt erzielt oder einen Fehler begangen hat.
- **Schläge pro Ballwechsel:** Bezeichnet die Anzahl Schläge eines Spielers beginnend beim Aufschlag bis zum Moment, an dem der Punkt zu Ende gespielt ist.

Parameter bezüglich Distanz

- **Distanz pro Satz:** Beschreibt, wie viele Meter ein Spieler während einem Satz zurückgelegt hat. Dies entspricht in der vorliegenden Untersuchung der High Intensity Distance (HID).
- **Distanz pro Schlag:** Beschreibt die Anzahl Meter, die der Spieler zurücklegen muss, um einen Schlag zu spielen.
- **Distanz pro Ballwechsel:** Bezeichnet die Anzahl Meter, die ein Spieler während einem Ballwechsel zurücklegt.

Physiologische Parameter (Herzfrequenz, Laktat, VO₂max)

- Maximale Herzfrequenz (HF_{max}): Beschreibt die höchste Frequenz, die der Herzschlag eines Spielers erreichen kann.
- Relative Herzfrequenz (HF_{rel}): Beschreibt die Höhe der durchschnittlichen Herzfrequenz während der Belastung in Bezug zur maximalen Herzfrequenz. Sie wird in Prozent angegeben. Die maximale Herzfrequenz ist dabei 100%.
- Durchschnittliche Herzfrequenz (HF_{avg}): Beschreibt die durchschnittliche Herzfrequenz über die Dauer einer Begegnung.
- Maximaler Laktatwert: Bezeichnet den höchsten Wert des Laktatgehalts im Blut während der Belastung. Die Einheit wird in Millimol pro Liter Blut (mmol/L) angegeben.
- Maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max): Bezeichnet die maximale Menge an Sauerstoff, die das Blut aufnehmen kann. Sie wird angegeben in Milliliter pro Minute pro Kilogramm Körpergewicht (ml/min/kg).

Biomechanische Parameter (Geschwindigkeit, Beschleunigung)

- Maximale Beschleunigung: Sie gibt den höchsten Wert der Beschleunigung während der Messphase an.
- Durchschnittliche Beschleunigung: Sie gibt den durchschnittlichen Wert der Beschleunigung während der Messphase an.
- Maximale Geschwindigkeit: Sie gibt den höchsten Wert der Geschwindigkeit während der Messphase an.
- Durchschnittliche Geschwindigkeit: Sie gibt den durchschnittlichen Wert der Geschwindigkeit während der Messphase an.

2.2.5 Studien zum Thema

In den letzten zehn Jahren haben die wissenschaftlichen Untersuchungen der Sportart Badminton stark zugenommen. Dennoch gibt es auch heute noch bedeutend weniger Studien über Badminton als zum Beispiel über Tennis. Die meisten Untersuchungen im Badminton betreffen die Physiologie des Spielers (Cheong et al. 2009; Ghosh 2008; Kempster 2008; Faude et al. 2007; Cabello Manrique, Gonzalez-Badillo 2003; Docherty 1982). Eine Studie über die Kinetik im Badminton haben Kempster (2008) und Bochow und Kollath (1987) durchgeführt.

Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987) verwendeten dazu Videoaufnahmen eines internationalen Wettkampfspiels und projizierten die horizontalen Verschiebungen der Spieler mit Hilfe eines Computerprogramms auf ein Spielfeld, um die Laufdistanzen und Geschwindigkeiten zu berechnen.

Das Spiel dauerte 16 Minuten. Zu beachten ist dabei, dass die Spieldauer bei einem Resultat von 15:2/15:2 (vor dem Wechsel des Zählsystems von 2006) sehr kurz ist. Berechnet wurde eine mittlere Laufgeschwindigkeit von 1.9 m/s und eine maximale Laufgeschwindigkeit von 4 m/s. Die maximalen Beschleunigungswerte beliefen sich auf 3 m/s² (positiv) und 3.2 m/s² (negativ). Sie errechneten zudem die Laufstrecke von durchschnittlich 1.9 m pro Schlag und 14.7 m pro Ballwechsel. Anhand der durchschnittlichen Laufdistanz von rund 2 Metern pro Schlag errechneten Bochow/Kollath (1987) eine totale Nettolaufdistanz von 1000 m in einem Dreisatzspiel. Sie gehen davon aus, dass ein Spieler über drei Sätze 500 Schläge spielt. Pro Ballwechsel werden somit durchschnittlich 7-8 Shuttles geschlagen, dies in einer Zeit von durchschnittlich 7 s. Ihre Schlussfolgerung ist, dass Badminton eine Sportart ist, die hohe Anforderungen an die Muskelkraft und Ausdauer des Athleten stellen. Die zahlreichen Richtungsänderungen sind verbunden mit kurzzeitig aufeinanderfolgenden negativen und positiven Beschleunigungen (vgl. Bochow/Kollath 1987).

Kempton (2008) führte die Bewegungsanalyse durch Videotracking mittels der Methode der direkten Transformation (DLT) durch. Die physiologischen Werte der Herzfrequenz, VO₂max und Laktatmessungen hat sie im Labor (Laufbandstufentest) und während dem Spiel gemessen und verglichen. Die Messungen ergaben folgende Resultate: Das Belastungs-Pause-Verhältnis beträgt 0.39. Pro Sekunde wurden durchschnittlich 0.95 Schläge gespielt, was rund 4.9 Schläge pro Ballwechsel ausmacht. Pro Schlag wurde eine Laufdistanz von 1.73 m, pro Ballwechsel eine Distanz von 15.6 m gemessen. Die durchschnittlich maximale Herzfrequenz während einem Spiel lag bei 185 bpm, die Durchschnittsherzfrequenz über das Spiel hinweg bei 170 bpm. Die maximale Sauerstoffaufnahme auf dem Laufband war durchschnittlich bei 61.0 ml/min/kg. Die Geschwindigkeit und Beschleunigung betrug im Mittel 2.46 m/s bzw. 3.45 m/s². Die maximal erreichte Geschwindigkeit war im Durchschnitt 4.5 m/s. Die durchschnittlich gemessene Laktatkonzentration betrug 3.64 mmol/l.

Kempter kommt unter anderem zum Schluss, dass Badmintonspieler in Bezug auf die Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Laktatwerte als Ausdauertrainierte eingestuft werden können, und dass die durchschnittliche körperliche Belastung in einem Herreneinzel über die Dauer eines ganzen Spiels im Bereich der individuellen anaeroben Schwelle liegt, die Beanspruchung dabei aber individuell variabel und vom Gegner abhängig ist. Zudem zeigt sie, dass die während dem Spiel (bis zu drei Sätzen) gemessenen energetischen und kardialen Parameter keine Differenz zwischen Siegern und Verlierern ergeben (vgl. Kempter 2008).

Faude et al. (Faude et al. 2007) analysierten einen simulierten Badmintonwettkampf (internes Rankingturnier) und verglichen die Werte mit Laufbandtests der Probanden. Bei der strukturellen Analyse des Spiels kamen sie auf ein Belastungs-Pause-Verhältnis von 0.51. Mit 5.1 Schläge pro Ballwechsel haben sie eine Schlagfrequenz von 0.92 Schlägen pro Sekunde gemessen. Die relative Herzfrequenz der Spieler während einem Badmintonspiel betrug 90% der maximalen Herzfrequenz, die durch den Laufbandtest ermittelt wurde. Im Durchschnitt betrug die Herzfrequenz im Spiel 166 bpm. Während dem Spiel haben sie eine durchschnittliche Laktatkonzentration von 1.9 mmol/l gemessen, was gegenüber Kempter (Kempter 2008) und Cabello (Cabello 2003) fast um die Hälfte kleiner ist. Die maximale Sauerstoffaufnahme der Probanden beim Laufbandtest sind mit 61.8 ml/min/kg aber ähnlich wie bei Kempter (61.0 ml/min/kg) (Kempter 2008). Faude et al. ziehen die Schlussfolgerung, dass die Sportart Badminton von Wettkampfspielern eine hohe aerobe Kapazität abverlangt.

Cabello (Cabello Manrique, Gonzalez-Badillo 2003) haben die Messungen direkt in einem internationalen Wettkampf vorgenommen. Dabei wurde die Herzfrequenz, Laktatkonzentration gemessen und die temporale Struktur des Spiels aufgezeichnet. Das Belastungs-Pause-Verhältnis betrug 0.49. Pro Ballwechsel wurden durchschnittlich 6.06 Schläge berechnet. Auf eine Sekunde Spielzeit umgerechnet macht das 0.93 Schläge. Während dem Spiel war die maximale Herzfrequenz bei durchschnittlich 190 bpm. Die Durchschnittsherzfrequenz lag bei 173 bpm. Die mittlere Laktatkonzentration im Blut lag bei 3.79 mmol/l. Sie schlussfolgern, dass Badminton eine Sportart ist, die auf schnelle Bewegungen mit kurzen Intervallen beruht und deshalb hohe Ansprüche an das anaerobe

alaktazide System stellt. Um dieser Belastung standzuhalten muss der Spieler über eine hohe aerobe Grundkapazität verfügen.

Cheong (Cheong 2009) hat bei einem 20 m Multi-Stage Shuttle Run Test eine maximale Sauerstoffaufnahme von 56.9-59.5 ml/min/kg anhand der Formel von Brewer berechnet. Docherty (Docherty 1982) hat vor allem das Verhalten der Herzfrequenz in Rückschlagspielen erforscht. Anhand einer Formel zur Berechnung der maximalen Herzfrequenz (Predicted Maximum Heart Rate (PMHR)), die er nicht näher präzisiert, kommt er auf eine relative Herzfrequenz von 85-90%.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass Trainingsspiele (Faude et al. 2007), Badmintonübungen mit und ohne Shuttle (Ghosh 2008) und offizielle Wettkampfspiele (Cabello Manrique, Gonzalez-Badillo 2003) analysiert wurden. Beim Belastung-Pause-Verhältnis kommt Cabello auf 0.49, Kempter auf 0.39 und Faude auf 0.51. Es kann also von einem 1:2-Verhältnis ausgegangen werden. Cabello hat im Wettkampf eine maximale Herzfrequenz von 186 bis 201 (durchschnittlich 190 bpm) gemessen, die durchschnittliche Frequenz befindet sich seiner Untersuchung nach bei 173 Schlägen pro Minute. Bei Kempter beläuft sich die durchschnittliche Herzfrequenz während einem Trainingsspiel auf 170 bpm, bei einer durchschnittlich maximalen Herzfrequenz von 185 bpm macht dies 86% der HF_{max} aus, oder 97% der Herzfrequenz an der Anaeroben Schwelle, die in einem Laufbandtest ermittelt wurde (vgl. Kempter 2008). Faude misst während dem Badmintonspiel eine durchschnittliche Herzfrequenz von 166 bpm, was in seiner Studie 90% der maximalen Herzfrequenz der Probanden entspricht (vgl. Faude 2007). Docherty spricht in seiner Arbeit von einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 85-90% der HF_{max} (vgl. Docherty 1982). In den Untersuchungen von Faude und Cabello wurden bei den Spielern maximale Laktatwerte von 3.5 mmol bzw. 3.79 mmol gemessen. Die maximale Sauerstoffaufnahme VO_{2max} beläuft sich bei Cheong auf 56.9-59.3 ml/min/kg und bei Faude auf 61.8 ml/min/kg. Die Resultate von Kempter ergeben 61.0 ml/min/kg (Cheong 2009, Faude 2007, Kempter 2008).

Die nachfolgende Tabelle soll einen Überblick über die erhobenen durchschnittlichen während Badmintonspielen gemessenen Werte in den verschiedenen Studien darstellen.

Tab. 2: Übersicht der Parameter verschiedener Studien im Badminton

| Parameter | Cheong 2009 | Kempter 2008 | Faude 2007 | Cabello 2003 | Bochow/Kol- lath 1986 | Docherty 1982 |
|--|----------------|-----------------|------------|-----------------|--------------------------|------------------|
| Parameter der Dauer | | | | | | |
| Spieldauer (min) | | | | | 16 | |
| Belastungs- Pause- Verhältnis | | 0.39 | 0.51 | 0.49 | | |
| Ballwechsel- dauer | | | | | | |
| Schläge pro Sekunde (#) | | 0.95 | 0.92 | 0.93 | 0.88 | |
| Parameter bezüglich Ballwechsel | | | | | | |
| Schläge pro Ballwechsel (#) | | 4.9 | 5.1 | 6.06 | 7-8 | |
| Parameter bezüglich Distanz | | | | | | |
| Distanz pro Satz (m) | | | | | 333 | |
| Distanz pro Schlag (m) | | 1.73 | | | 2 | |
| Distanz pro Ballwechsel (m) | | 15.6 | | | 14.7 | |
| Physiologische Parameter (Herzfrequenz, Laktat, VO ₂ max) | | | | | | |
| HF _{max} (bpm) während dem Spiel | | 185 | | 190 | | |
| HF _{rel} (% bpm) | | | 90 | 91 | | 85-90 |
| HF _{avg} (bpm) während dem Spiel | | 170 | 166 | 173 | | |
| Laktat avg (mmol/l) | | 3.64 | 1.9 | 3.79 | | |
| VO ₂ max (ml/min/kg) | 56.9-59.5 | 61.0 | 61.8 | | | |
| Biomechanische Parameter (Geschwindigkeit, Beschleunigung) | | | | | | |
| max. Beschleu- nigung (m/s ²) | | | | | 3 | |
| durchschnittl iche Beschl. (m/s ²) | | 3.45 | | | 2.2 | |
| max. Geschwindig- keit (m/s) | | 4.5 | | | 4 | |
| durchschnittl iche Geschw. (m/s) | | 2.46 | | | 1.9 | |

2.3 Ziel und Fragestellung / Hypothesen

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Erhebungen durchzuführen, die verschiedene physiologische und kinematische Parameter von Schweizer Spitzen-Badmintonspielern aufzeigen können. Anhand der dadurch gewonnenen Daten soll ein Vergleich mit anderen Studien gezogen werden. Des Weiteren soll die Arbeit Aufschluss darüber geben, ob es eine Beziehung gibt zwischen den gewonnenen Daten und den Spielausgängen. Muss der Sieger z. B. weiter rennen als der Verlierer oder umgekehrt? Oder gewinnt der schnellere Spieler? Um das herauszufinden werden die Positionsdaten mit den Endresultaten verglichen.

Die Fragestellungen lauten:

1. Wie verhält sich die Herzfrequenz von Schweizer Spitzen-Badmintonspielern während einem Satz Herreneinzel?

In der Hypothese wird angenommen, dass sich die Herzfrequenz der Schweizer Spieler im Bereich derjenigen internationaler Spieler befindet.

2. Wie gross ist die total zurückgelegte Distanz, die Laufgeschwindigkeit und die Beschleunigung der Spieler während einem Satz Herreneinzel?
Im Vergleich zu der Studie von Bochow/Kollath wird angenommen, dass die total zurückgelegte Distanz der Spieler innerhalb eines Satzes grösser ist als bei Bochow/Kollath. Und zwar deshalb, weil der Badminton sport durch die veränderte Zählweise und die Fortschritte in der Rackettechnologie das Spiel schneller gemacht haben. Aus demselben Grund nehme ich auch an, dass die Resultate bezüglich Geschwindigkeit und Beschleunigung höher ausfallen werden als bei Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987).
3. Gibt es einen Zusammenhang zwischen den gemessenen Werten der Distanz, Geschwindigkeit und Beschleunigung und dem Endresultat (Sieg - Niederlage)?
Kempster hat in ihrer Studie gezeigt, dass die Sieger während bis zu drei Sätzen eine tiefere Pausenherzfrequenz und tiefere Laktatwerte aufweisen als die Verlierer (vgl. Kempster 2008). Auf die Distanz, Geschwindigkeit und Beschleunigung übertragen, soll hier davon ausgegangen werden, dass die Sieger dementsprechend weniger weit laufen müssen und sich weniger schnell bewegen und beschleunigen als die Verlierer.

Zu diesen Fragestellungen wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

A) Vergleiche mit anderen Studien:

1. Die durchschnittliche Herzfrequenz während einem Spiel unterscheidet sich nicht von derjenigen internationaler Spitzenspieler, verglichen an der Studie von Cabello 2003.
2. Die total zurückgelegte Distanz ist bei den aktuellen Schweizer Spitzenspielern höher als bei der Studie von Bochow/Kollath gemessen im Jahr 1987.
3. Die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit während den Ballwechseln ist bei den aktuellen Schweizer Spitzenspielern höher als bei der Studie von Bochow/Kollath gemessen im Jahr 1987.
4. Die durchschnittliche Beschleunigung während den Ballwechseln ist bei den aktuellen Schweizer Spitzenspielern höher als bei der Studie von Bochow/Kollath gemessen im Jahr 1987.

B) Vergleiche zwischen Siegern und Verlierern:

1. Der Sieger eines Spiels hat eine tiefere durchschnittliche relative Herzfrequenz als der Verlierer.
2. Der Sieger eines Spiels läuft während der Ballwechsel eine längere Distanz ab als der Verlierer.
3. Der Sieger eines Spiels hat eine höhere durchschnittliche Laufgeschwindigkeit als der Verlierer.
4. Der Sieger eines Spiels hat eine höhere durchschnittliche Beschleunigung als der Verlierer.

3 Methoden

3.1 Durchführung der Datenerhebung

Die Messungen werden im Herreneinzel durchgeführt. Dazu werden zehn Schweizer Topspieler, die im Schweizer Ranking (Stand 15. Januar 2013) innerhalb der besten 30 Plätze vertreten sind, zu Testspielen eingeladen. Jeder Spieler spielt zwei bis drei Begegnungen gegen verschiedene Gegner. Pro Begegnung wird jeweils ein Satz nach den

offiziellen Badmintonregeln gespielt. Die Spieler nehmen ihr eigenes Badmintonmaterial mit. Shuttles (Yonex AS-40) werden zur Verfügung gestellt.

Die Sporthalle mit den vorinstallierten Messgeräten befindet sich in Magglingen auf 950 Meter über Meereshöhe. Während den Spielen tragen die Probanden einen Brustgurt für die Herzfrequenzmessung und ein Gilet mit den Sensoren für die Positionsmessung. Gemessen werden total 15 Begegnungen (sechs am 16. Januar 2013 und neun am 8. April 2013). Für die Datenerhebung können immer zwei Spiele gleichzeitig gespielt werden.

3.2 Positionsdatenmessung

Die Positionsdatenmessung wird anhand des Local Position Measurement (LPM) durchgeführt. Dazu tragen die Spieler Gilet bei dem auf beiden Schultern Sender befestigt sind. Diese Sender melden ein Signal an die Sensoren, welche in den Ecken der Hallendecke befestigt sind. Diese Sensoren orten die Position der Sensoren. Anhand dieser Messung der Positionsdaten in einer bestimmten Zeitspanne kann das Computerprogramm die Geschwindigkeit, die Beschleunigung, die Laufdistanz und Richtungswechsel berechnen. Die Messung mit dem LPM kann nur über zwei Dimensionen, d. h. auf horizontaler Ebene, geschehen. Auf- und Ab- Bewegungen wie Sprünge werden somit nicht miteinbezogen. Ein Sprung an Ort wird vom System nicht als Positionsverschiebung gemessen.

Die Positionsdatenmessung mittels LPM ist eine relativ neue Technologie und wird vor allem im Fussball verwendet. Ein Test der Validität des LPM wurde von Frencken für die Sportart Fussball durchgeführt. Er kommt zum Schluss, dass das LPM ein gültiges Messsystem für Positionsaufzeichnungen darstellt (vgl. Frencken 2010). Eine differenziertere Schlussfolgerung trifft Ogris: Die Genauigkeit des LPM reicht für Analysen im Sport aus. Die Präzision nimmt allerdings ab, wenn hohe Beschleunigungen während hohen Geschwindigkeiten oder schnellen Richtungswechsel auftreten (vgl. Ogris 2012).

Um die Distanz während dem Ballwechsel zu erfassen, ohne dass die Pausenwerte auch erfasst werden (Nettodistanz), wird in den LPM-Einstellungen der Grenzwert 1.05 m/s als High Intensity Distance (HID) gewählt. Der Wert dieser Distanz gibt an, wie viele Meter der Proband in einem Satz während den Ballwechseln (Nettospielzeit) abgelaufen hat. Da

die Einstellung des Grenzwerts subjektiv vorgenommen wurde, kann die HID ein wenig von der effektiv gelaufenen Nettodistanz abweichen.

3.3 Herzfrequenzmessung

Die Herzfrequenz wird mit einem Polar Herzfrequenzmessgerät gemessen. Die Daten können in das LPM Computerprogramm integriert werden, so dass der Verlauf der Herzfrequenzkurve parallel zum Verlauf der Geschwindigkeit und Beschleunigung angeschaut werden kann.

Die Herzfrequenz soll als physiologischer Indikator der Belastungsintensität dienen.

Für die Berechnung der relativen Herzfrequenz wird von jedem Spieler die durchschnittliche Durchschnittsherzfrequenz aus den gespielten Sätzen ins Verhältnis mit dem höchsten Herzfrequenzwert über alle gespielten Sätze gesetzt.

3.4 Datenauswertung

Die statistische Datenauswertung geschieht mit dem Programm IBM SPSS Version 19.0.0. Wenn Werte der Spieler ausgerechnet werden ist N=10 (z.B. HFmax). Für Auswertungen bezüglich Sätze ist N=15 (z.B. Vergleich Sieger Verlierer) und wenn für jeden Spieler die Daten aus seinen gespielten Sätzen benutzt werden, ist N=30 (z. B. maxSpeed).

Die Einstellungen im LPM wurden für die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsanalyse folgendermassen vorgenommen:

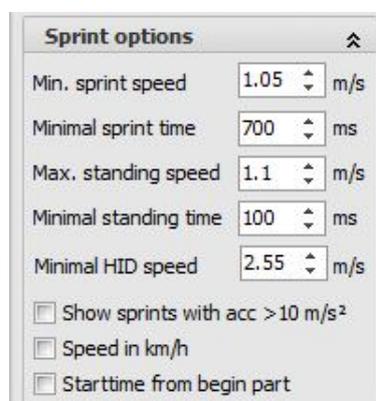
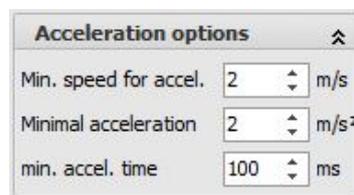


Abb. 7: LPM-Einstellungen Geschwindigkeit

1.05 m/s (unter min. sprint speed) zeigt die Grenze zwischen Ballwechsel- und Pausenzeit an. Alles was über 1.05 m/s ist, wird vom Programm als Ballwechsel (High Intensity Distance) gewertet, was darunter ist, als Pause zwischen den Ballwechseln.

Die Beschleunigung muss mindestens 2 m/s² aufweisen und ab einer Geschwindigkeit von 2 m/s und während mindestens 1s (100ms) erfolgen, damit sie für die Analyse berücksichtigt wird.



| Acceleration options | | ⤴ |
|-----------------------|-----|------------------|
| Min. speed for accel. | 2 | m/s |
| Minimal acceleration | 2 | m/s ² |
| min. accel. time | 100 | ms |

Abb. 8: LPM-Einstellungen Beschleunigung

4 Resultate

4.1 Probanden

Von den zehn Probanden wurden insgesamt 15 Sätze gespielt. Pro Satz wurde bei beiden Spielern die Positions- und Herzfrequenzdaten aufgezeichnet. Daher liegen dieser Arbeit 30 Datensätze zu Grunde. Jeder Proband spielte jeweils zwei oder drei Sätze, nie aber zwei Mal gegen denselben Spieler.

Bei den Probanden handelt es sich um Spieler, die in der Schweiz lizenziert sind und in der Rangliste von Swiss Badminton am 15. Januar 2013 innerhalb der ersten 30 Positionen fungieren. Darunter befinden sich auch ausländische Spieler mit Schweizer Lizenz. Die Schweizer Spieler gehören der aktuellen oder ehemaligen Nationalmannschaft an. Alle Probanden bringen Erfahrung an internationalen Wettkämpfen mit. Sieben davon sind immer noch international an BWF (Badminton World Federation) Turnieren aktiv. Das Durchschnittsalter der Probanden beträgt 29 Jahre. Tabelle 3 gibt eine Übersicht zu den Probanden (aus Gründen der Anonymitätsgewährleistung werden die Maximal- und Minimalwerte bei den Rankings nicht bekannt gegeben):

Tab. 3: Angaben zu den Probanden ($n=10$)

| | Maximalwert | Minimalwert | Durchschnitt |
|--|-------------|-------------|-----------------|
| Alter (J) | 36 | 21 | 29 |
| HFmax (bpm) | 196 | 154 | 179 ± 10.61 |
| HFavg (bpm) | 177 | 141 | 157 ± 10.67 |
| HFrel (%) | 92 | 81 | 88 |
| Schweizer Ranking am 15.01.2013 (Position) | | | 17 ± 10 |
| BWF Weltranking vom 17.01.2013 ($n=7$. Drei von zehn nicht mehr klassiert) | | | 275 ± 120 |

4.2 Distanz

4.2.1 Deskriptive Statistik der Distanz

Tab. 4: Deskriptive Statistik der Nettodistanz (m) pro Satz

| | N | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standard- abweichung |
|-----------------------|----|---------|---------|------------|-------------------------|
| Nettodistanz pro Satz | 30 | 224,50 | 581,00 | 367,9170 | 90,20038 |

Tabelle 4 zeigt, dass ein Badmintonspieler in einem Satz zwischen 224.5 m und 581 m zurücklegt. Hier handelt es sich um die Nettodistanzen. Nettodistanz bedeutet, dass der Laufweg zwischen den Ballwechseln nicht mitberechnet wird. Auf ein ganzes Spiel über drei Sätze hochgerechnet, läuft der Spieler somit über eine Distanz von durchschnittlich rund 1104 m (3 x 367.9 m).

4.2.2 Vergleich der Nettodistanz mit der Nettodistanz aus Bochow/Kollath (1987)

In Tabelle 5 wird die Nettodistanz anhand eines T-Tests mit dem Wert von 333m aus der Studie von Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987) verglichen um herauszufinden, wie sich die Distanzen der vorliegenden Studie zum Vergleichswert verhalten.

Tab. 5: T-Test bei einer Stichprobe (Nettodistanz (m) mit der Nettodistanz von Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987) von 333m)

| | Testwert = 333 | | | | | |
|-------------------|----------------|----|-----------------|-----------------------|---|---------|
| | T | df | Sig. (2-seitig) | Mittlere Differenz | 95% Konfidenzintervall der Differenz | |
| | | | | | Untere | Obere |
| Netto- distanz | 2,486 | 9 | ,035 | 45,22567 | 4,0725 | 86,3789 |

Die Signifikanz liegt unter 0.05, das Konfidenzintervall zwischen 4.07 m und 86.38 m über dem Vergleichswert von 333 m.

4.2.3 Vergleich der Distanz zwischen Siegern und Verlierern

Die Laufdistanz des Siegers steht stark in Beziehung mit der Laufdistanz des Verlierers, dies zeigen die Berechnungen in der Tabelle 6. Der Korrelationswert nach Pearson ergibt 0.81 bei einer hohen Signifikanz von 0.00.

Tab. 6: Korrelation Distanz (m) Sieger - Verlierer

| | | Distanz des Siegers | Distanz des Verlierers |
|------------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|
| Distanz des Siegers | Korrelation nach Pearson | 1 | ,811** |
| | Signifikanz (2-seitig) | | ,000 |
| | N | 15 | 15 |
| Distanz des Verlierers | Korrelation nach Pearson | ,811** | 1 |
| | Signifikanz (2-seitig) | ,000 | |
| | N | 15 | 15 |

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Abbildung 9 stellt diese Beziehung graphisch dar.

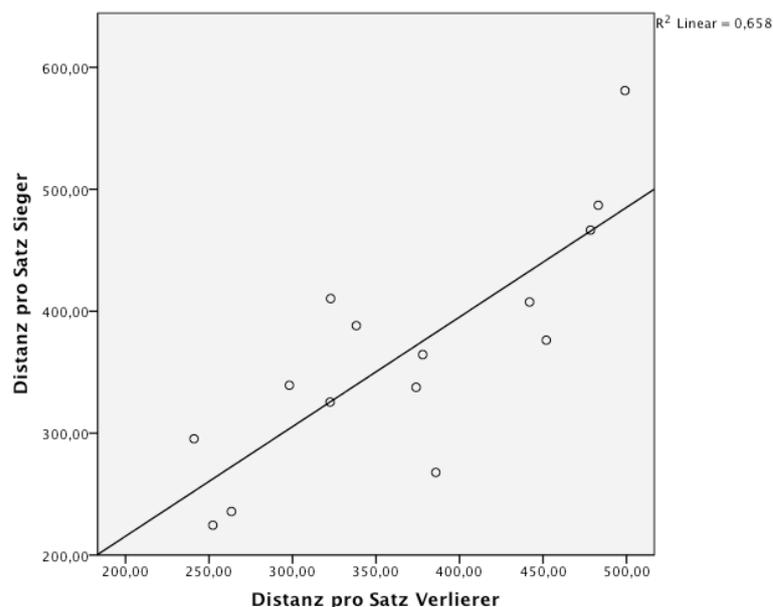


Abb. 9: Korrelation Distanz (m) Sieger - Verlierer

Abbildung 10 veranschaulicht die Korrelation zwischen der Dauer des Satzes und der Laufdistanz. Die Beziehung zwischen diesen zwei Werten ist noch höher als beim Vergleich zwischen der Distanz von Siegern und Verlierern.

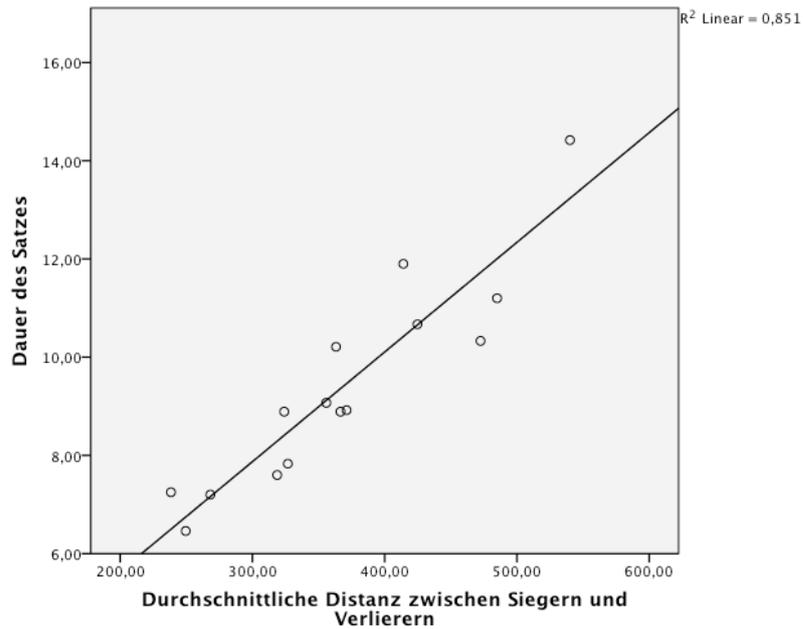


Abb. 10: Korrelation Distanz (m) - Dauer (min)

4.3 Geschwindigkeit

4.3.1 Durchschnittliche Geschwindigkeit

Die durchschnittlichen Geschwindigkeitswerte reichen von 2.3 m/s bis 2.7 m/s, bei einem Mittelwert von $2.43 \text{ m/s} \pm 0.11 \text{ m/s}$, wie in der folgenden Tabelle (Tab. 7) dargestellt wird.

Tab. 7: Deskriptive Statistik der durchschnittlichen Geschwindigkeit (m/s) pro Satz

| | N | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standard- abweichung |
|--|----|---------|---------|------------|-------------------------|
| Durchschnittliche Geschwindigkeit pro Satz | 30 | 2,30 | 2,70 | 2,4300 | ,10875 |

4.3.2 Maximale Geschwindigkeit

Tab. 8: Deskriptive Statistik der maximalen Geschwindigkeitswerte (m/s)

| | N | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standard- abweichung |
|-----------------------------|----|---------|---------|------------|-------------------------|
| Maximale Geschwindigkeit | 30 | 3,60 | 5,00 | 4,2533 | ,31919 |

Die höchste gemessene Geschwindigkeit auf dem Feld beträgt 5 m/s, was 18 km/h entspricht. Da die Laufdistanzen von einem Richtungswechsel zum nächsten im Badminton nicht sehr lang sind, bleibt dem Spieler auch nur wenig Zeit, um auf eine hohe Geschwindigkeit zu beschleunigen (vgl. Kap. 4.4).

4.3.3 Vergleich mit der Studie von Bochow/Kollath (1987)

Um herauszufinden, wie sich die durchschnittlichen Geschwindigkeiten aus der vorliegenden Untersuchung im Vergleich zum Wert von Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987) verhalten, wird ein Einstichproben T-Test durchgeführt.

Tab. 9: T-Test bei einer Stichprobe (mittlere Geschwindigkeiten (m/s) im Vergleich zur durchschnittlichen Geschwindigkeit von 1.9 m/s bei Bochow/Kollath (Bochow/Kollath (1987))

| | Testwert = 1.9 | | | | | |
|------------------------------------|----------------|----|---------------------|-----------------------|---|-------|
| | T | df | Sig. (2- seitig) | Mittlere Differenz | 95% Konfidenzintervall der Differenz | |
| | | | | | Untere | Obere |
| mittlere Ge- schwindig- keit | 18,372 | 9 | ,000 | ,52417 | ,4596 | ,5887 |

Die Werte aus dieser Untersuchung (Tab. 9) liegen mit einer mittleren Differenz von 0.53 m/s² leicht über dem Testwert. Die Signifikanz ist dabei mit 0.00 hoch.

4.3.4 Vergleich der Geschwindigkeiten zwischen Sieger und Verlierer

Abbildung 11 zeigt die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit von Siegern und Verlierern. Die Werte sind relativ willkürlich gestreut. Es wird kein Zusammenhang zwischen den Sieger- und Verliererwerten deutlich.

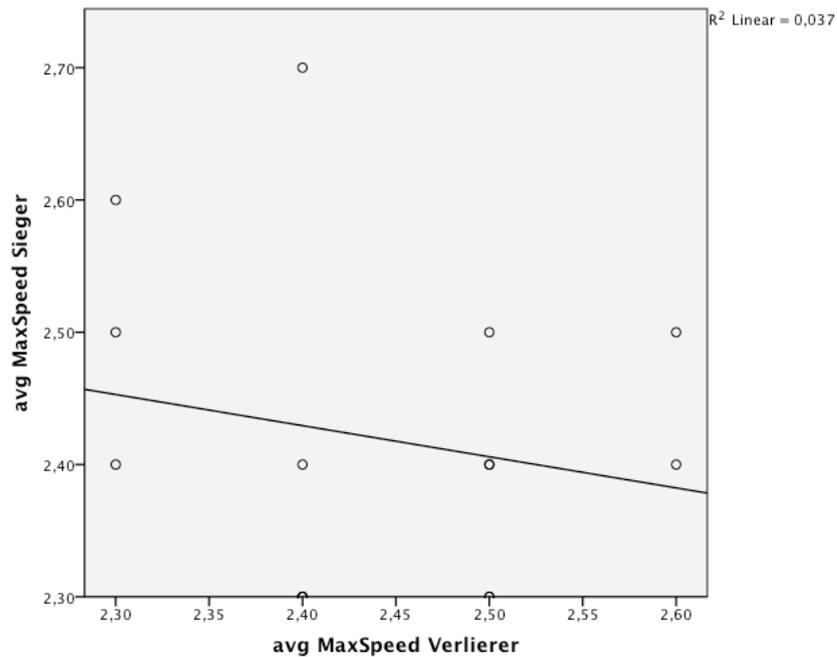


Abb. 11: Korrelation Geschwindigkeit (m/s) Sieger - Verlierer

4.4 Beschleunigung

4.4.1 Durchschnittliche Beschleunigung

Wie in Abbildung 10 ersichtlich wird, ist die durchschnittliche Beschleunigung relativ breit gestreut. Der Durchschnittswert liegt bei $4.63 \text{ m/s}^2 \pm 0.42 \text{ m/s}^2$. Die Werte liegen zwischen 5.5 m/s^2 (Maximalwert) und 3.7 m/s^2 (Minimalwert).

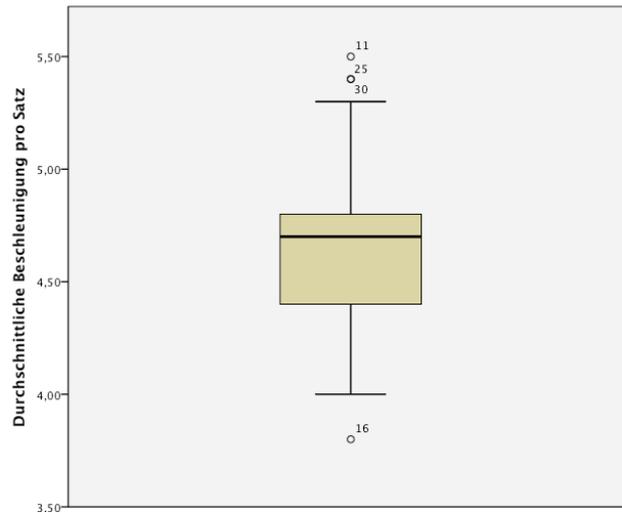


Abb. 12: Durchschnittliche Beschleunigungswerte (m/s^2) pro Satz

4.4.2 Maximale Beschleunigungswerte

Die maximalen Beschleunigungswerte sind in der Tabelle 10 aufgeführt.

Tab. 10: Deskriptive Statistik der maximalen Beschleunigungswerte (m/s^2) pro Satz

| | N | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standard- abweichung |
|-------------------------|----|---------|---------|------------|-------------------------|
| Maximale Beschleunigung | 30 | 6,50 | 10,30 | 8,1167 | ,93110 |

4.4.3 Verteilung der Beschleunigungswerte

Abbildung 13 stellt dar, in welchen Bereichen sich die Beschleunigungswerte aufhalten. Auffallend ist, dass ausser dem obersten Bereich von 7.5 bis 10 m/s^2 alle Bereiche fast gleich gross sind.

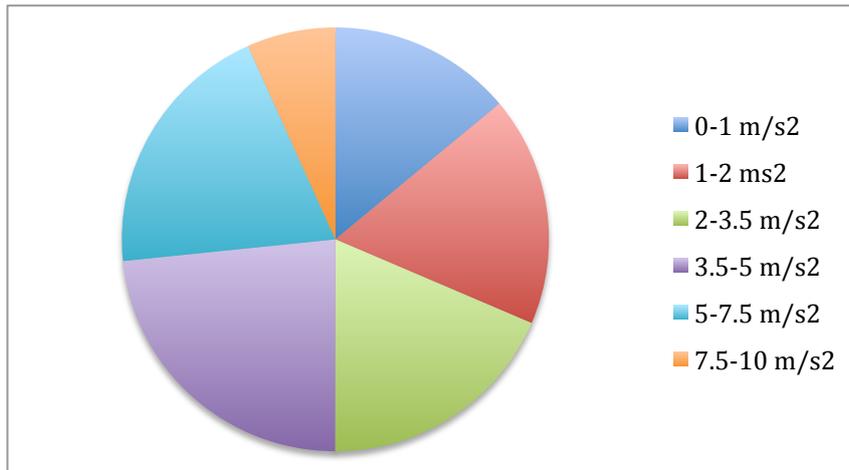


Abb. 13: Durchschnittliche Verteilung der Beschleunigung

4.4.4 Vergleich der Beschleunigungswerte

In Tabelle 11 sind die Resultate aus dem Einstichproben T-Test zwischen der mittleren maximalen Beschleunigung aus der vorliegenden Messung mit dem Vergleichswert 2.2 m/s² von Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987) aufgeführt. Tabelle 12 zeigt den gleichen Test mit der Stichprobe von Kempster (3.45 m/s²) (Kempster 2008).

Tab. 11: T- Test bei einer Stichprobe (mittlere Maximalbeschleunigungen (m/s²) im Vergleich mit dem Testwert von 2.2 m/s² von Bochwo/Kollath (Bochow/Kollath (1987))

| | Testwert = 2.2 | | | | | |
|----------------------------------|----------------|----|-----------------|--------------------|--------------------------------------|--------|
| | T | df | Sig. (2-seitig) | Mittlere Differenz | 95% Konfidenzintervall der Differenz | |
| | | | | | Untere | Obere |
| Mittlere Maximalbeschleunigungen | 18,619 | 9 | ,000 | 2,43083 | 2,1355 | 2,7262 |

Tab. 12: Test bei einer Stichprobe (mittlere Maximalbeschleunigungen (m/s^2) im Vergleich mit dem mittleren Beschleunigungswert von Kempter ($3.45 m/s^2$) (Kempter 2008))

| | Testwert = 3.45 | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|----|-----------------|--------------------|--------------------------------------|--------|
| | T | df | Sig. (2-seitig) | Mittlere Differenz | 95% Konfidenzintervall der Differenz | |
| | | | | | Untere | Obere |
| Durchschnittliche Beschleunigung | 9,065 | 9 | ,000 | 1,18100 | ,8863 | 1,4757 |

4.4.5 Vergleich der Beschleunigung zwischen Siegern und Verlierern

Zwischen den Siegern und Verlierern besteht bezüglich Beschleunigungswerte kein Zusammenhang, wie die Abbildung 14 erkennen lässt.

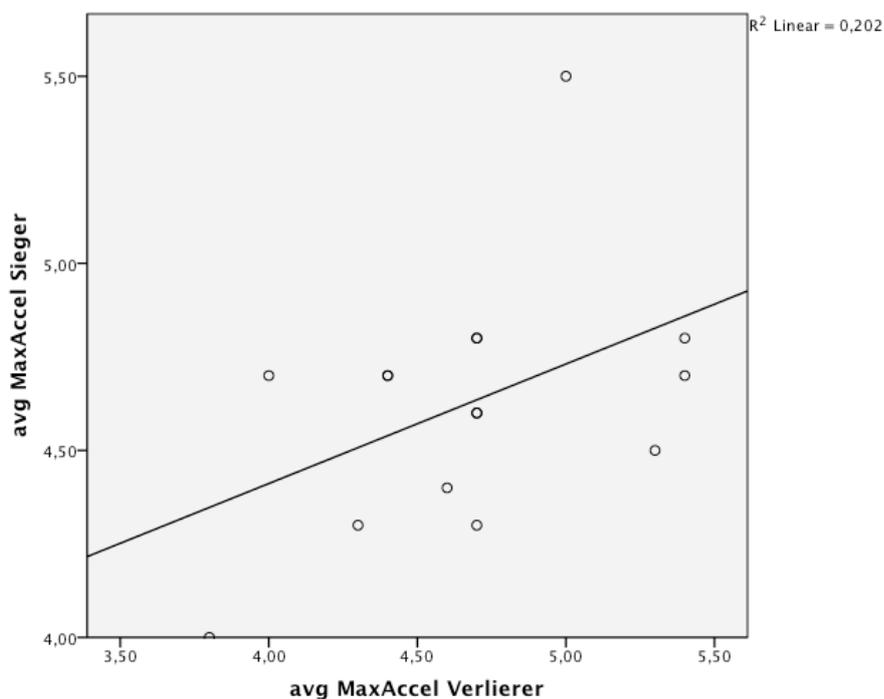


Abb. 14: Korrelation Beschleunigung (m/s^2) Sieger - Verlierer

4.4.6 Vergleich von Studien bezüglich Geschwindigkeit und Beschleunigung

In der Abbildung 15 werden die Endresultate der Geschwindigkeit (Speed) und Beschleunigung der vorliegenden Untersuchung mit der Studie von Bochow/Kollath (1987) und Kempter (2008) verglichen. Kempter hat in ihrer Studie keine Angabe zur maximalen Beschleunigung gemacht.

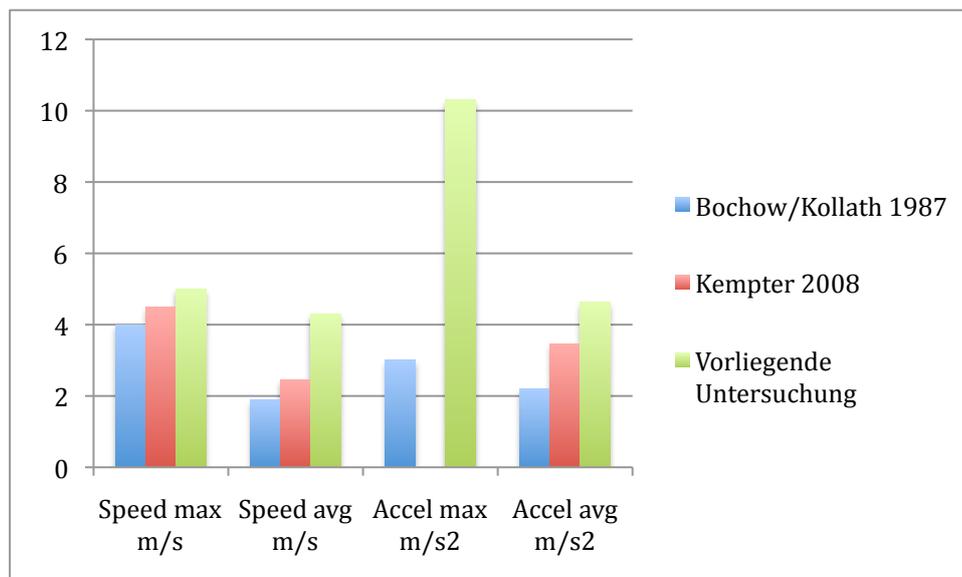


Abb. 15: Vergleich verschiedener Studien bezüglich des Maximums (max) und Durchschnitts (avg) von Geschwindigkeit (Speed) und Beschleunigung (Accel)

4.5 Herzfrequenz

4.5.1 Deskriptive Statistik der Herzfrequenzwerte

Der Vergleich der Herzfrequenz in relativen und nicht absoluten Werten wird dadurch begründet, dass die absoluten Werte keine deutliche Aussage zulassen, weil sich die Höhe der Herzfrequenz bei jedem Individuum unterschiedlich verhält. Eine Herzfrequenz von 160 bpm kann von einer Person während einer hohen Belastung und von einer anderen bei einer mittleren Belastung erreicht werden. Wird die Herzfrequenz in Bezug zur individuellen maximalen Herzfrequenz angeschaut, sind Quervergleiche aussagekräftiger. Für die Berechnung der relativen Herzfrequenz wurde bei jedem Spieler die durchschnittliche Herzfrequenz aus allen gespielten Sätzen errechnet und durch den

höchsten Herzfrequenzwert der absolvierten Sätze geteilt. Das Ergebnis wird in der folgenden Tabelle (Tab. 13) dargestellt:

Tab. 13: Deskriptive Statistik der relativen Herzfrequenz (HFrel), durchschnittlichen Herzfrequenz (HFavg) und maximalen Herzfrequenz (HFmax) (bpm)

| | N | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standard- abweichung |
|---|----|---------|---------|------------|-------------------------|
| Relative Herzfrequenz anhand HFmax im Spiel (%) | 10 | ,81 | ,92 | ,8770 | ,03653 |
| HFavg | 10 | 141,00 | 177,00 | 156,9000 | 10,67135 |
| HFmax | 10 | 154,00 | 196,00 | 178,9000 | 10,60870 |

Die maximale Herzfrequenz bei den Probanden lag zwischen 196 und 154 Schlägen pro Minute. Die durchschnittliche maximale Herzfrequenz liegt bei rund 178 bpm. Der Durchschnittswert der durchschnittlichen Herzfrequenz beträgt rund 157 bpm. Die relative Herzfrequenz beträgt durchschnittlich 87.7% mit einer Standardabweichung von rund 3%.

4.5.2 Verteilung der Herzfrequenz

Die Abbildung 16 zeigt die Verteilung der Herzfrequenz. Deutlich ersichtlich wird, dass die Frequenz fast über die Hälfte der Spielzeit zwischen 160 und 180 bpm zählt. Der Bereich zwischen 140 und 180 bpm macht fast drei Viertel der Spielzeit aus. Nur ein kleiner Teil macht der Sektor 180-220 bpm aus. Auch die Spanne von 65 bis 140 bpm ist relativ gering.

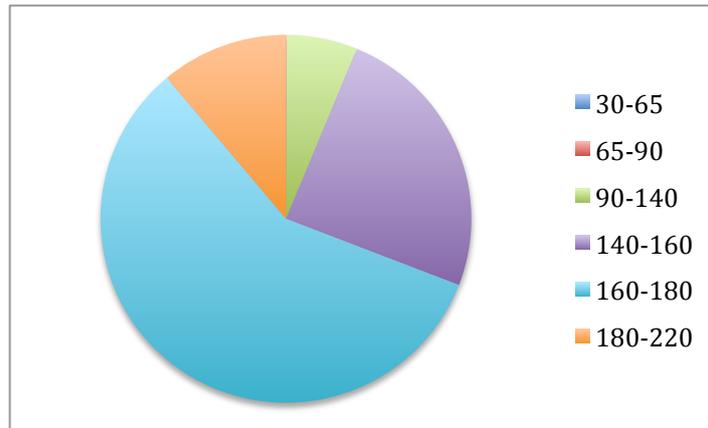


Abb. 16: Verteilung der Herzfrequenz (bpm)

4.5.3 Vergleich der Herzfrequenz mit der Studie von Cabello (2003)

Die ermittelte relative Herzfrequenz wird mit der Studie von Cabello (Cabello 2003) verglichen, wo die relative Herzfrequenz (gemessen am HFmax im Spiel) 91% beträgt. Tabelle 14 zeigt das Ergebnis der Analyse. Die Herzfrequenz ist folglich signifikant tiefer als beim Vergleichswert, jedoch nur gering, wie das 95% Konfidenzintervall von -0.59 bpm bis -0.07 bpm zeigt.

Tab. 14: Einstichproben T-Test der relativen Herzfrequenz (bpm) anhand der HFmax im Vergleich zur Studie von Cabello (Cabello 2003), der einen Wert von 91% berechnet hat.

| | Testwert = 0.91 | | | | | |
|---|-----------------|----|-----------------|--------------------|--------------------------------------|--------|
| | T | df | Sig. (2-seitig) | Mittlere Differenz | 95% Konfidenzintervall der Differenz | |
| | | | | | Untere | Obere |
| Relative Herzfrequenz anhand HFmax im Spiel | -2,857 | 9 | ,019 | -,03300 | -,0591 | -,0069 |

4.5.4 Vergleich der Herzfrequenz zwischen Siegern und Verlierern

Ein gepaarter T-Test wurde durchgeführt, um Aufschluss über die Herzfrequenz zwischen Siegern und Verlierern zu erhalten. Mit einer einseitigen Signifikanz von 0.142 ($0.284/2$) und dem Wert Null innerhalb des 95% Konfidenzintervalls kann deutlich gesagt werden, dass kein Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und dem Ausgang des Satzes besteht.

Tab. 15: T-Test bei gepaarten Stichproben der relativen Herzfrequenz von Siegern und Verlierern (HFrel (bpm) Sieger - HFrel (bpm) Verlierer)

| | Gepaarte Differenzen | | | | | T | df | Sig. (2-seitig) |
|------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------|-------|----|-----------------|
| | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes | 95% Konfidenzintervall der Differenz | | | | |
| | | | | Untere | Obere | | | |
| HFrelSieger - HFrelVerlierer | ,01250 | ,03841 | ,01109 | -,01190 | ,03690 | 1,127 | 11 | ,284 |

5 Diskussion und Schlussfolgerung

5.1 Diskussion

5.1.1 Hypothese A1

In dieser Hypothese wird behauptet, dass sich die durchschnittliche Herzfrequenz während einem Spiel nicht von derjenigen internationaler Spitzenspieler unterscheidet. Diese Annahme wird gemacht, weil davon ausgegangen wird, dass sich zwei Spieler mit gleichem Niveau an die individuellen Leistungsgrenzen bringen können. Da in der vorliegenden Studie Spieler mit mehr oder weniger demselben Spielniveau aufeinander treffen, werden sehr wahrscheinlich auch die Spiele eng umkämpft, somit ist die Belastung für die Spieler hoch. Und wenn die Belastung hoch ist, ist folglich auch die Herzfrequenz hoch.

Um diese Hypothese zu überprüfen wurden die Herzfrequenzdaten der vorliegenden Untersuchung mit der Studie von Cabello (Cabello 2003) verglichen, weil in beiden Studien die relative Herzfrequenz anhand der maximal gemessenen Herzfrequenz im Spiel berechnet wurde. Dazu wurde ein T-Test der Daten dieser Untersuchung mit dem Wert von Cabello (91%) verglichen (siehe Tab. 14).

Die Resultate zeigen, dass die Werte der vorliegenden Studie signifikant unter der Vergleichsstichprobe von Cabello liegen, obwohl nur sehr knapp, was aus dem Konfidenzintervall von -0.0591 bis -0.0069 zu erkennen ist. Die Hypothese kann somit nicht bestätigt werden. Wird allerdings der Umstand in Betracht gezogen, dass Cabello seine Daten aus echten Wettkampfsituationen entnommen hat und in der vorliegenden Untersuchung Trainingsspiele als Grundlage für die Erhebung der Daten dienten, kann die geringe tiefere relative Herzfrequenz erklärt werden. Deshalb darf wohl gesagt werden, dass die relative Herzfrequenz der Schweizer Spitzenspieler auch derjenigen internationaler Spieler entspricht.

Ein Vergleich mit den Studien von Faude (Faude et al. 2007) und Docherty (Docherty 1982) soll hier nicht gezogen werden, weil die maximale Herzfrequenz als Referenzwert nicht auf dieselbe Weise ermittelt wurde. Faude führte dazu einen Laufbandstufentest durch, Docherty berechnete die HFmax anhand einer Formel. Die Resultate sind trotzdem

sehr ähnlich: 90 % bei Faude (Faude 203) und 85 - 90 % bei Docherty (Docherty 1982).

5.1.2 Hypothese A2

In der Hypothese A2 wird behauptet, dass die total zurückgelegte Distanz bei den aktuellen Schweizer Spitzenspielern höher als bei der Studie von Bochow/Kollath gemessen im Jahr 1987 ist (Bochow/Kollath 1987). Diese Hypothese wurde aus zwei Gründen aufgestellt. Erstens, weil angenommen wird, dass das Badmintonspiel athletischer geworden ist und zweitens, weil in dieser Studie Spieler gleichen Niveaus aufeinander treffen, was zur Folge haben kann, dass beide weiter laufen müssen, bis ein Punkt erzielt wird.

In der Tabelle 5 wird das Resultat des Vergleichs anhand eines T-Tests verdeutlicht. Verglichen wurde die durchschnittliche Nettodistanz von Sieger und Verlierer aus der vorliegenden Untersuchung mit der im Spiel gelaufenen Distanz bei der Studie von Bochow/Kollath (1987), wo ein Wert von 333 m gemessen wurde.

Die Ergebnisse zeigen auf, dass die Probanden in dieser Untersuchung während den Ballwechseln weitere Wege zurückgelegt haben. Im Mittel rund 45 m pro Satz. Das Konfidenzintervall zeigt, dass 95% aller Distanzen zwischen 4m und 86m länger waren als bei Bochow/Kollath (1987), dies mit einer einseitigen Signifikanz von 0.0175. Die Hypothese wird somit bestätigt, muss aber mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden: Wie in Hypothese B2 noch gezeigt werden wird, hat die Satzdauer einen grossen Einfluss auf die Satzdistanz. Was bedeutet, dass wer länger spielt, weiter läuft. Um dies auszuschliessen, müsste hier noch eine weitere Berechnung durchgeführt werden. Und zwar müsste beispielsweise für jeden Probanden die gelaufene Distanz pro 60 Sekunden errechnet werden und mit dem auf dieselbe Weise errechneten Wert aus der Untersuchung von Bochow/Kollath (1987) verglichen werden. So könnte anhand dieser relativen Distanz ein einheitlicher Vergleich gezogen werden. Dies ist aber hier nicht möglich, weil in der vorliegenden Untersuchung sowie in derjenigen von Bochow/Kollath (1987) nur die gesamte Satzdauer und nicht die Nettospieldauer angegeben ist.

Des weiteren ist die Frage berechtigt, ob eine längere Laufdistanz von 4 bis 86 m pro Satz auf ein ganzen Spiel einen grossen Unterschied darstellt. 4 m pro Satz macht eine Zusatzdistanz von 1.2% aus. Dieser Unterschied ist im Hinblick auf die physische Belastung sicher nicht entscheidend. Bei 86 m sind es immerhin schon 25.8% mehr, die abgelaufen werden. Das mag in einem Satz noch nicht so ins Gewicht fallen, bei zwei oder

sogar drei Sätzen kann diese Mehrbelastung allerdings einen Einfluss auf die körperliche Ermüdung nehmen.

5.1.3 Hypothese A3

In der Hypothese A3 wird vermutet, dass die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit während den Ballwechseln bei den aktuellen Schweizer Spitzenspielern höher ist als bei der Studie von Bochow/Kollath gemessen im Jahr 1987. Hier sind die Gründe für diese Annahme dieselben wie bei der vorangehenden Hypothese. Die fortgeschrittene Athletik des Badmintonspiels und die homogene Spielstärke, die die Spieler zu hohen Laufgeschwindigkeiten treibt.

Die Auswertung der Daten bezüglich dieser Hypothese wurde folgendermassen vorgenommen: Die durchschnittlichen Laufgeschwindigkeitswerte von jedem Satz jedes Probanden wurde in einem T-Test mit der Stichprobe desselben Werts von Bochow/Kollath (1.9 m/s) (Bochow/Kollath 1987) verglichen. In Tab 9 werden die Ergebnisse dargestellt.

Das Resultat ist hoch signifikant. Mit einem Konfidenzintervall von 0.46 bis 0.59 sind 95% der gemessenen Schnelligkeitswerte leicht höher als bei Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987). Die Hypothese kann somit bestätigt werden. Zudem erhärtet und bestätigt sie die Studie von Kempfer (Kempfer 2008), welche ähnliche Werte hervorgebracht hat. Kempfer hat mit 2.46 m/s (vgl. 2.42 m/s in der vorliegenden Studie) ebenfalls einen höheren durchschnittlichen Geschwindigkeitswert als Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987) erfasst.

5.1.4 Hypothese A4

In Hypothese A4 wird behauptet, dass die durchschnittliche Beschleunigung während den Ballwechseln bei den aktuellen Schweizer Spitzenspielern höher ist als bei der Studie von Bochow/Kollath gemessen im Jahr 1987 (Bochow/Kollath 1987). Die Gründe für diese Annahme sind dieselben wie bei der Hypothese A2 und A3 (Athletik und homogenes Spielniveau).

Bochow/Kollath (1987) haben eine maximale Beschleunigung von 3 m/s² gemessen. In der vorliegenden Arbeit ist der maximale Beschleunigungswert mit 10.3 m/s² mehr als drei Mal höher. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der durchschnittlichen Beschleunigung:

Bochow/Kollath (1987) haben einen Wert von 2.2 m/s^2 erhalten. In dieser Untersuchung beläuft sich die durchschnittliche Beschleunigung auf 4.63 m/s^2 .

Die Analyse der durchschnittlichen Beschleunigungswerte mit dem Referenzwert von 2.2 m/s^2 aus Bochow/Kollath zeigt das in Tabelle 11 dargestellte Resultat.

Die mittleren Beschleunigungswerte in dieser Untersuchung sind hoch signifikant höher als bei Bochow/Kollath (1987). Die mittlere Differenz von 2.4 m/s^2 ist dabei rund so gross, wie der Vergleichswert von Bochow/Kollath (2.2 m/s^2).

Dies muss auch so sein, wenn in der Hypothese A3 gezeigt wird, dass die durchschnittlichen Geschwindigkeitswerte höher sind als bei der Vergleichsstudie. Denn die Distanz der Wege vom Spielzentrum in die entsprechende Feldecke bleibt dieselbe (die Feldgrösse hat sich in der Zwischenzeit nicht verändert). Wenn dieselbe Distanz mit einer höheren Geschwindigkeit abgelaufen wird (siehe Hypothese A3), muss folglich auch die Beschleunigung umso höher sein, da diese auf derselben Distanz auf eine höhere Geschwindigkeit erfolgt.

Es bestätigt sich somit die Annahme, dass die aktuellen Schweizer Spitzenspieler höhere durchschnittliche Beschleunigungswerte aufweisen als der internationale Spitzenspieler bei Bochow/Kollath (Bochow/Kollath (1987)).

In der Abbildung 15 werden die erfassten Werte aus unterschiedlichen Studien miteinander verglichen. Bei Kempster (Kempster 2008) fehlt der Wert der maximalen Beschleunigung.

Die vorliegende Studie hat überall die Höchstwerte. Gründe für dieses Phänomen könnten folgende sein: Es kann einerseits daran liegen, dass die Messungen unterschiedlichen Techniken unterliegen. Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987) haben Videoaufzeichnungen ausgewertet. Die vorliegende Untersuchung hat die Aufzeichnungen über das LPM erhoben. Ein Unterschied zwischen beiden Auswertungssystemen liegt darin, dass Bochow/Kollath (1987) den Körperschwerpunkt als Referenzpunkt gewählt haben, während in dieser Studie die Sensoren auf der Schulter befestigt wurden. Für die Positionsberechnung nimmt das LPM-System den berechneten Mittelpunkt der zwei Sensoren, so dass die Halskoordinate als Referenzpunkt für die Positionsverschiebung dient. Bewegungen des Oberkörpers werden somit, gegenüber der Technik von Bochow/Kollath (1987), auch erfasst. Kempster (Kempster 2008) hat als Referenz ebenfalls den Körperschwerpunkt gewählt. Ein direkter Vergleich zwischen diesen beiden Studien ist also zulässig. Da Kempster (Kempster 2008) gegenüber Bochow/Kollath

(Bochow/Kollath 1987) höhere Werte misst, kann angenommen werden, dass sich Badmintonspieler heutzutage tendenziell schneller bewegen.

Tabelle 12 zeigt das Resultat des T-Tests mit der Stichprobe der mittleren Beschleunigung von Kempfer (3.45 m/s^2) (Kempfer 2008). Die Beschleunigungswerte sind in der vorliegenden Untersuchung bei einer mittleren Differenz von 1.18 signifikant leicht höher als bei Kempfer. Wird die Ursache dafür in der unterschiedlichen Messmethode vermutet, kann angenommen werden, dass sich die Messwerte gleichen, weil die Daten in der vorliegenden Studie etwas höher ausfallen, weil die Bewegungen des Oberkörpers auch mitgerechnet werden. Wird dieser mögliche Messfehler der hiesigen Studie abgezogen, wären die durchschnittlichen Beschleunigungswerte in der ähnlich wie bei Kempfer (2008). Beide Studien bestätigen dadurch die Tendenz in Richtung höherer Beschleunigung.

Ein Grund, wieso die heutigen Beschleunigungswerte gegenüber 1987 viel höher sind, könnte darin bestehen, dass sich das Spiel Badminton durch die Veränderung des Zählsystems 2006 und die technologische Verbesserung der Rackets entwickelt hat, was zur Folge hat, dass die Spieler auf dem Feld schneller laufen und somit schneller beschleunigen müssen.

5.1.5 Hypothese B1

Hypothese B1 stellt die Vermutung auf, dass der Sieger eines Spiels eine tiefere durchschnittliche relative Herzfrequenz als der Verlierer aufweist. Diese Annahme wird dadurch begründet, dass der Sieger vermutlich physisch besser in Form ist und dadurch die Belastung des Spiels auf ihn eine geringere Wirkung hat.

In der Tabelle 15 ist das Resultat aus der Analyse durch einen gepaarten T-Test ersichtlich. Die Aussage, dass die relative Herzfrequenz beim Sieger des Spiels tiefer ist als beim Verlierer, wird hiermit widerlegt. Erstens, weil der Wert Null innerhalb des Konfidenzintervalls liegt, was bedeutet, dass sich die Werte von Siegern und Verlierern überschneiden. Wenn die relative Herzfrequenz der Verlierer höher wäre, müsste die untere und die obere Grenze des Konfidenzintervalls unter Null liegen. Zweitens ist die zweiseitige Signifikanz 0.284, also klar über dem Grenzwert von 0.05. Da dieser Test aber nur einseitig ausgerichtet sein soll, muss die Signifikanz durch zwei geteilt werden. $0.284 /$

$2 = 0.142$. Die Signifikanz ist immer noch klar über 0.05. Die relative Herzfrequenz der Spieler lässt somit keine Aussage über den Ausgang des Spiels zu.

5.1.6 Hypothese B2

In Hypothese B2 wird angenommen, dass der Sieger eines Spiels während der Ballwechsel eine längere Distanz abläuft als der Verlierer. Der Grund für diese Annahme liegt darin, dass der Sieger derjenige Spieler ist, der mehr arbeitet um das Spiel gewinnen zu können. Die Arbeit wird hier gleichgesetzt mit der abgelaufenen Distanz.

Die Auswertung der Resultate in Tabelle 6 zeigt, dass die abgelaufene Distanz zwischen Sieger und Verlierer mit einem Wert von 0.811 bei einer hohen Signifikanz korreliert.

Das heisst, dass die während einem Satz zurückgelegte Distanz beim Sieger und beim Verlierer ähnlich ist. Wenn der Sieger weiter läuft, läuft auch der Verlierer weiter, wie es auch die Abbildung 9 verdeutlicht.

Dies lässt die Vermutung aufkommen, dass es nicht das Spielniveau ist, welches einen Einfluss auf die zurückgelegte Distanz hat, sondern die Spielzeit. Um dies zu überprüfen wird hier noch die Korrelation zwischen Satzdauer und Laufdistanz graphisch dargestellt (siehe Abb. 10). Dazu wurde die durchschnittliche Laufdistanz des Siegers und des Verlierers mit der Dauer des entsprechenden Satzes verglichen.

Die Abbildung 10 zeigt deutlich, wie stark die Laufdistanz und die Spieldauer voneinander abhängen. Bestätigt wird diese Aussage auch durch den hohen Korrelationswert (Pearson) von 0.922 bei einer hohen Signifikanz.

Beim Vergleich der Distanz zwischen Siegern und Verlierern anhand eines gepaarten T-Tests resultiert ein 95% Konfidenzintervall zwischen -33.16 und 30.02 mit einer einseitigen Signifikanz von 0.46 ($p > 0.05$). Beide Werte zeigen deutlich, dass keine Aussage darüber gemacht werden kann, ob der Gewinner oder der Verlierer eine weitere Distanz läuft.

Es wurde somit gezeigt, dass die Hypothese B2 im Sinne von einer höheren Laufdistanz des Siegers widerlegt wird. Es ist nicht das Spielniveau, das einen Einfluss auf die Laufdistanz hat, sondern die Dauer des Spiels.

5.1.7 Hypothese B3

Diese Hypothese stellt die Behauptung auf, dass der Sieger eines Spiels eine höhere durchschnittliche Laufgeschwindigkeit hat als der Verlierer. Der Grund dafür liegt in der

Annahme, dass ein schnellerer Spieler fähig ist, die Bälle früher anzunehmen und somit das Spieldiktat an sich zu reißen.

Die Analyse (in Abbildung 11 dargestellt) zeigt, dass diese Hypothese widerlegt wird, was in der folgenden Grafik deutlich zu erkennen ist und sich auch in den Korrelationswerten von Pearson mit -0.192 ($p > 0.05$) bestätigt. Auch die Resultate des T-Tests widerlegen die Hypothese: Das 95% Konfidenzintervall liegt zwischen -0.114 und 0.074 , wobei mit einem Wert von 0.33 keine Signifikanz besteht. Die Höhe der Laufgeschwindigkeit des Siegers und des Verlierers während einem Satz lässt deshalb keinen Rückschluss auf den Ausgang des Satzes zu.

5.1.8 Hypothese B4

In dieser Hypothese wird vermutet, dass der Sieger eines Spiels eine höhere durchschnittliche Beschleunigung aufweist als der Verlierer. Aus demselben Grund wie bei der Hypothese B3, wird angenommen, dass der Spieler, der schneller beschleunigen kann, auch bessere Positionen zum Shuttle erlangen kann und sich ihm so taktisch mehr Möglichkeiten bieten.

Da die vorhergehende Hypothese zur Geschwindigkeit widerlegt wurde, ist auch hier zu erwarten, dass sich die Hypothese zur Beschleunigung nicht bestätigt, insofern die Geschwindigkeit und die Beschleunigung stark zusammenhängen.

Die Verteilung der Werte in der Analyse wird in der Abbildung 14 zusammengefasst.

Der Pearsons Korrelationswert beträgt 0.45 , die Signifikanz 0.093 . Beim gepaarten T-Test wird eine einseitige Signifikanz von 0.34 berechnet, zudem liegt der Wert Null innerhalb des 95% Konfidenzintervalls, die Werte überlagern sich also. Wenn die Hypothese zutreffen sollte, müsste das Konfidenzintervall über Null liegen. Es wird somit gezeigt, dass die Beschleunigungswerte von Siegern und Verlierern keine Aussage über den Ausgang des Spiels zulassen und die Hypothese somit widerlegt wird.

5.2 Schlussfolgerung und weiterführende Fragestellungen

Ogris (Ogris 2012) hat gezeigt, dass das LPM die Positionsdaten zuverlässig ermittelt, bei hohen Geschwindigkeiten und schnellen Richtungswechsel hohe Beschleunigungswerte nicht mehr so genau aufgezeichnet werden. Da im Badminton wegen den kurzen Laufdistanzen generell nicht sehr hohe Geschwindigkeiten erreicht werden und bei den schnellen Richtungswechseln fällt dieser Punkt nicht so sehr ins Gewicht. Der zweite Fall kann schon eher zutreffen: geringere Genauigkeit der hohen Beschleunigungswerte bei schnellen Richtungswechseln. Wie stark die Abweichung hier ist, müsste noch genau untersucht werden.

Schwierig für eine Studie wie die vorliegende ist es, eine echte Wettkampfsituation zu kreieren. Trainingsspiele können zwar sehr wohl verlässliche Daten liefern, an eine reele Wettkampfsituation kommen sie aber nicht an. Der Versuch, Wettkampfspiele (Interclubbegegnungen) nach Magglingen zu bringen scheiterte an der Logistik und an der für eine Masterarbeit vorhandenen Zeit (die Organisation hätte schon früh vor Beginn der Saison anlaufen müssen).

Es wurde gezeigt, dass sich die relative Herzfrequenz von Schweizer Spitzenspielern leicht unter derjenigen von internationalen Spitzenspielern liegt (vgl. Cabello 2003). Es kann aber durch die unterschiedliche Untersuchungsgrundlage (echtes Wettkampfspiel bei Cabello (2003)) davon ausgegangen werden dass sich die Herzfrequenz Schweizer Spitzenspieler nicht von derjenigen internationaler Spieler unterscheidet. Um diese Hypothese noch stärker zu stützen und eine genauere Aussage zu machen, müsste allerdings eine Untersuchung mit einem integrierten Ausbelastungstest durchgeführt werden um die genaue maximale Herzfrequenz der Spieler zu bestimmen. Es kann zwar davon ausgegangen werden, dass die maximale Herzfrequenz während einem Badmintonspiel sehr nahe an die individuelle maximale Herzfrequenz herankommt, da die Analyse der relativen Herzfrequenz in dieser Untersuchung sehr nahe an den Werten aus Studien war, die die HFmax mittels Ausbelastungstest ermittelt haben. Hieraus ergibt sich eine Frage, die in einer weiteren Studie überprüft werden könnte: Bis zu welchem Grad wird die individuelle maximale Herzfrequenz von den Spielern während einem Badmintonspiel erreicht?

Es wurde weiter herausgefunden, dass die aktuellen Schweizer Spitzenspieler eine weitere Distanz zurücklegen als ein internationaler Spitzenspieler im Jahr 1987. Die Frage ist hier berechtigt, ob dieses Resultat auch relevant ist. Der Unterschied ist zwar signifikant, aber nur gering. Die lange Zeitspanne, die zwischen den zwei Untersuchungen liegt (26 Jahre) lässt die Vermutung zu, dass der Badminton sport tendenziell athletischer wird.

Um genauere Werte als Stütze für diese Hypothese zu erhalten, müssten bei der Untersuchung unbedingt auch die Nettospielzeit berechnet und mit der Nettodistanz verglichen werden.

Die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit heutiger Spieler ist höher als im Jahr 1987. Diese Aussage muss insofern vorsichtig betrachtet werden, als die Studie von Bochow/Kollath (Bochow/Kollath 1987) nur ein einziges Spiel analysiert hat. Das Endresultat dieses Spiels war 15:2 15:2. Es kann stark davon ausgegangen werden, dass der Sieger des Spiels, dessen Daten aufgezeichnet wurden, nicht an seine Leistungsgrenze gebracht wurde und er deswegen auch nicht seine maximale Laufgeschwindigkeit entfalten musste.

Ähnlich kann das Resultat der Beschleunigungswerte erklärt werden. Wenn der Vergleichsproband aus dem Jahr 1987 in Bezug auf die Laufdistanz und -geschwindigkeit nicht an sein Limit gebracht wurde, müssen dementsprechend auch die Beschleunigungswerte tiefer sein, was der Vergleich mit der vorliegenden Studie auch bezeugt. Es könnte auch sein, dass die unterschiedliche Messtechnik einen Einfluss hat. Bochow/Kollath (1987) haben als Bezugspunkt für die Berechnung der Geschwindigkeit und Beschleunigung den Körperschwerpunkt genommen, in der vorliegenden Untersuchung war es die Halskoordinate. Inwieweit dieser Unterschied Einfluss auf die Messwerte hat, ist schwierig zu sagen und müsste weiter untersucht werden.

Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass heutzutage die Distanz, Geschwindigkeit und Beschleunigung höher sind (wie das auch bei Kempter (Kempter 2008) der Fall war) als in der Studie von 1987. In der Einleitung wurde angenommen, dass die Änderung des Zählsystems von 2006 und die neuen Technologien in der Racketproduktion einen Einfluss auf die Athletik des Spiels hatte. Moderne Rackets sind leichter und stabiler, es können deshalb schnellere und präzisere Schläge gespielt werden. Die Spieler müssen folglich auch athletisch auf diese Veränderung reagieren. Ob das genau ein Grund für die höheren

Geschwindigkeiten und Beschleunigungen auf dem Feld sind, liegt nahe, müsste aber noch bestätigt werden.

Noch schwieriger zu beantworten ist die Annahme, dass die Veränderung des Zählsystems einen Einfluss auf die Athletik des Spiels hatte. Bei der neuen Version, der Rally-Point-Zählweise, treibt jeder Ballwechsel den Spielstand voran. Diese Tatsache erhöht auch die Wichtigkeit eines jeden Ballwechsel gegenüber der alten Zählweise, wo bei eigenem Aufschlag keine Gefahr bestand, dass der Gegner einen Punkt gewinnen kann. Der höhere Wert eines Punkts mag ein Grund dafür sein, dass die Spieler härter darum kämpfen. Aber auch hier müssten im psychologischen Bereich noch genauere Untersuchungen durchgeführt werden, um Klarheit zu erlangen.

Die Herzfrequenz lässt keine Aussage darüber zu, ob ein Spieler als Sieger oder Verlierer aus dem Spiel geht. Zumindest nicht auf die Dauer eines Satzes gesehen, wie dies in dieser Untersuchung durchgeführt wurde. Kempster (Kempster 2008) und Faude (Faude 2007) bestätigen diese Hypothese in Bezug auf die ersten zwei gespielten Sätze (bei Faude waren es zeitlich terminierte Sätze: es wurden je 15 Minuten pro Satz gespielt). Kempster hat in ihrer Studie allerdings bis zu fünf Sätze spielen lassen. Im 3. und 4. Satz zeigten sich Unterschiede zwischen den Siegern und Verlierern. Die physische Beanspruchung war für die Verlierer in dieser Phase höher. Im 5. Satz waren die Werte wieder ausgeglichen (vgl. Kempster 2008). Daraus kann gefolgert werden, dass in den ersten zwei Sätzen die Physis noch nicht spielentscheidend ist. Erst ab einem dritten Satz wird dieser Faktor spielbestimmend. Die Resultate über den 4. und 5. Satz sind auf ein Spiel gesehen nicht relevant, denn ein Badmintonspiel endet spätestens nach dem dritten Satz. Für ein Turnier, wo mehrere Spiele nacheinander gespielt werden müssen, können diese Werte aussagekräftig sein. Solche Turniere gibt es allerdings auf internationalem Niveau kaum.

Während einem Satz laufen beide Spieler mehr oder weniger dieselbe Distanz ab. Es wurde gezeigt, dass nicht der Ausgang des Spiels einen Einfluss auf die Laufdistanz hat, sondern die Dauer des Spiels. Was auch logisch scheint, denn wer länger läuft, kann auch weiter laufen. Diese Erkenntnis bestätigt die gängige Trainerfloskel, die sagt, dass wenn der eigene Spieler viel laufen muss auch der Gegner viel laufen muss.

Andere Studien, die denselben Vergleich gezogen haben, konnten nicht gefunden werden.

Ebensowenig wie bei der Herzfrequenz, lassen die Geschwindigkeit und die Beschleunigung eine Aussage zu, welcher Spieler das Spiel gewinnt. Dies wurde anhand der Hypothese B2 gezeigt. Es müssen als andere Faktoren dazukommen, die Einfluss auf den Ausgang des Spiels nehmen. Diese sind wohl in den Bereichen Technik, Taktik und Psyche (siehe Kap. 2.2.3.) zu suchen. Präzisere Schläge, eine schwer lesbare Schlagtechnik, eine gute Antizipationsfähigkeit, das Gespür für die richtige Strategie, die Fähigkeit, klaren Kopf zu behalten und immer sein bestes Spielniveau abrufen zu können, sind nur eine Auswahl an Faktoren, die genauso Einfluss auf den Ausgang des Spiels nehmen können. Ab einem gewissen Spielniveau, so wie das bei den Probanden der Fall ist, ist es gut denkbar, dass nicht ein Faktor den Ausschlag gibt. Es ist eher anzunehmen, dass das Zusammenspiel mehrerer Faktoren den Ausgang des Spiels bestimmt. Auf einem tieferen Niveau mag es vorkommen, dass ein Spieler beispielsweise konditionell um so viel stärker ist als seine Gegner, dass er alle anderen schlägt, obwohl diese technisch besser wären. Durch das homogene Niveau der Probanden in dieser Untersuchung sind diese Unterschiede vermutlich kleiner, so dass nicht ein einzelner Faktor den Ausschlag über Sieg oder Niederlage gibt. Es kann ebenfalls vermutet werden, dass bezüglich Herzfrequenz, Geschwindigkeit und Beschleunigung grosse Unterschiede zu erwarten sind, wenn Spieler unterschiedlichen Niveaus oder Junioren mit Aktiven verglichen werden. Es wäre interessant, in einer weiteren Studie Spieler unterschiedlichen Niveaus miteinander zu vergleichen oder auch Indikatoren für die Technik, Taktik und Psyche zu finden und zu untersuchen.

Um bei den konditionellen Indikatoren der Schnelligkeit und Beschleunigungsfähigkeit zu bleiben, wäre es interessant herauszufinden, wieviel ihrer individuellen maximalen Geschwindigkeit und maximalen Beschleunigung die Spieler während einem Spiel umsetzen. Dazu müsste zur Messung auf dem Spielfeld zusätzlich eine Messung ein Schnelligkeits- und Beschleunigungstest durchgeführt werden.

Gleichzeitig wäre es interessant herauszufinden, wie die Belastung der verschiedenen Beschleunigungen von den Spielern subjektiv empfunden wird. Dieses Wissen könnte dem Trainer helfen, die Intensität des Trainings besser zu planen und zu steuern.

Wichtig bei der Analyse der Resultate in dieser Untersuchung ist zu beachten, dass jeweils nur ein Satz gespielt wurde. Die Resultate können in einem zweiten oder dritten Satz durch

die Ermüdung der Muskulatur anders aussehen. Weiter muss beachtet werden, dass die Grundlage zur Berechnung der relativen Herzfrequenz in dieser Arbeit nicht optimal sind. An Stelle der in einem Ausbelastungstest ermittelten maximalen Herzfrequenz wurde die maximale Herzfrequenz aus den im Spiel ermittelten Werten gezogen. Obwohl diese im Badminton nahe an die reale maximale Herzfrequenz kommen mag, liegt sie vermutlich doch ein wenig darunter.

Dass die Spieler während dem Spiel eine relative Herzfrequenz von fast 90% aufweisen, deutet darauf, dass Badminton eine Sportart ist, die eine hohe physische Belastung an den Spieler darstellt. Zudem wird diese Belastung von durchschnittlich 157 bpm (siehe Tab. 13) fast während einem Viertel der Spielzeit aufrecht erhalten, und während mehr als die Hälfte der Spielzeit liegt die Herzfrequenz zwischen 160 und 180 bpm (siehe Abb. 16). Laut Hegner entspricht die relative Herzfrequenz von 85 bis 90% einer Geschwindigkeit von 80 bis 93% der Geschwindigkeit an der anaeroben Schwelle (vgl. Hegner 2008, S. 204). Badmintonspieler bewegen sich während dem Spiel also sehr nahe an ihrer anaeroben Schwelle. Diese Tatsache sollte in der Trainingsplanung berücksichtigt werden. Eine gute aerobe Kapazität und gleichzeitig eine gute anaerob alaktazide Leistungsfähigkeit sind für einen Badmintonspieler von grosser Wichtigkeit (vgl. Cabello 2003), und müssen dementsprechend trainiert werden.

Bei der Planung eines Trainings sollte ein Trainer auch folgende Punkte berücksichtigen: Badminton ist eine Sportart, die hauptsächlich aus Hold and Go-Bewegungen besteht. Der Spieler muss sein Körpergewicht dauernd beschleunigen und wieder abbremsen, da das Einzelfeld, in dem sich der Spieler bewegt, mit einer Länge von 6.70 m, einer Breite von 5.18 m und einer Diagonale von rund 8.50 m relativ klein ist. Eine konstante Geschwindigkeit wird selten länger als eine Sekunde lang aufrecht erhalten. Deswegen ist es für den Spieler wichtig in kurzer Zeit und über eine kurze Distanz in seinen Bewegungen eine hohe Beschleunigung zu erreichen, wenn er eine gute Position zum Shuttle erhalten will.

Wie in der Abbildung 13 ersichtlich ist, erreichen über die Hälfte aller Beschleunigungen einen Wert von 2 bis 7.5 m/s². Höhere Beschleunigungen als 7.5 m/s² kommen nur wenig vor. Werte von 0 bis 2 m/s² zeichnen etwa einen Drittel aller Bewegungen aus.

6 Literaturangabe

- Ogris, Georg (2012). *Accuracy of the LPM tracking system considering dynamic position changes*. Journal of Sports Sciences 30(14): 1503-1511.
- Frencken, W.G.P. et al. (2010). *Soccer-specific accuracy and validity of the local position measurement (LPM) system*. Journal of Science and Medicine in Sport 13: 641-645.
- McArdle, B./Katch, F./Katch, V (2010). *Exercise Physiology. Nutrition, Energy, and Human Performance*. 7. Edition. Baltimore, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Cheong, Hwa Ooi et al. (2009). *Physiological characteristics of elite and sub-elite badminton players*. Journal of Sports Sciences. 27(14): 1591-1599.
- Bundesamt für Sport BASPO (Hg.) (2009). *Kernlehrmittel Jugend + Sport*.
- Gosh, Asok Kumar (2008). *Heart Rate and Blood Lactate Responses during Execution of Some Specific Strokes in Badminton Drills*. International Journal of Applied Sport Sciences 20(2): 27-36.
- Hegner, Jost (2008). *Training fundiert erklärt. Handbuch der Trainingslehre*. 3. Auflage. Herzogenbuchsee: Ingold Verlag.
- Kempter, Susanne (2008). *Körperliches Beanspruchungsprofil im modernen Badminton unter ausgewählten energetischen und biomechanischen Aspekten*. Dissertation an der Technischen Universität München.
- Faude, Oliver et al. (2007). *Physiological characteristics of badminton match play*. European Journal of Applied Physiology 100: 479-485.
- Wilmore, J. H., Costill D. L. (2006). *Physiologie du sport et de l'exercice. Adaptations physiologiques à l'exercice physique*. 3^e édition. Brüssel: De Boeck.

- Cabello Manrique, D./Gonzalez-Badillo, J.J. (2003). *Analysis of the characteristics of competitive badminton*. British Journal of Sports Medicine 37: 62-66.
- Omosegard, Bo (1996). *Physical Training for Badminton*. Viborg: Nordisk Bogproduktion.
- Bochow, Wolfgang/Kollath, Erich (1986). *Kinematische Wettkampfanalyse im Badminton*. Leistungssport 3: 21-26.
- Docherty, D. (1982). *A comparison of heart rate responses in racquet games*. British Journal of Sports Medicine 16(2): 96-100.

7 Anhang

7.1 Formular Spielerangaben

Spielerangaben

Name/Vorname:

Geburtsdatum:

Rankingposition:

Klassierung

Mit seiner Unterschrift bestätigt der Teilnehmer, dass er freiwillig an der Untersuchung teilnimmt und über den Testablauf informiert wurde. Er weiss zudem, dass er die Untersuchung jederzeit abbrechen darf.

Maglingen, den

2013. Unterschrift:

7.2 Daten

Herzfrequenzwerte (bpm)

| Proband | HFavg | HFmax (im Spiel) | HFrel (im Spiel) |
|---------|-------|---------------------|---------------------|
| 1 | 147 | 181 | 0.81 |
| 2 | 147 | 177 | 0.83 |
| 3 | 152 | 178 | 0.85 |
| 4 | 161 | 185 | 0.87 |
| 5 | 177 | 196 | 0.90 |
| 6 | 165 | 184 | 0.90 |
| 7 | 165 | 181 | 0.91 |
| 8 | 157 | 174 | 0.90 |
| 9 | 157 | 179 | 0.88 |
| 10 | 141 | 154 | 0.92 |

Vergleich der Herzfrequenzen (bpm) zwischen Siegern und Verlierern

| Spiel | HFmax | Hfmax | HFavg | HFavg | HFrel | HFrel |
|-------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| | Sieger | Verlierer | Sieger | Verlierer | Sieger | Verlierer |
| 1 | 178 | 181 | 150 | 141 | 0.84 | 0.78 |
| 2 | 196 | 185 | 175 | 162 | 0.89 | 0.88 |
| 3 | 177 | 184 | 153 | 170 | 0.86 | 0.92 |
| 4 | 196 | 181 | 177 | 153 | 0.90 | 0.85 |
| 5 | 185 | 177 | 151 | 143 | 0.82 | 0.81 |
| 6 | 196 | 184 | 183 | 163 | 0.93 | 0.89 |
| 7 | 178 | 185 | 155 | 169 | 0.87 | 0.91 |
| 8 | 196 | 177 | 171 | 145 | 0.87 | 0.82 |
| 9 | 178 | 184 | 152 | 158 | 0.85 | 0.86 |
| 10 | 174 | 181 | 157 | 166 | 0.90 | 0.92 |
| 11 | 179 | 154 | 157 | 129 | 0.88 | 0.84 |
| 12 | 154 | 181 | 141 | 163 | 0.92 | 0.90 |

Drei Spiele konnten wegen ungenügender Datenübertragung nicht berücksichtigt werden.

Vergleich der Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte zwischen Siegern und Verlierern (m/s bzw m/s²)

| Spiel | Distanz | | durchschn. Speed | | durchschn. Accel | |
|-------|---------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|
| | Sieger | Verlierer | Sieger | Verlierer | Sieger | Verlierer |
| 1 | 364.42 | 377.95 | 2.30 | 2.40 | 4.00 | 3.80 |
| 2 | 407.57 | 441.93 | 2.50 | 2.50 | 4.30 | 4.70 |
| 3 | 410.37 | 322.82 | 2.30 | 2.40 | 4.60 | 4.70 |
| 4 | 325.49 | 322.49 | 2.60 | 2.30 | 4.70 | 4.00 |
| 5 | 376.26 | 451.94 | 2.30 | 2.40 | 4.80 | 4.70 |

| | | | | | | |
|----|--------|--------|------|------|------|------|
| 6 | 235.72 | 263.43 | 2.40 | 2.40 | 4.40 | 4.60 |
| 7 | 388.21 | 338.17 | 2.40 | 2.50 | 4.60 | 4.70 |
| 8 | 267.75 | 385.78 | 2.40 | 2.30 | 4.30 | 4.30 |
| 9 | 224.5 | 252.31 | 2.30 | 2.50 | 4.70 | 4.40 |
| 10 | 466.5 | 478.4 | 2.40 | 2.60 | 4.80 | 5.40 |
| 11 | 581 | 499.1 | 2.70 | 2.40 | 5.50 | 5.00 |
| 12 | 295.4 | 241 | 2.30 | 2.50 | 4.50 | 5.30 |
| 13 | 339.3 | 298.1 | 2.50 | 2.30 | 4.70 | 4.40 |
| 14 | 337.6 | 374 | 2.40 | 2.50 | 4.80 | 4.70 |
| 15 | 486.9 | 483.1 | 2.50 | 2.60 | 4.70 | 5.40 |

8 Danksagung

Bedanken möchte ich mich herzlich bei meinem Korreferenten Martin Rumo, bei Thomas Richard und Fabian Lüthi für die nützlichen Tipps und bei Audrey für ihre Geduld.

9 Persönliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Veröffentlichungen oder aus anderweitig fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift

10 Urheberrechtserklärung

Der Unterzeichnende anerkennt, dass die vorliegende Arbeit ein Bestandteil der Ausbildung, Einheit Bewegungs- und Sportwissenschaften, der Universität Freiburg ist. Er überträgt deshalb sämtliche Urhebernutzungsrechte (dies beinhaltet insbesondere das Recht zur Veröffentlichung oder zu anderer kommerzieller oder unentgeltlicher Nutzung) an die Universität Freiburg.

Die Universität darf dieses Recht nur im Einverständnis des Unterzeichnenden auf Dritte übertragen.

Finanzielle Ansprüche des Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.

Ort, Datum

Unterschrift