



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

**„Belastungs- & Beanspruchungsanalyse im männlichen
Elitenachwuchsfußball mittels Spielertracking“**

verfasst von / submitted by

Severin Wollmann

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:

Sportwissenschaften

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

Zusammenfassung

Die Entwicklung von Messsystemen, deutet in den letzten Jahrzehnten auf eine steigende Nachfrage hin und weckt großes trainingswissenschaftliches Interesse die bisher lückenhafte Datenlage im Bereich Nachwuchsfußball zu schließen.

Gegenstand der Testung waren 33 Elitenachwuchsspieler der Altersklassen U15, U16 und U18. Die Datenerhebung fand von März bis Juni 2019 statt und wurde mit einem radiowellen-basierten Messsystem (LPM-System) durchgeführt.

Ziel dieser Studie ist die Klärung der Fragestellung, inwiefern sich die Belastungs- und Beanspruchungsparameter zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 bei fußballspezifischen Small Sided Games (SSG) bei einem 5 versus (v) 5 SSG unterscheiden.

Mit Hilfe des LPM-Systems sollen neue Erkenntnisse betreffend des Belastungs- und Beanspruchungsprofils im Elitenachwuchsbereich für Fußballspieler gewonnen werden. Es wird untersucht welche Möglichkeiten der Spielanalyse diese Technologie besitzt und welche Empfehlung für die Trainingssteuerung- und Planung daraus resultiert.

Zur Analyse der erhobenen Daten, wurden die Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen für alle Altersklassen ausgewertet und miteinander verglichen.

Bei der Auswertung konnten Unterschiede zwischen der U15 und U18 Mannschaft in der zurückgelegten Distanz, in Geschwindigkeitszone (G-Zone) 1, 3 und 4 festgestellt werden. Zusätzlich zeigten sich für diese Altersklassen weitere signifikante Unterschiede in der absolvierten Zeit, in Herzfrequenzzone (Hf-Zone) 3 und 4 pro Trainingseinheit (8 min.) und Hf-Zone 2 und 3 pro Durchgang (2 min.). Weiter unterschied sich das subjektive Belastungsempfinden zwischen allen drei Altersklassen.

Die Ergebnisse zeigen höhere Belastungs- und Beanspruchungsspitzen der U15 Spieler. Der daraus resultierende erhöhte Erschöpfungszustand kann daher zu einem erhöhten Verletzungsrisiko führen. Aus diesem Grund sollten für diese Altersgruppe weniger intensive SSG Formen gewählt werden.

Stichwörter: Fußball, Nachwuchsfußball, Kleinfeldspiele, LPM-System, Positionsdatenerfassung, Bewegungsdaten, Belastung, Beanspruchung

Abstract

The development of measuring systems, points to an increasing demand in recent decades and arouses great interest in training science to close the previously patchy data situation in the field of junior football.

The subjects of the test were 33 elite junior players of the age groups U15, U16 and U18. The data collection took place from March to June 2019 and was carried out with a radiowave-based measuring system (LPM system).

The aim of this study is to clarify the question to what extent the stress and stress parameters differ between the age groups U15, U16 and U18 in football-specific Small Sided Games (SSG) for a 5 versus (v) 5 SSG.

The aim of the LPM system is to gain new insights into the stress and stress profile in the elite junior field for footballers. It is examined which possibilities of game analysis this technology has and which recommendation for the training control and planning results from it.

In order to analyse the data collected, the mean values of standard deviations for all age groups were evaluated and compared. During the evaluation, differences between the U15 and U18 teams in the distance travelled, in the speed zone (G-zone) 1, 3 and 4 were found. In addition, for these age groups, there were further significant differences in the time completed, in heart rate zone (Hf zone) 3 and 4 per training session (8 min.) and Hf zone 2 and 3 per pass (2 min.). The subjective feeling of stress also differed between all three age groups.

The results show higher stress and stress peaks of the U15 players. The resulting increased state of exhaustion can therefore lead to an increased risk of injury. For this reason, less intensive SSG forms should be chosen for this age group.

Keywords: football, junior football, small sided games, LPM system, position data acquisition, movement data, load, stress

Danksagung

Hiermit möchte ich die Möglichkeit nutzen, meinen Dank bei allen Personen auszusprechen, die mich während meiner Reise als Studierender begleitet haben.

In erster Linie möchte ich mich bei meinen Eltern und meiner Freundin Lisa bedanken, die stets an mich geglaubt und mir den Rücken gestärkt haben.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Mag. Dr. Tschan bedanken, welcher einen großen Beitrag zur Entstehung dieses Projektes geleistet hat. Dem nichts nachstehend, gilt diese Anerkennung ebenso Herrn Mag. Richard Hauer, Bakk.

Abschließend widme ich ebenso diese Danksagung, den Akademiespielern und Trainern der AKA St. Pölten für die Teilnahme im Rahmen der 5v5 Small Sided Games.

1 Einleitung

Angesichts der zunehmend hohen Popularität von Fußball in unserer Gesellschaft, besteht aufgrund einer überschaubaren Studienlage die Notwendigkeit, diese Sportart einer gründlichen Trainings- und Spielanalyse zu unterziehen (Uhlig, 2017).

Insbesondere im Bereich des männlichen Elitenachwuchsfußballs gibt es bislang wenig Untersuchungsstudien, die aufschlussreiche Informationen hinsichtlich des Belastungs- und Beanspruchungsprofil von Sportlern liefern (S. V. Hill-Haas, Rowsell, Dawson, & Coutts, 2009).

Der international erfolgreiche Trainer José Mourinho, beschreibt den Umstand wie folgt: „Young players are a little bit like melons. Only when you open and taste the melon are you 100% sure that the melon is good“. José Mourinho-
(Zugriff am 15. Juni 2019 unter Quelle: www.news.bbc)

Tschan, Baron, Smekal & Bachl (2001) weisen ebenfalls auf die dünne Studienlage hin und betonen, um eine effiziente Trainings- und Wettkampfsteuerung zu erreichen, ist es notwendig, Belastungs- und Beanspruchungsprofile im Spitzenfußball zu untersuchen.

Aus diesem Mangel an Informationen, ist es ein Anliegen die wissenschaftliche Datenlage und Forschung in diesem Gebiet der Trainingswissenschaft zu stärken und aufschlussreiche Daten für das Belastungs- und Beanspruchungsprofil von männlichen U15, U16 und U18 Elitenachwuchsfußballern zu erheben.

Für die Trainingsplanung und Steuerung zeigt sich dieses Vorhaben als ein interessantes Forschungsfeld sowohl für Wettkampf als auch für Training (Uhlig, 2017).

1.1 Einführung in das Thema

Fußballspieler unterliegen während einem neunzigminütigen Spiel diversen physischen Belastungsimpulsen. Diese physischen Belastungen unterscheiden sich gegenüber anderen Sportarten in einer unregelmäßigen Verteilung von azyklischen Bewegungen, Intensität und zusätzlicher Führung eines Spielballs (Mallo & Navarro, (2007). Mallo et al (2007). beschreiben diese Spielausführung als eine technisch-taktische Fähigkeit, die es als eine situative möglichst korrekte Entscheidung abzurufen gilt.

Aufgrund des Handlungsdrangs und dieser Spielkomplexität, beschäftigte sich bereits Ekblom (1986) mit der Physiologie im Fußball. So wurden im Jahre 1984 Wettkämpfe im Fußballsport auf ihre Intensitäten untersucht. Fußballspezifische Belastungen wurden anhand gelaufener Distanzen und Geschwindigkeiten evaluiert und am Spielfeldrand von Analytikern mit Hilfe von Papier und Stift aufgezeichnet und systematisch skizziert. Zu der damaligen Zeit konnten mit dieser Messmethode aufschlussreiche Parameter wie Laktatkonzentration, relative Anteile von high-speed Distanzen oder auch Herzfrequenzen evaluiert werden (Ekblom, 1986).

1.2 Forschungsstand

Heutzutage ergeben sich aufgrund moderner Trackingtechnologien, neue Möglichkeiten in der Aufzeichnung von Trainings- und Spielformen (Uhlig, 2017). Zur Erfassung spielrelevanter Leistungsparameter stehen bislang unterschiedliche Messmethoden zur Verwendung. So existieren Positionserfassungssysteme im Zuge der Analyse von taktischem Verhalten und physischer Belastung, GPS-Systeme für die Analyse von Outdoorsporteinheiten und radiowelllen-basierende Systeme, sowohl für In- als auch Outdoor zur Verfügung (Leser, Baca, & Ogris, 2011).

Unabhängig ob temporär installierte GPS- oder stationär aufgestellte Kamerasysteme, diese Positionsdatenerfassungssysteme ermöglichen eine andere Dimension der Spielanalyse (Memmert, Raabe, Knyazev, Franzen, Zekas, Rein, Perl & Weber, 2016). Die vorgestellten Trackingsysteme sind in der Lage neben der Erhebung von Laufdistanzen, Beschleunigungen oder Geschwindigkeiten, zusätzliche Parameter wie Pässe oder geführte Zweikämpfe aufzuzeichnen (Uhlig, 2017). Laut Uhlig (2017) können aufgrund dieses technischen Fortschritts, Trainingseinheiten besser geplant, durchgeführt und gesteuert werden wodurch eine Abgabe von Trainingsempfehlungen zur optimalen Leistungssteigerung der Spieler ermöglicht wird.

Aufgrund dieses mittlerweile lukrativen wirtschaftlichen Geschäfts, entstehen unterschiedliche Modelle und Konzepte für die Spiel- und Trainingsanalyse welche im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt und ausführlicher in den folgenden Kapiteln beschrieben werden (Clemente, Couceiro, Martins, & Mendes, 2012).

1.2.1 Leistungsdiagnostik und on Pitch Performance

Die Charakterisierung, der so relevanten Parameter erweist sich hingegen als eine komplexe Herausforderung für die Sportwissenschaft. Für einen zukunftsorientierten Erfolg der Jugendfußballspieler, müssen Trainer wertvolle Information erhalten und daraus feststellen können, welche Trainingsmaßnahmen getroffen werden müssen. Es ist somit notwendig, die dafür ausschlaggebenden Faktoren zu charakterisieren, welche eine Begabung kennzeichnen, fördern und somit Einfluss auf den Erfolg besitzen (Leyhr, Kelava, Raabe, & Höner, 2018). Tschan, Baron, Smekal & Bachl (2001) beschreiben dieses Vorhaben als eine exakte Analyse des Belastungs- und Beanspruchungsprofils. Es muss Aufschluss darüber gegeben werden welche technischen Fertigkeiten und welche konditionellen, koordinativen, kognitiven und psychischen Fähigkeiten im Fußball notwendig sind um Spitzenleistungen zu erbringen.

Zur Beantwortung dieser Fragestellung unterteilt (Verheijen, 2016) die fundamentalen charakteristischen Aktionen des Fußballspiels wie in Abbildung 1 ersichtlich wird.

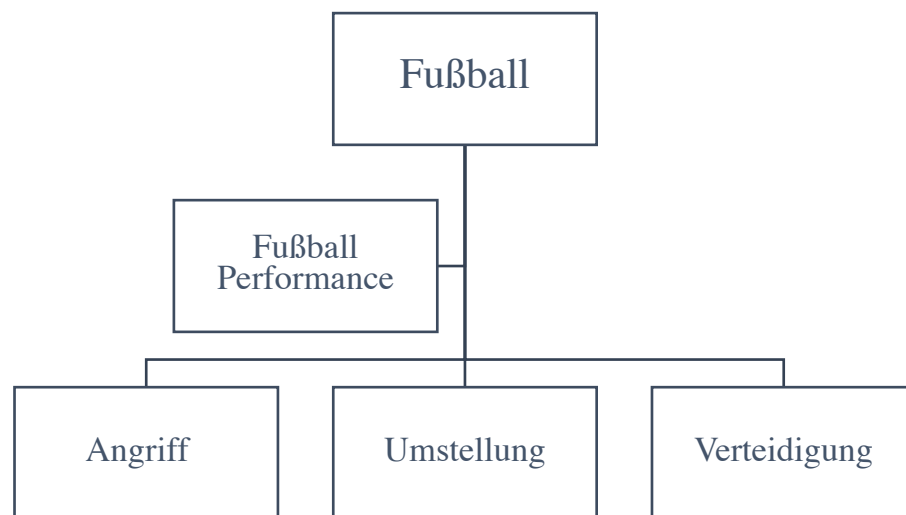


Abb. 1: Fundamental charakteristischen Aktionen des Fußballspiels nach (Verheijen, 2016, S. 25)

Verheijen (2016) spricht von einer Leistungsfähigkeit im Fußball, die im Angriff, in der Umstellung und in der Verteidigung situationsbezogene Fußballaktionen aufzeigt. In der Terminologie verwenden Trainer oft einheitliche Begriffe wie technisch, taktisch, physisch

und mental. Diese generelle Verwendung eignet sich durch einen kontextfremden Bezug eher weniger und unterstützt laut Verheijen (2016) nicht das Training und coachen von Fußball.

In einer intensiveren Spielweise mit weniger Raum und Überlegungszeit, bezieht Verheijen (2016) weitere wichtige Anforderungsgrößen für eine verbesserte Spielweise mit ein. So zeigt sich, dass in Abhängigkeit von der zu spielenden Position, Unterschiede im Stellungsspiel zu erfassen und zu beurteilen sind. Ein rechter Abwehrspieler weist beispielsweise andere Laufwege und somit ein anderes Stellungsspiel wie ein zentraler Mittelfeldspieler auf. So kann die korrekte vertikale und horizontale Positionierung des Körpers für einen rechten Abwehrspieler, eine Schlüsselrolle für die Verbesserung der eigenen Spielweise sein. Weiterhin unterliegen Aktionen im Fußball einer starken Abhängigkeit mit dem Spielmoment. Eine gute Kommunikation mit den Mitspielern erhöhen die Chancen für eine gewinnbringende Spielaktion. Diverse Passformen müssen mit der richtigen Intensität und Präzision an den Mitspieler übertragen werden. Die Geschwindigkeit in diesen Spielaktionen steigt und fällt je nach Größe des Spielraums und des Spieldrucks. Die genannten Anforderungen innerhalb einer Fußballaktion, zeigen die Komplexität dieser Sportart auf und erschweren die Entscheidungsfindung für die Fußballspieler (Verheijen, 2016).

Tschan et al. (2001, S. 8) untersuchten in ihrer Studie einige Profifußballer und konnten feststellen: „...dass diese während eines Spiels durchschnittlich 1431 unterschiedliche Aktionen mit und ohne Ball absolvieren. Damit wechseln die Aktivitäten eines Spielers durchschnittlich alle 4 Sekunden.“

Aufgrund dieser hohen Anzahl an unterschiedlichen Aktionen, ist es für die Abgabe einer Trainingsempfehlung notwendig, die äußeren Belastungskomponenten zu erfassen um im Anschluss die Wechselwirkung mit der inneren Beanspruchung (physiologische, biochemische und morphologische Antwortreaktionen des Organismus) bewerten zu können. Diese Aufgabe sieht Tschan et al. (2001) eindeutig in der Leistungsdiagnostik. Im Kapitel 1.3 Belastungs- und Beanspruchungsprofil im Fußball, wird diesem Thema mehr Raum zu Verfügung gestellt und auf individuelle Parameter gezielt eingegangen.

1.2.2 Taktische Periodisierung und Trainingssteuerung

Die Taktische Periodisierung spiegelt eine moderne Trainingssteuerung im Fußball wieder und basiert auf einem Spielmodell mit abgeleiteten spezifischen Trainingsformen. Diese werden nach ihren technisch-taktischen, konditionellen und mentalen Wert strukturiert und

im Anschluss periodisiert Tschan et al. (2001). Der Gegenstand der Taktischen Periodisierung ist die Schaffung von wettkampfrealistischen Spielsituationen. Physis, Technik, Taktik und Psychologie werden nicht voneinander getrennt trainiert, sondern immer gemeinsam und in Verbindung stehend, innerhalb einer Spielphase absolviert.

Die bisher praktizierten klassischen Periodisierungsmodelle konnten der Wettkampfspezifität, mit der darin enthaltenen Komplexität, nicht gerecht werden woraus sich das Modell der taktischen Periodisierung entwickelte (Weber, 2018). Verheijen (2016) beschreibt die Wichtigkeit in der Planung von Trainingseinheiten als eine umfassende Herausforderung von Trainerkollegen für die Verbesserung der technisch-taktischen Fähigkeiten von Fußballspieler. Um das Verletzungsrisiko so gering wie möglich zu halten, ist es notwendig einen übergreifenden Ermüdungszustand, welcher meist durch Übertraining verursacht wird, zu vermeiden. Diese dauerhafte Erschöpfung kann sich auf weitere Trainingseinheiten und Spiele übertragen und die Qualität der Spielerentwicklung stark negativ beeinträchtigen (Verheijen, 2016).

Die Existenz der taktischen Periodisierung, beweisen die Erfolge führender Fußballnationen wie Portugal (Europameister 2016) und Spanien (Weltmeister 2010, Europameister 2008 & 2012). Anhand verschiedener Spielformen können fußballspezifische Wechsel wie die von Belastung und Erholung, den laufenden Ballbesitzwechsel, die verschiedenen Aktionsanteile, die nicht vorhersehbaren Belastungswechsel und diversen Belastungsgrößen trainiert werden. Im Mittelpunkt steht die Spezifität, ausgerichtet auf die Gestaltung und Durchführung der nächsten Trainingseinheit und des kommenden Spielgegners (Uhlig, 2017).

Weber (2018, S. 24) konkretisiert die Idee der taktischen Periodisierung anhand des Weltklassenniveau Trainer José Mourinho und äußert sich folgend in seiner Arbeit: „Sein Training muss alle Aspekte des Fußballs vereinen. Möchte er beispielsweise das Passspiel trainieren, integriert er es in eine Spielform (3 gegen 3, 6 gegen 6, 5 gegen 10,...) anstatt vorgegeben Passfolgen mit Hüttchen zu absolvieren.“

Weiterhin spricht Weber (2018) von einer permanenten Aufrechterhaltung von Handlungs- und Gegendruck. Diese Art von Spielform simuliert Wettkampfsituationen und beinhaltet vordergründlich die eigentliche Spielidee.

In der Praxis erscheint eine adäquate Gestaltung und Durchführung auf eine an den Gegner passende Wettkampfsituation sehr komplex. Während andere Athleten oft Wochen, wenn nicht sogar Monate haben, ihre Leistung auf Spitzenniveau zu bringen, sind es im Fußball

nur ein paar Tage für die Gegnervorbereitung. Ein weiteres Problem in der Umsetzung für die taktische Periodisierung, sind die Leistungsunterschiede der Spieler. Es zeigen sich individuell ausgeprägte Stärken als auch Schwächen, was wiederum zu einem Unter- oder Übertraining führen kann. So etwas nennt man individuelle Periodisierung innerhalb einer Gruppenperiodisierung und benötigt Änderungen oder Einzeltraining für die Spieler (Verheijen, 2016).

Das in Tabelle 1 verdeutlichte 6 Wochen Periodisierungs-Modell soll einen Überblick empfohlener Planung liefern.

Tab. 1: 6 Wochen Periodisierungs-Modell (Verheijen, 2016, S. 30)

6 Wochen Periodisierungs-Modell					
Woche 1	Woche 2	Woche 3	Woche 4	Woche 5	Woche 6
Vorbereitung Explosivkraftübungen		Fußballsprints mit minimaler Erholungszeit		Fußballsprints mit maximaler Erholungszeit	
Spiele 11v11 / 8v8		Spiele 7v7 / 6v6 / 5v5		Spiele 4v4 / 3v3	

In den vergangenen Jahren wurden einige Spiel- und Fitnessanalysen zum Fußball und dessen Anforderung durchgeführt. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse zur Terminologie von Training wurden gewonnen und eine Neudefinierung von Fußballfitness und Performance erstellt. In Anlehnung dieser Umgestaltung entwickelte Verheijen (2016) das oben dargestellte 6 Wochen Periodisierungs-Modell. Die Struktur dieses Modells basiert auf einigen Trainingsgrundsetzen und Prinzipien und ist in 6 Wochen aufgebaut mit jeweils 3 Blöcken und jeweils 2 Wochen. In jedem dieser Blöcke werden 2 fußballspezifische Eigenschaften trainiert.

Die Grundannahme ist schlicht und bildet sich aus einer Variierung von Feldspielern, Spielfeldgröße und das Verhältnis von Belastungs- und Erholungszeit. Verheijen (2016, S. 121) äußert sich zur Spezifität wie folgt: „you improve what you train!“.

In Abb. 2 wird die logische Struktur des Fußballs deutlich. Sie zeigt die fußballerischen Bestandteile auf. Das “Taktisch“ steht bei der Periodisierung für die Art und Weise wie das

Spiel der Mannschaft aussehen soll. Die taktischen Aspekte sollen dabei einem jährlichen Trainingsplan zugeordnet werden und bestimmen den Trainingsplan. Jede Spielsituation beinhaltet mindestens eine taktische, technische, physiologische- und psychologische Komponente und wird in 4 Phasen miteinander verknüpft (Weber, 2018).

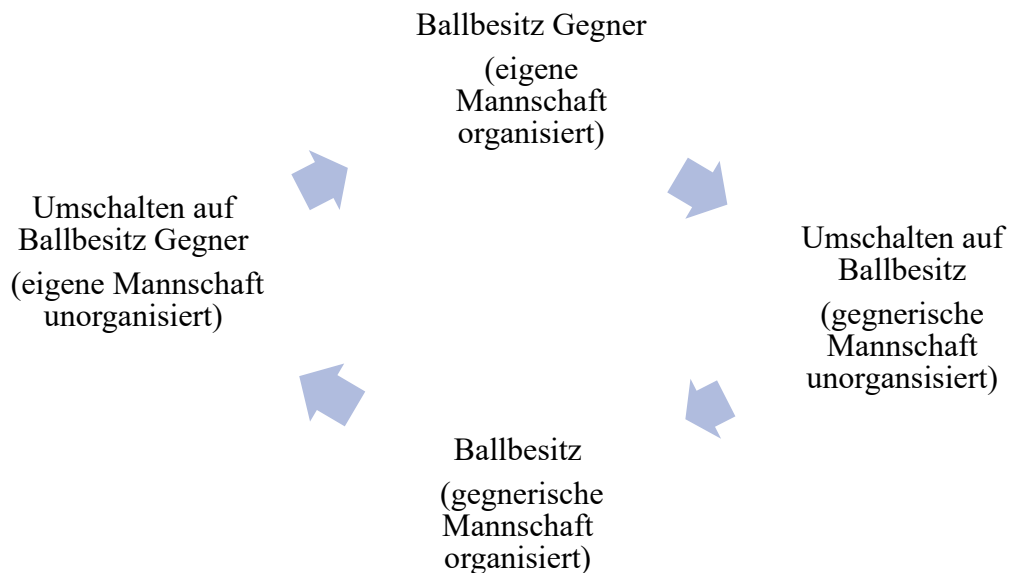


Abb. 2: Die 4 Phasen im Fußball (Weber, 2018, S. 56)

Als eine Art Schlüsselkomponente, kann die Taktische Komponente angesehen werden. Sie koordiniert den gesamten Trainingsprozess und verleiht dem Spiel seinen eigentlichen Sinn. Sie ist die Grundlage, auf der die Entscheidungsfindung beruht und dient als Reflexions- und Handlungsvorgabe (Weber, 2018).

Diese Spielmethode ist neben den klassischen Trainingsmethoden (Dauermethode, extensive und intensive Intervallmethode, Wiederholungsmethode) eine Spielmethodik, die im Training durchgeführt wird. Die notwendige Energiebereitstellung richtet sich nach der Art und Weise der Belastungskomponenten (Dauer, Intensität, Umfang, Pausenzeiten) und schwankt dabei von aerober Energiebereitstellung unter Kohlenhydratverbrennung (2 bis 3 mmol/l Laktat) bis hin zu anaerob-laktazid (6 bis 10 mmol/l Laktat) (Uhlir, 2017).

Wie bereits erwähnt, ist die Variierung von Beanspruchungsparametern ein Grundprinzip des taktischen Periodisierungsmodells. Insbesondere das Volumen (Dauer) und die Intensität (Anzahl der Aktionen pro Minute) lassen einen vielfältigen Einsatz zu. So zeigt sich während einer längeren Spieldauer, eine geringere Intensität mit weniger Aktionsinhalten pro Minute. Betrachten wir Tab. 2 enthüllt sich diese Annahme bspw. in einem 8v8 oder 11v11 und einer

Blockentstehung mit jeweils einer Spieldauer von meist 10 bis 15 Minuten. Planmäßige hohe Intensitäten werden hingegen meist mit wenigen Feldspielern (4v4/3v3) absolviert und durchlaufen eine Spieldauer von nur wenigen Minuten (1-3 Minuten).

Die Frage ob höhere Umfänge (Dauer) oder Intensität (Aktionen pro Minute) in den Vorbereitungswochen der Saison trainiert werden sollen, kann in diesem Kapitelabschnitt laut Verheijen (2016) eindeutig beantwortet werden. Der Autor bezieht sich in seiner Erklärung auf die gesamte Spielzeit von 90 Minuten und weist auf eine zu geringe Tempoleistung (45 min.) der Spieler hin. Das bedeutet, die Spieler sind nicht in der Lage die vollständige Spieldauer zu absolvieren. Aus diesem Defizit heraus ist es sinnvoll, die ersten Trainingseinheiten mit einem erhöhten Umfang und einer geringeren Intensität zu planen und durchzuführen. Nach erfolgreicher Anpassung mit Absolvierung der kompletten Spielzeit, können Umfänge minimiert und Intensitäten erhöht werden. Schaut man sich die Festlegung des Sprinttrainings an, wird deutlich, dass erst ab Woche 3 eine Durchführung vorgesehen ist. Dieses Vorgehen begründet Verheijen (2016) mit einer erhöhten Verletzungsgefahr aufgrund einer zu geringen Belastungsverträglichkeit. Hier wird der Ansatz eines vermehrten Explosivtrainings verfolgt, um die notwendigen Voraussetzungen eines Sprinttrainings ab Woche 3 zu schaffen. Die benötigte Beschleunigung nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein und korreliert mit einer geringen Intensität.

Basierend auf der Idee des systematischen Aufbaus von Umfang zu Intensität werden Explosivkraftübungen ausgedehnt. Durch die gleichzeitige Verringerung der Pausenzeiten, können Explosivkraftübungen nur noch mit mäßiger Qualität ausgeführt werden. Das Prinzip lautet weiterhin Umfang vor Intensität. Erst in den anschließenden Wochen werden Umfänge reduziert und Intensitäten erhöht. Verlängerte Pausenzeiten ab Woche 5, unterstützen diesen Ansatz der Periodisierung und fördern eine Qualitätsverbesserung der Beschleunigung und Sprints sowie Reduktion des Verletzungsrisikos.

Eines der häufigsten Ursachen von Übertraining im coachen von Fußballspieler, ist die Nichtbeachtung einiger Grundsätze wie das der Nachhaltigkeit (Verheijen, 2016).

1.2.3 Kleinfeldspielform – Grundlagenwissen Small Sided Games

Der Einsatz von Small Sided Games basiert auf der Annahme, dass technische, taktische und physische Komponenten gleichzeitig trainiert werden. Einige Autoren unterstützen diese Aussage und weisen darauf hin, dass Small Sided Games geeignete Rahmenbedingungen

zur notwendigen Entwicklung technischer Leistungsfähigkeit aufweisen und spielverwandte Probleme besser gelöst werden können (Moreira, Saldanha Aoki, Carling, Lopes, Schultz de Arruda, Lima, Correa & Bradley, 2016).

Ebenso konnte sich der Gebrauch von Small Sided Games im Elitenachwuchsfußball etablieren und mit Hilfe der Erfassung von anthropometrischen Daten (Körpergröße, Gewicht, Körperfett) sowie physische Parameter (Geschwindigkeit, Beschleunigung und Ausdauer) neue Erkenntnisse für das Belastungs- und Beanspruchungsprofil gewonnen werden (Bennett, Novak, Pluss & Stevens, 2018a).

Bei der Literaturrecherche wird jedoch auffällig, dass im Rahmen der Small Sided Games Spielform, diverse Varianten verwendet werden. Tab. 2 soll einen Einblick der verwendeten Spielformvariationen geben und einen Ausschnitt der bisherigen Studienlage repräsentieren.

Tab. 2: Ausschnitt Studienlage: Spielformvariationen Small Sided Games (Almeida, Ferreira, & Volossovitch, 2013, Halouani, Chtourou., Dellal., Chaouachi & Chamari 2017)

Studie	Feldspieler	Spieleranzahl	Spielfeldgröße in Meter	Belastungszeit in Min.	Erholungszeit in Min.	Rundenanzahl
Almeida, et al. (2013)	6 vs. 6 + Tormann (TM)	28 - U15	62x40,4	10	5	3
	3 vs. 3 +TM	28 - U15	46x31	10	5	3
	4 vs. 4	16 - U15	10x15 m	4	2	4
Halouani et al. (2017)	4 vs. 4	16 - U15	15x20 m	4	2	4
	4 vs. 4	16 - U15	20x25 m	4	2	4

Tab. 3: Ausschnitt Studienlage: Spielformvariationen Small Sided Games (Hill-Haas, Rowsell., Dawson & Coutts, 2009 und Lacome, Simpson, Cholley, Lambert, & Buchheit, 2018)

Studie	Feldspieler	Spieleranzahl	Spielfeldgröße in Meter	Belastungszeit in Min.	Erholungszeit in Min.	Rundenanzahl
Hill-Haas et al. (2009)	2 vs. 2	16 - U17/U18	28x21	1. 24 u 2.6	1. Keine u. 2. 1,5	1. 1 u. 2. 4
	4 vs. 4	16 - U17/U18	40x30	1. 24 u 2.6	1. Keine u. 2. 2	1. 1 u. 2. 4
	6 vs. 6	16 - U17/U18	49x37	1. 24 u 2.6	1. Keine u. 2. 2	1. 1 u. 2. 4
Lacome, et al. (2018)	4 vs. 4 + TM	21 - Erwachsene	25x30	3	0,9	6
	6 vs. 6 + TM	21 - Erwachsene	30x40	4	2	4
	8 vs. 8 + TM	21 - Erwachsene	40x40	10	3	2
	10 vs. 10 + TM)	21 - Erwachsene	102x67	30	-	1

Bei Betrachtung von Tab. 2 und 3 werden diverse Varianten von Spielparameter verwendet. Nimmt man die Arbeit von Almeida et al. (2013) als Ausgangsstudie, wird im Vergleich zu seinen Kollegen deutlich, dass Unterschiede im Spielformat vorliegen. So zeigen sich Abweichungen hinsichtlich:

- Spieleranzahl

- Spielfeldgröße
- Belastungszeit
- Eholungszeit
- Rundenanzahl

In der Kombination von Spieler, werden im Nachwuchsbereich Varianten von 2 vs. 2 über 5 vs. 6 bis hin zu 10 vs. 10 im Erwachsenenbereich gewählt und beinhalten unter anderem einen weiteren Ersatzspieler und oder Tormann. Die Größenordnung von Spieler innerhalb einer Spielform beeinflusst somit die Spielintensität, Lauf- und Passwege, Ballkontakte und zusätzliche kinematische Einflussgrößen wie die der Beschleunigung und Geschwindigkeiten (Clemente, Lourenco & Mendes, 2014).

Laut Clemente et al. (2012) weisen Small Sided Games trotz der Verwendung von Studiendesigns die voneinander abweichen, eine massive Relevanz für die Verbesserung der sportartspezifischen Schlüsselqualitäten von Fußballspielern auf.

Auch weitere Autoren wie Hill-Haas et al. (2009), sehen Small Sided Games als eine beliebte Methode für die fußballförderliche Entwicklung mit Schaffung eines adäquat angebrachten Trainingsstimulus. Hill-Haas et al. (2009) betonen die Vorzüge hinsichtlich einer geplanten Trainingskonzeption für die technisch-taktische Ausbildung:

„Game-based conditioning using small-sided games (SSGs) has become a popular method of developing specific aerobic fitness for soccer (10). Previous investigators have established that SSGs are both reliable and effective for the technical and tactical development of soccer players (11,16).“
(Hill-Haas et al., 2009, S. 111)

1.2.3.1 Kleinfeldspielform – SSG 4 versus 4

Wie im vorangegangenen Abschnitt aufgezeigt, erweist sich die Suche nach einem idealen wettkampfspezifischen SSG Format als eine umfangreiche Herausforderung für den Trainingsbetrieb. Van Lingen (2016). erkennt die Vorteile eines 4v4 Formats und erklärt:

„The “basic format” of 4v4 is the smallest possible simplification of the real 11v11 match. In this format, in which 4 players eventually learn to

play together, all the conditions can be realized that come up for discussion when attacking, defending and transitioning.” (Van Lingen, 2016, S.177).

Seiner Meinung nach, ist die Verwendung der Spielform 4v4 (mit Torbesetzung, 5v5 Format), die kleinste sinnvolle Simplifizierung eines regulären Spiels (Van Lingen, 2016). Durch die Bildung eines Vierecks entstehen taktische Strukturen, was für die Wettkampfspezifität eine Trainierbarkeit der taktischen Konzeption aufzeigt. Diese Spielsituationen sind bei geringeren Spielerzahlen wie 3v3 nicht vorzufinden (Verheijen, 2016).

Aufgrund der viereckigen Formation, trainiert das SSG 4v4 Format die Kondition und verbessert zusätzlich die technisch-taktischen Komponenten von Fußballern. Taktische Prinzipien wie das der Breite und Tiefe können laut Uhlig & Uhlig (2000) erst bei einem 4v4 angewendet werden.

Weber (2018) sieht die Taktische Komponente als eine Art Schlüsselkomponente. Sie koordiniert demnach den gesamten Trainingsprozess und verleiht dem Spiel seinen eigentlichen Sinn. Sie ist die Grundlage, auf der die Entscheidungsfindung beruht und dient als Reflexions- und Handlungsvorgabe (Weber, 2018).

Durch das SSG 4v4 Format entwickelt sich somit ein struktureller Spielaufbau. Technische und taktische Herausforderungen entstehen, die ein gewisses Spielverständnis und verbaler Kommunikation sowohl mit dem Gegen-als auch Mitspieler beinhalten (Van Lingen & Pauw, 2000).

1.2.3.2 Belastungs- und Erholungsdauer

Das wettkampfspezifische Training soll in der inhaltlichen Strukturierung des Fußballtrainings einen selbständigen Bereich einnehmen. Hier spielen laut Uhlig (2017) Belastungs- und Erholungsdauer eine zentrale Bedeutung: „Durch Konzipierung der Belastungs- und Pausendauer soll eine wettkampfspezifische energetische Belastungsstruktur gewährleistet werden (4 bis 7 mmol Laktat / l Blut)“. (Uhlig, 2017, S. 40).

Schaut man sich die in der Tabelle 2 enthaltenen Belastungs- und Pausenzeiten an, wird ebenso wie bei der Spielfeldgröße deutlich, dass Unterschiede vorliegen. Bei einem SSG Format 4v4 wird in der Studie von Halouani et al. (2017) eine Belastungszeit von vier Minuten, eine Pausenzeit von zwei Minuten und Rundenzahl von vier gewählt. Vergleichend wird in der Studie von Hill-Haas et al. (2009) nur die Belastungszeit um zwei Minuten erweitert und besitzt somit eine Dauer von insgesamt sechs Minuten pro Durchgang.

Tabellenübergreifend wird anhand weiterer Literatur auffällig, dass die durchgeführten Studien zusammenfassend ein Belastungsintervall mit einer Spielzeit von vier Minuten und einer Pausenzeit von zwei- bis drei Minuten aufweisen. Weiterhin wurden Durchgänge von drei bis vier Runden durchgeführt (Dellal, Chamari, Owen, Wong, Lago-Penas, Hill-Haas, 2011a; Halouani et al., 2017; Hodgson, Akenhead, Thomas, 2014, Lacome et al., 2018; Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Chamari, Sassi, Marcora, 2007).

1.2.3.3 Spielfeldgröße

Richtet man erneut den Blick auf Tabelle 2, wird hinsichtlich der Spielfeldgröße deutlich, dass weitere Unterschiede der Dimensionen auftreten. So zeigen sich bei einem SSG 4v4 Format in der Studie von Halouani et al. (2017) drei Spielfeldgrößen von 10x25, 15x20 und 20x25 Meter. Hill-Haas et al. (2009) hingegen verwendet eine Dimension von 40x30 Meter, was einer Fläche von 1200m² insgesamt und 120 m² pro Spieler entspricht. Lacome, et al. (2018) verwenden in in ihrer Studie eine etwas kleineres Spielfeld von 25x30 Meter.

1.3 Belastungs- und Beanspruchungsprofil im Fußball

Wie anfänglich beschrieben, erwähnen Tschan et al. (2001) die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen um aufschlussreiche Erkenntnisse bzgl. des Belastungs- und Beanspruchungsprofile im Fußball zu gewinnen, mit dem Ziel daraus Trainingsempfehlungen abgeben zu können.

In diesem Kapitelpunkt, soll zuallererst Aufschluss darüber geben werden, welche Belastungs- und Beanspruchungsgrößen im Wettkampmodus und somit für den Trainingsbetrieb relevant sind. Im Anschluss soll eine Aufklärung stattfinden und Zusammenhänge in der Trainierbarkeit aufgezeigt werden.

1.3.1 Äußeres Beanspruchungsprofil von Small Sided Games im männlichen Elite-nachwuchsfußball

In einer wissenschaftlichen Arbeit von Uhlig (2017), äußert sich der Autor zu den äußeren Belastungsparameter folgendermaßen: „... äußere Belastung durch die Belastungskomponenten (Dauer, Umfang und daraus folgend Intensität) vorgegeben ist ...“. (Uhlig, 2017, S. 26)

An dieser Stelle nennt der Autor die für den Fußball so ausschlaggebenden Belastungskomponenten und weist daraufhin, dass für eine hochwertige Trainingssteuerung, eine Evaluierung von Laufumfänge, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen essentiell ist (Uhlig, 2017).

Für die Leistungsdiagnostik im Fußball bedeutet das in erster Linie eine schwerpunktmäßige Analyse der qualitativen und quantitativen Ausprägung der konditionellen Fähigkeiten. So sieht Tschan et al. (2001) ebenfalls diese Aufgabe in der Leistungsdiagnostik. Es ist notwendig die Dynamik und den Charakter der äußeren Belastungsparameter wie Laufumfänge, Häufigkeiten und Art der spielspezifischen Belastungen und die Laufintensität zu erfassen und eine Beurteilung der Wechselwirkung mit den inneren Beanspruchungsparameter zu erörtern (Tschan et al., 2001).

Späti (2013) geht in seiner Arbeit genauer auf diesen Aspekt ein und erwähnt die Wechselwirkung von Geschwindigkeit oder auch Beschleunigung mit der physischen Belastung. Zur präziseren Analyse müssen hierzu die Parameter Zeit, Distanz oder die Anzahl ausgeführter Bewegungen innerhalb einer definierten Bewegungsform herangezogen werden (Späti, 2013).

Bisherige Beobachtungen zeigen, dass während eines Wettkampfspiels die maximalen Geschwindigkeiten und Intensitäten durchgehend verändert werden. Demnach variieren die Anforderungen vom Stillstehen bis hin zu Maximalsprints. In Anlehnung an Tschan et al. (2001) ihrer Arbeit, soll nachfolgende Tab. 4 einen Überblick der gemessenen Geschwindigkeiten und absolvierten Wegstrecken während eines Fußballspiels zeigen.

Tab. 4: Anteil der unterschiedlich intensiven Fortbewegungsarten am Gesamtweg (Tschan et al. 2001, S. 9)

Fortbewegungsart	Intensität	Wegstrecke
Gehen	4 km/h	3400 Meter
Traben	8 km/h	3200 Meter
Laufen I	12 km/h	2500 Meter
Laufen II	16 km/h	1700 Meter
Laufen III	21 km/h	700 Meter
Sprint	30 km/h	400 Meter

Tschan et al. (2001) deuten an, dass trotz der uneinheitlichen Untersuchungsmethoden eine Konkordanz zu erkennen ist. Spitzenspieler im Erwachsenenfußball legen während eines Spiels, durchschnittlich eine Wegstrecke von 8 – 12 km zurück. Hohe Geschwindigkeiten von über 15 km/h werden mit einem Prozentsatz von 24-28% der absolvierten Spielanteile

angegeben und die mit dem Ball zurückgelegte Wegstrecke mit 2-3% der Gesamtwegstrecke. Weiterhin beziehen sich Tschan et al. (2001) auf die Diagnostik der Schnelligkeit im Fußball und weisen daraufhin:

„Obwohl während eines Fußballspieles sprintend nur ein relativ kleiner Teil der Gesamtspielzeit absolviert wird, sind dies doch meistens die spielentscheidenden Anteile (102). Da zudem mit steigendem Spielniveau der Anteil hochintensiver, schnelligkeitsbezogener Aktionen zunimmt (8, 24) und Fußballmannschaften höherer Spielklasse signifikant bessere Antritts- und Beschleunigungswerte aufweisen, (30) ist die Ermittlung von Schnelligkeitsparametern von überragender Bedeutung.“ (Tschan et al., 2001, S. 8)

Zur Anpassung an den Nachwuchsfußball findet anhand der verwendeten Literatur eine Klassifizierung der Geschwindigkeiten statt. Aufgrund des Belastungsmusters von Kleinfeldspielen, werden die einzelnen Geschwindigkeitszonen im Nachwuchsfußball laut Hill-Haas, Coutts, Rowsell, & Dawson (2008) folgendermaßen unterteilt:

- Zone 1: 0-6,9 km/h
- Zone 2: 7-9,9 km/h
- Zone 3: 10-12,9 km/h
- Zone 4: 13-15,9 km/h
- Zone 5: 16-17,9 km/h
- Zone 6: >18 km/h

Zur besseren Beurteilung der äußeren Belastung, betrachtet man häufig die Zeit der zurückgelegten Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen. Übergreifend ist eine weitere Ermittlung der zurückgelegten Gesamtdistanz von Vorteil (Hill-Haas et al., 2008, 2009b, 2009c; Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Chamari, Sassi & Marcora, 2007). Hill-Haas et al. (2008) grenzten die schnelleren Geschwindigkeitszonen (Geschwindigkeitszone 5 - 16-17,9 km/h, Geschwindigkeitszone 6 - >18 km/h) ein und definierten diese als sogenannte higher-intensity running Zonen. Der Autor und seine Kollegen erhofften sich somit bessere Rückschlüsse bzgl. der Belastung während den SSGs.

1.3.2 Inneres Beanspruchungsprofil von Small Sided Games im männlichen Elite-nachwuchsfußball

Wie schon Tschan et al. (2001) im vorherigen Kapitel beschreiben, ist es notwendig die Dynamik der äußeren Belastungsparameter zu erfassen und die Wechselwirkung mit den inneren Beanspruchungsparametern zu beurteilen. Tschan et al. (2001, S. 9) betonen:

„Die in einem Spiel gewonnen Informationen bezüglich der äußeren Belastungsstruktur, welche insbesondere die wechselnde Laufintensität und unterschiedlichen Laufdistanzen sowie die Anzahl und Verteilung verschiedener Spielhandlungen erfasst, ist relativ wertlos, wenn nicht gleichzeitig die dazugehörige innere energetische Beanspruchung dazu in Beziehung gesetzt wird.“ Tschan et al. (2001, S. 9)

Uhlig (2017) kommt zu einem ähnlichen Entschluss und erwähnt in seiner Arbeit deren Beziehung zueinander. Durch eine Vergrößerung der individuellen Beteiligung am Spiel und der Aktionsdichte, verursacht durch eine kleinere Spielfläche und geringe Anzahl an Feldspielern, sorgt diese Spielformveränderung von SSGs für eine zusätzlichen Erhöhung der physiologischen Parameter wie die der Laktatkonzentration, Herzfrequenz und RPE Werte (Uhlig, 2017).

Weitere Forschungsarbeiten unterstützen diese Aussage, wie auch die von Clemente, Lourenco & Mendes (2014). Die Autoren konnten bestätigen, dass ein Anstieg der physiologischen Beanspruchungsparameter vorliegt, sobald eine Reduktion von Feldspielern vorgenommen wird. Herzfrequenz, Blutlaktatkonzentration, RPE und zurückgelegte Distanz weisen demnach eine Zunahme auf.

Uhlig (2017) bezieht sich in seiner Arbeit auf die höheren Intensitäten mit daraus resultierendem Anstieg der physiologischen Beanspruchungsparameter bei Ausführung von kleineren Spielformaten. So wurden bei Jugendfußballspielern, mit den Spielformen 2 vs. 2 und 3 vs. 3, höhere physiologische Anforderungen im Vergleich zu der Spielform 4 vs. 4 festgestellt.

Auch Balsom (1999, S. 9) erwähnt die Wechselbeziehung und schreibt in seiner Arbeit konkret über den Zusammenhang von Herzfrequenz (Schlägen pro Minute) und Übungsintensität:

„Exercise intensity during “football specific” intermittent exercise can, nevertheless, be monitored and/or controlled using heart rate measurements. This is because there is a direct relationship between exercise intensity and heart rate. Thus, for example, a coach can objectively monitor and even control the work rate of all ten players during a 5-a-side game if they are wearing heart rate monitors.” (Balsom, 1999, S. 9)

Für eine exakte Analyse des Zusammenhangs von Herzfrequenz und Übungsintensität sind weitere Parameter zu ermitteln. Schon Balsom (1999) erkannte, dass für die Aussagekraft der Intensität einer Übung, die Herzfrequenz als prozentualer Anteil der maximalen Herzfrequenzwerte (%Hfmax) herangezogen werden muss. Für die Ermittlung der maximalen Herzfrequenz (Hfmax) werden meist mehrstufige Tests bis zu einer vollständigen Ausbelastung der Spieler durchgeführt. Anhand dieser Methode können einzelne Spieler mit unterschiedlicher Hfmax miteinander verglichen werden und eine Einteilung in moderat oder hohe Übungsintensität stattfinden (Balsom, 1999). Zur besseren Beurteilung der inneren Beanspruchung findet wie auch bei den Geschwindigkeiten eine Einteilung der Herzfrequenzen in Zonen statt (Hill-Haas et al., 2009a). In Anlehnung an die Forschungsarbeit von Hill-Haas et al. (2009c) wurde die Herzfrequenz in vier Zonen eingeteilt:

- Zone 1: <75% HFmax
- Zone 2: 75–84% HFmax
- Zone 3: 85–89% HFmax
- Zone 4: >90% HFmax

Neben der Herzfrequenz gibt es weitere innere Beanspruchungsparameter, die für eine zusätzliche Ergänzung zur Beurteilung der Übungsintensität, herangezogen werden können. Die sogenannte rating of perceived exertion (RPE) stellt ein geeignetes Skalierungsverfahren zur Bewertung des subjektiven Belastungsempfindens da. Gunnar Borg entwickelte die Kennzahlenskala namens category ratio (CR) Skala oder auch CR-10 Skala genannt. Durch Kennzahlen aufgebaut, erlaubt die Skala einen Vergleich der angegebenen Werte mit der jeweiligen Übungsintensität. Die CR – Skala, veranschaulicht somit eine Steigerung des subjektiven Belastungsgefühls einhergehend mit einer zunehmenden körperlichen Belastung. Diese äußert sich u.a. durch eine erhöhte Herzfrequenz und einer steigenden Blutlaktatkonzentration (Neely, Ljunggren, Sylven, & Borg, 1992).

Die Skala befindet sich in einem Skalenniveau von null – zehn. Das subjektive Belastungsempfinden von null entspricht dabei keiner spürbaren Belastung wohingegen der Skalenwert zehn für eine maximale Belastung repräsentativ ist. Die folgende Tab. 5 ermöglicht einen Überblick und definiert die Skalenwerte mit dem subjektiven Belastungsempfinden nach Borg (1990).

Tab. 5: Skalenniveau der category ratio Skala von null bis zehn nach Borg (1990)

Skalenniveau	Bezeichnung I	Bezeichnung II
0.	Nothing at all	
0,5.	Extremely weak	(just noticeable)
1.	Very weak	
2.	Weak	(light)
3.	Moderate	
4.		
5.	Strong	(heavy)
6.		
7.	Very strong	
8.		
9.		
10.	Extremely strong	(almost max)
.	Maximal	

2 Messsysteme

Vor ca. zehn bis fünfzehn Jahren hatten überwiegend Profimannschaften die Möglichkeit computerunterstützte Messtechniksysteme für die Analyse von Spielen und Trainingseinheiten zu nutzen. Aufgrund des globalen technischen Fortschritts findet man mittlerweile unterschiedliche Systeme mit vielfältigem Einsatzgebiet sogar im Amateurfußball wieder. So wurden Positionserfassungssysteme im Zuge der Analyse von taktischem Verhalten und physischer Belastung, GPS-Systeme für die Analyse von Outdoorsporteinheiten und radiowellen-basierende Systeme, sowohl für In- als auch Outdoor entwickelt (Leser, Baca & Ogris., 2011).

Rückblickend lässt sich daraus schließen, dass ein modernes Fußballtraining die Sportartanalyse als Ausgangspunkt aufweist und eine Verbesserung, sowohl der individuellen als auch mannschaftlichen Spielleistung die Ziele sind. Auf diesen Gedanken aufbauend, ist die weitere Überlegung zusätzliche Trainingsformen des Fußballs mit Spielformen zu zentrieren. Neben Profifußballer gilt dieser Gedankenansatz genauso für Nachwuchsspieler (Uhlig & Uhlig, 2000).

2.1 Inmotiotec - Local Position Measurement

Seit 2003 wird das radiowellenbasierte System Local position measurement-System (LPM-System) von der Firma „inmotiotec GmbH, Regau, Österreich“ zur lokalen Positionsmessung von Personen oder Gegenständen eingesetzt. Das System verwendet Basisstationen welche um das Spielfeld herum aufgebaut sind und mit zusätzlichen mobilen Transpondern die Entfernungen messen (Bauer, 2015). Laut Frencken, Lemmink, & Delleman (2010), ist für die Spielerverfolgung im Fußball das LPM System in der Erfassung von Positions-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten ein sehr valides Messsystem.

2.1.1 Systemaufbau

Im Fußball werden meist 10 Basisstationen verwendet und ein Referenztransponder. Zur Fixierung der Transponder, stehen spezielle Westen (Abb. 3) von inmotiotec zur Verfügung, die während der Datenaufzeichnung von den Spielern getragen werden.

LPM T-Shirt Camaro

Mit Gurt:



Abb. 3: LPM T-Shirt Camaro (inmotiotec, LPM Wireless Beschreibung, 2015)

Wie in Abb. 4 erkennbar, stehen die Basisstationen in Wlan- oder Kabelverbindung mit einem Standard-Rechner, welcher mit der dazugehörigen Betriebssoftware ausgestattet ist und die Rohdaten in Positionsdaten umwandelt. Jeder im Messfeld enthaltene Transponder, wird

so durch die Basisstationen angesteuert und mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen eine Antwort erzeugt. Über die Zeit, die benötigt wird, bis die Basisstationen die Signale der Transponder empfangen, erfolgt die Positionsbestimmung (Bauer, 2015).

Da die Zeit des Empfangs der Antwortsignale zu den jeweiligen Basisstationen dabei Unterschiede aufweist, ist es notwendig die Antwortsignale der Transponder und Basisstationen miteinander zu synchronisieren. An dieser Stelle übernimmt der Referenztransponder seine Funktion, in dem durch seine Lageposition, die Dauer der Antwortsignale zu den Basisstationen bekannt wird (Siegler, 2013).

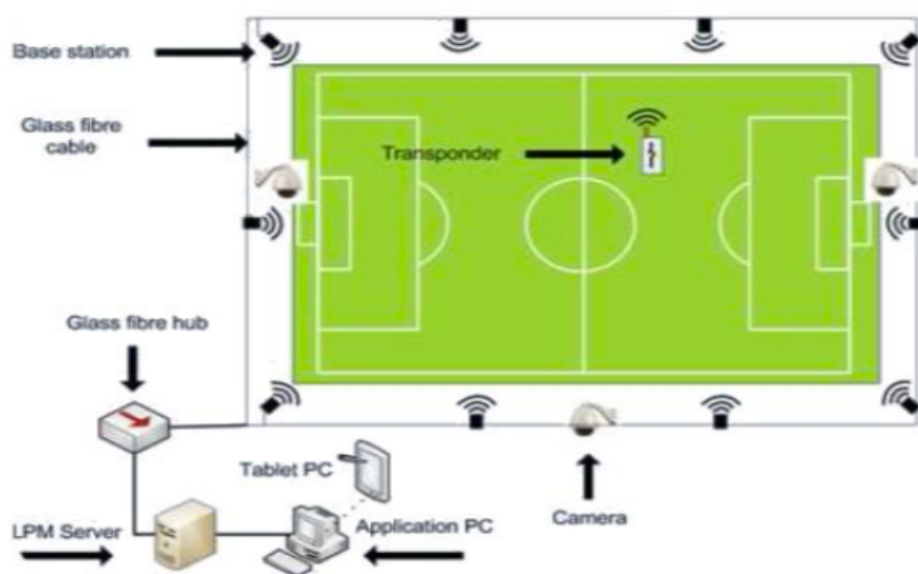


Abb. 4: Aufbau der inmotiotec-Technologie (Bauer, 2015, S. 7)

Der Hersteller äußert sich wie folgt zu dem Messprinzip dieses LPM -Systems:

„Das Messprinzip beruht auf einer Laufzeitmessung der Funksignale zwischen den Transpondern und den Basisstationen. Prinzipiell werden dabei alle aktiven Transponder im Messfeld sequentiell vom Applikationsrechner aufgefordert, ein Signal abzugeben. Die Laufzeiten zu den verschiedenen Basisstationen werden mit einem Zeitstempel versehen und am Applikationsrechner gesammelt. Die Datenpakete der verschiedenen Basisstationen werden dann mit Hilfe ihres Zeitstempels wieder zusammengeführt und zur eigentlichen Positionsbestimmung mittels Triangulation verwendet.“ (inmotiotec, LPM Wireless Beschreibung, 2015, S. 2)

2.1.2 Einsatzgebiete

Die Verwendung der radiowellenbasierten Technologie von „inmotiotec GmbH“ findet neben dem Fußballsport in diversen anderen Sportarten und im Dienstleistungsbereich von Sport TV statt. Neben den genannten Einsatzgebieten wird das System weiterhin im Fahrtechniktraining, in der Logistik und in der Verhaltensforschung genutzt (Bauer, 2015).

Der Hersteller wirbt auf seiner Internetseite mit einem vielfältigen Einsatzgebiet sowohl für Trendsportarten wie Handball, American Football, Rugby oder Basketball als auch für den Motorsport. Laut der Webseite von inmotiotec GmbH liefert diese Technologie mit Hilfe von Echtzeitmessungen genaue Messergebnisse von Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung und vieles mehr. Hinsichtlich des Fußballsports verweist der Hersteller auf eine zentimetergenaue Analyse von bestimmten Spielsituationen nach dem Training oder Spiel und trägt somit zur Spielanalyse oder Prävention von Verletzungen bei (Zugriff am 21. Juli 2019 unter www.inmotiotec.com).

Neben der inmotiotec GmbH existiert eine weitere international bekannte Firma namens RedFir. Diese zählt ebenfalls zu den weltweitführenden Anbietern von radiowellenbasierten Systemen. Laut den Angaben des Herstellers sollen neben einer präzisen Erkennung von Spielerpositionen, zusätzlich Arme und Beine des Subjekts, aufgrund einer Ausstattung von bis zu drei Sender pro Spieler genutzt werden können. Weiterhin verfügt das System über eine Abtastrate von bis zu 50.000 Hertz und ermöglicht eine Aufzeichnung von zwölf Bällen, welche jeweils bis zu 2.000 Mal pro Sekunde aufgezeichnet werden können. Zusätzlich ist das System in der Lage, aufgrund der 126 Spielersender jeweils 200 Positionsberechnungen pro Sekunde zu leisten. (Bauer, 2015, S. 9) äußert sich folgendermaßen zu den Herstellerangaben von RedFir: „Allerdings lässt sich laut deren Hersteller-Webseite nicht erkennen, ob die Technologie bereits im produktiven Einsatz von Sportspielen ist.“

Abschließend kann zu den Einsatzgebieten des LPM - Systems hinzugefügt werden, dass bei genauer Betrachtung der Studienlage ein großer Teil der Sportspiel-Studien mit dieser radiowellenbasierten Technologie durchgeführt wurde und weitere bekannte Unternehmen wie Ubisense, Zephyr und Kinexon in der Entwicklung und im Einsatz beteiligt sind (Bauer, 2015).

2.1.3 Systemgenauigkeit LPM – System

Der Hersteller inmotiotec GmbH wirbt auf seiner Internetseite (www.inmotiotec.at) mit einer zentimetergenauen Angabe der Position in Echtzeit von bis zu ± 3 cm (relativ, Outdoor) und einem Messradius von bis zu 1.000 m.

Die Autoren Frencken et al. (2010) untersuchten in ihrer Arbeit, die von dem Hersteller angegebenen Messleistungen und konnten hinsichtlich der gegangenen oder gelaufenen Distanzen, mit Hilfe von Lichtschranken und Maßbandabmessungen Vergleiche ziehen. Drei Sportler absolvierten vier fußballspezifische Kurse mit einer jeweiligen zehnmaligen Wiederholungszahl. Die gewonnenen Daten zeigten bei der statistischen Genauigkeit eine Abweichung von 1 cm. Hier wurde eine Abnahme der Messgenauigkeit, mit einem Anstieg von dynamischen Bewegungen von bis zu 2 - 3 cm deutlich. Bei der Distanzmessung ergab die mittlere Differenz eine Abweichung von max. 1,6 %. Laut Bauer (2015) sind es im Vergleich zum Videotracking System 4,8 % und beim GPS-System 5,8 %, was gegenüber den anderen Systemen einen recht zuverlässigen Wert darstellt so der Autor.

Für temporeiche Bewegungen mit einem hohen dynamischen Anteil an Richtungswechsel wurden erhöhte Abweichungen festgestellt. Die Messfehler der Geschwindigkeitsmessungen, sowohl der relativen als auch absoluten Differenzen, sind jedoch mit -1,3 % (-0,1 km/h) und 3,9% (-0,6 km/h) gering. Sowohl für In- als auch Outdoor Bedingungen eignet sich das radiowellenbasierte System für die Positionsdatenermittlung, so die Autoren in ihrer Arbeit (Frencken et al., 2010). The LPM-system is a valid tool to record positions of athletes in outdoor and indoor field settings.“ (Frencken et al., 2010, S. 644)

In einem systematischen Review von Leser, Baca & Ogris (2011) wurde das LPM – System ebenfalls genauer untersucht und in Anlehnung an die bisherige Studienlage und den vom Hersteller genannten Messleistungen, mögliche Auffälligkeiten herausgearbeitet. Leser et al. (2011) deuten in ihrer Arbeit auf diverse Problematiken hin. Insbesondere wird hier auf die Abtastrate und Positionsdaten eingegangen und diese als kritische Faktoren deklariert. Bei Verwendung des LMP-Systems zeigt sich, dass Validität und Reliabilität stets während und nach der Aufzeichnung der Daten geprüft werden sollten. Hinsichtlich der Abgabe von adäquaten Trainingsempfehlungen, ist es weiterhin für die Trainer notwendig, die Aufzeichnungen der Messdaten in Echtzeit zu erhalten. Hierzu äußern sich Leser et al. (2011, S. 9791) in ihrer Arbeit folgendermaßen: „For this features the property of real-time capability is very crucial.“

In Bezug auf die Equipment Nutzung und Anwenderfreundlichkeit des LPM-Systems, erwähnen die Autoren mögliche Problematiken im Gebrauch. Wie im Kap. 2.1.1 zum Systemaufbau beschrieben, müssen zur genauen Positionsdatenermittlung Hardwarekomponenten von den Fußballspielern getragen werden. Hier zeigt sich ein Problem in der sportlichen Ausübung bei einigen Spielern. Durch das Tragen eines ungewohnten Fremdkörpers, ist eine Verminderung des Tragekomfort und somit das Auftreten zusätzlicher Störquellen im Trainingsablauf möglich. Für die technische Optimierung des radiowellenbasierenden Systems weisen Leser et. al. (2011) darauf hin, dass eine Verkleinerung der Sensoren wie beispielsweise die Verarbeitung in das Trainingsequipment (Stofftextilien) von Vorteil ist und das händische Neupositionieren und die dadurch verursachten Defekte ausgeschlossen werden können.

Leser et. al. (2011) kommen zu folgendem Entschluss, dass weitere Fortschritte in der Validität und Reliabilität von Messdaten zu erwarten sind. Grundvoraussetzung ist hierfür der Einsatz weiterer Methoden mit einer optimalen Evaluierung der Positionsdaten zur Behebung dieser Mängel.

2.2 Alternative Messsysteme

Neben dem Messsystem der radiowellenbasierten Positionsermittlung, finden sich in Sportarten vermehrt GPS- und Videotracking-Systeme im Einsatz wieder. Im folgenden Abschnitt werden die alternativen Messsysteme kurz dargestellt.

2.2.1 GPS-System

Durch die Methode der Triangulation, kann die Positionsbestimmung via GPS (Global Positioning System) erfolgen. Referenzobjekte (Satelliten) und deren Bestimmungsort sind dafür die Voraussetzung. Drei Satelliten sind notwendig, um ein zweidimensionales Bild des Objektstandortes zu generieren. Um den Aufenthalt des Objektes genau identifizieren zu können, wird mit Kugeln und deren Schnittmengen gearbeitet (Bauer, 2015). Zwei Kreise, welche sich schneiden, besitzen zwei Schnittpunkte. Ein dritter Satellit ist somit notwendig, um einen einzigen, gemeinsamen Schnittpunkt zu erhalten. Anhand von drei Satelliten kann somit die Position eines zu messenden Objekts ermittelt werden (Siegle, 2013).

In Abb. 5 erkennt man die drei Kreise, welche den Abstand des Objektes zu den Satelliten verdeutlichen. Die aktuelle Position des Messobjekts wird hierbei durch den gelben Punkt repräsentiert und ist der berechnete Standort, an denen sich alle drei Kreise schneiden (Buchheit et al., 2014).

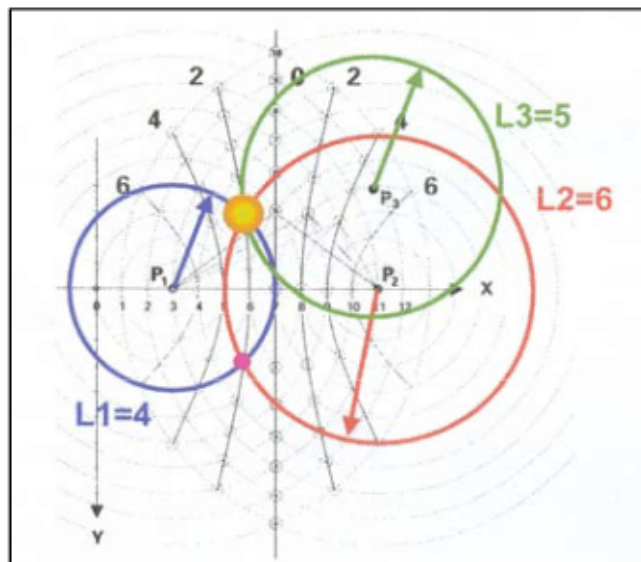


Abb. 5: Positionsbestimmung via GPS (Bauer, 2015, S. 11)

Durch die Triangulation wird mit Hilfe integrierter Computer in den Messobjekten, meist am Körper bzw. Kleidungsstück der Spieler (Fixierung häufig zwischen den Schulterblättern), eine Berechnung der Position bis auf wenige Meter möglich. Wie auch bei den radiowellenbasierten Systemen, ist dies der Grund weshalb ein Einsatz zu Wettkampfspielen nicht zugelassen ist. Weiterhin kann durch die integrierten Computer der genaue Abstand zwischen dem Messobjekt und den Satelliten berechnet werden. Bei dem GPS-System wird in wiederkehrenden Zeitintervallen eine erneute Positionsmessungen vorgenommen, um Geschwindigkeiten und Bewegungsrichtung ermitteln zu können und Positionsveränderungen aufzuzeichnen (Bauer, 2015).

2.2.2 Video-Tracking System

Da wie zu den GPS-Systemen bereits erwähnt, der Einsatz von integrierten Computern (Verarbeitung meist in Kleidungsstücke) bei Wettkampfspielen nicht gestattet ist, hat sich diese Art der Positionsermittlung mittels Bilderkennung gegenüber dem radiowellenbasierten System und GPS bewährt. Durch die Schaffung eines virtuellen Spielfeldmodells, welches von mehreren statischen Kameras (Systemabhängig bis zu 32 Stück) erzeugt wird, kann die Modellierung des Spielfeldes optimiert und die x- sowie y-Koordinaten von SpielerInnen ermittelt werden. Die einzelnen Optimierungsschritte ermöglichen eine Verbesserung der Spielfeldmodellierung wodurch Objekte präziser erkannt werden können. Anschließend wird mit Hilfe eines Detektionsalgorithmus, innerhalb des Spielfeldes nach Objekten gesucht und SpielerInnen, SchiedsrichterInnen und Teams voneinander im System unterschieden (Siegle, 2013).

2.3 Studienlage: Messsysteme im Vergleich

Buchheit, Allen, Poon, Modonutti, Gregson & Di Salvo, (2014) analysierten in ihrer Studie mögliche Abweichungen bei drei unterschiedliche Messtypen (Kamerasystem -Prozone, LPM – Inmotio und GPS – GPSports/VX). Im Rahmen von Small Sided Games - und Großfeldspielen wurden die gewonnen Daten hinsichtlich ihrer Validität und Reliabilität untersucht und miteinander verglichen. Dabei wurden Messparameter wie Sprintgeschwindigkeit und die zurückgelegte Distanz geprüft (Buchheit et al. 2014).

Die aufgeführten Autoren konnten in einem direkten Vergleich, bei zweiundachtzig Elitenachwuchsfußballer, Abweichungen der Messergebnisse feststellen. In Abhängigkeit der unterschiedlichen Sprintgeschwindigkeiten, zeigte der Vergleich in allen drei Messsystemen eine Unter- oder Überschätzung der zurückgelegten Distanz. Während die Genauigkeit der 3 Messsysteme bei 30 – 40 Meter Sprints nachvollziehbar war, zeigte sich hingegen nur eine moderate Validität für kürzere Distanzen mit und ohne Richtungswechsel. Bezüglich der Reliabilität konnte bei einer 40 m Strecke mit linearer Geschwindigkeit, eine Abweichung von 1-3 % bei allen 3 System ermittelt werden. Für die Beschleunigung hingegen zeigte sich, dass die Abweichung bei Inmotio (5%) gegenüber den anderen Systemen (17-23%) geringer war (Buchheit et al., 2014).

Hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Messsysteme führen die Autoren weiter aus: „It is worth noting that while GPS and LPM technologies are well suited to both match and training monitoring, Prozone is designed to track players' activity during matches only.“ (Buchheit et. al., 2014, S. 1851)

Buchheit et al. (2014) weist in seiner Arbeit daraufhin, dass für die Analyse von dynamischen Bewegungen wie Sprintgeschwindigkeiten oder zurückgelegten Distanzen, die bisher im Einsatz gezeigten Messsysteme, eine erhöhte Validität und eine verbesserte Reliabilität in der Datenerfassung aufweisen sollten.

Betrachtet man die bisherige Studienlage, kann zusammenfassend gesagt werden, dass radiowellenbasierte Systeme bei einer Messrate von 1.000 Hertz gegenüber der Konkurrenz (GPS-System: 10 – 15 Hertz, Videotracking: 15 – 25 Hertz) überzeugen. Dieses System ist mit Hilfe von Transpondern in der Lage, 1.000 Messungen pro Sekunden durchzuführen und liegt somit deutlich vor den GPS-Systemen. Aufgrund der von GPS-System geringeren Aufzeichnungsrate, werden die durch dynamische Bewegungen hervorgerufenen Positionsveränderungen verspätet erfasst und eine Abnahme der Validität ist die Folge (Bauer, 2015).

Bezüglich der Genauigkeit, sowohl von Distanzmessungen als auch geringeren und mittleren Geschwindigkeiten, erweist sich das radiowellenbasierte System gegenüber der Konkurrenz als eine bessere Alternative. Lediglich bei der Messwerterhebung von hohen bis maximalen Belastungen, fällt auch wie bei den anderen Tracking Methoden, eine Abnahme der Messgenauigkeit auf (Bauer, 2015).

2.4 Bedeutung und Stellenwert des Themas

Wie bereits in Kap. 1 erwähnt, existiert aufgrund der überschaubaren Studienlage, die Notwendigkeit den Elitenachwuchsfußball einer gründlichen Trainings- und Spielanalyse zu unterziehen. Diese Arbeit hat das Bestreben, aufschlussreiche Informationen hinsichtlich des Belastungs- und Beanspruchungsprofil von Sportlern zu liefern und dadurch neue wissenschaftliche Erkenntnisse für die Trainingswissenschaften zu erhalten.

2.5 Ziel und Fragestellung

Mit Hilfe der gewonnenen Informationen sollen neue aufschlussreiche Erkenntnisse im Bereich der männlichen U15 bis U18 Elitenachwuchsfußballern für das Forschungsfeld der Trainingswissenschaft gewonnen werden.

Dabei sollen die Auswirkungen von äußeren Belastungsparametern wie zurückgelegte Distanz, Distanzen in unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Sprints auf die inneren Beanspruchungsparameter wie Herzfrequenz und RPE genauer zu untersucht werden.

2.6 Die Studie dient zur Beantwortung der Fragestellung

Unter Einbezug der verwendeten Literatur resultieren folgende Fragestellungen:

1. Existiert ein Unterschied in der durchschnittlichen Gesamtdistanz während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18?
 - H0: Die durchschnittliche Gesamtdistanz unterscheidet sich während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 nicht.
 - H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Gesamtdistanz während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 unterscheidet.
2. Existiert ein Unterschied in der durchschnittlichen Laufdistanz in den high-intensity Geschwindigkeitszonen während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18?

- H0: Die durchschnittliche Laufdistanz in den high-intensity Geschwindigkeitszonen unterscheidet sich während der kompletten Spielform in den Altersklassen U15, U16 und U18 nicht.
- H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Laufdistanz in den high-intensity Geschwindigkeitszonen während der kompletten Spielform in den Altersklassen U15, U16 und U18 unterscheidet.

3. Existiert ein Unterschied in der durchschnittlichen Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und 18

- H0: Die durchschnittliche Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen unterscheidet sich während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 nicht.
- H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 unterscheidet.

4. Existiert ein Unterschied in der durchschnittlichen Sprintanzahl während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und 18

- H0: Die durchschnittliche Sprintanzahl unterscheidet sich während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 nicht.
- H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Sprintanzahl während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 unterscheidet.

5. Existiert ein Unterschied in der durchschnittlichen Herzfrequenz (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und 18?

- H0: Die durchschnittliche Herzfrequenz (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) unterscheidet sich während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 nicht.
- H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Herzfrequenz (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 unterscheidet.

6. Existiert ein Unterschied in der durchschnittlichen Zeit in den Herzfrequenzzonen (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und 18?
 - H0: Die durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzzonen (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) unterscheidet sich während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 nicht.
 - H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzzonen (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 unterscheidet.

7. Existiert ein Unterschied in der durchschnittlichen Zeit in den Herzfrequenzzonen (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) zwischen den Altersklassen U15, U16 und 18 pro Durchgang?
 - H0: Die durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzzonen (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) unterscheidet sich zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 pro Durchgang nicht.
 - H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzzonen (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 pro Durchgang unterscheidet.

8. Existiert ein Unterschied im durchschnittlichen subjektive Belastungsempfinden während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und 18?
 - H0: Das durchschnittliche subjektive Belastungsempfinden unterscheidet sich während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 nicht.
 - H1: Es wird erwartet, dass sich das durchschnittliche subjektive Belastungsempfinden während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 unterscheidet.

3 Methoden

In diesem Kapitel findet eine genaue Erläuterung der verwendeten Methodik statt. Zur Untersuchung der Belastung und Beanspruchung werden im Rahmen von fußballspezifischen

Kleinfeldspielen, sogenannten Small Sided Games, Nachwuchsspieler einer Fußball-Akademie untersucht. Mit Hilfe eines radiowellenbasierten Trackingsystems der Firma Inmotiotec werden die Daten erhoben und unter dem Einsatz einer firmeneigenen Software weiterverarbeitet und ausgewertet. Hilfreiche Informationen zu Probanden, Messgeräte und Versuchsaufbau sowie Untersuchungsdurchführung und Spieldesign werden detailliert beschreiben und dargestellt.

3.1 Probanden

33 männliche Elitenachwuchsspieler der Altersklassen Unter (U) 15, U16 und U18 aus der Fußballakademie St. Pölten nahmen im Rahmen dieser Studie teil. Die Probanden absolvieren im Umfang des vorgegeben Akademiesbetriebes mehrere Trainingseinheiten pro Woche. Durchschnittlich belaufen sich diese auf sechs reguläre Trainingseinheiten, mit einem zusätzlichen Wettkampfspiel am Wochenende. Gespielt wird in den Altersklassen U15, U16 und U18 in der ÖFB Jugendliga, der höchsten Jugendliga in Österreich.

3.2 Studiendesign

Um die gewünschten Daten des LPM Systems zu erhalten, wurde einmal pro Woche auf dem Akademiegelände St. Pölten, die Testung an den Dienstageinheiten durchgeführt. Start der Studie wurde mit Anfang März datiert und endete Mitte Juni 2019.

Das System wurde vorab stationär am Spielfeldrand installiert und stand somit zur Datenaufzeichnung bereit. In einem festgelegten Spielformat der SSG – fünf v fünf (4 Feldspieler + 1 Tormann), wurden die benötigten Daten erhoben. Dabei konnten die Messwerte von insgesamt acht Spieler aufgezeichnet und weiterverarbeitet werden. Aufgrund der geringen Laufleistung wurden die Torhüter nicht in die Messungen mit einbezogen um Einwirkungen auf die Ergebnisse ausschließen zu können.

Insgesamt konnten zweiundzwanzig Einheiten aufgezeichnet werden wovon aufgrund eines technischen Fehlers, die ersten vier Einheiten nicht weiterverarbeitet wurden. Für die Auswertung sind somit jeweils sechs Trainingseinheiten pro Altersklasse herangezogen worden.

Vor dem eigentlichen Studienteil, wurde zu Beginn der Trainingseinheit ein standardisiertes Aufwärmprogramm in Anlehnung an Larson (2016) durchgeführt. Der Aufwärmblock wurde in drei Teile gegliedert und beinhaltete folgende Schwerpunkte:

1. Aktivierung (Dauer: 5 Minuten)

Schwerpunkt: Gleichgewicht und bewegungsbasierte Techniken

2. Thermogenese (Dauer: 15 Minuten)

Schwerpunkt: Fußballspezifische Bewegungen

3. Aktives dynamisches Dehnen (Dauer: 5 Minuten)

Schwerpunkt: Bewegungsradius erweitern und Verletzungsprophylaktisch

3.3 Small Sided Games - Fünf versus Fünf

Für die Ausübung des Spielformats fünf v fünf wurde eine Belastungsdauer von zwei Minuten und ebenso eine Erholungszeit von zwei Minuten gewählt. Vier Durchläufe wurden absolviert mit einer gesamten aktiven Spielzeit von acht Minuten. Um einen möglichst reibungslosen Ablauf zu gewährleisten, wurden sowohl innerhalb der Tore (Maße 2,44 x 7,32m) welche für den offiziellen Meisterschaftsbetrieb zulässig sind, als auch an den Spielfeldrändern, Bälle zur nahtlosen Wiederaufnahme des Spielbetriebs bereitgestellt. Tab. 6 listet die genannten Spielformatgrößen ersichtlich auf.

Tab. 6: Spielformat 5 v 5 SSG

Spielformat 5 v 5 SSG				
SSG	Anzahl der Durchgänge	Belastungsdauer (Minuten)	Erholungsdauer (Minuten)	Spielfeldgröße (Meter)
5 v 5	4	2	2	40 x 32

3.4 Spielfeldgröße

Wie Abb. 6 entnommen werden kann, wurde für das Spielformat fünf v fünf eine Spielfläche mit 40 Metern Breite und 32 Metern Länge gewählt, was einer Gesamtgröße von 1320 m² entspricht. Für die einzelnen Spieler macht das ein Spielfeldgröße von 132 m² aus.

Die Spielfläche mit einer doppelten Strafraumgröße und der sogenannte Bezeichnung „Doppelbox“ fand in dieser Studie an Uhlig (2017) ihre Anwendung.

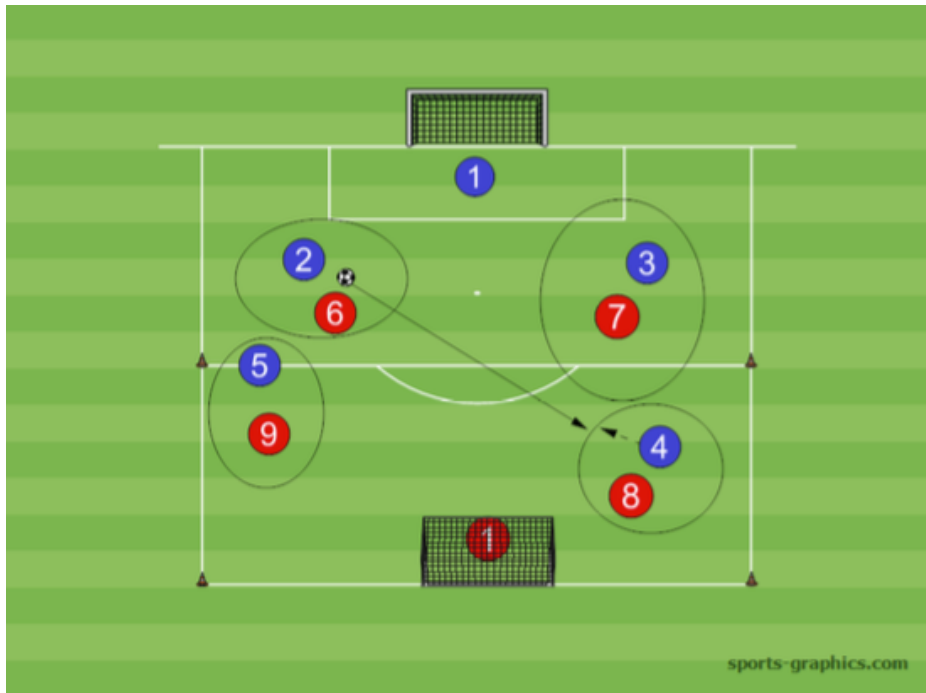


Abb. 6: Spielform 5vs5 (4vs4 mit 2 Torhütern) in der Doppelbox mit Mannndeckung,

Um einen reibungslosen Ablauf der Messungen zu gewährleisten, wurde an Testtagen darauf geachtet, dass Störfaktoren wie bspw. entladene Transponder oder Akkus aussortiert und weitere Störquellen dezimiert wurden. So wurde vor Beginn einer Messung, der Server hochgefahren und anschließend der Batteriestatus von Transpondern und Akkus kontrolliert (Abb. 7).

Die Akkus wurden an die Basisstationen um das Spielfeld herum angeschlossen und die jeweiligen zu untersuchenden Spieler mit personalisiertem Transponder und Herzfrequenzmessgerät der Firma Polar (Polar, Elektro Oy, Kompele, Finnland) ausgestattet.



Abb. 7: Akkuladestation mit Tragegurt der Firma Inmotiotec (Foto: Lagerraum Akademie St. Pölten, Mai 2019)

Nach dem Ausrüsten der Spieler, wurden diese sobald sie das Spielfeld betraten, vom LPM-System erfasst. Fehlerhafte Transponder und Herzfrequenzmessgeräte wurden vor Beginn der Messung ausgetauscht und die Aufzeichnung mit dem Start der Trainingseinheit begonnen. Die Aufzeichnung wurde bis zum Ende der Trainingseinheit durchgeführt und die gewonnenen Daten auf einer externen Festplatte abgespeichert.

3.5 Daten

In diesem Kapitel sollen die erhobenen Daten genauer beschrieben werden. Hierzu wurde zur Ermittlung der Positions- und Bewegungsdaten mit dem LPM-System von der Firma Inmotiotec gearbeitet. Mit Hilfe der firmeneigenen Software namens Imoclient, konnten alle Messergebnisse aufgezeichnet werden. Die Aufzeichnungsrate, mit der die Daten erhoben wurden, beträgt 45,45 Hertz (Hz) und ergibt sich aus einer gesamten Abtastrate von 1000 Hz und einer Anzahl von Transponder (22). Genauer zu dem LPM – System kann unter dem Kapitelpunkt Inmotiotec - Local Position Measurement eingesehen werden.

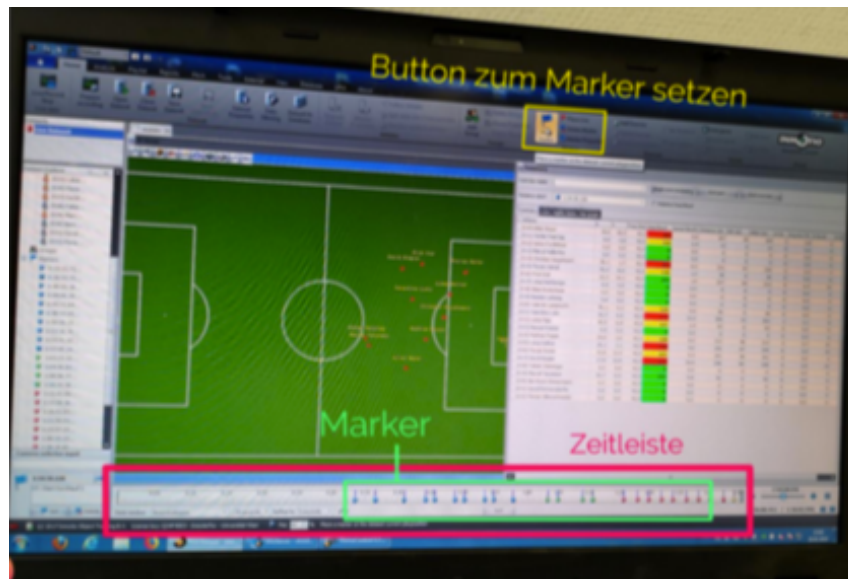


Abb. 8: Bildschirmmaske zur Funktion "Place Marker" der Software "imoclient" zur Trainingseinteilung (Foto: Bildschirmmaske Software imoclient, Mai, 2019)

Vor Beginn der Trainingseinheit wurde sich mit den jeweiligen U-Mannschaftstrainern abgesprochen und trainingsrelevante Inhalte ausgetauscht. Das erleichterte die manuelle Setzung und Beschriftung der Zeitstempel welche auch Marker genannt werden. So konnten gewisse Inhalte wie das Aufwärmprogramm, der Hauptteil oder der Schluss, eindeutig voneinander getrennt werden und es kam zu keinen Überschneidungen. Neben der Videoaufzeichnung stand weiterhin ein akustisches Signal in Form einer Schiedsrichterpfiffe zur Verfügung. Dieses weitere Tool ermöglichte eine zeitgleiche Markersetzung ohne visuelle Bildschirmverzögerung und wurde auf dem Platz von den Trainern durchgeführt. Start, Pause und Ende eines Testintervalls konnten somit zeitgenau mit Markern versetzt werden und verhinderten den Aufwand einer nachträglichen Markersetzung.

Die für die Studie relevanten Spielerdaten konnten so aus der gesamten Trainingseinheit herausgefiltert und als eine „Imodatei“ exportiert werden. Abb. 8 soll einen Einblick in die Bildschirmmaske der Software „imoclient“ liefern.

3.5.1 Positions- und Bewegungsdaten

Zu Beginn der Ermittlung der Positions- und Bewegungsdaten wurden die Geschwindigkeiten in sechs Zonen aufgeteilt. Wie in Kap. 1.3.1 beschrieben, wurden diese Zonen nach Hill-Haas et al. (2008) definiert und in das LPM-System vorab programmiert. Anhand dieser Einstellung konnten die zurückgelegten Distanzen für diese sechs Zonen kategorisch ermittelt und dargestellt werden. Tab. 7 verdeutlicht die Einteilung und definiert weiterhin die

erhöhten Geschwindigkeiten (>13 km/h) als eine high-intensity running Zone (HIR-Zone) welche nach Hill-Haas et al. (2008) die Zone 4-6 beschreibt.

Tab. 7: Einteilung der Geschwindigkeit in Zonen (Zone 1 – 6) in Anlehnung an Hill-Haas et al. (2008)

Einteilung der Geschwindigkeit						
Geschwindigkeitszonen (km/h)	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
	0 – 6,9	7 – 9,9	10 – 12,9	13 – 15,9	16 – 17,9	>18
HIR-Zone (km/h)	>13 (Zone 4 – 6)					

3.5.2 Herzfrequenzdaten

Mit Hilfe der Herzfrequenzgeräte konnten die benötigten Herzfrequenzdaten der Fußballspieler während den studienrelevanten Trainingseinheiten erhoben werden. Die Messgeräte der Firma Polar waren mit den Transpondern gekoppelt und zeichneten mit einer einheitlichen Frequenz wie das LPM-System auf. Zur Ermittlung der individuellen maximalen Herzfrequenz, absolvierten im Januar 2019 vorab alle Nachwuchsspieler einen Ausdauer- Shuttle Run Test unter voller Ausbelastung. Dieser wurde von den Beauftragten der Fußballakademie St. Pölten durchgeführt und uns die erhobenen Messwerte im Rahmen dieser Studie zur Verfügung gestellt. In Anlehnung an Hill-Haas et al. (2009c) wurden für die Ermittlung der inneren Beanspruchung, die Herzfrequenzen in vier Zonen eingeteilt. Tab. 8 dient hierbei zur Veranschaulichung.

Tab. 8: Einteilung der Herzfrequenz in Zonen in (Zone 1 - 4) in Anlehnung an Hill-Haas et al. (2009c)

Einteilung der Herzfrequenz				
Herzfrequenzzonen in %HFMax	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
	<75	75 – 84	85 – 89	>90

3.5.3 Belastungsempfinden

Das subjektive Belastungsempfinden der Probanden wurde mit Hilfe der CR Skala von Borg ermittelt. Dieser Methode wurde herangezogen um geeignete Vergleichswerte zur Herzfrequenz mit der dazugehörigen Belastung zu erhalten. Die Werte wurden direkt nach dem Studiendesign (fünf v fünf) von den jeweiligen Trainern der Nachwuchsmannschaft verbal erhoben und handschriftlich im Anschluss notiert. Nach der Trainingseinheit wurde eine digitale Übertragung in eine Exceldatei durchgeführt.

3.5.4 Erhobene Parameter

Zur Analyse der individuellen Belastung und Beanspruchung der Probanden, wurden die in Tab. 9 aufgelisteten Parameter aus den Datensätzen herangezogen.

Tab. 9: Erhobene Parameter mit ihren jeweiligen Einheiten

Erhobene Parameter mit ihren jeweiligen Einheiten	
<i>Parameter</i>	<i>Einheit</i>
Gesamtdistanz	Meter
Distanz in der HIR-Zone	Meter
Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen	Meter
Anzahl der Sprints	-
Durchschnittliche Herzfrequenz	Prozent
Zeit in den Herzfrequenzzonen	Sekunden
Subjektives Belastungsempfinden (CR Skala)	-

3.6 Datenaufbereitung

Aufgrund der verwendeten Literatur und deren Hinweis auf mögliche Störquellen innerhalb der Aufzeichnungszeit des LPM-Systems, wurden für die vollständig erhobenen 18 Trainingseinheiten, nur die Belastungsintervalle (jeweils 2 Minuten) mittels Markersetzung exportiert. Probanden mit einer Spielzeit (time on field) von <1.50 min., wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Im Anschluss wurden 4 Durchgänge pro Trainingseinheit ausgeworfen und mit Hilfe von Microsoft Excel (MS Excel) 2016 (Microsoft Corporation, Washington, Vereinigte Staaten) als Rohdatenfile gespeichert. Grund hierfür war, dass durch die systemeigene Software Imoclient, der Firma Inmotiotec, die Möglichkeit unterschiedlicher Funktionen zur Datenaufbereitung von Belastung und Beanspruchung der Probanden bestand und diese in Form fremdvorgegebener Indikatoren angewendet wurden und im Rahmen dieser Studie keinen Mehrwert versprach. Hinsichtlich dieser wissenschaftlichen Arbeit konnten direkt vom System die gelaufene Gesamtdistanz, Distanzen in den sechs Geschwindigkeitszonen und Anzahl der Sprints, berechnet werden. Zur weiteren Analyse wurden aus den Daten der sechs Geschwindigkeitszonen, die Distanzen aus Zone 4 – 6 addiert und im Anschluss die HIR-Distanz bestimmt.

Zur Einteilung der Herzfrequenzdaten in Anlehnung an Hill-Haas et. al (2008) wurden diese in Relation zur maximalen Herzfrequenz erfasst. Mit Hilfe einer weiteren Excelfunktion erfolgte die Berechnung der verbrachten Zeit in den jeweiligen Herzfrequenzzonen sowie die durchschnittliche Herzfrequenz im Anschluss. Alle Messungen wurden auf Basis der Rohdaten durchgeführt und für alle Probanden berechnet.

3.7 Statistische Auswertung

Im Rahmen dieser Arbeit und der statistischen Auswertung, wurden mit Hilfe des Programms MS Excel 2016 und der Statistik und Analyse Software SPSS Statistics 25 (International Business Machines Corporation, New York, Vereinigte Staaten) gearbeitet. Um aussagekräftige Ergebnisse erzielen zu können, wurden Mittelwerte aus den Messungen der jeweiligen Alterskategorie berechnet und im weiteren Verlauf in die SPSS Software übertragen.

Als unabhängige Variablen wurde die Variable Altersklassen mit den drei Ausprägungen U15, U16 und U18 eingesetzt.

Als abhängige Variablen kamen folgende Parameter zum Einsatz:

- Gesamtdistanz
- HIR-Distanz
- Sprintanzahl
- Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen
- Herzfrequenz (%HFmax)
- Zeit in den jeweiligen Herzfrequenzzonen pro Trainingseinheit
- Zeit in den jeweiligen Herzfrequenzzonen pro Durchgang
- Subjektives Belastungsempfinden

Die Voraussetzungen für eine MANOVA wurden wie folgt überprüft:

Alle abhängigen Variablen bis auf die Zeit in der Herzfrequenzzone ab 75% waren normalverteilt. Diese Voraussetzung wurde mit der Erstellung von Histogrammen geprüft. Für die Herzfrequenzzone 3 wurde eine Normalisierung mit dem natürlichen Logarithmus durchgeführt.

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse für das Studiendesign fünf v fünf SSG vorgestellt. Zunächst wird aufgezeigt, welche Parameter Signifikanzen bei der Analyse aufweisen und im Anschluss wird dargestellt, bei welchen Parametern Unterschiede, zwischen den jeweiligen Altersklassen existieren und welche Hypothesen angenommen bzw. abgelehnt werden können.

Abschließend werden die Mittelwerte der erhobenen Parameter mit den jeweiligen Altersklassen grafisch und tabellarisch dargestellt und erläutert.

4.1 Unterschiede

Mit Hilfe der multiplen Varianzanalyse (MANOVA) wurden mögliche Unterschiede zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 in Bezug auf die Belastungs- und Beanspruchungsparameter während der kompletten Spielform SSG untersucht. Hier konnte ein signifikanter Unterschied über alle Belastungs- und Beanspruchungsparameter hinweg zwischen den drei Altersklassen, Wilks $\lambda = 0,452$, $F(30; 150) = 2,373b$, $p < 0,001$, part. $\eta^2 = 0,316$ festgestellt werden (Tab. 10). Es handelt sich dabei um einen großen Effekt.

Tab. 10. Multivariate Tests (Manova) der Altersklassen U15, U16 und U18

Multivariate Tests (MANOVA)					
Effekt		Wert	F	Signifikanz (p)	Partielles Eta-Quadrat
Altersklassen	Wilks-Lambda	0,452	2,373b	0,001**	0,316
* Signifikanzniveau $p < 0,05$					
** Signifikanzniveau $p < 0,01$					

Um belegen zu können für welche Parameter signifikante Gruppenunterschiede vorliegen, wurde anschließend für jeden Parameter, einzelne Varianzanalysen gerechnet. Die in Tab. 11 und 12 abgebildeten Werte zeigen ausschließlich die statistisch signifikanten Ergebnisse, der in Kap. 3.8 aufgestellten abhängigen Belastungs- und Beanspruchungsparameter.

Die vollständigen Ergebnisse aller Parameter, können aufgrund der Überschaubarkeit im Anhang (Tab. 25-30) eingesehen werden.

Tab. 11: Test der Zwischensubjekteffekte, Parameter mit statistisch signifikanten Gruppenunterschiede der Altersklassen U15, U16 und U18

Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA)							
Quelle	Abhängige variable	Quadrat-summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifi-kanz (p).	Partielles Eta-Quadrat
Alters- klassen	Distanz in G-Zone 1	2125,164d	2	1062,582	3,480	0,035*	0,074
	Distanz in G-Zone 3	1311,218f	2	655,609	3,638	0,030*	0,077
	Distanz in G-Zone 4	1056,083g	2	529,042	3,757	0,027*	0,079
	Zeit HF Zone 3	58551,502h	2	29275,751	5,789	0,004**	0,117
	Zeit HF Zone 4	89452,367i	2	44726,183	3,838	0,025*	0,081
	RPE	11,399j	2	5,699	11,042	0,000**	0,202
d. R-Quadrat = ,074 (korrigiertes R-Quadrat = ,053)							
f. R-Quadrat = ,077 (korrigiertes R-Quadrat = ,056)							
g. R-Quadrat = ,079 (korrigiertes R-Quadrat = ,058)							
h. R-Quadrat = ,019 (korrigiertes R-Quadrat = -,003)							
i. R-Quadrat = ,023 (korrigiertes R-Quadrat = ,000)							
j. R-Quadrat = ,202 (korrigiertes R-Quadrat = ,184)							
* Signifikanzniveau $p < 0,05$, ** Signifikanzniveau $p < 0,01$							

Tab. 12: Test der Zwischensubjekteffekte, Parameter mit statistisch signifikanten Gruppenunterschiede (Zeit in den Herzfrequenzzonen pro Durchgang)

Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA)							
Quelle	Abhängige variable	Quadrat-summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz (p)	Partielles Eta-Quadrat
Altersklassen	Zeit in HF Zone 2-DG 2	534,309a	2	267,154	3,595	0,036*	0,146
	Zeit in HF Zone 4-DG 2	5176,176b	2	2588,078	5,023	0,011*	0,193
a. R-Quadrat = ,146 (korrigiertes R-Quadrat = ,106)							
b. R-Quadrat = ,193 (korrigiertes R-Quadrat = ,155)							
* Signifikanzniveau $p < 0,05$							
** Signifikanzniveau $p < 0,01$							

Die Homogenität der Varianzen wurde mit dem Levene Test geprüft. Diese Voraussetzung war für alle Variablen bis auf Durchschnittliche Herzfrequenz $<75\%HF_{max}$ ($p=0,030$), Gesamtdistanz ($p=0,016$) und RPE ($p=0,01$), erfüllt. Demnach wurden für diese Variablen eine Post-Hoc Analyse mit dem Games-Howell Test durchgeführt. Die anderen Post-Hoc Analysen erfolgten mit Least Significant Difference (LSD) Methode.

Nachdem in Tab. 11 und 12, alle Parameter mit einem signifikanten Unterschied aufgelistet werden, dient Tab. 13 zur Erläuterung zwischen welchen Altersklassen Unterschiede existieren.

Schaut man sich die zurückgelegte Distanz der Geschwindigkeitszone 1 (G-Zone 1) an, so zeigt sich, dass ein zwischen den U15 und U18 Spielern signifikanter Unterschied ($p=0,011$) festgestellt wurde. In G-Zone 3 zeigte sich zwischen diesen beiden Altersklassen ebenso ein signifikanter Unterschied mit $p=0,024$ und weiterhin in G-Zone 4 ($p=0,045$).

Aufgrund dieser Feststellung kann somit Fragestellung 4 (Kap. 2.6) geklärt und die H1 Hypothese für die jeweiligen Geschwindigkeitszonen und Altersklassen angenommen werden.

- H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15 und U18 unterscheidet.

Anschließend konnte festgestellt werden, dass zwischen den Spieler der U15 Mannschaften und den Spielern der U18 Mannschaft, ein signifikanter Unterschied der absolvierten Zeit, sowohl in Herzfrequenzzone 3 ($p=0,002$) als auch in Herzfrequenzzone 4 ($p=0,020$), für eine Trainingseinheit ermittelt wurde.

Aufgrund dieser Feststellung kann somit Fragestellung 6 (Kap. 2.6) geklärt und die H1 Hypothese für die Zeit in den jeweiligen Herzfrequenzzonen und Altersklassen pro Trainingseinheit angenommen werden.

- H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzzonen (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15 und U18 unterscheidet.

Betrachtet man die Unterschiede der verbrachten Zeit in den 4 Herzfrequenzzonen auf der Ebene der Durchgänge, ergeben sich Signifikanzen in Durchgang 2 mit einem Unterschied in der Herzfrequenzzone 2 ($p=0,038$) und 4 ($p=0,015$), bei den Altersklassen U15 und U16.

Aufgrund dieser Feststellung kann somit Fragestellung 7 (Kap. 2.6) geklärt und die H1 Hypothese für die Zeit in den jeweiligen Herzfrequenzzonen und Altersklassen pro Durchgang angenommen werden.

- H1: Es wird erwartet, dass sich die durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzzonen (in Prozent der maximalen Herzfrequenz) zwischen den Altersklassen U15 und U16 pro Durchgang unterscheidet.

Abschließend konnten weitere Unterschiede im subjektiven Belastungsempfinden festgestellt werden. So zeigten sich bei den Spielern der U15 Mannschaft gegenüber den Spielern der U16 Mannschaft ein signifikanter Unterschied von **p=0,005**. Fortlaufend im Vergleich mit den U18 Spielern, wurde ein signifikanter Unterschied von **p=0,001** aufgezeigt wohingegen die Spieler der U16 Mannschaft einen signifikanten Unterschied von **p=0,017** zur U18 Mannschaft zeigen.

Tab. 13: Signifikante Unterschiede der Altersklassen U15, U16 und U18

Unterschiede der Altersklassen U15, U16 und U18			
Abhängige Variable	Altersklasse		Signifikanz (p)
Distanz in G-Zone 1	U15	U18	0,011*
Distanz in G-Zone 3	U15	U18	0,024*
Distanz in G-Zone 4	U15	U18	0,045*
Zeit HF Zone 3	U15	U18	0,002**
Zeit HF Zone 4	U15	U18	0,020*
Zeit in HF Zone 2 DG 2	U15	U18	0,038*
Zeit in HF Zone 4 DG 2	U15	U18	0,015*
RPE	U15	U16	0,005**
RPE	U16	U18	0,017*
RPE	U18	U15	0,001**
* Signifikanzniveau p<0,05			
** Signifikanzniveau p<0,01			

Aufgrund dieser Feststellung kann somit Fragestellung 8 (Kap. 2.6) geklärt und die H1 Hypothese für das jeweilige subjektive Belastungsempfinden und Altersklassen angenommen werden.

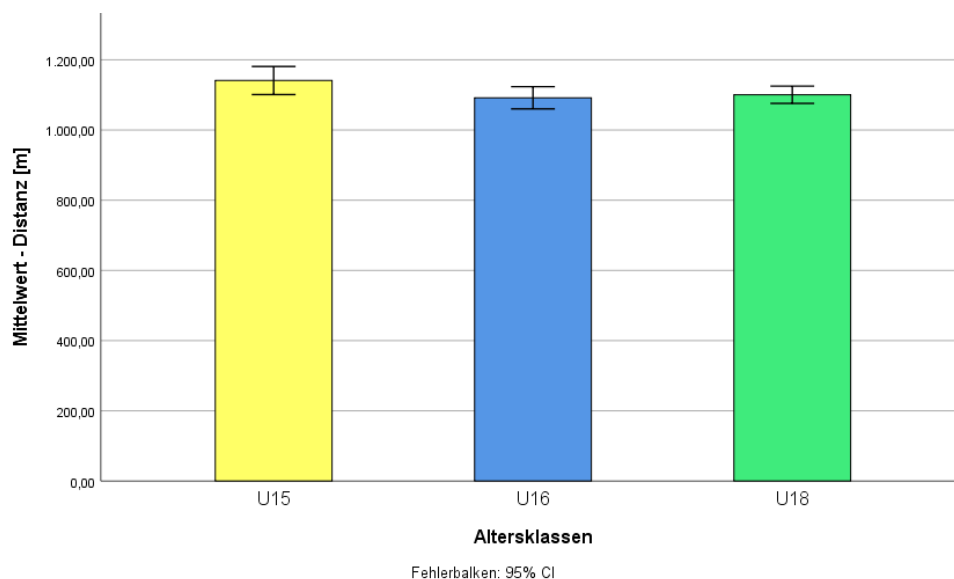
- H1: Es wird erwartet, dass sich das durchschnittliche subjektive Belastungsempfinden während der kompletten Spielform zwischen den Altersklassen U15, U16 und U18 unterscheidet.

Wie in Kap. 4 eingangs erwähnt, findet nach Aufstellung der signifikanten Unterschiede zwischen den jeweiligen drei Altersklassen, eine im nächsten Kapitel anknüpfende Beschreibung der Belastungs- und Beanspruchungsparameter und ihren Mittelwerten mit Standardabweichung statt.

4.1.1 Gesamtdistanz

In Abb. 9 erkennt man die durchschnittlich gelaufene Gesamtdistanz als Mittelwert für die jeweiligen Altersklassen aufgestellt. Auf der y-Achse sieht man die zurückgelegte Distanz in Meter und auf der x-Achse die Altersklassen, unterteilt in U15 (Gelb), U16 (Blau) und U18 (Grün). Die farbige Zuordnung findet aufgrund der Übersichtlichkeit in den weiteren Grafiken ebenso Verwendung und wird im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit fortgeführt.

Bezieht man sich auf das Balkendiagramm in Abb. 9 wird deutlich, dass in der Altersklasse U15 eine mittlere Distanz von $1141,00 \pm 123,58\text{m}$ etwas höher zu den Altersklassen U16 ($1091,75 \pm 97,60\text{m}$) und U18 ($1.100,41 \pm 78,35\text{m}$) zurückgelegt wurde.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$

** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 9: Gesamtdistanz der Altersklassen U15, U16 und U18

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Probanden der U18, die geringste Distanz im Mittel zurücklegen. Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersklassen festgestellt werden.

Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 14 aufgelistet.

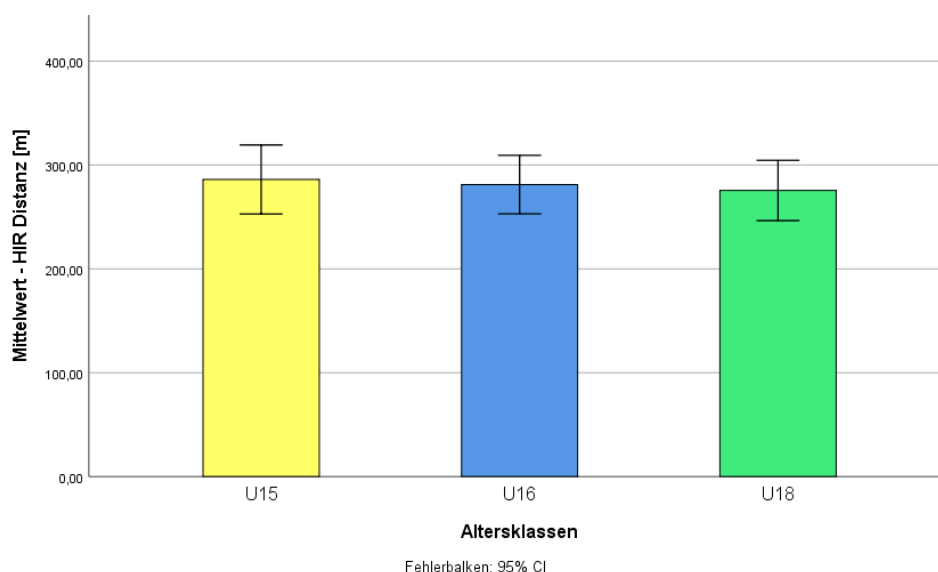
Tab. 14: Durchschnittliche Gesamtdistanz nach Altersklassen 5v5 SSG

Durchschnittliche Gesamtdistanz nach Altersklassen 5v5 SSG			
Altersklassen	N	Mittelwert in Meter	Standardabweichung in Meter
U15	39	1141,00	123,58
U16	39	1091,75	97,60
U18	41	1100,41	78,35
* Signifikanzniveau $p < 0,05$			
** Signifikanzniveau $p < 0,01$			

4.1.2 HIR-Distanz

Im Rahmen der 5v5 SSG ist die HIR-Distanz mit einer Geschwindigkeit von >13 km/h definiert und beinhaltet die Geschwindigkeitszonen 4-6.

In Abb. 10 erkennt man die durchschnittliche HIR-Distanz als Mittelwert für die jeweiligen Altersklassen. Auf der y-Achse sieht man die zurückgelegte HIR-Distanz in Meter und auf der x-Achse die Altersklassen, unterteilt in U15, U16 und U18.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$,

** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 10: HIR-Distanz der Altersklassen U15, U16 und U18

Bezieht man sich auf das Balkendiagramm in Abb. 10 wird deutlich, dass in der Altersklasse U15 eine mittlere HIR-Distanz von $286,04 \pm 102,50\text{m}$ und somit etwas höher zu den Altersklassen U16 ($281,13 \pm 86,89\text{m}$) und U18 ($275,46 \pm 92,10\text{m}$) zurückgelegt wurde. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Probanden der U18, die geringste HIR-Distanz im Mittel zurücklegen. Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersklassen festgestellt werden.

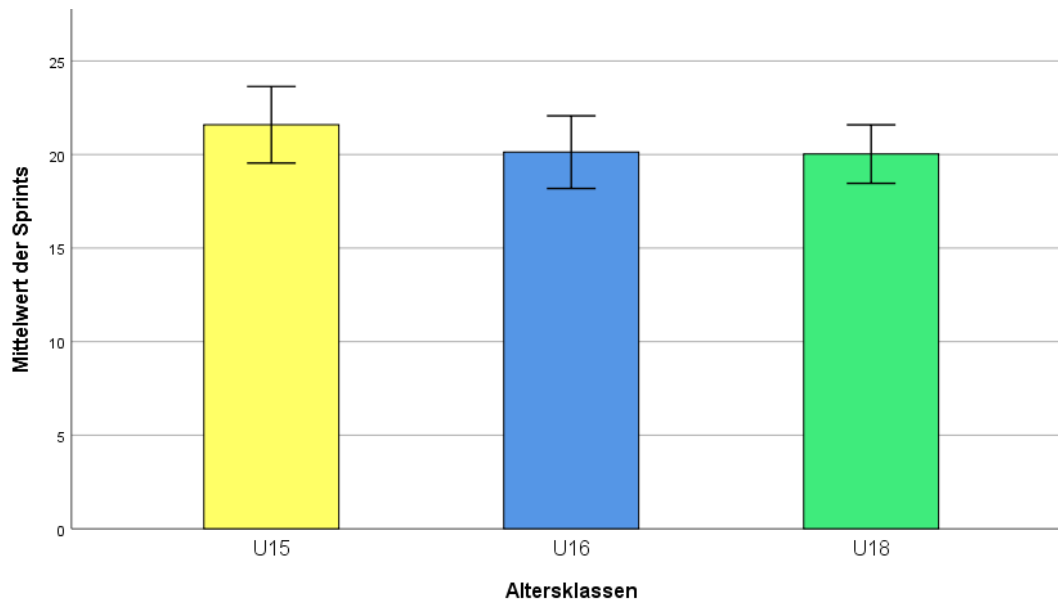
Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 15 aufgelistet.

Tab. 15: HIR Distanz der Altersklassen U15, U16 und U18

Durchschnittliche HIR-Distanz nach Altersklassen 5v5 SSG			
Altersklassen	N	Mittelwert in Meter	Standardabweichung in Meter
U15	39	286,04	102,50
U16	39	281,13	86,89
U18	41	275,46	92,09
* Signifikanzniveau $p < 0,05$			
** Signifikanzniveau $p < 0,01$			

4.1.3 Sprintanzahl

Im Rahmen der 5v5 SSG ist der Parameter Sprint mit einer Geschwindigkeit von >18 km/h definiert.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$

** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 11: Sprintanzahl der Altersklassen U15, U16 und U18

In Abb. 11 erkennt man die durchschnittliche Sprintanzahl als Mittelwert für die jeweiligen Altersklassen. Auf der y-Achse sieht man die Sprintanzahl und auf der x-Achse die Altersklassen, unterteilt in U15, U16 und U18.

Bezieht man sich auf das Balkendiagramm in Abb. 11 wird deutlich, dass in der Altersklasse U15 eine mittlere Sprintanzahl von $21,59 \pm 6,32$ und somit etwas höher zu den Altersklassen U16 ($20,13 \pm 5,99$) und U18 ($20,02 \pm 4,96$) absolviert wurde. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Probanden der U18, die geringste Sprintanzahl im Mittel absolvierten. Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersklassen festgestellt werden.

Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 16 aufgelistet.

Tab. 16: Sprintanzahl der Altersklassen U15, U16 und U18

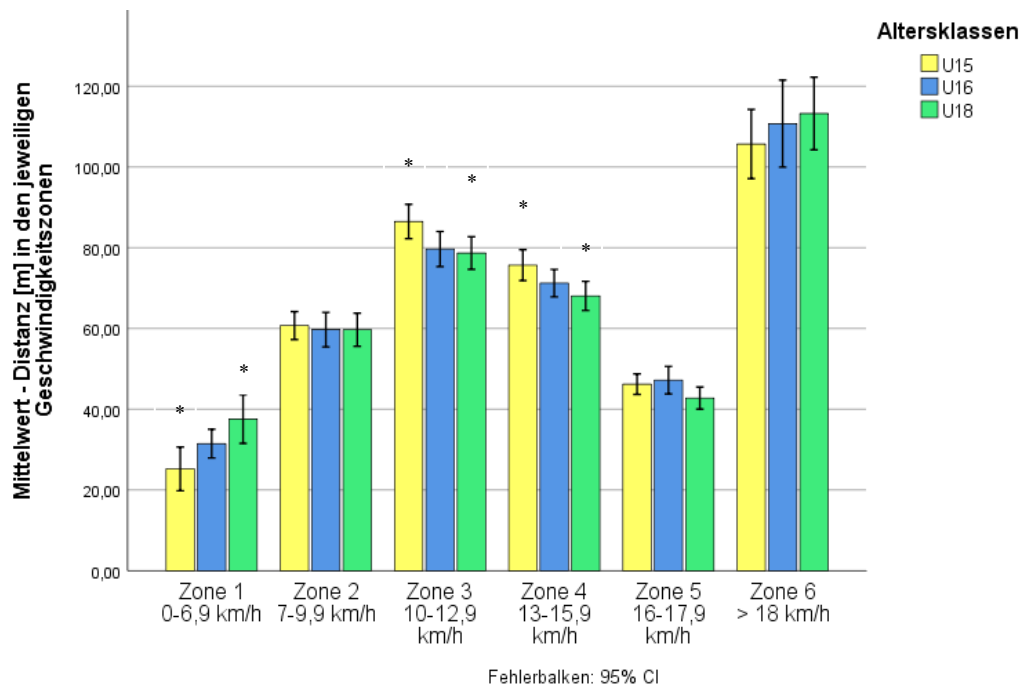
Durchschnittliche Sprintanzahl nach Altersklassen 5v5 SSG			
Altersklassen	N	Mittelwert	Standardabweichung
U15	39	21,59	6,31
U16	39	20,13	5,99
U18	41	20,02	4,96
* Signifikanzniveau $p < 0,05$			
** Signifikanzniveau $p < 0,01$			

4.1.4 Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen

Die Einteilung der vordefinierten Geschwindigkeitszonen (G-Zone) im Rahmen der 5v5 SSG, kann in Kap. 1.3 eingesehen werden.

In Abb. 12 erkennt man die zurückgelegte Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen als Mittelwert für die Altersklassen. Auf der y-Achse sieht man die Distanz und auf der x-Achse die Geschwindigkeitszonen 1-4, unterteilt in die jeweiligen Altersklassen U15, U16 und U18.

Bezieht man sich auf das Balkendiagramm in Abb. 12 wird deutlich, dass in der Distanz der Geschwindigkeitszone 1, zwischen den Spielern der U15 und U18 Mannschaft, ein signifikanter Unterschied zu erkennen ist ($p = 0,035$, U15 = $25,21 \pm 16,69\text{m}$, U18 = $37,57 \pm 19,18\text{m}$). Weiterhin wird in der zurückgelegten Distanz der Geschwindigkeitszone 3 ein signifikanter Unterschied verzeichnet ($p = 0,030$, U15 = $86,50 \pm 13,09\text{m}$, U18 = $78,68 \pm 12,78\text{m}$) sowie auch für die Distanz in Geschwindigkeitszone 4 für diese beiden Altersgruppen ($p = 0,022$, U15 = $75,67 \pm 11,81\text{m}$, U18 = $68,06 \pm 11,43\text{m}$).



* Signifikanzniveau $p < 0,05$

** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 12: Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen der Altersklassen U15, U16 und U18

Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 17 aufgelistet.

Tab. 17: Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen der Altersklassen U15, U16 und U18

Durchschnittliche Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen nach Altersklassen		5v5 SSG					
Altersklassen		G-Zone 1 (m)	G-Zone 2 (m)	G-Zone 3 (m)	G-Zone 4 (m)	G-Zone 5 (m)	G-Zone 6 (m)
U15 N 39	Mittelwert	25,21	60,71	86,50	75,67	46,20	105,66
	Standardabweichung	16,69	10,70	13,09	11,81	7,83	26,45
	Signifikanz (p)	0,035*	0,72	0,030*	0,022*	0,42	0,37
U16 N 39	Mittelwert	31,47	59,70	79,68	71,22	47,19	110,73
	Standardabweichung	10,99	13,16	13,41	10,49	10,50	33,25
	Signifikanz (p)	0,34	0,78	0,44	0,59	0,77	0,34
U18 N 41	Mittelwert	37,57	59,67	78,68	68,06	42,76	112,24
	Standardabweichung	19,18	12,99	12,78	11,43	8,68	28,51
	Signifikanz (p)	0,035*	0,78	0,030*	0,022*	0,33	0,45
* Signifikanzniveau $p < 0,05$							
** Signifikanzniveau $p < 0,01$							

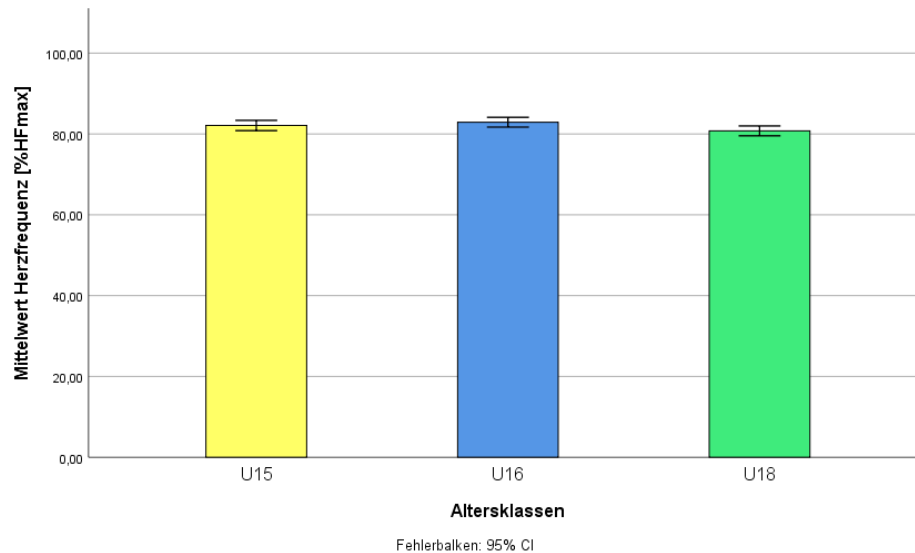
4.1.5 Herzfrequenz

In Abb. 13 erkennt man die durchschnittliche Herzfrequenz den drei Altersklassen. Auf der y-Achse sieht man den Mittelwert der Herzfrequenz in Prozent der maximalen Herzfrequenz (%HFmax) abgebildet. Auf der x-Achse die Einteilung der jeweiligen Altersklassen U15, U16 und U18.

Alle drei Altersklassen unterscheiden sich nur minimal voneinander. Die U15 Spieler besitzen eine durchschnittliche Herzfrequenz von $82,09 \pm 8,21$ Schläge/Minute, die U16 $82,91 \pm 7,54$ Schläge/Minute und die U18 einen Wert von $80,77 \pm 7,76$ Schläge/Minute. Somit liegen

alle drei Altersklassen recht eng beieinander, was ebenfalls die Standardabweichung mit geringer Abweichung aufzeigt.

Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersklassen festgestellt werden.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$

** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 13: Herzfrequenz der Altersklassen U15, U16 und U18

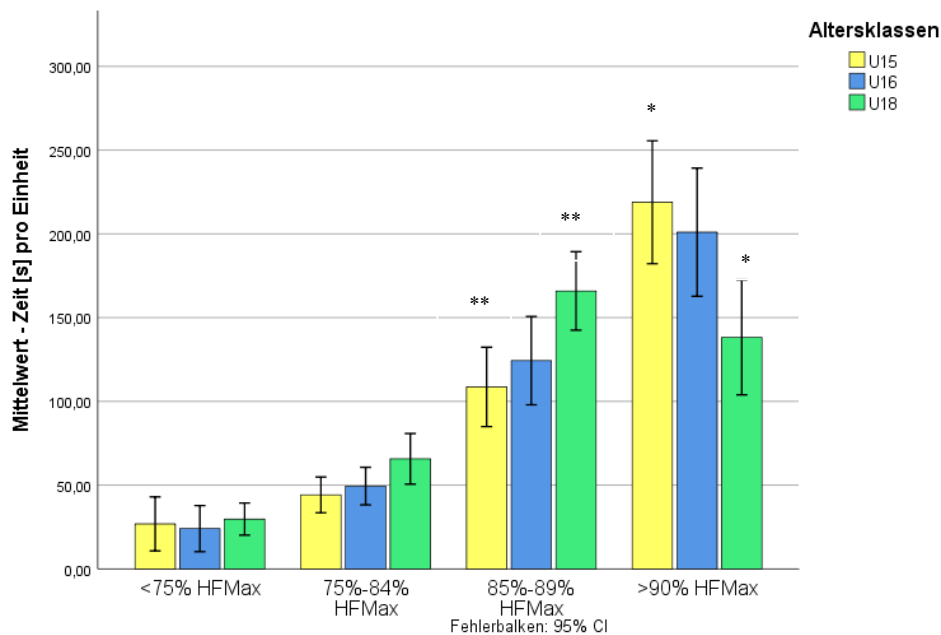
Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 18 aufgelistet.

Tab. 18: Herzfrequenz (HFmax) der Altersklassen U15, U16 und U18

Durchschnittliche Herzfrequenz (%HFmax) nach Altersklassen 5v5 SSG			
Altersklassen	N	Mittelwert (%HFmax)	Standardabweichung (%HFmax)
U15	39	82,09	8,21
U16	39	82,91	7,54
U18	41	80,77	7,76
* Signifikanzniveau $p < 0,05$, ** Signifikanzniveau $p < 0,01$			

4.1.6 Zeit in den Herzfrequenzzonen pro Trainingseinheit

In Abb.14 erkennt man die durchschnittliche Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen (HF Zone) pro Trainingseinheit (TE) als Mittelwert für die Altersklassen. Auf der y-Achse sieht man die Zeit (s) und auf der x-Achse die Herzfrequenzzonen 1-4, unterteilt in die jeweiligen Altersklassen U15, U16 und U18.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$, ** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 14: Zeit in den Herzfrequenzzonen pro Trainingseinheit der Altersklassen U15, U16 und U18

Bezieht man sich auf das Balkendiagramm in Abb. 14 wird deutlich, dass in HF Zone 1 (<75% HFmax), die Spieler der U16 Mannschaft mit einer Dauer von $24,25 \pm 24,56$ Sekunden am kürzesten von allen drei Altersklassen, ihre Zeit verbringen. Die U15 und U18 Spieler liegen bei einer Dauer von $32,59 \pm 47,70$ und $32,39 \pm 27,72$ Sekunden dahinter. HF Zone 2 (75%-84% HFmax) wird von der Altersklasse U18 mit einer Dauer von $57,94 \pm 57,94$ Sekunden angeführt. Die U15 Spieler sind an letzter Stelle und erreichen eine Dauer von $46,38 \pm 29,60$ Sekunden. Zusammenfassend konnte in der Zeit, der Hf Zone 1 und 2 kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersklassen festgestellt werden.

In der absolvierten Zeit in HF Zone 3 (85%-89% HFmax), wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Spielern der U15 und U18 Mannschaft festgestellt ($p = 0,004$, U15 = $105,90 \pm 68,13$ Sek., U18 = $151,07 \pm 67,95$ Sek.).

Weiterhin konnte ein signifikanter Unterschied in HF Zone 4 (>90 HFmax) dieser beider Altersklassen festgestellt werden ($p = 0,025$, $U_{15} = 203,51 \pm 92,67$ Sek., $U_{18} = 138,38 \pm 77,68$ Sek.).

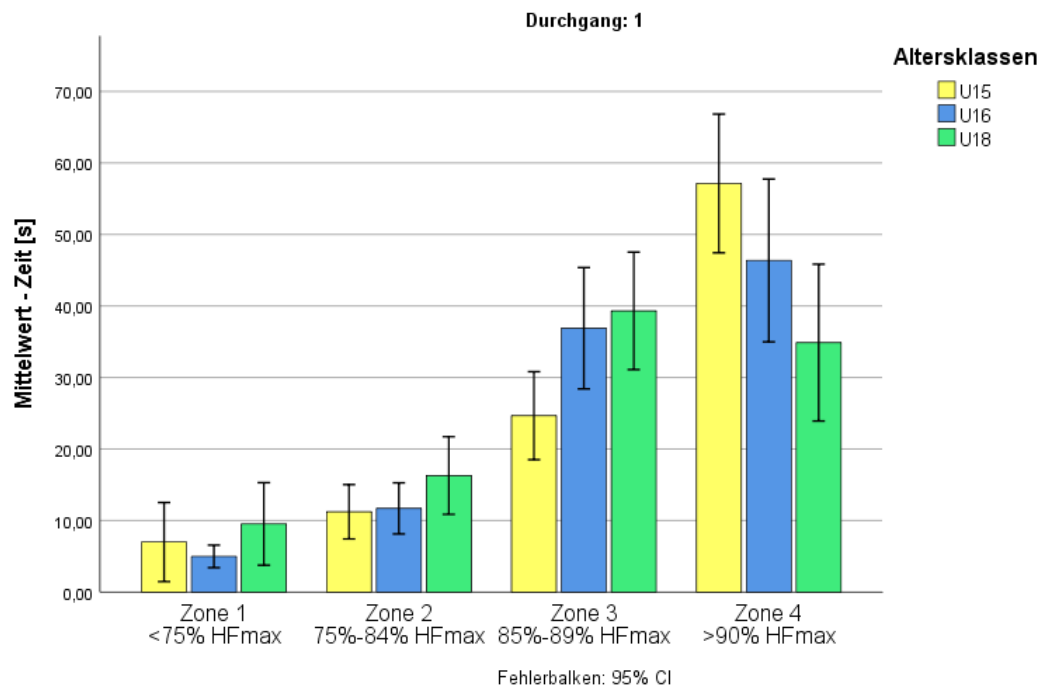
Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 19 aufgelistet.

Tab. 19: Zeit in den Herzfrequenzonen pro Trainingseinheit der Altersklassen U15, U16 und U18

Durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzen pro Trainingseinheit nach Altersklassen				
5v5 SSG				
Altersklassen	N	Mittelwert in Sekunden	Standardabweichung in Sekunden	Signifikanz (p)
U15				
HF Zone 1	39	32,59	47,70	0,66
HF Zone 2		46,38	29,60	0,09
HF Zone 3		105,90	68,13	0,004**
HF Zone 4		203,51	92,67	0,025*
U16				
HF Zone 1	39	24,25	24,56	0,33
HF Zone 2		49,98	26,72	0,75
HF Zone 3		128,55	72,38	0,55
HF Zone 4		173,77	91,86	0,69
U18				
HF Zone 1	41	32,39	27,72	0,78
HF Zone 2		57,94	29,54	0,33
HF Zone 3		151,07	67,95	0,004**
HF Zone 4		138,36	77,68	0,025*
* Signifikanzniveau p<0,05				
** Signifikanzniveau p<0,01				

4.1.7 Zeit in den Herzfrequenzzonen pro Durchgang

In Abb. 15 – Abb. 19 erkennt man die durchschnittliche Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen der Durchgänge 1 - 4 (DG) als Mittelwert für die drei Altersklassen.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$, ** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 15: Zeit (s) in den Herzfrequenzzonen in Durchgang 1 der Altersklassen U15, U16 und U18

Auf der y-Achse sieht man die Zeit (s) und auf der x-Achse die Herzfrequenzzonen 1 - 4, unterteilt in die jeweiligen Altersklassen U15, U16 und U18.

In DG 1 zeigt sich, dass die U15 Spieler in der HF Zone 1 mit einem Mittelwert von $6,99 \pm 17,28$ Sekunden zwischen den Spielern der U16 ($4,97 \pm 4,63$ Sek.) und den Spielern der U18 ($9,52 \pm 18,03$ Sek.) liegen. In HF Zone 2 verbringt die U18 Mannschaft die meiste Zeit ($16,28 \pm 16,98$ Sek.) mit den U16 folgend ($11,69 \pm 10,55$ Sek.) und den U15 Spielern mit der kürzesten Zeit von $11,22 \pm 11,88$ Sekunden. Schaut man sich die Abb.15 an, wird eine Steigerung der Zeit in Hf Zone 3 in allen drei Altersklassen deutlich. Hier halten sich die U15 Spieler mit einer Zeit von $24,66 \pm 19,23$ Sekunden am kürzesten auf. Die U16 Spieler liegen mit einer Zeit von $36,89 \pm 25,07$ Sekunden auf dem zweiten Platz und die meiste Zeit verbringen die U18 Spieler in HF Zone 3 ($39,22 \pm 25,68$ Sek.). Ein weiterer Anstieg deutet sich in Herzfrequenzzone 4 an. Hier zeigt sich, dass die U15 Spieler mit einer Zeit von $57,13 \pm 30,32$ Sekunden sich am längsten aufhalten. Im Anschluss folgt mit einer Zeit von $46,37 \pm 57,13$ Sekunden die Mannschaft der U16 Spieler und abschließend mit einer deutlich niedrigeren Zeit, die U18 Spieler ($34,88 \pm 34,27$ Sek.).

Zusammenfassend kann jedoch gesagt werden, dass in DG 1 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersklassen, der absolvierten Zeit in den Hf Zonen 1-4, festgestellt wurden.

Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 20 aufgelistet.

Tab. 20: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen in Durchgang 1 der Altersklassen U15, U16 und U18

Durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzen pro Durchgang (DG1) nach Altersklassen 5v5 SSG			
Altersklassen	N	Mittelwert in Sekunden	Standardabweichung in Sekunden
U15			
HF Zone 1	40	6,99	17,28
HF Zone 2		11,22	11,88
HF Zone 3		24,66	19,23
HF Zone 4		57,13	30,32
U16			
HF Zone 1	36	4,97	4,63
HF Zone 2		11,69	10,55
HF Zone 3		36,89	25,07
HF Zone 4		46,37	33,64
U18			
HF Zone 1	40	9,52	18,03
HF Zone 2		16,28	16,98
HF Zone 3		39,22	25,68
HF Zone 4		34,88	34,27
* Signifikanzniveau p<0,05			
** Signifikanzniveau p<0,01			

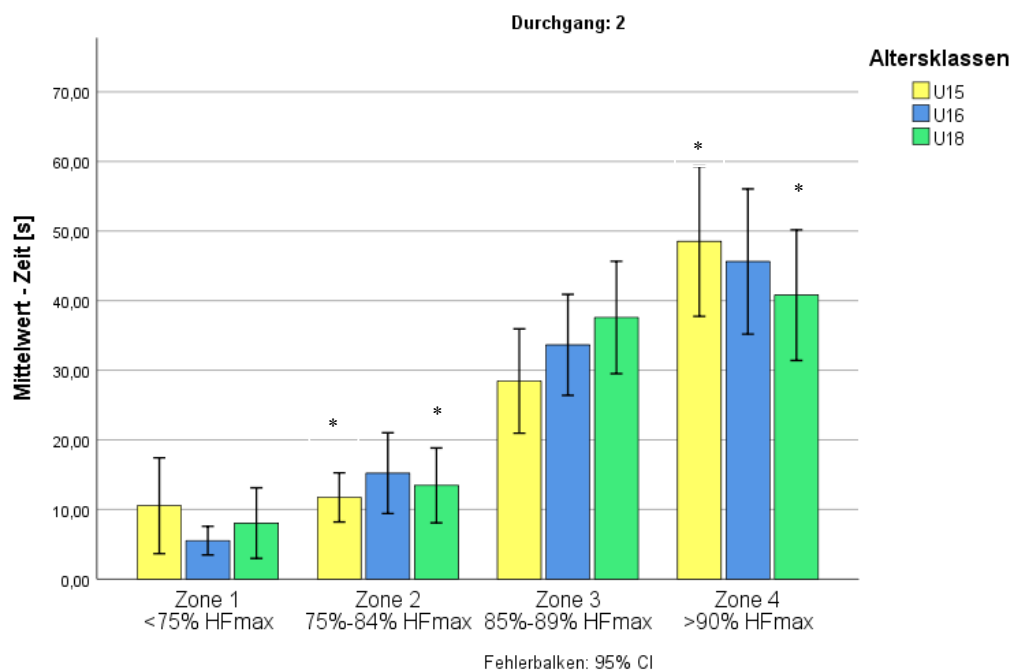
In Abb. 16 erkennt man, dass in DG2 die Spieler der U16 Mannschaft mit einer Zeit von $5,51 \pm 6,08$ Sekunden die geringste Zeit in der HF Zone 1 verbringen. U15 ($10,53 \pm 21,55$ Sek.) und U18 Spieler ($8,04 \pm 15,62$ Sek.) liegen hingegen etwas darüber.

Die HF Zone 2 wird von den Spielern der U16 Mannschaft dominiert. Diese verbringen eine Zeit von insgesamt $15,21 \pm 17,14$ Sekunden in dieser Zone. Spieler der U18 Mannschaft

verbleiben hier $13,45 \pm 16,59$ Sekunden und weisen gegenüber den Spielern der U15 Mannschaft mit $11,73 \pm 11,03$ Sekunden signifikanten Unterschied auf ($p = 0,036$).

Für die HF Zone 3 ist auch in DG2 ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen. Diese HF Zone wird mit einer Zeit von $37,58 \pm 24,90$ Sekunden von den U18 Spielern angeführt. Dahinter befindet sich die Mannschaft der U16 ($33,65 \pm 21,46$ Sek.) und der U15 ($28,45 \pm 23,45$ Sek.).

Ein weiterer signifikanter Unterschied in DG 2, kann zwischen den U15 und U18 Spielern, der absolvierten Zeit in HF-Zone 4 festgestellt werden ($p = 0,011$, U15 = $48,52 \pm 33,70$ Sek., U18 = $45,63 \pm 30,83$ Sek.). Die Spieler der U15 Mannschaft führen diese Zone an und liegen nur knapp vor den U16 Spielern. Das Schlusslicht bilden die Spieler der U18 Mannschaft mit einer Zeit von $40,79 \pm 28,96$ Sekunden.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$

** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 16: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzonen in Durchgang 2 der Altersklassen U15, U16 und U18

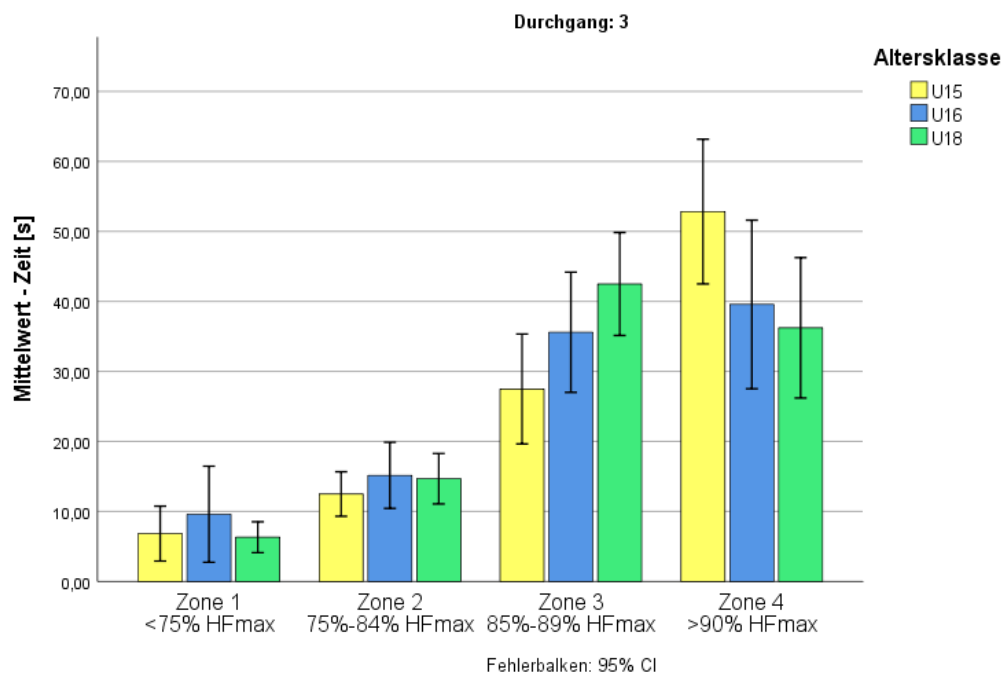
Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 21 aufgelistet.

Tab. 21: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen in Durchgang 2 der Altersklassen U15, U16 und U18

Durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzen pro Durchgang (DG 2) nach Altersklassen 5v5 SSG				
Altersklassen	N	Mittelwert in Sekunden	Standardabwei- chung in Sekunden	Signifikanz (p)
U15				
HF Zone 1	40	10,53	21,55	0,036*
HF Zone 2		11,73	11,03	
HF Zone 3		28,45	23,45	0,011*
HF Zone 4		48,52	33,70	
U16				
HF Zone 1	36	5,51	6,08	
HF Zone 2		15,21	17,14	
HF Zone 3		33,65	21,46	
HF Zone 4		45,63	30,83	
U18				
HF Zone 1	39	8,04	15,62	0,036*
HF Zone 2		13,45	16,59	
HF Zone 3		37,58	24,90	0,011*
HF Zone 4		40,79	28,96	
* Signifikanzniveau p<0,05				
** Signifikanzniveau p<0,01				

In Abb. 17 erkennt man, dass in DG3 die Spieler der U16 Mannschaft, die meiste Zeit in der HF Zone 1 verbringen ($9,59 \pm 19,35$ Sek.). Im Vergleich hierzu liegen die beiden anderen Mannschaften niedriger. Die U15 Spieler weisen eine Dauer von $6,82 \pm 12,26$ Sekunden und die U18 Spieler eine Dauer von $6,31 \pm 6,90$ Sekunden auf. HF Zone 2 wird in DG3 ebenfalls durch die U16 Mannschaft dominiert ($15,15 \pm 13,32$ Sek.). Knapp dahinter liegen die Spieler der U18 Mannschaft mit einer Zeit von $14,67 \pm 11,43$ Sekunden und das Schlusslicht bildet die U15 Mannschaft ($12,45 \pm 9,96$ Sek.). Wie auch in DG1 und DG2, zeigen sich erhöhte Anstiege in DG3 in HF Zone 3. Spieler der U18 Mannschaft verbringen bisher in HF Zone 3 die meiste Zeit ($42,48 \pm 23,31$ Sek.). Mit $35,59 \pm 24,21$ Sekunden schließt sich die Mannschaft der U16 Spieler an und etwas dahinter liegen die U15 Spieler ($27,49 \pm 24,56$ Sek.). In HF Zone 4 verbringen die Spieler der U15 Mannschaft wie auch in den Durchgängen zuvor, die meiste Zeit mit einer Dauer von $52,88 \pm 32,33$ Sekunden. Die Spieler der U16 Mannschaft weisen eine Zeit von $39,57 \pm 33,97$ Sekunden auf und das Schlusslicht bilden die Spieler der U18 Mannschaft mit einer Dauer von $36,22 \pm 31,77$ Sekunden.

Zusammenfassend kann jedoch gesagt werden, dass in DG 3 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersklassen, der absolvierten Zeit in den Hf Zonen 1-4, festgestellt wurden.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$, ** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 17: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzonen in Durchgang 3 der Altersklassen U15, U16 und U18

Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 22 aufgelistet.

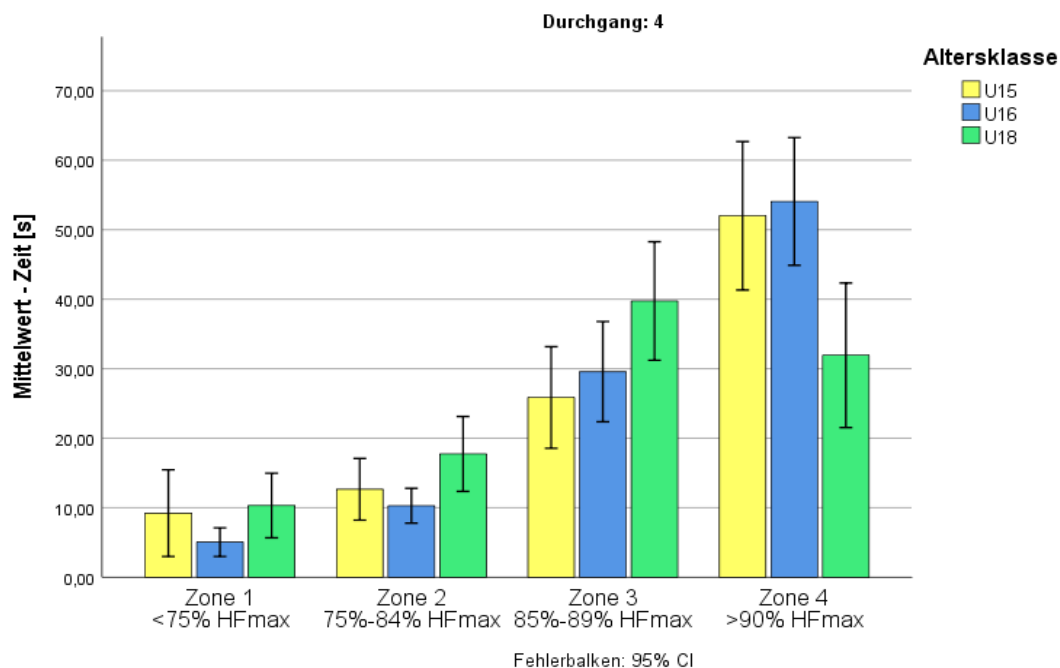
Tab. 22: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen in Durchgang 3 der Altersklassen U15, U16 und U18

Durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzen pro Durchgang (DG 3) nach Altersklassen 5v5 SSG			
Altersklassen	N	Mittelwert in Sekunden	Standardabweichung in Sekunden
U15			12,26
HF Zone 1	40	6,82	9,96
HF Zone 2		12,45	24,56
HF Zone 3		27,49	32,33
HF Zone 4		52,88	
U16		9,59	19,35
HF Zone 1	33	15,15	13,32
HF Zone 2		35,59	24,21
HF Zone 3		39,57	33,97
HF Zone 4			
U18			
HF Zone 1	41	6,31	6,90
HF Zone 2		14,67	11,43
HF Zone 3		42,48	23,31
HF Zone 4		36,22	31,77
* Signifikanzniveau p<0,05			
** Signifikanzniveau p<0,01			

In Abb. 18 erkennt man, dass im letzten DG4 der SSG Spielform, die Spieler der U18 Mannschaft, die meiste Zeit in HF Zone 1 verbringen ($10,31 \pm 13,74$ Sek.). Knapp dahinter befindet sich die Mannschaft der U15 Spieler ($9,21 \pm 13,38$ Sek.) und am wenigsten Zeit wurde von den U16 Spieler absolviert ($5,04 \pm 6,19$ Sek.). HF Zone 2 weist ein ähnliches Muster auf und wird von den Spielern der U18 Mannschaft angeführt ($17,74 \pm 15,93$ Sek.). Dahinter befinden sich die U16 Spieler ($10,28 \pm 7,51$ Sek.) und die geringste Zeit, wurde von den U15 Spielern in dieser HF Zone zurückgelegt ($12,65 \pm 13,88$ Sek.).

Wie schon angedeutet zeigt sich ein erneuter Anstieg zu den vorherigen HF Zonen 1 und 2 in Zone 3. Die Spieler der U18 Mannschaft legen hier eine Zeit von $39,74 \pm 25,21$ Sekunden zurück. Dahinter reihen sich die Spieler der U16 Mannschaft ein ($29,57 \pm 21,64$ Sek.) und Schlusslicht sind die Spieler der U15 Mannschaft mit einer Dauer von $25,85 \pm 22,85$ Sekunden. In der höchsten HF Zone 4, in DG4, verbringen die Spieler der U16 Mannschaft mit einer Dauer von $54,07 \pm 27,55$ Sekunden, die meiste Zeit. Knapp dahinter zeigen sich die U15 Spieler ($52,00 \pm 33,40$ Sek.) und das Schlusslicht bildet die Mannschaft der U18 Spieler, mit einer zurückgelegten Zeit von $31,93 \pm 30,73$ Sekunden.

Zusammenfassend kann jedoch gesagt werden, dass in DG 4 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersklassen, der absolvierten Zeit in den Hf Zonen 1-4, festgestellt wurden.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$, ** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 18: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen in Durchgang 4 der Altersklassen U15, U16 und U18

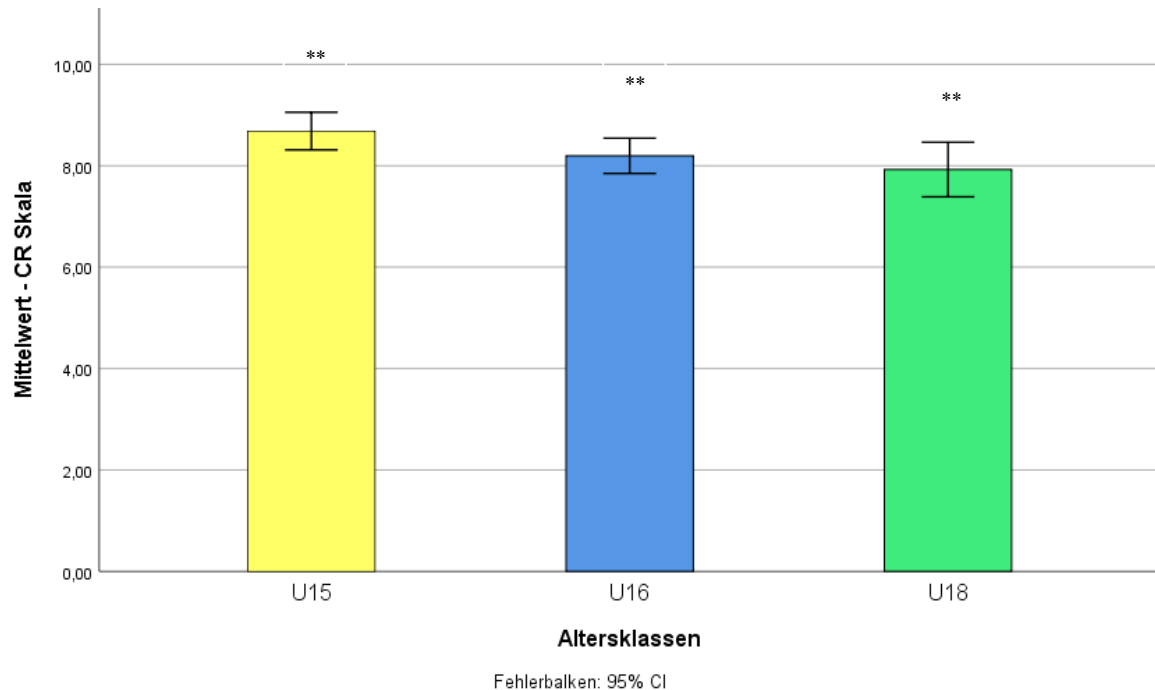
Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 23 aufgelistet.

Tab. 23: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen in Durchgang 4 der Altersklassen U15, U16 und U18

Durchschnittliche Zeit in den Herzfrequenzen pro Durchgang (DG 4) nach Altersklassen 5v5 SSG			
Altersklassen	N	Mittelwert in Sekunden	Standardabweichung in Sekunden
U15			19,51
HF Zone 1	40	9,21	13,88
HF Zone 2		12,65	22,85
HF Zone 3		25,85	33,40
HF Zone 4		52,00	
U16		5,04	6,19
HF Zone 1	37	10,28	7,51
HF Zone 2		29,57	21,64
HF Zone 3		54,07	27,55
HF Zone 4			
U18			
HF Zone 1	36	10,31	13,74
HF Zone 2		17,74	15,93
HF Zone 3		39,74	25,21
HF Zone 4		31,93	30,73
* Signifikanzniveau p<0,05			
** Signifikanzniveau p<0,01			

4.1.8 Subjektives Belastungsempfinden

In Abb. 19 erkennt man das durchschnittliche subjektive Belastungsempfinden als Mittelwert für die jeweiligen Altersklassen. Auf der y-Achse sieht man die CR- Skala und auf der x-Achse die Altersklassen, unterteilt in U15, U16 und U18.



* Signifikanzniveau $p < 0,05$

** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Abb. 19: Subjektives Belastungsempfinden der Altersklassen U15, U16 und U18

Bezieht man sich auf das Balkendiagramm in Abb. 19 wird deutlich, dass zwischen allen drei Altersklassen, signifikante Unterschiede ermittelt werden konnten ($p = 0,005$, U15 = $8,68 \pm 0,36$, U16 = $8,36 \pm 0,64$, $p = 0,001$, U15 = $8,68 \pm 0,36$, U18 = $7,81 \pm 0,98$, $p = 0,005$, U16 = $8,36 \pm 0,64$, U15 = $8,68 \pm 0,36$, $p = 0,017$, U16 = $8,36 \pm 0,64$, U18 = $7,81 \pm 0,98$, $p = 0,001$, U18 = $7,81 \pm 0,98$, U15 = $8,68 \pm 0,36$, $p = 0,017$, U18 = $7,81 \pm 0,98$, U16 = $8,36 \pm 0,64$).

Tab. 24 vermittelt für die Ergebnisdarstellung einen besseren Überblick der gewonnen Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte.

Mittelwerte, Standardabweichungen der Altersklassen U15, U16 und U18 als auch das Kollektiv (N) werden in Tab. 24 aufgelistet.

Tab. 24: Subjektives Belastungsempfinden der Altersklassen U15, U16 und U18

Durchschnittlich subjektives Belastungsempfinden nach Altersklassen 5v5 SSG – CR Skala				
Altersklassen	N	Mittelwert	Standardabweichung	Signifikanz (p)
U15	39	8,68	0,36	U16: 0,005** U18: 0,001**
U16	39	8,36	0,64	U15: 0,005** U18: 0,017*
U18	41	7,81	0,98	U15: 0,001** U16: 0,017*
* Signifikanzniveau $p < 0,05$				
** Signifikanzniveau $p < 0,01$				

5 Diskussion

Wie eingangs erwähnt, ist die Spielform fünf v fünf SSG mit einer Vielzahl an gruppentaktischen Komponenten ausgestattet und besitzt eine umfassende Bandbreite eines Angriffs- und Abwehrspiels. Während dieser Spielform können durch die Bildung eines Vierecks taktische Spielzüge in Tiefe und Breite leichter umgesetzt und neben konditionellen Faktoren, weitere technisch-taktische Komponenten verbessert werden.

Für das Belastungs- und Beanspruchungsprofil eines Nachwuchsfußballers entspricht die fünf v fünf SSG Spielform einem Training mit High intensity intervall Charakter (Uhlir, 2017). Die Auswirkungen der hohen Intensität wird u.a. durch die Anzahl der Sprints belegt, welche direkt mit der Herzfrequenz in Verbindung gesetzt werden kann. Die Belastungs- und Beanspruchungsparameter besitzen einen unmittelbaren Zusammenhang zueinander und zeigen aufgrund ihrer großen regulatorischen Wirkung bedeutungsvollen Nutzen für die

Trainingswissenschaft, mit der daraus resultierenden Trainingsplanung- und Steuerung (Tschan et al., 2001).

5.1 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

In diesem Abschnitt findet eine Interpretation der statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Altersklassen der U15, U16 und U18 Mannschaft statt und mögliche Ursachen zur Klärung der Ergebnisse stehen zur Diskussion.

Schaut man sich die Grafik aus Abb. 12 an, wird für die zurückgelegte Distanz in Geschwindigkeitszone 3 und 4, der Altersklassen U15 und U18 auffällig, dass die Spieler der U15 Mannschaft gegenüber der U18 Mannschaft eine größere Distanz, in den höheren Geschwindigkeitszonen (G-Zone 3 und 4) zurücklegen. Für die Geschwindigkeitszone 1 zeigen jedoch die Spieler der U15 Mannschaft eine geringere Distanz auf. Dies könnte mit den oben erwähnten technisch-taktischen Komponenten dieser Spielform einher gehen. Aufgrund einer größeren Spielerfahrung und Spielverständnisses sind die U18 Spieler vermehrt in der Lage Erholungspausen in geringeren Geschwindigkeitszonen einzubauen und somit die Regenerationsprozesse zu verbessern. Die U15 Spieler weisen möglicherweise genau in diesem Bereich Defizite auf und nehmen durch zusätzliche Laufwege Korrekturversuche vor, um das fehlerhafte Stellungsspiel oder etwaige Kommunikationsprobleme mit den eigenen Teamspielern auszugleichen.

Weitere signifikante Unterschiede wurden zwischen den Altersklassen der U15 und U18 Mannschaft, der absolvierten Zeit, in Herzfrequenzzone 3 und 4 festgestellt. Dabei kann man in Abb. 14 erkennen, dass die U15 Mannschaft gegenüber der U18 mehr Zeit in Herzfrequenzzone 4 ($> 90\%$ Hfmax) verbringt. Schaut man sich zusätzlich weitere Belastungsparameter wie Gesamtdistanz (Abb. 9), HIR-Distanz (Abb. 10) und Anzahl der Sprints (Abb. 11) an, wird auffällig dass die U15 Mannschaft in allen drei Parametern, im Vergleich zu den U18 Spielern, höhere Werte aufweist. Dies könnte ein weiterer Hinweis auf die altersabhängige geringere technisch-taktische Ausbildung der U15 Mannschaft sein. Uhlig (2019, S. 79) äußert sich hierzu wie folgt: „Je jünger die Spielerinnen und Spieler sind, desto größeren Anteil am Trainingsvolumen hat das freie Spiel, damit auch die Kreativität gefördert werden kann (vgl. Memmert, 2014), mit zunehmendem Alter nehmen taktische Spielformen zu.“ Mit dieser Aussage bestätigt der Autor die Annahme einer verbesserten technisch-taktischen Ausbildung und stärkt die Vermutung eines reiferen Stellungsspiels und Spielverständnisses der U18 Mannschaft im Vergleich zu den jüngeren Spielern der U15 Mannschaft.

Für die absolvierten Zeit in Herzfrequenzzone 2 und 4 konnten weitere signifikante Unterschiede zwischen den Altersklassen der U15 und U18 Spieler in Durchgang 2 ermittelt werden. Schaut man sich die Grafik aus Abb. 16 an, erkennt man, dass die Spieler der U15 Mannschaft, weniger Zeit in Herzfrequenzzone 2 wie die U18 Spieler verbringen. Wohingegen Herzfrequenzzone 4, mit >90 HFmax von der U15 Mannschaft dominiert wird. Zusammenfassend kann also zumindest auf Ebene des zweiten Durchgangs angenommen werden, dass die Spieler der U18 Mannschaft ein weiteres Mal die bessere Expertise in der technisch-taktischen Schulung aufweisen und hierdurch notwendige Kraftreserven einsparen können.

Schaut man sich die Unterschiede für das subjektive Belastungsempfindens an, werden zwischen allen drei Altersklassen Signifikanzen ermittelt. Aus der Grafik (Abb. 19) wird deutlich, dass in der Altersklasse U15 ein im Vergleich zu den anderen beiden Altersklassen, höheres subjektives Belastungsempfinden vorliegt. Diese Erkenntnis spiegelt sich in der Dominanz der Belastungsparameter wie Gesamtdistanz, HIR-Distanz und Anzahl der Sprints und hat Auswirkungen auf den Erschöpfungsgrad der U15 Spieler. Die U18 Mannschaft zeigt hingegen das geringste subjektive Belastungsempfinden. Die Ursache kann zum einen mit der Aufrechterhaltung von Kraftreserven wie durch die Vermeidung nicht notwendiger Laufwege als auch zum anderen der zu den jüngeren Spielern im Vergleich altersabhängige bessere Trainingszustand der U18 Spieler erklärt werden.

Grundsätzlich lassen die SSG wie in Tab. 3 aufgelistet, eine Vielzahl an Spielformvariationen zu. Spielfeldgröße, Spieleranzahl, Belastungs- und Pausenzeiten können beliebig variiert werden und bieten Raum für die Entstehung von technisch-taktischen oder konditionellen Schwerpunkten. Nur durch weitere Studien ist es möglich, trainingswissenschaftliche Ansätze zu verfolgen und Talente im Nachwuchsfußball zu fordern und zu fördern.

5.2 Stärken und Schwächen der Studie für die Praxisrelevanz

Auch wenn der Hersteller inmotiotec GmbH auf seiner Internetseite (www.inmotiotec.at) mit einer zentimetergenauen Angabe der Position in Echtzeit von bis zu ± 3 cm (relativ, Outdoor) und einem Messradius von bis zu 1.000 m wirbt, waren diverse Systemausfälle während der fünf v fünf SSG Spielform zu verzeichnen. So konnte man nach Aufzeichnungsende anhand der Information “time on field“ herausfiltern bei welchen Spielern eine Messaufzeichnung nicht oder nur eingeschränkt funktionierte. Diese sogenannten Ausreiser wurden selbstverständlich nicht in der statistischen Auswertung miteinbezogen, aber das Potenzial der Datensatzgröße natürlich eingeschränkt.

Des Weiteren konnten zu Studienbeginn immer wieder Ausfälle der Herzfrequenzdaten von der Firma Polar festgestellt werden. Hier stellte sich heraus, dass ein handelsübliches EKG Kontaktspray, für die Übertragung der Herzfrequenzdaten (Herzfrequenzbrustgurt) sehr zu empfehlen ist. Die Spieler wurden vorab an den Kontaktstellen eingesprüht und die Ausfallrate minderte sich rapide.

Für zukünftige Forschungsarbeiten ist es sinnvoll, seitens der Hersteller einige Updates zu entwickeln, die für die genannten Problematiken ausreichend Lösungsansätze in der Praxis bieten. Nur so kann eine Sicherstellung wertvoller Informationen gewährleistet werden und neue trainingswissenschaftliche Erkenntnisse können in den Trainingsablauf einfließen und für nützliche Veränderungen in der Trainingssteuerung- und Planung sorgen.

5.3 Resümee

Aufgrund der vorgestellten Ergebnisse, lässt sich somit vermuten, dass die Spieler der U15 Mannschaft durch ihre hohen Beanspruchungs- und Belastungsspitzen, in der Spielform fünf v fünf SSG, eher zu einer im Vergleich vorzeitigen Ermüdung, wie die Spieler der U16 und U18 Mannschaft neigen. Wie eingangs in Kap. 1.2.2 erwähnt, beschreibt Verheijen (2016) die Notwendigkeit einer taktischen Periodisierung um das Verletzungsrisiko so gering wie möglich zu halten. Für die Trainingsplanung und Steuerung ist es relevant einen übergreifenden Ermüdungszustand, welcher meist durch Übertraining verursacht wird, zu vermeiden. Diese dauerhafte Erschöpfung kann sich auf weitere Trainingseinheiten und Spiele übertragen und die Qualität der Spielerentwicklung stark negativ beeinträchtigen (Verheijen, 2016). Mögliche Ansätze zur Prävention des Verletzungsrisikos, könnte eine Reduktion der

Spieldauer oder auch Durchgänge sein. Eine andere Möglichkeit wäre ebenfalls die Erhöhung der Pausenzeiten, um einen verbesserten Erholungszustand zu gewährleisten und die Spielqualität zu fördern.

Um für die Trainingsempfehlung ergänzende Unterschiede herausarbeiten zu können, müssen mögliche Spielformvariationen, wie sie auch bereits von anderen Autoren (Almeida et al., 2013, Halouani et al., 2017, Hill-Haas et al., 2009 & Lacome, et al., 2018) durchgeführt wurden, herangezogen werden. Es sollen zukünftig weitere signifikante Gruppenunterschiede für die Parameter Gesamtdistanz, HIR-Distanz oder Anzahl der Sprints erarbeitet werden und hierdurch wissenschaftlich notwendige Informationen zur Aufklärung einer altersentsprechenden Trainingsplanung- und Steuerung geliefert werden.

Anhang

Tab. 25: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA) der Altersklasse U15, U16 und U18

Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA)							
Quelle	Abhängige variable	Quadrat-summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Altersklassen	Gesamt Distanz	35260,612a	2	17630,306	1,667	0,195	0,037
	HIR Distanz	29,804b	2	14,902	0,002	0,998	0,000
	Sprints	48,785c	2	24,393	0,697	0,501	0,016
	Distanz in G-Zone 1	2125,164d	2	1062,582	3,480	0,035	0,074
	Distanz in G-Zone 2	105,790e	2	52,895	0,327	0,722	0,007
	Distanz in G-Zone 3	1311,218f	2	655,609	3,638	0,030	0,077
	Distanz in G-Zone 4	1056,083g	2	529,042	3,757	0,027	0,079
	Distanz in G-Zone 5	153,912h	2	76,956	0,864	0,425	0,019
	Distanz in G-Zone 6	1819,410i	2	909,705	1,006	0,370	0,023
	Herzfrequenz	15,078j	2	7,539	0,165	0,848	0,004
	RPE	11,399k	2	5,699	11,042	0,000	0,202
a. R-Quadrat = ,037 (korrigiertes R-Quadrat = ,015) b. R-Quadrat = ,000 (korrigiertes R-Quadrat = -,023) c. R-Quadrat = ,016 (korrigiertes R-Quadrat = -,007)							

d. R-Quadrat = ,074 (korrigiertes R-Quadrat = ,053)

e. R-Quadrat = ,007 (korrigiertes R-Quadrat = -,015)

f. R-Quadrat = ,077 (korrigiertes R-Quadrat = ,056)

g. R-Quadrat = ,079 (korrigiertes R-Quadrat = ,058)

h. R-Quadrat = ,019 (korrigiertes R-Quadrat = -,003)

i. R-Quadrat = ,004 (korrigiertes R-Quadrat = -,019)

j. R-Quadrat = ,202 (korrigiertes R-Quadrat = ,184)

* Signifikanzniveau $p < 0,05$

** Signifikanzniveau $p < 0,01$

Tab. 26: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4 pro Trainingseinheit, der Altersklassen U15, U16 und U18

Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA)							
Quelle	Abhängige variable	Quadrat-summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Altersklassen	Zeit HF Zone 1	8,121	2	4,060	2,470	0,090	0,054
	Zeit HF Zone 2	1,611	2	0,806	1,862	0,162	0,041
	Zeit HF Zone 3	58551,502	2	29275,751	5,789	0,004	0,117
	Zeit HF Zone 4	89452,367	2	44726,183	3,838	0,025	0,081
* Signifikanzniveau $p < 0,05$							
** Signifikanzniveau $p < 0,01$							

Tab. 27: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4, Durchgang 1 der Alters-klassen U15, U16 und U18

Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA)							
Quelle	Abhängige variable	Quadrat-summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Alters-klassen	Zeit HF						
	Zone 1	233,282	2	116,641	0,858	0,431	0,038
	DG1						
	Zeit HF						
	Zone 2	292,45457	2	146,229	1993	0,149	0,085
	DG1						
	Zeit HF						
	Zone 3	2372,264	2	1186,132	2,852	0,069	0,117
	DG1						
	Zeit HF						
	Zone 4	2436,335	2	1218,167	1,991	0,149	0,085
	DG1						
* Signifikanzniveau $p < 0,05$							
** Signifikanzniveau $p < 0,01$							

Tab. 28: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4, Durchgang 2 der Alters-klassen U15, U16 und U18

Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA)							
Quelle	Abhängige variable	Quadrat-summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Alters-klassen	Zeit HF						
	Zone 1	54,485	2	27,242	0,314	0,732	0,015
	DG2						
	Zeit HF						
	Zone 2	534,309	2	267,154	3,595	0,036	0,146
	DG2						
	Zeit HF						
	Zone 3	2137,424	2	1068,712	2,964	0,062	0,124
	DG2						
	Zeit HF						
	Zone 4	5176,156	2	2588,078	5,023	0,011	0,193
	DG2						
* Signifikanzniveau $p < 0,05$							
** Signifikanzniveau $p < 0,01$							

Tab. 29: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4, Durchgang 3 der Alters-klassen U15, U16 und U18

Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA)							
Quelle	Abhängige variable	Quadrat-summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Alters-klassen	Zeit HF						
	Zone 1	22,323	2	11,161	0,109	0,897	0,005
	DG3						
	Zeit HF						
	Zone 2	663,262	2	331,631	1,851	0,170	0,083
	DG3						
	Zeit HF						
	Zone 3	1624	2	812,357	1,615	0,211	0,073
	DG3						
	Zeit HF						
	Zone 4	4557,608	2	2278,804	3,098	0,056	0,131
	DG3						
* Signifikanzniveau $p < 0,05$							
** Signifikanzniveau $p < 0,01$							

Tab. 30: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4, Durchgang 4 der Alters-klassen U15, U16 und U18

Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA)							
Quelle	Abhängige variable	Quadrat-summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Alters-klassen	Zeit HF						
	Zone 1	17,838	2	8,919	0,177	0,838	0,008
	DG4						
	Zeit HF						
	Zone 2	374,456	2	187,228	1,540	0,226	0,067
	DG4						
	Zeit HF						
	Zone 3	1002,585	2	501,292	1,984	0,150	0,085
	DG4						
	Zeit HF						
	Zone 4	2614,494	2	1307,247	2,252	0,117	0,095
	DG4						
* Signifikanzniveau $p < 0,05$							
** Signifikanzniveau $p < 0,01$							

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: 6 Wochen Periodisierungs-Modell (Verheijen, 2016, S. 30)	10
Tab. 2: Ausschnitt Studienlage: Spielformvariationen Small Sided Games (Almeida, Ferreira, & Volossovitch, 2013, Halouani, Chtourou., Dellal., Chaouachi & Chamari 2017)	13
Tab. 3: Ausschnitt Studienlage: Spielformvariationen Small Sided Games (Hill-Haas, Rowsell., Dawson & Coutts, 2009 und Lacome, Simpson, Cholley, Lambert, & Buchheit, 2018).....	15
Tab. 4: Anteil der unterschiedlich intensiven Fortbewegungsarten am Gesamtweg (Tschan et al. 2001, S. 9).....	19
Tab. 5: Skalenniveau der category ratio Skala von null bis zehn nach Borg (1990).....	24
Tab. 6: Spielformat 5 v 5 SSG.....	37
Tab. 7: Einteilung der Geschwindigkeit in Zonen (Zone 1 – 6) in Anlehnung an Hill-Haas et al. (2008).....	41
Tab. 8: Einteilung der Herzfrequenz in Zonen in (Zone 1 - 4) in Anlehnung an Hill-Haas et al. (2009c).....	41
Tab. 9: Erhobene Parameter mit ihren jeweiligen Einheiten.....	42
Tab. 10: Multivariate Tests (Manova) der Altersklassen U15, U16 und U18.....	45
Tab. 11: Test der Zwischensubjekteffekte, Parameter mit statistisch signifikanten Gruppenunterschiede der Altersklassen U15, U16 und U18.....	46
Tab. 12: Test der Zwischensubjekteffekte, Parameter mit statistisch signifikanten Gruppenunterschiede (Zeit in den Herzfrequenzonen pro Durchgang).....	47
Tab. 13: Signifikante Unterschiede der Altersklassen U15, U16 und U18.....	49
Tab. 14: Durchschnittliche Gesamtdistanz nach Altersklassen 5v5 SSG	51
Tab. 15: HIR Distanz der Altersklassen U15, U16 und U18	52
Tab. 16: Sprintanzahl der Altersklassen U15, U16 und U18	54
Tab. 17: Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen der Altersklassen U15, U16 und U18	56
Tab. 18: Herzfrequenz (HFmax) der Altersklassen U15, U16 und U18	57
Tab. 19: Zeit in den Herzfrequenzonen pro Trainingseinheit der Altersklassen U15, U16 und U18	60
Tab. 20: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzonen in Durchgang 1 der Altersklassen U15, U16 und U18	62

Tab. 21: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen in Durchgang 2 der Altersklassen U15, U16 und U18	64
Tab. 22: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen in Durchgang 3 der Altersklassen U15, U16 und U18	66
Tab. 23: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzzonen in Durchgang 4 der Altersklassen U15, U16 und U18	68
Tab. 24: Subjektives Belastungsempfinden der Altersklassen U15, U16 und U18	70
Tab. 25: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA) der Altersklasse U15, U16 und U18	75
Tab. 26: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4 pro Trainingseinheit, der Altersklassen U15, U16 und U18	76
Tab. 27: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4, Durchgang 1 der Alters-klassen U15, U16 und U18.....	77
Tab. 28: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4, Durchgang 2 der Alters-klassen U15, U16 und U18.....	78
Tab. 29: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4, Durchgang 3 der Alters-klassen U15, U16 und U18.....	79
Tab. 30: Test der Zwischensubjekteffekte (ANOVA), Zeit in den Herzfrequenzzonen 1-4, Durchgang 4 der Alters-klassen U15, U16 und U18.....	80

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Fundamental charakteristischen Aktionen des Fußballspiels nach (Verheijen, 2016, S. 25).....	7
Abb. 2: Die 4 Phasen im Fußball (Weber, 2018, S. 56)	11
Abb. 3: LPM T-Shirt Camaro (inmotiotec, LPM Wireless Beschreibung, 2015).....	25
Abb. 4: Aufbau der inmotiotec-Technologie (Bauer, 2015, S. 7)	26
Abb. 5: Positionsbestimmung via GPS (Bauer, 2015, S. 11)	30
Abb. 6: Spielform 5vs5 (4vs4 mit 2 Torhütern) in der Doppelbox mit Manndeckung,	38
Abb. 7: Akkuladestation mit Tragegurt der Firma Inmotiotec (Foto: Lagerraum Akademie St. Pölten, Mai 2019).....	39
Abb. 8: Bildschirmmaske zur Funktion "Place Marker" der Software "imoclient" zur Trainingseinteilung (Foto: Bildschirmmaske Software imoclient, Mai, 2019).....	40
Abb. 9:Gesamtdistanz der Altersklassen U15, U16 und U18	50
Abb. 10: HIR-Distanz der Altersklassen U15, U16 und U18	51
Abb. 11: Sprintanzahl der Altersklassen U15, U16 und U18.....	53
Abb. 12: Distanz in den jeweiligen Geschwindigkeitszonen der Altersklassen U15, U16 und U18	55
Abb. 13: Herzfrequenz der Altersklassen U15, U16 und U18	57
Abb. 14: Zeit in den Herzfrequenzonen pro Trainingseinheit der Altersklassen U15, U16 und U18	58
Abb. 15: Zeit (s) in den Herzfrequenzonen in Durchgang 1 der Altersklassen U15, U16 und U18	61
Abb. 16: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzonen in Durchgang 2 der Altersklassen U15, U16 und U18	63
Abb. 17: Zeit (s) in den vier Herzfrequenzonen in Durchgang 3 der Altersklassen U15, U16 und U18	65
Abb. 18:Zeit (s) in den vier Herzfrequenzonen in Durchgang 4 der Altersklassen U15, U16 und U18	67
Abb. 19: Subjektives Belastungsempfinden der Altersklassen U15, U16 und U18.....	69

Literaturverzeichnis

- Almeida, C. H., Ferreira, A. P. & Volossovitch A., 2013. *Offensive Sequences in Youth Soccer: Effects of Experience and Small-Sided Games* *Journal of Human Kinetics* volume 36/2013, 97-106 DOI:10.2478/hukin-2013-0010 97 Section III – Sports Training
- Balsom, P., Lindholm, T., Nilsson, J., & Ekblom, B., 1999. *Precision football*. Kempele, Finland: Polar Electro Oy.
- Bauer, T., 2015. *Einsatz eines Positionserfassungssystems im Leistungsfußball-Nachwuchs*.
- Bennett, K., Novak, A., Pluss, M. & Stevens, C. 2018a. *The use of small-sided games to assess skill proficiency in youth soccer players: A talent identification tool*. . Ausgabe 2, 2018 - Issue 3.
- Borg, G., 1990. *Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion*. Scand J Work Environ Health 16, 55–58.
- Buchheit, M., Allen, A., Poon, T. K., Modonutti, M., Gregson, W., & Di Salvo, V. (2014). *Integrating different tracking systems in football: multiple camera semi-automatic system, local position measurement and GPS technologies*. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1844–1857. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.942687>
- Clemente, F. M., Couceiro, M., Martins, F., M., & Mendes, R. 2012. The usefulness of small-sided games on soccer training. *Journal of Education and Sport*.
- Clemente F. M., Laurengo, M. & Mendes, S. 2014. *Developing Aerobic and Anaerobic Fitness Using Small-Sided Soccer Games: Methodological Proposals*. National Strength and Conditioning Association. Ausgabe 3.
- Dellal, A., Chamari, K., Owen, A.L., Wong, D.P., Lago-Penas, C., Hill-Haas, S., 2011a. *Influence of technical instructions on the physiological and physical demands of small-sided soccer games*. *European Journal of Sport Science* 11, 341–346.
- Ekblom, B., 1986. *Applied physiology of soccer*. *Sports medicine* 3, 50–60.
- Frencken, W. G. P., Lemmink, K. A. P. M., & Delleman, N. J. (2010). *Soccer-specific accuracy and validity of the local position measurement (LPM) system*. *Journal of*

Science and Medicine in Sport, 13(6), 641–645.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.04.003>

Halouani, J., Chtourou, H., Dellal, A., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2017). *Soccer small-sided games in young players: rule modification to induce higher physiological responses*. *Biology of Sport*, 2, 163–168. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.64590>

Hill-Haas, S., Coutts, A., Rowsell, G., & Dawson, B., 2008. *Variability of acute physiological responses and performance profiles of youth soccer players in small-sided games*. *Journal of science and medicine in sport* 11, 487–490.

Hill-Haas, S. V., Rowsell, G. J., Dawson, B. T., & Coutts, A. J. (2009a). *Acute Physiological Responses and Time-Motion Characteristics of Two Small-Sided Training Regimes in Youth Soccer Players*: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 111

Hill-Haas, S.V., Coutts, A.J., Dawson, B.T., & Rowsell, G.J., 2010. *Time-motion characteristics and physiological responses of small-sided games in elite youth players: the influence of player number and rule changes*. *The journal of strength & conditioning research* 24, 2149–2156.

Hill-Haas, S. V., Rowsell, G. J., Dawson, B. T., & Coutts, A. J. (2009b). *Acute Physiological Responses and Time-Motion Characteristics of Two Small-Sided Training Regimes in Youth Soccer Players*: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 111–115. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818efc1a>

Hill-Haas, S.V., Rowsell, G.J., Dawson, B.T., & Coutts, A.J., 2009c. *Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players*. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 23, 111–115.

Hodgson, C., Akenhead, R., & Thomas, K., 2014. *Time-motion analysis of acceleration demands of 4v4 small-sided soccer games played on different pitch sizes*. *Human movement science* 33, 25–32.

Inmotio System - revolutionäre LPM Positionsmesssysteme [WWW Document], 2019. URL <https://www.inmotiotec.com/de/technologie/inmotio-system-lpm-positionsmesssysteme> (accessed 21.07.2019).

- Lacome, M., Simpson, B. M., Cholley, Y., Lambert, P., & Buchheit, M. (2018). *Small-Sided Games in Elite Soccer: Does One Size Fit All?* International Journal of Sports Physiology and Performance, 13(5), 568–576. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0214>
- Larson, R., 2016. *Die Individualisierung des Warm-up und Cool-down*, in: *Athletiktraining für sportliche Höchstleistung*. riva, München, pp. 117–132.
- Leser, R., Baca, A., & Ogris, G. (2011). *Local Positioning Systems in (Game) Sports*. Sensors, 11(10), 9778–9797. <https://doi.org/10.3390/s111009778>
- Leyhr, D., Kelava, A. raabe, J., & Höner, O. 2018. *Longitudinal motor performance development in early adolescence and its relationship to adult success: An 8-year prospective study of highly talented soccer players*. Tiago M Barbosa, Nanyang Technological University, SINGAPORE. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196324>
- Mallo, J., & Navarro, E. (2007). *Physical load imposed on soccer players during small-sided training games*. J SPORTS MED OHYS FITNESS 2007; 47:166-71
- Memmert, D., Raabe, D., Knyazev, A., Franzen, A., Zekas, L., Rein, R., Perl, J., & Weber, H., 2016. *Big Data im Profi-Fußball. Analyse von Positionsdaten der Fußball-Bundesliga mit neuen innovativen Key Performance Indikatoren*. Leistungssport. 2016a 46, 1–13.
- Moreira, A., Aoki, M. S., Carling, Ch., Lopes, R. A. R., Schultz de Aruda, F., Lima, M., Correa, U. C. & Bradley 2016. *Temporal Changes in Technical and Physical Performances During a Small-Sided Game in Elite Youth Soccer Players*. Sports Med. 7(4).
- Neely, G., Ljunggren, G., Sylven, C., & Borg, G., 1992. *Comparison between the Visual Analogue Scale (VAS) and the Category Ratio Scale (CR-10) for the evaluation of leg exertion*. International journal of sports medicine 13, 133–136.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F.M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S.M., 2007. *Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games*. Journal of sports sciences 25, 659–666.
- Siegle, M., 2013. *Innovationen in der Wettkampfdiagnostik Fußball*. Universität München, München.

- Spälti, M., 2013. *Reliabilitätsüberprüfung von 3 vs. 3 respektive 5 vs 5. Small Sided Games hinsichtlich verschiedener physischer Leistungsparametern*. Université de Fribourg, Fribourg.
- Tschan, H., Baron, R., Smekal, G., & Bachl, N., 2001. *Belastungs-und Beanspruchungsprofil im Fußball aus physiologischer Sicht*. Österreichisches Journal für Sportmedizin 1, 7–18.
- Uhlig, J., Uhlig, M., 2000. *Taktische Prinzipien im Fußball*. Leistungssport 30, 18–23.
- Uhlig, M., 2017. *Konditionelle und technisch-taktische Analyse von Kleinfeldspielformen im Fußball zur Optimierung des fußballspezifischen Konditionstrainings und technisch-taktischen Trainings*. Universität Wien, Wien.
- Van Lingen, B., 2016. *The Official Guide to Coaching Youth Football: The youth football learning process for players ages 6 – 19*. World Football Academy.
- Van Lingen, B., & Pauw, V., 2000. *Das Trainieren von Jugendfußballern*, in: Handbuch Fussballkondition. Leer: Bfp Versand, pp. 226–237.
- Verheijen, R., 2016. *The Original Guide to Football Periodisation: Always Play with Your Strongest Team*. World Football Academy.
- Weber, M. 2018. Taktische Periodisierung. Die Spielidee bestimmt das Training. Eigenverlag.
- Zitate Fußballtrainer. Zugriff am 15. Juni 2019 unter Quelle: www.news.bbc

Erklärung über die persönliche Urheberschaft

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an anderen Stellen eingereicht, noch von anderen Personen vorgelegt.“

18. November 2019, Wien