

# Reliabilitätsüberprüfung von 3 vs. 3 respektive 5 vs. 5 Small Sided Games hinsichtlich verschiedener physischer Leistungsparametern.

Masterarbeit zur Erlangung des Masters of Science

Einheit Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität

Freiburg

Autor:	Matthias Späli
Referentin:	Karin Sonderegger
Ko-Referent:	Markus Tschopp

September 2013



## **Vorwort und Dank**

Einen ganz besonderen Dank möchte ich an das Trainerteam und die Spieler des FC Biels richten. Dank ihrer Unterstützung – im speziellen dem Engagement von Bruno Truffer – konnten erfolgreich Testspiele durchgeführt und die benötigten Daten erhoben werden.

Ebenfalls war ich sehr froh um die Unterstützung und durch die Mitarbeiter der Gruppe Kraft/Spielsport am Bundesamt für Sport in Magglingen, die auch an regnerischen kalten Tagen am Spielfeldrand ausgeharrt haben.

Diese Arbeit schliesst eine lange und spannende Studienzeit ab. Deshalb möchte ich Alex, die mich von der Studienwahl bis zu den letzten Korrekturen der Masterarbeit immer unterstützt hat, nicht nur für die Mithilfe an dieser Arbeit, sondern auch für die Unterstützung während des ganzen Studiums danken.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>2</b>
1.1	EINFÜHRUNG IN DAS THEMA .....	2
1.2	FORSCHUNGSSTAND .....	5
1.2.1	<i>Vergleich der Wettkampfform (11 vs. 11) und SSGs bezüglich der Eignung als Leistungstests.....</i>	<i>5</i>
1.2.2	<i>Einflussfaktoren auf das Spielverhalten und die Intensität von SSGs.....</i>	<i>8</i>
1.2.3	<i>Messmittel .....</i>	<i>14</i>
1.2.4	<i>Messparameter.....</i>	<i>18</i>
1.2.5	<i>Reliabilität von Small Sided Games (SSGs) .....</i>	<i>21</i>
1.3	ZIEL UND KONKRETE FRAGESTELLUNG .....	25
<b>2</b>	<b>METHODEN .....</b>	<b>27</b>
2.1	PROBANDEN .....	27
2.2	UNTERSUCHUNGSDESIGN .....	27
2.2.1	<i>Testablauf.....</i>	<i>27</i>
2.2.2	<i>Spieldesign .....</i>	<i>28</i>
2.3	UNTERSUCHUNGSINSTRUMENTE .....	29
2.3.1	<i>Messmittel .....</i>	<i>29</i>
2.3.2	<i>Messparameter.....</i>	<i>30</i>
2.4	AUSWERTUNG .....	31
<b>3</b>	<b>RESULTATE.....</b>	<b>32</b>
3.1	RELIABILITÄTSPRÜFUNG .....	32
3.1.1	<i>Mittelwertunterschiede.....</i>	<i>32</i>
3.1.2	<i>Intrapersonelle Belastungsvariabilität .....</i>	<i>36</i>
5.1	SPIELVERGLEICH (3 VS. 3 MIT 5 VS. 5 SSG) .....	42
5.1.1	<i>Belastungsvergleich von 3 vs. 3 mit 5 vs. 5 SSG.....</i>	<i>42</i>
5.1.2	<i>Reliabilitätsvergleich verschiedener Belastungsparameter von 3 vs. 3 mit 5 vs. 5 SSG.</i>	<i>44</i>
<b>6</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>45</b>
6.1	RELIABILITÄT DES 3 VS. 3 RESPEKTIVE 5 VS. 5 TESTDESIGN .....	45
6.1.1	<i>Mittelwertunterschiede.....</i>	<i>45</i>
6.1.2	<i>Variabilität.....</i>	<i>47</i>
6.2	UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEM 3 VS. 3 UND DEM 5 VS. 5 SSG.....	48
6.4	VERGLEICH DER RESULTATE MIT ERKENNTNISSEN AUS DER LITERATUR.....	49

6.4.1	<i>Anhand der Resultate aus der Reliabilitätsprüfung .....</i>	49
6.4.2	<i>Anhand der Resultate aus dem Spielvergleich .....</i>	50
6.5	SCHWACHPUNKTE DER FORSCHUNGSARBEIT .....	51
<b>7</b>	<b>KONKLUSION.....</b>	<b>53</b>
7.1	PRAKTISCHE RELEVANZ DER RESULTATE.....	53
7.2	FORSCHUNGSAUSBLICK.....	54
	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>55</b>
	<b>ANHANG .....</b>	<b>63</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Abhängigkeit der Spielfeldgrösse von der Anzahl Spieler	10
Abb. 2: Studiendesign und zeitlicher Verlauf	27
Abb. 3: Variabilität der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbelastung bei 3 vs. 3 SSG Test-Retest	37
Abb. 4: Variabilität der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbelastung bei 5 vs. 5 SSG Test-Retest	38
Abb. 5: Spielvergleich von 3 vs. 3 mit 5 vs. 5 SSG anhand der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbelastung	42
Abb. 6: Übersicht aller möglichen Faktoren, welche sich auf die Messfehler random error (Zufallsfehler) und sysematic error (Mittelwertunterschiede) auswirken.	46

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Geschwindigkeitseinteilung nach Di Salvo et al. (2009)	20
Tab. 2: Übersicht verwendeter Definitionsformen für hochintensive Aktivitäten im Fussball	20
Tab. 3: Spieldesign der SSG Formen	28
Tab. 4: Auflistung und Erklärung der Belastungsparameter	30
Tab. 5: Statistische Kenngrössen aus dem 3 vs. 3 SSG-Retest-Verfahren zur Interpretation der Mittelwertunterschiede	33
Tab. 6: Statistische Kenngrössen aus dem 5 vs. 5 SSG-Retest-Verfahren zur Interpretation der Mittelwertunterschiede	35
Tab. 7: Streuung der Belastungsintensität bei 3 vs. 3 und 5 vs. 5 SSG	39
Tab. 8: Reliabilitätsbeurteilung der SSG-Formen anhand des Variabilitätskoeffizienten und der Mittelwertunterschiede	41
Tab. 9: Übersicht der Statistische Kenngrössen im Spielvergleich 3 vs. 3 mit 5 vs. 5	43
Tab. 10: Vergleich der Variabilitätswerte mit vorhergehenden Reliabilitätsstudien anhand verschiedener Belastungsparameter	49
Tab. 11: Gegenüberstellung der Belastung vergleichbarer Studien anhand der zurückgelegten Distanz in [m] welche durchschnittlich während einer Spielminute zurückgelegt wird. Aufgezeigt anhand verschiedener Geschwindigkeitsparameter	50

## Zusammenfassung

Neue Messmittel erlauben es die physische Belastung, wie die zurückgelegte Distanz in verschiedenen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbereichen, während eines small-sided games (SSGs) zu erfassen. Bisher existierten keine spielnahen Leistungstests, welche der komplexen Leistungszusammensetzung im Fussball gerecht werden. Würde ein entsprechendes SSG reliable Testbedingungen bieten, könnte erstmals die Leistungsfähigkeit unter Einbezug der technischen und taktischen Fähigkeiten gemessen werden. Ziel dieser Arbeit ist, zwei verschiedene SSG-Formen bezüglich Reliabilität zu überprüfen, um in einem weiteren Schritt eine passende Spielform zu bestimmen, welche als spielnahe Leistungskontrolle eingesetzt werden kann.

Für die Untersuchungsmethode wurde ein 3 vs. 3 und ein 5 vs. 5 SSG gewählt und in einem Test-Retest-Verfahren auf die Reliabilitätskriterien Belastungsvariabilität und Reproduzierbarkeit geprüft. Insgesamt wurden zwanzig Probanden des U14-, U15- und U16-Kaders eines Schweizer Fussballclubs für die Untersuchung ausgewählt. Mittels local position measurement (LPM) System wurde die Belastung anhand verschiedener physischer Leistungsparameter gemessen. Die Resultate zeigen, dass die Gesamtdistanz wie auch Parameter, welche Aktivitäten mit einer tiefen Intensität erfassen, eine geringe Variabilität ( $TE\% < 10$ ) aufweisen. Je höher die Intensität des Leistungsparameters waren, desto höher waren auch die Messfehler – sprich der Variabilitätskoeffizient ( $TE\%$ ). Zwischen dem Test und dem Retest wurde bei beiden SSG-Formen eine Leistungsabnahme festgestellt, welche durch eine rückläufige Testmotivation begründet werden könnte.

Aufgrund der Erkenntnisse wird von Leistungsmessungen anhand eines 5 vs. 5 SSG abgeraten. Das 3 vs. 3 kann aufgrund der besseren Reproduzierbarkeit und einer geringeren Variabilität als Testform in Betracht gezogen werden. Die Messungenauigkeit der verschiedenen Leistungsparameter müssen jedoch bei der Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden. Soll die Reliabilität des SSG-Testdesigns beurteilt werden, sind weitere Forschungsanstrengungen notwendig, welche das Ausmass möglicher Leistungssteigerungen quantifizieren.

# 1 Einleitung

## 1.1 Einführung in das Thema

Die Leistung im Fussball hängt vom Zusammenspiel vieler verschiedener Faktoren ab. Technisches Können, physische Belastbarkeit und taktisches Verständnis sind die Hauptkomponenten der individuellen Leistung im Fussball (Dellal, Hill-Haas, Lago-Penas, & Chamari, 2011). Die hochintensiven Spielanteile, wie Sprints und schnelle Antritte gelten dabei als dominante Aktionen für das erfolgreiche Handeln im Spiel (Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000).

Diese komplexe Leistungszusammensetzung in einem Test zu messen ist schwierig. Die meisten Tests prüfen die Ausdauerleistung oder rein physische Leistung, wie die Geschwindigkeitsentwicklung bei geradlinigen Sprints und Agilität, anhand von Sprints mit vorgegebenen Richtungsänderungen. Tests, welche kognitive, physische und technische Komponenten beinhalten sind sehr rar (Sheppard & Young, 2006).

In den vergangenen Jahren wurde deshalb intensiv an der Entwicklung neuer Messmittel und Methoden zur Leistungsanalyse im Spportsport geforscht. Die videobasierte Technik der Bewegungsanalyse von Reilly & Thomas (1976) ermöglichte es erstmals die physische Belastung während eines Fussballspieles zu messen. Diese ursprüngliche Methode war jedoch sehr aufwändig und nur auf einzelne Spieler anwendbar. Dank verbesserten Programmen zur Videoanalyse, dem Einsatz von „global positioning system“ (GPS) oder „local position measurement“ (LPM) ist es heute problemlos möglich die physische Belastung mehrerer Spieler in Echtzeit und gleichzeitig zu erfassen (Carling, Bloomfield, Nelsen, & Reilly, 2008; Frencken, Lemmink, & Delleman, 2010).

Gregson et al. (2010) machten davon Gebrauch und untersuchten die physische Belastung während den Spielen in der englischen Premier League. Es wurde die Leistungscharakteristik mittels des elektronischen Spielerverfolgungssystems Prozone aufgezeichnet und anhand der hochintensiven Spielanteile ausgewertet. Dabei wurde eine sehr hohe Match-to-Match-Variabilität festgestellt. Es wird angenommen, dass diese hohe Variabilität durch Änderungen in der Spieltaktik, aufgrund variierender Gegnermannschaften, vom Spielstand oder auch von örtlichen



(Auswärts- oder Heimspielen) und zeitlichen (Meisterschaftsphase) Faktoren hervorgerufen wird.

Für die Leistungsdiagnostik bedeutet dies, dass eine sehr grosse Anzahl Spiele untersucht werden müsste, wenn anhand eines 11 vs. 11 Fussballspiels die Leistungsfähigkeit oder die Leistungsentwicklung eines Spielers bestimmt werden soll. Von Leistungstests während Direktbegegnungen ist demnach abzuraten.

Small Sided Games (SSGs) als gut untersuchte Trainingsmethode könnte hier Abhilfe schaffen. Mittels angepasster Feldgrösse, reduzierter Anzahl Spieler und Regelanpassungen lässt sich die Intensität des Spieles gut steuern (Aguiar, Botelho, Lago, Maças, & Sampaio, 2012). Ebenfalls konnten verschiedene Autoren eine gute Reproduzierbarkeit der physiologischen und psychischen Belastung, gemessen anhand der Herzfrequenz (HF) und dem Belastungsempfinden (RPE), aufzeigen (Hill-Haas, Coutts, Dawson, & Rowsell, 2010; Little & Williams, 2007).

Unklar ist noch wie reliabel die physische Belastung ist. Gerade bei hochintensiven Spielanteilen weisen die Ergebnisse aus dem Test-Retest Verfahren von Hill-Haas et al. (2008) eine hohe Variabilität auf. Dafür gibt es verschiedene Erklärungsansätze. Einerseits legen neue Erkenntnisse aus dem Beschleunigungsprofil von Fussballspielern nahe, dass die bis anhin verwendete Leistungseinteilung in verschiedene Geschwindigkeitszonen ohne Miteinbezug des Beschleunigungsverhaltens keine ausreichende Erfassung hochintensiver Spielanteile erlaubt (Varley & Aughey, 2013). Andererseits wird die hohe Variabilität auf die niedrige Abtastrate<sup>1</sup> (1Hz) des GPS Gerätes zurückgeführt (Hill-Haas et al., 2008).

Local position measurement (LPM) verfügt über eine Abtastrate von 1000 Hertz, dividiert durch die Anzahl Träger. Laut einer Studie von Frencken et al. (2010) gilt das LPM in der Erfassung von Positions-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten als sehr genau und somit als valides Messsystem für die Spielerverfolgung im Fussball.

Es wäre möglich, dass mit dieser technischen Erneuerung die physische Belastung von SSGs reliabel gemessen werden könnte.

Wenn bewiesen werden kann, dass eine SSG-Form reliabel genug ist, um das Leistungsniveau eines Spielers zu beurteilen oder dessen Leistungsentwicklung zu

---

<sup>1</sup> Frequenz mit welcher die Positionsdaten abgespeichert werden

überprüfen, wäre es möglich die physische Leistung mit Einbezug von technischen und taktischen Komponenten zu testen.

Um die Reliabilität zu garantieren dürfen laut Hopkins (2000) bei einem SSG-Test-Retest ohne Trainingsintervention keine systematische Fehler, welche aufgrund von Lerneffekten, Motivationsänderungen oder Unterschieden bei der Spielerinstruktion hervorgerufen werden, auftreten. Ebenfalls darf der Zufallsfehler nicht zu hoch sein. Sprich die intrapersonellen Belastungswerte dürften nicht zu stark variieren. Sind die tagesformbedingten Leistungsschwankungen der Athleten zu hoch, fällt es schwer deren Leistungsveränderungen zu erkennen, welche durch das Training hervorgerufen werden.

## 1.2 Forschungsstand

Um SSGs als Testmethode zu etablieren muss sie laut Weineck (2007, p. 77) valide, objektiv und reliabel sein. Ebenfalls sollte beachtet werden, dass Aufwand und Nutzen der Testform in einem angemessenen Verhältnis stehen.

Dazu wird im Abschnitt 1.2.1 die offizielle Wettkampfform (Spiel 11 vs. 11) mit SSGs bezüglich der Eignung als Methode für physische Leistungstests verglichen.

Anschliessend wird im Abschnitt 1.2.2 das aktuelle Wissen über SSGs zusammengetragen. Es werden dabei alle Faktoren beschrieben, welche die Intensität von SSGs beeinflussen und daraus eine Empfehlung für eine geeignete SSG-Testform abgegeben.

Im Abschnitt 1.2.3 wird auf den aktuellen Forschungsstand der Messmittel eingegangen. Die Messparameter, welche die physische, physiologische und psychische Belastung quantifizieren, werden anschliessend im Abschnitt 1.2.4 diskutiert.

Im Abschnitt 1.2.5 werden bereits vorhandene Reliabilitätsstudien von SSGs vorgestellt.

Diese Aufbereitung des Forschungsstandes soll helfen, geeignete Testformen zu finden und optimale Messmittel und Messparameter für die Leistungsmessungen zu definieren.

### 1.2.1 Vergleich der Wettkampfform (11 vs. 11) und SSGs bezüglich der Eignung als Leistungstests

Bewegungen in einem Fussballspiel werden als stochastisch, azyklisch, intermittierend beschrieben und variieren von Match zu Match (Varley & Aughey, 2013; Wragg, Maxwell, & Doust, 2000). Rienzi et al. (2000) fanden heraus, dass Fussballspieler während eines Spieles durchschnittlich 1431 unterschiedliche Aktionen durchführen, die im Schnitt alle vier Sekunden wechseln.

SSGs werden diesem offenen Spielcharakter ebenfalls gerecht. Trotz Anpassungen der Spielzeit, Spieleranzahl, Feldgrösse und Regeln verlangen sie technisches Geschick und taktisches Verständnis der Spieler (Owen, Wong, McKenna, & Dellal, 2011).

Dellal et al. (2011 a) konnten aufzeigen, dass SSGs die Spieler in einer vergleichbaren Weise wie ein offizielles Meisterschaftsspiel (11 vs. 11) belasten. Mehr noch kann durch ein geeignetes Spieldesign die Intensität so gesteuert werden, dass hochintensive Spielanteile vermehrt eintreten. Matchentscheidende Belastungsformen können dadurch auf eine wesentlich kürzere Zeit verdichtet werden.

Hinzu kommt, dass im Trainingsbetrieb selten zwei vollzählige Mannschaften anwesend sind. Gerade in der Trainingsphase vor der Meisterschaft ist eine Leistungsbeurteilung sehr wichtig. Während dieser Zeit finden oft keine oder nur eine ungenügende Anzahl 11 vs. 11 Spiele statt. Deshalb würde es schwierig werden, regelmässig Testspiele durchzuführen.

Ein weiterer Nachteil von Leistungstests anhand 11 vs. 11 Fussballspielen wird in der Studie von Gregson et al. (2010) aufgezeigt. Darin wurde die physische Belastung bei englischen Meisterschaftsspielen analysiert, wobei besonders auf die hochintensiven Spielanteile geachtet wurde. Die Resultate zeigen, dass eine hohe Match-to-Match Variabilität besteht. Das bedeutet, dass eine sehr grosse Anzahl Spiele untersucht werden müsste, wenn anhand eines 11 vs. 11 Fussballspieles die Leistungsfähigkeit eines Spielers bestimmt werden soll.

Eine Leistungsbeurteilung anhand von Meisterschaftsspielen wäre deshalb ein enormer Zeitaufwand. Es müssten sehr grosse Datenmengen über eine lange Zeit gesammelt und ausgewertet werden. Laut einer Aussage von Warren Gregson an der World Conference on science and Soccer (2012) müssten durchschnittlich 13 Spiele analysiert werden, um ein aussagekräftiges Ergebnis über die Spielleistung eines Spielers zu erhalten. Dabei variiert diese Zahl je nach Geschwindigkeitsparameter. Für die Beurteilung der Sprintleistung wären 13 bis 27 Spielanalysen nötig, wobei bei Joggen, Running und High-speed running zwischen 6 und 13 Spiele ausreichen würden.

Es wird angenommen, dass Änderungen in der Spieltaktik zu dieser hohen Variabilität führen. Ebenfalls können unterschiedliche Gegebenheiten wie Auswärts- oder Heimspiel oder auch die Mannschaftsentwicklung während der Meisterschaft Gründe für die unterschiedliche physische Belastung sein (Gregson et al., 2010).

SSGs können einen Grossteil dieser Störfaktoren ausblenden. Sie ermöglichen es, mit gleichbleibenden Mannschaften und Gegenspielern Leistungstests durchzuführen. Das heisst, dass immer dieselben Teams aufeinander treffen, welche

auch dieselben taktischen und technischen Stützen erhalten sowie dieselben Trainings absolviert haben.

Ebenfalls könnten taktische Anpassungen, welche aufgrund von einer technischen Über- oder Unterlegenheit einer Mannschaft gemacht werden, durch eine entsprechende Mannschaftseinteilung abgeschwächt werden, indem der Trainer die Mannschaften anhand der physischen, technischen und taktischen Leistungseinschätzung entsprechend zusammenstellt.

Weiter erlauben es SSGs Spielsituationen ohne Veränderungen der örtlichen und zeitlichen Bedingungen zu schaffen.

Verschiedene Autoren konnten belegen, dass die Variabilität der physiologischen und psychischen Belastung, gemessen anhand der Herzfrequenz (HF) und dem Belastungsempfinden (RPE), durch ein entsprechendes Spieldesign verringert werden kann. Durch die Wahl der Mannschafts- und Feldgrösse, der Regeln und durch Coach encouragement kann die Intensität gesteuert werden. Dabei hat sich gezeigt, dass sich SSGs mit hoher Intensität besser reproduzieren lassen (Hill-Haas et al., 2010; Little & Williams, 2007).

SSGs haben auch Nachteile gegenüber dem Spiel 11 vs. 11. Eine Studie von Hill-Haas (2009 a) zeigt, dass sich durch die verringerten Platzverhältnisse die Laufwege verändern. Einzelne Sprints oder schnelle Läufe werden kürzer. Infolge dessen erreichen die Spieler seltener hohe Laufgeschwindigkeiten.

Kleine Mannschaftsgrössen und Spielfelder haben ebenfalls Auswirkungen auf die taktischen Anforderungen. Die Vielfalt der möglichen Spielzüge ist bei SSGs kleiner. Zusätzlich werden andere Beobachtungsstrategien verwendet, welche als eine der Hauptkomponenten des taktischen Handelns gezählt wird (Bisanz & Gerisch, 2008; Williams, 2000).

Das ist jedoch nicht nur als Nachteil zu sehen. Aus einer Studie von Varley & Aughey (2013) geht hervor, dass das Beschleunigungsverhalten von der Spielposition abhängt. Durch entsprechende Regeländerungen kann so dem Auftreten von interindividuellen Unterschieden entgegengewirkt werden. Nimmt man ein quadratisches Spielfeld und spielt ohne Tore (Ballhalten) wird demnach keine Spielrichtung vorgegeben. Das bewirkt, dass positionsspezifische Aufgaben wenig Sinn machen. Alle Spieler haben dadurch dieselben Aufgaben, was ein Leistungsvergleich zwischen den Spieler legitimiert.

Das Fazit aus dem Vergleich von SSGs mit der Wettkampfform 11 vs. 11 ist, dass SSGs für Leistungstests besser geeignet sind als die offizielle Spielform 11 vs. 11. Sie schränken zwar die taktischen Möglichkeiten ein, würden aber, dank des geringeren personellen und zeitlichen Aufwandes, kontinuierliche Leistungstests im Trainingsbetrieb ermöglichen. Neben dem intrapersonellen Leistungsvergleich würden sie es auch erlauben, Spieler mit unterschiedlichen Spielpositionen zu vergleichen. Die physiologische Belastung von SSGs kann konstant gehalten werden. Unklar ist lediglich, wie reliabel die physische Belastung während SSGs ist.

### 1.2.2 Einflussfaktoren auf das Spielverhalten und die Intensität von SSGs

Zahlreiche Studien untersuchten bisher, welche Faktoren die Intensität und das technische Verhalten von SSGs beeinflussen. Feldgrösse, Anzahl Spieler, Spielzeit (kontinuierlich vs. intermittierend), Regelanpassungen, Coach encouragement und Spiel mit oder ohne Tor gehören zu diesen Variablen. Grob zusammengefasst lässt sich laut Hill-Haas et al. (2011) folgendes sagen:

- Die Intensität steigt bei zunehmenden Platzverhältnissen.
- Die Intensität sinkt bei zunehmender Anzahl Spieler.
- Die meisten Regeländerungen zeigen keine signifikanten Änderungen der Intensität.
- Die Intensität kann durch coach encouragement gesteigert werden.
- Die Intensität variiert weniger bei SSGs mit einer geringen Spieleranzahl als bei SSGs mit einer hohen Spieleranzahl.

Solche generalisierten Aussagen lassen sich allerdings nur mit Vorbehalt machen. Sie sind nicht in allen Situationen zutreffend. Aufgrund der schweren Vergleichbarkeit und gegensätzlichen Aussagen diverser Studien müssen die einzelnen Faktoren und auch deren gegenseitige Abhängigkeiten genauer betrachtet werden.

#### Spielfeldgrösse

Die Spielfeldgrösse kann entweder in einer effektiven oder relativen Grössenangabe definiert werden. Die effektive Grösse gibt Auskunft über die Länge und Breite des Spielfeldes, ungeachtet dessen wie viele Spieler darauf spielen. Die relative Grösse bezieht sich auf das Platzverhältnis pro Spieler, wenn die effektive Spielfeldgrösse durch die Anzahl Spieler geteilt wird (siehe Abbildung 1).

Rampini et al. (2007 b) sowie Casamichana et Castellano (2010) veränderten absolute Grösse des Spielfeldes bei gleichbleibender Anzahl Spieler und untersuchten die physiologischen Werte der Spieler. Die Resultate zeigen, dass die Herzfrequenz, die Blutlaktatwerte (siehe Seite 17) und das Belastungsempfinden bei zunehmender Feldgrösse ansteigen.

Weitere Studien, welchen die physiologischen Belastung bei veränderter Spielfeldgrösse untersuchten, jedoch gleichzeitig auch die Spieler-Anzahl veränderten, kamen auf dieselben Ergebnisse (Jones & Drust, 2007; Little & Williams, 2007; Owen, Twist, & Ford, 2004).

Welche Auswirkung die Spielfeldgrösse auf das technische Verhalten hat, wurde ebenfalls in mehreren Studien geprüft – allerdings ohne übereinstimmende Resultate. Einige Untersuchungen konnten keine Unterschiede im technischen Verhalten finden (Kelly & Drust, 2009; Owen et al., 2004), andere zeigen auf, dass die Frequenz der technischen Aktionen zunimmt je kleiner das Feld ist (Casamichana & Castellano, 2010).

### Spieleranzahl

Das verändern der Spieleranzahl hat sehr komplexe und vielfältige Auswirkungen. Es verändert das technische und taktische Spielverhalten und beeinflusst die Intensität. Zahlreiche Studien haben bisher die Auswirkung auf die Intensität von SSGs erforscht. Ein Grossteil der Studien konnte ein Anstieg der Intensität bei abnehmender Spieleranzahl feststellen (Hill-Haas, Rowsell, Dawson, & Coutts, 2009 b; Katis & Kellis, 2009; A. Owen et al., 2004). Es ist jedoch sehr schwierig die verschiedenen Studien zu vergleichen, da die Veränderungen der Spieleranzahl mit einer Variation der relativen oder der absoluten Feldgrösse einhergehen (siehe Abbildung 1).

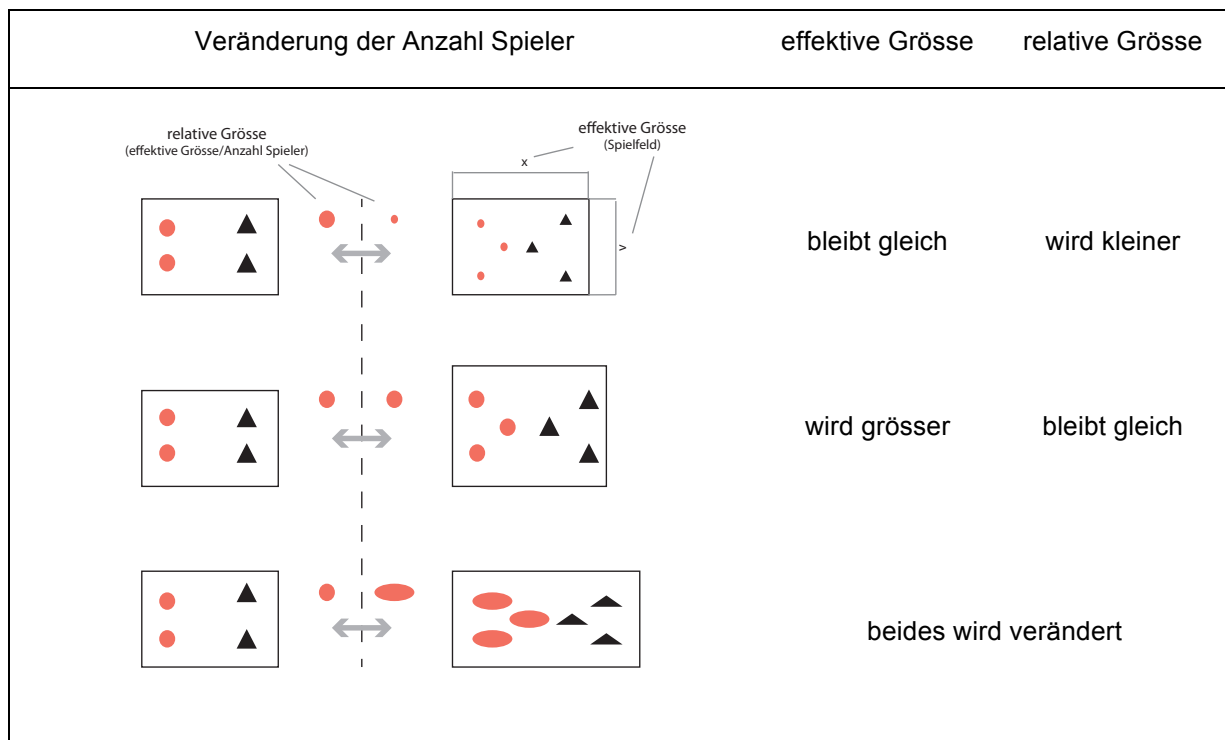


Abb. 1: Abhängigkeit der Spielfeldgrösse von der Anzahl Spieler

Die meisten Studien schenken diesem Effekt wenig Beachtung und erhöhten Spieleranzahl und Feldgrösse ohne die relative Spielfeldgrösse zu beachten. In diesem Fall bleibt weder die relative noch die absolute Feldgrösse konstant (Dellal et al., 2008; Jones & Drust, 2007; Katis & Kellis, 2009; Little & Williams, 2007; Rampinini et al., 2007 b).

Das birgt die Gefahr, dass nicht klar differenziert werden kann, ob die Feldgrösse oder die Spieleranzahl ausschlaggebend für eine Veränderung der Spielintensität ist. Hill-Haas et al. (2009 b) versuchten dieser Verzerrung entgegenzuhalten, indem die relativen Platzanteile der Spieler konstant gehalten wurden. Das Ergebnis war wiederum eine Intensitätssteigerung bei abnehmender Spieleranzahl.

#### technische Aktionen

Bisherige Versuche zeigen, dass sich die Spieleranzahl auf das taktische Verhalten beziehungsweise die technischen Aktionen auswirkt. Mehrheitlich wurde festgestellt, dass bei minimierter Spieleranzahl weniger Kopfbälle, Ballbesitzwechsel, Pässe und Ballannahmen vorkommen. Gleichzeitig wirkt sich die Spielerreduktion durch vermehrte Dribblings, Schüsse und Tacklings aus (Casamichana & Castellano, 2010; Katis & Kellis, 2009).

Owen et al. (2011) untersuchten in einer Studie wie sich das Verändern der Spieleranzahl auf die Herzfrequenz und auf die technischen Aktionen auswirkt. Sie zeigt auf, dass das Hinzufügen zusätzlicher Spieler in einer Verringerung der



Herzfrequenz und einem Anstieg der gesamthaft ausgeführten technischen Aktionen resultieren. Betrachtet man jedoch einzelne Spieler, nimmt die Anzahl technischer Aktionen bei steigender Spieleranzahl ab.

#### *taktisches Verhalten*

Inwiefern die Spieleranzahl das taktische Verhalten bei SSGs beeinflusst, ist sehr schwer messbar und deshalb noch weitgehend unerforscht.

Der Einteilung nach Roth (1989, p. 9) zufolge, ist die Spieleranzahl bereits bei der Definition von Taktik entscheidend. Es wird zwischen Einzel-, Gruppen- und Mannschaftstaktik unterschieden. Dabei bezieht sich der Begriff Einzeltaktik auf eine Grundsituation (1 vs. 1 bzw. 1 vs. X) wobei ohne Miteinbezug der Mitspieler Entscheidungen gefällt werden. Sind Mehrere Spieler an einer Aktion beteiligt, spricht Roth von Gruppentaktik. Als Beispiel im Fussball sind Doppelpässe oder bestimmte Spielzüge in Kleingruppen (Bsp. 3 vs. 3) gemeint. Die Mannschaftstaktik beschreibt Massnahmen, welche alle Mitspielenden mit einschliesst. Das Zurückziehen aller Spieler für eine verstärkte Defensivarbeit wäre ein Beispiel dafür. Daraus ist abzuleiten, dass die taktischen Anforderungen an die Spieler bei abnehmender Spieleranzahl sinken, beziehungsweise auf einzel- und gruppentaktische Massnahmen reduziert werden.

Auch die Erkenntnis von Williams et al. (2000) legt nahe, dass taktisches Verhalten von der Spieleranzahl abhängt. Sie fanden heraus, dass in Abhängigkeit davon, ob das gesamte Spiel (11 vs. 11) oder nur kleine Spielsituationen (1 vs. 1 bis 3 vs. 3) betrachtet werden, die Spieler andere Beobachtungsstrategien wählen.

Diese Wahrnehmung wird von Bisanz und Gerisch (2008, p. 380) als eine der Hauptphasen des taktischen Handelns beschrieben. Somit kann davon ausgegangen werden, dass bei abnehmender Spieleranzahl auch die taktischen Anforderungen sinken.

## Spieldauer und Verhältnis von Belastungs- und Erholungszeit

Diverse Studien untersuchten bereits die Auswirkungen von Spieldauer und das Verhältnis von Belastungs- und Erholungszeit bei SSGs. Dabei wurden bei einem Grossteil der Studien intermittierende Trainingsformen mit kurzen Pausenzeiten untersucht.

Franchini et al. (2011) erforschten wie sich die Belastungszeiten von 2, 4, und 6 Minuten bei intermittierendem Spielverlauf auf die Intensität und das technische Verhalten auswirken, wenn mit drei Feldspielern pro Mannschaft gespielt wird. Die Resultate zeigen ein Anstieg des RPE und ein verminderter Herzschlag, wenn die Belastungszeit von vier auf sechs Minuten verlängert wird. Die These, dass die Intensität mit abnehmender Spielzeit zunimmt, konnte jedoch nicht bestätigt werden. Ebenfalls sind keine Veränderungen im technischen Verhalten eingetreten, wenn die Belastungszeit verlängert wurde.

Hill-Haas et al. (2009 b) hatten eine intermittierende mit einer kontinuierlichen Spielform verglichen. Die zurückgelegte Distanz beim Gehen, Joggen oder Laufen (<13km/h) unterscheidet sich nicht signifikant wenn intermittierende und kontinuierliche Spielverläufe verglichen werden. Jedoch werden unter intermittierenden Konditionen deutlich mehr Aktionen in moderatem (13-17.9 km/h) bis sehr schnellem Tempo (>18 km/h) absolviert. Auch die Anzahl an Sprints nimmt zu. Im Gegensatz dazu war die Herzfrequenz bei kontinuierlichem Spielverlauf höher.

Dellal et al. (2012) untersuchten ebenfalls die Belastung von SSGs mit intermittierendem Spielverlauf. Die zurückgelegte Distanz bei hochintensiver Belastung und die technischen Aktionen nahmen bei zunehmender Anzahl Spielwiederholungen ab. Die Ausprägung der Leistungsabnahme ist abhängig von der Spieleranzahl, wobei sie bei geringer Spieleranzahl grösser ausfällt.

## Regelanpassungen

Regelanpassungen sollen helfen die Intensität von SSGs zu steigern oder spezifische technische und taktische Fähigkeiten zu trainieren. Häufig werden die Anzahl Ballkontakte limitiert, Manndeckung als Defensivregel vorgegeben oder Offensivregeln abgeändert, dass ein Torerfolg nur möglich ist, wenn sich alle Spieler der angreifenden Mannschaft im vorderen Spieldrittel befinden.

Bisher untersuchten nur wenige Studien wie sich Regeländerungen auf das Spielverhalten bei SSGs auswirkt. Die einzige Studie welche die Laufcharakteristik bei Regeländerungen untersuchte stammt von Mallo and Navarro (2008). Verglichen mit normalen Spielregeln erhöhte sich die Intensität, wenn die Mannschaft versuchen musste möglichst lange in Ballbesitz zu bleiben, ohne Tore zu erzielen.

### Torhüter

Wie sich die Präsenz eines Torhüters auf SSGs auswirkt ist noch unklar. Mallo und Navarro (2008) konnten mit ihrer Studie nachweisen, dass die Intensität bei SSGs mit drei Feldspielern pro Team zunimmt, wenn ohne Torhüter gespielt wird.

In einer ähnlichen Untersuchung von Delall et al. (2008) wurde genau das Gegenteil festgestellt. In dieser Untersuchung hatte die Anwesenheit von Torhütern bei SSGs mit acht Feldspielern pro Mannschaft eine Intensitätssteigerung zur Folge. Diese Intensitätssteigerung war beim Spiel vier gegen vier allerdings nicht messbar. Somit ist anzunehmen, dass eine Abhängigkeit zwischen Spieleranzahl und dem Einfluss vom Torwart auf die Spielintensität besteht.

### Empfehlungen für ein geeignetes Testformat

Aus diesen Erkenntnissen werden zwei verschiedene SSG-Formate als Testspiele empfohlen. Einerseits ein Spiel 3 vs. 3, das eine sehr hohe Intensität garantiert jedoch verringerte taktische Anforderungen stellt. Andererseits ein Spiel 5 vs. 5 welches eine geringere Belastung hervorruft, jedoch ein höheres taktisches Verständnis erfordert. Für beide Testformen wird ein intermittierender Spielverlauf bei dem ohne Tore gespielt wird empfohlen. Ebenfalls wird geraten auf einer gleichbleibenden relativen Feldgrösse von 100m<sup>2</sup>/ Spieler zu spielen.

### 1.2.3 Messmittel

Hochintensive Aktionen im Fussball dauern oft weniger als zwei Sekunden und verlaufen meist nicht linear (Bangsbo, Nørregaard, & Thorsø, 1991). Verschiedene Studien haben jedoch aufgezeigt, dass gerade diese hochintensiven Bewegungen (kurze Sprints <1sec., Beschleunigungen bei niedriger Geschwindigkeit und schnell ausgeführte Richtungswechsel) mit den gängigen Messmethoden, noch schlecht erfasst werden können (Barbero-Alvarez, Coutts, Granda & Castagna, 2010; Coutts & Duffield, 2010; Edgecomb & Norton, 2006).

Da jedoch gerade diese hochintensiven Bewegungen der Spieler für die Leistungsdiagnostik von Bedeutung sind, werden die Messmittel und deren Validität unter diesem Aspekt nochmals genauer betrachtet

#### Pulsuhr

**Herzfrequenzmessung** wird oft genutzt um die Intensität von Spielen oder Trainingseinheiten zu messen. Diese Technologie vermag Intensitäten in Echtzeit wiederzugeben, ist einfach und ortsunabhängig einsetzbar und vergleichsweise sehr kostengünstig (Achten & Jeukendrup, 2003; Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2006). Verschiedene Studien belegen, dass die Herzfrequenz als valider Indikator für die Belastung im Fussball herangezogen werden kann (Drust, Reilly, & Cable, 2000; Esposito et al., 2004; Hoff, Wisløff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002).

Aus der Studie von Esposito et al. (2004) geht hervor, dass es sogar möglich ist, die Sauerstoffaufnahme anhand der Herzfrequenz der Fussballspieler zu bestimmen.

Dennoch – laut Achten und Jeukendrup (2003) vermögen verschiedene Faktoren die Herzfrequenz zu beeinflussen und die damit verbundene Annahme über die Spielintensität zu verfälschen. Alter, Körpergrösse, Trainingszustand wie auch psychischer Druck und Gefühlszustände können den Herzschlag erhöhen oder senken. Weiter können äussere Einflüsse wie, Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder die Nährstoff- und Flüssigkeitsaufnahme für Herzfrequenzänderungen ausschlaggebend sein.

Hinzu kommt, dass die Herzfrequenzadaption bei einem Belastungswechsel leicht verzögert eintritt. Einzelne kurze Sprints, welche durch eine anaerobe Energiebereitstellung gedeckt werden, zeigen keine unmittelbare

Herzfrequenzadaption und sind deshalb anhand der Herzfrequenz schwer zu erkennen (Glaister, 2005).

#### RPE (Borg-Skala)

Das Anstrengungsempfinden (RPE) wird mittels der Borg-Skala ermittelt. Sie ist eine preiswerte und zuverlässige Messgrösse, welche gut verständliche Hinweise zur Belastungsintensität liefert.

Die Untersuchung von Borg (1998) zeigt, dass das Belastungsempfinden bei wiederholten Trainings nur minime Abweichungen aufweist (Variationskoeffizient von 4-8 %) und sehr gut mit der tatsächlichen Belastung übereinstimmt ( $r = 0,91-0,92$ ). Zudem konnten verschiedene Autoren eine enge Korrelation zwischen RPE und physiologischen Messgrössen wie der Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und der Atemfrequenz während der Belastung feststellen (Borg, 1998; Coutts & Duffield, 2010; Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna, & Impellizzeri, 2009).

Coutts et al. (2009), welche das Belastungsempfinden in verschiedenen SSGs über eine gesamte Meisterschaftssaison untersuchten, beschreiben die RPE 10 Skala als ein valides Messinstrument zur Analyse der globalen Belastungsintensität im Fussball.

#### Global positioning system (GPS)

**GPS** hat das Potential umfangreiche Daten über die Bewegung von Spielern vollautomatisch zur Verfügung zu stellen. Bereits einige Studien untersuchten die Reliabilität und die Validität der GPS-Technologie im Bereich der Bewegungsanalyse von Teamsportarten (Achten & Jeukendrup, 2003; Coutts & Duffield, 2010; Jennings, Cormack, Coutts, Boyd, & Aughey, 2010; Petersen, Pyne, Portus, & Dawson, 2009; Portas, Harley, Barnes, & Rush, 2010). Die Untersuchungen zeigen, dass die Messgenauigkeit bei zunehmender Laufdistanz zunimmt, jedoch bei Erhöhung der Laufgeschwindigkeiten rapide abfällt. Kurze, hochintensive Sprints sowie Geschwindigkeitsänderungen über kurze Distanzen (<20m) vermögen herkömmliche Geräte nicht ausreichend genau zu messen (Jennings et al., 2010).

Die meisten der untersuchten Geräte arbeiten mit einer Abtastfrequenz von 1Hz. Der Vergleich von GPS-Geräten mit unterschiedlicher Abtastfrequenz zeigt, dass eine höhere Abtastfrequenz die Messgenauigkeit verbessert (Castellano, Casamichana, Calleja-González, San Román, & Ostojic, 2011; Jennings et al., 2010; MacLeod, Morris, Nevill, & Sunderland, 2009; Portas et al., 2010).

## Videoobservation

Dank intensiver Forschung hat sich die Technik der **Videoobservation** in den letzten Jahren stark weiterentwickelt. Anfänglich manuell ausgeführte Videonotationssysteme (Reilly & Thomas, 1976) wurden durch computerbasierte Notationssysteme abgelöst (O'Donoghue & Tenga, 2001). Mittlerweile gibt es semi- und vollautomatische „player-tracking“-Systeme, die ohne oder mit minimalem personellen Aufwand Laufwege aufzeichnen können (Carling, Reilly, & Williams, 2009; Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust, 2009; 2006).

In der 2012 erschienen Validierungsstudie von Redwood-Brown konnte bewiesen werden, dass das Videoobservationssystem *Ventrack<sup>TM</sup>* Spielerbewegungen zuverlässig und genau messen kann. Die Validierung wurde anhand des Vergleiches verschiedener fußballspezifischer Bewegungen gemacht. Dabei wurden die Geschwindigkeitsdaten mit denen einer Lichtschrankenmessung, sowie die zurückgelegte Distanz mit dem ausgemessenen Parcours, verglichen. Erstmals konnten auch kurze hochintensive Sprints mit Richtungswechsel reliabel gemessen werden (Redwood-Brown, Cranton, & Sunderland, 2012).

## Local position measurement (LPM)

Auch das **LPM-System** bietet eine hohe Messgenauigkeit bei Positions- und Geschwindigkeitsdaten. Dies ist gleichwohl bei statischen, wie auch bei dynamischen Konditionen der Fall. Somit bietet sich das LPM als valides Messsystem für Spielertracking in Teamsportarten an. Dies konnte Frenken et al. (2010) in einer ähnlichen Validierungsstudie belegen. Positionsdaten von Spielern können mit einem sehr geringen Messfehler von 2-3 cm gemessen werden. Zurückgelegte Distanzen werden durch das LPM leicht unterschätzt. Die durchschnittliche Differenz beträgt - 1.6%. Diese Messungenauigkeit nimmt mit zunehmendem Tempo und Winkel der Richtungsänderung zu. So liegt der Variationskoeffizient der Distanzmessung bei gehender Fortbewegung ohne Richtungswechsel bei 0.4% und bei Sprints mit verschiedenen Richtungswechseln bei 1.7%.

Diese Unterschätzung der Distanzen liegt jedoch weit unter dem durchschnittlichen Messfehler des GPS (5.8%) und älteren Video- Trackingsystemen (4.8%) (Coutts et al., 2009; Edgecomb & Norton, 2006).

Die Studie von Frenken et al. (2010) belegt, dass Geschwindigkeiten durch das LPM ebenfalls sehr valide erfasst werden. Die gemessene Geschwindigkeit korreliert stark

( $r = 0.71-0.91$ ) mit der tatsächlichen Geschwindigkeit, wobei das LPM die Geschwindigkeit leicht unterschätzt. Die Differenz liegt zwischen  $-0.1 \text{ km/h}$  ( $-1.3\%$ ) und  $-0.6 \text{ km/h}$  ( $-3.9\%$ ). Der Standardfehler steigt mit zunehmender Geschwindigkeit an. So liegt der Variationskoeffizient beim Gehen bei  $1.4 - 1.6\%$  und beim Sprinten  $1.8 - 2.3\%$ .

Als Grund für die Abweichungen zwischen der Lichtschrankennmessung (Vergleichswert) und dem LPM vermutet man die sich verändernde Körperhaltung während der Bewegung. Dabei verschiebt sich der, zwischen den Schulterblättern befestigte Sender gegenüber den Füßen, was zu dem erwähnten Messfehler führt.

#### 1.2.4 Messparameter

Dieser Abschnitt soll Aufschluss über die physiologischen, physischen und die psychischen Parameter geben, welche die körperliche Belastung von SSGs quantifizieren können.

##### physiologische und psychische Belastungsparameter

Wird die **Herzfrequenz** für Intensitätsvergleiche zwischen mehreren Spielern genutzt, muss beachtet werden, dass die relative Herzfrequenz (als Prozentsatz der maximal möglichen Pulsfrequenz) verwendet wird. Die absolute Herzfrequenz sollte nur für intrapersonelle Vergleiche verwendet werden.

Die **Blutlaktatkonzentration** wird oft als Indikator für die Belastungsintensität herangezogen. Es wird davon ausgegangen, dass sich das Laktat während der Belastung im Fussball immer weiter anhäuft und sich anhand der Laktatkonzentration die Gesamtbelastung ablesen lässt. Allerdings gilt die Blutlaktatkonzentration während eines Fussballspieles nur als schwacher Indikator für die Laktatanhäufung in der Muskulatur und ist deshalb kein verlässlicher Wert zur Bestimmung der Sprintleistung (Krustrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006).

In der Anwendung sind verschiedene Skalen für die **Belastungseinschätzung** gebräuchlich. Die Borg 6-20 Skala, Borg CR10 (Category Ratio) Skala und Borg centiMax (CR100) Skala (E. Borg & Borg, 2002; 1998).

RPE vermag allerdings nur die allgemeine Belastung zu beschreiben. Ob es sich dabei um hochintensive intermittierende Bewegungen oder eine kontinuierliche Ausdauerbelastung handelt kann anhand des RPE nicht bestimmt werden.

Dank zusätzlicher Messdaten von einem GPS-System wurde in der Studie von Hill-Haas et al. (2009 b) festgestellt, dass die physiologische Belastung der Spieler nicht mit der physischen Belastung korreliert. Die Herzfrequenz, Laktatmessungen und das Belastungsempfinden zeigten beim 2 vs. 2 die höchsten Werte. Dieser Intensitätsanstieg konnte jedoch nicht durch die GPS-Daten gestützt werden. Die Anzahl Sprints und die zurückgelegten Distanzen waren beim Spiel 4 vs. 4 höher. Diese Abweichung wird auf die zunehmende absolute Spielfeldgrösse und die damit



zunehmenden Sprintdistanzen zurückgeführt. Als weitere mögliche Erklärung für die Diskrepanz von physiologischen und physischen Belastungswerten wird die Ungenauigkeit des GPS-Systems erwähnt. Gerade kurze Sprints und Richtungswechsel, welche bei kleinen Spielformaten häufig vorkommen, sind schwer zu erfassen.

Um also ein genaues Bild von der Auswirkung der Spieleranzahl und den Platzverhältnissen auf SSGs zu erhalten, ist es wichtig, den Laufcharakter der Spieler ebenfalls zu untersuchen.

#### physische Belastungsparameter

Die physische Belastung im Fussball kann durch die Geschwindigkeit oder durch die Beschleunigung quantifiziert werden. Als Parameter dienen dazu die Distanz, die Zeit oder die Anzahl ausgeführter Bewegungen innerhalb einer definierten Bewegungsform. In der Literatur sind viele solcher Bewegungsklassifikationen zu finden. Sie geben Aufschluss über den Laufcharakter der Spieler.

Die Bewegungsklassifikation anhand der **Geschwindigkeiten** wie sie in Tabelle 1 dargestellt wird, hat sich bereits für die Bewegungsanalyse in verschiedenen Studien bewährt (Di Salvo et al., 2009; Gregson et al., 2010; Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007 b). Dabei werden folgende lokomotorische Bewegungsmuster unterschieden: Stehen (0-0.7km/h), Gehen (0.7-7.2km/h), Joggen (7.2-14.4 km/h), Laufen (14.4-18.8km/h), schnelles Laufen (19.8-25.8km/h) und Sprinten (>25km/h).

Als häufigste Einheit zur Auswertung dient die zurückgelegte Distanz innerhalb der definierten Geschwindigkeitszonen. Meist werden noch die Anzahl Sprints oder Anzahl schneller Läufe hinzugezogen. Sie sind durch die Anzahl Bewegungen definiert, welche die 25km/h, respektive die 19.8km/h Marke während mindestens 0.5 Sekunden überschreiten (Di Salvo et al., 2009).

Tab. 1: Geschwindigkeitseinteilung nach Di Salvo et al. (2009)

Bewegung	Geschwindigkeitszone	
	von (km/h)	bis (km/h)
Standing	0	0.7
Walking	0.7	7.2
Jogging	7.2	14.4
Running	14.4	19.8
High speed running	19.8	25.2
Sprinting	>25.2	

Quelle: Di Salvo et al. (2009)

Um die Auswertung überschaubar zu machen werden in vielen Studien nur die relevanten – sprich die hochintensiven – Parameter ausgewertet. Dazu werden Fortbewegungsgeschwindigkeiten in wenig intensive (low Intensity) und hochintensive (high Intensity) Aktivitäten eingeteilt. Diese sind allerdings in der Literatur meist nicht deckungsgleich definiert (Salvo et al., 2010).

In der Tabelle 2 sind verschiedene Definitionen von hochintensiven Aktivitäten aufgelistet, welche in der Literatur für die Bewegungsanalyse von Fussballspielen verwendet werden.

Tab. 2: Übersicht verwendeter Definitionsformen für hochintensive Aktivitäten im Fussball

Intensitätsdefinition (Kürzel)	Wert (km/h)	Bemerkung
Studien welche das Bewegungsverhalten während offiziellen Spielen untersuchten. (Di Salvo et al., 2009; Gregson et al., 2010)		
High speed running distance (HSR)	19.8-25.2	Gemessen, wenn eine Geschwindigkeitszone für mindestens 0.5 Sekunden überschritten wurde.
Total high intensity running distance (THIR)	>19.8	
Total sprint distance (TSD)	>25.2	
Total number of sprints	>25.2	
(Di Salvo et al., 2007)		
Standing/Walking/Jogging	0-11	Gemessen, wenn eine Geschwindigkeitszone für mindestens 0.5 Sekunden überschritten wurde.
Low speed running	11.1-14	
Submaximal intensity	19.1-23	
High intens activity	>23	
(Varley & Aughey, 2013)		
High velocity running distance (HiVR)	>15 (4.17 m/s)	Gemessen, wenn eine Geschwindigkeitszone für mindestens 0.4 Sekunden überschritten wurde.
Sprinting distance	>25 (6.94 m/s)	
Anzahl HiVR	>15 (4.17 m/s)	
Anzahl Sprints	>25 (6.94 m/s)	
(Rampinini et al., 2007)		
Total distance (TD)		
High intensity running distance (HIR)	>14.4	
Very high intensity running distance (VHIR)	>19.8	
Anzahl HIR	>14.4	
Anzahl VHIR	>19.8	
Studien welche das Bewegungsverhalten von Small Sided Games untersuchten (Dellal et al., 2012; 2011 b; Hill-Haas et al., 2011)		
High intensity running distance (HIR)	13-17	
Very high intensity running distance (VHIR)	>17	

Wie in Tabelle 2 dargestellt, werden hochintensive Bewegungen meist durch hohe Laufgeschwindigkeiten beschrieben (Bradley et al., 2009; V Di Salvo et al., 2009; E Rampinini et al., 2007 b). Laut einer Studie von Varley & Aughey (2013) reichen die zurückgelegten Distanzen innerhalb der Geschwindigkeitsbereiche jedoch nicht aus um das gesamte Spektrum hochintensiver Bewegungen zu erfassen. Viele maximale Beschleunigungen finden bei geringer Geschwindigkeit statt. Auch diese kurzen Antritte, welche nicht in einer hohen Geschwindigkeit resultieren, erfordern einen hohen Energieverbrauch und können als hochintensive Bewegungen bezeichnet werden (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo, & di Prampero, 2010). Gerade bei verringerten Platzverhältnissen, wie es bei SSGs der Fall ist, werden Sprints >25 km/h eher unwahrscheinlich. Deshalb sollten die Beschleunigungsdaten hinzugezogen werden.

Untersuchungen, welche die **Beschleunigung** in die Bewegungsanalyse miteinbeziehen sind noch sehr rar. In einer Studie von Varley und Aughey (2013) wurden die Beschleunigungsdaten ausgewertet. Zusätzlich wurden diese mit den Geschwindigkeitsdaten kombiniert. Folgende Aktivitätsdefinitionen sind daraus entstanden: High Intensity Accelerations (HIA) und Low Velocity Accelerations (LVA). HIA gelten als Aktivitäten mit maximaler Beschleunigung ( $>2.78\text{m/s}^2$ ). LVA sind Aktivitäten mit maximaler Beschleunigung, welche jedoch die Geschwindigkeit von  $4.17\text{m/s}$  nicht übersteigen.

Die genannte Studie belegt, dass im Spiel die Zahl der maximalen Beschleunigungen um das Achtfache höher ist als Sprints innerhalb der Geschwindigkeitsklassierung  $>15\text{km/h}$ . Das Beschleunigen sollte daher eine grössere Gewichtung erhalten, wenn es um das Erheben der Gesamtbelastung geht.

### 1.2.5 Reliabilität von Small Sided Games (SSGs)

Einige Studien untersuchten bereits die Reliabilität von SSGs. Sie werden in diesem Abschnitt kurz vorgestellt. Anschliessend wird die Variabilität aus den SSG Test-Retests mit der Variabilität anderer fussballspezifischer Feldtests verglichen.

Rampini et al. (2007 a) überprüften die Reproduzierbarkeit (intra-personelle Variabilität) wie auch die Variabilität (inter-personelle Varianz) der physiologischen

Belastung von verschiedenen SSGs. Die Belastung wurde anhand der Herzfrequenz, der Blutlaktatwerte und des Belastungsempfindens der Spieler gemessen. Bei den verschiedenen SSG-Formen wurden sowohl die Anzahl Spieler (3 vs. 3 bis 6 vs. 6) und die Feldgrösse (klein, mittel und gross) variiert, als auch mit und ohne Coach encouragement gespielt.

Die Untersuchung zeigt, dass Coach encouragement die Reproduzierbarkeit der Belastung während SSGs verbessert. Ebenfalls besser reproduzierbar sind kleinere Spielformate (3 vs. 3), die höhere physiologische Belastungen verursachen. Das verändern der Feldgrösse zeigt dabei keine Auswirkung.

Die grössten Belastungsunterschiede zwischen den verschiedenen Spielern treten bei Spielen mit grossen Mannschaften (6 vs. 6) auf.

Der kleinste Variationskoeffizient beim interindividuellen Vergleich weist das Format 3 vs. 3 auf. Dabei variiert die Herzfrequenzmessung als Belastungsangabe am wenigsten, gefolgt von RPE und der Blutlaktatkonzentration.

Fasst man die Resultate dieser Studie zusammen lässt sich sagen, dass SSGs eine schwache bis geringe Reproduzierbarkeit aufweisen. Jedoch ist sie trotz geringerer Standardisierbarkeit vergleichbar mit der Reproduzierbarkeit der Ergometer Tests.

Hill-Haas et al. hatten 2007 erstmals die Reliabilität der physischen Belastung überprüft. Mittels GPS-Daten wurden die Laufwege der Spieler erfasst und in einem SSG-Test-Retest überprüft. Verschiedene Spielformate (2 vs. 2, 4 vs. 4 und 6 vs. 6) und Trainingsregimes (Intervall und kontinuierlich) wurden dazu verwendet. Gemessen wurden neben den verschiedenen Bewegungscharakteristika auch die Herzfrequenz, Laktatkonzentration und das Belastungsempfinden der Spieler.

Wie auch in der Studie von Rampini et al. (2007) weist die Herzfrequenz wie auch das RPE eine geringe Variabilität auf. Im Gegensatz dazu ist die physische Belastung deutlich schlechter reproduzierbar. Besonders die schnellen Bewegungen variieren sehr stark beim intra- und interindividuellen Vergleich.

Dies wird damit begründet, dass die niedrige Abtastrate des GPS (1Hz) die kurzweiligen (oft >2sec.) Aktivitäten im Fussball schlecht erfassen kann. Es wird vermerkt, dass eine höhere Abtastrate die Reliabilität möglicherweise senken könnte. Eine solche Studie, bei welcher mit einer höheren Abtastfrequenz über zehn Herz gemessen wird, konnte jedoch noch nicht gefunden werden.

In einer ähnlichen Studie ein Jahr später untersuchten Hill-Haas et al. (2008) wie die Belastung variiert, wenn das gleiche SSG-Spielformat innerhalb eines Trainings oder an verschiedenen Tagen wiederholt wird. Wiederum wurden die physische und physiologische Belastung gemessen.

Der Variationskoeffizient der total zurückgelegten Distanz und der Distanzen bei geringen Geschwindigkeiten (0-6.9km/h) war kleiner als 5%. Diese Beobachtung trifft auf intermittierende wie auch bei kontinuierlichen SSG-Formen zu. Die zurückgelegten Distanzen variieren bei hohen Geschwindigkeiten jedoch deutlich mehr. Das trifft auf die Spielwiederholung am selben Trainingstag wie auch auf die Spielwiederholung an verschiedenen Trainingstagen zu.

Bei allen SSG-Reliabilitätsstudien liegt der Variabilitätskoeffizient ( $TE\%$ ) der Herzfrequenz, der Gesamtbelastung (total zurückgelegte Distanz) und der zurückgelegten Distanzen bei niedrigen Intensitäten ( $<6.9\text{Km/h}$ ) unter 11%. Das ist vergleichbar mit anderen Leistungstests, welche in der Diagnostik gebräuchlich sind. Mehrere Studien zeigen auf, dass Agility-Tests oder Tests, welche die Repeted-sprint-ability messen, einen  $TE\%$  von 0.8-5.8% aufweisen (Impellizzeri et al., 2008; Sporis, Jukic, Milanovic, & Vucetic, 2010; Wragg et al., 2000). Ähnlich wurde in einer Studie von Mirkov et al. (2008) festgestellt, dass fussballspezifische Agilitätstests, bei welchen mit Ball ein Parcours abgelaufen werden muss, der Variabilitätskoeffizient ebenfalls unter 4% liegt.

Die Belastungsschwankungen des Yo-Yo-Tests sind etwas grösser. Verschiedene Autoren, welche die Reliabilität des Yo-Yo-Tests untersuchten, haben einen Variationskoeffizienten von 7-13% gemessen, wenn der Test wiederholt absolviert wurde (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008; Krstrup, Mohr, Nybo, et al., 2006 a; Thomas, Dawson, & Goodman, 2006). Noch grössere Leistungsschwankungen ( $TE\%$  zwischen 11 und 15%) wurden beim Rumpfkrafttest gemessen. Das zeigt eine Studie von Tschopp et al. (2001). Allerdings muss dazu gesagt werden, dass dabei die Kraftmessung nur zur Bestimmung einer Mindestanforderung und nicht als Leistungsmerkmal verwendet wird.

Die Variabilität der hochintensiven Belastung während der SSGs liegt jedoch deutlich über der von anderen Leistungstests. Sowie alle mit hoher Geschwindigkeit ( $>13\text{km/h}$ ) zurückgelegte Distanzen als auch die Laktatmessungen, weisen einen Variabilitätskoeffizienten von über 13%, bei sehr hohen Geschwindigkeiten

(>18km/h) oft sogar mehr als 30%, auf. Diese Angaben stammen ebenfalls aus den Reliabilitätsstudien von Hill-Haas (2007 und 2008).

Aus diesem Abschnitt lassen sich folgende Hauptaussagen zusammenfassen:

- Die physiologische Belastung, gemessen an der Herzfrequenz und dem Belastungsempfinden, lässt sich gut reproduzieren.
- Die physische Belastung zeigt, dass Aktivitäten mit geringer Intensität eine geringe bis moderate Variabilität ( $TE\% < 11$ ) aufweisen. Je intensiver die Aktivitäten jedoch werden, desto stärker variieren sie von Spiel zu Spiel.
- Die Variabilität der Herzfrequenz, der Belastungswerte von Parametern mit niedrigen Intensitäten und der Gesamtbelastung lässt sich mit der von anderen Leistungstests, welche im Fussball gebräuchlich sind, vergleichen.
- Nicht bekannt ist die Reliabilität der Beschleunigungswerte.

### 1.3 Ziel und konkrete Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Reliabilität von zwei verschiedenen SSG-Formen mit einer Test-Retest-Methode zu überprüfen, um das SSG später als Testform für physische Leistungsmessungen einzusetzen. Entscheidend sind dafür, laut Hopkins (2000), drei Kriterien der Reliabilität.

Ein Kriterium ist die intrapersonelle Varianz. Sie beschreibt das Ausmass der Leistungsschwankungen, welche aufgrund der variierenden Tagesform auftreten. Diese intrapersonelle Varianz, gemessen anhand des typical errors, muss bei der Auswertung bekannt sein. Je geringer diese ist, desto genauer kann die Leistung anhand von SSGs bestimmt werden. Um zu bestimmen, welche Leistungsschwankung als gross respektive gering angesehen werden kann, sollen die Variationskoeffizienten vergleichbarer Feldtests als Richtwerte dienen.

Das zweite Kriterium ist das Auftreten von Leistungsunterschieden zwischen dem Test und dem Retest. Wenn keine Trainingsintervention zwischen den beiden Tests stattgefunden hat, sollten auch keine Mittelwertunterschiede auftreten. Kleine Unterschiede sind jedoch immer zu erwarten. Einerseits sind Zufallsfehler (ausgelöst durch die genannte intrapersonelle Varianz) und andererseits systematische Fehler (Motivationsveränderungen, Lerneffekte oder Unterschiede in der Testinstruktion, die bei allen Studienteilnehmern auftreten) dafür für verantwortlich. Werden systematische Fehler im SSG-Testdesign gefunden, gilt es als nicht reproduzierbar und sollte nicht als Leistungstest verwendet werden.

Als drittes Kriterium nennt Hopkins (2000) die Retest-Korrelation. Da diese aber sehr sensibel auf die Gruppenheterogenität der Testpersonen reagiert, ist sie für Trainer und Wissenschaftler, welche die SSG-Testform bei anderen Athleten einsetzen wollen, wenig aussagekräftig. Aus diesem Grund gilt sie nur als zusätzlicher Messwert der Reliabilität dieser Studie und sollte nicht als Vergleichswert mit anderen Studien herangezogen werden.

Um nun zu überprüfen, ob SSGs den oben genannten Gütekriterien der Reliabilität entsprechen und sich als Leistungstests eignen, werden zwei SSG-Formen überprüft. Ein 3 vs. 3 und ein 5 vs. 5. SSG wurden dafür ausgewählt. Ein Test-Retest-Verfahren der beiden SSG-Formen soll A Aufschluss über die Realisierbarkeit von Leistungstests mittels SSGs geben und B aufzeigen, welche der beiden Formen

besser dafür geeignet wäre. Daraus ergeben sich drei Leitfragen, welche in dieser Arbeit beantwortet werden sollen.

***A: Wie reliabel lassen sich physische Leistungsparameter, wie die zurückgelegte Distanz in unterschiedlichen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbereichen, während eines 3 vs. 3 respektive 5 vs. 5 SSG erfassen?***

***B1: Unterscheidet sich das ein 3 vs. 3 SSG von einem 5 vs. 5 SSG bezüglich der physischen Belastung?***

***B2: Unterscheidet sich das Spiel 3 vs. 3 bezüglich der Reliabilitätskriterien Variabilität und Reproduzierbarkeit?***

Aus diesen Fragestellungen werden folgende Hypothesen abgeleitet:

- Die physischen Leistungsparameter, wie die zurückgelegten Distanz in verschiedenen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsparametern, weisen im 3 vs. 3 respektive 5 vs. 5 SSG Test-Retest keine signifikanten ( $p < 0.05$ ) Mittelwertunterschiede auf.
- Die physischen Leistungsparameter, wie die zurückgelegten Distanz in verschiedenen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsparametern, weisen im 3 vs. 3 respektive 5 vs. 5 SSG Test-Retest eine geringe Variabilität ( $TE\% < 10$ ) auf.
- Die physischen Leistungsparameter, wie die zurückgelegte Distanz in verschiedenen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbereichen, zeigen im 3 vs. 3 eine höhere Belastung als im 5 vs. 5 SSG.
- Die physischen Leistungsparameter, wie die zurückgelegte Distanz in verschiedenen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbereichen, zeigen im 3 vs. 3 eine geringere Variabilität und sind besser reproduzierbar als im 5 vs. 5 SSG.



## 2 Methoden

### 2.1 Probanden

20 Spieler aus den U16-, U15- und U14-Kadern des FC Biels nahmen an der Untersuchung teil. Die durchschnittliche Trainingshäufigkeit pro Woche beträgt drei bis vier Trainings. Alle Probanden sind mit den SSG-Formen vertraut und kennen das Verfahren zur Belastungseinschätzung.

Die Spieler wurden durch den Trainer in möglichst ausgeglichene Mannschaften eingeteilt. Um die Messwerte für die Auswertung verwenden zu können müssen folgende Kriterien erfüllt sein:

- Der Proband muss an beiden Testtagen anwesend und verletzungsfrei einsatzbereit sein.
- Die Mannschaft soll durch dieselben Spieler gebildet werden und immer gegen dieselben Gegner spielen. Muss mehr als ein Spieler pro Mannschaftskonstellation ausgetauscht werden, dürfen die Messwerte nicht verwendet werden

### 2.2 Untersuchungsdesign

#### 2.2.1 Testablauf

Die Tests werden an vier verschiedenen Testtagen durchgeführt. Abbildung 2 zeigt, wie weit die Testtage auseinander liegen und zwischen welchen Messungen der Spielvergleich, respektive die Reliabilitätsprüfungen, durchgeführt werden.

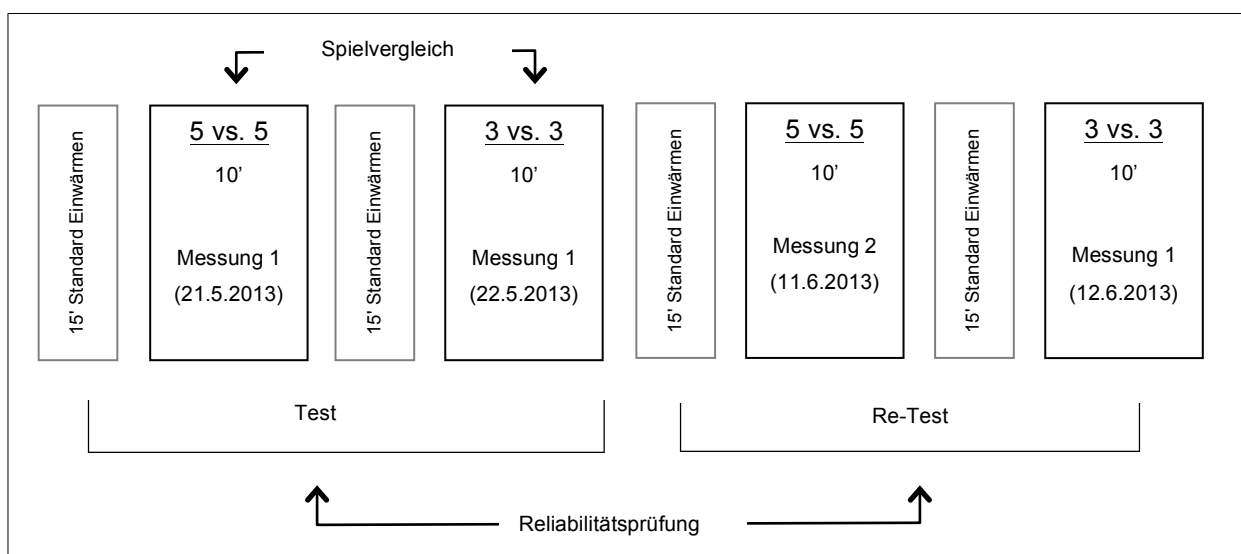


Abb. 2: Studiendesign und zeitlicher Verlauf

## 2.2.2 Spieldesign

In der folgenden Tabelle wird der Spielaufbau beschrieben. Alle Faktoren, welche die Intensität des Spieles beeinflussen, werden definiert und begründet

Tab. 3: Spieldesign der SSG Formen

	konditionelle Auslegung	taktische Auslegung	Entscheidungshintergrund
Anzahl Spieler	3 vs 3	5 vs 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Störfaktoren wie variierende Gegnermannschaften, taktische Änderungen können eingeschränkt werden.</li> <li>Bisherige Studien konnten eine hohe Reliabilität der physiologischen und psychischen Leistungsparameter aufzeigen.</li> <li>Die reduzierte Mannschaftsgrösse verspricht eine höhere Intensität als wenn mit Mannschaften à 11 Spielern gespielt wird. Das erscheint sinnvoll, weil die Testdauer &lt;90 min beträgt.</li> <li><b>3 vs 3:</b> Reduziert das Spiel eher auf physische und technische Komponenten, da aufgrund der stark reduzierten Spieleranzahl wenig taktisches Können notwendig ist. Kleinere Mannschaften verursachen eine geringere Variabilität unter den Spielern, weil aufgabenorientierte Spielaufteilung schwieriger ist.</li> <li><b>5 vs 5:</b> Diese Spielform verlangt vermehrt taktisches Können. Eine Reliabilitätsstudie von Hill-Haas et. al. (2008) zeigt jedoch auf, dass eine Erhöhte Spieleranzahl die Reliabilität verschlechtert.</li> </ul>
Spieldauer	Totale Spielzeit 10'		<ul style="list-style-type: none"> <li>Für eine gute Vergleichbarkeit der beiden SSG Formen</li> </ul>
	5x 2' mit 2'30" passiver Pause	3x 3'20" mit 4' passiver Pause	
Feldgrösse	24.5 x 24.5m (100m <sup>2</sup> / Spieler)	31.6 x 31.6m (100m <sup>2</sup> / Spieler)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ein quadratisches Spielfeld verhindert, dass eine Spielrichtung vorgegeben wird. Damit sollen positionsspezifische Aufgabenaufteilungen verhindert werden.</li> <li>Eine gleichbleibende Fläche pro Spieler für eine gute Vergleichbarkeit</li> </ul>
Motivation	Mit Coach encouragement		<ul style="list-style-type: none"> <li>Steigert die Intensität.</li> <li>Steigert die Reproduzierbarkeit.</li> </ul>
Regeln	Regeln: Ballhalten ohne Regeleinschränkungen (Free Touch)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Um die Entscheidungsfindung der Spieler nicht zu beeinflussen.</li> <li>Punkte können erzielt werden, indem eine Mannschaft fünf Pässe in Folge Spielen spielt ohne dass der Gegner in Ballbesitz kommt.</li> </ul>
Mannschafts-Konstellation	Mannschaftseinteilung anhand eines Spielerranking (in „fairen“ Gruppen)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Um einen ungleichen Spielstand als Motivationsbremse vorzubeugen.</li> <li>Um technische Überlegenheit einer Mannschaft zu vermeiden. Das soll verhindern, dass die überlegene Mannschaft die Laufarbeit vernachlässigt und trotzdem Erfolgreich ist.</li> </ul>

## 2.3 Untersuchungsinstrumente

### 2.3.1 Messmittel

Die physische Belastung wird mittels eines elektronischen Transmitters zwischen den Schulterblättern, welcher mit einer Frequenz von 50 Herz Positionsdaten an stationäre Empfänger (LPM) sendet, erfasst. Anhand dieser können mit der lpm3D-Software die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten errechnet werden. Von jedem Spieler wird – umgehend nach jedem Spielabschnitt – das Belastungsempfinden anhand der Borg 6-20 Skala erfragt. Die Herzfrequenz wird mit Sunto Pulsuhren aufgezeichnet und ebenfalls in die Auswertung miteinbezogen. Die erspielten Punkte werden gezählt und um eine allfällige Überlegenheit eines Teams zu erkennen, nach dem Spiel notiert.

## 2.3.2 Messparameter

In der Tabelle 4 sind alle Belastungsparameter welche für die Auswertung verwendet werden aufgelistet und beschrieben.

Tab. 4: Auflistung und Erklärung der Belastungsparameter

Abkürzung		Beschrieb
<b>Geschwindigkeit</b>		
Tot. Distance	>0 km/h	Total zurückgelegte Distanz: Distanz, welche gesamthaft während 10 Spielminuten zurückgelegt wird – egal mit welcher Geschwindigkeit oder Beschleunigung.
HIV Distance	>15 km/h	High-Intensity Velocity Distance: Die zurückgelegte Distanz während Sprints, welche eine Geschwindigkeit von >15 km/h während mindestens 0.4 Sekunden überschreiten. Definiert nach Varley & Aughey (2013)
Distanz in m bei:		
Standing	0-0.7 km/h	Die Geschwindigkeit wird in verschiedene lokomotorische Bewegungsmuster aufgeteilt und anhand der darin zurückgelegten Distanzen ausgewertet
Walking	0.7-7.2 km/h	
Jogging	7.2-14.4 km/h	
Running	14.4-19.8 km/h	
High speed running	19.8-25.2 km/h	
Sprinting	>25.2 km/h	Definiert nach Di Salvo et al. (2009)
<b>Beschleunigung</b>		
Tot. Accel. Distance	>2 m/s <sup>2</sup>	Total Acceleration Distance: Total zurückgelegte Distanz, bei welcher mit mindestens 2 m/s <sup>2</sup> beschleunigt wurde.
HIA Distance	>2.8m/s <sup>2</sup>	High-Intensive Acceleration Distance: Die Distanz, welche bei Sprints zurückgelegt wurde, welche eine Beschleunigung von >2.8 m/s <sup>2</sup> für mindestens 0.4 Sekunden überschreiten. Definiert nach Varley & Aughey (2013)
Distanz in m bei:		
Accel. 1	2-3 m/s <sup>2</sup>	Acceleration Zone 1-6: Die Beschleunigung wurde in sechs verschiedenen Kategorien eingeteilt und anhand der darin zurückgelegten Distanzen ausgewertet  Eigene Definition
Accel. 2	3-4 m/s <sup>2</sup>	
Accel. 3	4-5 m/s <sup>2</sup>	
Accel. 4	5-6 m/s <sup>2</sup>	
Accel. 5	6-7 m/s <sup>2</sup>	
Accel. 6	8-9 m/s <sup>2</sup>	
HIA Counts	>2.8 m/s <sup>2</sup>	High-intensive Acceleration Counts: Gibt die Anzahl Beschleunigungen an welche grösser als 2.8 m/s <sup>2</sup> sind und für mindestens 0.4 Sekunden andauern. Definiert nach Varley & Aughey (2013)
LVA Counts	>2.8 m/s <sup>2</sup> <15km/h	Low Velocity Acceleration Counts: Gibt die Anzahl Beschleunigungen an, welche grösser als 2.8 m/s <sup>2</sup> sind, für mindestens 0.4 Sekunden andauern und dabei die Höchstgeschwindigkeit von 15 km/h nicht überschreiten. Definiert nach Varley & Aughey (2013)
<b>physiologische Belastung</b>		
HR		Herzfrequenz: Für die Auswertung werden die Durchschnittswerte der absoluten Herzfrequenzen verwendet Sie werden in Schläge pro Minute angegeben
<b>psychische Belastung</b>		
Borg		Belastungsempfinden (RPE): Wird anhand der Borgskala 6-20 angegeben

## 2.4 Auswertung

Die Spieldaten werden mit dem Ipm3D-Analyseprogramm von Abatec ausgewertet und in das Datenformat .xlsx exportiert. Anschliessend werden mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel folgende statistische Kenngrössen errechnet:

- Die Mittelwerte (MW)  $\pm$  Standardabweichung (SD) aller Parameter bei 10` Spielzeit.
- Die Differenz der Mittelwerte als absolute (*Diff*) und prozentuale (*Diff%*) Angabe, wobei die Prozentangabe stets zum erstgenannten Mittelwert errechnet wird.
- Das Signifikanzniveau ( $p=0.05$ ) aus einem gepaarten t-Test für die Reliabilitätsprüfung, respektive ungepaart für den Spielvergleich 3 vs. 3 mit 5 vs. 5.
- Effektgrösse (Cohens *d*) um die Bedeutsamkeit der Einflussfaktoren zu ermitteln. Laut Rhea und Alderman (2004) ist bei trainierten Sportlern eine Effektstärke (*ES*) von  $<0.35$  unbedeutend,  $0.35\text{--}0.80$  klein;  $0.80\text{--}1.50$  moderat und  $>1.5$  als gross anzusehen.
- Pearson-Korrelationskoeffizient (*r*) als Mass für die Reliabilität. Dabei gilt, je näher der Wert bei 1 liegt, desto besser lässt sich die physische Belastung reproduzieren. Laut Hopkins (2000) kann ein Retest bei dem Die Messwerte einen Korrelationskoeffizient von  $r \geq 0.81$  aufweisen, als reliabel betrachtet werden.
- Typical Error (*TE*) als absolute Angabe
- Variationskoeffizient (*TE%*) um die intrapersonelle Belastungsvariabilität (Messgenauigkeit) zu bestimmen. Basierend auf dem Vergleich mit anderen Feldtests, welche in der Leistungsdiagnostik üblich sind, wird  $TE\% < 10$  als gering,  $TE\% < 15$  als moderat und  $TE\% > 15$  als gross definiert.

### 3 Resultate

Dieses Kapitel ist in zwei Teile gegliedert. In einem ersten Teil werden die Resultate aus der Reliabilitätsprüfung dargestellt. Im zweiten Teil werden die Ergebnisse aus dem Spielvergleich 3 vs. 3 mit 5 vs. 5 vorgestellt.

#### 3.1 Reliabilitätsprüfung

Die Reliabilitätsprüfung erfolgt anhand der Kriterien Reproduzierbarkeit und Variabilität. Erst werden die Resultate der Reproduzierbarkeitsuntersuchung, sprich der Mittelwertvergleiche aus dem Test und dem Retest vorgestellt und anschliessend die Variabilität anhand des Standardfehlers (TE) und des Variabilitätskoeffizienten (TE%) aufgezeigt.

##### 3.1.1 Mittelwertunterschiede

Die Tabellen 5 und 6 zeigen eine Übersicht der Belastung aus Test und Retest der jeweiligen SSG-Form. Alle Messparameter der physischen Belastung, wie auch die Herzfrequenz und das Belastungsempfinden, sind aufgeführt. Dargestellt wird die Belastung anhand der Mittelwerte  $\pm SD$  und deren Differenz als absolute und prozentuale Angabe. Das Signifikanzniveau ( $p$ ) und die Effektstärke ( $ES$ ) werden aufgeführt um die Mittelwerte zu interpretieren.

Mittelwertunterschiede, welche statistisch signifikant ( $p < 0.05$ ) sind werden in der Tabelle hervorgehoben. Ebenfalls werden alle Effektstärken, welche grösser als 0.8 sind und somit einen moderaten bis starken Effekt kennzeichnen, hervorgehoben.

Tab. 5: Statistische Kenngrößen aus dem 3 vs. 3 SSG-Retest-Verfahren zur Interpretation der Mittelwertunterschiede (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [SD], absolute und prozentuale Differenz, p gepaarter t-Test, Effektstärke [ES])

3 vs. 3 (N=9)		Test 1		Test 2		Differenz		Kenngrößen	
		MW	SD	MW	SD	absolut	in %	p	ES
Geschwindigkeit									
Distanz in m bei:	Tot. Zurückgelegte Dist.	1480.42	68.59	1383.77	103.77	-96.65	-6.53	0.00	1.10
	HIV Distance Varley (>15km/h)	258.60	89.26	179.49	59.57	-79.11	-30.59	0.00	1.04
	Standing (0-0.7 km/h)	0.39	0.14	0.54	0.22	0.15	37.85	0.03	0.81
	Walking (0.7-7.2 km/h)	296.54	27.02	331.08	50.36	34.53	11.65	0.00	0.85
	Jogging (7.2-14.4 km/h)	851.47	96.95	816.90	130.79	-34.57	-4.06	0.17	0.30
	Running (14.4-19.8 km/h)	300.17	73.84	222.17	69.62	-77.99	-25.98	0.00	1.09
	High speed running (19.8-25.2 km/h)	29.71	15.93	13.09	12.25	-16.62	-55.94	0.01	1.17
	Sprinting (>25.2 km/h)	2.15	4.32	0.00	0.00	-2.15	-100.00	0.15	2.15
Beschleunigung									
Distanz in m bei:	Tot. Accel. Distance	309.70	32.31	263.32	38.45	-46.38	-14.97	0.00	1.31
	HIA Distance Varley (>2.8m/s²)	48.16	7.47	45.23	11.55	-2.93	-6.08	0.38	0.30
	Accel. 1 (2-3 m/s²)	189.71	20.51	164.83	19.36	-24.88	-13.11	0.00	1.25
	Accel. 2 (3-4 m/s²)	78.05	8.83	65.85	12.46	-12.20	-15.63	0.01	1.13
	Accel. 3 (4-5 m/s²)	28.69	3.80	24.03	7.47	-4.66	-16.23	0.09	0.79
	Accel. 4 (5-6 m/s²)	9.39	3.46	6.69	3.18	-2.70	-28.72	0.02	0.81
	Accel. 5 (6-7 m/s²)	2.70	1.59	1.59	1.29	-1.11	-41.08	0.05	0.77
	Accel. 6 (8-9 m/s²)	1.16	0.93	0.32	0.34	-0.84	-72.22	0.02	1.19
	HIA Counts Varley (>2.8 m/s²)	7.04	0.68	6.96	1.55	-0.09	-1.26	0.86	0.07
	LVA Counts (>15km/h)	27.00	4.85	30.30	6.50	3.30	12.22	0.21	0.58
physiologische und psychische Belastung									
HR	161.80	12.33	167.04	8.98	5.24	3.24	0.19	0.49	
Borg	15.80	1.23	15.50	0.82	-0.30	-1.90	0.50	0.29	

Anmerkungen: statistisch signifikante Unterschiede ( $p < 0.05$ ) und Effektstärken welche einen moderaten bis grossen Effekt kennzeichnen ( $ES < 0.8$ ) sind Fett hervorgehoben

Die Gesamtbelastung, wie auch die Belastungsintensität, war am zweiten Testtag tiefer als beim ersten. Diese Abnahme macht sich bei den Geschwindigkeits- wie auch bei den Beschleunigungsparametern bemerkbar. Nicht signifikant verändert, hat sich dabei das Belastungsempfinden und die Herzfrequenz.

Aus den Geschwindigkeitsdaten ist herauszulesen, dass die gesamthafte zurückgelegte Distanz, wie auch die Laufintensität am zweiten Testtag markant abgenommen hat. Es wurde weniger gerannt und mehr gegangen.

Die total zurückgelegte Distanz nahm um 6% und die Distanz der hochintensiven Läufe sogar um 30% ab. Diese Unterschiede sind signifikant und die Effektstärke weist darauf hin, dass bei den Probanden Veränderungen zwischen den Testtagen stattgefunden haben, welche als bedeutend für das Testergebnis einzustufen sind.

Auch bei der Untersuchung der Beschleunigungsdaten sind Mittelwertunterschiede eingetreten. Die Distanz bei welcher mit mehr als  $2\text{m/s}^2$  beschleunigt wurde, hat um 15% abgenommen. Alle Beschleunigungskategorien bis auf Accel. 3 vermerkten ebenfalls eine Abnahme. Dabei haben hohe Beschleunigungen ( $>5\text{m/s}^2$ ) mit einer Differenz von rund 30-70% stärker abgenommen, als tiefe Beschleunigungen. Weil hohe Beschleunigungen jedoch seltener vorkommen als tiefe, sind sie nur für rund 10% der gesamten Beschleunigungsdifferenz verantwortlich.

Die Anzahl an Beschleunigungen über  $2.8\text{m/s}^2$  hat sich nicht signifikant verändert. Demnach wurde nicht weniger, jedoch über kürzere Distanzen beschleunigt.



Tab. 6: Statistische Kenngrößen aus dem 5 vs. 5 SSG-Retest-Verfahren zur Interpretation der Mittelwertunterschiede (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [SD], absolute und prozentuale Differenz, p gepaarter t-Test, Effektstärke [ES])

5 vs. 5 (N=9)		Test 1		Test 2		Differenz		Kenngrößen	
		MW	SD	MW	SD	absolut	in %	p	ES
Geschwindigkeit									
Tot. Zurückgelegte Dist.		1391.38	142.41	1322.59	122.11	-68.79	-4.94	0.09	0.52
HIV Distance Varley (>15km/h)		185.36	64.78	181.95	76.87	-3.41	-1.84	0.85	0.05
Distanz in m bei:	Standing (0-0.7 km/h)	0.51	0.44	0.49	0.28	-0.03	-4.99	0.82	0.07
	Walking (0.7-7.2 km/h)	334.79	54.77	379.96	58.68	45.17	13.49	<b>0.02</b>	<b>-0.80</b>
	Jogging (7.2-14.4 km/h)	821.47	170.15	715.76	124.51	-105.72	-12.87	<b>0.04</b>	0.71
	Running (14.4-19.8 km/h)	220.96	71.57	206.76	73.34	-14.20	-6.43	0.52	0.20
	High speed running (19.8-25.2 km/h)	13.64	9.41	19.63	19.93	5.99	43.92	0.32	-0.38
	Sprinting (>25.2 km/h)	0.00	0.00	0.00	0.00				
Beschleunigung									
Tot. Accel. Distance		190.92	11.69	184.27	34.01	-6.66	-3.49	0.62	0.26
HIA Distance Varley (>2.8m/s <sup>2</sup> )		23.49	6.52	21.89	4.62	-1.60	-6.81	0.67	0.28
Distanz in m bei:	Accel. 1 (2-3 m/s <sup>2</sup> )	126.60	9.98	123.00	20.80	-3.60	-2.84	0.61	0.22
	Accel. 2 (3-4 m/s <sup>2</sup> )	43.12	6.43	43.49	10.53	0.37	0.86	0.95	-0.04
	Accel. 3 (4-5 m/s <sup>2</sup> )	14.76	3.82	13.45	4.21	-1.31	-8.87	0.52	0.33
	Accel. 4 (5-6 m/s <sup>2</sup> )	4.11	1.34	3.26	0.87	-0.85	-20.67	<b>0.05</b>	0.75
	Accel. 5 (6-7 m/s <sup>2</sup> )	1.47	0.70	0.69	0.41	-0.78	-53.18	<b>0.03</b>	<b>1.36</b>
	Accel. 6 (8-9 m/s <sup>2</sup> )	0.86	0.46	0.38	1.06	-0.49	-56.58	0.19	0.60
HIA counts Varley (>2.8m/s <sup>2</sup> )		18.38	4.72	16.25	3.24	-2.13	-11.56	0.44	0.52
LVA counts (>2.8m/s <sup>2</sup> <15km/h)		15.88	3.72	14.63	3.29	-1.25	-7.87	0.55	0.36
physiologische und psychische Belastung									
HR		175.33	14.98	166.42	0.31	-8.92	-5.09	0.61	0.53
Borg		13.85	0.75	13.96	1.03	0.11	0.80	0.71	0.12

Anmerkungen: statistisch signifikante Unterschiede ( $p < 0.05$ ) und Effektstärken welche einen moderaten bis grossen Effekt kennzeichnen ( $ES > 0.8$ ) sind Fett hervorgehoben

Die Gesamtbelastung hat sich zwischen den beiden Testtagen nicht signifikant verändert, jedoch war die Belastungsintensität am zweiten Testtag tiefer als am ersten. Dies kann anhand der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten der Tabelle 6 herausgelesen werden. Die physiologischen und psychischen Belastungsparameter sind von diesem Intensitätsrückgang nicht betroffen.

Die Auswertung der Geschwindigkeitsdaten zeigt, dass sich die gesamthaft zurückgelegte Distanz aus dem ersten Test nicht signifikant von der aus dem Retest unterscheidet. Es wurde jedoch weniger gejoggt und mehr gegangen. Die Zunahme beim Gehen weist eine moderate Effektstärke ( $ES = 0.8$ ) auf. Die Abnahme beim

Joggen beträgt 13.8%. Die Effektstärke liegt dabei nur bei 0.71, was als kleiner Effekt einzustufen ist.

Die Auswertung der Beschleunigungsdaten zeigt, dass die zurückgelegte Distanz bei hohen Beschleunigungen ( $5-8\text{m/s}^2$ ) am zweiten Testtag signifikant abgenommen hat. Die Differenz der Mittelwerte liegt zwischen 30 und 70 Prozent, wobei der Ursache für diese Abnahme von Accel. 4 und Accel. 5 eine kleine bis moderate Bedeutung ( $ES=0.77-0.97$ ) zugeschrieben wird.

Solche hohen Beschleunigungen ( $>5\text{m/s}^2$ ) werden allerdings nur sehr selten erreicht. Ihr Anteil an der Gesamtbeschleunigungsdistanz beträgt lediglich 0.2%. Auch wenn die hohen Beschleunigungen markant abgenommen haben, veränderte sich dadurch die gesamthaft zurückgelegte Beschleunigungsdistanz zwischen Test und Retest nicht.

### 3.1.2 Intrapersonelle Belastungsvariabilität

Anhand der Grafiken in Abbildung 3 und 4 wird aufgezeigt, wie gut der Variabilitätskoeffizient die Belastungsvariabilität der Probanden beschreibt.

Es sind jeweils die Parameter der Gesamtbelastung (Tot. Distance und Tot. Accel. Distance) und die Parameter der hochintensiven Belastung (HIV und HIA Distance) der jeweiligen Spielform dargestellt.

Die Punktwolke zeigt, wie hoch die Belastung der 3 vs. 3 respektive 5 vs. 5 SSG Form im ersten und zweiten Test ist und wie stark die Belastung zwischen den Spielern (interpersonell) variiert.

Schwarz eingezeichnet ist der Mittelwert beider Testtage – sprich die Gerade auf welche die Punkte fallen würden, wenn keine intrapersonellen Belastungsunterschiede vorhanden wären. Blau eingezeichnet ist die Differenz des Mittelwertes aus Test 1 zum Mittelwert aus Test 2 und blau gestrichelt eingezeichnet ist der Variationskoeffizient ( $TE\%$ ). Er beschreibt wie stark die Belastung von der Differenz typischerweise abweicht, die bei einem SSG Test-Retest entsteht, und wird in Prozent zum Mittelwert angegeben.

Zusätzlich wird die Korrelation zwischen dem ersten und dem zweiten Test angegeben.

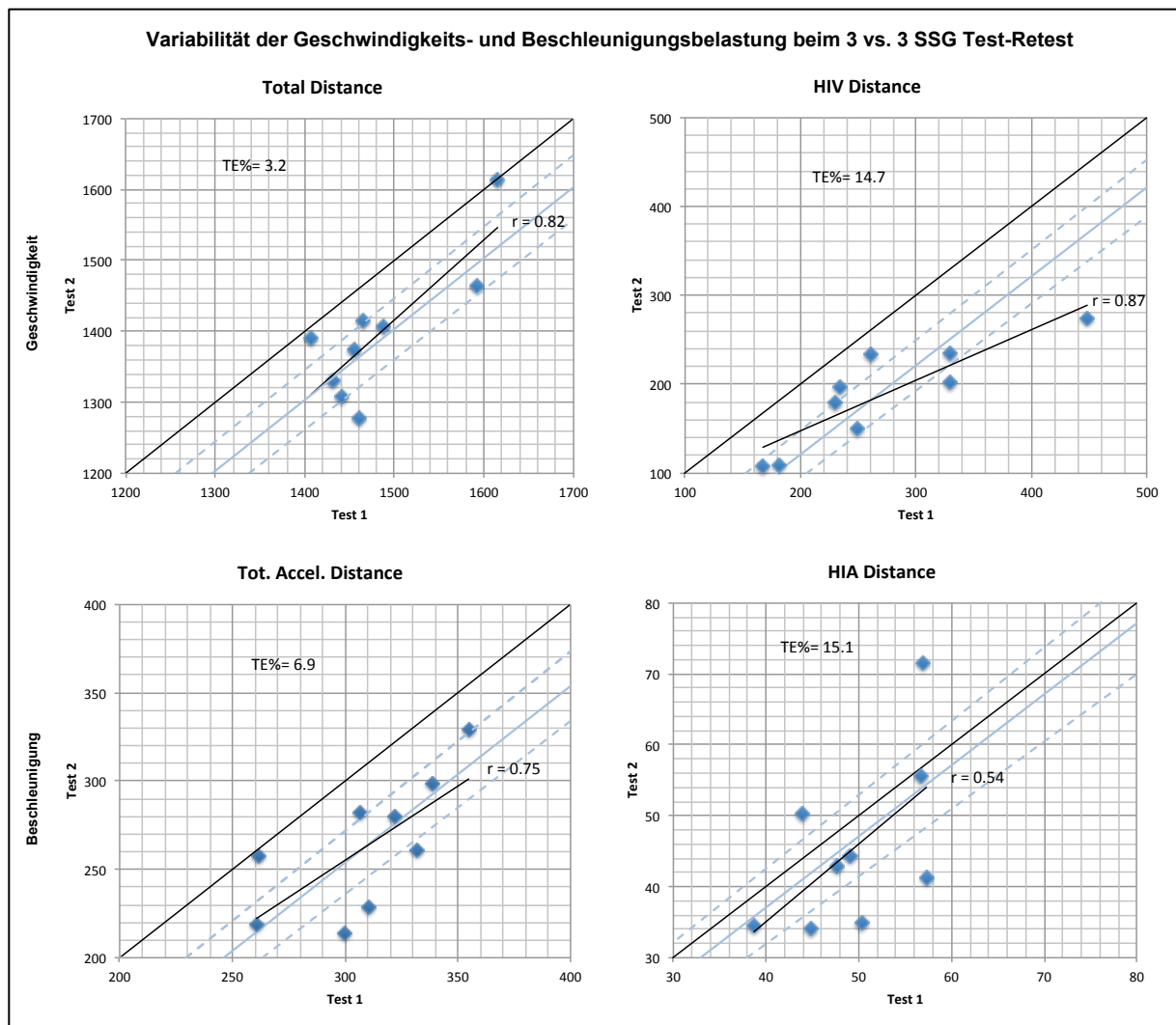


Abb. 3: Variabilität der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbelastung bei 3 vs. 3 SSG Test-Retest (Punktwolke = Belastung aller Probanden bei Test 1 und 2, Schwarze Linie = Mittelwert der Belastung aus Test 1 und 2, blaue Linie = Mittelwert der Differenz, blau gestrichelte Linien = der Variationskoeffizient TE% und  $r$  = Pearson Korrelationskoeffizient)

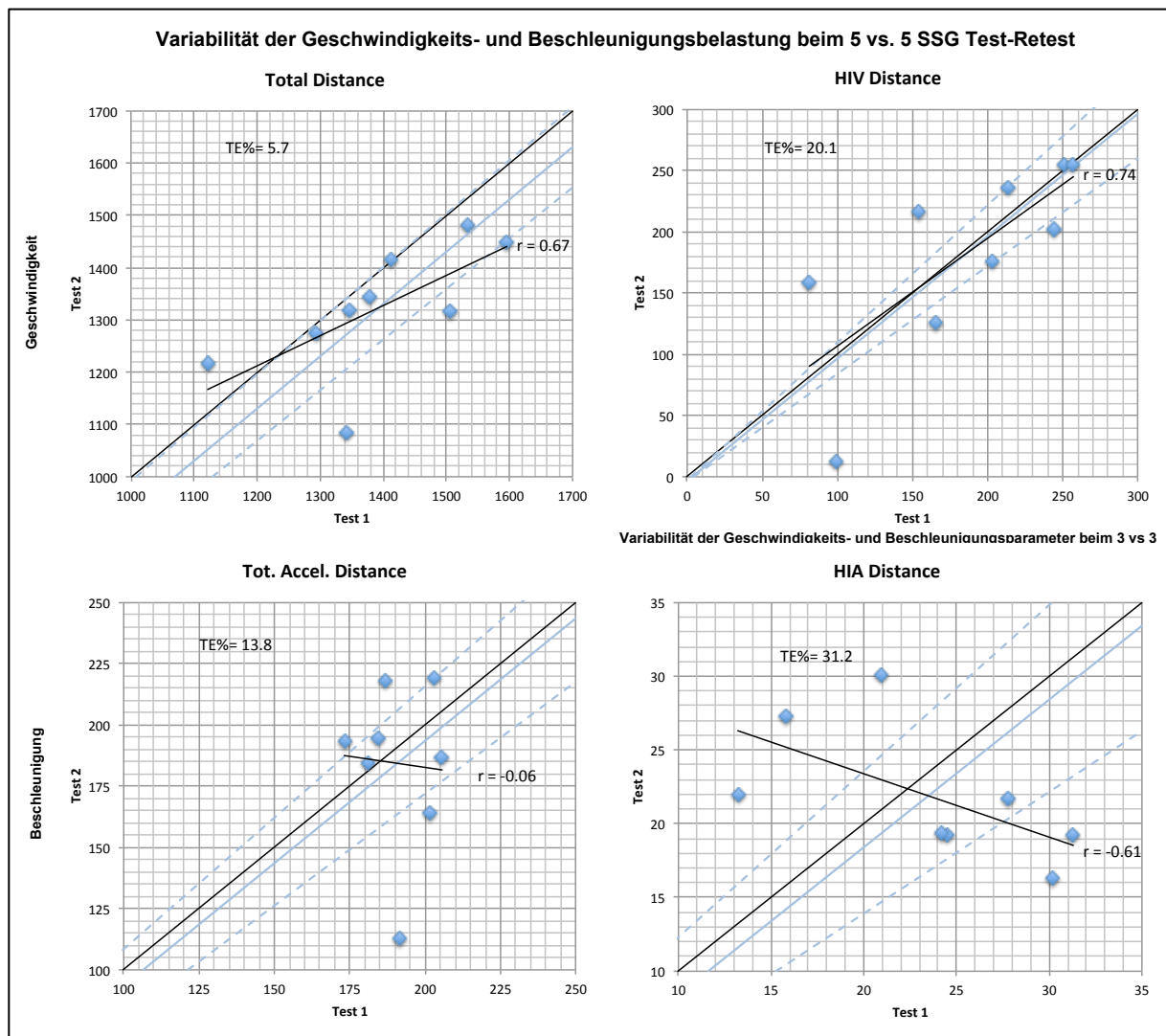


Abb. 4: Variabilität der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbelastung bei 5 vs. 5 SSG Test-Retest (Punktwolke = Belastung aller Probanden bei Test 1 und 2, Schwarze Linie = Mittelwert der Belastung aus Test 1 und 2, blaue Linie = Mittelwert der Differenz, blau gestrichelte Linien = der Variationskoeffizient TE% und  $r$  = Pearson Korrelationskoeffizient)

Grafik 3 und 4 zeigt, dass die Gruppenhomogenität als gering einzustufen ist. Gerade bei hochintensiven Belastungen unterscheiden sich die Leistungen der Spieler markant. Dabei beträgt der Belastungsunterschied zwischen dem Spieler mit dem höchsten und dem Spieler mit dem geringsten Anteil an zurückgelegter Distanz - innerhalb hoher Geschwindigkeiten und Beschleunigungen - teilweise mehr als die Hälfte der durchschnittlichen erreichten Belastung in hochintensiven Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbereichen.

Anhand des Korrelationskoeffizienten ist klar erkennbar, dass die Beschleunigungsparameter eine schlechtere Reproduzierbarkeit aufweisen als die zurückgelegten Distanzen. Beim 3 vs. 3 liegt der Korrelationskoeffizient ( $r$ ) der total zurückgelegten Distanz, wie auch bei den high-velocity Distanz über einem Wert von

0.81 und kann somit als reliabel betrachtet werden. Dagegen weist das Spiel 5 vs. 5 eher Tiefe und bei den Beschleunigungsparametern sogar negative Korrelationen auf.

Die Tabelle 7 zeigt eine Übersicht der intrapersonellen Belastungsschwankungen zwischen Test und Retest. Angegeben wird die Differenz der Mittelwerte mit der Standardabweichung (*SD Diff*), der Standardfehler (*TE*) und der Variationskoeffizient (*TE%*) der verschiedenen Belastungsparameter. Variationskoeffizienten welche unter 10% liegen sind unterstrichen und fett dargestellt und deuten auf eine geringfügige Belastungsschwankung hin. Alle welche zwischen 10 und 15% liegen sind fett hervorgehoben und werden als moderat bezeichnet.

Tab. 7: Streuung der Belastungsintensität (Differenz  $\pm$  Standardabweichung [*SD Diff*]; Typical Error [*TE*]; Variationskoeffizient [*TE%*]) bei 3 vs. 3 und 5 vs. 5 SSG

Streuung der Belastungsintensität (N=9)		3 vs. 3				5 vs. 5			
		Differenz	SD Diff	TE	TE%	Differenz	SD Diff	TE	TE%
<i>Geschwindigkeit</i>									
	Tot. Zurückgelegte Dist.	-96.65	64.12	45.34	<b><u>3.17</u></b>	-68.79	108.61	76.80	<b><u>5.66</u></b>
	HIV Distance Varley (>15km/h)	-79.11	45.48	32.16	<b>14.68</b>	-3.41	52.10	36.84	20.06
Distanz in m bei:	Standing (0-0.7 km/h)	0.15	0.19	0.13	28.21	-0.03	0.33	0.23	46.96
	Walking (0.7-7.2 km/h)	34.53	28.81	20.37	<b><u>6.49</u></b>	45.17	45.67	32.29	<b>9.04</b>
	Jogging (7.2-14.4 km/h)	-34.57	50.36	51.79	<b><u>6.21</u></b>	-105.72	128.75	91.04	11.84
	Running (14.4-19.8 km/h)	-77.99	73.24	30.32	<b>11.61</b>	-14.20	63.25	44.72	20.91
	4 High speed running (19.8-25.2 km/h)	-16.62	17.09	12.08	56.45	5.99	16.79	11.87	71.40
	Sprinting (>25.2 km/h)	-2.15	4.32	3.05	284.72	-	-	-	-
<i>Beschleunigung</i>									
	Tot. Accel. Distance	-46.38	4.32	19.63	<b><u>6.85</u></b>	-6.66	36.64	25.91	<b>13.81</b>
	HIA Distance Varley (>2.8m/s <sup>2</sup> )	-2.93	9.98	7.06	15.12	-1.60	10.02	7.09	31.23
Distanz in m bei:	Accel. 1 (2-3 m/s <sup>2</sup> )	-24.88	18.42	13.03	<b><u>7.35</u></b>	-3.60	19.22	13.59	<b>10.89</b>
	Accel. 2 (3-4 m/s <sup>2</sup> )	-12.20	11.06	7.82	<b>10.87</b>	0.37	14.75	10.43	24.08
	Accel. 3 (4-5 m/s <sup>2</sup> )	-4.66	7.26	5.13	19.48	-1.31	5.42	3.84	27.19
	Accel. 4 (5-6 m/s <sup>2</sup> )	-2.70	2.91	2.06	25.58	-0.85	0.99	0.70	18.93
	Accel. 5 (6-7 m/s <sup>2</sup> )	-1.11	1.42	1.00	46.67	-0.78	0.84	0.60	55.16
	Accel. 6 (8-9 m/s <sup>2</sup> )	-0.84	1.08	0.76	103.12	-0.49	0.95	0.67	108.22
	HIA Counts Varley (>2.8 m/s <sup>2</sup> )	-0.09	1.48	1.05	14.98	-2.13	7.40	5.23	30.21
	LVA Counts (>15km/h)	2.78	8.01	5.67	19.57	-1.25	5.60	3.96	25.96
<i>physiologische und psychische Belastung</i>									
	HR	5.24	11.77	8.32	<b><u>5.06</u></b>	-8.92	7.77	5.50	<b><u>3.22</u></b>
	Borg	-0.30	1.36	0.96	<b><u>6.13</u></b>	0.11	0.87	0.61	<b><u>4.40</u></b>

Anmerkung: Variationskoeffizienten <10% sind unterstrichen und fett, alle welche unter 15% sind fett hervorgehoben

Auffallend ist, dass der Variabilitätskoeffizient mit zunehmender Intensität der Belastung ansteigt. So liegt  $TE\%$  beim Gehen und Joggen, wie auch bei niedrigen Beschleunigungen, unter zehn Prozent. Beim Laufen (Running) steigt er auf 12-21% und bei sehr schneller Fortbewegung (high speed running) sogar auf über 50% an.

Tabelle 8 zeigt wie die Variabilität und die Reproduzierbarkeit der verschiedenen Belastungsparameter zu beurteilen sind ist. Dafür wird Der Variationskoeffizient, welcher als Ausdruck für die Messgenauigkeit oder auch Messsensibilität herangezogen wird, mittels der vordefinierten Richtwerte beurteilt.  $TE\% > 10$  gilt als eine geringe,  $TE\% = 10-15$  als eine moderate und  $TE\% > 15$  als eine grosse Variabilität. Die Reproduzierbarkeit wird durch das Auftreten von Mittelwertunterschieden gewertet. Treten keine signifikante Unterschiede auf, wird mit „Ja“ gewertet. Das heisst die Testform ist reproduzierbar. Ein „nein“ bedeutet, dass systematische Veränderungen der Belastung eingetreten sind und die Belastung deshalb nicht als reproduzierbar gilt. Die Pfeile zeigen eine Zunahme (↑) oder eine Abnahme (↓) der Belastung auf, falls signifikante Mittelwertunterschiede eingetreten sind.

Tab. 8: Reliabilitätsbeurteilung der SSG-Formen anhand des Variabilitätskoeffizienten (Mass für die Messgenauigkeit / Messsensibilität) und der Mittelwertunterschiede (Reproduzierbarkeit)

Reliabilitätsbeurteilung der SSG Formen		3 vs. 3		5 vs. 5	
		Variabilität (als Mass für Messfehler / Messsensibilität)	Reproduzierbarkeit (Belastungs Zu- oder Abnahmen)	Variabilität (als Mass für Messfehler / Messsensibilität)	Reproduzierbarkeit (Belastungs Zu- oder Abnahmen)
Geschwindigkeit					
Distanz in m bei:	Tot. Zurückgelegte Dist.	gering	nein ↓	gering	ja
	HIV Distance Varley (>15km/h)	moderat	nein ↓	gross	ja
	Standing (0-0.7 km/h)	gross	nein ↑	gross	ja
	Walking (0.7-7.2 km/h)	gering	nein ↑	gering	nein ↑
	Jogging (7.2-14.4 km/h)	gering	ja	moderat	nein ↓
	Running (14.4-19.8 km/h)	moderat	nein ↓	gross	ja
	5 High speed running (19.8-25.2 km/h)	gross	nein ↓	gross	ja
	Sprinting (>25.2 km/h)	gross	ja	-	-
Beschleunigung					
Distanz in m bei:	Tot. Accel. Distance	gering	nein ↓	moderat	ja
	HIA Distance Varley (>2.8m/s <sup>2</sup> )	gross	ja	gross	ja
	Accel. 1 (2-3 m/s <sup>2</sup> )	gering	nein ↓	moderat	ja
	Accel. 2 (3-4 m/s <sup>2</sup> )	moderat	nein ↓	gross	ja
	Accel. 3 (4-5 m/s <sup>2</sup> )	gross	ja	gross	ja
	Accel. 4 (5-6 m/s <sup>2</sup> )	gross	nein ↓	gross	nein ↓
	Accel. 5 (6-7 m/s <sup>2</sup> )	gross	nein ↓	gross	nein ↓
	Accel. 6 (8-9 m/s <sup>2</sup> )	gross	nein ↓	gross	ja
	HIA Counts Varley (>2.8 m/s <sup>2</sup> )	moderat	ja	gross	ja
	LVA Counts (>15km/h)	gross	ja	gross	ja
physiologische und psychische Belastung					
HR	gut	ja	gering	ja	
Borg	gut	ja	gering	ja	

Anmerkung: Die Variabilität wird in drei Kategorien unterteilt, wobei gering (TE%> 10) als ausreichende, moderat (TE%=10-15) als mangelhafte und gross (TE%> 15) als unzureichende Messgenauigkeit beurteilt werden kann. Die Reproduzierbarkeit wird mit ja (ist gegeben) oder nein (ist nicht gegeben) gewertet. Die Pfeile zeigen eine Zunahme (↑) oder eine Abnahme (↓) der Belastung auf, wenn die Reproduzierbarkeit mit nicht gegeben ist.

## 5.1 Spielvergleich (3 vs. 3 mit 5 vs. 5 SSG)

Im Spielvergleich wird erst die Belastung anhand verschiedener Belastungsparameter verglichen. Anschliessend wird die Belastungsvariabilität des 3 vs. 3 SSG der Belastungsvariabilität des 5 vs. 5 gegenübergestellt.

### 5.1.1 Belastungsvergleich von 3 vs. 3 mit 5 vs. 5 SSG

Die Abbildung 5 zeigt wie sich die gesamte und die hochintensive Belastung der Spielform 3 vs. 3 von der Spielform 5 vs. 5 unterscheidet. Dargestellt werden die Mittelwerte  $\pm$  SD der jeweiligen SSG-Form. Signifikante Unterschiede werden durch einen Stern gekennzeichnet.

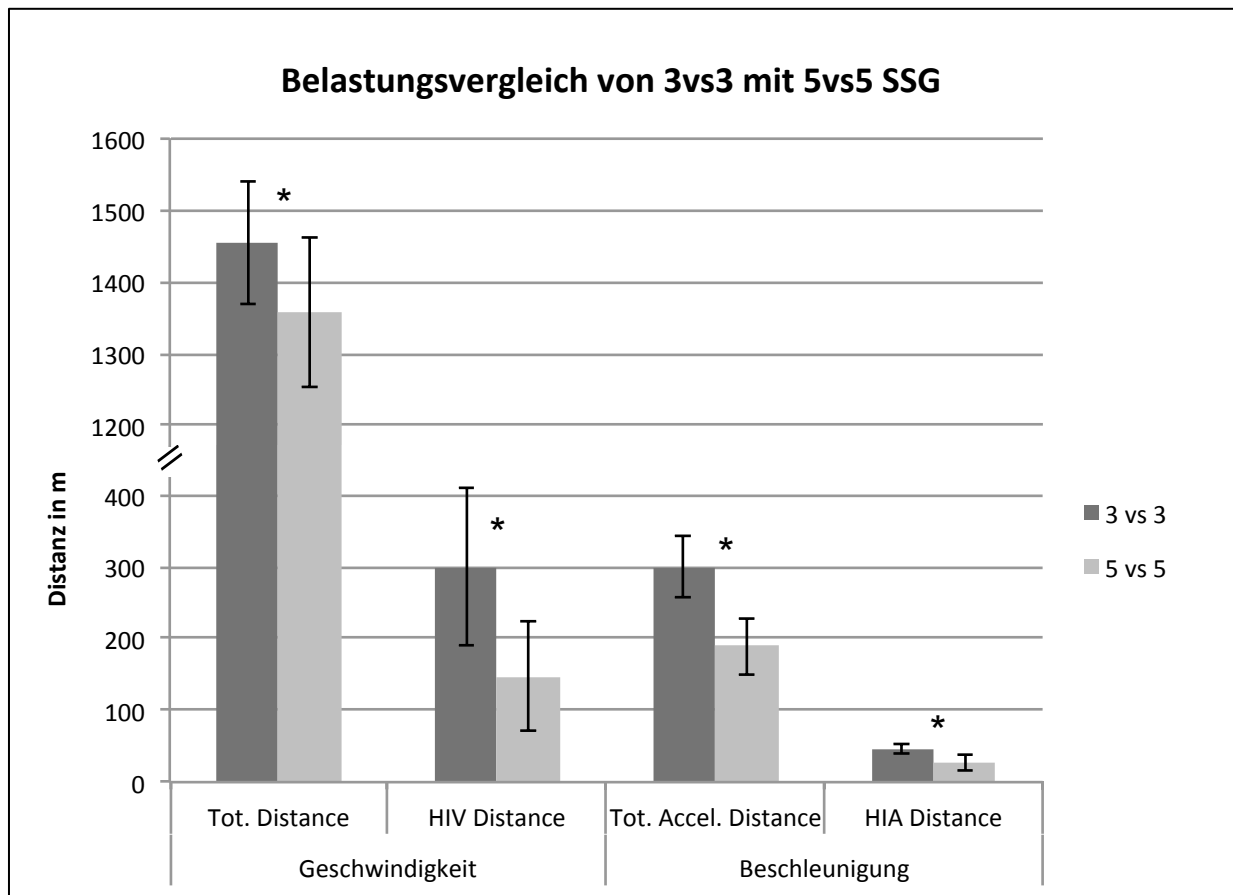


Abb. 5: Spielvergleich von 3 vs. 3 mit 5 vs. 5 SSG anhand der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbelastung (Tot. Distance= total zurückgelegte Distanz, HIV Distance= High Intensity Velocity Distance, Tot. Accel. Distance= Total zurückgelegte Distanz bei Beschleunigungen, HIA Distance= High Intensiv Acceleration Distance, \* =  $p < 0.05$ )

Aus der Abbildung 5 wird ersichtlich, dass das 3 vs. 3 SSG die Spieler signifikant mehr und intensiver belastet als das SSG 5 vs. 5.



Die Tabelle 9 zeigt eine Übersicht aller Belastungsparameter. Dargestellt wird die Belastung anhand der Mittelwerte  $\pm SD$  und deren Differenz als absolute und prozentuale Angabe. Als statistische Kenngrößen ist das Signifikanzniveau ( $p$ ) und die Effektstärke ( $ES$ ) aufgeführt.

Mittelwertunterschiede, welche statistisch signifikant ( $p < 0.05$ ) sind, werden in der Tabelle hervorgehoben. Ebenfalls werden alle Effektstärken, welche grösser als 0.8 sind und somit einen moderaten bis starken Effekt kennzeichnen, fett hervorgehoben.

Tab. 9: Übersicht der Statistische Kenngrößen im Spielvergleich 3 vs. 3 mit 5 vs. 5 (Mittelwert MW und Standardabweichung SD, absolute und prozentuale Differenz,  $p$  gepaarter  $t$ -Test, Effektstärke ES)

Belastungsvergleich 3vs.3 mit 5vs.5 (N=12)		3 vs. 3		5 vs. 5		Differenz		Kenngrößen	
		MW	SD	MW	SD	absolut	in %	$p$	ES
<i>Geschwindigkeit</i>									
	Tot. Zurückgelegte Dist.	1453.83	84.67	1358.18	105.05	-95.65	-6.58	<b>0.04</b>	<b>1.00</b>
	HIV Distance Varley (>15km/h)	230.60	109.68	146.72	76.05	-83.88	-36.37	<b>0.01</b>	<b>0.89</b>
Distanz in m bei:	Standing (0-0.7 km/h)	0.39	0.13	0.57	0.31	0.18	44.61	0.11	0.74
	Walking (0.7-7.2 km/h)	305.17	35.02	339.92	39.44	34.75	11.39	<b>0.04</b>	<b>0.93</b>
	Jogging (7.2-14.4 km/h)	860.17	97.80	828.79	114.32	-31.38	-3.65	0.46	0.30
	Running (14.4-19.8 km/h)	264.00	104.07	177.31	81.44	-86.69	-32.84	<b>0.01</b>	<b>0.93</b>
	High speed running (19.8-25.2 km/h)	23.38	16.76	11.08	13.30	-12.30	-52.62	0.06	<b>0.81</b>
	Sprinting (>25.2 km/h)	0.72	2.01	0.51	1.77	-0.21	-29.26	0.80	0.11
<i>Beschleunigung</i>									
	Tot.Accel. Distance	300.07	42.48	188.83	39.20	-111.25	-37.07	<b>0.00</b>	<b>2.72</b>
	HIV Distance Varley (>2.8m/s <sup>2</sup> )	47.17	7.21	26.43	10.09	-20.74	-43.98	<b>0.00</b>	<b>2.36</b>
Distanz in m bei:	Accel. 1 (2-3 m/s <sup>2</sup> )	184.97	24.13	125.13	20.31	-59.84	-32.35	<b>0.00</b>	<b>2.68</b>
	Accel. 2 (3-4 m/s <sup>2</sup> )	75.12	12.40	42.95	13.40	-32.17	-42.83	<b>0.00</b>	<b>2.49</b>
	Accel. 3 (4-5 m/s <sup>2</sup> )	27.15	5.46	14.37	5.97	-12.78	-47.07	<b>0.00</b>	<b>2.23</b>
	Accel. 4 (5-6 m/s <sup>2</sup> )	9.00	3.32	4.38	2.96	-4.62	-51.35	<b>0.00</b>	<b>1.47</b>
	Accel. 5 (6-7 m/s <sup>2</sup> )	2.70	1.42	1.41	1.37	-1.29	-47.68	<b>0.01</b>	<b>0.92</b>
	Accel. 6 (8-9 m/s <sup>2</sup> )	1.14	0.81	0.59	0.44	-0.55	-47.99	<b>0.03</b>	<b>0.84</b>
	HIA Counts (>2.8m/s <sup>2</sup> )	34.08	3.75	21.50	7.42	-12.58	-36.92	<b>0.00</b>	<b>2.14</b>
	LVA Counts (>2.8m/s <sup>2</sup> <15km/h)	26.50	3.75	18.92	6.63	-7.58	-28.62	<b>0.02</b>	<b>1.41</b>
<i>physiologische und psychische Belastung</i>									
	HR	167.33	14.93	132.75	80.38	-34.58	-20.67	0.18	0.60
	Borg	15.77	1.20	13.72	1.37	-2.04	-12.97	<b>0.00</b>	<b>1.59</b>

Anmerkungen: statistisch signifikante Unterschiede ( $p < 0.05$ ) und Effektstärken welche einen moderaten bis grossen Effekt kennzeichnen ( $ES < 0.8$ ) sind Fett hervorgehoben

Die Belastung ist beim 3 vs. 3 signifikant höher als beim 5 vs. 5. In den meisten Fällen ist die Effektstärke grösser als 0.8 und gilt somit als moderat bis gross.

Besonders markant sind die Unterschiede der Beschleunigungsbelastungen. Die Differenzen aller Beschleunigungsparameter liegen deutlich über 30%, sind signifikant und weisen eine Effektstärke über 0.8 auf.

Die Geschwindigkeitsparameter zeigen, dass die Spieler beim SSG Format 3 vs. 3 mehr gerannt sind. Jedoch wurde beim 5 vs. 5 SSG weitere Distanzen durch Gehen zurückgelegt. Die Totale Distanz weist dementsprechend eine vergleichsweise kleine Differenz von 6% auf.

Anhand des Borg-Wertes ist ebenfalls zu erkennen, dass die Spieler das 3 vs. 3 als anstrengender empfunden haben als das 5 vs. 5 SSG.

#### 5.1.2 Reliabilitätsvergleich verschiedener Belastungsparameter von 3 vs. 3 mit 5 vs. 5 SSG.

In der Tabelle 7 dargestellten Übersicht über die Streuung der Belastungsintensität ist herauszulesen, dass alle physischen Belastungsparameter beim 3 vs. 3 eine geringere Belastungsvariabilität als das 5 vs. 5 SSG aufweisen. Lediglich die Herzfrequenz und das Belastungsempfinden variieren beim 3 vs. 3 mehr als beim 5 vs. 5.

Betrachtet man die Reliabilitätsbewertung (Tabelle 8) fällt auf, dass die Messparameter beim 3 vs. 3 SSG öfter systematische Fehler aufweisen – sprich nicht reproduzierbar sind – als beim 5 vs. 5. Andererseits zeigt die Bewertung der Variabilität ( $TE\%$ ), dass weniger der Parameter eine grosse Variabilität aufweisen als es beim 5 vs. 5 der Fall ist.

Die Belastungswerte aus dem Test und dem Retest korrelieren beim 3 vs. 3 deutlich stärker als beim 5 vs. 5 SSG (siehe Abb. 3 und 4).

Aus diesen Beobachtungen lässt sich zusammenfassen, dass das 3 vs. 3 SSG eine geringere Belastungsvariabilität (höhere Messgenauigkeit), jedoch eine schlechtere Reproduzierbarkeit (Mittelwertunterschiede von Test und Retest) aufweist, als das 5 vs. 5 SSG.

## 6 Diskussion

Die Diskussion wird anhand der Fragestellungen geführt. Erst wird die Frage nach der Reliabilität beantwortet und dann werden die Messergebnisse aus dem Spielvergleich diskutiert. In zwei weiteren Abschnitten werden die Resultate mit den Erkenntnissen aus der Literatur verglichen und die Schwachpunkte der Forschungsarbeit aufgezeigt.

### 6.1 Reliabilität des 3 vs. 3 respektive 5 vs. 5 Testdesign

#### 6.1.1 Mittelwertunterschiede

Viele der erfassten Parameter weisen signifikante Mittelwertunterschiede auf (siehe Tabelle 8). Dabei hat die Belastung abgenommen. Dies ist einerseits durch die geringere Gesamtleistung und durch die Abnahme der Belastungsintensität erkennbar. Verschiedene Ursachen könnten für diese Veränderung verantwortlich sein. Laut Hopkins (2000) lassen sie sich in zwei verschiedene Kategorien einordnen. Zufallsfehler (random error) und systematische Fehler (systematic bias). Zufällige Mittelwertunterschiede entstehen durch Messungenauigkeiten, welche durch die Variabilität der Stichprobenentnahme bei den einzelnen Probanden entstehen. In dieser Studie könnten der stochastische Spielcharakter, Schwankungen in der Tagesform der Spieler oder die Messungenauigkeit des LPM verantwortlich für solche Zufallsfehler sein (siehe Abbildung 6). Gemessen wird er anhand des Variabilitätskoeffizienten (TE%). Je mehr Messwiederholungen stattfinden, desto geringer werden die Messungenauigkeiten und somit auch die Mittelwertunterschiede, welche durch diese Zufallsfehler entstehen.

Systematische Fehler sind Mittelwertunterschiede zwischen dem Test und dem Retest, welche nicht durch Zufall, sondern häufig durch Lerneffekte oder durch Ermüdung entstehen und bei allen Probanden gleichermassen auftreten. Die genannten Gründe werden für diese Studie nicht in Erwägung gezogen. Belastungsabnahmen werden eher durch Motivationsverluste, den gesunkenen Trainingsstand der Probanden sowie durch äussere Einflussfaktoren, wie das Wetter

erklärt. In Abbildung 6 werden die verschiedenen Erklärungsansätze noch genauer beschrieben.

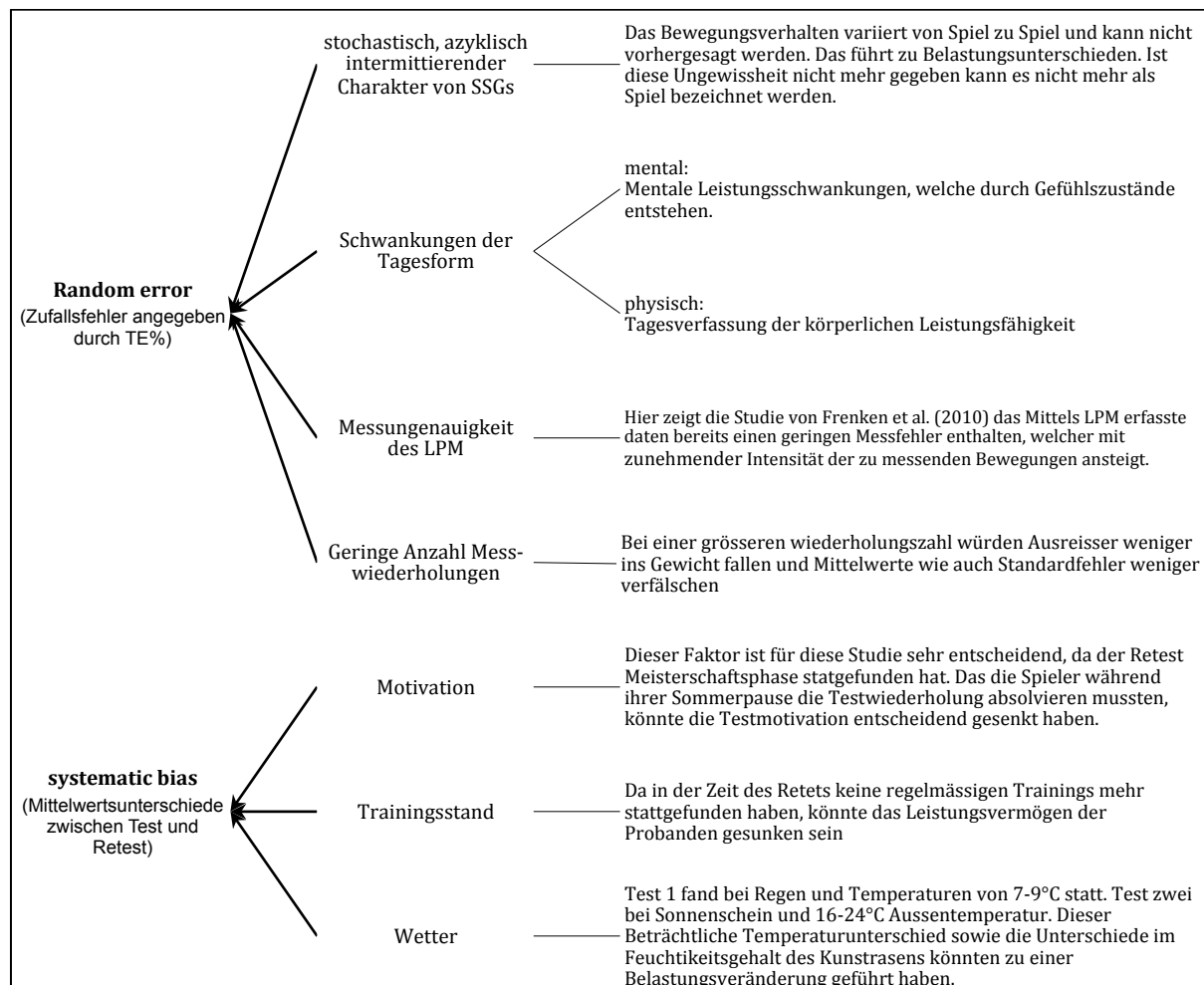


Abb. 6: Übersicht aller möglichen Faktoren, welche sich auf die Messfehler random error (Zufallsfehler) und sysematic error (Mittelwertunterschiede) auswirken.

Wie stark sich diese Faktoren (siehe Abbildung 6) auf die Resultate auswirkten, kann nicht gesagt werden. Laut Hopkins (2000) ist es unvermeidbar, dass sich diese unerwünschten Einflussfaktoren vermischen. So sind auch in dieser Studie Schwankungen in der Tagesform der Spieler oder der stochastische Spielcharakter der SSGs, nicht klar von der Messungenauigkeit des LPM trennbar. Ebenfalls ist schwer zu unterscheiden, aus welchen Gründen systematische Fehler eingetreten sind. Bekannt sind lediglich der Zufallsfehler (TE) und die Differenz der Mittelwerte, welche die Höhe der Belastungsabnahme anzeigt.

Als stärkster Einflussfaktor wird die fehlende Testmotivation vermutet. Da der Retest während der Sommerpause stattgefunden hat.

### 6.1.2 Variabilität

Die intrapersonelle Varianz ist laut Hopkins (2000) die bedeutendste Messgrösse der Reliabilität. Je weniger die Belastung bei den Probanden variiert, desto einfacher ist es Leistungsveränderungen festzustellen.

Die Resultate zeigen, dass die Belastungsvariabilität, gemessen anhand des Variationskoeffizienten zwischen den Leistungsparameter stark variiert (siehe Tabelle 7 und 8). Allgemein wurde festgestellt, dass die Variabilität von der Belastungsintensität abhängt. Je höher die Intensität des Leistungsparameters ist, desto höher ist auch die Variabilität. Der Grund für diese Abhängigkeit ist durch einen logischen Zusammenhang erklärbar. Bei steigender Bewegungsintensität sinkt der Anteil der zurückgelegten Distanz an der gesamthaft zurückgelegter Strecke, die im Spiel gemessen wurde. Das heisst, hochintensive Bewegungen kommen seltener vor. Die Konsequenz daraus ist ein Anstieg der Variabilität. Als Veranschaulichungsbeispiel kann folgende Situation genommen werden.

Es läuft ein Spieler einen lang geschlagenen Pass und überquert dabei mit hoher Geschwindigkeit zwei Drittel des Spielfeldes, hat er bereits das Vielfache der zurückgelegten Distanz innerhalb hoher Geschwindigkeiten erreicht, die er normalerweise in Spielen erreichte, in denen ein solcher Sprint nicht erforderlich war. Somit gilt er als Ausreisser. Je seltener also Situationen vorkommen, desto eher wird die Belastungsdifferenz zwischen den Spielen von solchen Ausreissern bestimmt. Das verfälscht das Belastungsmittel und erhöht die Variabilität.

Dieser Anstieg der Variabilität wird durch den Messfehler des LPM noch verstärkt, da die Messungenauigkeit bei hohen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen ebenfalls ansteigt.

Die Gesamtdistanzen und zurückgelegte Distanzen in niedrigen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbereichen werden von diesen Ausreissern weniger verfälscht und weisen eine deutlich geringere Variabilität auf.

Allerdings wird ihnen laut Tschan et al. (2001) nur eine geringere Aussagekraft zugeschrieben. Diese Aussage beruht darauf, dass sich Elitespieler nicht durch die Gesamtdistanzen, sondern durch die hochintensiven Spielanteile unterscheiden lassen.

## 6.2 Unterschiede zwischen dem 3 vs. 3 und dem 5 vs. 5 SSG.

SSG zeigte eine höhere Gesamtbelastung und war intensiver als das 5 vs. 5 SSG. Ebenfalls unterscheiden sich die beiden Formen bezüglich der Reliabilität. Dabei zeigen die Ergebnisse, dass das 5 vs. 5 SSG besser reproduziert werden konnte, sprich weniger Belastungsunterschiede zwischen dem Test und dem Retest aufweist und die Belastungsvariabilität höher ist als beim 3 vs. 3 SSG. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Erfahrungen aus der Studie von Hill-Haas et al. (2007).

Der Variabilitätskoeffizient ist laut Hopkins (2000) auch ein Mass für die Messsensibilität. Dementsprechend könnte die hohe Belastungsvariabilität im 5 vs. 5 SSG möglicherweise dafür verantwortlich gewesen sein, dass keine Belastungsabnahme –ähnlich der aus dem 3 vs. 3 Test-Retest – registriert wurde. Die Zunahme gehender und die Abnahme joggender Fortbewegung ist ein Hinweis dafür, dass auch beim 5 vs. 5 eine ähnliche Belastungsabnahme stattgefunden hat. Ebenfalls deuten die Abnahmen hoher Beschleunigungen im SSG Retest auf eine Intensitätsveränderung hin.

Wie im Kapitel 1.2.3 erwähnt, bleiben den Spielern mehr taktische Möglichkeiten offen, wenn mit 5 Feldspielern gespielt wird, als wenn nur 3 Feldspielern pro Mannschaft spielen. Das lässt den Spielern auch einen grösseren Spielraum, sich etwas zurückzunehmen, ohne dass der Spielausgang davon betroffen wird. Dieser verminderte Zwang Einsatz zu geben könnte sich möglicherweise auch auf die Variabilität ausgewirkt haben, da vermehrt die Eigenmotivation gefragt ist. Die mentale Tagesverfassung könnte sich so verstärkt auf die Leistung ausgewirkt haben.

## 6.4 Vergleich der Resultate mit Erkenntnissen aus der Literatur

### 6.4.1 Anhand der Resultate aus der Reliabilitätsprüfung

Der erwähnte Anstieg der Variabilität bei zunehmender Belastungsintensität wurde auch in anderen Studien beobachtet (Hill-Haas et al., 2007, 2008).

Eine weitere Übereinstimmung mit Reliabilitätsstudien besteht bei der Belastungsmessung anhand der Herzfrequenz und des Belastungsempfindens. Beide Parameter wiesen auch in anderen Studien eine geringe Variabilität auf (Hill-Haas et al., 2007, 2008; Rampinini et al., 2007 b).

Leider lässt sich keine der Studien, welche SSGs anhand der physischen Belastungsparameter untersucht haben, direkt mit den Resultaten vergleichen. Um dennoch einen Anhaltspunkt über die Belastungsvariabilität zu erhalten werden in Tabelle 10 die Resultate den Resultaten aus vergleichbaren Reliabilitätsstudien dargestellt.

*Tab. 10: Vergleich der Variabilitätswerte mit vorhergehenden Reliabilitätsstudien anhand verschiedener Belastungsparameter*

Belastungsparameter		vorliegende Studie		Vergleichsstudie 1 (Hill-Haas et al., 2007)			Vergleichsstudie 2 (Hill-Haas et al., 2008)
		3 vs. 3	5 vs. 5	2 vs. 2	4 vs. 4	6 vs. 6	4 vs. 4
Total Distance	TE	45	77	57	124	176	89
	TE%	3.2	5.7	2.2	4.6	6.4	3
Low velocity Distance (0.7-7.2/0-6,9 /0-6.9km/h)	TE	20	32	39.8	38.5	40.2	40
	TE%	6.5	9.0	3.4	3.4	3.5	3
Running Distance (14.4-19.8/13-15.9km/h)	TE	30	45	38.3	42.1	63	-
	TE%	11.6	20.9	14.4	14.4	21.0	-
High speed running Distance (19.8-25.2/ >18 / >18km/h)	TE	12	12	12.5	25.5	25.9	25
	TE%	56.5	71.4	25.7	32.5	31.3	38
RPE	TE	1	0.6	0.8	1.4	0.8	1
	TE%	6.1	4.4	5.9	12.2	7.4	10

*Anmerkung: Der Versuchsaufbau der beiden Vergleichsstudien wird in Kapitel 1.2.8 beschrieben und ist nicht vollständig mit dem Versuchsaufbau der vorliegenden Studie kongruent.*

Die Gegenüberstellungen aus Tabelle 8 zeigen, dass sich die Variabilitätswerte durchaus mit denen vorhergehender Studien vergleichen lassen.

In der Diskussion der Vergleichsstudien wird erwähnt, dass die grosse Variabilität bei hohen Geschwindigkeiten durch die geringe Abtastfrequenz des GPS entstanden sein könnte. Da in dieser Studie die Abtastrate von 50Hz um das 5 fache höher war

als bei den Vergleichsstudien und dennoch ähnlich hohe Variabilitäten aufweist, widerspricht dieser Vermutung.

#### 6.4.2 Anhand der Resultate aus dem Spielvergleich

Das 3 vs. 3 SSG zeigte eine höhere Gesamtbelastung und war intensiver als das 5 vs. 5 SSG. Dies zeigen auch zahlreiche Studien, welche die Belastung bei Anzahl Spieler SSG-Formate miteinander verglichen haben (Hill-Haas et al., 2009 b; Little & Williams, 2007; Owen et al., 2004; Rampinini et al., 2007 b).

Um ungefähre Vergleichswerte für die Belastungsgrößen zu erhalten, werden in Tabelle 11 die Resultate mit denen vergleichbarer Studien gegenübergestellt. Weil die verschiedenen Studien in der Spiel- und Pausendauer variieren, werden die Angaben der verschiedenen Belastungsparameter als durchschnittliche Belastung pro Spielminute angegeben.

Tab. 11: Gegenüberstellung der Belastung vergleichbarer Studien anhand der zurückgelegten Distanz in [m] welche durchschnittlich während einer Spielminute zurückgelegt wird. Aufgezeigt anhand verschiedener Geschwindigkeitsparameter

Belastungsparameter	vorliegende Studie		Dellal et al. (2011)	Dellal et al. (2012)	Casamichana and Castellano (2010)
	3 vs. 3	5 vs. 5	3 vs.3	3 vs. 3	5 vs. 5
Total Distance	145.4	135.8	167.8	177.8	113.0
Walking Distance	30.5	33.9	-	-	48.8
Jogging Distance	86.0	82.9	-	-	41.1
Running Distance	26.4	17.7	35.2	39.5	19.4
High speed running Distance	2.3	1.1	26.3	29.5	3.6
RPE	Borg 6-20	Borg 6-20	Borg CR 10	Borg CR 10	-
	15.7	13.7	7.5	7.6	
Alle Angaben wurden in zurückgelegte Distanz in [m] pro Spielminute umgerechnet	siehe Kapitel 2.2		Spielzeit 12' intermittierend auf 75m <sup>2</sup> Spielfläche pro Spieler	Spielzeit 12' intermittierend auf 75m <sup>2</sup> Spielfläche pro Spieler	Spielzeit 8' kontinuierlich auf 125m <sup>2</sup> Spielfläche pro Spieler
			Ballhalten ohne Berührungseinschränkung	Ballhalten ( 2-Touch Regel)	Spiel mit Torwart
			Professionellen Fussballspielern	professionelle Fussballspielern	

Anmerkung: Die Belastungsparameter sowie das Spieldesign unterscheiden sich leicht zwischen den verschiedenen Studien. Die Geschwindigkeitsparameter sind deshalb nur als ungefähre Angaben zu verstehen.

Die in Tabelle 11 aufgeführten Vergleichsstudien unterscheiden sich in verschiedenen Punkten vom Versuchsaufbau der vorliegenden Studie. Die



markantesten Unterschiede sind in der Probandenwahl (U24-16 Spieler und Elitespieler) und in der Aufgabenstellung (Ballhalten vs. Tore erzielen) zu finden. Trotz-, oder gerade wegen diesen Unterschieden lassen sich einige interessante Vergleiche anstellen.

Beispielsweise zeigt der Vergleich des 3 vs. 3 SSG, wie gross die Leistungsunterschiede zwischen den U14-16 Spielern und Elitespielern sind. Besonders auffallend sind die Leistungsunterschiede bei Parametern mit hoher Intensivität. Dies wirkt sich nicht nur auf die gemessene Belastung, sondern auch auf deren Variabilität aus. Die Vergleichsstudien in Tabelle 10 zeigen, dass die Variabilitätskoeffizienten hochintensiver Belastungsparameter deutlich kleiner sind als in der vorliegenden Studie. Demnach ist anzunehmen, dass Spieler mit einem höheren Leistungsniveau intensiver belastbar sind und eine geringere Variabilität hochintensiver Belastungen während SSGs aufweisen.

Ebenfalls interessant ist der Vergleich der Messungen mit den Resultaten aus der Studie von Casmichana und Castellano (2010). Dabei ist die Gesamtbelastung des 5 vs. 5 SSG beider Studien in etwa gleich hoch, jedoch anders verteilt. Die Resultate zeigen, dass die Spieler in der Studie von Casamichana und Castellano (2010) nur etwa halb so viel Gejoggt dafür mehr Gegangen sind. Es ist anzunehmen, dass die unterschiedliche Aufgabestellung (Ballhalten und Tore erzielen) oder die Präsenz des Torhüters zu diesem Unterschied geführt hat.

## 6.5 Schwachpunkte der Forschungsarbeit

Die grösste Kritik am Forschungsdesign ist, dass die Messtage zu weit auseinander lagen. Drei Wochen vergingen zwischen dem Test und dem Retest. Dies hatte zur Folge, dass die Meisterschaft beim Retest bereits zu Ende war. Weil es durch die schlechte Zeitwahl keinen eigentlichen Grund gab zu trainieren, war die Testmotivation sehr gering. Einige der Spieler wussten, dass sie nach der Sommerpause in einem anderen Club spielen werden, andere wechselten in eine höhere Spielklasse. Diese fehlende Testmotivation wird als wahrscheinlichste Begründung für die Leistungsabnahmen im Retest angesehen. Hier wäre es sinnvoll gewesen die Testmotivation der Probanden zu erfragen. Damit hätte eventuell der Zusammenhang zwischen der Testmotivation und der Leistungsfähigkeit gemessen werden können.

Eine weitere kritische Anmerkung gilt der Reliabilitätsbewertung. Dabei ist vorwiegend die Definition der Messgenauigkeit zu unspezifisch. Die in der Studie verwendete Abstufung der Messgenauigkeit nimmt keinen Bezug auf den Verwendungszweck der Leistungsbestimmung. Folgende Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Wird das SSG verwendet um die Leistungssteigerung im Training zu protokollieren, sollte der typische Fehler geringer ausfallen, da auch minime Leistungssteigerungen erkannt werden möchten.

Werden SSG verwendet um Leistungsunterschiede zwischen verschiedenen Spielklassen (vergl. U 14 mit U16) zu messen, werden eher grosse Differenzen erwartet. Dementsprechend grösser darf die Messungenauigkeit (TE%) sein, um diese Leistungsunterschiede zu erkennen.

Wird die SSG-Form als Richtwert verwendet, beispielsweise als Aufnahmekriterium für eine Auswahlmannschaft, wäre ebenfalls eine etwas grössere Belastungsvariabilität akzeptierbar.

Eine bessere Abstufung war jedoch aufgrund fehlender Erfahrungswerte nicht möglich.

Um die Aussagekraft der Resultate zu erhöhen, müssten noch weitere Messdaten gesammelt werden. In dieser Studie wurden lediglich 9 Probanden für die Reliabilitätsstudie und 12 Probanden für den Belastungsvergleich untersucht. Ebenfalls waren alle Testpersonen unter sechzehn Jahre alt und haben noch nicht ihr volles Leistungspotential erreicht. Wie im Vergleich mit anderen Studien bemerkt wurde, hängt die Belastungsvariabilität hochintensiver Spielanteile vom Spielniveau ab. Somit kann die entstandene Variabilität nicht auf Spieler anderer Spielklassen übertragen werden.

## 7 Konklusion

Um die Erkenntnisse aus dieser Studie in der Theorie und Praxis umsetzen zu können folgt ein Abschnitt mit praktischen Implikationen und einem Ausblick für die weitere Forschung im Bereich der SSGs.

### 7.1 Praktische Relevanz der Resultate

Das 5 vs. 5 SSG eignet sich nicht als Testform für die Leistungserfassung im Fussball. Hingegen kann das 3 vs. 3 aufgrund der besseren Reproduzierbarkeit und einer geringeren Variabilität als Testform in Betracht gezogen werden. Dabei sollte jedoch auf verschiedene Punkte geachtet werden.

Die Testmotivation ist ein entscheidender Faktor. Trainer und Forscher sollten dies bei der Testdurchführung unbedingt beachten. Dabei können zeitliche Faktoren, wie der Verlauf der aktuellen Meisterschaftsphase, entscheidend sein. Ebenfalls ist zu bedenken, dass äussere Faktoren, wie Witterungsverhältnisse und die Temperatur, das Spiel beeinflussen können.

Ein heikler Punkt ist auch die Messgenauigkeit. Deshalb sollte bei Leistungsmessungen der Messfehler unbedingt berücksichtigt werden. Die Resultate dieser Studie ermöglichen es Trainingsadaptionen oder den gemessenen Leistungstand anhand mit Hilfe des bekannten Messfehlers zu beurteilen. Beträgt eine Leistungssteigerung mehr als der Messfehler, der in dieser Studie gefunden wurde, kann davon ausgegangen werden, dass tatsächlich eine Trainingsadaption stattgefunden hat.

Die Wahl der Leistungsparameter sollte ebenfalls mit Bedacht getroffen werden. Je höher die Intensität der Bewegungen ist, welche gemessen werden soll, desto höher ist auch der Messfehler. Es empfiehlt sich deshalb die Abstufungen der Leistungsparameter in hohen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbereichen möglichst gering zu halten. Die Messungen aus dieser Studie zeigen, dass die Variabilität, der von Varley et al. (2013) definierten Parameter für die Erfassung hochintensiver Spielanteile, als moderat bezeichnet werden können. Ebenfalls weist die gesamthaft zurückgelegte Distanz, einen sehr geringen Messfehler auf und gilt deshalb als sehr genau um die Gesamtbelastung zu erfassen.

Inwiefern sich das 3 vs. 3 SSG-Testdesign als reliabel erweist kann nicht abgeschätzt werden. Erst wenn der genaue Verwendungszweck bekannt ist, sprich Daten über mögliche Leistungssteigerungen oder Leistungsdifferenzen verschiedener Spieler vorhanden sind, kann eine abschliessende Beurteilung der Reliabilität gemacht werden. Dazu bedarf es jedoch weitere Forschungsanstrengungen.

## 7.2 Forschungsausblick

Laut Hopkins (2000) ist es möglich die Messgenauigkeit durch das hinzufügen zusätzlicher Messwiederholungen zu verbessern. Die Anzahl an Messwiederholungen, welche nötig sind um reliabel Leistungsunterschiede messen zu können, kann errechnet werden. Dazu bedarf es Information über die kleinste Leistungsveränderung, die erkannt werden soll. Solche Informationen fehlen leider.

Bekannt ist, dass durch SSGs die Leistungsfähigkeit messbar verbessert werden kann. Impellizzeri et al. (2006) konnten signifikante Verbesserungen der aeroben Fitness und der Spielleistung (total zurückgelegte Distanz und verbrachte Zeit innerhalb standing, walking, sowie in low- und high-intensity running speed) nach einer Trainingsintervention feststellen. Interessant wäre nun zu erfahren, wie stark sich dieser Trainingseffekt direkt auf die physische Leistung innerhalb von SSGs auswirkt. Anhand dieser Informationen könnten Empfehlungen für eine optimale Anzahl an Testwiederholungen gemacht werden, um die physische Leistung eines Athleten anhand von SSGs reliabel zu messen.

Ebenfalls hilfreich könnten Vergleiche mit anderen Leistungstests sein. Würde die Testergebnisse verschiedener Leistungstest, mit denen von SSGs korrelieren, wäre eine bessere Leistungsbeurteilung möglich.

Weiter wäre es interessant zu erfahren, wie sich die Testmotivation, Temperaturunterschiede und die Witterungsverhältnisse auf die Spielleistung während SSGs auswirken.

## Literaturverzeichnis

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(7), 517–538.
- Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Maças, V., & Sampaio, J. (2012). A Review on the Effects of Soccer Small-Sided Games. *Journal of Human Kinetics*, 33(-1), 103–113. doi:10.2478/v10078-012-0049-x
- Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsø, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian journal of sport sciences = Journal canadien des sciences du sport*, 16(2), 110–116.
- Bangsbo, Jens, Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(7), 665–674. doi:10.1080/02640410500482529
- Bangsbo, Jens, Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test. *Sports Medicine*, 38(1), 37–51. doi:10.2165/00007256-200838010-00004
- Barbero-Alvarez, J. C., Coutts, A., Granda, J., Barbero-Alvarez, V., & Castagna, C. (2010). The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, 13(2), 232–235. doi:10.1016/j.jsams.2009.02.005
- Bisanz, G., & Gerisch, G. (2008). *Fussball: Kondition - Technik - Taktik und Coaching*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Borg, E., & Borg, G. (2002). A comparison of AME and CR100 for scaling perceived exertion. *Acta Psychologica*, 109(2), 157–175. doi:10.1016/S0001-6918(01)00055-5
- Borg, G. (1998). *Borg's Perceived exertion and pain scales*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of sports sciences*, 27(2), 159–168. doi:10.1080/02640410802512775
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The Role of Motion Analysis in Elite Soccer: Contemporary Performance Measurement Techniques and Work Rate Data. *Sports Medicine*, 38(10), 839–862.
- Carling, C., Reilly, T., & Williams, A. M. (2009). *Performance assessment for field*

- sports. London; New York: Routledge.
- Casamichana, D., & Castellano, J. (2010). Time–motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: Effects of pitch size. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1615–1623. doi:10.1080/02640414.2010.521168
- Castellano, J., Casamichana, D., Calleja-González, J., San Román, J., & Ostojic, S. M. (2011). Reliability and accuracy of 10 Hz GPS devices for short-distance exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 233–234.
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, 12(1), 79–84. doi:10.1016/j.jsams.2007.08.005
- Coutts, A. J., & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, 13(1), 133–135. doi:10.1016/j.jsams.2008.09.015
- Dellal, Alexandre, Chamari, K., Pintus, A., Girard, O., Cotte, T., & Keller, D. (2008). Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 22(5), 1449–1457. doi:10.1519/JSC.0b013e31817398c6
- Dellal, Alexandre, Chamari, K., Owen, A. L., Wong, D. P., Lago-Penas, C., & Hill-Haas, S. (2011 a). Influence of technical instructions on the physiological and physical demands of small-sided soccer games. *European Journal of Sport Science*, 11(5), 341–346. doi:10.1080/17461391.2010.521584
- Dellal, Alexandre, Hill-Haas, S., Lago-Penas, C., & Chamari, K. (2011 b). Small-Sided Games in Soccer: Amateur vs. Professional Players' Physiological Responses, Physical, and Technical Activities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2371–2381. doi:10.1519/JSC.0b013e3181fb4296
- Dellal, A., Drust, B., & Lago-Penas, C. (2012). Variation of Activity Demands in Small-Sided Soccer Games. *International Journal of Sports Medicine*, 33(05), 370–375. doi:10.1055/s-0031-1295476
- Di Salvo, Valter, Collins, A., McNeill, B., & Cardinale, M. (2006). Validation of

- Prozone: A new video-based performance analysis system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1), 108–119.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 222–227. doi:10.1055/s-2006-924294
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International journal of sports medicine*, 30(3), 205–212. doi:10.1055/s-0028-1105950
- Di Salvo, Valter, Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of sports sciences*, 28(14), 1489–1494. doi:10.1080/02640414.2010.521166
- Drust, B., Reilly, T., & Cable, N. T. (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *Journal of Sports Sciences*, 18(11), 885–892. doi:10.1080/026404100750017814
- Edgecomb, S. J., & Norton, K. I. (2006). Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, 9(1-2), 25–32. doi:10.1016/j.jsams.2006.01.003
- Esposito, F., Impellizzeri, F. M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G., & Veicsteinas, A. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 93(1-2), 167–172. doi:10.1007/s00421-004-1192-4
- Fanchini, M., Azzalin, A., Castagna, C., Schena, F., McCall, A., & Impellizzeri, F. M. (2011). Effect of Bout Duration on Exercise Intensity and Technical Performance of Small-Sided Games in Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 453–458. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c1f8a2
- 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 / Sports Medicine Australia*, 13(6), 641–645. doi:10.1016/j.jsams.2010.04.003
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*,

35(9), 757–777.

- Gregson, W, Drust, B., Atkinson, G., & Salvo, V. D. (2010). Match-to-match variability of high-speed activities in premier league soccer. *International journal of sports medicine*, 31(4), 237–242. doi:10.1055/s-0030-1247546
- Gregson, Warren. (2012). World Conference on science and Soccer.
- Hill-Haas, S., Coutts, A., Rowsell, G., & Dawson, B. (2007). Variability of acute physiological responses and performance profiles of youth soccer players in small-sided games. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, 11(5), 487–490. doi:10.1016/j.jsams.2007.07.006
- Hill-Haas, S., Rowsell, G., Coutts, A., & Dawson, B. (2008). The reproducibility of physiological responses and performance profiles of youth soccer players in small-sided games. *International journal of sports physiology and performance*, 3(3), 393–396.
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B. T., Coutts, A. J., & Rowsell, G. J. (2009 a). Physiological responses and time-motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. *Journal of sports sciences*, 27(1), 1–8. doi:10.1080/02640410902761199
- Hill-Haas, S. V., Rowsell, G. J., Dawson, B. T., & Coutts, A. J. (2009 b). Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 23(1), 111–115.
- 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. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 24(8), 2149–2156. doi:10.1519/JSC.0b013e3181af5265
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of Small-Sided Games Training in Football. *Sports Medicine*, 41(3), 199–220. doi:10.2165/11539740-000000000-00000
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L., C., Kemi, O., C., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3), 218–221. doi:10.1136/bjism.36.3.218
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 30(1), 1–15.



- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International journal of sports medicine*, 27(6), 483–492. doi:10.1055/s-2005-865839
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a Repeated-Sprint Test for Football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(11), 899–905. doi:10.1055/s-2008-1038491
- Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L., & Aughey, R. J. (2010). The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *International journal of sports physiology and performance*, 5(3), 328–341.
- Jones, S., & Drust, B. (2007). Physiological and technical demands of 4 v 4 and 8 v 8 games in elite youth soccer player. *Kinesiology*, 39(2), 150–156.
- Katis, A., & Kellis, E. (2009). Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(3), 374–380.
- Kelly, D. M., & Drust, B. (2009). The effect of pitch dimensions on heart rate responses and technical demands of small-sided soccer games in elite players. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, 12(4), 475–479. doi:10.1016/j.jsams.2008.01.010
- Krustrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Majgaard Jensen, J., Jung Nielsen, J., & Bangsbo, J. (2006 a). The Yo-Yo IR2 Test: Physiological Response, Reliability, and Application to Elite Soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(9), 1666–1673. doi:10.1249/01.mss.0000227538.20799.08
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2006 b). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(6), 1165–1174. doi:10.1249/01.mss.0000222845.89262.cd
- Little, T., & Williams, A. G. (2007). Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 21(2), 367–371. doi:10.1519/R-19445.1
- MacLeod, H., Morris, J., Nevill, A., & Sunderland, C. (2009). The validity of a non-

- differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey. *Journal of sports sciences*, 27(2), 121–128. doi:10.1080/02640410802422181
- Mallo, J., & Navarro, E. (2008). Physical load imposed on soccer players during small-sided training games. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 48(2), 166–171.
- Mirkov, D., Nedeljkovic, A., Kukolj, M., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (2008). Evaluation of the Reliability of Soccer-Specific Field Tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1046–1050. doi:10.1519/JSC.0b013e31816eb4af
- O'Donoghue, P. G., & Tenga, A. (2001). PART II: INTERDISCIPLINARY: The effect of score-line on work rate in elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, 19(1), 14–30. doi:10.1080/026404101750070166
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(1), 170–178. doi:10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd
- Owen, A., Twist, C., & Ford, P. (2004). Small-sided games: the physiological and technical effect of altering pitch size and player numbers. *Insight*, 7(2), 50–53.
- Owen, A. L., Wong, D. P., McKenna, M., & Dellal, A. (2011). Heart Rate Responses and Technical Comparison Between Small- vs. Large-Sided Games in Elite Professional Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2104–2110. doi:10.1519/JSC.0b013e3181f0a8a3
- Petersen, C., Pyne, D., Portus, M., & Dawson, B. (2009). Validity and reliability of GPS units to monitor cricket-specific movement patterns. *International journal of sports physiology and performance*, 4(3), 381–393.
- Portas, M. D., Harley, J. A., Barnes, C. A., & Rush, C. J. (2010). The validity and reliability of 1-Hz and 5-Hz global positioning systems for linear, multidirectional, and soccer-specific activities. *International journal of sports physiology and performance*, 5(4), 448–458.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007 a). Variation in top level soccer match performance. *International journal of sports medicine*, 28(12), 1018–1024. doi:10.1055/s-2007-965158
- Rampinini, Ermanno, Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi,

- A., & Marcora, S. M. (2007 b). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of sports sciences*, 25(6), 659–666. doi:10.1080/02640410600811858
- Redwood-Brown, A., Cranton, W., & Sunderland, C. (2012). Validation of a real-time video analysis system for soccer. *International journal of sports medicine*, 33(8), 635–640. doi:10.1055/s-0032-1306326
- Reilly, T., & Thomas, V. (1976). Motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2(2), 87–97.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of sports sciences*, 18(9), 669–683. doi:10.1080/02640410050120050
- Rhea, M. R., & Alderman, B. L. (2004). A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs. *Research quarterly for exercise and sport*, 75(4), 413–422.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 40(2), 162–169.
- Roth, K. (1989). *Taktik im Sportspiel: zum Erklärungswert der Theorie generalisierter motorischer Programme für die Regulation komplexer Bewegungshandlungen* (1. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. doi:10.1080/02640410500457109
- Sporis, G., Jukic, I., Milanovic, L., & Vucetic, V. (2010). Reliability and Factorial Validity of Agility Tests for Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 679–686. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c4d324
- Thomas, A., Dawson, B., & Goodman, C. (2006). The yo-yo test: reliability and association with a 20-m shuttle run and VO(2max). *International journal of sports physiology and performance*, 1(2), 137–149.
- Tschan, H., Baron, R., Smekal, G., & Bachl, N. (2001). Belastungs- und Beanspruchungsprofil aus physiologischer Sicht. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*, 1, 7–18.

- Tschopp, M., Bourban, P., Hübner, K., & Marti, B. (2001). Messgenauigkeit eines 4-teiligen, standardisierten dynamischen Rumpfkrafttests: Erfahrungen mit gesunden männlichen Spitzensportlern. *Schweizer Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 49(2), 67–72.
- Varley, Matthew C, Fairweather, I. H., & Aughey, R. J. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of sports sciences*, 30(2), 121–127. doi:10.1080/02640414.2011.627941
- Varley, M C, & Aughey, R. J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *International journal of sports medicine*, 34(1), 34–39. doi:10.1055/s-0032-1316315
- Weineck, J. (2007). *Optimales Training : leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Balingen: Spitta.
- Williams, A. M. (2000). Perceptual skill in soccer: Implications for talent identification and development. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 737–750. doi:10.1080/02640410050120113
- Wragg, C. B., Maxwell, N. S., & Doust, J. H. (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *European journal of applied physiology*, 83(1), 77–83. doi:10.1007/s004210000246

## Anhang

### Persönliche Erklärung

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

Ort, Datum Unterschrift

### Urheberrechtserklärung

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

*Die Universität darf dieses Recht nur im Einverständnis des/der Unterzeichnenden auf Dritte übertragen. Finanzielle Ansprüche des/der Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.*

Ort, Datum Unterschrift