

Vergleich von LPM und Videotracking Positionsdaten zur Entwicklung geeigneter Messmethode für die Leistungsdiagnostik im Badminton

Name des Autors: Laura Zwysig

Name des Referenten und des Korreferenten: Urs Mäder und Martin Rumo

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

September, 2013

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Zusammenfassung	5
1 Einleitung	6
1.1 Einführung in das Thema	6
1.2 Stand der Forschung	8
1.2.1 Körperliche Beanspruchung während eines Badmintonspiels.....	9
1.2.2 Messmethoden in der Leistungsdiagnostik.....	13
1.3 Bedeutung und Stellenwert des Themas	15
1.4 Ziel und Fragestellung	15
2 Methoden	17
2.1 Messinstrumente	17
2.1.1 Local Position Measurement	17
2.1.2 Untersuchungsgang.....	17
2.1.3 Videotracking	21
2.2 Protokoll	22
2.3 Probanden	23
2.4 Datenaufbereitung	24
2.4.1 Video.....	24
2.4.2 LPM	27
2.4.3 Synchronisation der LPM und Video Daten	27
2.5 Statistische Auswertung	27
3 Resultate	28
3.1 Datenvergleich von Video und LPM der Schulter.....	28
3.2 Unterscheidung der Positionsdaten (Video) von Schulter und Hüfte	29
4 Diskussion	32
5 Schlussfolgerung	35
6 Literatur	36
7 Anhang	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: LPM- Weste mit Transponder.....	17
Abbildung 2: Basisstationen in der Sporttotohalle in Magglingen.....	18
Abbildung 3: Verlauf des Datenverkehrs.....	19
Abbildung 4: Kamera welche an der Sporthallendecke angebracht waren.....	21
Abbildung 5: Dreifach- Sporthalle in Magglingen.....	22
Abbildung 6: Kamera 1 Probanden bereits markiert.....	24
Abbildung 7: Kamera 2 Probanden bereits markiert.....	25
Abbildung 8: Kamera 3 Probanden bereits markiert.....	25
Abbildung 9: Kamera 4 Probanden bereits markiert.....	25
Abbildung 10: Linie im 2D Raum.....	26
Abbildung 11: Häufigkeiten der Unterscheidung von LPM und Videopositionsdaten.....	28
Abbildung 12: Häufigkeiten der Unterscheidung von Schulter und Hüfte in Meter.....	29
Abbildung 13: Unterscheidung von Hüfte zu Schulter anhand von Video Positionsdaten.....	30
Abbildung 14: Distanz der Hüfte und der Schulter im 3D Raum vs. 2D Projektion.....	31
Abbildung 15: Position der Hüfte mit Ausrichtung der Wirbelsäule.....	31

Zusammenfassung

Das sportliche Leistungsniveau hat in den vergangenen Jahren in der Rückschlagsportart Badminton zugenommen. Forschung und Produktion von Schläger, Schuhe und Shuttles tragen zur Veränderung bei. Auch die neue Zählweise die 2006 eingeführt wurde, hat Einfluss auf das Spiel. Konsequenz der Anpassungen und Entwicklung ist, dass das Anforderungsprofil der Sportart sich laufend verändert. Ziel dieser Arbeit ist es, eine Messmethode für die Leistungsdiagnostik im Badminton zu entwickeln. Dabei werden zwei Positionsmessungssysteme verglichen. Local Position Measurement (LPM) ist ein Beobachtungssystem zur lokalen zweidimensionalen Standortmessung basierend auf Laufzeitmessungen von Mikrowellen. Videotracking (VT) ist ein Messsystem, welches auf dem Modell der Epipolargeometrie aufbaut. Es stellt die geometrische Beziehung zwischen verschiedenen Kamerabildern des gleichen Objekts dar. So ist es möglich gemeinsame Bildpunkte zu definieren. In dieser Arbeit soll geklärt werden, ob VT genau so exakt misst, wie das LPM und ob sich darüber hinaus zusätzliche relevante Informationen für die Sportart Badminton generieren lässt. Elf Badmintonspieler, ausgerüstet mit LPM- Transponder, spielten insgesamt 15 Einzelspiele auf 21 Punkte. Jedes Spiel wurde protokolliert und von vier Kameras aufgenommen. Die Verteilung der Abstände zwischen den Positionsdaten der Schulter von VT und LPM betrug 0.02 m bis 0.70 m. Der Mittelwert betrug 0.25 m ($SD = \pm 0.15$). Den Resultaten zufolge unterscheiden sich die Positionsdaten der Schulter von LPM und VT mehr als 0.05 m. Somit sind die auf Video basierenden Positionsdaten nicht valide. Es sollte geklärt werden, ob sich die Position der Schulter und Hüfte gleich oder mehr als 20 cm unterscheiden. Die Resultate zeigten, dass sich die Daten signifikant unterscheiden. Doch wurden diese Messungen videobasierend berechnet. Nach den Ergebnissen zu Folge sind diese Daten nicht valide. Das VT wäre interessant, da mehr als ein Messpunkt aufgenommen werden kann, doch im Moment ist das System nicht präzise genug. Ein weiterer Schritt um die Messmethodik zu optimieren, könnte eine bessere Bildauflösung sein.

LPM ist ein bestehendes Beobachtungssystem, welches momentan präzisere Daten im Freien generiert und noch keine Vorrichtungen zur Datenerfassung auf Hüfthöhe mit sich bringt. Zum jetzigen Zeitpunkt und im heutigen Entwicklungsstand ist die Installation von Magglings mit LPM und VT für die Leistungsdiagnostik im Badminton nicht geeignet.

1 Einleitung

1.1 Einführung in das Thema

Badminton zählt zu den populärsten Sportarten der Welt (Kempter, 2008) und wird von über 14 Millionen Spielern in mehr als 160 Nationen wettkampfmässig betrieben (Brahms, 2009). Seit den olympischen Spielen 1992 in Barcelona, hat das Leistungsniveau durch die gestiegene Popularität stark zugenommen (Kempter, 2008). So wurde beispielsweise 1986 bei den internationalen Deutschen Meisterschaften mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von einem Schlag pro Sekunde gespielt (Kollath & Bochow, 1987). Bei der Russian Open 1995 betrug die durchschnittliche Schlagfrequenz bereits 1.21 Schläge pro Sekunde (Zhabankov, 1997).

Die Sport- und Trainingswissenschaft als auch die industrielle Forschung der Produktion von Schläger, Shuttles und Schuhe eröffneten in den vergangenen Jahren ganz neue Dimensionen für die Sportart (Brahms, 2009). Badminton kann als eine der Sportarten angesehen werden, die höchste Ansprüche an den Athleten stellt (Knupp, 1989). Um auf hohem Niveau erfolgreich zu sein, werden ihm gute physische und psychische Fähigkeiten abverlangt.

Um die Leistungsfähigkeit eines Sportlers zu erhöhen, braucht es eine optimale Trainingsplanung (Brahms, 2009). Die Grundlage hierfür bildet ein genaues Anforderungsprofil, welches die gewünschten Fähigkeiten gezielt fördert. Um diese Fähigkeiten zu definieren, muss das Badmintonspiel zunächst analysiert und charakterisiert werden. Siggemann (2011) stilisiert die Grundbewegungen beim Badminton folgendermassen:

„...die vorherrschenden Bewegungen sind schnelle Antritte und Stopps, tiefe Ausfallschritte, viele Sprünge, sowie häufige Richtungswechsel und Drehbewegungen.“¹

¹ Siggemann, J. (2011). Das Anforderungsprofil der Rückschlagsportart Badminton: Ein Konzept zur Schulung taktischer Grundlagen im Badmintonsport, München: Grin Verlag, S. 4

Über die Zeit hat sich diese Charakterisierung kaum geändert. Lediglich die Frequenz und die Intensität der Antritte, Sprünge, Ausfallschritte und Richtungswechsel haben sich in den vergangenen Jahren verändert. Dies hängt vor allem mit dem steigenden Leistungsniveau und der Zunahme der Popularität zusammen, welche die physiologischen und kinematischen Leistungsanforderungen stetig ansteigen lassen (Brahms, 2009).

1.2 Stand der Forschung

Die erste Publikation einer wissenschaftlichen Arbeit im Badminton erschien 1946 (Phillips, 1946). Bis zum Jahre 1975 wurden vereinzelte Studien durchgeführt. Diese Forschungsarbeiten haben zum besseren Verständnis der Beanspruchung des Organismus und der Leistungsvoraussetzungen beigetragen (Kempter, 2008).

Ab dem Jahre 1976 (Kempter, 2008) hat das Interesse für die Forschung im Badminton stark zugenommen. So wurde im Jahre 2000 alleine 31 wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Badminton publiziert. Die spezifischen wissenschaftlichen Untersuchungen in den Bereichen Sportphysiologie, Sporternährung, Sportpsychologie, Biomechanik und Sportmedizin haben in den folgenden Jahren stetig zugenommen. Trotzdem gibt es noch relativ wenige Studien im Vergleich zu anderen Rückschlagsportarten.

Im Unterkapitel 1.2.1. werden Studien besprochen, welche die Beanspruchung des Körpers während eines Badmintonspiels genauer beschreiben. In einem weiteren Schritt wird der Charakter des Spiels in Bezug auf Spiel- und Ballwechseldauer, Schläge pro Ballwechsel und das Verhältnis zwischen Belastung und Pause, wie auch die Laufdistanz und -geschwindigkeit beschrieben.

1.2.1 Körperliche Beanspruchung während eines Badmintonspiels

Die meisten Studien des Badmintonspiels betreffen die Physiologie (Cheongetal, 2009; Ghosh, 2008; Faude et al., 2007; Cabello & Gonzalez-Badillo, 2003; Docherty, 1982). Die erforschten physiologischen Parameter sind: Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und der Laktatgehalt im Blut. Die Parameter wurden in simulierten Badmintonspielen (Faude et al., 2007), Badmintonübungen mit und ohne Shuttle (Ghosh, 2008) und in offiziellen Wettkampfspielen (Cabello & Gonzalez-Badillo, 2003) analysiert.

Die Untersuchung von Faccini et al. (1996) zeigt im Spiel eine durchschnittliche Herzfrequenz (HF) von 160.9 ± 10.1 Schläge/Minute (bpm) und eine maximale Herzfrequenz (HFmax) von 188 ± 8.6 bpm pro Spiel. Kempter (2008) ermittelte eine durchschnittliche HF von 170 ± 8 bpm und eine HFmax von 185.5 ± 9 bpm pro Spiel. Docherty (1982) spricht in seiner Arbeit von einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 85-90% der HFmax. Die hohe durchschnittliche Intensität eines Badmintonspiels zeigt die Wichtigkeit der anaeroben alaktazid und aerobe Energiebereitstellung. Eine gut entwickelte aerobe Ausdauer scheint wichtig zu sein für eine schnelle Erholung zwischen den Ballwechseln.

Badmintonspieler haben eine gute aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit (Kempter, 2008). Dies ermittelt Kempter (2008) in leistungsdiagnostischen Tests. Faccini et al. (1996) bestimmt im Spiel eine durchschnittliche Sauerstoffaufnahme von 60 % der maximalen Sauerstoffaufnahme. Es traten Belastungsspitzen auf, bei denen die Spieler bis zu 87% ihrer maximalen Sauerstoffaufnahmen erreichten. In einer weiteren Studie (Faude et al., 2007) haben bei 4 internationalen Spielern eine durchschnittliche Sauerstoffaufnahme von 46 ± 4.5 ml/kg/min gemessen. Dies entspricht 74 % ihrer maximalen Sauerstoffaufnahme.

Während einer intensiven Ausdauerbelastung nimmt der Körper über die Atmung Sauerstoff auf. Falls dieser Sauerstoff nicht ganz ausreicht, um den im Muskel benötigte Energiebedarf zur Muskelkonzentration zu decken, entsteht das Stoffwechselprodukt Laktat. Laktatwerte werden in der Wissenschaft mit Millimol pro Liter (mmol/l) gemessen. Je höher der Wert im Blut, desto höher war die Belastung.

Bei australischen Spitzenspieler im Einzel wurde in der Studie von Carlson et al. (1985) eine durchschnittliche maximale Laktatkonzentration von 4.6 mmol/l beschrieben. Weiteren Forschungsarbeiten (Capello & Gonzalez-Badillo 2003; Majunmdar et al. 1997; Weiler et al. 1997) war ein Laktatgehalt zwischen 3.8 und 4.7 mmol/l während eines wettkampfmässigen Badmintonspiels gemessen worden. Weitere Forschungsarbeiten (Capello et al., 2004) zeichneten ein Laktatgehalt bei männlichen Topspieler von 3.9 und 9.3 mmol/l auf.

Mehrere Studien (Faude et al., 2007; Cabello & Gonzalez-Badillo, 2003; Docherty, 1982) untersuchten den zeitlichen Charakter in einem Elite–Herren Einzelspiel. Cabello & Gonzalez – Badillio (2003) fanden heraus, dass ein Wettkampfspiel im Durschnitt 28.0 ± 5.2 Minuten (ohne Pause) dauert und dabei durchschnittlich 12 Schläge pro Ballwechsel gespielt werden. Das Verhältnis zwischen Pause und Belastung (Zeit pro Ballwechsel 6.4 ± 1.3 Sekunden und Pause zwischen den Ballwechsel 12.9 ± 2.7 Sekunden) beträgt 1:2. Dabei fanden sie einen positiven Zusammenhang zwischen der Dauer der Ballwechsel und der darauf folgenden Pause, was auf ein gutes Zeitmanagement der Spieler schliessen lässt. Dies bedeutet, dass die Spieler doppelt so lange pausieren, wie der Ballwechsel angedauert hat.

In der Studie von Brodie (1979) legten internationale Spieler in einem Ballwechsel durchschnittlich 12 m zurück, wobei die Lauflängen der Ballwechsel von 1 bis 45 m variierten. Dabei wurden keine Angaben über die Methodik der Datenerhebung gemacht. Eine kinematische Analyse eines Weltklasespielers haben Bochow und Kollath (1987) durchgeführt. Sie verwendeten dazu Videoaufnahmen eines Badmintonspiels und projizierten die horizontalen Verschiebungen der Spieler mit Hilfe eines Computerprogramms auf ein Spielfeld. So wurden die Laufdistanzen und Geschwindigkeiten berechnet. Daraus erfolgte eine mittlere Laufgeschwindigkeit von 2 m/s und eine maximale Laufgeschwindigkeit von 4 m/s. Dies bedeutet, dass die

durchschnittliche Laufgeschwindigkeit 7.2 (km/h) und die maximale 14.4 (km/h) betrug. Zudem beliefen sich die maximalen Beschleunigungswerte auf 3 m/s² (positiv) und 3.2 m/s² (negativ). Was bedeutet, dass die Beschleunigung 10.8 (km/h) betrug und die Abbremsung des Körpers 11.52 (km/h). Diese Zahlen weisen auf einen erhöhten Tempowechsel während des Spiels hin. Sie errechneten zudem die Laufstrecke von durchschnittlich 1.9 m pro Schlag und 14.7 m pro Ballwechsel (Bochow & Kollath, 1987).

Die Geschwindigkeitsverläufe auf dem Spielfeld wurden in wenigen Studien zweidimensional ausgewertet (Kollath & Maier, 1997; Kollath, 1996; Kollath & Bochow, 1987). Dabei wurde die Hoch- und Tiefbelastung am Netz und beim Sprung im Hinterfeld nicht berücksichtigt. Die Studien sind eher exemplarisch und erheben nicht den Anspruch, allgemeingültig zu sein.

Fazit aus den oben beschriebenen Studien ist, dass die körperliche Beanspruchung während eines Badmintonspiels hoch ist und der Spielverlauf von kurzen und intensiven Aktivitäten geprägt ist, welche das Badmintonspiel schnell machen.

Am 1. Januar 2006 hat die internationale Badminton Federation (IBF) das neue „Rally Point Scoring System“ eingeführt. Dieses System wurde entwickelt, um die Spieldauer zu kürzen, um somit die Ballwechsel spannender zu gestalten. Dabei sollen auch mehr Sponsoren den Sport unterstützen und die Medienpräsenz erhöht werden. Vergleicht man die Regelungen im Jahr 2006 (nach dem neuen Zählsystem 3x 21 Punkte) mit denen im Jahr 2005 (3 x 15 Punkte) stellt man fest, dass Spieldauer, Ballwechsel, Belastung und Pause mit dem neuen System kürzer werden. Die Studie von Hsin- Lian & Trevor (2008) gibt über diese Annahme Aufschluss, denn sie vergleicht das alte und neue Zählsystem mit Bezug auf den zeitlichen Spielcharakter. Dabei nahmen 15 taiwanesischen Spitzenspieler an der Studie teil. Daraus resultierte, dass die neue Zählweise einen signifikanten Einfluss auf die gesamte Spieldauer, Belastungsdauer und die Anzahl Schläge pro Ballwechsel hat. Das Spiel ist mit der neuen Zählweise kürzer, aggressiver, schneller und intensiver, was eine Anpassung des Trainingsplans indizieren sollte.

Durch diese Studie wurde offensichtlich, dass sich die Sportart weiterentwickelt hat. Die körperliche Beanspruchung während eines Badmintonspiels und auch der Spielcharakter veränderten sich durch verschiedene Faktoren, wie beispielsweise die Anpassungen des Zählsystems, stabilere Schuhe und leichtere Schläger. Man kann davon ausgehen, dass sich die physiologischen und kinematischen Leistungsparameter stetig verändern. Um erfolgreich zu sein, muss sich der leistungsorientierte Badmintonspieler diesen Veränderungen und Entwicklung anpassen. Das professionelle Badminton ist abhängig von einem validen Anforderungsprofil, um die Trainingsplanung möglichst dem gegenwärtigen Spiel anpassen zu können. Dabei erfordert es geeignete und genaue Messmethoden, um Badminton realitätsnah analysieren zu können, brauchen braucht es geeignete und exakte Messmethoden.

1.2.2 Messmethoden in der Leistungsdiagnostik

Um die Leistung eines Spielers zu erfassen, verwendet man im Badminton oft Videoaufnahmen, die direkt nach dem Wettkampf oder Training analysiert werden. Dieses Verfahren erwies sich als sehr zuverlässig und wirksam für Trainer und Spieler (Pearce, 2002; Hong & Tong, 2000; Blomqvist et al. 1998 Liddle et al. 1996; Hughes et al. 1989). Die Videoanalyse unterstützt das Verständnis und fördert spezifische Fähigkeiten, welche die Trainingsplanung unterstützt (Faude et al., 2007; Pearce, 2002; Blomqvist et al., 1998; Liddle et al., 1996; Hughes et al., 1989).

Um physische Aktivitäten und taktisches Verhalten einzelner Athleten objektiv erfassen zu können, werden in der Leistungsdiagnostik immer mehr, Trackingtechnologien verwendet (Leser, 2011). Die Mehrzahl dieser Datenerfassungssysteme basieren auf Videoaufnahmen (Frencken et al. 2010).

Das Beobachtungssystem Local Position Measurement (ABATEC Electronic AG, Österreich) ist ein Positionsmessungssystem, welches Bewegungen von Personen bis zu 1000 Mal pro Sekunde messen kann. Bis heute wurde das Messsystem vor allem in Sportarten wie Fussball, Eishockey und Eisschnelllauf verwendet.

In der Studie von Frencken et al. (2010) wurde das Local Position Measurement (LPM) im Kontext Fussball auf Genauigkeit und Gültigkeit von Distanz und Geschwindigkeit geprüft. Diese Arbeit zeigte, dass das LPM ein brauchbares Instrument ist, um Positionsaufnahmen der Athleten zu ermitteln.

Mit LPM berechnet nicht nur die Position eines Athleten. Auch die maximale und durchschnittliche Herzfrequenz in Echtzeit kann mit Hilfe des Systems erfasst werden. Nebst den physiologischen Parametern werden zum Beispiel auch Geschwindigkeit, Beschleunigung, maximale Geschwindigkeit, Anzahl Beschleunigungen und Laufwege aufgezeichnet. Diese Parameter geben einem die Möglichkeit das Spiel besser zu verstehen und zu beschreiben. LPM verfügt über keine Messpunktoptionen. Das System ist durch ihre Antennen auf der Schulter auf einen Messpunkt eingeschränkt.

Das Videotracking (VT) hat in diesem Kontext einen Vorteil, da mehrere Messpunkte definiert werden können. Falls das VT optimiert werden sollte, wäre es denkbar, Badminton spezifische Bewegungen wie zum Beispiel Sprünge im Hinterfeld, Ausfallschritte am Netz und Aufschlagsituationen zu codieren. Somit könnte man bei der Analyse nicht nur die Distanz benennen sondern auch die Anzahl Ausfallschritte oder Sprünge und auf diese Weise das Spiel charakterisieren. Mit dem VT könnte beispielsweise die Hüfte als Messpunkt definiert werden. Dieser wird in den meisten Studien (Kempster, 2008) als Körperschwerpunkt bestimmt wird, da sie einen stabilen Belastungsmesspunkt darstellt. Dies ist wesentlich für die Bestimmung der objektiven Belastung.

1.3 Bedeutung und Stellenwert des Themas

Die Sportwissenschaft hat den Auftrag, den Sport in seiner Vielfalt und Breite zu beschreiben, zu analysieren, zu erklären und Folgerungen für eine verbesserte Praxis abzuleiten. Für die Leistungsdiagnostik im Badminton könnte man durch eine geeignete Messmethode wertvolle objektive Informationen und realitätsnahe Informationen und Erkenntnisse über die genaue körperliche Beanspruchung, den Spielcharakter und das taktische Verhalten des Spielers in Erfahrung bringen.

1.4 Ziel und Fragestellung

Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, herauszufinden, welche Messmethode, LPM oder VT, für die Leistungsdiagnostik in der Sportart Badminton, geeigneter ist. In einem ersten Schritt soll geklärt werden, ob das VT genauso präzise misst, wie das LPM. Dabei werden die Positionsdaten der Schulter von beiden Messsystemen verglichen. Vorausgesetzt, das VT misst genau, können in einem weiteren Schritt die Positionsdaten der Hüfte ermittelt und schliesslich die Positionsdaten (Videoaufnahmen) von Schulter und Hüfte verglichen werden. Dabei soll geklärt werden in welcher Form sie sich unterscheiden. Durch das VT könnten mehr relevante Informationen für die Leistungsdiagnostik generiert werden, wenn zwischen Hüfte und Schulter Abweichungen gemessen werden, die ausserhalb des anzunehmenden Messfehlers liegen. Ansonsten könnten die Unterschiede rein zufällig sein. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist somit zu klären, ob der Messpunkt der Hüfte zusätzliche Informationen für das Badminton generieren kann.

Daraus ergeben sich folgende übergeordnete Fragestellungen:

- Liefert das VT valide Positionsdaten der Schulter?
- Kann mit VT zusätzliche und relevante Information für die Leistungsdiagnostik gewonnen werden?

Die konkreten Fragestellungen lauten daher:

- 1) Unterscheiden sich die Positionsdaten der Schulter von LPM von denjenigen des VT ?
- 2) Unterscheiden sich die Positionsdaten des VT's zwischen Schulter und Hüfte?

Hypothesen:

H₁₁) Die Positionsdaten von Video und LPM unterscheiden sich nicht mehr als fünf Zentimeter.

H₀₁) Die Positionsdaten von Video und LPM unterscheiden sich mehr als fünf Zentimeter.

H₁₂) Die Differenz der Positionsdaten von Schulter und Hüfte (Video) ist grösser als 20 Zentimeter.

H₀₂) Die Differenz der Positionsdaten von Schulter und Hüfte (Video) ist 20 Zentimeter.

2 Methoden

2.1 Messinstrumente

In den folgenden Unterkapiteln werden die zwei Messmethoden genauer erklärt und definiert.

2.1.1 Local Position Measurement

LPM dient zur objektiven Analyse von Mannschafts- und Einzelsportarten (Frencken et al., 2010). Die Position von einer oder mehreren Personen werden bis zu 1000 Mal pro Sekunde gemessen und grafisch in Form eines Punktes auf einem Bildschirm dargestellt. LPM ist ein Beobachtungssystem zur lokalen, zweidimensionalen Standortmessung, basierend auf Laufzeitmessungen von Mikrowellen. Das Beobachtungssystem wurde von ABATEC Electronic AG in Österreich entwickelt.

2.1.2 Untersuchungsgang

Während der Messung trug der Athlet eine Weste (Abbildung 1), die mit einem Transponder (Sender) ausgestattet war. Dabei messen die beiden Antennen auf Höhe der Schulter. Die Schultermitte wurde dann als Messposition definiert.



Abbildung 1: LPM- Weste mit Transponder

Da sich die Antenne der Transponder auf Schulterhöhe befand, empfing man Positionsdaten der Schulter. Jeder Transponder einer Testperson wurde individuell angesprochen und antwortete mit einem bestimmten Signal. Um diese Signale empfangen zu können, wurden für diese Arbeit 12 Basisstationen (Abbildung 2) verwendet, welche um das Spielfeld stationiert waren.

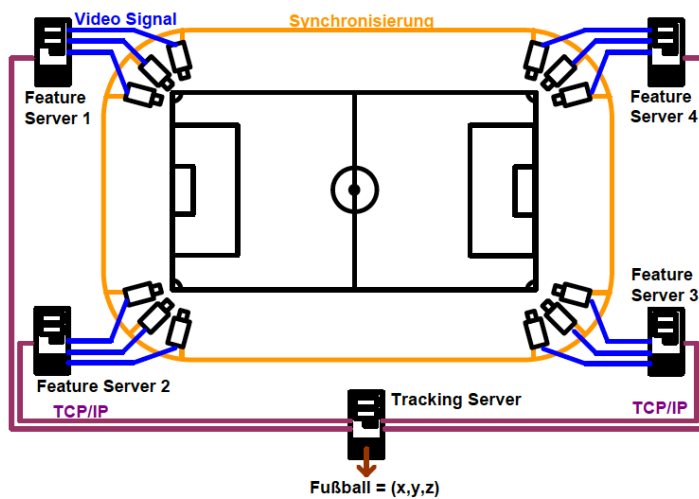


Abbildung 2: Basisstationen in der Sporttothalle in Magglingen

Die Daten werden vom Transponder (Abbildung 3) zu den Basisstationen gesendet und von da zum Server weitergeleitet. Die Informationen wurden im Server weiter verarbeitet und die Positionen berechnet, welche an den Kunden weiter geleitet wurden. Wissenschaftler sprechen bei diesem Prozess auch vom „Time of Flight“ Prinzip. Die Transponder senden durch Mikrowellen Signale an die Basisstationen. Diese werden weiter geleitet und der Server berechnet jene Zeit, die das Signal für das Durchlaufen der Messstrecke benötigt. In der Forschung wird dieser Prozess auch als Laufzeitmessung beschrieben.

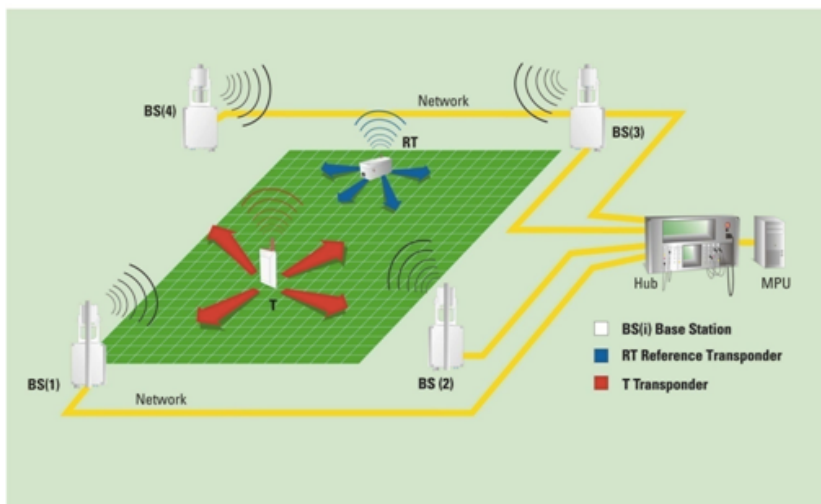


Abbildung 3: Verlauf des Datentransports.

Das LPM wurde bisher vor allem in Sportarten wie Fussball, Eishockey und Skating verwendet. In der Studie von Frencken et al. (2010) wurde das LPM im Fussball spezifischen Kontext auf Genauigkeit und Validität von Distanz und Geschwindigkeit getestet. An der Studie nahmen drei Probanden teil, welche vier fussballspezifische Laufwege absolvierten. Jeder Laufweg musste zehnmal wiederholt werden. Die Distanz und Geschwindigkeit wurden mit LPM aufgezeichnet und mit der tatsächliche Distanz und Geschwindigkeit, welche anhand eines Massbands und eines Zeitgitters gemessen wurden, verglichen. Der durchschnittliche Positionsmessfehler der Transponder betrug bei drei Messungen 2 ± 1 cm, 2 ± 1 cm und 3 ± 1 cm. Daraus wurde geschlossen, dass das LPM sehr genaue (mittlerer Fehler ± 1 cm) Positionsdaten im Freiem in statischen und dynamischen Bedingungen messen kann.

Mit LPM können auch in der Halle Daten erfasst werden. Doch ist die Qualität der Datenerhebung durch Reflektionen besonders von Wänden aus Beton oder Fenster beeinflusst. Das System reagiert auf die Reflektionen (Störungen) und könnte dadurch falsche Daten erfassen. Es bestehen jedoch keine Studien, welche diese Annahme bestätigen.

Zum jetzigen Zeitpunkt sind nach Wissen der Autorin keine wissenschaftlichen Arbeiten mit Hilfe des LPM- Systems im Badminton durchgeführt worden.

2.1.3 Videotracking

Videoaufnahmen dienen in Mannschaft- und Einzelsportarten zur Bewegungs- und Taktikanalyse. Dabei werden sie als zeitnahe Rückmeldung genutzt.

VT ist ein Messsystem, welches auf dem Modell der Epipolargeometrie basiert. Es stellt die geometrische Beziehung zwischen verschiedenen Kamerabildern des gleichen Objekts dar. So ist es möglich gemeinsame Bildpunkte zu definieren.

In dieser Arbeit, wurde das LPM mit einem zeitsynchronisierten Videosystem (Firma DS Imaging Development Systems GmbH, Deutschland) gekoppelt, welches zeitgleich während der Spiele Videoaufzeichnungen generierte.

Die Kameras (Abbildung 4). waren an vier verschiedenen Positionen an der Sporthallendecke fixiert. Bei den verwendeten Kameras handelte es sich um den Typ UEye 2,95mm 1:2.0 1/18“ IR CUT MP (Ab. 4) der Firma DS Imaging Development Systems GmbH, Deutschland. Die Kameras befanden sich ca. 25 - 35 m (je nach Position) in einer Höhe von 12 m vom Spielfeld entfernt.



Abbildung 4: Kamera welche an der Sporthallendecke angebracht waren

2.2 Protokoll

Ein Ziel dieser Arbeit ist es, Positionskordinaten zu erfassen, in welchen sich der Spieler in Badminton typischen Bewegungen befindet. Darunter sind zum Beispiel Ausfallschritte am Netz oder Sprünge im Hinterfeld gemeint. Die Datenerhebung für die vorliegende Arbeit fand in einer Dreifach- Turnhalle (Abbildung 4) in Magglingen statt. Die Halle ist hoch und mit einem Parkettboden ausgestattet. Sie entspricht vollumfänglich den Normen, um Wettkämpfe im Badminton durchführen zu können.



Abbildung 5: Dreifach- Sporthalle in Magglingen

Die Datenerhebung fand an zwei verschiedenen Testtagen statt. Insgesamt wurden 15 Einzelspiele auf 21 Punkte gespielt. Vor der Datenerhebung wurden alle Probanden über die Messinstrumente und den Untersuchungsverlauf informiert. Vor dem Aufwärmen (selbständiges Einspielen) wurden die Probanden mit einem Herzfrequenzgurt (Polar Electro, Kempele, Finnland) und einer LPM- Weste ausgestattet. Danach wurden die Personalien (siehe Vorlage im Anhang) und die jeweiligen Transpondernummern notiert. Für die Datenerhebung benötigte es zwei Personen. Person Eins kontrollierte auf dem Spielfeld, ob die Messinstrumente richtig angebracht sind und teilte den Spielern mit, wer als nächstes spielen wird. Person Zwei notierte bei jedem Spiel die Anfangs- und Schlusszeit sowie das Endresultat, so wurde die Datenverarbeitung vom LPM vereinfacht. Für das VT wurde während den Spielen von den vier Kameras alle zehn Sekunden ein Foto gemacht, um die Videopositionsdaten in einem späteren Zeitpunkt generieren zu können. Die Probanden trugen eine schwarze Hose und ein rotes T- Shirt, um einen

starken Kontrast zwischen Ober- und Unterkörper sicherzustellen. Dies ermöglichte im Videosystem eine genaue Kennzeichnung und Trennung von Hüfte und Schulter. Ein Spieldurchlauf dauerte ca. 30 Minuten. Die Abfolgen der Spiele waren randomisiert.

2.3 Probanden

Für die Testspiele wurden elf Badmintonspieler (eine Frau und zehn Männer, der Schweizerrangliste zwischen Platz 1 und 25) rekrutiert. Das Trainingspensum der Probanden (Alter: 28 ± 5.4 Jahre; Grösse: 184.1 ± 9.7 cm; Gewicht: 78.9 ± 6.5 kg) beträgt im Minimum zwölf Stunden pro Woche. Alle Testpersonen haben nationale und internationale Einzelwettkampferfahrung.

2.4 Datenaufbereitung

2.4.1 Video

Für VT wurden alle Fotos aus den 15 Spielen gesammelt. Jedes Bild war mit einer Zahl gekennzeichnet. Die Nummer definierte den Fotozeitpunkt und die Kamera. Somit liess sich jedes Bild zu einer der vier Kameras zuordnen. Es wurden nur diese Fotos weiter aufbereitet, welche Badminton- spezifische Spielpositionen darstellten. Die Bilder wurden stichprobenmässig ausgewählt und anhand der Zahlen zu einem Kollektiv zusammengeführt. Diese Bilderkollektive, bestehend aus vier Bildern (Abbildungen 6 - 9) werden in dieser Arbeit als Frame bezeichnet. Die Frames wurden in einem nächsten Schritt stichprobenartig in ein Analysesystem (Position Analyser, v.0.3.2, Software Competence Center, Hagenberg (SCCH), Deutschland)², importiert und manuell bearbeitet. Bei jedem der vier Bilder wurde die Mitte von Hüfte und Schultern auf einen Pixel genau markiert. So wurden die Positionskoordinaten der Schulter und Hüfte mittels einer Software (software competence center, Hagenberg, Deutschland) berechnet.

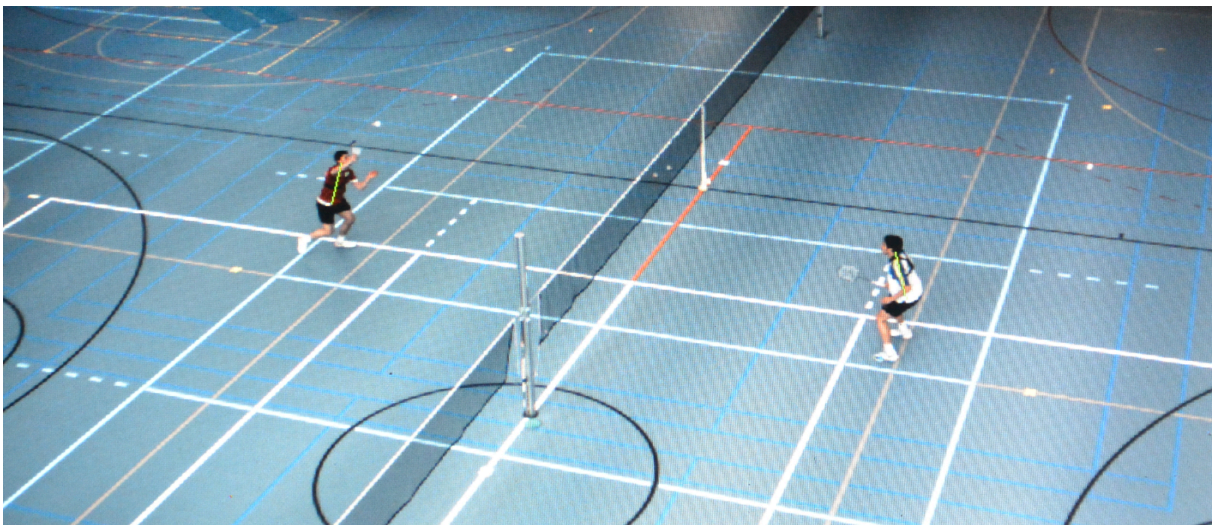


Abbildung 6: Kamera 1 Probanden bereits markiert

² Diese Software wurde zum Eigengebrauch entwickelt und ist somit keine kommerzielle Software.

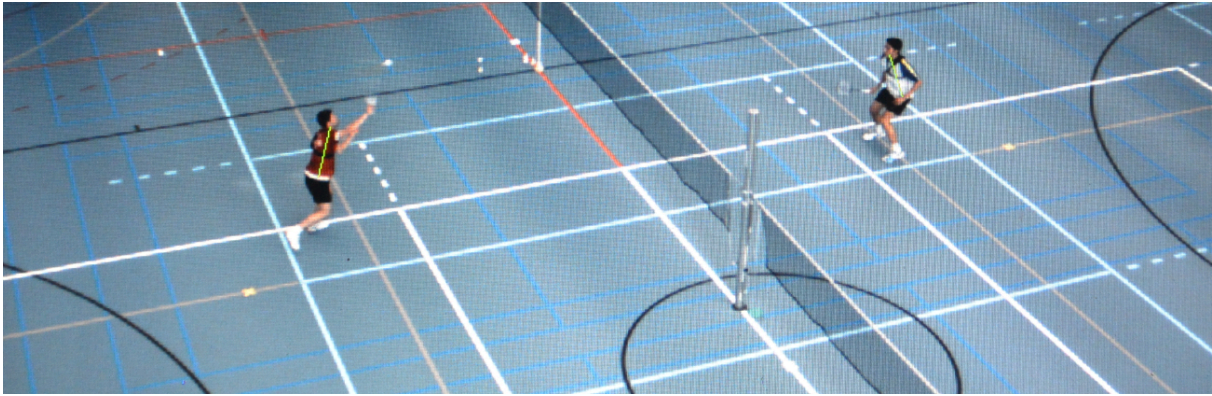


Abbildung 7: Kamera 2 Probanden bereits markiert.

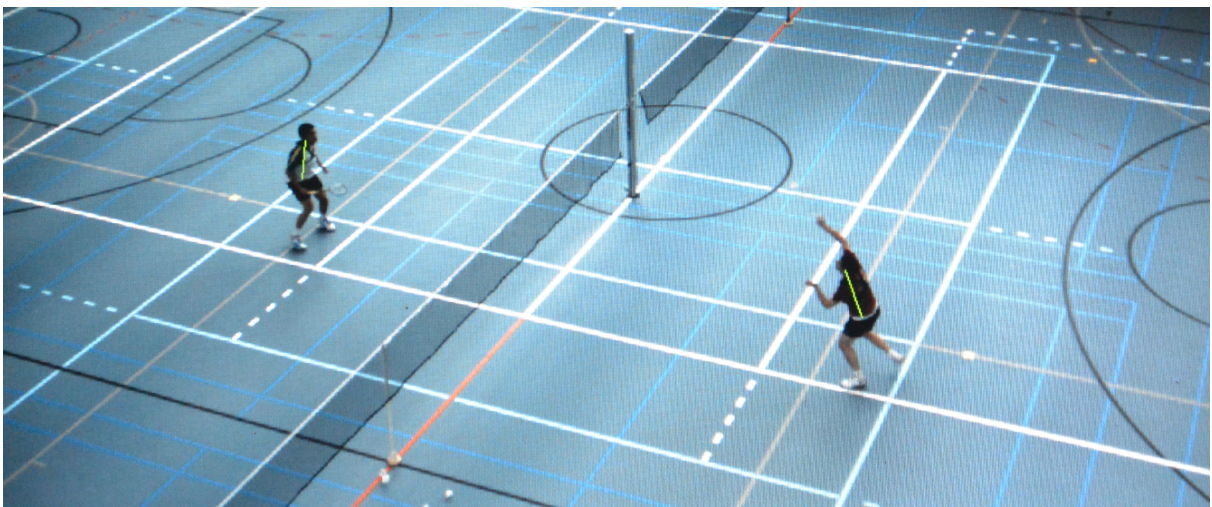


Abbildung 8: Kamera 3 Probanden bereits markiert

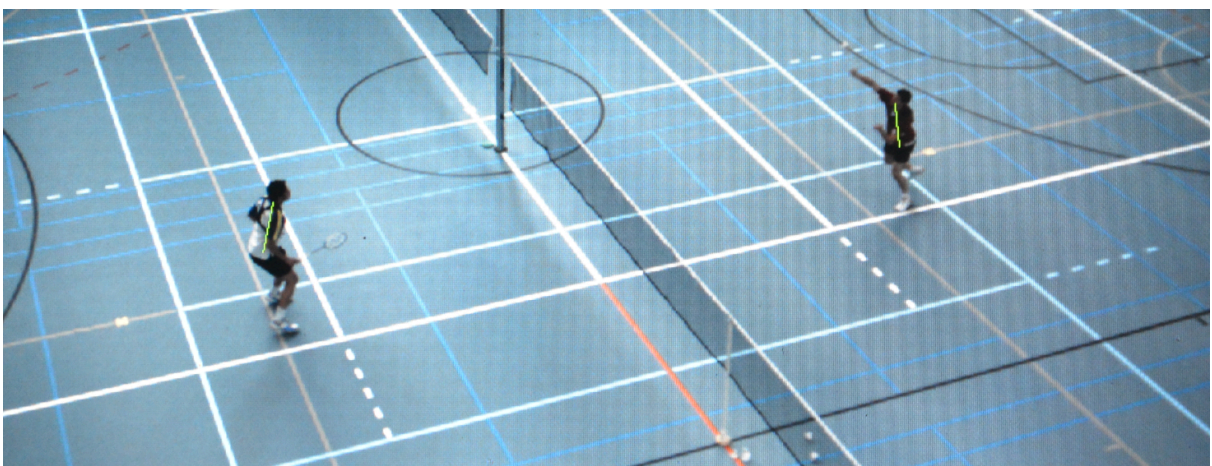


Abbildung 9: Kamera 4 Probanden bereits markiert

Es wurde die zweidimensionale Position des Objektes bestimmt. Das heisst, die Position (markierter Punkt, Hüfte und Schulter) im Bild wurde in einen 2D Raum projiziert und mit den vier anderen projizierten Bildern verglichen. Eine Markierung im Bild entsprach einer Linie im 2D- Raum (Abbildung 9). Dort wo sich zwei Linien kreuzten, war die Position des Objektes. Die Position des Objektes wurde auf den

Boden projiziert. So wurde definiert, ob sich die Testperson in einer aufrechten oder eher waagrechten Position während des Schlags befand.



Abbildung 10: Linie im 2D Raum

Die Bildauflösung ergab maximal 1280 x 1024 Pixel. Die Framerate betrug 32 fps. Für die vorliegende Arbeit wurden gesamthaft 476 Frames bearbeitet. Die Software berechnete für jedes Frame eine x, y und z Koordinate von Schulter und Hüfte. Die Framenummer und die dazu gehörenden Positionskoordinaten wurden in eine Excel- Tabelle (Microsoft, Version 2012) aufgeführt.

2.4.2 LPM

Die LPM Datensätze wurden mit der InMotio- Software (InMotioTec, Regau, Österreich) in ein Excel (Microsoft, Version 2012) Dokument exportiert, um die Daten weiter aufzubereiten. Für die Auswertung und Synchronisation der Daten waren x und y Koordinaten und Framenummer relevant. Jedes Frame entsprach einem Zeitpunkt (Timestamp). In einer Excel – Tabelle wurden die Frames und die entsprechenden Positionsdaten aufgelistet.

2.4.3 Synchronisation der LPM und Video Daten

Vor der Datenanalyse wurden die LPM- und Videokoordinaten synchronisiert. In einem ersten Schritt wurden die Excel – Tabellen beider Messsystemen zusammengeführt. Anhand der Framenummern konnten alle Koordinaten einem Zeitpunkt zugeteilt werden. Danach wurde die Differenz zwischen der x und y Koordinate berechnet und aufgelistet.

2.5 Statistische Auswertung

Der Datensatz wurde quantitativ und mit dem Statistikprogramm (The R Foundation for Statistical Computing, Neuseeland, Auckland) R (Version 3.0.1) ausgewertet. Anhand der Differenz aus x und y Koordinate wurde der Mittelwert, Medianwert und die Standardabweichung berechnet. Für die Gegenüberstellung der Messsysteme wurde ein Einstichproben T- Test durchgeführt. Ein Konfidenz Niveau von 95% wurde vorausgesetzt, um statistische Signifikanz zu repräsentieren ($p < 0.05$).

3 Resultate

3.1 Datenvergleich von Video und LPM der Schulter

Die Häufigkeitsverteilung der Differenzen zwischen den x und y Koordinaten beider Messsysteme sind auf Abbildung 11 dargestellt. Es wurden 198 Frames bearbeitet. Die Verteilung der Abstände betrug 0.02 m bis 0.70 m. Der berechnete Mittelwert betrug 0.25 m (SD = ± 0.15) und der Medianwert 0.22 m. Anhand der Differenz aus x und y Koordinaten beider Messsysteme wurde ein Einstichproben

T- Test ausgeführt, um zu testen ob die Differenz zwischen den beiden Systemen kleiner ist als 0.05 m. Aus der Abbildung 11 ist ersichtlich, dass die Differenz im Durchschnitt mehr als 0.24 m betrug.

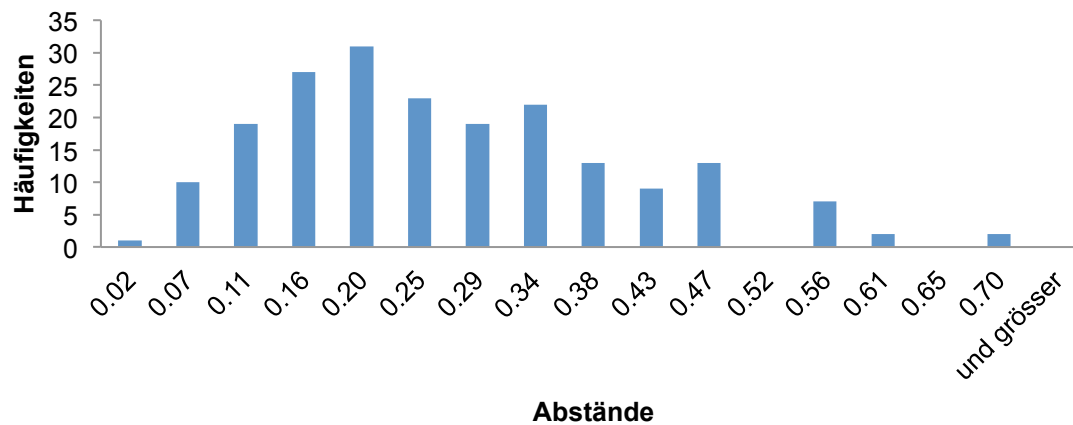


Abbildung 11: Häufigkeiten der Unterscheidung von LPM und Videopositionsdaten.

3.2 Unterscheidung der Positionsdaten (Video) von Schulter und Hüfte

Um die zweite Fragestellung beantworten zu können wurden 278 Frames verwendet. In Abbildung 12 werden die Häufigkeitsverteilungen anhand eines Histogramms dargestellt.

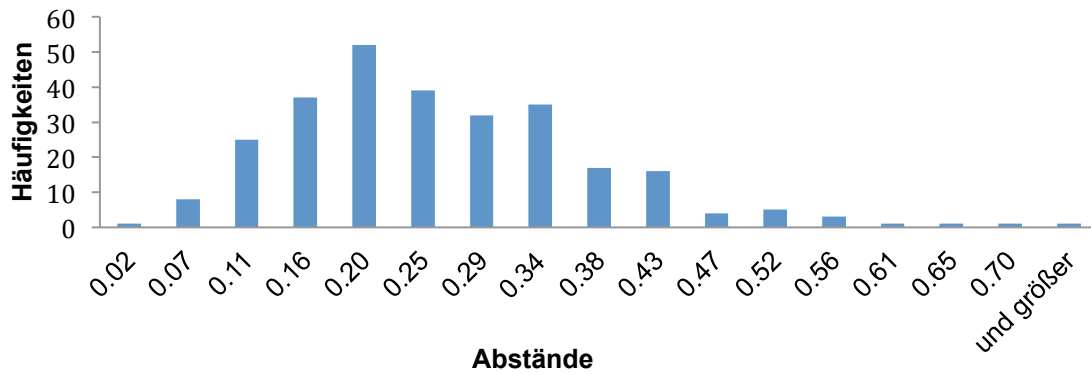


Abbildung 12: Häufigkeiten der Unterscheidung von Schulter und Hüfte in Meter.

Die Verteilung der Häufigkeiten der Abstände war von 0.02 m bis 0.74 m. Der berechnete Mittelwert betrug 0.24 m ($SD = \pm 0.12$) und der Medianwert 0.22 m. Ein Einstichproben T- Test wurde ausgeführt, um die Positionskoordinaten der Schulter und Hüfte zu vergleichen. Es resultierte ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Punkten; $t(276) = 5.21$, $p = 0.001$, 95% CI (0.26).

In Abbildung 13 zeigen die blauen Kreuze die Position der Schulter. Die roten Kreuze stellen die Hüfte dar. Dabei wurden nur die Positionen dargestellt, welche in der x- Achse negativ waren.

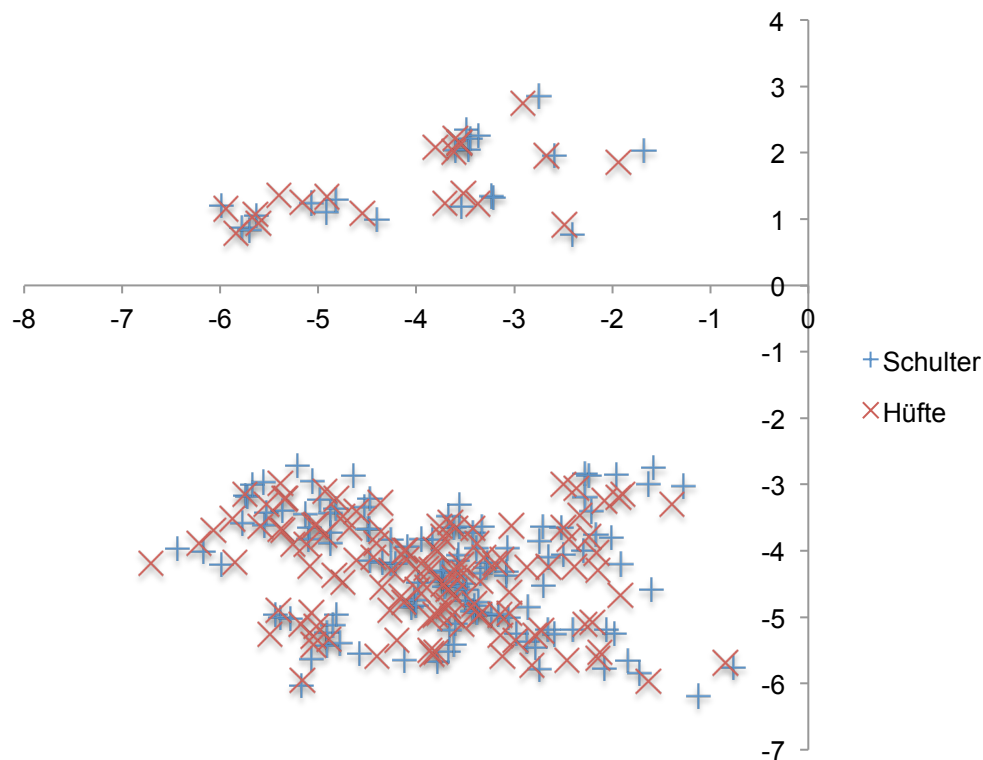


Abbildung 13: Unterscheidung von Hüfte zu Schulter anhand von Video Positionsdaten.

Die Abbildung 14 zeigt die Distanz der Hüfte und der Schulter im 3 dimensionalen Raum vs. die Distanz bei der 2D Projektion. Man sieht, dass in 3D die Distanz zwischen Hüfte und Schulter konstant bleibt.

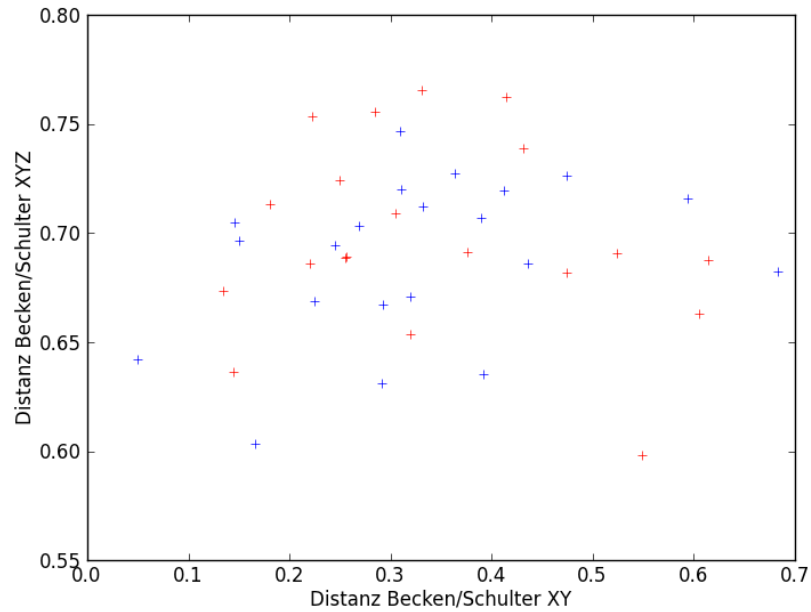


Abbildung 14: Distanz der Hüfte und der Schulter im 3D Raum vs. 2D Projektion

In Abbildung 15 wurde mit blauen Kreuzen die Position der Hüfte dargestellt. Der rote Strich ist die Länge und Ausrichtung der Projektion der Wirbelsäule auf dem Boden.

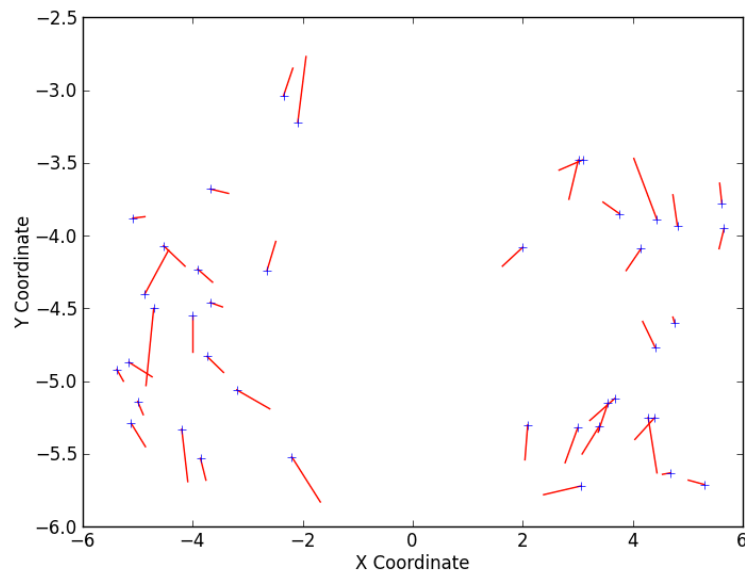


Abbildung 15: Position der Hüfte mit Ausrichtung der Wirbelsäule.

4 Diskussion

Aus den Resultaten wurde ersichtlich, dass sich die Positionskoordinaten der Schulter beider Messmethoden klar unterscheiden. Der Range zwischen 1 cm und 66 cm ist riesig. Somit kann die Nullhypothese nicht verworfen werden, da sich die Positionsdaten mehr als 5 cm unterscheiden. Den Resultaten zufolge berechnet das Video basierende Messsystem nicht die gleichen Daten wie das LPM. Unter den Umständen, dass die Auflösung der Kamera zu tief und die Distanz der Kameras zum Objekt zu gross war, ist zu schliessen, dass die Videokoordinaten nicht valide sind. Daraus kann geschlossen werden, dass unter diesen Bedingungen das VT für solche Sportarten wie Badminton sich nicht eignet.

Durch das VT konnte keine zusätzliche und relevante Information für die Leistungsdiagnostik im Badminton erfasst werden. Eine solch starke Abweichung wurde nicht erwartet. Vielleicht lag es daran, dass die LPM- und Videokoordinaten nicht perfekt synchronisiert werden konnten. Das Problem bestand darin, dass die Timestamps aus den LPM- Daten nicht präzise über die des Videos gelegt werden konnten. Dies hatte eine Verschiebung des genauen Zeitpunkts zur Folge. Um in Zukunft diesen Fehler beheben zu können, müsste man die Synchronisation der beiden Messmethoden überarbeiten, denn das eingesetzte Optimierungsprogramm war vielleicht nicht ausreichend genau.

Ein weiterer Grund für den grossen Unterschied könnte die manuelle Markierung der Schulterposition im Videosystem sein. Die Auflösungen der Bilder waren eher schwach. Eine Person wurde je nach Position mit 100 - 200 Pixel dargestellt. Dadurch war es schwierig, genau die Mitte der Schulter zu definieren. Mit einer höheren Auflösung könnte man diese Fehlerquelle minimieren. Ein weiterer Erklärungsversuch für den massgebenden Unterschied der Messsysteme, könnte die Ungenauigkeit der LPM- Daten in der Halle sein. Den Erfahrungen des Ko-Referenten zufolge, können sich die LPM- Daten in der Halle um ca. 7 cm vom wirklichen Messpunkt unterscheiden. Dies ist eine dritte mögliche Erklärung der starken Abweichung.

Um die Genauigkeit des Videosystems in einer weiteren Arbeit untersuchen zu können, müssten die Kameras in der Sporthalle in Magglingen näher an das Objekt konstruiert werden. Dabei wären die Kameras näher beieinander und die Auflösung der Kamerabilder könnte präzisere Analysen generieren. Um eine genauere Die höhere Auflösung der Bilder hätte aber zur Folge, dass die Serverkapazität der Anlage in Magglingen überfordert wäre.

Das VT ist sehr interessant, da mehrere Messpunkte gleichzeitig aufgenommen werden können. Doch müsste man die Videoanlage in einer weiteren Arbeit näher an den Spielfeldrand konstruieren, um genauere Auflösungen generieren zu können.

Wie schon in Kapitel zwei beschrieben, besteht zum Zeitpunkt dieser Arbeit keine Studie, welche LPM- Daten im Badminton generiert hat. Es gibt mehrere Gründe, warum das Messen mit LPM in der Sportart Badminton sich als schwierig definiert. Die Validität der LPM – Daten beruht in dieser Arbeit auf der Studie von Frencken et al. (2010). Er hat die Validität von LPM- Daten im Fussball spezifischen Kontext im Freien getestet. Die Sportarten unterscheiden sich grundsätzlich in ihrem Charakter und in ihrer Messbarkeit. Man kann davon ausgehen, dass die Schnelligkeit und Beschleunigungsaktivität, welche das Wettkampf-geprägte Badminton charakterisiert, die Präzision der LPM- Daten beeinflusst. Die Bewegungen sind zu schnell und zu kurz, um genau genug gemessen zu werden. Zusätzlich ist die Fehlerquelle in der Halle höher als auf dem Rasenplatz.

Die LPM- Messungen werden von Reflektionen, welche in einer Halle vor allem durch Wände aus Beton und manchmal auch durch Fenster, Licht und Glas vorkommen, verfälscht. Es wäre auf jeden Fall sinnvoll und interessant gewesen, eine zusätzliche Referenzmethode anzuwenden. Im Rahmen dieser Arbeit bestand diese Möglichkeit leider nicht.

Kempter (2008) definierte die Hüfte als Körperschwerpunkt im Badminton, da sie ja einen stabilen Belastungsmesspunkt darstellt. Diese Erkenntnis führte uns zu einer weiteren Fragestellung. Es sollte geklärt werden, ob sich die Position der Schulter und Hüfte gleich oder mehr als 20 cm unterscheiden. Die Resultate zeigten, dass sich die Daten signifikant unterscheiden. Doch wurden diese Messungen videobasierend berechnet. Nach den Ergebnissen zu Folge sind diese Daten nicht

valide. Auf Abbildung 14 ist zu erkennen, dass in 3D die Distanz zwischen Hüfte und Schulter konstant bleibt. In 2D war die Distanz sehr variabel, weil sie von der Ausrichtung des Oberkörpers abhängt. Auch die Abbildung 15 zeigt die zusätzliche Information, welche man durch den zweiten Messpunkt erhält. Diese Resultate würden für zwei Messpunkte und somit für VT sprechen. Diese Erkenntnis könnte richtig sein, doch kann man nicht sagen, wie präzise die Resultate sind. So müsste man auch in dieser Thematik die Referenzmethode überdenken.

Nicht nur die Messposition spricht gegen das LPM, sondern auch die Anzahl Messpunkte. Mit LPM ist es nicht möglich, andere Messpositionen zu definieren, da die Antennen an den Schultern angebracht sind. So ist das System eingeschränkt. In einer weiteren Arbeit wäre es interessant eine geeignete Halterung für die Hüfte zu konstruieren. Somit wäre es möglich LPM Daten auf Hüfthöhe zu erfassen.

Durch eine Optimierung des VT wäre es möglich spezifische Bewegungen, wie zum Beispiel der Ausfallschritt, zu kodieren. Somit könnte man bei der Analyse nicht nur die Distanz benennen, sondern auch die Anzahl Ausfallschritte oder Sprünge.

5 Schlussfolgerung

VT wäre interessant, da mehr als ein Messpunkt gemessen werden kann, doch im Moment ist das System nicht präzise genug. Ein weiterer Schritt, um die Messmethodik zu optimieren, könnte eine bessere Bildauflösung sein. LPM ist ein bestehendes Beobachtungssystem, welches momentan präzisere Daten im Freien generiert und noch keine Vorrichtungen zur Datenerfassung auf Hüfthöhe mit sich bringt. Es ist daher keine geeignete Messmethode für Badminton, da es in seiner Flexibilität noch sehr eingeschränkt ist. Zum jetzigen Zeitpunkt und im heutigen Entwicklungsstand ist die Installation von Magglingen mit LPM und VT für die Leistungsdiagnostik im Badminton nicht geeignet.

6 Literatur

Bücher

Boeckh-Behrens, U. (1983). *Badminton Heute*. Krefeld: Intermedia

Brahms, B.V. (2009). *Handbuch Badminton*. Aachen: Meyer & Meyer

Kempter, S. (2008). *Körperliches Beanspruchungsprofil im modernen Badminton unter ausgewählten energetischen und biomechanischen Aspekten*. Unveröff. Dipl. Arbeit, Technische Universität München.

Knupp, M (1989). *Badminton- Praxis*. Reinbek: Rowohlt

Knupp, M. (1986). *Yonex- Badminton-Jahrbuch*. Düsseldorf: Yonex Sports GmbH

Knupp, M. (1993). *Badminton verständlich gemacht*. München: Copress

Knupp, M. (2001). *Spiel und Übungsformen im Badminton*. Schorndorf: Hofmann

Kollath, E. (1996). *Bewegungsanalysen in den Sportspielen*. Köln

Siggemann, J. (2011). *Das Anforderungsprofil der Rückschlagsportart Badminton: Ein Konzept zur Schulung taktischer Grundlagen im Badmintonsport*. München: Grin Verlag

Zeitschriftenartikel

Blomqvist, M., Luhtanen, P., Laakso, L. (1998). Validation of a notational analysis system in badminton. *J Hum Movement Stud*, 35, 137 - 50.

Brodie, D.A. (1979). *Training requirements for badminton play*. London

Cabello, D.M. & Gonzalez-Badillo, J. J. (2003). Analysis of the characteristics of competitive badminton. *British journal of Sports Medicine*, 37, 62 - 66.

Cabello, D.M., Paulino, P., Lees, A., Rivas, F. (2004). Temporal and Physiological Characteristics of Elite Women's and Men's Singles Badminton: *International Journal of Applied sports sciences* (16), 1 - 12.

Cabello, D.M., Tobar, H., Puga, E., Delgado, M. (1997). Determinacin del metabolismo energetico en badminton. *Archivos de Medicina del Deporte*, 62, 469 - 475.

Carlson, J., Tyrrell, J., Naughton, G., Laussen, S., Portier, B. (1985). Physiological responses during badminton games by elite Australian players. *World Badminton*, 16, 15-16.

Cheong, O.W., Tana, A., Ahmada, A., Weng Kwonga, K., Somponga, R., Aswadi Mohd Ghazalia, K., Lee Liewa, S., Jin Chaib, W. & William Thompsonac, M. (2009). *Physiological characteristics of elite and sub-elite badminton players*. *Journal of Sports Sciences*, 27, 1591 - 1599.

Dick, H.P. (1986). *Grundzüge des Konditionstrainings im Badminton - Einsichten und Empfehlungen*. *Leistungssport*, 16(2), 36 - 42.

Docherty, D. (1982). *A comparison of heart rate responses in racket games*. *British Journal of Sports Medicine*, 16, 96 - 100.

Faccini, P. & Dal Monte, A. (1996). *Physiologic demands of Badminton Match Play*. *The American Journal of Sports Medicine*, 24, 64 - 66.

Faude, O., Meyer, T., Rosenberger, F., Freis, M., Huber, G. & Kindermann, W. (2007). *Physiological characteristics of Badminton match play*: Springer, 479 - 485.

Frencken, W.G.P., Lemmick, K.A.P.M., & Delleman, N.J. (2009). *Soccer-specific accuracy and validity of the local position measurement*. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 641 - 645.

Gosh, A.K. (2008). *Heart rate and blood lactate responses during execution of some specific strokes in badminton drills*. International Journal of Applied Sport Science, 20, 27 - 36.

Gosh, A.K., Mazumdar, P., Goswami, A. (1990). *Heart rate and blood lactate response in competitive badminton*. Annals of Sports Medicine, 5, 85.

Hong, Y., Tong, Y.M. (2000). *The playing pattern of the world's top single badminton players in competition – a notation analysis*. J Hum Movement Stud, 38, 185 - 200.

Hsin-Lian, C., & Trevor, C. (2008). *Temporal structure comparison of the new and conventional scoring systems for men's badminton singles in Taiwan*. J Exerc Sci Fit, 6, 34 - 43.

Hughes, M., Franks, I.M., Nagelkerke, P. (1989). *A video system for quantitative motion analysis of athletes in competitive sport*. J Hum Movement Stud, 17, 212 - 227.

Leser, R., Baca, A., & Ogris, G. (2011). *Local Position Systems in (Game) Sports*. Open Access Sensors, 11, 9778 - 9797.

Liddle, S., Murphy, M., Bleakley, W. (1996). *A comparison of the physiological demands of singles and doubles badminton: a heart rate and time/motion analysis*. J Hum Movement Stud, 30, 159 - 176.

Majumdar, P., Khanna, G., Malik, V., Sachdeva, S., Arif, M., Mandal, M. (1997). *Physiological analysis of quantify training load in badminton*. Br J Sports Med, 31, 342 - 345.

Pearce, A. (2002). *A physiological and notational comparison of the conventional and new scoring systems in badminton*. J Hum Movement Stud, 43, 49 - 67.

Phillips, M. (1946). *Standardization of a badminton knowledge test for college women*. Res Q. Mar; 17, 48 - 63.

Van, K. A. (2002). *Physiological profiles of elite junior badminton players in South Africa*. Lieshout

Weiler, B. Urhausen, A., Coen, B., Weiler, S., Huber, G., Kindermann, W. (1979). *Sportmedizinische Leistungsdiagnostik und Stresshormon- Messungen im Wettkampf bei Badmintonspieler der nationalen und internationalen Spitzenklasse*. Sportorthopädie Sporttraumatologie, 13, 5 - 12.

Internet

Zhabankov, O.V. (1997). *Effectiveness of actions in Badminton – Rate and Accuracy*. Zugriff am 3. Juli 2013 auf <http://www.infosport.ru>

A Review of Performance and Safety Research Relating to Badminton, gültig ab 1.1.2000 (n.d.) Zugriff am 7. Januar 2013 unter http://www.bwfbadminton.org/file_download.aspx?id=40759

Wie funktioniert das Beobachtungssystem. Zugriff am 22. April 2013 unter <http://www.inmotio.eu/DE/27/how-does-it-work?.html>

Anne O`Tate Auflistung von Wissenschaftlichen Arbeiten. Zugriff am 31. August 2013 unter: http://arrowsmith.psych.uic.edu/cgi-bin/arrowsmith_uic/AnneOTate.cgi

Produktbeschreibung. Zugriff am 22. April 2013 unter: <http://de.ids-imaging.com/store/ui-5240cp.html>

Begriffserklärung. Epipolargeometrie. Wikipedia. Zugriff am 10. September 2013 unter: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Epipolargeometrie&printable=yes>

Begriffserklärung. Laufzeitmessung. Wikipedia. Zugriff am 10. September 2013 unter: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Laufzeitmessung&printable=yes>

7 Anhang

Personalien

Masterarbeit

Test

Name: _____	Vorname: _____
Grösse: _____	Gewicht: _____
Geburtsdatum: _____	Geschlecht: <input type="checkbox"/> männlich
Testzeit: _____	Datum: _____
Spielniveau: _____	Traings (pro W.): _____
LPM Nr.: _____	

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

Ort, Datum

Unterschrift

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

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

Finanzielle Ansprüche der Unterzeichnenden entstehen aus diesen Regelungen keine.

Ort, Datum

Unterschrift