



MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Positionsspezifische Aktivitätsprofile im Herren -
Lacrosse. Eine quantitative Untersuchung mittels GPS,
Accelerometer und Herzfrequenzsensor im Rahmen
der Lacrosse WM 2018“

verfasst von / submitted by

Lucas Stocker, Bakk.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Master of Science (MSc.)

Wien, 2019 / Vienna, 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A >066 826<

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinen Betreuern, Mag. Richard Hauer, Bakk. und Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan, sehr herzlich für die fachliche Unterstützung und Begleitung durch den Prozess der Masterarbeit bedanken.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, die mich in all den Jahren des Studiums in meinen Entscheidungen und auf meinem Weg bestärkt haben. Ich danke ihnen vielmals für ihre Geduld und ihr Vertrauen mir gegenüber. Des Weiteren möchte ich mich natürlich bei meiner gesamten Familie sowie allen anderen die den bisherigen Weg mit mir beschritten haben bedanken.

Zusammenfassung

Zweck: An der Universität Wien, Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport – Abteilung Trainingswissenschaft, entwickelte man ein Studiendesign für eine Aktivitätsprofil-Studie im Herren-Lacrosse. Ziel der Masterarbeit war es zuerst ein allgemeines Aktivitätsprofil zu erstellen. Des Weiteren sollten die vorliegenden Daten auf Unterschiede zwischen den Positionen untersucht werden. Im nächsten Schritt richtete sich das Interesse der Studie auf die Differenzen zwischen den vier Vierteln. Abschließend galt es die positionsspezifischen Unterschiede zwischen den Vierteln genauer zu beleuchten.

Methode: 15 Spieler des österreichischen Herren-Lacrosse-Nationalteams trugen über 8 Spiele jeweils ein 10 Hz GPS-Modul und einen Herzfrequenzsensor. Mit Hilfe des „Zephyr™ Performance System“ wurden folgende Parameter aufgezeichnet: Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“. Dies fand im Rahmen der Lacrosse-Weltmeisterschaft 2018 in Israel statt. Die gesammelten Datensätze des Turniers wurden mittels der „OmniSense™ 5.0 Software“ importiert und für die weitere Erhebung bereinigt. Analyse und Auswertung erfolgten über das Statistik-Programm „IBM SPSS Statistics 24“ und das Office-Programm „Excel“.

Ergebnisse: Die Spieler hielten sich am längsten in der „HR-Zone 1 (<75%)“ und am kürzesten in der „HR-Zone 3 (85-89,9%)“ auf. In der „Speed-Zone Gehen“ wurden die meisten und in der „Speed-Zone Stehen“ die wenigsten Meter absolviert. Im Durchschnitt legten die Spieler 4512 Meter pro Spiel zurück. Für die Mittelfeldspieler konnten signifikant größere Strecken für die „Speed-Zone hoch intensiver Lauf“ dokumentiert werden als für die Verteidiger ($p < 0,05$). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Vierteln bezüglich dem Parameter „Herzfrequenzmittelwert“ ($p < 0,001$). Die Verteidiger erreichten die höchsten „Atemfrequenzwerte“ im 1.Viertel ($p < 0,05$). Bei den Mittelfeldspielern konnte ein signifikanter Unterschied zwischen dem 2.- und 3.Viertel, den „Herzfrequenzmittelwert“ betreffend, festgehalten werden ($p < 0,01$). Die Angreifer verbrachten die meiste Zeit in der „HR-Zone 4 ($\geq 90\%$)“ im 2.Viertel ($p < 0,001$).

Fazit: Es konnte anhand der dokumentierten Daten ein allgemeines Aktivitätsprofil erstellt werden. Darüber hinaus ließen sich diverse Differenzen zwischen den Positionen und Vierteln festhalten.

Schlüsselwörter: Lacrosse; männlich; Aktivitätsprofil; GPS; Herzfrequenzsensor; Nationalteam; Weltmeisterschaft 2018

Abstract

Purpose: At the University of Vienna, Center for Sports Science and University Sports - Department of Training Science, a study design for an activity profile study in men's lacrosse was developed. The aim of the Master's thesis was to create a general activity profile. Furthermore, the available data was examined for differences between positions. In the next step, the interest of the study focused on the differences between the four quarters. Finally, the position-specific differences between the quarters were observed.

Methods: 15 players of the Austrian men's lacrosse national team wore a 10 Hz GPS-module and a heart rate sensor for each of the 8 games. The following parameters were recorded using the "Zephyr™ Performance System": heart rate percent, heart rate zones, respiratory rate, Distance over time and Speed over time. This took place as part of the 2018 Lacrosse World Cup in Israel. The collected data sets of the tournament were imported by using "OmniSense™ 5.0 Software" and cleaned up for the further collection. Analysis and evaluation were carried out via the statistics program "IBM SPSS Statistics 24" and the office program "Excel".

Results: Players spent most of the time in "HR zone 1 (<75%)" and the shortest in the "HR zone 3 (85-89.9%)". Furthermore, greatest distance was covered in "Speed-Zone walking" and the least in "Speed-Zone standing". On average, the players traveled 4512 meters per game. For the midfielders, significantly longer distances were documented for the "Speed Zone high intensity running" than for the defenders ($p < 0.05$). There was a significant difference between the quarters in the "heart rate mean" parameter ($p < 0.001$). The defenders achieved the highest "respiratory rate values" in the 1st quarter ($p < 0.05$). The midfielders showed a significant difference between the 2nd and 3rd quarter concerning the "heart rate mean" ($p < 0.01$). The attackers spent most of their time in "HR Zone 4 ($\geq 90\%$)" in the 2nd quarter ($p < 0.001$).

Conclusion: Based on the documented data, a general activity profile could be created. Furthermore, various differences between the positions and quarters were recorded.

Keywords: Lacrosse; male; Activity Profile; GPS; heart rate monitor; national team; World Cup 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Lacrosse – ein Überblick	12
3	Aktivitätsprofile ausgewählter Sportarten im Vergleich	15
3.1	Lacrosse	15
3.2	Fußball	20
3.3	Rugby	23
3.4	Australian Football	25
4	Die Parameter	27
5	Die Technologien	29
5.1	Zephyr™ Bio- & GPS-Modul	29
5.1.1	Übertragung der Daten	31
5.1.2	Reliabilität und Validität der Systeme	31
6	Methode	33
6.1	Forschungsdesign	33
6.2	Stichprobe	35
6.3	Erhobene Daten	37
6.4	Instrumente	38
6.5	Forschungsfragen	39
6.6	Statistische Auswertung	39
7	Darstellung der Ergebnisse	43
7.1	Allgemeines Aktivitätsprofil	43
7.2	Positionen im Vergleich	46
7.3	Viertel Im Vergleich	49
7.4	Positionsspezifische Unterschiede zwischen den Vierteln	53
8	Diskussion der Ergebnisse	64
9	Zusammenfassung	70
	Literaturverzeichnis	72
	Abbildungsverzeichnis	76
	Tabellenverzeichnis	77
	Eidesstattliche Erklärung	78

1 Einleitung

Lacrosse erfährt laut Pauline (2010) und Burger und Burger (2006) in den letzten Jahren ein ständig steigendes Wachstum und immer mehr Menschen nehmen an dieser Sportart teil. Gründe für die progressive Partizipationszahl können unter anderem die Schnelligkeit des Spiels und die physische Komponente sein (Gutowski & Rosene, 2011). Hoch intensive Aktionen, Kollisionen und schnelle Richtungsänderungen sind charakteristische Merkmale des Sports (Gutowski & Rosene, 2011). Einige Autoren bezeichnen das Spiel sogar als „the fastest sport on two feet“ (Madison, 1978, S. 5; Plisk & Stenersen, 1992, S. 77; B. Scott, 1976, S. 7) oder als eines der schnellsten „field based invasion games“ Polley, Cormack, Gabbett und Polglaze (2015, S. 126).

Der Forschungsstand bezüglich Aktivitätsprofilen im Lacrosse ist hingegen bisher nur gering (Tanisho, Ito, Maeda & Hirakawa, 2009). Andere Sportarten, wie zum Beispiel Rugby, Fußball oder Football, haben hier größeres Interesse erfahren (Austin & Kelly, 2013; Coutts, Quinn, Hocking, Castagna & Rampinini, 2010). Derzeit gibt es nur zwei Aktivitätsprofil-Studien von Polley et al. (2015) beziehungsweise Akiyama, Sasaki und Mashiko (2019).

Polley et al. (2015) nutzten GPS und Accelerometer, um die Aktivitätsprofile von 14 männlichen Lacrossespielern, die demselben Team angehörten, über 4 Spiele, während eines nationalen Turniers, zu dokumentieren. Folgende Parameter wurden dabei genauer betrachtet: Distanz; Stehen; Gehen; Joggen; Laufen; Sprinten; Anzahl von schnellen, mittleren und langsamen Beschleunigungen und Verlangsamungen; „Player load“ (Polley et al., 2015). Die Spieler wurden je nach Position als Angreifer, Mittelfeldspieler oder Verteidiger definiert (Polley et al., 2015). Hier konnten bereits Unterschiede in den Aktivitätsprofilen zwischen Mittelfeldspielern und Angreifern, Mittelfeldspielern und Verteidigern, und Angreifern und Verteidigern gezeigt werden (Polley et al., 2015). Die Mittelfeldspieler sprinteten in allen Vierteln öfter als die Angreifer und die Verteidiger (Polley et al., 2015). Angreifer und Verteidiger hielten sich öfter in den Bereichen Stehen und Gehen auf als die Mittelfeldspieler (Polley et al., 2015). Polley et al. (2015) kamen zu den Erkenntnissen, dass Mittelfeldspieler die höchste Aktivitätsrate pro Minute hatten und in den Bereichen Joggen, Laufen und Sprinten die besten Werte erreichten, im Vergleich zu den Angreifern und Verteidigern.

Akiyama et al. (2019) untersuchten 50 Lacrossespieler des japanischen Herren-Nationalteams über 13 Spiele. Diese fanden gegen internationale „top-level“ Teams, welche bei der „World Lacrosse Championship 2014“ teilgenommen hatten, statt (Akiyama et

al., 2019). Es wurden GPS- und Herzfrequenz-Geräte eingesetzt, um die notwendigen Daten zu erheben. Bezüglich den Positionen unterschied man wieder zwischen Angreifern, Mittelfeldspielern und Verteidigern (Akiyama et al., 2019). Folgende Parameter wurden untersucht: Distanz; durchschnittliche Geschwindigkeit, „high-speed-running distance“; durchschnittliche Herzfrequenz; „Speed-Zonen“ (Stehen/Gehen, Joggen, Laufen und Sprinten); Anzahl von schnellen, mittleren und langsamen Beschleunigungen und Verlangsamungen (Akiyama et al., 2019). In dieser Studie konnten ebenfalls Unterschiede zwischen den Angreifern, Mittelfeldspielern und Verteidigern gezeigt werden (Akiyama et al., 2019). Die Verteidiger legten größere Distanzen als die Mittelfeldspieler zurück (Akiyama et al., 2019). Des Weiteren war die durchschnittliche Geschwindigkeit bei den Mittelfeldspielern höher als bei den Angreifern beziehungsweise Verteidigern (Akiyama et al., 2019). In der „Speed-Zone Sprint“ legten die Mittelfeldspieler mehr Meter zurück als die Verteidiger oder Angreifer (Akiyama et al., 2019). Im Vergleich war die durchschnittliche Geschwindigkeit der Angreifer kleiner als die der Verteidiger aber dafür höher als jene der Mittelfeldspieler (Akiyama et al., 2019).

An der Universität Wien, Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport – Abteilung Trainingswissenschaft, entwickelte man ein Studiendesign für eine Aktivitätsprofil-Studie im Herren-Lacrosse. Anlässlich der Lacrosse Weltmeisterschaft 2018, in Israel, wurden folgende Parameter bei der österreichischen Nationalmannschaft dokumentiert: Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“. Die Herzfrequenz-Zonen unterteilte man weiter in: Zone 1 <75%, Zone 2 75-84,9%, Zone 3 85-89,9% und Zone 4 $\geq 90\%$ (Abrantes, Nunes, Maçãs, Leite & Sampaio, 2012). Die „Speed over time“-Zonen wurden wie folgt festgelegt: Stehen ($0-0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), Gehen ($0,2-1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), niedrig intensiver Lauf ($1,8-3,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), hoch intensiver Lauf ($3,3-5,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) und Sprint ($>5,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) (Polley et al., 2015). Im Rahmen des Turniers erhielten 15 männliche Lacrossespieler ein GPS/Accelerometer Modul und einen Herzfrequenzsensor. Mit Hilfe der Mikrotechnologien wurden über 8 Spiele Daten aufgezeichnet. Für die Datenerhebung kam das „Zephyr™ Performance System“ zum Einsatz. Je nach Position wurden die Spieler als Angreifer, Mittelfeldspieler oder Verteidiger definiert. Bereits vor der WM hatten sie die Möglichkeit sich mit den Technologien vertraut zu machen und diese bei Spielen zu testen. So konnten gleichzeitig erste Testdaten erhoben und eventuelle Fehlerquellen behoben werden. Die gesammelten Datensätze des Turniers wurden mittels der „OmniSense™ 5.0 Software“ importiert und für die weitere Auswertung bereinigt.

Die Untersuchung bediente sich der quantitativen Methode. Das Datenmaterial wurde mittels GPS, Accelerometer und Herzfrequenzsensor erhoben. Analyse und Auswertung

erfolgten über das Statistik-Programm „IBM SPSS Statistics 24“ und das Office-Programm „Excel“.

Im Rahmen der Masterarbeit soll auf die positionsspezifischen Differenzen (Verteidiger, Mittelfeldspieler und Angreifer) bezüglich der Parameter Herzfrequenz-Prozent ($HF/HF_{max} \cdot 100$, Prozentueller Anteil der maximalen Herzfrequenz), Herzfrequenz-Zonen (Prozentueller Anteil der maximalen Herzfrequenz eingeteilt in Zonen), Atemfrequenz (Atemzüge pro Minute), „Distance over time“ (Kilometer) und „Speed over time“ (Meter pro Sekunde) eingegangen werden.

Auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten, die mit dem „Zephyr™ Performance System“ erhoben wurden, formulierte man folgende Forschungsfragen als Grundlage für die vorliegende Arbeit:

- Wie sieht das allgemeine Aktivitätsprofil hinsichtlich der Parameter Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“ über den gesamten Spielverlauf aus?
- Wie unterscheiden sich die Parameter positionsunabhängig über den gesamten Spielverlauf zwischen den vier Vierteln?
- Wie unterscheiden sich die Aktivitätsprofile zwischen Verteidigern, Mittelfeldspielern und Angreifern bezüglich den Parametern Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“ gesamt gesehen?
- Wie unterscheiden sich die Parameter positionsspezifisch bei den Verteidigern, bei den Mittelfeldspielern und bei den Angreifern zwischen den Vierteln?

Insgesamt umfasst die Arbeit 9 Kapitel. Nach der Einleitung wird in Kapitel 2 ein Kurzüberblick zum Thema Lacrosse gegeben.

Kapitel 3 befasst sich mit den Aktivitätsprofilen ausgewählter Sportarten. Zu diesen zählen Lacrosse, Hockey, Fußball, Football und Rugby.

Kapitel 4 geht genauer auf die Technologien ein. Hier im Besonderen auf das „Zephyr™ Performance System“, mit dem Zephyr™ Bio- & GPS-Modul.

Kapitel 5 widmet sich den Parametern Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“.

Kapitel 6 beschäftigt sich mit der Methode. Unter anderem wird hier auf das Forschungsdesign, die Stichprobe, die erhobenen Daten, die Instrumente, die Forschung und die statistische Auswertung eingegangen.

Die weiteren Kapitel befassen sich mit der Darstellung (Kapitel 7) und Diskussion (Kapitel 8) der Ergebnisse, sowie mit der Zusammenfassung (Kapitel 9).

2 Lacrosse – ein Überblick

„Lacrosse is a fast-paced sport played by two teams. Each team attempts to score goals by getting a small ball into its opponent's net“ (Crossingham, 2013, S. 4).

Das ursprünglich in Nordamerika gegründete Spiel ist eines der schnellsten „field-based invasion games“, laut Polley et al. (2015, S. 126). Von manchen Autoren wird dieser Sport sogar als „the fastest sport on two feet“ bezeichnet (Madison, 1978, S. 5; Plisk & Stenersen, 1992, S. 77; B. Scott, 1976, S. 7). Lacrosse erfährt, nach Pauline (2010) und Burger und Burger (2006), in den letzten Jahren ein ständig steigendes Wachstum und immer mehr Menschen nehmen daran teil. Bowker (2017) bestätigt dies mit seiner Aussage zum Mädchen-Lacrosse. „Today girls' lacrosse is one of the fastest-growing sports in the country“ (Bowker, 2017, S. 40). Gründe für die progressive Partizipationszahl können unter anderem die Schnelligkeit des Spiels und die physische Komponente sein (Gutowski & Rose, 2011). Hoch intensive Aktionen, Kollisionen und schnelle Richtungsänderungen sind charakteristische Merkmale des Sports (Gutowski & Rose, 2011). Die Spieler/innen müssen ein hohes Maß folgender Fähigkeiten besitzen: motorischer Fertigkeiten, Beweglichkeit, Schnelligkeit, Kraft, aerober und anaerober Ausdauer (Steinhagen, Meyers, Erickson, Noble & Richardson, 1998). Steinhagen et al. (1998) bezeichnen die Anforderungen sehr ähnlich derer von anderen Sportarten, wie zum Beispiel Fußball, Football oder Hockey.

Lacrosse wird auf einem circa 100x55m großen Feld gespielt. Dies nimmt in etwa die Größe eines Fußballfeldes ein. Die Tore stehen meist 90 Meter voneinander entfernt und sind quadratisch. Ihre Maße betragen 1,83x1,83m. Hinter den Toren bleibt ein Raum von circa 14 Metern. Gespielt wird meist auf Natur- oder Kunstrasen (Hietzge, 2010).

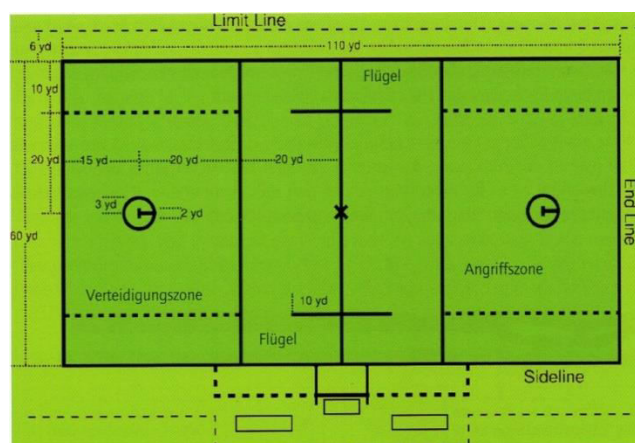


Abb. 1: Das Spielfeld (Hietzge, 2010, S. 25)

Der Ball besteht aus Hartgummi und kann Fluggeschwindigkeiten von bis zu 160 km/h erreichen (Hietzge, 2010). Die gesamte Spielzeit wird in vier „Quarters“ unterteilt (Hietzge, 2010). Je nach Organisation dauern die 4 Viertel jeweils 15 oder 20 Minuten (Polley et al., 2015). Die Pausen zwischen den „Quartern“ können 5-10 Minuten dauern (Hietzge, 2010). Da Lacrosse ein Vollkontaktsport ist, wird eine Schutzkleidung benötigt (Bowker, 2017). Diese besteht aus Helm, Handschuhen, Ellbogenschützern, Schulterschützern und Unterleibsschutz (Bowker, 2017). Der/Die Torwart/in trägt zusätzlich einen Brustpanzer (Bowker, 2017).

Pro Team befinden sich 10 Spieler/innen als Aktive auf dem Feld (Hietzge, 2010; Polley et al., 2015). Dabei wird die Mannschaft in drei Verteidiger/innen, drei Mittelfeldspieler/innen, drei Angreifer/innen sowie den/die Torwart/in unterteilt (Hietzge, 2010; Polley et al., 2015). Die Spieler/innen dürfen sich grundsätzlich auf dem Spielfeld frei bewegen, jedoch müssen immer mindestens vier von ihnen in der eigenen und drei in der gegnerischen Hälfte präsent sein. Diese Vorgabe wird auch als Abseitsregel bezeichnet (Hietzge, 2010). Die Mittelfeldspieler/innen bewegen sich meist auf dem gesamten Spielfeld, während die Verteidiger/innen und die Angreifer/innen eher in ihren Zonen bleiben (Gutowski & Rosene, 2011). Über das gesamte Spiel dürfen die Spieler/innen beliebig oft gewechselt werden (Polley et al., 2015). Das Spielgeschehen wird von vier Schiedsrichter(inne)n überwacht und geleitet (Hietzge, 2010).

Es wird zwischen drei Arten von Schlägern unterschieden: „Short Sticks“, „Long Sticks“ und dem Torwartschläger (Bowker, 2017; Hietzge, 2010). Die Verteidiger/innen verwenden meist den „Long Stick“ (Bowker, 2017; Hietzge, 2010). Angreifer/innen und Mittelfeldspieler/innen benutzen häufiger den „Short Stick“ (Bowker, 2017; Hietzge, 2010). Der Torwartschläger ist ein wenig größer als der „Short Stick“ und weist einen größeren Schlägerkopf auf. Am Schlägerende befindet sich ein Netz, das auch Pocket genannt wird. Dieses Netz darf maximal so tief wie der Ball sein, da es sonst fast unmöglich erscheint jenen abzunehmen. Innerhalb des Teams dürfen bis zu vier „Long Sticks“ eingesetzt werden (Hietzge, 2010). Die Wichtigkeit des „Sticks“ hebt auch Bowker (2017) hervor.

Wie schon vorher erwähnt wird die Mannschaft in drei Verteidiger/innen, drei Mittelfeldspieler/innen, drei Angreifer/innen und einen Torwart beziehungsweise eine Torfrau unterteilt (Hietzge, 2010; Polley et al., 2015). Die Angreifer/innen verwenden „Short Sticks“, sind meistens beidhändig geschickt und in körperlich guter Verfassung, um den Verteidigern beziehungsweise Verteidigerinnen standhalten zu können. Der/Die Verteidiger/in nutzt „Long Sticks“, um das eigene Tor zu verteidigen. Er oder Sie ist gerade in leistungsintensiveren Klassen kräftig gebaut und kann somit Sticks- und Bodychecks den/die Geg-

ner/in auf Distanz halten. Die drei Verteidiger/innen befinden sich während dem Spiel hauptsächlich in der eigenen Hälfte. Mittelfeldspieler/innen haben die Aufgabe in der Verteidigung das eigene Tor zu beschützen und nach Balleroberung den Angriff einzuleiten (Hietzge, 2010). Sie sind besonders athletisch und ausdauernd, da sie sich ständig auf dem gesamten Spielfeld aufhalten müssen (Gutowski & Rosene, 2011; Hietzge, 2010). Auf sie passt der Begriff „Allrounder/in“ am besten. Wie die Angreifer/innen nutzen sie ebenfalls den „Short Stick“. Der/Die Torwart/in verwendet seine beziehungsweise ihre eigene Schlägerart. Neben der Aufgabe das Tor zu verteidigen, ist er oder sie dafür verantwortlich die Verteidigung zu organisieren beziehungsweise die Position des Balles auszurufen (Hietzge, 2010).



Abb. 2: Spieler und deren Ausrüstung (Hietzge, 2010, S. 38)

3 Aktivitätsprofile ausgewählter Sportarten im Vergleich

Im folgenden Kapitel werden Aktivitätsprofile für die Sportarten Lacrosse, Fußball, Rugby und Australian Football dargestellt. Es soll ein Überblick geschaffen werden, um die anschließenden Ergebnisse der Masterarbeit besser interpretieren zu können.

3.1 Lacrosse

Hier können sowohl die Studie von Akiyama et al. (2019) als auch jene von Polley et al. (2015) herangezogen werden. Akiyama et al. (2019) untersuchten 50 männliche japanische Nationalteamspieler, die 13 Freundschaftsspiele gegen internationale Topteams absolvierten. Die Spieler hatten ein Durchschnittsalter von 25 ± 5 Jahre, eine Körpergröße von 178 ± 6 cm und ein Gewicht von 73 ± 5 kg (Akiyama et al., 2019). Polley et al. (2015) dokumentierten Daten von 14 männlichen Lacrossespielern eines Teams, während einem nationalen Turnier, über 4 Spiele. Die anthropometrischen Gegebenheiten wurden im Paper nicht festgehalten (Polley et al., 2015). In beiden Studien unterteilte man die Mannschaften in die Positionen Angreifer, Mittelfeldspieler und Verteidiger (Akiyama et al., 2019; Polley et al., 2015). Akiyama et al. (2019) untersuchten 11 Angreifer, 22 Mittelfeldspieler und 17 Verteidiger. Eine genauere Aufteilung konnte bei Polley et al. (2015) nicht gefunden werden. Im Artikel von Akiyama et al. (2019) wurden folgende Parameter dokumentiert: Distanz; durchschnittliche Geschwindigkeit, „high-speed running distance“; durchschnittliche Herzfrequenz; „Speed-Zonen“ (Stehen/Gehen, Joggen, Laufen und Sprinten); Anzahl von schnellen, mittleren und langsamen Beschleunigungen und Verlangsamungen. Sie unterschieden zwischen fünf „Herzfrequenz-Zonen“, 0-60 %, 61-70 %, 71-80 %, 81-90 % und 91-100%. Die „Speed-Zonen“ unterteilte man in Stehen/Gehen (0-7,19 km/h), Joggen (7,2-14,39 km/h), Laufen (14,4-21,59 km/h) und Sprinten ($\geq 21,6$ km/h). Beschleunigungen wurden in langsame ($0-1,99 \text{ m/s}^2$), mittlere ($2,0-3,99 \text{ m/s}^2$) und schnelle ($\geq 4,0 \text{ m/s}^2$) klassifiziert. Ebenso die Verlangsamungen in langsame ($-1,99$ bis 0 m/s^2), mittlere ($-3,99$ bis $-2,0 \text{ m/s}^2$) und schnelle ($\geq -4,0 \text{ m/s}^2$). Zur „high-speed running distance (HSD)“ zählten alle Geschwindigkeiten ab 14,4 km/h. Sie setzten für die Erhebung der Daten GPS- und Herzfrequenz-Module ein (Akiyama et al., 2019). Polley et al. (2015) hielten ähnliches fest: Distanz; Stehen; Gehen; Joggen; Laufen; Sprinten; Anzahl von schnellen, mittleren und langsamen Beschleunigungen und Verlangsamungen; „Player load“. Die „Speed-Zonen“ wurden wie folgt definiert: Stehen ($0-0,2 \text{ m/s}^{-1}$), Gehen ($0,2-1,8 \text{ m/s}^{-1}$), Joggen ($1,8-3,3 \text{ m/s}^{-1}$), Laufen ($3,3-5,7 \text{ m/s}^{-1}$) und Sprint ($>5,7 \text{ m/s}^{-1}$). Weiters wurde in langsame ($\text{Acc}_{\text{Lo}} \text{ no min}^{-1}$, $0-1,11 \text{ m/s}^{-2}$), mittlere ($\text{Acc}_{\text{Mo}} \text{ no min}^{-1}$, $1,11-2,78 \text{ m/s}^{-2}$)

und schnelle ($\text{Acc}_{\text{HI}} \text{ no min}^{-1}$, $\geq 2,78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) Beschleunigungen beziehungsweise in langsame ($\text{Dec}_{\text{LO}} \text{ no min}^{-1}$, $-1,11$ bis $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), mittlere ($\text{Dec}_{\text{MO}} \text{ no min}^{-1}$, $-2,78$ bis $-1,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) und schnelle ($\text{Dec}_{\text{HI}} \text{ no min}^{-1}$, $\geq -2,78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) Verlangsamungen eingeteilt. Hier erhob man die Daten ausschließlich mittels GPS und Accelerometer (Polley et al., 2015). In beiden Studien kam ein 10 Hz GPS zum Einsatz (Akiyama et al., 2019; Polley et al., 2015). Akiyama et al. (2019) nutzten die „Polar Team Pro“- und Polley et al. (2015) die „Catapult Innovations, Teams S4“ Technologie.

Die Herzfrequenzwerte wurden in Prozent der maximalen Herzfrequenz angegeben (Akiyama et al., 2019). Bei den „Speed-Zonen“ dokumentierte man die zurückgelegten Meter für die jeweilige Zone (Akiyama et al., 2019; Polley et al., 2015). Dasselbe galt für die „HSD“ (Akiyama et al., 2019). Des Weiteren hielt man die Anzahl der Beschleunigungen und Verlangsamungen in den beiden Studien fest (Akiyama et al., 2019; Polley et al., 2015).

Akiyama et al. (2019) dokumentierten einen prozentuellen Herzfrequenzmittelwert von $79 \pm 5 \%$. Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Positionen festgehalten werden. Sie beschrieben ebenfalls, dass die Verteidiger über das gesamte Spiel signifikant größere Strecken zurücklegten als die Mittelfeldspieler (Akiyama et al., 2019). Die meisten Meter absolvierten allerdings die Angreifer (Akiyama et al., 2019). In der Untersuchung von Polley et al. (2015) waren dies hingegen die Verteidiger. Die kürzesten Distanzen legten aber auch hier die Mittelfeldspieler zurück (Polley et al., 2015). Laut Akiyama et al. (2019) war die durchschnittliche Geschwindigkeit (m/min) der Mittelfeldspieler signifikant höher als jene der Verteidiger oder Angreifer. Die „HSD“ der Mittelfeldspieler war ebenfalls signifikant größer als die der Angreifer (Akiyama et al., 2019). In beiden Studien absolvierten die Angreifer und Verteidiger mehr Meter in der Zone „Gehen“, im Vergleich zu den Mittelfeldspielern (Akiyama et al., 2019; Polley et al., 2015). Akiyama et al. (2019) zeigten signifikante Unterschiede auf. Weiters war die Sprintdistanz der Mittelfeldspieler signifikant größer als die der Angreifer beziehungsweise Verteidiger (Akiyama et al., 2019; Polley et al., 2015). Im Paper von Polley et al. (2015) konnte zusätzlich noch ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelfeldspielern und Verteidigern, bezüglich der Zone „Laufen“, dokumentiert werden. Die Mittelfeldspieler legten mehr Meter zurück (Polley et al., 2015). Akiyama et al. (2019) hielten fest, dass die Verteidiger eine signifikant höhere Anzahl an langsamen Beschleunigungen und Verlangsamungen aufwiesen als die Angreifer oder Mittelfeldspieler. Die schnellen Verlangsamungen waren allerdings bei den Mittelfeldspielern signifikant größer als bei den Verteidigern beziehungsweise Angreifern (Akiyama et al., 2019).

Polley et al. (2015) verglichen des Weiteren die Parameter innerhalb der Positionen zwischen den Vierteln. Sowohl die Meter pro Minute als auch der „Player load“ waren bei allen Positionen im 1.Viertel am höchsten. Die Mittelfeldspieler absolvierten im 1.Viertel in folgenden „Speed-Zonen“ signifikant mehr Meter als in den anderen Viertel: „Joggen“, „Laufen“ und „Sprint“. Bezüglich der schnellen Beschleunigungen und Verlangsamungen wurden die höchsten Anzahlen im 1.Viertel dokumentiert. Ähnlich verhielt es sich mit der mittleren Beschleunigung und Verlangsamung. Die Angreifer legten die größten Distanzen in den Zonen „Gehen“, „Joggen“ und „Laufen“ im 1.Viertel zurück. Für den Bereich „Sprint“ galt dies für das 2.Viertel. Wie bei den Mittelfeldspielern, wurden auch bei den Angreifern die höchsten Anzahlen der schnellen Beschleunigungen und Verlangsamungen im 1.Viertel festgehalten. Für die langsamen und mittleren Beschleunigungen beziehungsweise Verlangsamungen ließ sich dasselbe Ergebnis dokumentieren. Die Verteidiger absolvierten die größten Strecken in den Zonen „Joggen“, „Laufen“ und „Sprint“ im 1.Viertel. Der Bereich „Stehen“ wies die höchsten Werte im 4.Viertel auf. Sowohl die Anzahl der schnellen Beschleunigungen als auch jene der Verlangsamungen war im 3.Viertel am höchsten. Bei den langsamen und mittleren Beschleunigungen beziehungsweise Verlangsamungen galt dies für das 1.Viertel (Polley et al., 2015).

Eine detaillierte Darstellung der erhobenen Daten, aus den beiden Studien, ist in den Tabellen 1, 2, 3, 4, 5 und 6 zu finden.

Tab. 1: Aktivitätsprofile der Positionen

	Midfield Mean $\pm$ SD	Attack Mean $\pm$ SD	Defense Mean $\pm$ SD	Midfield vs. attack ES $\pm$ CI	Midfield vs. defense ES $\pm$ CI	Attack vs. defense ES $\pm$ CI
Playing time (min)	36.15 $\pm$ 13.16	48.18 $\pm$ 14.29 [†]	59.03 $\pm$ 20.07 [†]	-0.82 $\pm$ 0.96	-1.14 $\pm$ 0.93	-0.43 $\pm$ 1.02
Relative distance (m·min ⁻¹)	100 $\pm$ 11 [‡]	87 $\pm$ 14	79 $\pm$ 14	0.89 $\pm$ 1.04	1.54 $\pm$ 0.94	0.53 $\pm$ 1.03
Relative PL (PL·min ⁻¹)	9.9 $\pm$ 1.5 [‡]	8.2 $\pm$ 2.1	7.6 $\pm$ 2.7	0.83 $\pm$ 1.07	1.04 $\pm$ 0.98	0.27 $\pm$ 1.02
Stand (m·min ⁻¹)	3.1 $\pm$ 2.1	3.6 $\pm$ 1.9	3.1 $\pm$ 1.1	-0.38 $\pm$ 0.92	-0.21 $\pm$ 0.87	0.24 $\pm$ 1.05
Walk (m·min ⁻¹)	28.8 $\pm$ 3.1	29.1 $\pm$ 3.4	32.4 $\pm$ 4.8 ^{†‡}	-0.08 $\pm$ 1.01	-0.78 $\pm$ 0.94	-0.67 $\pm$ 1.01
Jog (m·min ⁻¹)	28.8 $\pm$ 4.5 [‡]	25.0 $\pm$ 5.2 [‡]	19.8 $\pm$ 2.4	0.70 $\pm$ 1.04	2.48 $\pm$ 0.90	1.02 $\pm$ 1.10
Run (m·min ⁻¹)	31.7 $\pm$ 5.8 [‡]	25.9 $\pm$ 6.4 [‡]	20.3 $\pm$ 13.3	0.80 $\pm$ 1.04	1.28 $\pm$ 0.97	0.75 $\pm$ 0.99
Sprint (m·min ⁻¹)	5.4 $\pm$ 1.8 [‡]	3.4 $\pm$ 1.7	3.5 $\pm$ 4.4	1.12 $\pm$ 1.04	1.03 $\pm$ 1.00	0.38 $\pm$ 1.00
Dec _{HI} (no·min ⁻¹)	0.7 $\pm$ 0.2 [‡]	0.5 $\pm$ 0.1	0.5 $\pm$ 0.2	0.59 $\pm$ 0.94	0.66 $\pm$ 0.92	0.16 $\pm$ 1.01
Dec _{MO} (no·min ⁻¹)	2.7 $\pm$ 0.3 [‡]	2.2 $\pm$ 0.3	2.1 $\pm$ 0.5	1.75 $\pm$ 1.04	1.54 $\pm$ 0.98	0.23 $\pm$ 1.00
Dec _{LO} (no·min ⁻¹)	18.5 $\pm$ 1.2	18.4 $\pm$ 2.1	19.2 $\pm$ 2.0	0.09 $\pm$ 1.07	-0.36 $\pm$ 0.96	-0.37 $\pm$ 1.03
Acc _{HI} (no·min ⁻¹)	0.7 $\pm$ 0.2 [‡]	0.5 $\pm$ 0.2	0.5 $\pm$ 0.2	0.95 $\pm$ 1.01	0.76 $\pm$ 0.94	-0.11 $\pm$ 1.02
Acc _{MO} (no·min ⁻¹)	3.0 $\pm$ 0.4 [‡]	2.5 $\pm$ 0.5 [‡]	2.1 $\pm$ 0.4	1.00 $\pm$ 1.04	2.11 $\pm$ 0.93	0.89 $\pm$ 1.03
Acc _{LO} (no·min ⁻¹)	25.4 $\pm$ 2.2	25.6 $\pm$ 2.7	26.6 $\pm$ 2.5	-0.08 $\pm$ 1.01	-0.46 $\pm$ 0.92	-0.35 $\pm$ 1.03

*Stand = 0–0.2 m·s⁻¹; walk = 0.2–1.8 m·s⁻¹; jog = 1.8–3.3 m·s⁻¹; run = 3.3–5.7 m·s⁻¹; sprint = >5.7 m·s⁻¹; Dec_{HI} = $\geq$ -2.78 m·s⁻²; Dec_{MO} = -2.78 to -1.11 m·s⁻²; Dec_{LO} = -1.11 to 0 m·s⁻²; Acc_{HI} = $\geq$ 2.78 m·s⁻²; Acc_{MO} = 1.11–2.78 m·s⁻²; Acc_{LO} = 0–1.1 m·s⁻²; ES $\pm$ 90% CI = effect size $\pm$ 90% confidence interval. Differences (ES $\pm$ 90% CI) were considered likely positive when there was more than a 75% likelihood of the difference exceeding an ES threshold of 0.2.

[†]A $\geq$ 75% likely positive difference from midfield.

[‡]A $\geq$ 75% likely positive difference from attack.

[§]A $\geq$ 75% likely positive difference from defense.

Quelle: Polley et al. (2015, S. 127)

Tab. 2: Mittelfeldspieler und Angreifer im Vergleich

	Q1		Q2		Q3		Q4	
Midfield vs. attack	ES $\pm$ CI	Qual	ES $\pm$ CI	Qual	ES $\pm$ CI	Qual	ES $\pm$ CI	Qual
Relative distance (m·s ⁻¹)	1.45 $\pm$ 1.04	Likely positive	0.29 $\pm$ 1.04	Unclear	0.25 $\pm$ 0.95	Unclear	0.37 $\pm$ 0.88	Unclear
Relative PL (PL·min ⁻¹)	0.95 $\pm$ 1.07	Likely positive	0.34 $\pm$ 1.07	Unclear	0.39 $\pm$ 0.95	Unclear	0.70 $\pm$ 0.95	Likely positive
Stand (m·s ⁻¹)	-0.71 $\pm$ 0.92	Likely negative	-0.23 $\pm$ 0.91	Unclear	-0.47 $\pm$ 1.06	Unclear	-1.13 $\pm$ 0.92	Likely negative
Walk (m·s ⁻¹)	-0.88 $\pm$ 0.87	Likely negative	0.28 $\pm$ 0.87	Unclear	0.28 $\pm$ 0.88	Unclear	-0.52 $\pm$ 0.98	Unclear
Jog (m·s ⁻¹)	1.03 $\pm$ -0.95	Likely positive	0.40 $\pm$ 0.96	Unclear	0.19 $\pm$ 0.95	Unclear	0.25 $\pm$ 0.88	Unclear
Run (m·s ⁻¹)	1.25 $\pm$ 1.04	Likely positive	0.16 $\pm$ 0.98	Unclear	0.40 $\pm$ 0.93	Unclear	0.44 $\pm$ 0.87	Unclear
Sprint (m·s ⁻¹)	1.89 $\pm$ 1.07	Likely positive	0.60 $\pm$ 0.97	Likely positive	0.66 $\pm$ 1.01	Likely positive	0.80 $\pm$ 1.01	Likely positive
Dec _{HI} (no·min ⁻¹)	0.56 $\pm$ 0.90	Likely positive	0.32 $\pm$ 0.90	Unclear	0.66 $\pm$ 1.12	Likely positive	0.64 $\pm$ 0.87	Likely positive
Dec _{MO} (no·min ⁻¹)	2.00 $\pm$ 0.90	Likely positive	0.67 $\pm$ 1.04	Likely positive	0.31 $\pm$ 1.04	Unclear	1.28 $\pm$ 0.91	Likely positive
Dec _{LO} (no·min ⁻¹)	-0.34 $\pm$ 0.93	Unclear	0.27 $\pm$ 0.89	Unclear	0.83 $\pm$ 0.98	Likely positive	-0.11 $\pm$ 1.00	Unclear
Acc _{HI} (no·min ⁻¹)	1.04 $\pm$ 0.99	Likely positive	0.70 $\pm$ 0.93	Likely positive	1.36 $\pm$ 1.01	Likely positive	0.51 $\pm$ 0.98	Unclear
Acc _{MO} (no·min ⁻¹)	1.34 $\pm$ 0.95	Likely positive	0.36 $\pm$ 0.93	Unclear	0.06 $\pm$ 1.07	Unclear	0.96 $\pm$ 0.87	Likely positive
Acc _{LO} (no·min ⁻¹)	-0.02 $\pm$ 0.93	Unclear	0.23 $\pm$ 0.86	Unclear	0.63 $\pm$ 0.96	Likely positive	-0.45 $\pm$ 1.04	Unclear

*PL·min⁻¹ = player load per minute; stand = 0–0.2 m·s⁻¹; walk = 0.2–1.8 m·s⁻¹; jog = 1.8–3.3 m·s⁻¹; run = 3.3–5.7 m·s⁻¹; sprint = >5.7 m·s⁻¹; Dec_{HI} = $\geq$ -2.78 m·s⁻²; Dec_{MO} = -2.78 to -1.11 m·s⁻²; Dec_{LO} = -1.11 to 0 m·s⁻²; Acc_{HI} = $\geq$ 2.78 m·s⁻²; Acc_{MO} = 1.11–2.78 m·s⁻²; Acc_{LO} = 0–1.1 m·s⁻²; ES $\pm$ 90% CI = effect size $\pm$ 90% confidence interval; Qual = qualitative outcome. Differences (ES $\pm$ 90% CI) were considered likely positive or when there was more than a 75% likelihood of the difference exceeding an ES threshold of 0.2.

Quelle: Polley et al. (2015, S. 131)

Tab. 3: Mittelfeldspieler und Verteidiger im Vergleich

	Q1		Q2		Q3		Q4	
Midfield vs. defense	ES $\pm$ CI	Qual	ES $\pm$ CI	Qual	ES $\pm$ CI	Qual	ES $\pm$ CI	Qual
Relative distance (m·s ⁻¹)	2.29 $\pm$ 0.96	Likely positive	1.04 $\pm$ 0.89	Likely positive	0.43 $\pm$ 0.91	Unclear	0.88 $\pm$ 0.86	Likely positive
Relative PL (PL·min ⁻¹)	0.95 $\pm$ 1.07	Likely positive	0.77 $\pm$ 0.96	Likely positive	0.43 $\pm$ 0.92	Unclear	0.99 $\pm$ 0.91	Likely positive
Stand (m·s ⁻¹)	-0.69 $\pm$ 0.86	Likely negative	-0.02 $\pm$ 0.86	Unclear	0.00 $\pm$ 0.96	Unclear	-1.14 $\pm$ 0.88	Likely negative
Walk (m·s ⁻¹)	-0.59 $\pm$ 0.93	Likely negative	0.08 $\pm$ 0.86	Unclear	-0.18 $\pm$ 0.87	Unclear	-0.63 $\pm$ 0.96	Likely negative
Jog (m·s ⁻¹)	1.23 $\pm$ 1.07	Likely positive	1.08 $\pm$ 0.86	Likely positive	0.49 $\pm$ 0.90	Unclear	1.14 $\pm$ 0.85	Likely positive
Run (m·s ⁻¹)	1.67 $\pm$ 0.96	Likely positive	0.82 $\pm$ 0.93	Likely positive	1.04 $\pm$ 0.93	Likely positive	0.93 $\pm$ 0.91	Likely positive
Sprint (m·s ⁻¹)	1.38 $\pm$ 0.97	Likely positive	0.98 $\pm$ 0.95	Likely positive	0.66 $\pm$ 0.96	Likely positive	0.79 $\pm$ 0.95	Likely positive
Dec _{HI} (no·min ⁻¹)	1.30 $\pm$ 0.91	Likely positive	0.05 $\pm$ 0.86	Unclear	0.39 $\pm$ 0.93	Unclear	0.43 $\pm$ 0.93	Unclear
Dec _{MO} (no·min ⁻¹)	1.37 $\pm$ 0.98	Likely positive	0.96 $\pm$ 0.89	Likely positive	0.25 $\pm$ 0.90	Unclear	2.31 $\pm$ 0.86	Likely positive
Dec _{LO} (no·min ⁻¹)	-0.08 $\pm$ 0.92	Unclear	0.23 $\pm$ 0.86	Unclear	0.22 $\pm$ 0.95	Unclear	-0.12 $\pm$ 0.93	Unclear
Acc _{HI} (no·min ⁻¹)	1.14 $\pm$ 0.89	Likely positive	0.51 $\pm$ 0.87	Unclear	0.72 $\pm$ 0.93	Likely positive	0.38 $\pm$ 0.90	Unclear
Acc _{MO} (no·min ⁻¹)	1.58 $\pm$ 0.94	Likely positive	1.54 $\pm$ 0.86	Likely positive	0.56 $\pm$ 0.86	Likely positive	1.02 $\pm$ 0.90	Likely positive
Acc _{LO} (no·min ⁻¹)	-0.05 $\pm$ 0.90	Unclear	0.22 $\pm$ 0.86	Unclear	0.32 $\pm$ 0.92	Unclear	-0.46 $\pm$ 0.93	Unclear

*PL·min⁻¹ = player load per minute; stand = 0–0.2 m·s⁻¹; walk = 0.2–1.8 m·s⁻¹; jog = 1.8–3.3 m·s⁻¹; run = 3.3–5.7 m·s⁻¹; sprint = >5.7 m·s⁻¹; Dec_{HI} = $\geq$ -2.78 m·s⁻²; Dec_{MO} = -2.78 to -1.11 m·s⁻²; Dec_{LO} = -1.11 to 0 m·s⁻²; Acc_{HI} = $\geq$ 2.78 m·s⁻²; Acc_{MO} = 1.11–2.78 m·s⁻²; Acc_{LO} = 0–1.1 m·s⁻²; ES $\pm$ 90% CI = effect size $\pm$ 90% confidence interval; Qual = qualitative outcome. Differences (ES $\pm$ 90% CI) were considered likely positive or when there was more than a 75% likelihood of the difference exceeding an ES threshold of 0.2.

Quelle: Polley et al. (2015, S. 132)

Tab. 4: Angreifer und Verteidiger im Vergleich

Attack vs. defense	Q1		Q2		Q3		Q4	
	ES $\pm$ CI	Qual	ES $\pm$ CI	Qual	ES $\pm$ CI	Qual	ES $\pm$ CI	Qual
Relative distance ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0.76 ± 1.03	Likely positive	0.41 ± 1.09	Unclear	0.21 ± 1.02	Unclear	0.79 ± 1.03	Likely positive
Relative PL ($\text{PL} \cdot \text{min}^{-1}$)	0.44 ± 1.02	Unclear	0.29 ± 1.03	Unclear	0.08 ± 1.02	Unclear	0.37 ± 1.02	Unclear
Stand ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0.12 ± 1.07	Unclear	0.30 ± 1.05	Unclear	0.43 ± 1.05	Unclear	0.02 ± 1.03	Unclear
Walk ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0.01 ± 0.98	Unclear	-0.33 ± 1.01	Unclear	-0.66 ± 1.02	Likely negative	-0.24 ± 1.00	Unclear
Jog ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	1.11 ± 1.03	Likely positive	0.58 ± 1.08	Unclear	0.32 ± 1.03	Unclear	1.50 ± 1.04	Likely positive
Run ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0.66 ± 1.01	Likely positive	0.65 ± 1.02	Likely positive	0.79 ± 0.99	Likely positive	0.72 ± 0.99	Likely positive
Sprint ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0.02 ± 1.00	Unclear	0.55 ± 0.99	Unclear	0.10 ± 1.01	Unclear	0.06 ± 1.02	Unclear
Dec _{HI} ($\text{no} \cdot \text{min}^{-1}$)	0.98 ± 0.99	Likely positive	-0.38 ± 1.03	Unclear	-0.43 ± 1.09	Unclear	0.00 ± 0.99	Unclear
Dec _{MO} ($\text{no} \cdot \text{min}^{-1}$)	0.42 ± 1.01	Unclear	0.02 ± 1.09	Unclear	-0.13 ± 1.07	Unclear	1.36 ± 1.03	Likely positive
Dec _{LO} ($\text{no} \cdot \text{min}^{-1}$)	0.22 ± 1.01	Unclear	-0.06 ± 1.03	Unclear	-0.45 ± 1.01	Unclear	-0.02 ± 1.02	Unclear
Acc _{HI} ($\text{no} \cdot \text{min}^{-1}$)	0.13 ± 1.03	Unclear	-0.29 ± 1.05	Unclear	-0.75 ± 1.05	Likely positive	-0.13 ± 1.03	Unclear
Acc _{MO} ($\text{no} \cdot \text{min}^{-1}$)	0.65 ± 0.99	Likely positive	1.34 ± 1.08	Likely positive	0.27 ± 1.11	Unclear	0.27 ± 1.00	Unclear
Acc _{LO} ($\text{no} \cdot \text{min}^{-1}$)	-0.3 ± 1.02	Unclear	0.00 ± 1.02	Unclear	-0.25 ± 1.02	Unclear	0.06 ± 1.05	Unclear

*PL $\cdot \text{min}^{-1}$ = player load per minute; stand = $0-0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; walk = $0.2-1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; jog = $1.8-3.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; run = $3.3-5.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; sprint = $> 5.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; Dec_{HI} = $\geq -2.78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; Dec_{MO} = -2.78 to $-1.11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; Dec_{LO} = -1.11 to $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; Acc_{HI} = $\geq 2.78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; Acc_{MO} = $1.11-2.78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; Acc_{LO} = $0-1.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; ES $\pm$ 90% CI = effect size $\pm$ 90% confidence interval; Qual = qualitative outcome. Differences (ES $\pm$ 90% CI) were considered likely positive when there was more than a 75% likelihood of the difference exceeding an ES threshold of 0.2.

Quelle: Polley et al. (2015, S. 133)

Tab. 5: Aktivitätsprofile der verschiedenen Positionen

Variables	Attack	Midfielder	Defender	P-value	Effect size
Distance (m)	4505 ± 1438	3028 ± 786	4239 ± 1093	< 0.001	0.3
Average speed (m/min)	67 ± 13	113 ± 13	85 ± 22	< 0.001	0.56
HSD distance (m)	911 ± 302	1078 ± 379	1011 ± 369	0.485	0.03
Average HR (%)	77 ± 7	80 ± 4	85 ± 22	0.345	0.04
Walk distance (m)	2213 ± 739	839 ± 229	1820 ± 729	< 0.001	0.53
Jog distance (m)	1381 ± 497	1073 ± 316	1407 ± 374	0.007	0.18
Run distance (m)	789 ± 244	817 ± 281	842 ± 302	0.862	0.01
Sprint distance (m)	121 ± 74	261 ± 125	169 ± 111	0.002	0.22
LI accelerations (n)	297 ± 93	195 ± 57	328 ± 113	< 0.001	0.35
MI accelerations (n)	47 ± 13	40 ± 13	48 ± 13	0.118	0.08
HI accelerations (n)	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 2	0.822	0.01
LI decelerations (n)	347 ± 116	204 ± 61	364 ± 121	< 0.001	0.39
MI decelerations (n)	41 ± 11	36 ± 11	41 ± 13	0.366	0.04
HI decelerations (n)	1 ± 1	2 ± 2	1 ± 1	0.049	0.11

HSD = high-speed running distance ($>14.4 \text{ km/h}$); HR = heart rate; LI = low intensity; MI = moderate intensity; HI = high intensity. Velocity zones: walking = $0-7.19 \text{ km/h}$, jogging = $7.20-14.39 \text{ km/h}$, running = $14.40-21.59 \text{ km/h}$, and sprinting = $>21.6 \text{ km/h}$. Acceleration/deceleration zones: low intensity = $0-1.99 \text{ m/s}^2$, moderate intensity = $2-3.99 \text{ m/s}^2$, and high intensity = $>4 \text{ m/s}^2$.

Quelle: Akiyama et al. (2019, S. 292)

Tab. 6: Aktivitätsprofile für jedes Viertel

	Quarter	AT	MD	DF	P-value	Effect size
Distance (m)	1	1638 ± 202	759 ± 253	1346 ± 516	Interaction (quarter × position): 0.741	0.077
	2	1377 ± 663	791 ± 350	1184 ± 526	Main effect	
	3	1358 ± 423	710 ± 306	1105 ± 413	Quarter: 0.557	0.092
	4	1131 ± 534	763 ± 296	1237 ± 401	Position: <0.001	0.779
Average speed (m/min)	1	71 ± 11	105 ± 16	98 ± 39	Interaction (quarter × position): 0.503	0.114
	2	74 ± 9	107 ± 16	86 ± 28	Main effect	
	3	73 ± 7	116 ± 17	93 ± 26	Quarter: 0.264	0.169
	4	69 ± 9	112 ± 11	82 ± 24	Position: <0.001	0.907
HSD (m)	1	218 ± 184	248 ± 138	271 ± 158	Interaction (quarter × position): 0.897	0.049
	2	250 ± 161	277 ± 122	281 ± 179	Main effect	
	3	215 ± 149	266 ± 117	239 ± 107	Quarter: 0.853	0.036
	4	226 ± 103	288 ± 133	221 ± 162	Position: 0.105	0.276
HSD ratio (%)	1	19 ± 5	32 ± 9	29 ± 17	Interaction (quarter × position): 0.996	0.014
	2	19 ± 4	35 ± 9	27 ± 12	Main effect	
	3	20 ± 4	38 ± 9	26 ± 13	Quarter: 0.614	0.081
	4	21 ± 8	37 ± 9	22 ± 12	Position: <0.001	0.851
LI decelerations (n)	1	127 ± 11	54 ± 17	121 ± 61	Interaction (quarter × position): 0.076	0.229
	2	104 ± 53	50 ± 21	95 ± 46	Main effect	
	3	100 ± 32	51 ± 24	91 ± 43	Quarter: 0.792	0.047
	4	90 ± 48	52 ± 24	111 ± 41	Position: 0.002	0.593
MI decelerations (n)	1	13 ± 4	9 ± 4	13 ± 7	Interaction (quarter × position): 0.602	0.098
	2	14 ± 7	9 ± 4	10 ± 5	Main effect	
	3	11 ± 4	7 ± 4	10 ± 4	Quarter: 0.175	0.206
	4	10 ± 5	10 ± 5	12 ± 5	Position: <0.001	0.843
LI accelerations (n)	1	109 ± 10	52 ± 15	107 ± 59	Interaction (quarter × position): 0.795	0.068
	2	90 ± 46	49 ± 22	80 ± 39	Main effect	
	3	86 ± 28	46 ± 22	85 ± 41	Quarter: 0.379	0.134
	4	75 ± 36	50 ± 23	104 ± 35	Position: <0.001	0.819
MI accelerations (n)	1	15 ± 4	11 ± 5	16 ± 6	Interaction (quarter × position): 0.543	0.108
	2	15 ± 7	10 ± 4	12 ± 6	Main effect	
	3	13 ± 4	9 ± 5	12 ± 6	Quarter: 0.458	0.114
	4	13 ± 5	10 ± 4	14 ± 6	Position: 0.543	0.497

HSD = high-speed running distance (>14.4 km/h). HSD ratio = HSD/Distance; LI = low intensity; MI = moderate intensity; Acceleration/deceleration zones: low intensity = 0–1.99 m/s²; moderate intensity = 2–3.99 m/s²

Quelle: Akiyama et al. (2019, S. 292)

3.2 Fußball

Für den Bereich Fußball werden die Studien von Andrzejewski et al. (2018), Curtis et al. (2018) und Wehbe, Hartwig und Duncan (2014) verglichen. Andrzejewski et al. (2018) untersuchten 1178 männliche Spieler von 21 Teams, der polnischen „Premier League“, über insgesamt 81 Spiele und 4 Saisonen. Sie unterteilten in folgende Positionen: Außenverteidiger (n = 289), Innenverteidiger (n = 307), zentrale Mittelfeldspieler (n = 327), äußere Mittelfeldspieler (n = 152) und Angreifer (n = 103) (Andrzejewski et al., 2018). Es kam ein „semi-automatic computerized player tracking system“ von Amisco Pro (Version 1.0.2) zum Einsatz, um die motorischen Aktivitäten der Spieler zu protokollieren. Dieses multiple Kamerasystem nutzte eine Abtastfrequenz von 25 Hz und dokumentierte dabei die Bewegungen der Spieler (Andrzejewski et al., 2018). Wehbe et al. (2014) analysierten die Daten von 19 männlichen professionellen Fußballspielern (26 ± 5 Jahre, 180 ± 6 cm, 78 ± 5 kg) der australischen „A-League“. Diese absolvierten insgesamt 8 Vorbereitungsspiele. Sie wurden weiters in die Positionen Verteidiger (n = 6), Mittelfeldspieler (n = 9) und An-

greifer ($n = 4$) eingeteilt. Für die Studie wurde ein 5 Hz GPS zur Datenerhebung eingesetzt (Wehbe et al., 2014). Curtis et al. (2018) untersuchten 18 männliche „NCAA Division I“ Fußballspieler (20 ± 1 Jahre, 181 ± 7 cm, 79 ± 7 kg) über 24 Spiele. Des Weiteren definierte man folgende Positionen: Angreifer ($n = 3$), äußere Mittelfeldspieler ($n = 5$), zentrale Mittelfeldspieler ($n = 4$) und Verteidiger ($n = 6$). Die Daten wurden mittels 10 Hz GPS (MinimaxX, v.4.0, Catapult Innovations) und Herzfrequenzgurt (Polar Team 2) dokumentiert (Curtis et al., 2018).

In der Studie von Andrzejewski et al. (2018) absolvierten die zentralen Mittelfeldspieler die größte Distanz pro Spiel (11894 m) und die Innenverteidiger die kleinste (10503 m). Wehbe et al. (2014) kamen zu einem ähnlichen Ergebnis. Hier absolvierten die Mittelfeldspieler (10770 m) die meisten und die Verteidiger (9643 m) die wenigsten Meter. Im Artikel von Curtis et al. (2018) wurde ebenfalls festgehalten, dass die zentralen Mittelfeldspieler (9941 m) die größten Strecken zurücklegten. Allerdings dokumentierte man die kleinste Distanz bei den Angreifern (8948 m) (Curtis et al., 2018). In der Untersuchung von Andrzejewski et al. (2018) absolvierten die Spieler die meisten Meter in der „Speed-Zone Stehen/Gehen“. Gleiches gilt für die „Speed-Zone Gehen“ der beiden anderen Studien (Curtis et al., 2018; Wehbe et al., 2014). In allen Artikeln wurden die kleinsten Strecken in der Zone „Sprint“ zurückgelegt (Andrzejewski et al., 2018; Curtis et al., 2018; Wehbe et al., 2014). Andrzejewski et al. (2018) dokumentierten, dass die zentralen Mittelfeldspieler signifikant mehr Meter in der „Speed-Zone Joggen“ absolvierten als alle anderen Positionen. Die Untersuchung von Wehbe et al. (2014) hielt ebenfalls einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelfeldspielern und den Verteidigern fest. Weiters zeigten Curtis et al. (2018), dass die zentralen Mittelfeldspieler in dieser Zone signifikant größere Distanzen zurücklegten als die Verteidiger oder Angreifer. Andrzejewski et al. (2018) dokumentierten für die „Speed-Zonen Laufen / schnelles Laufen“ signifikante Unterschiede zwischen den Positionen. Die zentralen Mittelfeldspieler absolvierten besonders in der Zone „Laufen“ die größten Strecken. In der Studie von Wehbe et al. (2014) hielten sich die Mittelfeldspieler signifikant länger in dieser Zone auf als die Verteidiger. Im Paper von Curtis et al. (2018) legten sowohl die Angreifer als auch die zentralen beziehungsweise äußeren Mittelfeldspieler signifikant mehr Meter im Bereich „Laufen“ zurück, im Vergleich zu den Verteidigern. In der „Speed-Zone Sprint“ absolvierten die äußeren Mittelfeldspieler signifikant größere Distanzen als die anderen Spieler, laut Andrzejewski et al. (2018). Ein ähnliches Ergebnis konnten Curtis et al. (2018) festhalten. Für die „Speed-Zonen“ gilt es zu beachten, dass diese in allen Studien mit unterschiedlichen „km/h“ oder „m/s“ Werten beschrieben wurden (Andrzejewski et al., 2018; Curtis et al., 2018; Wehbe et al., 2014). In der Untersuchung von Curtis et al. (2018) wurde des Weiteren die durchschnittliche

Tab. 9: Übersicht der erhobenen Daten und Parameter

Variable	Defender	Forward	Center midfielder	Wide midfielder	All positions
Distance (m)	8,985 ± 2,158	8,948 ± 2,005	9,941 ± 2,140	9,593 ± 2,290	9,367 ± 2,149
Average speed (m·min ⁻¹)	87 ± 20	87 ± 19	97 ± 20	94 ± 22	92 ± 20
Player load (au)	888 ± 177	916 ± 209	1,035 ± 220	919 ± 210	939 ± 198
HSD distance (m)	1,328 ± 369	1,721 ± 498	1,837 ± 579	1,915 ± 611	1,700 ± 369
Average HR (%)	77 ± 9	76 ± 8	78 ± 7	79 ± 7	78 ± 8
Efficiency index (au)	1.11 ± 0.22	1.16 ± 0.24	1.24 ± 0.25	1.17 ± 0.24	1.17 ± 0.20
Walk distance (m)	4,054 ± 1,060	3,540 ± 748	3,698 ± 606	3,786 ± 959	3,767 ± 843
Jog distance (m)	3,603 ± 917	3,685 ± 1,012	4,404 ± 1,211	3,890 ± 975	3,896 ± 1,028
Run distance (m)	1,114 ± 298	1,392 ± 398	1,636 ± 525	1,524 ± 507	1,417 ± 432
Sprint distance (m)	214 ± 113	329 ± 147	201 ± 83	391 ± 146	283 ± 122
LI acceleration (n)	914 ± 391	1,195 ± 402	1,172 ± 416	876 ± 435	1,039 ± 411
MI accelerations (n)	656 ± 186	755 ± 210	724 ± 187	640 ± 210	694 ± 198
HI acceleration (n)	124 ± 41	121 ± 30	113 ± 31	129 ± 30	121 ± 33
LI deceleration (n)	888 ± 376	1,094 ± 371	1,111 ± 423	855 ± 407	987 ± 394
MI decelerations (n)	525 ± 149	642 ± 185	591 ± 162	532 ± 185	572 ± 170
HI decelerations (n)	86 ± 27	89 ± 21	82 ± 18	96 ± 24	88 ± 23

*HSD = high-speed running distance (>14.4 km·h⁻¹); HR = heart rate; Eff index = efficiency index; AU = arbitrary unit; LI = low intensity; MI = moderate intensity; HI = high intensity.

†Velocity zones: walking = 0–7.19 km·h⁻¹, jogging = 7.20–14.39 km·h⁻¹, running = 14.40–21.59 km·h⁻¹, and sprinting = >21.6 km·h⁻¹.

‡Acceleration/deceleration zones: low intensity = 0–1.99 m·s⁻², moderate intensity = 2–3.99 m·s⁻², and high intensity = >4 m·s⁻².

Quelle: Curtis et al. (2018, S. 2908)

3.3 Rugby

Austin und Kelly (2013) untersuchten 185 Spieler eines „Rugby League“ Clubs aus Australien. Dabei wurden 28 Spiele der Saison 2010 genauer betrachtet. Das Team teilte man in die folgenden Positionen auf: „backs“ („halfback“, „five-eight“, „center“, „wing“, „full-back“) (Anzahl 82: 25 ± 3 Jahre; 106 ± 8 kg; 186 ± 5 cm); „forwards“ („front row“, „back row“, „lock“) (Anzahl 103: 24 ± 4 Jahre; 94 ± 4 kg; 185 ± 6 cm). Die Spieler erhielten alle ein 5 Hz GPS (SPI Elite, GPSports Systems), welches zwischen den Schulterblättern angebracht wurde (Austin & Kelly, 2013). Cunliffe, Proctor, Baker und Davies (2009) dokumentierten die physiologischen Anforderungen von 3 Rugby-Spielern (25 ± 4 Jahre; 105 ± 10 kg; 193 ± 10 cm) der höchsten irischen Liga. Dabei wurden die Daten eines Freundschaftsspiels aufgezeichnet. Man untersuchte 1 „back“ („out-half“) und 2 „forwards“ („back row“, „lock“). Mittels 1 Hz GPS (SPI Elite, GPSports System) und Herzfrequenzgurt (Polar Electro) wurden die Aufzeichnungen festgehalten (Cunliffe et al., 2009).

In der Studie von Austin und Kelly (2013) konnte ein signifikanter Unterschied bezüglich der zurückgelegten Gesamtdistanz dokumentiert werden. Die Verteidiger (7628 ± 744 m) absolvierten mehr Meter als die Angreifer (5964 ± 696 m). Cunliffe et al. (2009) konnten ähnliches festhalten. Hier legten die Verteidiger ebenfalls die größere Distanz zurück. Laut Austin und Kelly (2013), hielten sich die Verteidiger signifikant öfters als die Angreifer in der Zone „high-speed running“ (>18 km·h⁻¹) auf. In der Untersuchung von Cunliffe et al. (2009) absolvierten hingegen die Angreifer die größere Strecke in dieser Zone. Sowohl im

Artikel von Austin und Kelly (2013) als auch in jenem von Cunniffe et al. (2009), verbrachten alle Positionen die meiste Zeit im „Stehen“, „Gehen“ oder „Joggen“. Austin und Kelly (2013) zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen Verteidigern (5844 ± 549 m) und Angreifern (4655 ± 568 m), bezüglich der eben genannten Zonen, auf. In der „Speed-Zone Sprint“ konnten ebenfalls bei beiden Studien mehr zurückgelegte Meter für die Verteidiger festgehalten werden (Austin & Kelly, 2013; Cunniffe et al., 2009). Der Unterschied zwischen den Positionen war in der Studie von Austin und Kelly (2013) signifikant. Cunniffe et al. (2009) dokumentierten folgende durchschnittliche Herzfrequenzen: Verteidiger $172 \text{ b} \cdot \text{min}^{-1}$ und Angreifer $170 \text{ b} \cdot \text{min}^{-1}$. Im Vergleich verbrachten die Verteidiger mehr Zeit in der Zone 80-90% der HRmax. Die Angreifer hielten sich dafür länger in der Zone 90-95% der HRmax auf (Cunniffe et al., 2009).

Eine genauere Interpretation der Daten kann mittels der Tabellen 10, 11, und 12 vollzogen werden.

Tab. 10: Distanz und Prozent die in den "Speed-Zonen" verbracht wurden

	Forwards		Backs	
	Mean (SD) distance (m)	Percentage of total distance	Mean (SD) distance (m)	Percentage of total distance
Standing, walking, or jogging ($0-12 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)	$4,655 \pm 568$	79	$5,844 \pm 549^*$	77
Cruising ($12-14 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)	433 ± 78	7	455 ± 74	6
Striding ($14-18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)	410 ± 75	6	$549 \pm 104^*$	7
High-intensity running ($18-20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)	224 ± 38	4	$377 \pm 78^*$	5
Sprinting ($20-24 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)	148 ± 47	3	$229 \pm 60^*$	3
High-intensity sprinting ($>24 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)	60 ± 32	1	$143 \pm 67^*$	2

*Significantly ($p < 0.05$) different from forwards.

Quelle: Austin und Kelly (2013, S. 15)

Tab. 11: Spieldaten für die Position und Hälfte

Work variable	Player position	
	Back	Forward
Total distance (m)	7,227 (3,318; 3,542)	6,680 (2,931; 3,236)
Distance/min	71.9 (78.9; 84.9)	66.7 (69.7; 77.5)
Total time (min)	83.49 (42.0; 41.4)	83.49 (42.0; 41.4)
Total HR exertion (AU)	25,762 (11,273; 9,855)	26,388 (10,785; 10,913)
HR exertion/min	309 (268; 238)	316 (256; 263)
Maximum HR ($\text{b} \cdot \text{min}^{-1}$)	199 (second half)	200 (second half)
Mean HR ($\text{b} \cdot \text{min}^{-1}$)	172 (177; 167)	170 (170; 171)
Mean work to rest ratio	1:5.7 (1:5.1; 1:4.7)	1:5.8 (1:5.7; 1:4.8)

*AU = arbitrary units; HR = heart rate.

†Values inside parentheses are those for first and second halves, respectively.

Quelle: Cunniffe et al. (2009, S. 1197)

Tab. 12: Zurückgelegte Meter in den "Speed-Zonen"

Distance (m) within speed zone	Player position	
	Back	Forward
Standing and walking: 0–6 km·h ⁻¹	2,802 (1,247; 1,314)	2,409 (1,124; 1,110)
Jogging: 6–12 km·h ⁻¹	1,956 (794; 1,054)	1,856 (722; 948)
Cruising: 12–14 km·h ⁻¹	673 (332; 330)	746 (310; 362)
Striding: 14–18 km·h ⁻¹	978 (532; 439)	1,011 (479; 481)
High-intensity running: 18–20 km·h ⁻¹	292 (172; 120)	342 (138; 177)
Sprinting: >20 km·h ⁻¹	524 (241; 283)	313 (157; 159)

*Values inside parentheses are those for first and second halves, respectively.

Quelle: Cunniffe et al. (2009, S. 1198)

3.4 Australian Football

Aughey (2010) untersuchte 18 Spieler (26 ± 4 Jahre; 188 ± 8 cm; 91 ± 9 kg) der höchsten australischen „Football League“. Er hielt Daten von 1 bis zu 17 Spielen, während der Saison 2008/09, fest. Zum Einsatz kam ein 5 Hz GPS (MinimaxX Team Sports 2.0, Catapult Innovations) (Aughey, 2010). Coutts et al. (2010) befassten sich mit der physischen Performance von 16 „Australian Football League“-Spielern (24 ± 3 Jahre; 86 ± 8 kg; 188 ± 5 cm). Die Daten wurden über 25 offizielle Spiele erhoben. Das Team stellte man mit 1 Hz GPS aus (Coutts et al., 2010).

Die Spieler der australischen „Football League“ absolvierten in beiden Studien im Durchschnitt circa 12800 Meter pro Spiel (Aughey, 2010; Coutts et al., 2010). Ein signifikanter Unterschied zeigte sich in der „total distance“ zwischen dem 1.Viertel und den anderen (Coutts et al., 2010). Die größten Distanzen wurden in den Zonen „Stehen“, „Gehen“ und „Joggen“ zurückgelegt (Coutts et al., 2010). Aughey (2010) hielt ebenfalls eine größere Gesamtstrecke für die „Low Intensity Activity Distance“ als für die „High Intensity Running Distance“ fest. Bezüglich des Parameters „Joggen“ gab es einen signifikanten Unterschied zwischen dem 1.Viertel und den anderen Vierteln (Coutts et al., 2010). Die meisten „Sprints“ wurden im 1.Viertel absolviert. Hier konnte ein signifikanter Unterschied zum 4.Viertel aufgezeigt werden. In der „Speed-Zone Higher-speed running“ absolvierten die Spieler die meisten Meter ebenfalls im 1.Viertel. Ähnliches galt für die Zone „Laufen“, wobei sich das 4.Viertel signifikant vom 1.-, 2.- und 3.Viertel unterschied (Coutts et al., 2010).

Eine detaillierte Darstellung der erhobenen Daten, aus den beiden Studien, ist in den Tabellen 13 und 14 zu finden.

Tab. 13: "Game running performance" in den Vierteln

Variable	1st	2nd	3rd	4th
Game movements (time)				
Stand (s)	179 ± 116	242 ± 169	241 ± 170	221 ± 259
Walk (s)	955 ± 152	952 ± 187	988 ± 157	1010 ± 185
Jog (s)	422 ± 75	378 ± 76 ^a	377 ± 71 ^a	371 ± 95 ^a
Run (s)	156 ± 41	139 ± 33	138 ± 39	119 ± 33 ^a
Higher-speed running (s)	44 ± 17	40 ± 15	40 ± 15	36 ± 13
Sprint (s)	25 ± 10	21 ± 10	21 ± 11	18 ± 10 ^a
Game movements (distance)				
Walk (m)	1130 ± 201	1070 ± 214	1130 ± 202	1130 ± 228
Jog (m)	1121 ± 267	1096 ± 218 ^a	1096 ± 266 ^a	1049 ± 242 ^a
Run (m)	675 ± 158	619 ± 152	610 ± 175	525 ± 145 ^{a,b,c}
Higher-speed running (m)	242 ± 95	220 ± 87	221 ± 85	198 ± 74
Sprint (m)	168 ± 73	142 ± 68	140 ± 78	121 ± 66 ^a
Match distances				
TD (m)	3463 ± 403	3186 ± 461 ^a	3232 ± 460 ^a	3058 ± 433 ^a
HIR (m)	1090 ± 212	980 ± 219 ^a	971 ± 256 ^a	844 ± 198 ^{a,b,c}
LIA (m)	2380 ± 324	2210 ± 333	2260 ± 341	2210 ± 352
Other				
Average speed (m min ⁻¹)	117 ± 14	108 ± 15 ^a	108 ± 17 ^a	103 ± 14 ^a
Sprint number	7.7 ± 2.6	7.2 ± 3.1	7.5 ± 4.7	6.2 ± 2.8
Peak speed (km h ⁻¹)	29.1 ± 1.9	28.4 ± 1.8	28.0 ± 1.9 ^a	28.4 ± 2.0

TD = total distance; HIR = high-intensity running distance; LIA = low-intensity activity distance; peak speed = highest speed recorded during the quarter.

^a Significantly different to first quarter.

^b Significantly different to second quarter.

^c Significantly different to third quarter.

Quelle: Coutts et al. (2010, S. 545)

Tab. 14: Bewegungs- und Beschleunigungsdaten

Variable	Unit	Mean ± SD
Distance	Total (m)	12734 ± 1596
	m·min ⁻¹	127 ± 17
LIA Distance	Total (m)	9011 ± 1137
	m·min ⁻¹	89 ± 11
HIR Distance	Total (m)	3334 ± 756
	m·min ⁻¹	34 ± 9
Maximal Accelerations	Total (#)	96 ± 41
	accel·min ⁻¹	0.99 ± 0.39

Note. LIA is low intensity activity performed at a velocity between 0.01 and 4.17 m·s⁻¹; HIR is high intensity running defined as running performed at a velocity between 4.17 and 10.00 m·s⁻¹; maximal accelerations were defined as a change in velocity of between 2.78 and 10.00 m·s⁻².

Quelle: Aughey (2010, S. 397)

4 Die Parameter

Im folgenden Kapitel wird näher auf die Parameter die in der Studie untersucht wurden eingegangen. Die Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“ waren jene Bereiche die es zu erheben galt. Dafür wurden 15 Spieler des österreichischen Herren-Lacrosse-Nationalteams herangezogen und über 8 Spiele Daten erhoben.

Herzfrequenz-Prozent & Herzfrequenz-Zonen

„Das Herz ist der zentrale Motor des Kreislaufs, die Pumpe, die das Blut ununterbrochen, allerdings pulsatil, im Gefäßsystem zirkulieren lässt“ (Haber, 2018). Die Einheit der Herzfrequenz, für die vorliegende Arbeit, ist Schläge pro Minute. Über das vegetative Nervensystem, wird bei körperlicher Ruhe die Herzfrequenz durch das im Gehirn liegende Kreislaufzentrum beeinflusst. Bei Muskelaktivität und mittels dem Nebennierenmark, welches Katecholamine ausschüttet, werden sympathische Erregungen ausgelöst, die zu einer Zunahme der HF führen (Haber, 2018). Die Ruhe- beziehungsweise Belastungsherzschlagfrequenz sind von folgenden Einflussfaktoren abhängig: Lebensalter, Geschlecht, Herzgröße, Leistungsfähigkeit in der Sportart, Trainingsalter in der Sportart, Ermüdungszustand und Gesundheitszustand (Hottenrott & Neumann, 2016). Um die individuelle maximale Herzfrequenz (HFmax) der Spieler festzustellen wurde ein „YoYo-Level 1 Test“ durchgeführt (Bangsbo, Iaia & Krstrup, 2008; Fanchini et al., 2014). Die „YoYo-Tests“ sind eine Methode, um die aeroben Kapazitäten der Sportler zu definieren, wenn sie wiederholende hoch-intensive Aktivitäten ausüben (Fanchini et al., 2014). Nach der Testung konnten die maximalen Herzfrequenzen in die „OmniSense™ 5.0 Software“ importiert und in Folge die prozentuellen Anteile der HFmax dokumentiert werden. Des Weiteren teilte man die Herzfrequenz in Zonen ein: Zone 1 <75%, Zone 2 75-84,9%, Zone 3 85-89,9% und Zone 4 ≥90% (Abrantes et al., 2012). Um die Daten vergleichen zu können, hielt man die Sekunden fest die in der jeweiligen Zone verbracht wurden. In der weiteren Masterarbeit und in den Tabellen werden die Parameter Herzfrequenzmittelwert als „Hrmean“ und die Herzfrequenz-Zonen als „HR-Zone“ angegeben.

Atemfrequenz

Bei der Atmung unterscheidet man zwischen den Phasen der Einatmung und Ausatmung. Der Sauerstoff wird bei der Einatmung in die Lungen transportiert und dort in den Alveolen weiterverarbeitet (Menche, 2016). Die drei Teilfunktionen der Lunge sind die Ventilation (Belüftung des Alveolarraums), die Diffusion (Gasaustausch zwischen dem Alveolarraum und dem Kapillarblut) und die Perfusion (Durchblutung der Lungenkapillaren) (Haber,

2018). Im Rahmen der Masterarbeit wurden die Atemzüge pro Minute der Spieler dokumentiert. Die Atemfrequenz wird über einen Sensor (auf dem Brustgurt), der aus Schichten von leitendem Stoff, Schaum und flexiblem Mylar besteht, gemessen (Cubitt Code, 2009). Durch die Erweiterung beziehungsweise Kontraktion des Brustkorbs kann der Sensor die Atemzüge pro Minute dokumentieren (Kim, Roberge, Powell, Shafer & Jon Williams, 2013). Der Parameter Atemfrequenz wird in der folgenden Arbeit auch als „Atemfreq_mean“ angegeben. Die Abkürzung „numb“ steht für die Anzahl der Atemzüge.

„Distance over time“

Der Parameter „Distance over time“ wird im Laufe der Dokumentation auch als „Distanz“ bezeichnet werden. Es wurden die über ein gesamtes Spiel zurückgelegten Meter festgehalten. Dies erfolgte mittels „Global Positioning System“ (GPS) (Larsson, 2003; M. T. U. Scott, Scott & Kelly, 2015; Zephyr Performance Systems: Physiological & Biomechanical, 2019).

„Speed over Time“

Die „Speed over time“ wird in weiterer Folge auch als „Speed-Zonen“ benannt. Dieser Parameter wurde in die Zonen: Stehen ($0-0,2 \text{ m s}^{-1}$) („Speed-Zone 1“), Gehen ($0,2-1,8 \text{ m s}^{-1}$) („Speed-Zone 2“), niedrig intensiver Lauf ($1,8-3,3 \text{ m s}^{-1}$) („Speed-Zone 3“), hoch intensiver Lauf ($3,3-5,7 \text{ m s}^{-1}$) („Speed-Zone 4“) und Sprint ($>5,7 \text{ m s}^{-1}$) („Speed-Zone 5“) eingeteilt (Polley et al., 2015). Die unterschiedlichen Geschwindigkeiten dokumentierte man mit Hilfe des „Global Positioning System“ (GPS) (Larsson, 2003; M. T. U. Scott et al., 2015; Zephyr Performance Systems: Physiological & Biomechanical, 2019). Nach der Erhebung der Daten wurden die absolvierten Meter pro Zone berechnet.

5 Die Technologien

Im Rahmen der Studie und Masterarbeit kam das „Zephyr™ Performance System“ zum Einsatz. In diesem Abschnitt werden die verwendeten Technologien genauer beleuchtet.

5.1 Zephyr™ Bio- & GPS-Modul

Die Datenerhebung erfolgte mit dem „Zephyr™ Performance System“. In weiterer Folge wurden diese mit der „OmniSense™ 5.0 Software“ analysiert. Für jeden Spieler kamen ein Bio- und ein GPS-Modul zum Einsatz, wie in Abbildung 3 und 4 dargestellt. Diese konnten in ein Shirt integriert oder mit einem Gurt getragen werden. Bei den Kompressionshirts war der Herzfrequenzgurt bereits ein Teil des T-Shirts (Abb. 5). Der Sensor wurde unterhalb der Brust, in einer dafür vorgesehenen Halterung, angebracht (Abb. 5). Für das GPS-Modul war eine Tasche zwischen den Schulterblättern vorgesehen. Bei der Variante Herzfrequenzgurt ohne Shirt, wurde das GPS-Modul ebenfalls an einem Gurt hinter dem Schulterblatt positioniert (Abb. 6).



Abb. 3: Bio-Modul (Zephyr Performance System: Components, 2019)



Abb. 4: GPS-Modul (Zephyr Performance System: Components, 2019)



Abb. 5: Kompressionsshirt (Johnson Sports Training, 2019)



Abb. 6: Herzfrequenz- und GPS-Gurt (Woodman, 2017a, S. 19)

Das BioModul zeichnet die Herzfrequenz über Hautelektroden auf, welche die elektrischen Impulse erfassen (Nazari, MacDermid, Sindén, Richardson & Tang, 2017). Diese Impulse werden dann an das Modul gesendet und dort verarbeitet. Die Einheit des Herzfrequenzparameters ist $\text{b} \cdot \text{min}^{-1}$. Das BioModul kann bis zu 26 Stunden aufzeichnen und an die 20 Tage dokumentieren (Nazari et al., 2017). Die Atemfrequenz wird über einen Sensor, der aus Schichten von leitendem Stoff, Schaum und flexiblem Mylar besteht, gemessen (Cubitt Code, 2009). Durch die Erweiterung beziehungsweise Kontraktion des Brustkorbs kann der Sensor die Atemzüge pro Minute dokumentieren (Kim et al., 2013). Ursprünglich diente das „Global Positioning System (GPS)“ als Navigationssystem und wurde vom „American Department of Defense“ entwickelt. Es besteht aus 27 Satelliten die rund um die Erde platziert sind (Scott et al., 2015). Diese Satelliten senden kontinuierlich ein Signal an den GPS-Empfänger und berechnen die Distanz zu ihm. Durch die Berechnung der Distanz zu mindestens 4 Satelliten, können der genaue Breitengrad, Längengrad und die Höhe festgestellt werden (Larsson, 2003). Beim GPS-Modul „QSTARZ 818XT“ kommt eine 10Hz Updaterate zum Einsatz (QSTARZ 818XT, 2019). Das Bio- und das GPS-Modul messen und dokumentieren folgende Parameter:

Raw Physiological: Heart Rate, Breathing Rate, Heart Rate Variability; Accelerometry: Posture, Activity, Peak Acceleration, Accelerometry, Impact; Assessment: Jump Height & Flight Time, Explosiveness, Peak force; Quality: Heart Rate Confidence; Dependent Physiological: Estimated Core Body Temperature, Caloric Burn, Percent of Heart Rate Max, Percent of Heart Rate at Anaerobic Threshold, Heart Rate Recovery; Workout Summary: Physiological Load, Physiological Intensity, Mechanical Load, Mechanical Intensity, Training Load, Training Intensity; GPS/Accessory Input: GPS Speed, GPS Distance, GPS Elevation, Blood Pressure, SpO₂. (Zephyr Performance Systems: Physiological & Biomechanical, 2019)

5.1.1 Übertragung der Daten

Wie in Abbildung 7 dargestellt senden die am Gürtel oder im T-Shirt befestigten Module über einen „ECHO Radio Link“ die notwendigen Daten an den PC. Über ein „ECHO Gateway“ wird die Reichweite erhöht beziehungsweise die Übertragung bei größeren Distanzen verbessert. Auf dem PC können mittels der „OmniSense™ 5.0 Software“ die Livedaten betrachtet werden.



Abb. 7: Veranschaulichung der Datenübertragung (Woodman, 2017b, S. 2)

5.1.2 Reliabilität und Validität der Systeme

Um die Genauigkeit eines Tests oder Systems zu gewährleisten, müssen diese gewisse Gütekriterien erfüllen (Jansen, 2012). Im Anschluss werden Definitionen der wichtigsten Kriterien zitiert und die Systeme mit Hilfe von Studien genauer betrachtet.

„Unter der Reliabilität oder der Zuverlässigkeit eines Tests versteht man den Grad der Genauigkeit, mit dem er ein bestimmtes Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmal misst, gleichgültig, ob er dieses Merkmal auch zu messen beansprucht“ (Lienert & Raatz, 1998, S. 9) „Reliability is referred to as the overall consistency of a device“ (De Vet, Terwee, Knol & Bouter, 2006; zit. n. Nazari et al., 2017, S. 560).

„Die Validität oder Gültigkeit eines Test gibt den Grad der Genauigkeit an, mit dem dieser Test dasjenige Persönlichkeitsmerkmal oder diejenige Verhaltensweise, das (die) er mes-

sen oder vorhersagen soll, tatsächlich misst oder vorhersagt“ (Lienert & Raatz, 1998, S. 10)

Es konnte in mehreren Studien eine hohe Reliabilität sowie eine hohe Validität des Bio-Moduls nachgewiesen werden (Johnstone, Ford, Hughes, Watson & Garrett, 2012a, 2012b; Kim et al., 2013; Nazari et al., 2017; Nazari & MacDermid, 2019). Die Tests zur Überprüfung des Systems wurden auf dem Laufband (Johnstone et al., 2012a, 2012b; Rawstorn et al., 2015), dem Ergometer (Johnstone et al., 2012a, 2012b; Rawstorn et al., 2015), mittels „Modified Canadian Aerobic Fitness Test“ (Nazari et al., 2017; Nazari & MacDermid, 2019) und mittels „Graded Exercise Test“ beziehungsweise „Heat Exposure Test“ (Kim et al., 2013) durchgeführt. Nazari et al. (2017) erwähnen unter anderem folgende Limitierungen bezüglich der Studien: Stichprobengröße, hauptsächlich junge männliche Teilnehmer und die Messung der Reliabilität nur während der Aktivität.

Bei den GPS-Modulen unterscheidet man zwischen den Geräten mit 1Hz, 5 Hz und 10Hz Updaterate (Portas, Harley, Barnes & Rush, 2010; Scott et al., 2015). Bezüglich der Reliabilität und Validität, weist das 10Hz GPS-Modul die besten Werte für die Anforderungen der Teamsportarten auf (Castellano, Casamichana, Calleja-González, Román & Ostojic, 2011; Scott et al., 2015; Varley, Fairweather & Aughey, 2012). Scott et al. (2015) betonen dennoch den geringeren Forschungsstand der 10Hz-Geräte, im Vergleich zu den 1Hz- und 5Hz-Geräten. Sie halten die positiven Erkenntnisse fest, weisen aber trotzdem auf die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen hin (Scott et al., 2015). Für die Testungen, im Rahmen der Masterarbeit, wurde das GPS-Modul „QSTARZ 818XT“ mit einer 10Hz Updaterate eingesetzt (QSTARZ 818XT, 2019).

6 Methode

Im Rahmen der Lacrosse Weltmeisterschaft 2018 wurden die in Anschluss erwähnten Parameter der österreichischen Nationalmannschaft aufgezeichnet. Dies diente zur Untersuchung der Aktivitätsprofile von männlichen Lacrossespielern. Das Studiendesign wurde an der Universität Wien, Institut für Sportwissenschaft, entwickelt. Jegliche Vorbereitungen und Vorkehrungen traf man ebenfalls am Institut.

Anlässlich der Lacrosse WM 2018, in Israel, wurden folgende Parameter bei der österreichischen Nationalmannschaft dokumentiert: Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“. Die Herzfrequenz-Zonen wurden in Anlehnung an Abrantes et al. (2012) unterteilt in: Zone 1 <75%, Zone 2 75-84,9%, Zone 3 85-89,9% und Zone 4 $\geq 90\%$. Die „Speed over time“-Zonen wurden in Anlehnung an Polley et al. (2015) wie folgt festgelegt: Stehen ($0-0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), Gehen ($0,2-1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), niedrig intensiver Lauf ($1,8-3,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), hoch intensiver Lauf ($3,3-5,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) und Sprint ($>5,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Im Rahmen des Turniers erhielten 15 männliche Lacrossespieler ein GPS/Accelerometer Modul und einen Herzfrequenzsensor. Mit Hilfe der Mikrotechnologien wurden über 8 Spiele Daten aufgezeichnet. Für die Datenerhebung kam das „Zephyr™ Performance System“ zum Einsatz. Je nach Position wurden die Spieler als Angreifer, Mittelfeldspieler oder Verteidiger definiert. Bereits vor der WM hatten sie die Möglichkeit sich mit den Technologien vertraut zu machen und diese bei Spielen zu testen. So konnten gleichzeitig erste Testdaten erhoben und eventuelle Fehlerquellen behoben werden. Die gesammelten Datensätze des Turniers wurden mittels der „OmniSense™ 5.0 Software“ importiert und für die weitere Auswertung bereinigt.

Die Untersuchung bediente sich der quantitativen Methode. Das Datenmaterial wurde mittels GPS, Accelerometer und Herzfrequenzsensor erhoben. Analyse und Auswertung erfolgten über das Statistik-Programm „IBM SPSS Statistics 24“ und das Office-Programm „Excel“.

6.1 Forschungsdesign

Zur Erhebung beziehungsweise genaueren Betrachtung der Aktivitätsprofile von männlichen Lacrossespielern, wurde im Rahmen der Lacrosse WM 2018, in Israel, die österreichische Nationalmannschaft herangezogen. 15 Spieler des Nationalteams trugen GPS/Accelerometer/Herzfrequenz-Module, um die notwendigen Daten aufzuzeichnen. Folgende Parameter erhob man dabei: Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atem-

frequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“. Insgesamt wurden 8 Spiele dokumentiert. Jeder Spieler kam bei diesen Spielen zum Einsatz.

Bereits vor der Weltmeisterschaft testete man in Trainingsspielen das System. Die Spieler konnten sich auf diesem Weg mit dem Equipment vertraut machen. Sowohl das Gurtsystem als auch das Kompressionsshirt kamen hier zum Einsatz. Im Rahmen der ersten Testungen war es möglich den Spielern den genauen Ablauf beziehungsweise die Funktion und den Nutzen des Systems zu erläutern. Die dabei erhobenen Daten wurden anschließend betrachtet und analysiert. So konnten noch Änderungen bezüglich der Einstellungen vorgenommen werden, um bei der WM bereits alle Vorkehrungen getroffen zu haben. Weiters diente es den Anleitern der Testung dazu das System zu verstehen und es richtig einzusetzen, um eine hohe Qualität der Daten zu gewährleisten.

Für die Ermittlung der individuellen maximalen Herzfrequenz der Spieler, wurde ein „Yo-Yo Level 1 Test“ durchgeführt. Dieser fand auf einem Kunstrasenfeld in Wien statt. Dem Herren-Lacrosse-Nationalteam wurde bereits vor dem Aufwärmen das „Zephyr™ Performance System“ angelegt. Dadurch konnte die Funktion aller Module überprüft und optimale Bedingungen für den Ausdauertest geschaffen werden.

Zur genaueren Beleuchtung der Viertel- und Spieldauer soll Tabelle 15 dienen.

Tab. 15: Netto Spielzeit der Viertel

Netto Spielzeit	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
1.Viertel [min]	8	20	27	22	± 2
2.Viertel [min]	8	20	26	22	± 2
3.Viertel [min]	8	21	23	22	± 1
4.Viertel [min]	8	18	27	24	± 3
Alle Viertel [min]	32	18	27	22	± 2
Gesamte Spieldauer [min]	8	82	97	89	± 4

Quelle: (eigene Darstellung)

Sowohl Viertel 1, 2 und 3 dauerten im Durchschnitt 22 Minuten. Einzig das Viertel 4 unterschied sich hier mit 24 Minuten. Jedoch zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Viertellängen. Betrachtet man alle 32 Viertel der Weltmeisterschaft des österreichischen Herren-Nationalteams, dann betrug auch hier die Durchschnittszeit 22 Minuten. Alle 8 Spiele miteinbezogen dauerte ein Spiel 89 ± 4 Minuten (Tab. 15). Die hier genannten Zeiten betragen die Netto-Spielzeiten. Jegliche Unterbrechungen, wie Timeouts ($1,6 \pm 0,6$ Minuten) oder Wasserpausen ($2,8 \pm 0,4$ Minuten), wurden bereits aus den hier dargestellten Zeiten entfernt. Die Pausen zwischen 1 und 2 Viertel betrugen im Durchschnitt 4 ± 2 Minuten beziehungsweise zwischen 3 und 4 Viertel 5 ± 2 Minuten. Die Halbzeitpausen umfassten eine Dauer von 12 ± 3 Minuten, über alle 8 Spiele.

6.2 Stichprobe

Die Stichprobe bestand aus 15 Spielern des österreichischen Herren-Lacrosse-Nationalteams. Auf deren anthropometrische Daten wird in der Tabelle 16 eingegangen.

Tab. 16: Anthropometrische Daten im Überblick

Anthropometrische Daten $\pm$ SD		N
Alter (Jahre)	25,7 $\pm$ 5,3	15
Größe (m)	1,81 $\pm$ 0,07	15
Gewicht (kg)	80,3 $\pm$ 7,5	15
BMI	24,5 $\pm$ 2,3	15

Quelle: (eigene Darstellung)

Die hier genannten Werte sind Mittelwerte und Standardabweichungen der 15 dokumentierten Spieler. Das Durchschnittsalter betrug 25,7 $\pm$ 5,3 Jahre. Nach Betrachtung der Daten aller Nationalteamspieler, konnte eine Größe von 1,81 $\pm$ 0,07 Metern festgehalten werden. Das Gewicht betrug 80,3 $\pm$ 7,5 Kilogramm. Weiters wurde ein BMI (Body Mass Index) von 24,5 $\pm$ 2,3 dokumentiert (Tab. 16). Folgende Formel wurde für die Berechnung des BMI angewendet: Körpergewicht / (Körpergröße in m)² (Vidakovic et al., 2015).

Wie in der anschließenden Abbildung 8 festgehalten, teilte sich die Stichprobe in 5 Verteidiger (Größe 1,86 $\pm$ 0,07 m; Gewicht 84,1 $\pm$ 7,6 kg; Alter 26,4 $\pm$ 6,5 Jahre; BMI 24,3 $\pm$ 2,0), 7 Mittelfeldspieler (Größe 1,80 $\pm$ 0,07 m; Gewicht 79,4 $\pm$ 7,8 kg; Alter 25,1 $\pm$ 5,6 Jahre; BMI 24,6 $\pm$ 3,0) und 3 Angreifer (Größe 1,76 $\pm$ 0,03 m; Gewicht 76,1 $\pm$ 5,3 kg; Alter 25,7 $\pm$ 4,0 Jahre; BMI 24,5 $\pm$ 0,9) auf.

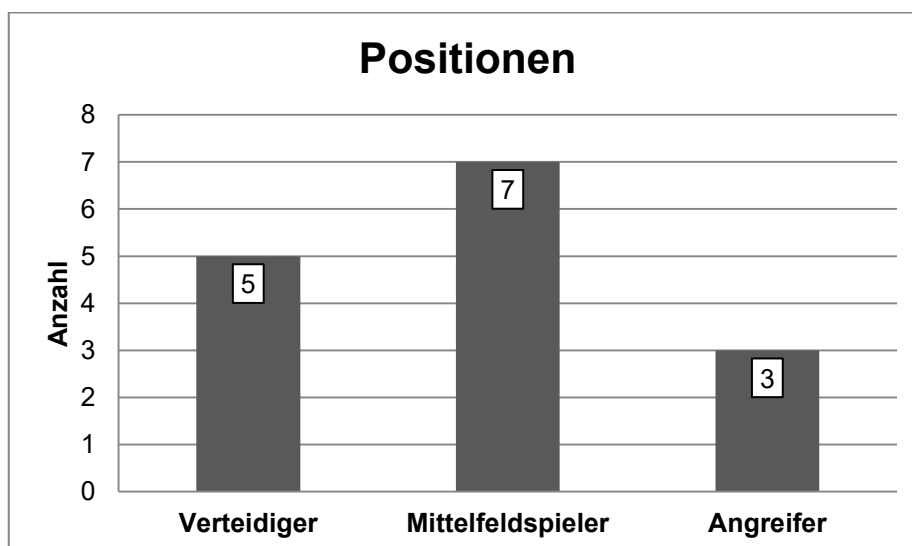


Abb. 8: Verteilung der Positionen (eigene Darstellung)

6.3 Erhobene Daten

Im Zuge der Herren-Lacrosse-WM 2018 wurden jene Parameter aus der anschließenden Tabelle 17 erhoben. Diese Daten wurden für jeden Spieler, in der vorliegenden Arbeit, ausgewertet und interpretiert.

Tab. 17: Die Parameter und ihre Einheiten

Erhobene Daten und ihre Einheiten	
Parameter	Einheit
Herzfrequenz-Prozent	Prozent ($HF/HF_{max} \cdot 100$)
Herzfrequenz-Zonen (1-4)	Prozentueller Anteil der max. Herzfrequenz eingeteilt in Zonen
Atemfrequenz	Atemzüge pro Minute
Distanz	Meter
Speed-Zonen	Meter pro Sekunde

Quelle: (eigene Darstellung)

Die Rohdaten wurden mittels „Zephyr™ Performance System“ erhoben und in weiterer Folge auf die „OmniSense™ 5.0 Software“ importiert. In den nächsten Schritten galt es die Daten zu bereinigen. Während den Spielen wurden Marker für den Spielbeginn, das Spielende, Timeouts, Wasserpausen, Viertelbeginn und Viertelende gesetzt. Mit Hilfe der „OmniSense 5.0 Software“ konnten die Spiele auf ihren genauen Spielbeginn und ihr Spielende gekürzt werden, da die Aufnahme der Daten bereits vor dem Spielbeginn startete und erst ein paar Minuten nach dem Spielende endete. Die gesetzten Marker wurden in weiterer Folge im Programm „Office-Excel“ genauer betrachtet. Festgehaltene Pausen, wie Wasserpausen, Timeouts und die Pausen zwischen den Vierteln, entfernte man im nächsten Schritt aus den Datenfiles der Spieler, um die Netto-Spielzeit zu erhalten. Nach Bereinigung der Rohdaten und erstellen der Netto-Spielzeiten, galt es die dokumentierten Parameter für das Masterfile zu überarbeiten. Für jeden Spieler, jedes Spiel und jeden Parameter wurden die Mittelwerte der Viertel und der gesamten Spieldauer berechnet.

Der Mittelwert der Herzfrequenz-Prozent wurde mit der Formel „Mittelwert der Herzfrequenzdaten/die maximale Herzfrequenz des Spielers*100“ berechnet. Für die Herzfrequenz-Zonen wurde der erhobene Parameter Herzfrequenz-Prozent herangezogen. Die

individuellen Herzfrequenz-Prozent-Angaben konnten mit Hilfe eines vorhergehenden „Yo-Yo Level 1 Test“ bestimmt werden. Dieser Ausdauer-Test ermöglichte die Ermittlung der maximalen Herzfrequenz der Spieler. Nach Abrantes et al. (2012) wurden die Herzfrequenz-Zonen in: Zone 1 <75%, Zone 2 75-84,9%, Zone 3 85-89,9% und Zone 4 $\geq 90\%$ eingeteilt. Der Parameter Atemfrequenz wurde mittels dem Herzfrequenzsensor, Brustgurt, erhoben. Dieser dokumentierte die Atemzüge pro Minute. Bezüglich den zurückgelegten Distanzen mussten die Pausen und Timeouts berücksichtigt werden. Diese wurden von der Enddistanz abgezogen, um die Netto-Distanz zu erhalten. Die vom „Zephyr-System“ dokumentierten Kilometer wurden in Meter umgerechnet. Ähnlich verhielt es sich mit den Speed-Zonen. Die Geschwindigkeiten wurden von km/h zu m/s umgewandelt. Die Einteilung der Speed-Zonen erfolgte nach Polley et al. (2015) in die Kategorien: Stehen ($0-0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), Gehen ($0,2-1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), niedrig intensiver Lauf ($1,8-3,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), hoch intensiver Lauf ($3,3-5,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) und Sprint ($>5,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

6.4 Instrumente

Die Daten wurden mit dem „Zephyr™ Performance System“ erhoben und in weiterer Folge mit der „OmniSense™ 5.0 Software“ analysiert. Jeder Spieler erhielt ein BioModul und ein GPS-Modul. Diese konnten in ein Shirt integriert oder mit einem Gurt getragen werden. Bei den Kompressionshirts war der Herzfrequenzgurt bereits ein Teil des T-Shirts. Der Sensor wurde unterhalb der Brust, in einer dafür vorgesehenen Halterung, angebracht. Für das GPS-Modul war eine Tasche zwischen den Schulterblättern vorgesehen. Bei der Variante Herzfrequenzgurt ohne Shirt, wurde das GPS-Modul ebenfalls an einem Gurt hinter dem Schulterblatt positioniert.

Mit Hilfe dieser Module erhob man folgende Parameter: Herzfrequenz, Herzfrequenz-Prozent, Atemfrequenz, „GPS-Speed“, GPS-Distanz (Zephyr Performance Systems: Physiological & Biomechanical, 2019). Die Herzfrequenz und die Atemfrequenz konnten mittels des BioModuls aufgezeichnet werden (Cubitt Code, 2009; Kim et al., 2013; Nazari et al., 2017). Das GPS-Modul dokumentierte die Geschwindigkeiten und die Distanz (Larsson, 2003; QSTARZ 818XT, 2019; M. T. U. Scott et al., 2015).

6.5 Forschungsfragen

Auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten, formulierte man folgende Forschungsfragen für die vorliegende Masterarbeit:

1. Wie sieht das allgemeine Aktivitätsprofil hinsichtlich der Parameter Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“ über den gesamten Spielverlauf aus?
2. Wie unterscheiden sich die Parameter positionsunabhängig über den gesamten Spielverlauf zwischen den vier Vierteln?
 - H0: Es gibt keinen Unterschied im Aktivitätsprofil hinsichtlich der oben genannten Parameter zwischen den Vierteln.
 - H1: Es gibt einen Unterschied im Aktivitätsprofil hinsichtlich der oben genannten Parameter zwischen den Vierteln.
3. Wie unterscheiden sich die Aktivitätsprofile zwischen Verteidigern, Mittelfeldspielern und Angreifern bezüglich den Parametern Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“ gesamt gesehen?
 - H0: Es gibt keinen Unterschied zwischen den oben definierten Positionen bezüglich der Aktivitätsprofil-Parameter über den gesamten Spielverlauf gesehen.
 - H1: Es gibt einen Unterschied zwischen den oben definierten Positionen bezüglich der Aktivitätsprofil-Parameter über den gesamten Spielverlauf gesehen.
4. Wie unterscheiden sich die Parameter positionsspezifisch bei den Verteidigern, bei den Mittelfeldspielern und bei den Angreifern zwischen den Vierteln?
 - H0: Es gibt keinen Unterschied innerhalb der oben ausformulierten Positionen bezüglich der Parameter zwischen den Vierteln.
 - H1: Es gibt einen Unterschied innerhalb der oben ausformulierten Positionen bezüglich der Parameter zwischen den Vierteln.

6.6 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung dienten das Statistikprogramm „IBM SPSS Statistics 24“ und das Office-Programm „Excel“.

Noch vor den Testungen, bei der Weltmeisterschaft in Israel, wurden in der „OmniSense™ 5.0 Software“ ein Team angelegt und die notwendigen Daten eingepflegt. Um die Herzfrequenz-Prozent bestimmen zu können, mussten die individuellen maximalen Herzfrequenzen des „Yo-Yo Level 1 Test“ in das „OmniSense™ System“ eingetragen werden. An den Spieltagen startete die Aufnahme bereits ein paar Minuten vor Spielbeginn und endete wenige Minuten nach dem Spielende. Während des Spiels wurden Marker für den Spielbeginn, die Timeouts, die Wasserpausen, die Viertelpausen und das Spielende, im „OmniSense™ Live-System“, gesetzt. Nach der Weltmeisterschaft übertrug man alle gesammelten Daten auf die „OmniSense™ 5.0 Software“. In einem ersten Schritt mussten nun alle Spiele auf ihren genauen Spielbeginn und ihr exaktes Spielende gekürzt werden. Anschließend übertrug man alle Daten in das Office-Programm „Excel“. Dies erwies sich schwieriger als erwartet, da immer nur zwei Parameter zur gleichen Zeit entnommen werden konnten. Weiters war die Exportierung der Marker aus dem „OmniSense™ System“ nicht möglich. Diese galt es daher manuell in „Excel“ einzupflegen. Nach der Fertigstellung der Rohdatenfiles, konnten diese auf ihre Nettozeit gekürzt und zur weiteren Analyse genutzt werden. In Abbildung 9 wird ein fertiges „Excel-Datenblatt“ dargestellt.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Datum	Uhrzeit	AM/PM	Herzfrequenz (S/min)	Herzfrequenz Prozent (der max. HF)	Atemfrequenz (A2/min)	Distance over time (km)	Speed over time (km/h)	Viertel
2	15.07.2018	08:15:03.65S	PM	107	53.777	28	0	1,852	Spielbeginn / Beginn 1. Viertel
3	15.07.2018	08:15:10.65S	PM	105	58.659	28	0,001	2,037	
4	15.07.2018	08:15:11.65S	PM	104	58,101	28	0,001	1,111	
5	15.07.2018	08:15:12.65S	PM	103	57,542	28	0,002	1,852	
6	15.07.2018	08:15:13.65S	PM	103	57,542	28	0,002	0,326	
7	15.07.2018	08:15:14.65S	PM	105	58,659	28	0,004	0,185	
8	15.07.2018	08:15:15.65S	PM	105	58,659	28	0,004	0,185	
9	15.07.2018	08:15:16.66S	PM	103	57,542	28	0,005	0,370	
10	15.07.2018	08:15:17.65S	PM	102	56,383	29	0,005	0,185	
11	15.07.2018	08:15:18.65S	PM	102	56,383	29	0,005	0,556	
12	15.07.2018	08:15:19.65S	PM	101	56,425	29	0,005	0,556	
13	15.07.2018	08:15:20.65S	PM	101	56,425	29	0,006	1,111	
14	15.07.2018	08:15:21.65S	PM	101	56,425	29	0,007	0,370	
15	15.07.2018	08:15:22.65S	PM	103	57,542	29	0,007	0,556	
16	15.07.2018	08:15:23.65S	PM	102	56,383	29	0,009	0,185	
17	15.07.2018	08:15:24.65S	PM	100	55,866	29	0,009	0	
18	15.07.2018	08:15:25.65S	PM	96	53,631	28	0,010	0	
19	15.07.2018	08:15:26.66S	PM	95	53,073	28	0,010	0	
20	15.07.2018	08:15:27.65S	PM	96	53,631	28	0,010	0,185	
21	15.07.2018	08:15:28.66S	PM	97	54,190	28	0,010	0,185	
22	15.07.2018	08:15:29.65S	PM	99	55,307	28	0,011	0	
23	15.07.2018	08:15:30.66S	PM	101	56,425	28	0,012	2,778	
24	15.07.2018	08:15:31.65S	PM	105	58,659	27	0,012	1,852	

Abb. 9: Dokumentation eines Spielers in Excel (eigene Darstellung)

In den bereinigten „Excel-Dateien“ musste der Parameter Distanz nochmals bearbeitet werden, da bei der Gesamtdistanz die Pausen und Unterbrechungen noch inkludiert waren. Für jeden Spieler und jedes Spiel wurden nun die Mittelwerte berechnet. Den Parameter Herzfrequenz-Prozent teilte man in 4-Zonen ein und den Parameter „Speed over time“ in 5-Zonen. Die Geschwindigkeitszonen wurden in m/s umgerechnet, da die exportierte Einheit km/h betrug. Dies erfolgte in Anlehnung an die Studie von Polley et al. (2015). Die dokumentierten Kilometer des Parameters Distanz wurden in Meter umgerechnet.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ID	Position	Größe	Gewicht	Alter	YoYo (m)	Hrmean-1_1 [%]	Hrmean-1_2 [%]	Hrmean-1_3 [%]	Hrmean-1_4 [%]	Hrmean-total_1 [%]	Hrmean-2_1 [%]	Hrmean-2_2 [%]
2	2	Verteidigung					79	78	63	67	72	76	75
3	9	Verteidigung					85	83	85	85	84	80	78
4	10	Verteidigung					55	56	69	71	63	58	53
5	13	Verteidigung					81	79	79	61	75	75	73
6	15	Verteidigung					71	69	74	70	71	74	70
7	1	Mittelfeld					74	77	80	77	77	70	78
8	5	Mittelfeld					86	81	81	81	82	80	85
9	6	Mittelfeld					66	65	63	71	66	70	69
10	7	Mittelfeld					77	74	75	77	76	77	73
11	11	Mittelfeld					75	77	79	82	78	78	76
12	12	Mittelfeld					77	76	74	79	76	79	73
13	14	Mittelfeld					75	82	80	76	78	72	77
14	3	Angriff					83	88	85	84	85	81	81
15	4	Angriff										76	84
16	8	Angriff					83	83	74	82	80	84	83

Abb. 10: Masterfile-Excel (eigene Darstellung)

Im „Excel-Masterfile“ führte man schließlich alle Daten der Spieler und ihrer Spiele zusammen (Abb. 10). Jeder Parameter war in Viertel, „Spiel-total“ und „alle Spiele“ unterteilt. Weiters wurden alle Daten pro Viertel und pro Position und Viertel in diese Tabelle importiert. Dieses Masterfile diente in weiterer Folge als Vorlage für das Statistikprogramm „IBM SPSS Statistics 24“. Die Variablen Name, Größe, Gewicht und Alter sind hier nicht angegeben, um den Datenschutz zu gewährleisten. Jeder Spieler bekam eine ID.

Paarweise Vergleiche

Maß: MEASURE_1

(I)Viertel	(J)Viertel	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für die Differenz ^b	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	10,808	26,932	1,000	-61,643	83,258
	3	-88,721 [*]	31,488	,035	-173,429	-4,013
	4	-157,442 [*]	34,558	,000	-250,408	-64,477
2	1	-10,808	26,932	1,000	-83,258	61,643
	3	-99,529 [*]	28,340	,004	-175,769	-23,289
	4	-168,250 [*]	32,303	,000	-255,151	-81,349
3	1	88,721 [*]	31,488	,035	4,013	173,429
	2	99,529 [*]	28,340	,004	23,289	175,769
	4	-68,721	28,479	,106	-145,336	7,893
4	1	157,442 [*]	34,558	,000	64,477	250,408
	2	168,250 [*]	32,303	,000	81,349	255,151
	3	68,721	28,479	,106	-7,893	145,336

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

*. Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Abb. 11: Auszug "IBM SPSS Statistics 24"

Im Statistikprogramm „IBM SPSS Statistics 24“ wurde mit deskriptiver Statistik und ANOVA gerechnet (Abb. 11). Forschungsfrage 1 „Wie sieht das allgemeine Aktivitätsprofil hinsichtlich der Parameter Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“ über den gesamten Spielverlauf aus?“ wurde mit Hilfe von deskriptiver Statistik (Mittelwert, Standardabweichung, Maximum, Minimum) beantwortet. Forschungsfrage 2 „Wie unterscheiden sich die Parameter positionsunab-

hängig über den gesamten Spielverlauf zwischen den vier Vierteln?“ wertete man mittels „repeated measures ANOVA“ aus. Die Unterschiede der Mittelwerte der Forschungsfrage 3 „Wie unterscheiden sich die Aktivitätsprofile zwischen Verteidigern, Mittelfeldspielern und Angreifern bezüglich den Parametern Herzfrequenz-Prozent, Herzfrequenz-Zonen, Atemfrequenz, „Distance over time“ und „Speed over time“ gesamt gesehen?“ wurden mit der „univariaten ANOVA“ getestet. Forschungsfrage 4 „Wie unterscheiden sich die Parameter positionsspezifisch bei den Verteidigern, bei den Mittelfeldspielern und bei den Angreifern zwischen den Vierteln?“ beantwortete man wieder mit der „repeated measures ANOVA“. Das Signifikanzniveau betrug bei allen Berechnungen $p < 0,05$. Signifikante Ergebnisse der ANOVA wurden mittels Post-hoc-Tests ausgewertet (Bonferroni-Korrektur) (Batterham & Hopkins, 2006; Fritz, Morris & Richler, 2012; Sullivan & Feinn, 2012). Weiters bestimmte man die Effektgrößen, die in Anlehnung an Batterham und Hopkins (2006) und Sullivan und Feinn (2012) folgendermaßen eingeteilt wurden: „Small“ ($d = 0,2 - 0,5$), „Medium“ ($d > 0,5 - 0,8$), „Large“ ($d > 0,8 - 1,3$) und „Very large“ ($d > 1,3$).

7 Darstellung der Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Erhebung präsentiert. Grundlage dafür waren die im Rahmen der Lacrosse WM 2018 erhobenen Daten. Die Untersuchung bediente sich der quantitativen Methode. Analyse und Auswertung erfolgten über das Statistik-Programm „IBM SPSS Statistics 24“ und das Office-Programm „Excel“.

7.1 Allgemeines Aktivitätsprofil

Mit den erhobenen Daten soll ein allgemeines Aktivitätsprofil erstellt werden. Dabei werden folgende Parameter genauer betrachtet: Herzfrequenz-Prozent (Hrmean), Herzfrequenz-Zonen (HR-Zone), Atemfrequenz (Atemfrq_mean), Speed-Zonen (Speed-Zone) und Distanz. Die Daten der deskriptiven Statistik (N, Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichung) sind in der Tabelle 18 dargelegt. In der anschließenden Auswertung werden die Mittelwerte $\pm$ deren Standardabweichungen angegeben. Alle Werte beziehen sich auf die Nettospielzeit. Die Daten wurden über insgesamt 8 Spiele des österreichischen Herren-Lacrosse-Nationalteams erhoben.

Ein Spiel dauerte im Durchschnitt 89 ± 4 Minuten. Viertel 1, 2 und 3 umfassten dabei 22 ± 2 Minuten und das 4. Viertel 24 ± 3 Minuten (Tab. 15). Der „Herzfrequenz-Mittelwert“ betrug dabei 72 ± 5 % (Tab. 18). Der hier genannte Wert ist der prozentuelle Anteil der Herzfrequenz von der individuellen maximalen Herzfrequenz. Der Parameter Herzfrequenz wurde weiters in 4 Zonen, nach Abrantes et al. (2012), eingeteilt. Mit dem „Zephyr™ Performance System“ wurden die Sekunden dokumentiert, die die Spieler in den jeweiligen Zonen verbrachten. Die meiste Zeit verbrachten sie in der „Herzfrequenz-Zone 1“, 3028 ± 714 Sekunden. Die geringste Zeit hielten sie sich in der „Herzfrequenz-Zone 3“ auf, 516 ± 169 Sekunden. Während in „Herzfrequenz-Zone 4“ (563 ± 467 Sekunden) ähnlich viele Sekunden absolviert wurden wie in „Herzfrequenz-Zone 3“, unterscheidet sich „Herzfrequenz-Zone 2“ (1025 ± 287 Sekunden) deutlicher von den anderen (Tab. 18). Über alle Spiele gesehen, legten die Spieler im Durchschnitt 4512 ± 1151 Meter zurück. Wobei das Distanzmaximum bei 6178 Metern lag (Tab. 18). Die dokumentierten Geschwindigkeiten wurden in 5 „Speed-Zonen“, nach Polley et al. (2015), eingeteilt. Für alle Zonen hielt man fest wie viele Meter in diesen absolviert wurden. Die größte Distanz legten die Spieler in der „Speed-Zone 2“ zurück, 1578 ± 627 Meter. Gefolgt von „Speed-Zone 4“, 1104 ± 337 Meter. In der „Speed-Zone 3“ wurden 985 ± 299 Meter und in der „Speed-Zone 5“ wurden 165 ± 75 Meter absolviert. Die kürzeste Strecke wurde mit 78 ± 10 Metern in der „Speed-Zone 1“ dokumentiert (Tab. 18). Mittels dem BioModul konnten die Atemzüge pro Minute

aufgezeichnet werden. Der Mittelwert der „Atemfrequenz“ betrug 25 ± 2 Atemzüge pro Minute (Tab. 18).

Tab. 18: Allgemeines Aktivitätsprofil

Parameter	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Hrmean [%]	15	65	80	72	± 5
HR-Zone 1 [s]	15	1649	4262	3028	± 714
HR-Zone 2 [s]	15	546	1538	1025	± 287
HR-Zone 3 [s]	15	262	877	516	± 169
HR-Zone 4 [s]	15	128	1703	563	± 467
Distanz [m]	14	2407	6178	4512	± 1151
Speed-Zone 1 [m]	14	64	97	78	± 10
Speed-Zone 2 [m]	14	598	2433	1578	± 627
Speed-Zone 3 [m]	14	477	1422	985	± 299
Speed-Zone 4 [m]	14	606	1677	1104	± 337
Speed-Zone 5 [m]	14	70	287	165	± 75
Atemfreq_mean [numb]	15	23	29	25	± 2

Quelle: (eigene Darstellung)

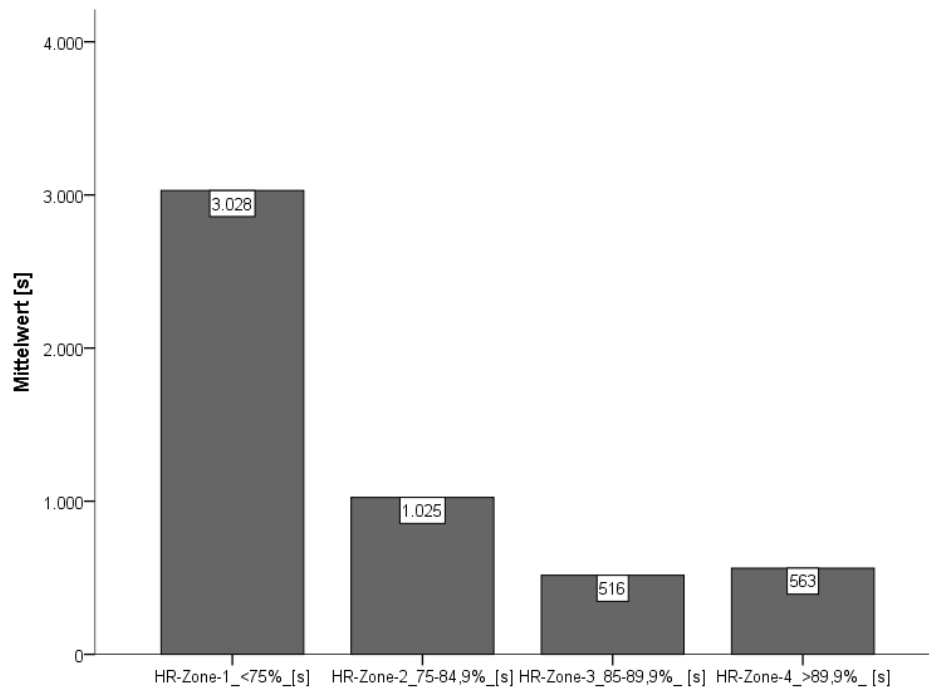


Abb. 12: Sekunden in den Herzfrequenz-Zonen (eigene Darstellung)

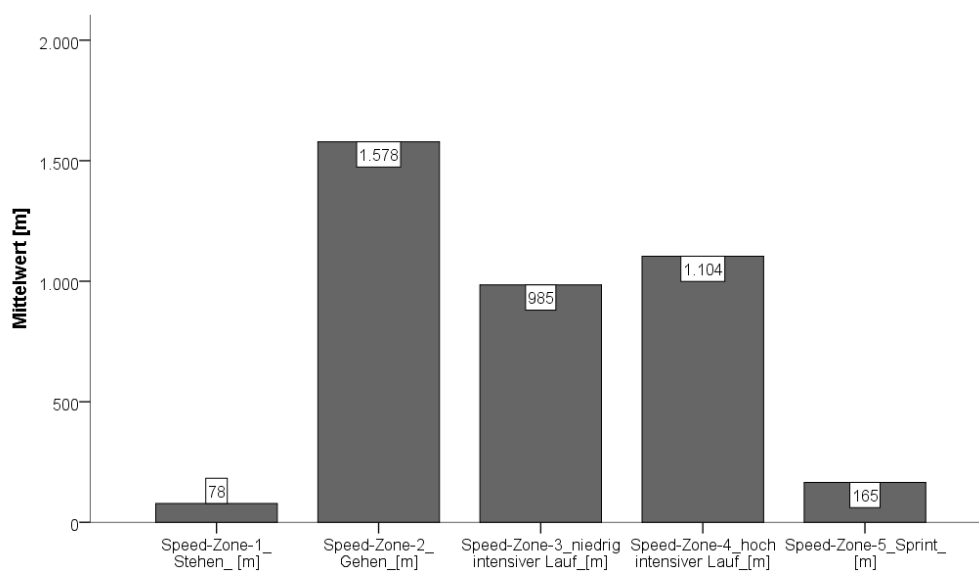


Abb. 13: Meter in den "Speed-Zonen" (eigene Darstellung)

7.2 Positionen im Vergleich

Im Abschnitt „Positionen im Vergleich“ wird auf die Parameter und ihre Unterschiede zwischen Verteidigern, Mittelfeldspielern und Angreifern eingegangen. Folgende Parameter gilt es zu vergleichen: Herzfrequenz-Prozent (Hrmean), Herzfrequenz-Zonen (HR-Zone), Atemfrequenz (Atemfrq_mean), Speed-Zonen (Speed-Zone) und Distanz. In der Tabelle 19 werden die Mittelwerte und Standardabweichungen für die einzelnen Positionen veranschaulicht. Die Abkürzungen stehen für Verteidiger (V), Mittelfeldspieler (M) und Angreifer (A). Die Spalte „Gesamt“ zeigt die Werte für alle Spieler, ohne auf die Positionsunterteilung einzugehen. Die Signifikanz wird in Spalte „p“ angegeben. Das partielle Eta-Quadrat in Spalte „ η^2p “. Die Unterschiede der Mittelwerte wurden mittels „univariater ANOVA“ berechnet. Alle Daten erhob man über insgesamt 8 Spiele.

Laut Tabelle 19 gibt es einen Unterschied zwischen den Positionen bezüglich des Parameters „HR-Zone 2“ (V: 946 ± 102 s; M: 885 ± 228 s; A: 1482 ± 51 s; $p = 0,001$; $\eta^2p = 0,689$). Der weiterführende Post-hoc-Test hat gezeigt, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen Verteidigern und Angreifern (V: 946 ± 102 s; A: 1482 ± 51 s; $p = 0,003$; $d = 5,09 \pm 1,33$) sowie zwischen Mittelfeldspielern und Angreifern gibt (M: 885 ± 228 s; A: 1482 ± 51 s; $p = 0,001$; $d = 4,47 \pm 1,61$) (Abb. 14). In der „Speed-Zone 2“ wurden zwischen den Positionen unterschiedliche Distanzen zurückgelegt (V: 1703 ± 464 m; M: 1126 ± 537 m; A: 2276 ± 149 m; $p = 0,014$; $\eta^2p = 0,541$). Im Post-hoc-Test konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Mittelfeldspielern und Angreifern festgehalten werden (M: 1126 ± 537 m; A: 2276 ± 149 m; $p = 0,014$; $d = 3,1 \pm 1,55$). Weiters absolvierten die Mittelfeldspieler in der „Speed-Zone 4“ die meisten Meter (V: 853 ± 278 m; M: 1334 ± 321 m; A: 1062 ± 91 m; $p = 0,045$; $\eta^2p = 0,431$). Ein signifikanter Unterschied zeigt sich, im Post-hoc-Test, zwischen Verteidigern und Mittelfeldspielern (V: 853 ± 278 m; M: 1334 ± 321 m; $p = 0,046$; $d = 1,32 \pm 1,15$) (Abb. 15).

Für die weiteren Parameter aus Tabelle 19 konnten keine signifikanten Unterschiede festgehalten werden. Die durchschnittliche Herzfrequenz („Hrmean“) war bei den Angreifern am höchsten (V: 70 ± 5 %; M: 73 ± 5 %; A: 77 ± 4 %; $p = 0,173$; $\eta^2p = 0,253$). In der „HR-Zone 1“ hielten sich die Verteidiger am längsten auf (V: 3277 ± 679 s; M: 3213 ± 589 s; A: 2183 ± 512 s; $p = 0,059$; $\eta^2p = 0,377$). Die meiste Zeit in der „HR-Zone 3“ verbrachten die Angreifer (V: 485 ± 134 s; M: 457 ± 147 s; A: 707 ± 170 s; $p = 0,076$; $\eta^2p = 0,350$). Dasselbe galt für die „HR-Zone 4“ (V: 405 ± 507 s; M: 627 ± 502 s; A: 677 ± 397 m; $p = 0,676$; $\eta^2p = 0,063$) (Abb. 14). Im Durchschnitt, alle Spiele miteinbezogen, legten die Angreifer die größte Distanz pro Spiel zurück (V: 4193 ± 1035 m; M: 4248 ± 1265 m; A: 5570 ± 577 m; $p = 0,207$; $\eta^2p = 0,249$). Die meisten Meter in „Speed-Zone 1“ absolvierten die Mittel-

feldspieler (V: 73 ± 7 m; M: 84 ± 11 m; A: 74 ± 6 m; $p = 0,130$; $n^2p = 0,310$). In der „Speed-Zone 3“ waren es die Angreifer (V: 844 ± 278 m; M: 976 ± 310 m; A: 1238 ± 196 m; $p = 0,203$; $n^2p = 0,252$). Die Mittelfeldspieler legten in der „Speed-Zone 5“ die durchschnittlich größte Distanz zurück (V: 134 ± 87 m; M: 192 ± 73 m; A: 165 ± 59 m; $p = 0,473$; $n^2p = 0,127$) (Abb. 15). Bezüglich der „Atemfrequenz“ erreichten sowohl die Angreifer als auch die Verteidiger den höchsten Wert (V: 26 ± 2 numb; M: 25 ± 2 numb; A: 26 ± 1 numb; $p = 0,655$; $n^2p = 0,068$).

Tab. 19: Positionen im Vergleich

Parameter	V $\pm$ SD	M $\pm$ SD	A $\pm$ SD	Gesamt $\pm$ SD	p	n^2p
Hrmean [%]	70 ± 5	73 ± 5	77 ± 4	72 ± 5	0,173	0,253
HR-Zone 1 [s]	3277 ± 679	3213 ± 589	2183 ± 512	3028 ± 714	0,059	0,377
HR-Zone 2 [s]	946 ± 102	885 ± 228	1482 ± 51	1025 ± 287	0,001**	0,689
HR-Zone 3 [s]	485 ± 134	457 ± 147	707 ± 170	516 ± 169	0,076	0,350
HR-Zone 4 [s]	405 ± 507	627 ± 502	677 ± 397	563 ± 467	0,676	0,063
Distanz [m]	4193 ± 1035	4248 ± 1265	5570 ± 577	4512 ± 1151	0,207	0,249
Speed-Zone 1 [m]	73 ± 7	84 ± 11	74 ± 6	78 ± 10	0,130	0,310
Speed-Zone 2 [m]	1703 ± 464	1126 ± 537	2276 ± 149	1578 ± 627	0,014*	0,541
Speed-Zone 3 [m]	844 ± 278	976 ± 310	1238 ± 196	985 ± 299	0,203	0,252
Speed-Zone 4 [m]	853 ± 278	1334 ± 321	1062 ± 91	1104 ± 337	0,045*	0,431
Speed-Zone 5 [m]	134 ± 87	192 ± 73	165 ± 59	165 ± 75	0,473	0,127
Atemfr-mean [numb]	26 ± 2	25 ± 2	26 ± 1	25 ± 2	0,655	0,068
* Signifikanzniveau $p < 0,05$ ** Signifikanzniveau $p < 0,01$						

Quelle: (eigene Darstellung)

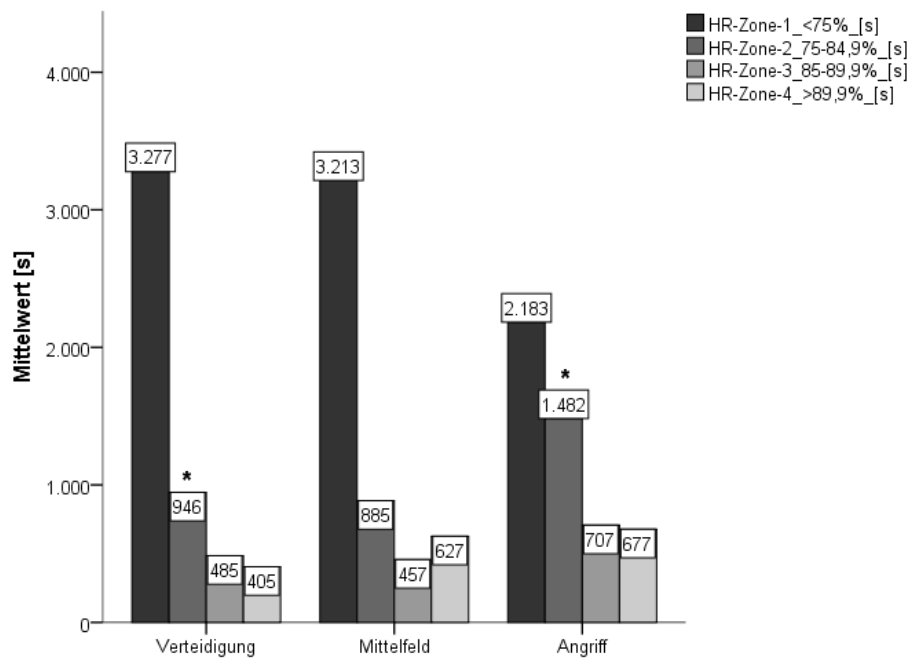


Abb. 14: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen zwischen den Positionen (eigene Darstellung)

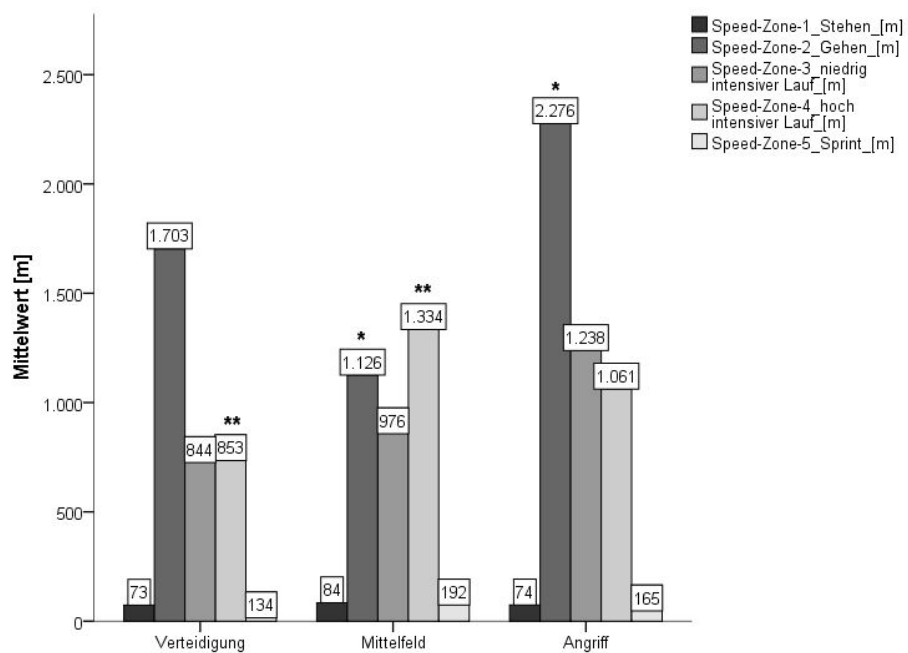


Abb. 15: Vergleich der "Speed-Zonen" zwischen den Positionen (eigene Darstellung)

7.3 Viertel Im Vergleich

Folgend werden die Parameter und die Unterschiede zwischen den Vierteln dargestellt. Hier wird auf die Parameter Herzfrequenz-Prozent (Hrmean), Herzfrequenz-Zonen (HR-Zone), Atemfrequenz (Atemfrq_mean), Speed-Zonen (Speed-Zone) und Distanz eingegangen. Anhand der Tabelle 20 sollen die Mittelwerte und Standardabweichungen der 4 Vierteln veranschaulicht werden. Die Spalte „Gesamt“ zeigt die Werte für alle Viertel. Die Signifikanz wird in Spalte „p“ angegeben. Das partielle Eta-Quadrat in Spalte „ η^2p “. Die Unterschiede der Mittelwerte wurden mittels „repeated measures ANOVA“ berechnet. Alle Daten erhob man über insgesamt 8 Spiele.

Laut Tabelle 20 gibt es einen Unterschied zwischen den Vierteln bezüglich dem Parameter „Hrmean“ (1.Viertel: $73 \pm 8 \%$; 2.Viertel: $74 \pm 8 \%$; 3.Viertel: $71 \pm 7 \%$; 4.Viertel: $71 \pm 7 \%$; $p = 0,000$; $\eta^2p = 0,075$). Der anschließende Post-hoc-Test hat gezeigt, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen dem 1.Viertel und 4.Viertel gibt (1.Viertel: $73 \pm 8 \%$; 4.Viertel: $71 \pm 7 \%$; $p = 0,043$; $d = 0,43 \pm 0,71$). Weiters zwischen dem 2.Viertel und 3.Viertel (2.Viertel: $74 \pm 8 \%$; 3.Viertel: $71 \pm 7 \%$; $p = 0,001$; $d = 0,55 \pm 0,72$) sowie zwischen dem 2.Viertel und 4.Viertel (2.Viertel: $74 \pm 8 \%$; 4.Viertel: $71 \pm 7 \%$; $p = 0,001$; $d = 0,57 \pm 0,71$). In der „HR-Zone 1“ hielten sich die Spieler am längsten im 4.Viertel auf (1.Viertel: 698 ± 286 s; 2.Viertel: 687 ± 309 s; 3.Viertel: 786 ± 254 s; 4.Viertel: 855 ± 303 s; $p = 0,000$; $\eta^2p = 0,117$). Im Post-hoc-Test konnte ein signifikanter Unterschied zwischen dem 1.Viertel und 3.Viertel (1.Viertel: 698 ± 286 s; 3.Viertel: 786 ± 254 s; $p = 0,035$; $d = 0,52 \pm 0,72$) wie auch zwischen dem 1.Viertel und 4.Viertel (1.Viertel: 698 ± 286 s; 4.Viertel: 855 ± 303 s; $p = 0,000$; $d = 0,83 \pm 0,71$) festgehalten werden. Ebenso zwischen dem 2.Viertel und 3.Viertel (2.Viertel: 687 ± 309 s; 3.Viertel: 786 ± 254 s; $p = 0,004$; $d = 0,55 \pm 0,75$) beziehungsweise dem 4.Viertel (2.Viertel: 687 ± 309 s; 4.Viertel: 855 ± 303 s; $p = 0,000$; $d = 0,82 \pm 0,73$). Ein Effekt zeigt sich bezüglich dem Parameter „HR-Zone 3“ (1.Viertel: 136 ± 83 s; 2.Viertel: 137 ± 86 s; 3.Viertel: 118 ± 75 s; 4.Viertel: 117 ± 71 s; $p = 0,033$; $\eta^2p = 0,028$). Jedoch konnte im Post-Hoc-Test kein signifikanter Unterschied zwischen den Vierteln dokumentiert werden. „HR-Zone 4“ weist ebenfalls einen Unterschied auf (1.Viertel: 166 ± 167 s; 2.Viertel: 173 ± 175 s; 3.Viertel: 114 ± 147 s; 4.Viertel: 127 ± 140 s; $p = 0,000$; $\eta^2p = 0,093$). Im Post-hoc-Test konnte ein signifikanter Unterschied zwischen dem 1.Viertel und dem 3.Viertel (1.Viertel: 166 ± 167 s; 3.Viertel: 114 ± 147 s; $p = 0,001$; $d = 0,42 \pm 0,71$) sowie zwischen dem 1.Viertel und dem 4.Viertel (1.Viertel: 166 ± 167 s; 4.Viertel: 127 ± 140 s; $p = 0,013$; $d = 0,33 \pm 0,72$) festgehalten werden. Als auch zwischen dem 2.Viertel und 3.Viertel (2.Viertel: 173 ± 175 s; 3.Viertel: 114 ± 147 s; $p = 0,000$; $d = 0,48 \pm 0,71$) beziehungsweise 4.Viertel (2.Viertel: 173 ± 175 s; 4.Viertel: $127 \pm$

140 s; $p = 0,005$; $d = 0,39 \pm 0,72$) (Abb. 16). Die „Atemfrequenzwerte“ der Spieler waren im 1.Viertel am höchsten (1.Viertel: 27 ± 3 numb; 2.Viertel: 26 ± 3 numb; 3.Viertel: 25 ± 4 numb; 4.Viertel: 25 ± 4 ; $p = 0,000$; $n^2p = 0,092$). Bonferronikorrigierte paarweise Vergleiche zeigten signifikante Unterschiede zwischen dem 1.Viertel und 2.Viertel (1.Viertel: 27 ± 3 numb; 2.Viertel: 26 ± 3 numb; $p = 0,001$; $d = 0,53 \pm 0,71$) wie auch dem 3.Viertel (1.Viertel: 27 ± 3 numb; 3.Viertel: 25 ± 4 numb; $p = 0,003$; $d = 0,59 \pm 0,73$). Des Weiteren zwischen dem 1.Viertel und 4.Viertel (1.Viertel: 27 ± 3 numb; 4.Viertel: 25 ± 4 ; $p = 0,000$; $d = 0,93 \pm 0,72$).

Für die weiteren Parameter aus Tabelle 20 konnten keine signifikanten Unterschiede dokumentiert werden. In der „HR-Zone 2“ hielten sich die Spieler am längsten im 2.Viertel auf (1.Viertel: 251 ± 122 s; 2.Viertel: 264 ± 139 s; 3.Viertel: 240 ± 117 s; 4.Viertel: 250 ± 130 s; $p = 0,416$; $n^2p = 0,009$) (Abb. 16). Im Durchschnitt, alle Spiele miteinbezogen, legten die Spieler die größte Distanz pro Spiel im 4.Viertel zurück (1.Viertel: 1106 ± 430 m; 2.Viertel: 1127 ± 468 m; 3.Viertel: 1134 ± 392 m; 4.Viertel: 1145 ± 397 m; $p = 0,846$; $n^2p = 0,003$). Die meisten Meter in „Speed-Zone 1“ wurden im 2.Viertel und 4.Viertel absolviert (1.Viertel: 19 ± 7 m; 2.Viertel: 20 ± 6 m; 3.Viertel: 19 ± 5 m; 4.Viertel: 20 ± 6 m; $p = 0,210$; $n^2p = 0,016$). In der „Speed-Zone 2“ (1.Viertel: 372 ± 209 m; 2.Viertel: 393 ± 214 m; 3.Viertel: 399 ± 205 m; 4.Viertel: 397 ± 208 m; $p = 0,435$; $n^2p = 0,010$) beziehungsweise „Speed-Zone 5“ (1.Viertel: 41 ± 35 m; 2.Viertel: 38 ± 30 m; 3.Viertel: 43 ± 38 m; 4.Viertel: 42 ± 39 m; $p = 0,732$; $n^2p = 0,004$) war dies im 3.Viertel der Fall. Die durchschnittlich größte Distanz in der „Speed-Zone 3“ wurde im 1.Viertel zurückgelegt (1.Viertel: 260 ± 124 m; 2.Viertel: 245 ± 124 m; 3.Viertel: 252 ± 109 m; 4.Viertel: 238 ± 98 m; $p = 0,339$; $n^2p = 0,012$). Für die „Speed-Zone 4“ galt dies für das 4.Viertel (1.Viertel: 277 ± 126 m; 2.Viertel: 283 ± 146 m; 3.Viertel: 269 ± 114 m; 4.Viertel: 284 ± 137 m; $p = 0,635$; $n^2p = 0,006$) (Abb. 17).

Tab. 20: Viertel im Vergleich

Parameter	1.Viertel ± SD	2.Viertel ± SD	3.Viertel ± SD	4.Viertel ± SD	Gesamt ± SD	p	n ² p
Hrmean [%]	73 ± 8	74 ± 8	71 ± 7	71 ± 7	72 ± 8	0,000***	0,075
HR-Zone 1 [s]	698 ± 286	687 ± 309	786 ± 254	855 ± 303	757 ± 288	0,000***	0,117
HR-Zone 2 [s]	251 ± 122	264 ± 139	240 ± 117	250 ± 130	251 ± 127	0,416	0,009
HR-Zone 3 [s]	136 ± 83	137 ± 86	118 ± 75	117 ± 71	127 ± 79	0,033*	0,028
HR-Zone 4 [s]	166 ± 167	173 ± 175	114 ± 147	127 ± 140	145 ± 157	0,000***	0,093
Distanz [m]	1106 ± 430	1127 ± 468	1134 ± 392	1145 ± 397	1128 ± 422	0,846	0,003
Speed-Zone 1 [m]	19 ± 7	20 ± 6	19 ± 5	20 ± 6	20 ± 6	0,210	0,016
Speed-Zone 2 [m]	372 ± 209	393 ± 214	399 ± 205	397 ± 208	390 ± 209	0,435	0,010
Speed-Zone 3 [m]	260 ± 124	245 ± 124	252 ± 109	238 ± 98	249 ± 114	0,339	0,012
Speed-Zone 4 [m]	277 ± 126	283 ± 146	269 ± 114	284 ± 137	278 ± 131	0,635	0,006
Speed-Zone 5 [m]	41 ± 35	38 ± 30	43 ± 38	42 ± 39	41 ± 36	0,732	0,004
Atemfr-mean [numb]	27 ± 3	26 ± 3	25 ± 4	25 ± 4	26 ± 4	0,000***	0,092
* Signifikanzniveau p<0,05 *** Signifikanzniveau p<0,001							

Quelle: (eigene Darstellung)

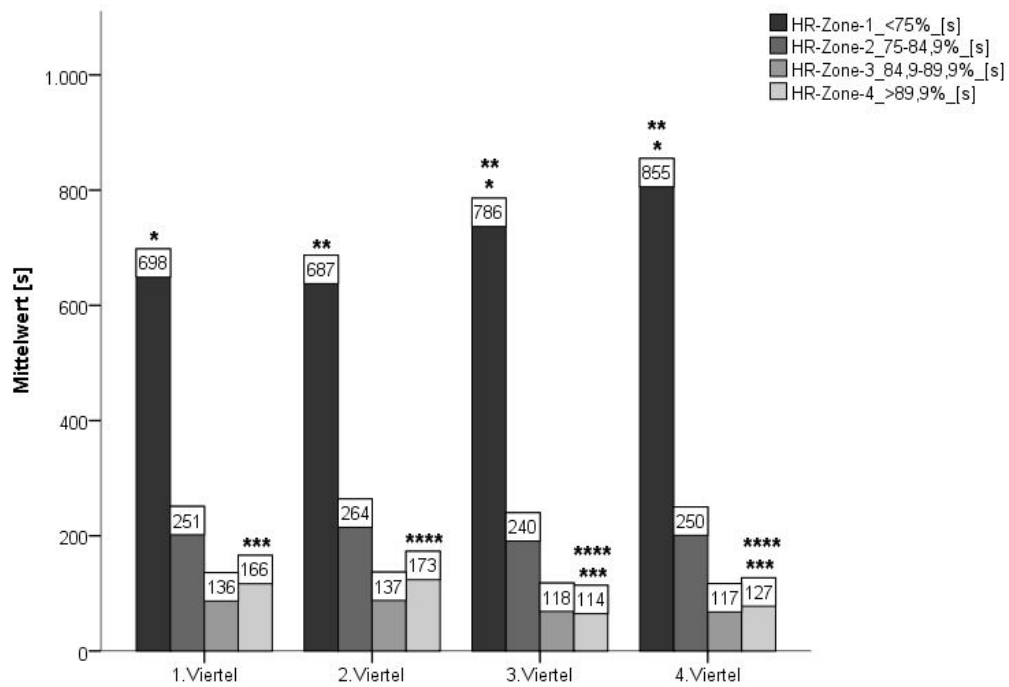


Abb. 16: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen zwischen den Viertel (eigene Darstellung)

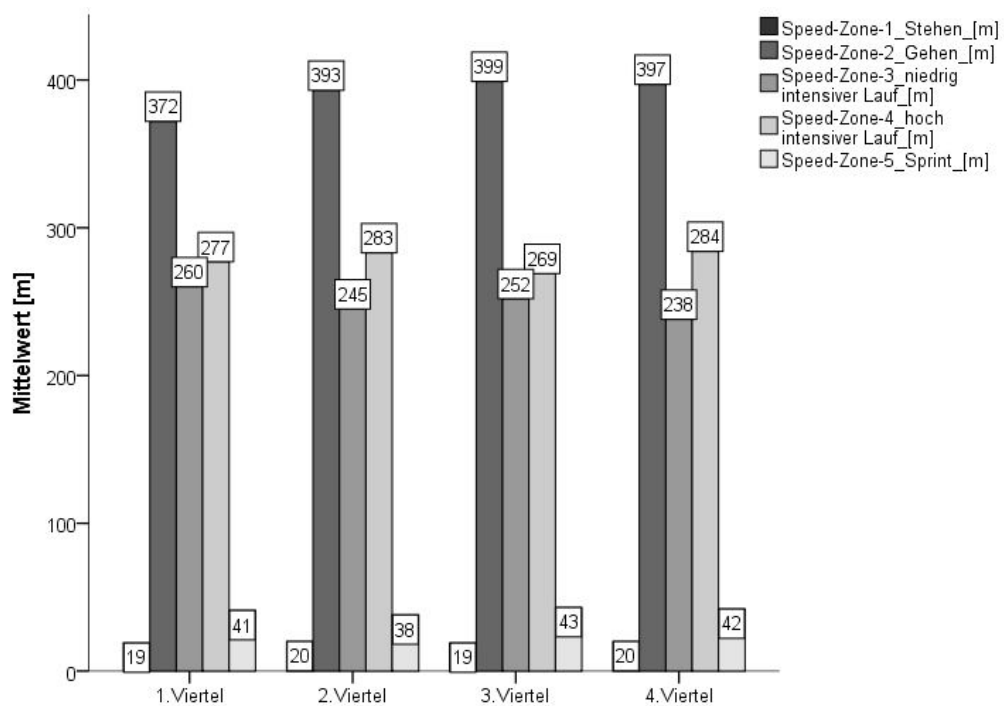


Abb. 17: Vergleich der "Speed-Zonen" zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)

7.4 Positionsspezifische Unterschiede zwischen den Vierteln

Im Abschnitt „Positionsspezifische Unterschiede zwischen den Vierteln“ wird auf die Parameter und ihre Unterschiede zwischen den Vierteln innerhalb der Positionen eingegangen. Folgende Parameter gilt es zu vergleichen: Herzfrequenz-Prozent (Hrmean), Herzfrequenz-Zonen (HR-Zone), Atemfrequenz (Atemfrq_mean), Speed-Zonen (Speed-Zone) und Distanz. In der Tabelle 21 werden die Mittelwerte und Standardabweichungen für die einzelnen Positionen veranschaulicht. Die Abkürzungen stehen für Verteidiger (V), Mittelfeldspieler (M) und Angreifer (A). Die Spalte „Gesamt“ zeigt die Werte für alle Verteidiger, alle Mittelfeldspieler oder alle Angreifer, von allen Vierteln. Die Signifikanz wird in Spalte „p“ angegeben. Das partielle Eta-Quadrat in Spalte „ η^2p “. Die Unterschiede der Mittelwerte wurden mittels „repeated measures ANOVA“ berechnet. Alle Daten erhob man über insgesamt 8 Spiele.

In Tabelle 21 werden die Daten der Verteidiger, in Tabelle 22 der Mittelfeldspieler und in Tabelle 23 der Angreifer veranschaulicht.

Die Verteidiger (Tabelle 21) hielten sich am längsten in der „HR-Zone 1“ im 4.Viertel auf (1.Viertel: 729 ± 309 s; 2.Viertel: 782 ± 300 s; 3.Viertel: 781 ± 249 s; 4.Viertel: 931 ± 309 s; $p = 0,003$; $\eta^2p = 0,129$). Im weiterführenden Post-hoc-Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem 1.Viertel und 4.Viertel (1.Viertel: 729 ± 309 s; 4.Viertel: 931 ± 309 s; $p = 0,015$; $d = 0,93 \pm 1,2$) (Abb. 18). Laut Tabelle 21 hatten die Verteidiger die höchsten „Atemfrequenzwerte“ im 1.Viertel (1.Viertel: 27 ± 2 numb; 2.Viertel: 26 ± 3 numb; 3.Viertel: 26 ± 4 numb; 4.Viertel: 25 ± 4 numb; $p = 0,033$; $\eta^2p = 0,086$). Bonferro-ni_korrigierte paarweise Vergleiche zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen dem 1.Viertel und 4.Viertel (1.Viertel: 27 ± 2 numb; 4.Viertel: 25 ± 4 numb; $p = 0,044$; $d = 0,71 \pm 1,32$).

Die in Tabelle 21 weiteren angeführten Parameter wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. Die höchste durchschnittliche Herzfrequenz („Hrmean“) erreichten die Verteidiger im 1.Viertel (1.Viertel: 71 ± 10 %; 2.Viertel: 70 ± 9 %; 3.Viertel: 70 ± 8 %; 4.Viertel: 68 ± 8 %; $p = 0,245$; $\eta^2p = 0,041$). In der „HR-Zone 2“ hielten sie sich am längsten im 3.Viertel auf (1.Viertel: 246 ± 118 s; 2.Viertel: 227 ± 105 s; 3.Viertel: 252 ± 111 s; 4.Viertel: 202 ± 95 s; $p = 0,152$; $\eta^2p = 0,052$). Für die „HR-Zone 3“ (1.Viertel: 135 ± 98 s; 2.Viertel: 116 ± 70 s; 3.Viertel: 120 ± 86 s; 4.Viertel: 100 ± 55 s; $p = 0,227$; $\eta^2p = 0,043$) und „HR-Zone 4“ (1.Viertel: 133 ± 164 s; 2.Viertel: 122 ± 152 s; 3.Viertel: 96 ± 120 s; 4.Viertel: 95 ± 140 s; $p = 0,062$; $\eta^2p = 0,081$) gilt dies für das 1.Viertel (Abb. 18). Im Durchschnitt, alle Spiele miteinbezogen, legten die Verteidiger die größte Distanz pro Spiel im 3.Viertel zurück (1.Viertel: 1104 ± 457 m; 2.Viertel: 1077 ± 436 m; 3.Viertel: 1140 ± 321 m; 4.Viertel: 1101

± 415 m; $p = 0,908$; $n^2p = 0,006$). Die meisten Meter absolvierten sie in der „Speed-Zone 1“ im 1., 3. und 4.Viertel (1.Viertel: 18 ± 5 m; 2.Viertel: 17 ± 6 m; 3.Viertel: 18 ± 4 m; 4.Viertel: 18 ± 5 m; $p = 0,735$; $n^2p = 0,015$). In der „Speed-Zone 2“ (1.Viertel: 446 ± 205 m; 2.Viertel: 450 ± 206 m; 3.Viertel: 469 ± 171 m; 4.Viertel: 455 ± 193 m; $p = 0,956$; $n^2p = 0,004$) beziehungsweise „Speed-Zone 5“ (1.Viertel: 24 ± 23 m; 2.Viertel: 33 ± 33 m; 3.Viertel: 37 ± 36 m; 4.Viertel: 30 ± 39 m; $p = 0,213$; $n^2p = 0,052$) war dies im 3.Viertel der Fall. Die durchschnittlich größte Distanz in der „Speed-Zone 3“ (1.Viertel: 254 ± 120 m; 2.Viertel: 215 ± 100 m; 3.Viertel: 231 ± 92 m; 4.Viertel: 204 ± 97 m; $p = 0,080$; $n^2p = 0,077$) beziehungsweise „Speed-Zone 4“ (1.Viertel: 221 ± 118 m; 2.Viertel: 205 ± 102 m; 3.Viertel: 218 ± 93 m; 4.Viertel: 209 ± 110 m; $p = 0,765$; $n^2p = 0,012$) wurde im 1.Viertel zurückgelegt (Abb. 19).

Tab. 21: Unterschiede innerhalb der Position Verteidiger zwischen den Vierteln

Parameter	1.Viertel V ± SD	2.Viertel V ± SD	3.Viertel V ± SD	4.Viertel V ± SD	Gesamt ± SD	p	n ² p
Hrmean [%]	71 ± 10	70 ± 9	70 ± 8	68 ± 8	70 ± 9	0,245	0,041
HR-Zone 1 [s]	729 ± 309	782 ± 300	781 ± 249	931 ± 309	806 ± 292	0,003**	0,129
HR-Zone 2 [s]	246 ± 118	227 ± 105	252 ± 110	202 ± 95	232 ± 107	0,152	0,052
HR-Zone 3 [s]	135 ± 98	116 ± 70	120 ± 86	100 ± 55	118 ± 77	0,227	0,043
HR-Zone 4 [s]	133 ± 164	122 ± 152	96 ± 120	95 ± 140	112 ± 144	0,062	0,081
Distanz [m]	1104 ± 457	1077 ± 436	1140 ± 321	1101 ± 415	1106 ± 407	0,908	0,006
Speed-Zone 1 [m]	18 ± 5	17 ± 6	18 ± 4	18 ± 5	18 ± 5	0,735	0,015
Speed-Zone 2 [m]	446 ± 205	450 ± 206	469 ± 171	455 ± 193	455 ± 194	0,956	0,004
Speed-Zone 3 [m]	254 ± 120	215 ± 100	231 ± 92	204 ± 97	226 ± 102	0,080	0,077
Speed-Zone 4 [m]	221 ± 118	205 ± 102	218 ± 93	209 ± 110	213 ± 106	0,765	0,012
Speed-Zone 5 [m]	24 ± 23	33 ± 33	37 ± 36	30 ± 39	32 ± 33	0,213	0,052
Atemfr-mean [numb]	27 ± 2	26 ± 3	26 ± 4	25 ± 4	26 ± 3	0,033*	0,086
* Signifikanzniveau p<0,05 ** Signifikanzniveau p<0,01							

Quelle: (eigene Darstellung)

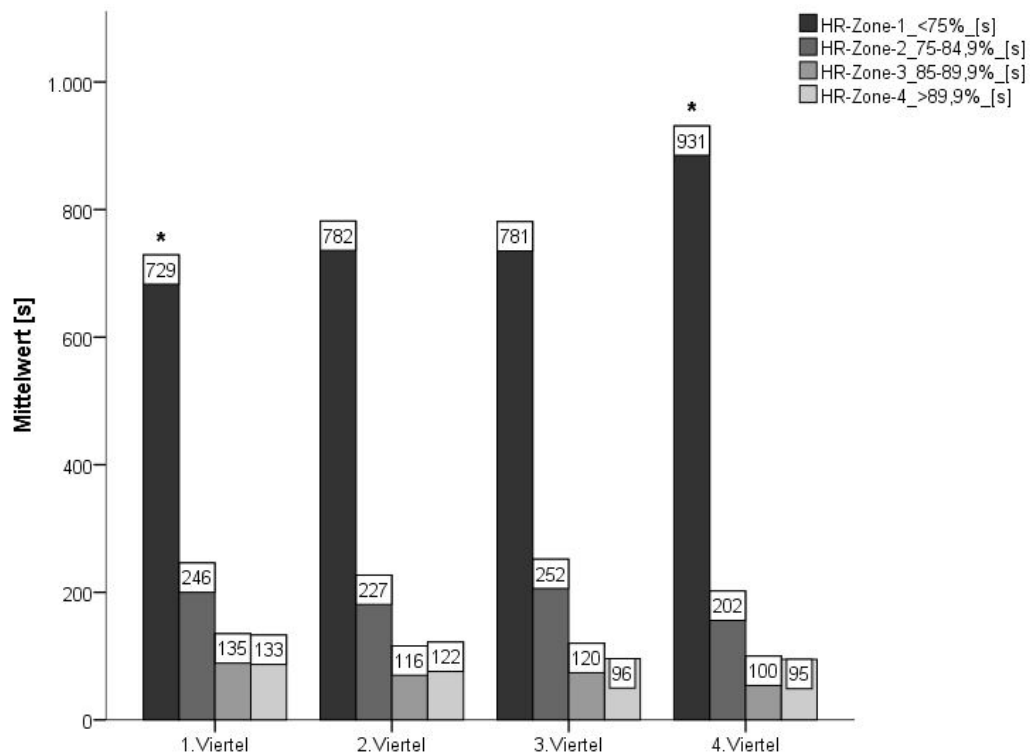


Abb. 18: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen der Verteidiger zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)

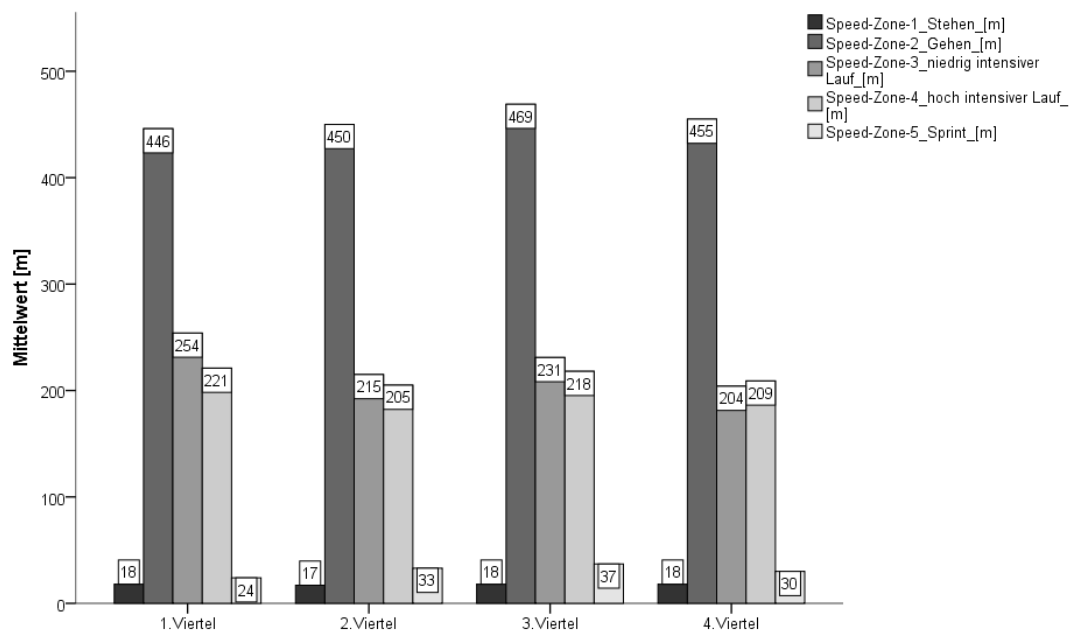


Abb. 19: Vergleich der "Speed-Zonen" der Verteidiger zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)

Laut der Tabelle 22 gibt es einen Unterschied zwischen den Vierteln bezüglich des Parameters „Hrmean“, bezogen auf die Mittelfeldspieler (1.Viertel: 73 ± 7 %; 2.Viertel: 74 ± 7 %; 3.Viertel: 71 ± 7 %; 4.Viertel: 71 ± 6 %; $p = 0,001$; $n^2p = 0,108$). Im Post-hoc-Test hat sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem 2.Viertel und 3.Viertel gezeigt (2.Viertel: 74 ± 7 %; 3.Viertel: 71 ± 7 %; $p = 0,002$; $d = 0,62 \pm 1,03$). Effekte wiesen die Parameter „Hr-Zone 1“ (1.Viertel: 741 ± 261 s; 2.Viertel: 756 ± 247 s; 3.Viertel: 847 ± 247 s; 4.Viertel: 874 ± 262 s; $p = 0,004$; $n^2p = 0,093$) und „HR-Zone 4“ (1.Viertel: 187 ± 173 s; 2.Viertel: 180 ± 187 s; 3.Viertel: 131 ± 168 s; 4.Viertel: 141 ± 144 s; $p = 0,015$; $n^2p = 0,068$) auf (Abb. 20). Jedoch konnten in den weiterführenden Bonferroni_korrigierten paarweisen Vergleichen keine signifikanten Unterschiede festgehalten werden.

Für die weiteren Parameter aus Tabelle 22 zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. In der „HR-Zone 2“ hielten sich die Mittelfeldspieler am längsten im 4.Viertel auf (1.Viertel: 216 ± 113 s; 2.Viertel: 226 ± 127 s; 3.Viertel: 191 ± 92 s; 4.Viertel: 231 ± 119 s; $p = 0,171$; $n^2p = 0,033$). Für die „HR-Zone 3“ gilt dies für das 1.Viertel (1.Viertel: 123 ± 62 s; 2.Viertel: 116 ± 74 s; 3.Viertel: 105 ± 62 s; 4.Viertel: 111 ± 65 s; $p = 0,400$; $n^2p = 0,020$) (Abb. 20). Im Durchschnitt, alle Spiele miteinbezogen, legten die Mittelfeldspieler die größte Distanz pro Spiel im 4.Viertel zurück (1.Viertel: 970 ± 389 m; 2.Viertel: 1026 ± 480 m; 3.Viertel: 1018 ± 423 m; 4.Viertel: 1094 ± 393 m; $p = 0,285$; $n^2p = 0,028$). Die meisten Meter wurden in der „Speed-Zone 1“ im 2.Viertel absolviert (1.Viertel: 21 ± 7 m; 2.Viertel: 22 ± 6 m; 3.Viertel: 21 ± 6 m; 4.Viertel: 21 ± 7 m; $p = 0,793$; $n^2p = 0,008$). In der „Speed-Zone 2“ (1.Viertel: 238 ± 138 m; 2.Viertel: 267 ± 152 m; 3.Viertel: 270 ± 159 m; 4.Viertel: 290 ± 177 m; $p = 0,125$; $n^2p = 0,042$) beziehungsweise „Speed-Zone 3“ (1.Viertel: 225 ± 102 m; 2.Viertel: 234 ± 132 m; 3.Viertel: 242 ± 120 m; 4.Viertel: 250 ± 97 m; $p = 0,536$; $n^2p = 0,016$) sowie „Speed-Zone 4“ (1.Viertel: 317 ± 134 m; 2.Viertel: 331 ± 164 m; 3.Viertel: 310 ± 126 m; 4.Viertel: 347 ± 145 m; $p = 0,418$; $n^2p = 0,021$) war dies im 4.Viertel der Fall. Die durchschnittlich größte Distanz in der „Speed-Zone 5“ wurde im 1.Viertel zurückgelegt (1.Viertel: 50 ± 40 m; 2.Viertel: 43 ± 32 m; 3.Viertel: 48 ± 37 m; 4.Viertel: 46 ± 35 m; $p = 0,752$; $n^2p = 0,009$) (Abb. 21). Der höchste „Atemfrequenzwert“ wurde im 1.Viertel erreicht (1.Viertel: 26 ± 3 numb; 2.Viertel: 25 ± 3 numb; 3.Viertel: 25 ± 3 numb; 4.Viertel: 25 ± 4 numb; $p = 0,168$; $n^2p = 0,034$).

Tab. 22: Unterschiede innerhalb der Position Mittelfeldspieler zwischen den Vierteln

Parameter	1.Viertel M ± SD	2.Viertel M ± SD	3.Viertel M ± SD	4.Viertel M ± SD	Gesamt ± SD	p	n ² p
Hrmean [%]	73 ± 7	74 ± 7	71 ± 7	71 ± 6	72 ± 7	0,001**	0,108
HR-Zone 1 [s]	741 ± 260	756 ± 247	847 ± 247	874 ± 262	805 ± 254	0,004**	0,093
HR-Zone 2 [s]	216 ± 113	226 ± 127	191 ± 92	231 ± 119	216 ± 113	0,171	0,033
HR-Zone 3 [s]	123 ± 62	116 ± 74	105 ± 62	111 ± 65	114 ± 66	0,400	0,020
HR-Zone 4 [s]	187 ± 173	180 ± 187	131 ± 168	141 ± 144	160 ± 168	0,015*	0,068
Distanz [m]	970 ± 389	1026 ± 480	1018 ± 423	1094 ± 393	1027 ± 421	0,285	0,028
Speed-Zone 1 [m]	21 ± 7	22 ± 6	21 ± 6	21 ± 7	21 ± 7	0,793	0,008
Speed-Zone 2 [m]	238 ± 138	267 ± 152	270 ± 159	290 ± 177	266 ± 157	0,125	0,042
Speed-Zone 3 [m]	225 ± 102	234 ± 132	242 ± 120	250 ± 97	238 ± 113	0,536	0,016
Speed-Zone 4 [m]	317 ± 134	331 ± 164	310 ± 126	347 ± 145	326 ± 143	0,418	0,021
Speed-Zone 5 [m]	50 ± 40	43 ± 32	48 ± 37	46 ± 35	47 ± 36	0,752	0,009
Atemfr-mean [numb]	26 ± 3	25 ± 3	25 ± 3	25 ± 4	25 ± 13	0,168	0,034
* Signifikanzniveau p<0,05 ** Signifikanzniveau p<0,01							

Quelle: (eigene Darstellung)

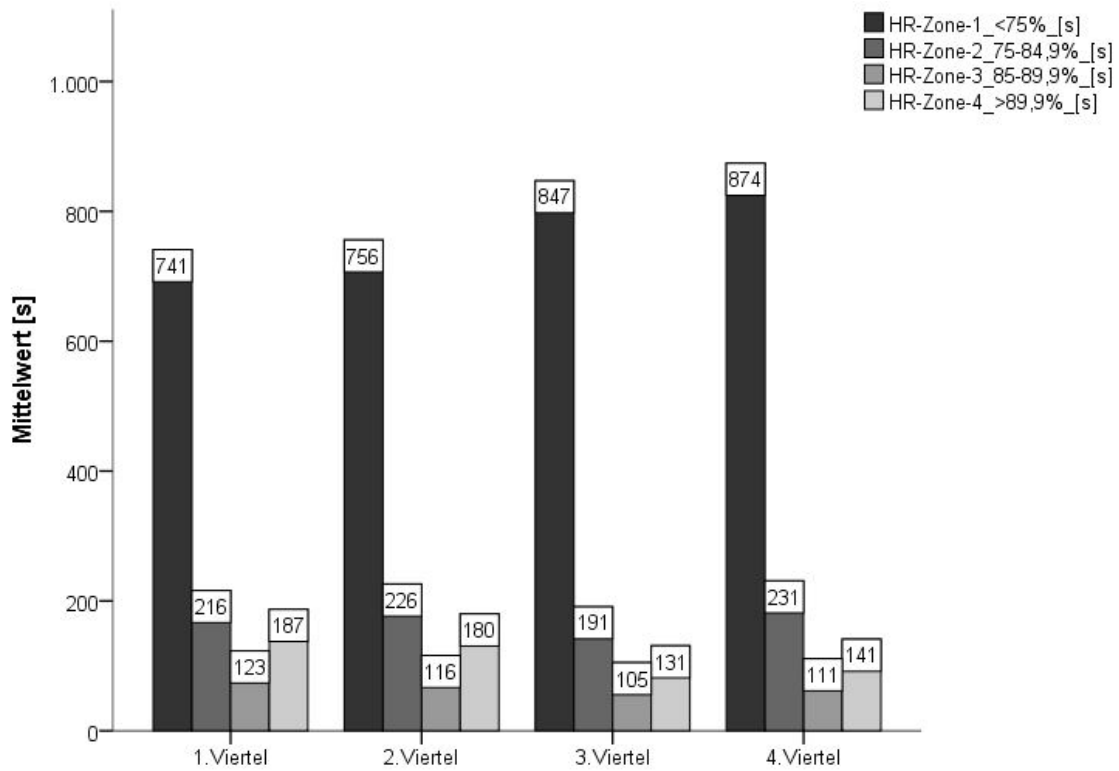


Abb. 20: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen der Mittelfeldspieler zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)

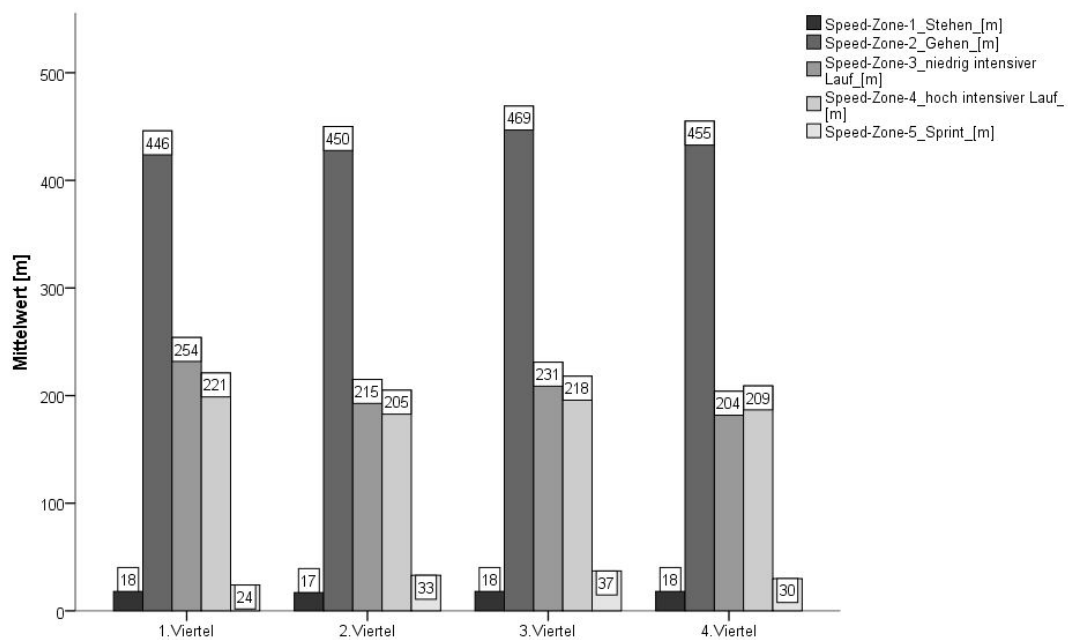


Abb. 21: Vergleich der "Speed-Zonen" der Mittelfeldspieler zwischen den Vierteln

Für den Parameter „Hrmean“ der Angreifer (Tabelle 23) kann ein Unterschied zwischen den Vierteln festgehalten werden (1.Viertel: 76 ± 7 %; 2.Viertel: 80 ± 6 %; 3.Viertel: 75 ± 6 %; 4.Viertel: 75 ± 7 %; $p = 0,006$; $n^2p = 0,242$). Der weiterführende Post-hoc-Test hat gezeigt, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen dem 1.Viertel und 2.Viertel (1.Viertel: 76 ± 7 %; 2.Viertel: 80 ± 6 %; $p = 0,006$; $d = 0,63 \pm 1,63$) sowie zwischen dem 2.Viertel und 3.Viertel (2.Viertel: 80 ± 6 %; 3.Viertel: 75 ± 6 %; $p = 0,012$; $d = 0,97 \pm 1,51$) beziehungsweise 4.Viertel (2.Viertel: 80 ± 6 %; 4.Viertel: 75 ± 7 %; $p = 0,016$; $d = 0,99 \pm 1,5$) gibt. Die Angreifer hielten sich am längsten in der „HR-Zone 1“ im 4.Viertel auf (1.Viertel: 536 ± 264 s; 2.Viertel: 352 ± 238 s; 3.Viertel: 643 ± 232 s; 4.Viertel 679 ± 334 s; $p = 0,000$; $n^2p = 0,331$). Bonferroni_korrigierte paarweise Vergleiche zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen dem 1.Viertel und 2.Viertel (1.Viertel: 536 ± 264 s; 2.Viertel: 352 ± 238 s; $p = 0,020$; $d = 0,87 \pm 1,65$). Des Weiteren zwischen dem 2.Viertel und 3.Viertel (2.Viertel: 352 ± 238 s; 3.Viertel: 643 ± 232 s; $p = 0,001$; $d = 1,48 \pm 1,57$) sowie zwischen dem 2.Viertel und 4.Viertel (2.Viertel: 352 ± 238 s; 4.Viertel 679 ± 334 s; $p = 0,001$; $d = 1,62 \pm 1,61$). Laut Tabelle 23 gibt es einen Effekt bezüglich dem Parameter „HR-Zone 3“ (1.Viertel: 168 ± 97 s; 2.Viertel: 222 ± 92 s; 3.Viertel: 146 ± 84 s; 4.Viertel 162 ± 94 s; $p = 0,011$; $n^2p = 0,175$). Der Post-hoc-Test weist aber keine signifikanten Unterschiede auf. Die meiste Zeit verbrachten die Angreifer in der „HR-Zone 4“ im 2.Viertel (1.Viertel: 169 ± 151 s; 2.Viertel: 242 ± 162 s; 3.Viertel: 101 ± 133 s; 4.Viertel 147 ± 124 s; $p = 0,000$; $n^2p = 0,313$). Bonferroni_korrigierte paarweise Vergleiche zeigten sowohl einen signifikanten Unterschied zwischen dem 2.Viertel und 3.Viertel (2.Viertel: 242 ± 162 s; 3.Viertel: 101 ± 133 s; $p = 0,003$; $d = 0,85 \pm 1,53$) als auch zwischen dem 2.Viertel und 4.Viertel (2.Viertel: 242 ± 162 s; 4.Viertel 147 ± 124 s; $p = 0,008$; $d = 0,58 \pm 1,53$) (Abb. 22). Die meisten Meter wurden in der „Speed-Zone 1“ im 4.Viertel zurückgelegt (1.Viertel: 17 ± 5 m; 2.Viertel: 18 ± 6 m; 3.Viertel: 17 ± 4 m; 4.Viertel: 22 ± 7 m; $p = 0,005$; $n^2p = 0,202$). Anhand des Post-hoc-Tests konnte ein signifikanter Unterschied zwischen 1.Viertel und 4.Viertel (1.Viertel: 17 ± 5 m; 4.Viertel: 22 ± 7 m; $p = 0,005$; $d = 4,53 \pm 5,22$) festgehalten werden (Abb. 23). Laut Tabelle 23 hatten die Angreifer die höchsten „Atemfrequenzwerte“ im 1.Viertel (1.Viertel: 29 ± 2 numb; 2.Viertel: 26 ± 3 numb; 3.Viertel: 26 ± 3 numb; 4.Viertel: 23 ± 4 numb; $p = 0,000$; $n^2p = 0,410$). Bonferroni_korrigierte paarweise Vergleiche zeigten sowohl einen signifikanten Unterschied zwischen dem 1.Viertel und 2.Viertel (1.Viertel: 29 ± 2 numb; 2.Viertel: 26 ± 3 numb; $p = 0,000$; $d = 0,83 \pm 1,54$) als auch zwischen dem 1.Viertel und 3.Viertel (1.Viertel: 29 ± 2 numb; 3.Viertel: 26 ± 3 numb; $p = 0,017$; $d = 1,16 \pm 1,50$). Ebenso zwischen dem 1.Viertel und 4.Viertel (1.Viertel: 29 ± 2 numb; 4.Viertel: 23 ± 4 numb; $p = 0,000$; $d = 2,05 \pm 1,53$) beziehungsweise zwischen dem 2.Viertel und 4.Viertel (2.Viertel: 26 ± 3 numb; 4.Viertel: 23 ± 4 numb; $p = 0,049$; $d = 1,02 \pm 1,49$).

Für die weiteren Parameter aus Tabelle 23 konnten keine signifikanten Unterschiede dokumentiert werden. In der „HR-Zone 2“ hielten sich die Angreifer am längsten im 2.Viertel auf (1.Viertel: 344 ± 101 s; 2.Viertel: 422 ± 112 s; 3.Viertel: 343 ± 118 s; 4.Viertel: 376 ± 130 s; $p = 0,113$; $n^2p = 0,099$) (Abb. 22). Im Durchschnitt, alle Spiele miteinbezogen, legten die Angreifer die größte Distanz pro Spiel im 2.Viertel zurück (1.Viertel: 1417 ± 320 m; 2.Viertel: 1426 ± 371 m; 3.Viertel: 1383 ± 297 m; 4.Viertel: 1323 ± 343 m; $p = 0,489$; $n^2p = 0,038$). Die meisten Meter wurden in der „Speed-Zone 2“ (1.Viertel: 566 ± 134 m; 2.Viertel: 596 ± 146 m; 3.Viertel: 586 ± 146 m; 4.Viertel: 556 ± 157 m; $p = 0,571$; $n^2p = 0,030$) und „Speed-Zone 4“ (1.Viertel: 268 ± 84 m; 2.Viertel: 289 ± 105 m; 3.Viertel: 249 ± 76 m; 4.Viertel: 250 ± 73 m; $p = 0,188$; $n^2p = 0,080$) im 2.Viertel absolviert. In der „Speed-Zone 3“ war dies im 1.Viertel der Fall (1.Viertel: 346 ± 139 m; 2.Viertel: 313 ± 118 m; 3.Viertel: 306 ± 93 m; 4.Viertel: 260 ± 95 m; $p = 0,061$; $n^2p = 0,136$). Die durchschnittlich größte Distanz in der „Speed-Zone 5“ wurde im 4.Viertel zurückgelegt (1.Viertel: 44 ± 29 m; 2.Viertel: 36 ± 20 m; 3.Viertel: 40 ± 46 m; 4.Viertel: 51 ± 47 m; $p = 0,572$; $n^2p = 0,032$) (Abb. 23).

Tab. 23: Unterschiede innerhalb der Position Angreifer zwischen den Vierteln

Parameter	1.Viertel A ± SD	2.Viertel A ± SD	3.Viertel A ± SD	4.Viertel A ± SD	Gesamt ± SD	p	n ² p
Hrmean [%]	76 ± 7	80 ± 6	75 ± 6	75 ± 8	77 ± 7	0,006**	0,242
HR-Zone 1 [s]	536 ± 265	352 ± 238	643 ± 232	679 ± 334	553 ± 267	0,000***	0,331
HR-Zone 2 [s]	344 ± 101	422 ± 112	343 ± 118	376 ± 130	371 ± 115	0,113	0,099
HR-Zone 3 [s]	168 ± 97	222 ± 92	146 ± 84	162 ± 94	175 ± 92	0,011*	0,175
HR-Zone 4 [s]	169 ± 151	242 ± 162	101 ± 133	147 ± 124	165 ± 143	0,000***	0,313
Distanz [m]	1417 ± 320	1426 ± 371	1383 ± 297	1323 ± 343	1387 ± 333	0,489	0,038
Speed-Zone 1 [m]	17 ± 5	18 ± 6	17 ± 4	22 ± 7	19 ± 6	0,005**	0,202
Speed-Zone 2 [m]	566 ± 134	596 ± 146	586 ± 146	556 ± 157	576 ± 146	0,571	0,030
Speed-Zone 3 [m]	346 ± 139	313 ± 118	306 ± 93	260 ± 95	306 ± 111	0,061	0,136
Speed-Zone 4 [m]	268 ± 84	289 ± 105	249 ± 76	250 ± 73	264 ± 85	0,188	0,080
Speed-Zone 5 [m]	44 ± 29	36 ± 20	40 ± 46	51 ± 47	43 ± 36	0,572	0,032
Atemfr-mean [numb]	29 ± 2	26 ± 3	26 ± 3	23 ± 4	26 ± 3	0,000***	0,410
* Signifikanzniveau p<0,05 ** Signifikanzniveau p<0,01 *** Signifikanzniveau p<0,001							

Quelle: (eigene Darstellung)

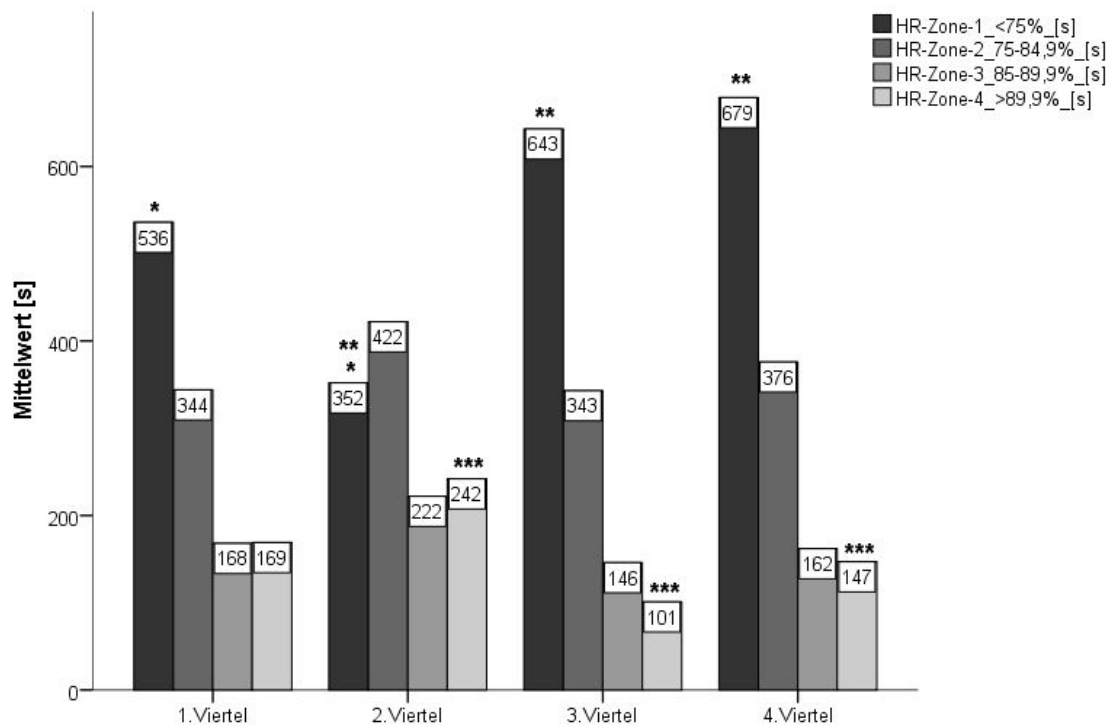


Abb. 22: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen der Angreifer zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)

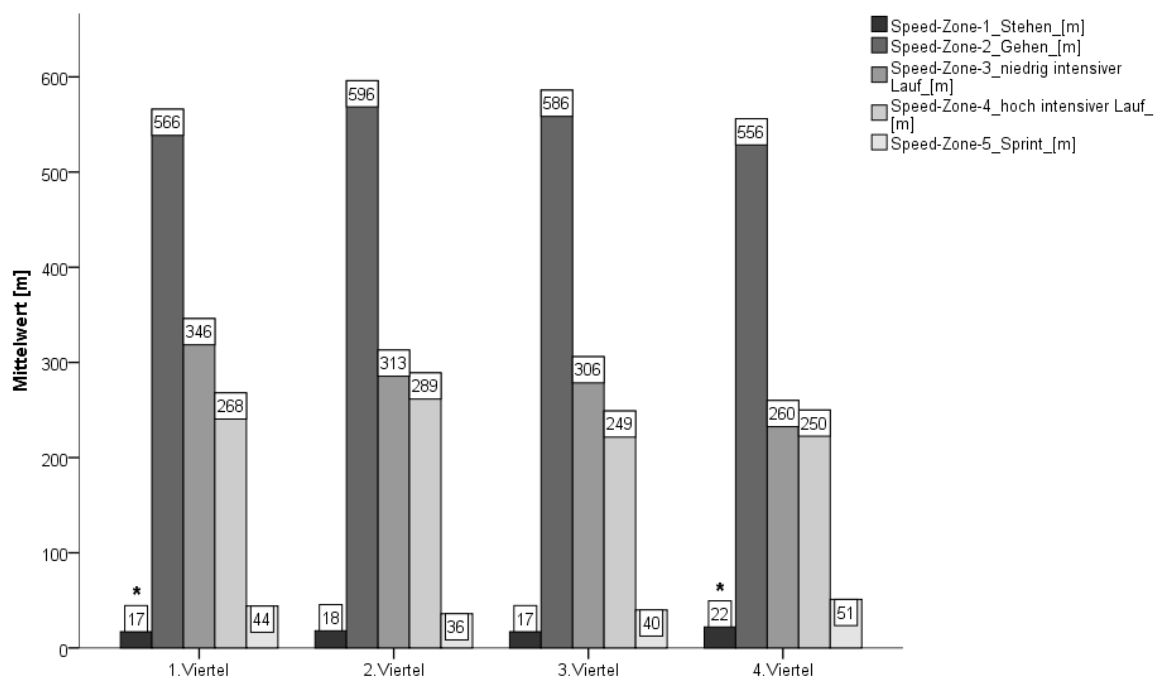


Abb. 23: Vergleich der "Speed-Zonen" der Angreifer zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)

8 Diskussion der Ergebnisse

Ziel dieser Arbeit war es die Aktivitätsprofile von Spielern des österreichischen Herren-Lacrosse-Nationalteams zu untersuchen. Dabei sollte zu Beginn ein allgemeines Aktivitätsprofil erstellt werden. In weiterer Folge wurden Unterschiede zwischen den Positionen genauer betrachtet. Danach verglich man die Ergebnisse der einzelnen Viertel. Abschließend wurden die positionsspezifischen Unterschiede zwischen den Vierteln untersucht.

Die Stichprobe bestand aus 15 Spielern des österreichischen Herren-Lacrosse-Nationalteams. Das Durchschnittsalter betrug $25,7 \pm 5,3$ Jahre. Nach Betrachtung der Daten aller Nationalteamspieler, konnte eine Größe von $1,81 \pm 0,07$ Metern festgehalten werden. Das Gewicht betrug $80,3 \pm 7,5$ Kilogramm. Weiters wurde ein BMI von $24,5 \pm 2,3$ dokumentiert. Folgende Formel wurde für die Berechnung des BMI angewendet: Körpergewicht / (Körpergröße in m)² (Vidakovic et al., 2015).

Die getestete Personengruppe teilte sich in 5 Verteidiger (Größe $1,86 \pm 0,07$ m; Gewicht $84,1 \pm 7,6$ kg; Alter $26,4 \pm 6,5$ Jahre; BMI $24,3 \pm 2,0$), 7 Mittelfeldspieler (Größe $1,80 \pm 0,07$ m; Gewicht $79,4 \pm 7,8$ kg; Alter $25,1 \pm 5,6$ Jahre; BMI $24,6 \pm 3,0$) und 3 Angreifer (Größe $1,76 \pm 0,03$ m; Gewicht $76,1 \pm 5,3$ kg; Alter $25,7 \pm 4,0$ Jahre; BMI $24,5 \pm 0,9$) auf.

Allgemeines Aktivitätsprofil

Ein Spiel dauerte im Durchschnitt 89 ± 4 Minuten. Viertel 1, 2 und 3 umfassten dabei 22 ± 2 Minuten und das 4. Viertel 24 ± 3 Minuten. Polley et al. (2015) dokumentierten in ihrer Studie eine Spielzeit von 80 Minuten und eine Vierteldauer von 20 Minuten. Der „Herzfrequenzmittelwert“ betrug 72 ± 5 %. Der hier genannte Wert ist der prozentuelle Anteil der Herzfrequenz von der individuellen maximalen Herzfrequenz. Akiyama et al. (2019) hielten einen Herzfrequenzwert von 78 ± 5 % fest. Der Parameter Herzfrequenz wurde weiters in 4 Zonen, Zone 1 <75%, Zone 2 75-84,9%, Zone 3 85-89,9% und Zone 4 ≥ 90 % nach Abrantes et al. (2012), eingeteilt. Mit dem „Zephyr™ Performance System“ wurden die Sekunden dokumentiert, die die Spieler in den jeweiligen Zonen verbrachten. Die meiste Zeit verbrachten sie in der „Herzfrequenz-Zone 1“, 3028 ± 714 Sekunden. Die geringste Zeit hielten sie sich in der „Herzfrequenz-Zone 3“ auf, 516 ± 169 Sekunden. Während in „Herzfrequenz-Zone 4“ (563 ± 467 Sekunden) ähnlich viele Sekunden absolviert wurden wie in „Herzfrequenz-Zone 3“, unterscheidet sich „Herzfrequenz-Zone 2“ (1025 ± 287 Sekunden) deutlicher von den anderen. Über alle Spiele gesehen, legten die Spieler im Durchschnitt 4512 ± 1151 Meter pro Spiel zurück. Wobei das Distanzmaximum bei 6178 Metern lag. Akiyama et al. (2019) hielten 4505 Meter für die Angreifer, 3028 Meter für die Mittelfeldspieler und 4239 Meter für die Verteidiger fest. In der Studie von Polley et

al. (2015) absolvierten die Angreifer 4038 Meter, die Mittelfeldspieler 3591 Meter und die Verteidiger 4427 Meter. Die dokumentierten Geschwindigkeiten wurden in „Speed-Zonen“ eingeteilt. Nach Polley et al. (2015) in die Kategorien: Stehen ($0-0,2 \text{ m s}^{-1}$), Gehen ($0,2-1,8 \text{ m s}^{-1}$), niedrig intensiver Lauf ($1,8-3,3 \text{ m s}^{-1}$), hoch intensiver Lauf ($3,3-5,7 \text{ m s}^{-1}$) und Sprint ($>5,7 \text{ m s}^{-1}$). Stehen ist „Speed-Zone 1“, Gehen ist „Speed-Zone 2“, niedrig intensiver Lauf ist „Speed-Zone 3“, hoch intensiver Lauf ist „Speed-Zone 4“ und Sprint ist „Speed-Zone 5“. Für alle Zonen hielt man fest wie viele Meter in diesen absolviert wurden. Die größte Distanz legten die Spieler in der „Speed-Zone 2“ zurück, 1578 ± 627 Meter. Gefolgt von „Speed-Zone 4“, 1104 ± 337 Meter. In der Untersuchung von Akiyama et al. (2019) absolvierten die Angreifer und Verteidiger ebenfalls die meisten Meter in der Zone „Walking“. Polley et al. (2015) hielten dasselbe fest. In der „Speed-Zone 3“ wurden 985 ± 299 Meter und in der „Speed-Zone 5“ wurden 165 ± 75 Meter zurückgelegt. Die kürzeste Strecke wurde mit 78 ± 10 Metern in der „Speed-Zone 1“ dokumentiert. Im Artikel von Polley et al. (2015) ist für die „Speed-Zone Stand“ ähnliches angeführt. Mittels dem BioModul konnten die Atemzüge pro Minute aufgezeichnet werden. Der Mittelwert der „Atemfrequenz“ betrug 25 ± 2 Atemzüge pro Minute.

Positionen im Vergleich

Die Angreifer hielten sich im Vergleich zu den Mittelfeldspielern und Verteidigern am längsten in der „HR-Zone 2“ auf. Es kann jeweils ein sehr großer Effekt (ES) festgehalten werden. Obwohl die Konfidenzintervalle (CI) große Streuungen aufzeigen, kann von sehr großen Effekten ausgegangen werden (A & V: $ES = 5,09 \pm 1,33$; A & M: $ES = 4,47 \pm 1,61$). In der „Speed-Zone 2“ legten die Angreifer mehr Meter zurück als die anderen Positionen. Ein signifikanter Unterschied konnte im Vergleich zu den Mittelfeldspielern dokumentiert werden. Es besteht ein sehr großer Effekt, sogar nach der Betrachtung des Konfidenzintervalls und dessen Streuung (A & M: $ES = 3,1 \pm 1,55$). In der Studie von Akiyama et al. (2019) konnte ähnliches festgehalten werden. Die zurückgelegte Gehdistanz der Angreifer und Verteidiger war signifikant größer als jene der Mittelfeldspieler (Akiyama et al., 2019). Polley et al. (2015) beschrieben ebenso, dass die Angreifer und Verteidiger größere Werte in den Zonen Stehen und Gehen erreichten als die Mittelfeldspieler. Allerdings dokumentierten sie keine signifikanten Unterschiede (Polley et al., 2015). In der vorliegenden Arbeit absolvierten die Mittelfeldspieler in der „Speed-Zone 4“ die meisten Meter. Stellt man dieses Ergebnis in Gegenüberstellung mit den Verteidigern konnte hier ein signifikanter Unterschied festgehalten werden. Es zeigt sich ein sehr großer Effekt. Dieser ist allerdings mit Vorsicht zu interpretieren, da das Konfidenzintervall eine große Streuung aufweist (M & V: $ES = 1,32 \pm 1,15$). Polley et al. (2015) hielten ebenfalls fest, dass es bezüglich der „Speed-Zone 4 (running)“ einen signifikanten Unterschied zwischen

den Mittelfeldspielern und Verteidigern gab. Akiyama et al. (2019) dokumentierten einen signifikanten Unterschied betreffend die „Speed-Zone Sprint“ zwischen den Mittelfeldspielern und den Angreifern beziehungsweise Verteidigern. Die Mittelfeldspieler absolvierten in dieser Zone mehr Meter als die anderen Positionen (Akiyama et al., 2019). Zum gleichen Ergebnis kamen Polley et al. (2015). In der vorliegenden Masterarbeit legten die Mittelfeldspieler ebenfalls die meisten Meter in der „Speed-Zone 5“ zurück, jedoch konnten keine signifikanten Unterschiede festgehalten werden. Akiyama et al. (2019) beschrieben, dass die Verteidiger signifikant größere Gesamtdistanzen absolvierten als die Mittelfeldspieler. Polley et al. (2015) dokumentierten dies ebenso, allerdings ohne Signifikanz. In der vorliegenden Arbeit legten hingegen die Mittelfeldspieler mehr Meter zurück als die Verteidiger. Der Unterschied ist aber nicht signifikant. Sowohl in der Studie von Akiyama et al. (2019) als auch der Masterarbeit absolvierten die Angreifer die größten Gesamtdistanzen im Vergleich zu den anderen Positionen. In der Untersuchung von Polley et al. (2015) waren dies jedoch die Verteidiger.

Viertel im Vergleich

Bezüglich dem prozentuellen Herzfrequenzmittelwert („Hrmean“) konnte der höchste Wert im 2.Viertel festgehalten werden. Die niedrigsten Werte erreichten die Spieler im 3.- und 4.Viertel. Signifikante Unterschiede wurden zwischen dem 1.- und 4.Viertel, 2.- und 3.Viertel sowie 2.- und 4.Viertel dokumentiert. Nach der Betrachtung der Effektstärken und der Streuungen der Konfidenzintervalle, kann man jedoch von keinen Effekten ausgehen (1.- & 4.Viertel: $ES = 0,43 \pm 0,71$; 2.- & 3.Viertel: $ES = 0,55 \pm 0,72$; 2.- & 4.Viertel: $ES = 0,57 \pm 0,71$). In der „HR-Zone 1“ hielten sich die Spieler am längsten im 4.Viertel und am kürzesten im 2.Viertel auf. Im Post-hoc-Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem 1.- und 3.Viertel sowie zwischen dem 1.- und 4.Viertel. Ebenso zwischen dem 2.- und 3.Viertel beziehungsweise dem 2.- und 4.Viertel. Die Konfidenzintervalle der Effektstärken weisen allerdings große Streuungen auf. Es kann von keinen Effekten ausgegangen werden (1.- & 3.Viertel: $ES = 0,52 \pm 0,72$; 1.- & 4.Viertel: $ES = 0,83 \pm 0,71$; 2.- & 3.Viertel: $ES = 0,55 \pm 0,75$; 2.- & 4.Viertel: $ES = 0,82 \pm 0,73$). Ein Effekt zeigte sich bezüglich des Parameters „HR-Zone 3“, hier verbrachten die Spieler die meiste Zeit im 2.Viertel. Jedoch konnte im Post-Hoc-Test kein signifikanter Unterschied zwischen den Vierteln dokumentiert werden. Die Spieler absolvierten die meisten Sekunden in der „HR-Zone 4“ im 2.Viertel und die wenigsten im 3.Viertel. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied sowohl zwischen dem 1.- und 3.Viertel als auch dem 1.- und 4.Viertel. Weiters zwischen dem 2.- und 3.Viertel sowie 2.- und 4.Viertel. Für alle signifikanten Ergebnisse können nur kleine Effekte dokumentiert werden. Es gilt ebenfalls die Konfidenzintervalle zu beachten, da diese große Streuungen darlegen und daher ein vorhandener Effekt frag-

lich ist (1.- & 3.Viertel: $ES = 0,42 \pm 0,71$; 1.- & 4.Viertel: $ES = 0,33 \pm 0,72$; 2.- & 3.Viertel: $ES = 0,48 \pm 0,71$; 2.- & 4.Viertel: $0,39 \pm 0,72$). Die „Atemfrequenzwerte“ der Spieler waren im 1.Viertel am höchsten und im 3.- und 4.Viertel am niedrigsten. Bonferroni_korrigierte paarweise Vergleiche zeigten signifikante Unterschiede zwischen dem 1.- und 2.Viertel wie auch dem 1.- und 3.Viertel beziehungsweise zwischen dem 1.- und 4.Viertel. Die Effektstärken und Konfidenzintervalle müssen in Betracht gezogen werden, da sie große Streuungen aufweisen. Daher kann man von keinen Effekten ausgehen (1.- & 2.Viertel: $ES = 0,53 \pm 0,71$; 1.- & 3.Viertel: $ES = 0,59 \pm 0,73$; 1.- & 4.Viertel: $ES = 0,93 \pm 0,72$).

Positionsspezifische Unterschiede zwischen den Vierteln

Sowohl die Mittelfeldspieler als auch die Angreifer erreichten die höchsten prozentuellen Herzfrequenzmittelwerte („Hrmean“) im 2. Viertel. Bei den Verteidigern war dies hingegen im 1.Viertel der Fall. Die niedrigsten Werte wurden für alle Positionen im 4.Viertel dokumentiert. Ein signifikanter Unterschied zeigte sich bei den Mittelfeldspielern zwischen dem 2.- und 3.Viertel. Es gilt das Konfidenzintervall zu beachten, da dieses große Streuungen darlegt und daher ein vorhandener Effekt sehr fraglich ist (2.- & 3.Viertel: $ES = 0,62 \pm 1,03$). Der weiterführende Post-hoc-Test hielt bei den Angreifern einen signifikanten Unterschied zwischen dem 1.- und 2.Viertel beziehungsweise 2.- und 3.Viertel sowie 2.- und 4.Viertel fest. Allerdings weisen auch hier die Konfidenzintervalle sehr große Streuungen auf und es kann von keinen Effekten ausgegangen werden (1.- & 2.Viertel: $ES = 0,63 \pm 1,63$; 2.- & 3.Viertel: $ES = 0,97 \pm 1,51$; 2.- & 4.Viertel: $ES = 0,99 \pm 1,5$). Bei den Verteidigern konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Die Verteidiger hielten sich am längsten in der „HR-Zone 1“ im 4.Viertel und am kürzesten im 1.Viertel auf. Ein signifikanter Unterschied zeigte sich zwischen dem 1.- und 4.Viertel. Jedoch aufgrund der sehr großen Streuung des Konfidenzintervalls ist ein Effekt mehr als fraglich (1.- & 4.Viertel: $ES = 0,93 \pm 1,2$). Ähnlich verhält es sich bei den Mittelfeldspielern. Diese absolvierten ebenfalls die meisten Sekunden in der „HR-Zone 1“ im 4.Viertel und die wenigsten im 1.Viertel. Jedoch konnten in den weiterführenden Bonferroni_korrigierten paarweisen Vergleichen keine signifikanten Unterschiede dokumentiert werden. Die Angreifer hielten sich ebenfalls am längsten im 4.Viertel in der „HR-Zone 1“ auf. Allerdings verbrachten sie die geringste Zeit in dieser Zone im 2.Viertel. Im Post-hoc-Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem 1.- und 2.Viertel. Weiters zwischen dem 2.- und 3.Viertel beziehungsweise 2.- und 4.Viertel. Die Konfidenzintervalle weisen jedoch sehr große Streuungen auf und man kann daher von keinen Effekten ausgehen (1.- & 2.Viertel: $ES = d = 0,87 \pm 1,65$; 2.- & 3.Viertel: $ES = 1,48 \pm 1,57$; 2.- & 4.Viertel: $ES = 1,62 \pm 1,61$). Die meiste Zeit in der „HR-Zone 4“ verbrachten die Angreifer im 2.Viertel. Für die Mittelfeldspieler und Verteidiger gilt dies für das 1.Viertel. Der Post-hoc-Test dokumentierte bei den

Angreifern einen signifikanten Unterschied zwischen dem 2.- und 3.Viertel beziehungsweise 2.- und 4.Viertel. Aufgrund der großen Streuungen der Konfidenzintervalle, muss von keinen Effekten ausgegangen werden (2.- & 3.Viertel: $ES = 0,85 \pm 1,53$; 2.- & 4.Viertel: $ES = 0,58 \pm 1,53$). Für die Mittelfeldspieler und Verteidiger konnten keine signifikanten Unterschiede festgehalten werden. In der „Speed-Zone 1“ legten die Angreifer die meisten Meter im 4. Viertel und die wenigsten im 1.- beziehungsweise 3.Viertel zurück. Bonferroni_korrigierte paarweise Vergleiche zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen dem 1.- und 4.Viertel bei den Angreifern. Bezüglich der sehr großen Streuung des Konfidenzintervalls ist ein Effekt fraglich (1.- & 4.Viertel: $ES = 4,53 \pm 5,22$). Die Mittelfeldspieler absolvierten in allen Vierteln beinahe die gleichen Distanzen in dieser „Speed-Zone“. Einzig das 2.Viertel unterscheidet sich um einen Meter mehr. Ähnliches gilt für die Verteidiger, welche nur einen Meter weniger im 2.Viertel, im Vergleich zu den anderen Vierteln, zurücklegten. Innerhalb der Positionen der Verteidiger und Mittelfeldspieler konnten keine signifikanten Unterschiede dokumentiert werden. In der Untersuchung von Polley et al. (2015) hielt man fest, dass es innerhalb der Angreifer und Mittelfeldspieler keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vierteln gab. Einzig bei den Verteidigern wurden signifikant mehr Meter in der „Speed-Zone 1“ im 4.Viertel, im Vergleich zu allen anderen Vierteln, absolviert. In der vorliegenden Arbeit erreichten sowohl die Angreifer als auch die Mittelfeldspieler beziehungsweise Verteidiger die höchsten „Atemfrequenzmittelwerte“ im 1.Viertel und die niedrigsten im 4.Viertel. Im Post-hoc-Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied bei den Verteidigern zwischen dem 1.- und 4.Viertel. Das Konfidenzintervall weist jedoch eine große Streuung auf und man kann daher von keinem Effekt ausgehen (1.- & 4.Viertel: $ES = 0,71 \pm 1,32$). Bei den Angreifern dokumentierten die Bonferroni_korrigierten paarweise Vergleiche signifikante Unterschiede zwischen dem 1.- und 2.Viertel sowie 1.- und 3.Viertel. Des Weiteren zwischen dem 1.- und 4.Viertel beziehungsweise 2.- und 4.Viertel. Aufgrund der großen Streuungen der Konfidenzintervalle, kann nur zwischen dem 1.- und 4.Viertel ein mittlerer Effekt festgehalten werden (1.- & 2.Viertel: $ES = 0,83 \pm 1,54$; 1.- & 3.Viertel: $ES = 1,16 \pm 1,50$; 1.- & 4.Viertel: $ES = 2,05 \pm 1,53$; 2.- & 4.Viertel: $1,02 \pm 1,49$). Bei den Mittelfeldspielern konnten keine signifikanten Unterschiede dokumentiert werden.

Limitierungen

Im Rahmen der Studie wurden 15 Herren-Lacrossespieler der österreichischen Nationalmannschaft untersucht. Diese waren in Angreifer, Mittelfeldspieler und Verteidiger definiert. Die Verteilung der Positionen war mit 3 Angreifern, 7 Mittelfeldspielern und 5 Verteidigern jedoch unregelmäßig. Dies und die allgemein kleine Stichprobe könnten zu Problemen bei den Signifikanzen geführt haben.

Bei manchen Spielen wurde die Herzfrequenz vom „Zephyr™ Performance System“ nicht aufgezeichnet oder das GPS-Signal nicht dokumentiert. In sehr wenigen Fällen wurden die Daten nicht über das gesamte Spiel festgehalten. Die Aufzeichnung ging nur bis zu einem gewissen Zeitpunkt. Diese Daten konnten nur limitiert oder gar nicht in die Auswertung aufgenommen werden.

Insgesamt konnten bei 4 Spielern alle Daten von allen Spielen festgehalten und verwertet werden. Bei den restlichen Spielern kam es jeweils zumindest bei einem Spiel zu Problemen mit dem Herzfrequenz- oder GPS-Signal.

9 Zusammenfassung

An der Universität Wien, Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport – Abteilung Trainingswissenschaft, entwickelte man ein Studiendesign für eine Aktivitätsprofil-Studie im Herren-Lacrosse. Im Rahmen der Lacrosse-WM 2018 wurden 15 Spieler des österreichischen Nationalteams über 8 Spiele mit 10 Hz GPS-Modulen und Herzfrequenzsensoren ausgestattet. Die anthropometrischen Daten des Teams waren wie folgt: $25,7 \pm 5,3$ Jahre; $1,81 \pm 0,07$ m; $80,3 \pm 7,5$ kg; $24,5 \pm 2,3$ BMI. Zur Erhebung der Daten nutzte man die Technologie des „Zephyr™ Performance System“.

Anhand der Aufzeichnungen konnten folgende Ergebnisse für ein allgemeines Aktivitätsprofil festgehalten werden. Der prozentuelle „Herzfrequenzmittelwert“ lag bei 72 ± 5 %. Die Spieler hielten sich am längsten in der „HR-Zone 1 (<75%)“ und am kürzesten in der „HR-Zone 3 (85-89,9%)“ auf. Im Durchschnitt legten sie 4512 ± 1151 Meter pro Spiel zurück. In der „Speed-Zone Gehen“ wurden die größten und in der „Speed-Zone Stehen“ die kleinsten Distanzen absolviert. Der „Atemfrequenzmittelwert“ betrug 25 ± 2 Atemzüge pro Minute.

Für die Positionen und ihre Differenzen dokumentierte man die nachstehenden Resultate. Ein signifikanter Unterschied konnte zwischen den Verteidigern und Angreifern sowie zwischen Mittelfeldspielern und Angreifern bezüglich des Parameters „HR-Zone 2 (75-84,9%)“ gezeigt werden. Die Angreifer hielten sich am längsten in dieser Zone auf. In der „Speed-Zone Gehen“ legten die Angreifer signifikant mehr Meter als die Mittelfeldspieler zurück. Die „Speed-Zone hoch intensiver Lauf“ betreffend absolvierten die Mittelfeldspieler signifikant größere Distanzen als die Verteidiger.

Als nächstes galt es die Viertel zu vergleichen. Der „Herzfrequenzmittelwert“ der Spieler war im 1.Viertel höher als im 4.Viertel. Des Weiteren höher im 2.Viertel als im 3.- beziehungsweise 4.Viertel. Die eben genannten Unterschiede waren alle signifikant. Die meiste Zeit wurde in der „HR-Zone 1 (<75%)“ im 4.Viertel verbracht. Der Post-hoc-Test zeigte signifikante Unterschiede zwischen dem 4.- und 1.Viertel sowie 2.Viertel. Weiters zwischen dem 3.- und 1.- beziehungsweise 2.Viertel. In der „HR-Zone 4 ($\geq 90\%$)“ hielten sich die Spieler am längsten im 2.Viertel auf. Signifikante Unterschiede dokumentierte man zwischen 2.- und 3.- wie auch 4.Viertel. Ebenfalls zwischen dem 1.- und 3.- beziehungsweise 4.Viertel.

Abschließend ging man auf die positionsspezifischen Unterschiede zwischen den Viertel ein. Die Verteidiger verbrachten in der „HR-Zone 1 (<75%)“ signifikant mehr Zeit im 4.Viertel als im 1.Viertel. Des Weiteren hatten sie im 1.Viertel signifikant höhere „Atemfre-

quenzmittelwerte“ als im 4.Viertel. Bei den Mittelfeldspielern wurden die höchsten „Herzfrequenzmittelwerte“ im 2.Viertel dokumentiert. Ein signifikanter Unterschied zeigte sich zwischen dem 2.- und 3.Viertel. Bezüglich des Parameters „Herzfrequenzmittelwert“ konnten bei den Angreifern ebenfalls signifikante Differenzen festgehalten werden. Im 2.Viertel waren die Werte am höchsten und unterschieden sich von allen anderen Vierteln. In der „HR-Zone 1 (<75%)“ hielten sie sich am längsten im 4.Viertel auf. Signifikante Unterschiede dokumentierte man zwischen dem 2.- und allen anderen Vierteln. Die Angreifer verbrachten in der „HR-Zone 4 ($\geq 90\%$)“ signifikant mehr Zeit im 2.- als im 3.- beziehungsweise 4.Viertel. In der „Speed-Zone Gehen“ legten sie die meisten Meter im 4.Viertel zurück. Der Post-hoc-Test zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen dem 4.- und 1.Viertel. Laut den Aufzeichnungen erreichten die Angreifer signifikant höhere „Atemfrequenzmittelwerte“ im 1.- als in allen anderen Vierteln. Weiters wurde eine signifikante Differenz zwischen dem 2.- und 4.Viertel dokumentiert.

Die vorliegende Untersuchung könnte Trainern und Athletiktrainern dabei helfen die Belastungen und Beanspruchungen von Lacrossespielern, während eines Spiels, besser zu verstehen. Anhand der positionsspezifischen Daten kann eine individuelle Trainingsplanung stattfinden. Die unterschiedlichen Belastungen der Positionen können im Trainingsalltag berücksichtigt werden und so zu einer besseren Matchleistung führen. Mittelfeldspieler sollten speziell für die Anforderungen hoch intensiver Läufe trainieren, da sie hier die meisten Meter absolvierten im Vergleich zu den anderen Positionen. Des Weiteren ermöglicht die bestehende Datenlage den Trainern die Taktik den Aktivitätsprofilen der Spieler anzupassen.

Im Vergleich zu Polley et al. (2015) erhob man die Daten über mehr als nur vier Spiele. Der Datenpool der vorliegenden Untersuchung könnte daher ein umfassenderer sein. Dennoch müssen für detailliertere Ansichten und Ergebnisse weitere Forschungen durchgeführt werden.

Literaturverzeichnis

- Abrantes, C. I., Nunes, M. I., Maças, V. M., Leite, N. M. & Sampaio, J. E. (2012). Effects of the number of players and game type constraints on heart rate, rating of perceived exertion, and technical actions of small-sided soccer games. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 976–981.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822dd398>
- Akiyama, K., Sasaki, T. & Mashiko, M. (2019). Elite Male Lacrosse Players' Match Activity Profile. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(2), 290–294.
- Andrzejewski, M., Pluta, B., Konefał, M., Konarski, J., Chmura, J. & Chmura, P. (2018). Activity profile in elite Polish soccer players. *Research in Sports Medicine (Print)*, 1–12.
<https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1545648>
- Aughey, R. J. (2010). Australian football player work rate: evidence of fatigue and pacing? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 394–405.
- Austin, D. J. & Kelly, S. J. (2013). Positional differences in professional rugby league match play through the use of global positioning systems. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 14–19. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824e108c>
- Bangsbo, J., Iaia, F. M. & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(1), 37–51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Batterham, A. M. & Hopkins, W. G. (2006). Making Meaningful Inferences About Magnitudes. *International journal of sports physiology and performance*, 1(1), 50–57.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.1.1.50>
- Bowker, P. (2017). *Total lacrosse* (Total sports). Minneapolis, Minnesota: SportsZone, an imprint of Abdo Publishing.
- Burger, T. A. & Burger, M. E. (2006). A preseason resistance training program for men's lacrosse. *Strength and Conditioning Journal*, 28(3), 20–27.
- Castellano, J., Casamichana, D., Calleja-González, J., Román, J. S. & Ostojic, S. M. (2011). Reliability and Accuracy of 10 Hz GPS Devices for Short-Distance Exercise. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(1), 233–234.
- Coutts, A. J., Quinn, J., Hocking, J., Castagna, C. & Rampinini, E. (2010). Match running performance in elite Australian Rules Football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 543–548. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.09.004>
- Crossingham, J. (2013). *Lacrosse in action* (Sports in action). St. Catharines, Ontario: Crabtree Publishing Company.

- Cubitt Code. (2009). *Zephyr Technology Premarketing Notification*. Zugriff am 01.07.2019.
Verfügbar unter https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf10/K100040.pdf
- Cunniffe, B., Proctor, W., Baker, J. S. & Davies, B. (2009). An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using Global Positioning System tracking software. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1195–1203.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a3928b>
- Curtis, R. M., Huggins, R. A., Looney, D. P., West, C. A., Fortunati, A., Fontaine, G. J. et al. (2018). Match Demands of National Collegiate Athletic Association Division I Men's Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(10), 2907–2917.
<https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002719>
- Fanchini, M., Castagna, C., Coutts, A. J., Schena, F., McCall, A. & Impellizzeri, F. M. (2014). Are the Yo-Yo intermittent recovery test levels 1 and 2 both useful? Reliability, responsiveness and interchangeability in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1950–1957. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.969295>
- Fritz, C. O., Morris, P. E. & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology. General*, 141(1), 2–18.
<https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Gutowski, A. E. & Rosene, J. M. (2011). Preseason Performance Testing Battery for Men's Lacrosse. *Strength and Conditioning Journal*, 33(2), 16–22.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318208cb04>
- Haber, P. (2018). *Leitfaden zur medizinischen Trainingsberatung*: Springer Berlin Heidelberg.
- Hietzge, M. C. (2010). *Handbuch für Lacrosse und Intercrosse. Spielstruktur - Technik - Training*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Hottenrott, K. & Neumann, G. (2016). *Trainingswissenschaft. Ein Lehrbuch in 14 Lektionen* (Sportwissenschaften studieren, Band 7, 3., überarbeitete Auflage). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Jansen, C. T. (2012). *Wissenschaftliche Gütekriterien bei sportmotorischen Tests. Reliabilität, Validität und Zusammenhangsmerkmale ausgewählter leistungsdiagnostischer Verfahren*. Hamburg: Diplomica Verlag.
- Johnson Sports Training. (2019). Zugriff am 26.06.2019.
- Johnstone, J. A., Ford, P. A., Hughes, G., Watson, T. & Garrett, A. T. (2012a). Bioharness™ Multivariable Monitoring Device: Part. I: Validity. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(3), 400–408.
- Johnstone, J. A., Ford, P. A., Hughes, G., Watson, T. & Garrett, A. T. (2012b). Bioharness™ Multivariable Monitoring Device: Part. II: Reliability. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(3), 409–417.

- Kim, J.-H., Roberge, R., Powell, J. B., Shafer, A. B. & Jon Williams, W. (2013). Measurement accuracy of heart rate and respiratory rate during graded exercise and sustained exercise in the heat using the Zephyr BioHarness. *International Journal of Sports Medicine*, 34(6), 497–501. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327661>
- Larsson, P. (2003). Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(15), 1093–1101. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333150-00002>
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Madison, A. (1978). *Lacrosse. How to play and win*. New York: McKay.
- Menche, N. (Hrsg.). (2016). *Biologie, Anatomie, Physiologie. Kompaktes Lehrbuch für Pflegeberufe* (8. Auflage). München: Elsevier.
- Nazari, G. & MacDermid, J. C. (2019). Reliability of Zephyr BioHarness Respiratory Rate at Rest, During the Modified Canadian Aerobic Fitness Test and Recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003046>
- Nazari, G., MacDermid, J. C., Sinden, K. E., Richardson, J. & Tang, A. (2017). Reliability of Zephyr Bioharness and Fitbit Charge Measures of Heart Rate and Activity at Rest, During the Modified Canadian Aerobic Fitness Test, and Recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 559–571. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001842>
- Pauline, J. (2010). Factors Influencing College Selection by NCAA Division I, II, and III Lacrosse Players. *Journal of Research*, 5(2), 62–69.
- Plisk, S. S. & Stenersen, S. B. (1992). The lacrosse face-off. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 14(2), 77–91.
- Polley, C. S., Cormack, S. J., Gabbett, T. J. & Polglaze, T. (2015). Activity profile of high-level Australian lacrosse players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 126–136. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000599>
- Portas, M. D., Harley, J. A., Barnes, C. A. & Rush, C. J. (2010). The validity and reliability of 1-Hz and 5-Hz global positioning systems for linear, multidirectional, and soccer-specific activities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 448–458.
- QSTARZ 818XT. (2019). Zugriff am 26.06.2019. Verfügbar unter <http://www.qstarz.com/Products/GPS%20Products/BT-Q818XT-F.htm>
- Rawstorn, J. C., Gant, N., Warren, I., Doughty, R. N., Lever, N., Poppe, K. K. et al. (2015). Measurement and Data Transmission Validity of a Multi-Biosensor System for Real-Time Remote Exercise Monitoring Among Cardiac Patients. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 2(1). <https://doi.org/10.2196/rehab.3633>

- Scott, B. (1976). *Lacrosse. Technique and tradition* (Pap). Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Scott, M. T. U., Scott, T. J. & Kelly, V. G. (2015). The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1470–1490. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001221>
- Steinhagen, M. R., Meyers, M. C., Erickson, H. H., Noble, L. & Richardson, M. T. (1998). Physiological Profile of College Club-Sport Lacrosse Athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 12(4), 226–231. <https://doi.org/10.1519/00124278-199811000-00004>
- Sullivan, G. M. & Feinn, R. (2012). Using Effect Size-or Why the P Value Is Not Enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279–282. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>
- Tanisho, K., Ito, K., Maeda, M. & Hirakawa, K. (2009). Comparisons of movement characteristics and intermittent exercise pattern in ball games. *Taiikugaku kenkyu (Japan Journal of Physical Education, Health and Sport Sciences)*, 54(1), 99–106. <https://doi.org/10.5432/jjpehss.a540111>
- Varley, M. C., Fairweather, I. H. & Aughey, R. J. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of Sports Sciences*, 30(2), 121–127. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.627941>
- Vidakovic, A. J., Jaddoe, V. W. V., Gishti, O., Felix, J. F., Williams, M. A., Hofman, A. et al. (2015). Body mass index, gestational weight gain and fatty acid concentrations during pregnancy: the Generation R Study. *European Journal of Epidemiology*, 30, 1175–1185. <https://doi.org/10.1007/s10654-015-0106-6>
- Wehbe, G. M., Hartwig, T. B. & Duncan, C. S. (2014). Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 834–842. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a35dd1>
- Woodman, P. (2017a). OmniSense 5.0 User Guide.
- Woodman, P. (2017b). Zephyr BioModule 3 Data Sheet. Zugriff am 26.06.2019.
- Zephyr Performance System: Components. (2019). Zugriff am 26.06.2019. Verfügbar unter <https://www.zephyranywhere.com/system/components>
- Zephyr Performance Systems: Physiological & Biomechanical. (2019). Zugriff am 26.06.2019. Verfügbar unter <https://www.zephyranywhere.com/benefits/physiological-biomechanical>

Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1: Das Spielfeld (Hietzge, 2010, S. 25)</i>	12
<i>Abb. 2: Spieler und deren Ausrüstung (Hietzge, 2010, S. 38)</i>	14
<i>Abb. 3: Bio-Modul (Zephyr Performance System: Components, 2019)</i>	29
<i>Abb. 4: GPS-Modul (Zephyr Performance System: Components, 2019)</i>	29
<i>Abb. 5: Kompressionsshirt (Johnson Sports Training, 2019)</i>	30
<i>Abb. 6: Herzfrequenz- und GPS-Gurt (Woodman, 2017a)</i>	30
<i>Abb. 7: Veranschaulichung der Datenübertragung (Woodman, 2017b)</i>	31
<i>Abb. 8: Verteilung der Positionen (eigene Darstellung)</i>	36
<i>Abb. 9: Dokumentation eines Spielers in Excel (eigene Darstellung)</i>	40
<i>Abb. 10: Masterfile-Excel (eigene Darstellung)</i>	41
<i>Abb. 11: Auszug "IBM SPSS Statistics 24"</i>	41
<i>Abb. 12: Sekunden in den Herzfrequenz-Zonen (eigene Darstellung)</i>	45
<i>Abb. 13: Meter in den "Speed-Zonen" (eigene Darstellung)</i>	45
<i>Abb. 14: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen zwischen den Positionen (eigene Darstellung)</i>	48
<i>Abb. 15: Vergleich der "Speed-Zonen" zwischen den Positionen (eigene Darstellung)</i>	48
<i>Abb. 16: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)</i> ..	52
<i>Abb. 17: Vergleich der "Speed-Zonen" zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)</i>	52
<i>Abb. 18: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen der Verteidiger zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)</i>	55
<i>Abb. 19: Vergleich der "Speed-Zonen" der Verteidiger zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)</i>	55
<i>Abb. 20: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen der Mittelfeldspieler zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)</i>	58
<i>Abb. 21: Vergleich der "Speed-Zonen" der Mittelfeldspieler zwischen den Vierteln</i>	58
<i>Abb. 22: Vergleich der Herzfrequenz-Zonen der Angreifer zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)</i>	62
<i>Abb. 23: Vergleich der "Speed-Zonen" der Angreifer zwischen den Vierteln (eigene Darstellung)</i>	62

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Aktivitätsprofile der Positionen	18
Tab. 2: Mittelfeldspieler und Angreifer im Vergleich	18
Tab. 3: Mittelfeldspieler und Verteidiger im Vergleich.....	18
Tab. 4: Angreifer und Verteidiger im Vergleich.....	19
Tab. 5: Aktivitätsprofile der verschiedenen Positionen	19
Tab. 6: Aktivitätsprofile für jedes Viertel	20
Tab. 7: Durchschnittliche Distanzen in den verschiedenen Geschwindigkeitszonen	22
Tab. 8: Aktivitätsprofil der Positionen	22
Tab. 9: Übersicht der erhobenen Daten und Parameter.....	23
Tab. 10: Distanz und Prozent die in den "Speed-Zonen" verbracht wurden	24
Tab. 11: Spieldaten für die Position und Hälfte	24
Tab. 12: Zurückgelegte Meter in den "Speed-Zonen".....	25
Tab. 13: "Game running performance" in den Vierteln	26
Tab. 14: Bewegungs- und Beschleunigungsdaten	26
Tab. 15: Netto Spielzeit der Viertel.....	35
Tab. 16: Anthropometrische Daten im Überblick	36
Tab. 17: Die Parameter und ihre Einheiten	37
Tab. 18: Allgemeines Aktivitätsprofil	44
Tab. 19: Positionen im Vergleich	47
Tab. 20: Viertel im Vergleich	51
Tab. 21: Unterschiede innerhalb der Position Verteidiger zwischen den Vierteln	54
Tab. 22: Unterschiede innerhalb der Position Mittelfeldspieler zwischen den Vierteln.....	57
Tab. 23: Unterschiede innerhalb der Position Angreifer zwischen den Vierteln	61

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht noch von anderen Personen (z.B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.“

11.09.2019, Wien