universität wien

DISSERTATION / DOCTORAL THESIS

Titel der Dissertation /Title of the Doctoral Thesis

GIS-gestützte Spielanalyse

Studie zur Zweckmäßigkeit geographischer Informationssysteme im Kontext raumzeitlicher Analysen des Fußballspiels am Beispiel von ArcGIS sowie auf Basis fußballspezifischer Geodaten von ProzoneSports

verfasst von / submitted by

Gilbert Kotzbek BSc MSc

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

Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer.nat.)

Wien, 2016 / Vienna 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme code as it appears on the student record sheet:	A 796 605 452
Dissertationsgebiet lt. Studienblatt / field of study as it appears on the student record sheet:	Geographie
Betreut von / Supervisor:	Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Kainz

Für Theresa

„Ich glaube zwar nicht, dass man das ganze Spiel
auf Zahlen reduzieren kann, aber sie geben dir
eine bessere Sicht auf die Parameter,
die wirklich wichtig sind.“
(Arséne WENGER)

Danksagung

Die Fertigstellung der vorliegenden Dissertation wäre ohne den Beistand zahlreicher Personen nicht möglich gewesen.

Mein Dank gilt in erster Linie Theresa, die mich während des Forschungszeitraums mit sehr viel Geduld und Hingabe in jeglicher Situation unterstützte, sich mit mir über neue Erkenntnisse und bei Erreichen von Meilensteinen freute, mich in mühseligen Phasen wiederaufbaute und vorantrieb, die gesamte Arbeit Korrektur las, ausgedehnte Arbeitszeiten im Büro und zu Hause zuließ und einfach ein wundervoller Mensch ist.

Natürlich möchte ich auch meiner Familie für die unterstützenden Worte danken.

Des Weiteren danke ich Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Kainz, der mir die großzügige Freiheit ließ, mich mit der vorliegenden Thematik eingehend zu befassen. Neben seiner Rolle als mein Betreuer war er mir insbesondere als des Teufels Advokat hilfreich, da mir dadurch andere Sichtweisen auf das Thema vorgezeigt wurden, die entsprechend bei der Ausarbeitung Berücksichtigung fanden.

Vom Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien danke ich all meinen Kollegen der Arbeitsgruppe Kartographie und Geoinformation. Besonders erwähnen möchte ich Alexander Pucher und Daniel Nell, die in unzähligen Stunden ihr Fachwissen und Erfahrungen im Fußball mit mir teilten sowie Andreas Riedl, der in Gesprächen über meine Arbeit zu meiner großen Erleichterung stets sagte, dass „eh alles passt“ und „gut wird“. Ferner danke ich auch meinem Bürokollegen Michael Holzapfel, der mir stets bei technischen Fragen beiseite stand.

Ferner möchte ich mich bei Roland Leser vom Institut für Sportwissenschaft für sein Interesse an meiner Arbeit bedanken und auch dafür, dass er mir bei Bedarf stets half sportwissenschaftliche Aspekte zu verstehen.

Durch die Teilnahme an internationalen Konferenzen wurden Kontakte geknüpft, die diese Arbeit auf unterschiedlichste Art und Weise unterstützten. Hierzu möchte ich mich besonders bei Damien Saunder und David Fairbairn bedanken.

Darüber hinaus gilt mein aufrichtiger Dank all jene Experten, die entweder an der ersten oder an beiden Befragungsrunden teilnahmen. Sie teilten mit mir ihr Wissen, boten wertvolle Anregungen und bewerteten meine Analysetools. Erst dadurch war es möglich meine gesetzten Ziele zu erreichen.

Abschließend geht mein Dank an das Büro von ProzoneSports in Düsseldorf, das mein Forschungsvorhaben mit der Bereitstellung der notwendigen Datenbasis unterstützte.

Kurzfassung

Seit Mitte der 1990er Jahre ist das Fußballspiel in steigendem Maß von einer Digitalisierung des Spielgeschehens gekennzeichnet. Hierzu gehen die Expertenmeinungen auseinander, ob es sich bei diesem Prozess um eine Revolution des Spiels oder um eine Phase dessen Evolution handelt. Abgesehen davon beruht seither die professionelle Spielanalyse zunehmend auf raumzeitbezogenen Daten über die Spieler, den Ball sowie Spielaktionen. Aus fachinterner Perspektive ist dies als Georeferenzierung des Fußballspiels zu deuten, im Zuge derer fußballspezifische Geodaten in Form von Tracking- und Event-Daten erfasst werden. Durch den Raumbezug der Daten rücken diese in das Interesse der Kartographie und Geoinformation, wo nicht nur die Spielanalyse im Fußball, sondern auch in anderen Sportarten ein potenzielles Anwendungsfeld gesehen wird. Ferner führt der steigende Konkurrenzkampf dazu, dass stets neue Wege zur Beschreibung und Analyse des Spiels eingeschlagen werden müssen, um national und international wettbewerbsfähig zu bleiben.

In diesem Sinne zielt die vorliegende Dissertation darauf ab, die Zweckmäßigkeit geographischer Informationssysteme (GIS) für mannschaftsinterne Fußball-Spielanalysen einzuschätzen. Dazu wurden eingangs fußballspezifische Geodaten klassifiziert sowie anhand von Experteninterviews gegenwärtige Methoden der Fußball-Spielanalysen unter dem Fokus raumzeitlicher Komponenten charakterisiert. Die Auswertung zeigt, dass gängige Praktiken der Spielanalyse von einem hohen Maß an Subjektivität geprägt sind.

Im Kontext der Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse wurden insgesamt 13 Fallbeispiele in jeweils drei Themenbereichen aufgegriffen. Dabei wurden ausgewählte Maßzahlen optimiert sowie kollektive raumzeitliche Interaktionen und Phänomene des Spiels untersucht. Hierfür wurden der Forschungsarbeit Spieldatensätze von *ProzoneSports* zur Verfügung gestellt. Auf Basis derer wurden zur Datenaufbereitung und –analyse insgesamt 23 *ArcGIS Custom Tools* basierend auf *Python* entwickelt, die in einer *ArcToolbox* zusammengestellt wurden.

In einer zweiten Expertenbefragung wurden die entwickelten Analysetools professionellen Spieleanalysten vorgeführt. Deren Reaktionen und Kommentare wurden mit einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Das Ergebnis zeigt, dass die Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse gegeben ist, da dadurch subjektive Eindrücke des Spiels evaluiert und Anomalien und Muster im Spiel detektiert werden können. Weitere Vorteile werden in der Möglichkeit zur adäquaten Analyse und Visualisierung des Spielgeschehens gesehen. Allerdings ist für die Experten der zukünftige Einsatz von GIS davon abhängig, inwieweit eine Schnittstelle zur dominierenden Videoanalyse hergestellt werden kann. Da sich beide Ansätze ergänzen, würde eine Kombination beider deren jeweiligen Unzulänglichkeiten ausgleichen.

Abstract

Since the mid-1990s, association football has been characterised by a growing extent in the game's digitisation. Regarding this, expert opinions differ as to whether it is a revolution of the game or part of its evolution. Despite that, professional game analyses are increasingly based on spatiotemporal data of players, the ball and game events. From a geospatial analyst's perspective, the acquisition of tracking and event data can be described as the game's georeferencing. Due to the data's spatial reference, game analyses should not be disregarded in the field of cartography and geo information science any longer. Furthermore, the growing competition on both, national and international level, leads to an increasing demand for new ways of analysing and characterising the game.

Therefore, the primary aim of this thesis is the assessment of the practicability of geographic information systems (GIS) in football game analyses. For this purpose, football-specific geo data were classified initially. An expert survey was conducted to characterise current methods of football game analyses focusing on the game's spatiotemporal components. The results indicate that current practices are highly subjective.

In total 13 case studies were performed in total with the objective to optimise parameters as well as to examine the game's collective spatiotemporal interactions and phenomena. Within the scope of single player and team analyses, the research encompasses three subject areas each. *ProzoneSports* provided game datasets. These build the basis for 23 *ArcGIS Custom Tools* for data preparation and analysis. The tools are based on *Python* and were further assembled within an *ArcToolbox*.

In the course of a second expert survey, the developed tools were presented to professional game analysts. The experts' reactions and comments were then analysed conducting a qualitative content analysis. The results provide strong evidence that the practicability of GIS is given in this context. According to the experts, GIS is suitable for both, the evaluation of subjective impressions as well as the detection of anomalies and game patterns. Furthermore, advantages are seen in the possibility to analyse and visualise the course of the game more effectively. However, the success of GIS within the scope of football game analyses is only possible if an interface between GIS based analyses and video analyses can be established. As both approaches have their shortcomings, a combination of both would alleviate these.

Inhaltsverzeichnis

1 Prolog 1

1.1 Fußball? Ein Objekt der Wissenschaft? 1
1.2 Anmerkungen zur vorliegenden Dissertation 4
1.3 Eigenständige wissenschaftliche Beiträge im Umfeld dieser Forschungsarbeit 6
1.4 Aufbau der vorliegenden Doktorarbeit 7

2 Einleitung 12

2.1 Die Georeferenzierung des Fußballspiels 12
2.2 Problem- bzw. Aufgabenstellung 14
2.3 Forschungsfragen, Zielsetzungen und Methodik 15
2.4 Inhaltliche Abgrenzung der Forschungsarbeit 22

3 Obligatorische Begriffserklärungen 23

3.1 GIS-gestützte (Fußball-)Spielanalyse 23
3.2 Geoinformatik und Geographische Informationssysteme 24
3.3 Fußballspezifische Geo(fach)daten 26
3.4 Geodaten versus räumliche Information 26
3.5 Karten und kartenverwandte Ausdrucksformen 27
3.6 Fußball 28
3.7 Spielanalysen: Ein Annäherungsversuch 29

4 Sport im Fokus der Geoinformation 33

4.1 Ausgewählte sportbezogene GIS-Anwendungsbeispiele 33
4.2 Zwischenzeitliches Fazit 36
4.3 Fallbeispiele GIS-gestützter Wettkampfanalysen 36
4.4 Fußball im vage abgegrenzten Spannungsfeld zwischen GIS- und GI-Anwendungen 43
4.5 Fazit und Diskussion 61

5 Fußball: Ein raumzeitliches Konstrukt 64

5.1 Die Interdependenz raumzeitlicher Phänomene im Fußball 64
5.2 Raumzeitliche Restriktionen des Fußballspiels 66
5.3 Aufbau einer Ontologie des Spiels zur Systematisierung einzelner Spielsituationen 68
5.4 Fazit 71

6 Fußballspezifische Geodaten 73

6.1 Der Dualismus von Tracking- und Event-Daten 73
6.2 Quellen und Akquirierung fußballspezifischer Geodaten 76
6.3 Datenerfassungsmethoden und deren Genauigkeit 80
6.3.1 Methoden, Anforderungen und Prozess der Datenerhebung von Tracking-Daten sowie deren raumzeitliche Genauigkeit 80
6.3.2 Erhebungsmethodik und raumzeitliche Genauigkeit von Event-Daten 89

6.3.3 Fazit 91
6.4 Klassifikation im Sinne der Geoinformation 92
6.5 Integration fußballspezifischer Geodaten in ArcMap 95
6.5.1 Allgemeine Voraussetzungen 95
6.5.2 GIS-gerechte Datenaufbereitung 95
6.5.2.1 Entwurf der Datenstruktur innerhalb von Esri File Geodatabases 96
6.5.2.2 Verwendete Systeme 98
6.5.2.3 Aufbau und Funktionsweise des *Match Data Preparation* Tools 99
6.5.2.4 Verknüpfung von Tracking- und Event-Daten 107
6.5.3 Zwischenzeitliches Fazit bezüglich des Datenaufbereitungsprozesses 109
6.5.4 Modellierung eines Fußballfeldes mittels ArcGIS 111
6.6 Parametrische Klassifikation der Event-Daten 116
6.7 Zwischenzeitliches Resümee 122
6.8 Unberücksichtigte Parameter im Rahmen der GIS-gestützten Spielanalyse 122
6.8.1 Übersicht 123
6.8.2 Auswirkungen auf das Forschungsvorhaben 125
7 Raumzeitliche Aspekte gegenwärtiger Methoden der Spielanalyse 126
7.1 Experteninterviews als Schlüssel zu öffentlich unzugänglichen Informationen 126
7.1.1 Wissenschaftliche Grundlagen der gewählten Methodik 126
7.1.2 Die teilnehmende Expertengruppe 127
7.1.3 Anmerkungen zur Durchführung der Experteninterviews 130
7.1.4 Aufbau des Interview-Leitfadens 131
7.1.5 Verarbeitung der gesammelten Informationen 133
7.2 Auswertung der Interviewprotokolle 134
7.2.1 Methodische Grundlagen und Aufbau der qualitativen Inhaltsanalyse 134
7.2.2 Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse 138
7.3 Anmerkungen zur Güte der Auswertung 144
7.4 Fazit in Bezug auf die erste Forschungsfrage 145
8 Optionale Datenaufbereitungstools 147
8.1 Differenzierung zwischen Brutto- und Netto-Spielzeit 149
8.2 Berechnung der fortlaufenden Objektgeschwindigkeit 152
8.3 Linienhafte Segmentierung der Trajektorien 154
8.4 Ausweisung der Ballbesitzverhältnisse 155
8.5 Bestimmung der euklidischen Distanz zwischen Spielern und dem Ball 157
8.6 Fusion spielerbezogener Trajektorien zu mannschaftsspezifischen Feature Classes 158
8.7 Ableitung taktischer Spielerpositionen 159
8.8 Generierung linienhafter Trajektorien 160
8.9 Fazit 162
9 GIS-gestützte Einzelspieleranalyse 164

9.1 Spielrelevante Informationen des Analysedatensatzes 164
9.2 Vorbemerkungen 167
9.3 Analyse spielerspezifischer Passqualität 169
9.4 Bewertung der Erfolgsaussichten von Torabschlüssen 180
9.5 Differenzierung der Laufleistung nach raumzeitlichen Gesichtspunkten 189
9.6 Fazit in Bezug auf die zweite Forschungsfrage 199
10 GIS-gestützte Mannschaftsanalyse 202
10.1 Vorbemerkungen 202
10.2 Themenbereich I: Passnetzwerke 204
10.2.1 Ansätze mittels GIS-basierter Netzwerkanalysen und Linear Referencing als forschungsspezifische Sackgassen? 204
10.2.2 Quantifizierung mannschaftsinterner Interaktionen und Ermittlung von Schlüsselspielern 206
10.3 Themenbereich II: Raumverteilung und -nutzung 213
10.3.1 Charakterisierung von Ballbesitzverhältnissen 214
10.3.1.1 Analyse von Ballbesitzverhältnissen unter raumzeitlichen Gesichtspunkten 214
10.3.1.2 Analyse von Ballkontakten unter raumzeitlichen Gesichtspunkten 220
10.3.2 Vergleich von spieler-, gruppen- und teamspezifischen Aktionsräumen 224
10.3.3 Bestimmung der räumlichen Kompaktheit 231
10.3.4 Generalisierung kollektiver Bewegungen mittels Spielerzentroide 238
10.3.5 Dynamische Spielfeldzonierung als Alternative zu statischen Segmentierungsvarianten? 246
10.4 Themenbereich III: Spielstil 251
10.4.1 Quantifizierung der offensiven Ausrichtung 251
10.4.2 Charakterisierung von gruppentaktischem räumlichen Verhalten 255
10.4.3 Analyse der Genese von Torabschlüssen 266
10.5 Fazit in Bezug auf die dritte Forschungsfrage 272
11 Kommentar zur GIS-gestützten Spielanalyse 276
11.1 Alternative Implementierungsformen GIS-gestützter Analysewerkzeuge 276
11.2 Dynamische Präsentationsformen im Kontext fußballspezifischer Geodaten 279
12 Evaluation GIS-gestützter Spielanalysen 283
12.1 Anmerkungen zur zweiten Befragungsrunde 283
12.1.1 Die teilnehmende Expertengruppe 284
12.1.2 Präsentation des aktuellen Forschungsstandes 285
12.1.3 Kommentar zur Durchführung der Befragungen 285
12.1.4 Aufbau des Interview-Leitfadens 286
12.1.5 Verarbeitung der gesammelten Informationen 287
12.2 Auswertung der Interviewprotokolle 287
12.2.1 Struktur der konzipierten qualitativen Inhaltsanalyse 288
12.2.2 Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse 290

12.3 Fazit in Bezug auf die vierte Forschungsfrage 300

13 Conclusio 303

13.1 Zusammenfassung der Ergebnisse und Erkenntnisse auf Basis der Beantwortung der vier Forschungsfragen 303

13.2 Stellungnahme zur zentralen Forschungsfrage und abschließende Empfehlungen 307

13.3 Offene Forschungsfelder 309

Quellen-und Literaturverzeichnis I

Abbildungsverzeichnis XVI

Formelverzeichnis XXII

Abkürzungsverzeichnis XXIII

Anhang I: 1. Befragungsrunde – Teilstandardisierter Leitfaden 1

Anhang II: 1. Befragungsrunde - Interviewprotokolle 4

Anhang III: 1. Befragungsrunde – Extraktionstabelle und Ergebnis der Frequenzanalyse 43

Anhang IV: 2. Befragungsrunde – Teilstandardisierter Leitfaden 46

Anhang V: 2. Befragungsrunde - Informationsmaterial 47

Anhang VI: 2. Befragungsrunde – Interviewprotokolle 63

Anhang VII: 2. Befragungsrunde – Extraktionstabelle und Ergebnis der Frequenzanalyse 98

1 Prolog

„GIS und Fußball? Wie bitte?“ Fragen dieser Art, gepaart mit Stirnrunzeln, einem ratlosen Gesichtsausdruck sowie beizeiten hämischen Lächelns waren während der Orientierungsphase dieser Forschungsarbeit oftmals die ersten Reaktionen aus den einschlägigen wissenschaftlichen Fachkreisen auf den Versuch das geplante Forschungsvorhaben zu erörtern. Die sich dabei aufdrängende Frage ist: Warum eigentlich? Womöglich deshalb, da Fußball nicht zu den traditionellen Anwendungsbereichen der Geographie bzw. der Kartographie und Geoinformation zu zählen ist (siehe Abschnitt 3.2). Unabhängig davon ist das Fußballspiel grob zusammengefasst eine Aneinanderreihung komplexer menschlicher Interaktionsprozesse ([GRE-97]) in *Raum* und *Zeit* und somit tiefergreifenden Untersuchungen im breiten Rahmen der Raumwissenschaft wert.

Nachdem die Idee zu einem Konzept heranwuchs, erste Testdaten akquiriert und diese GIS-gerecht aufbereitet werden konnten, ging die anfängliche Skepsis der Gesprächspartner in Neugier über. Mit den ersten Publikationen und Präsentationen wurde der vorliegenden Forschungsarbeit Anerkennung zuteil. Dies wurde nicht nur als eine Art Bestätigung der bisherigen Forschung, sondern auch als Forderung aufgefasst, konsequent sprichwörtlich am Ball zu bleiben. Die vorliegende Dissertation ist zwar das finale Produkt des absolvierten Doktoratsstudiums, stellt jedoch aus fachinterner Perspektive lediglich einen ersten Schritt innerhalb dieses bislang noch wenig elaborierten Forschungsbereiches dar.

Obwohl die Zweifel an der Sinnhaftigkeit, Machbarkeit und Relevanz dieser Forschungsarbeit zunehmend verstummten, ist es dennoch sinnvoll zunächst für alle verbliebenen Skeptiker einen sanften Einstieg in diese Thematik zu bieten, im Zuge dessen gezeigt wird, dass Fußball tatsächlich ein Objekt der Wissenschaft ist. Anschließend werden nicht nur allgemeine Anmerkungen zur vorliegenden Arbeit thematisiert, sondern auch eine Übersicht von wissenschaftlichen Beiträgen, die im Kontext dieser Forschungsarbeit bereits publiziert wurden, geboten.

1.1 Fußball? Ein Objekt der Wissenschaft?

Papst JOHANNES PAUL II. sagte einst: *„Unter allen unwichtigen Dingen ist Fußball bei Weitem das wichtigste.“* ([PWL-03]), eine Aussage, die wahrscheinlich auch das aktuelle Oberhaupt der katholischen Kirche, der bekennender Fußballfan Papst FRANZISKUS, unterschreiben würde. Das Zitat seiner Heiligkeit, das Fußball als *„unwichtiges Ding“* deklariert, ist auch ohne wissenschaftliche Beweisführung nachvollziehbar. Schließlich handelt es sich dabei zwar um eine populäre Sportart mit entsprechender Breitenwirkung, die jedoch weder dazu in der Lage ist Krankheiten zu heilen oder kriegerische Auseinandersetzungen zu beenden. Noch konnte bislang nicht bestätigt werden, dass Fußball zur direkten und nachhaltigen Verbesserung der Lebensstandards beiträgt. Die Liste an Indizien, die Fußball als

vergleichsweise unwichtig entlarven, ist nicht nur lang, sondern auch überzeugend. Ist es somit überhaupt relevant sich mit offenbar belanglosen Dingen der Welt wissenschaftlich auseinanderzusetzen? Eine diesbezügliche Pro- und Kontra-Liste wäre wahrscheinlich in etwa gleich lang. An dieser Stelle könnte zwar eine ausführliche kontroverse Diskussion geführt werden, da allerdings der angestrebte Erkenntnisgewinn im Vordergrund der Forschung steht, sind wissenschaftliche Behandlungen jeglicher Art dieser Thematik gerechtfertigt.

In der Tat bietet das Fußballspiel, das einem globalen Phänomen gleichkommt und in jeder gesellschaftlichen Schicht auf vielfältige Art und Weise in Erscheinung tritt, vielfältige Forschungsbereiche. Das globale Ausmaß von Fußball wird deutlich, wenn die Liste der FIFA-Mitglieder [Anm.: FIFA: Fédération Internationale de Football Association, [URL-01]], der Staatenliste der Vereinten Nationen gegenübergestellt wird, in denen 211 nationale Fußballverbände ([URL-02]) bzw. 193 Staaten ([URL-03]) eingetragen sind. Darüber hinaus ist Fußball eine Quelle der Begeisterung, wobei z.B. Zuschauerzahlen als Indikator herangezogen werden können. Exemplarisch dazu verzeichnete die Deutsche Bundesliga [Anm.: = die höchste Spielklasse im deutschen Profifußball] in der Saison 2013/14 einen Zuschauerschnitt von 43.500 Personen pro Spiel. Insgesamt verfolgten in dieser Spielzeit 13.311.145 Menschen die Spiele der Bundesliga live im Stadion ([URL-15]). Bezogen auf dieselbe Saison verfolgten in Summe 5.473.652 bzw. 2.306.918 Zuseher die Spiele der 2. Deutschen Bundesliga bzw. der deutschen 3. Liga (ebd.). Die drei höchsten deutschen Spielklassen konnten somit in der Saison 2013/14 insgesamt 21.091.715 Personen bundesweit in die Stadien locken. Hinzu kommen die hohen Einschaltquoten, bei denen z.B. die *ARD Sportschau* im selben Zeitraum mit durchschnittlich 5,14 Millionen Zusehern pro Spieltag einen Marktanteil von beinahe 25 % erreichen konnte ([URL-56]). Ferner verzeichnete auch der Pay-TV Sender *Sky* starke Zuwächse, wobei die Begegnung am Freitag und die Samstagsspiele der Bundesliga zusammen von rund 1,7 Millionen Menschen im Fernsehen verfolgt wurden (ebd.). Das weit verbreitete Klischee, Fußball sei eine reine Männerdomäne, kann nicht bestätigt werden. So schätzte die *Deutsche Fußball Liga* (DFL, [URL-23]) im Jahr 2011 den Frauenanteil in den deutschen Bundesligastadien auf etwa 25 % ([URL-10]). Fußball begeistert demnach sowohl Männer, als auch Frauen. Inwiefern Junge und Alte angesprochen werden ist hingegen nicht bekannt. Anhand dieser Zahlen kann jedoch eine bestimmte Anziehungskraft bzw. ein starkes Interesse des Fußballspiels abgeleitet werden.

Die offensichtlich große Begeisterung an diesem Sport trägt gleichzeitig zu dessen räumlichen, inter- und transkulturellen sowie fachübergreifenden Verbreitung bei. Fußball bietet daher zahlreiche Möglichkeiten für fundierte wissenschaftliche Untersuchungen in unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen. Um diese Aussage zu bekräftigen wurde exemplarisch in der renommierten Zitations- und Abstractdatenbank für wissenschaftliche

Journalbeiträge *Scopus* ([URL-11]) des *Elsevier* Verlages ([URL-12]), nach den Begriffen *Fußball* bzw. *Soccer* gesucht. Ende Oktober 2014 beinhaltete die Datenbank 119 deutsch- sowie 13.704 englischsprachige wissenschaftliche Beiträge zum Thema Fußball. Im Vergleich dazu lag die Archivierung Ende Jänner 2016 bei 129 deutschen und 15.942 englischen Publikationen, was eine Zunahme von 8,40 % bzw. 16,33 % für diesen Zeitraum bedeutet. Die Suchergebnisse für *Soccer* konnten zu beiden Zeitpunkten insgesamt 28 Wissenschaftsdisziplinen zugeordnet werden. Die Bandbreite reicht dabei von der Medizin und Computerwissenschaft, über die Soziologie, Psychologie und Mathematik, bis hin zu Neurowissenschaften, der Ökonomie, Physik u.v.m. Zwar bietet die *Scopus*-Datenbank keine holistische Sicht auf den Umfang und die Diversität der wissenschaftlichen Beiträge zum Thema Fußball, allerdings kann damit ein erstes Bild vom vielfältigen Wissenschaftsbereich *Fußball* skizziert werden.

Auch innerhalb der Geographie ist Fußball kein unbekanntes oder neuartiges Phänomen. Erste Versuche das Spielgeschehen mithilfe der Methodik der Zeitgeographie nach T. HÄGERSTRAND ([HÄG-70]) zu untersuchen, wurden von A. GATRELL u. P. GOULD bereits im Jahr 1979 ([GAT-79]) durchgeführt. In dieser Pionierarbeit wird der geographische Aspekt von Sport von den Autoren klar betont. Demnach handelt es sich bei Fußball um eine Art *Mikro-Geographie des Sports*. Das in diesem Kontext erklärte Dilemma liegt in der Dynamik des Spiels, da die Objekte am Feld nur für Momentaufnahmen kartiert werden können. Mit Hilfe von MDS [Anm.: Multidimensional Scaling] versuchten die beiden Autoren (ebd.) die Interaktionen zwischen den Spielern auf einem zonierten Spielfeld anhand der Pässe in Kartenform darzustellen. Dabei wurden zwei Dimensionen abgeleitet, wobei die Interaktionsflüsse bzw. *Winde* zwischen den Spielern als Vektoren dargestellt wurden. So interessant der Beitrag von A. GATRELL u. P. GOULD aus heutiger Sicht auch erscheinen mag, Folgestudien dazu konnten nicht recherchiert werden. Die nächsten einschlägigen Hinweise auf geographische Untersuchungen im Bereich des Sports finden sich erst im Jahr 1994, als die *Geography of Sports* erstmals in *The Dictionary of Human Geography* erwähnt wurde ([BAL-03]). Während A. GATRELL u. P. GOULD das Spielgeschehen erforschten liegt der Fokus der *Geography of Sports*, laut J. BALE (ebd.), auf der Analyse der räumlichen Verbreitung von sportlichen bzw. sportrelevanten Aktivitäten, die auf unterschiedlichen sportadministrativen Ebenen, wie etwa der Vereins- oder Verbandsebene, auftreten können. Der durch die Zeit verursachte Wandel dieser Aktivitäten sowie deren vielseitigen Einflüsse auf Gesellschaft, Politik, Umwelt und Wirtschaft sind für die Vertreter dieser Fachdisziplin ebenfalls von Interesse (ebd.).

Nachdem Verbindungen zwischen Fußball im Speziellen und Sport im Allgemeinen zur Geographie nachgewiesen wurden, stellt sich die Frage, wie die Situation im GIS-Bereich aussieht? Das Studium einschlägiger Lehrbücher lässt darauf schließen, dass innerhalb der Fachdisziplin ein weitgehender Konsens über die klassischen Anwendungsfelder von GIS

vorliegt. Obwohl unterschiedliche Klassifizierungen zu entnehmen sind, ist ein gemeinsamer Nenner ersichtlich. Für P. A. LONGLEY et al. ([LON-05]) handelt es sich dann um eine GIS-Anwendung, wenn die so genannten *„five M's"* erfüllt werden: *„mapping, measurement, monitoring, modeling, management"*. In diesem Kontext ergibt sich ein breites Anwendungsspektrum, wobei die Autoren (ebd.) vier Hauptkategorien benennen: *„Verwaltung und öffentlicher Dienst"*, *„Geschäftsplanung"*, *„Transport und Logistik"* und *„Umwelt"*. N. BARTELME ([BARa-00]) nennt hingegen explizit Anwendungsbereiche, wie *„Topographie"*, *„Statistik"*, *„Landwirtschaft"*, *„Versicherungswesen"* u.dgl. Einen vergleichbaren Ansatz wählte R. BILL ([BILb-99]), wobei konkrete Anwendungsfälle beschrieben werden, diese jedoch zusätzlich in Land-, Raum-, Umwelt-, Netz- sowie Fachinformationssysteme eingeordnet werden.

Eine weitere Gemeinsamkeit der hier exemplarisch angeführten Lehrbücher ist, dass Fußball im Speziellen oder Sport im Allgemeinen als potenzieller Anwendungsbereich nicht erwähnt wird. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass wissenschaftliche Arbeiten innerhalb dieses speziellen Bereiches noch nicht durchgeführt wurden oder nur fernab der breiten Masse in Erscheinung getreten sind. Ob die vorliegende Dissertation tatsächlich noch unbekanntes wissenschaftliches Terrain behandelt ist schwer zu sagen, da selbst die gründlichste Recherche unvollständig sein kann. Jedoch kann mit gutem Gewissen behauptet werden, dass diese Forschungsarbeit nicht dem Mainstream zuzuschreiben ist.

Um abschließend auf das Zitat seiner Heiligkeit, Papst JOHANNES PAUL II, zurückzukommen und um somit den Kreis der diesem Abschnitt zugrundeliegenden Fragestellung zu schließen: ob wichtig oder nicht, ist schlussendlich nicht die entscheidende Frage. Vielmehr ist es unumstritten, dass der Fußballsport ein Objekt der Wissenschaft ist. Aufgrund der vielfältigen Facetten und Erscheinungsformen des Spiels ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten für wissenschaftliche Untersuchungen in unterschiedlichen Disziplinen. Die obenstehenden Ausführungen bestärken diese Aussage, weswegen zu hoffen bleibt, dass damit die letzten Zweifel ausgeräumt wurden.

1.2 Anmerkungen zur vorliegenden Dissertation

Es sei erwähnt, dass auf eine geschlechtsneutrale Formulierung grundlegend verzichtet wird, um den Lesefluss zu erleichtern. Die Verwendung des generischen Maskulin bezieht sich, wenn nicht anders vermerkt, stets auf beide Geschlechter. Es sei jedoch auch darauf hingewiesen, dass sich die Untersuchungen auf Geodaten beziehen, die Fußballspiele der Männer repräsentieren und sich daher die Analyseergebnisse sowie die sich daraus ergebenden Erkenntnisse ausschließlich auf Männerfußball beziehen. Diese Randnotiz ist deshalb erforderlich, da wissenschaftliche Studien, wie jene von M. GÓMEZ et al. ([GÓM-09]) und P. S. BRADLEY et al. ([BRAb-14]) belegen, dass Aussagen über Männerfußball, nicht direkt auf Frauenfußball umgelegt werden können.

Neben der Präsentation eigener Erkenntnisse auf Basis wissenschaftlicher Untersuchungen, wurde für die Verfassung der vorliegenden Arbeit hauptsächlich einschlägige wissenschaftliche Literatur herangezogen. Dies umfasst Monographien sowie in bestimmten Fällen sowohl Lehrbücher, als auch wissenschaftliche Artikel in Fachzeitschriften und Jahresbänden. Es muss betont werden, dass in unausweichlichen Fällen auch populärwissenschaftliche Literatur herangezogen wurde, da in bestimmten Bereichen einschlägige Fachliteratur nicht existiert. Populärwissenschaftliche Beiträge werden in der Fachwelt oftmals missbilligt, da das Zustandekommen der Forschungsergebnisse nicht vollständig nachvollziehbar ist. Pauschalaussagen über deren grundlegende Qualität sind dennoch nicht zulässig. Die in dieser Arbeit zitierten populärwissenschaftlichen Beiträge sind an den betreffenden Stellen unabdingbar, insbesondere um die Argumentation in bestimmten Fällen mit Beispielen zu bekräftigen. Um dennoch der wissenschaftlichen Arbeitsweise ausreichend Rechnung zu tragen, wurden diese Beiträge gesondert klassifiziert und sind am Kürzel [PWL-##] eindeutig erkennbar. Dies ermöglicht rasche Unterscheidungen zwischen den verwendeten wissenschaftlichen und populärwissenschaftlichen Literaturstellen innerhalb der Arbeit. Handelt es sich dabei um letztgenannte, muss jedoch bedacht werden, dass der Wahrheitsgehalt dieser Aussagen nicht unbedingt nach wissenschaftlichen Kriterien überprüft wurde. Des Weiteren wird auf *Sonstige Quellen* und diverse *Online-Quellen* verwiesen, die gesondert an den Kürzeln [SQU-##] bzw. [URL-###] rasch zu erkennen sind. Es handelt sich dabei um Belege über Zahlen und Fakten sowie vereinzelt um Zitate von Fußballexperten aus Print- und Online-Medien.

Wie aus dem Titel der vorliegenden Dissertation zu entnehmen ist, wurde im Rahmen dieser Forschungsarbeit für GIS-bezogene Anwendungen ausschließlich die Softwareproduktpalette *ArcGIS* ([URL-57]) von *Esri* [Anm.: = Environmental Systems Research Insitute, [URL-05]] verwendet. Dieser Entschluss wird dadurch begründet, dass *ArcGIS* nicht nur ein weit verbreitetes, gut dokumentiertes und robustes GIS ist, sondern auch mannigfache Analysemöglichkeiten bietet ([MAO-09]). *ArcGIS* wird hier als Stellvertreter der GIS-Technologie angesehen. Die Auswahl eines speziellen GIS wird außerdem damit gerechtfertigt, dass in Anbetracht der zentralen Forschungsfrage (siehe Abschnitt 2.3) die Untersuchung der Zweckmäßigkeit von GIS im Bereich der mannschaftsinternen Fußball-Spielanalyse im Vordergrund steht, wobei die technische Umsetzung sekundär ist. Die zugrundeliegende GIS-Funktionalität und Methodik kann unabhängig der verwendeten Software betrachtet werden. Bspw. unterscheiden sich räumliche Verschneidungen o.dgl. angesichts der räumlichen Operation keinesfalls in *ArcGIS*, *QGIS* ([URL-69]) oder *Intergraph* ([URL-70]), etc., sondern ledig in Bezug auf die technische Implementierung.

Da *Python* ([URL-34]) die bevorzugte Programmiersprache von *ArcGIS* ist ([ZAN-13], [PIM-13], [ALL-14]), wird mit dem *Python site package ArcPy* ([URL-36]) eine integrierte Programmierschnittstelle angeboten, über die Zugriff auf alle zur Verfügung stehenden

Analysewerkzeuge von *ArcGIS* gegeben ist. [Anm.: Ein *Python site package* besteht aus mehreren Modulen ([ZAN-13]).] Dies erleichtert nicht nur die Ausführung von Batch Prozessen [Anm.: = inkrementelle, sich wiederholende Arbeitsprozesse], sondern auch gezielte Eingriffe in den Analyseablauf. Obwohl *Python* im Grunde eine Programmiersprache ist (ebd.), wurde diese hierfür im Wesentlichen als Scripting-Sprache verwendet. Basierend auf *Python* wurden im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit mehrere Skripte entwickelt, die einerseits zur GIS-gerechten Aufbereitung fußballspezifischer Geodaten sowie andererseits zur GIS-gestützten Spielanalyse herangezogen werden können. Da eine Schnittstelle zu *ArcGIS* vorliegt, können diese Skripte analog zu *ArcGIS System Tools* als *Custom Tools* ausgeführt werden (ebd.). Die Entwicklung maßgeschneiderter Datenaufbereitungs- und Analysetools wird in Hinblick auf die Datenmenge (siehe Abschnitt 6.1) als unumgänglich betrachtet.

Der ursprüngliche Plan die Skriptcodes aller entwickelten Tools im Anhang dieser Forschungsarbeit bereitzustellen musste verworfen werden, da dieses Vorhaben aufgrund der Länge von z.Z. mehreren hundert Zeilen pro Skript nicht vertretbar ist. Zudem wären die Codes in analoger Form oder innerhalb einer *pdf*-Datei [Anm.: = Portable Document Format ([URL-71])] nur von geringem Nutzen. Alternativ könnte zwar eine CD-ROM, auf der die Codes gespeichert sind, beigelegt werden, was jedoch als unzeitgemäß betrachtet wird, zumal diese an die analogen Exemplare der Dissertation gebunden wären. Deshalb werden, um auch dem wissenschaftlichen Anspruch gerecht zu werden, die Skript-Codes aller entwickelten Tools online über den *u:Cloud*-Service der Universität Wien bereitgestellt. Bei Interesse an Einsichtnahme wird gebeten, den Autor der vorliegenden Dissertation per E-Mail (gilbert.kotzbek@univie.ac.at) zu kontaktieren, damit der Link und das dazugehörige Passwort übermittelt werden kann.

Darüber hinaus kann dem Dissertationstitel entnommen werden, dass die verwendete Datengrundlage dieses Forschungsvorhabens von *ProzoneSports* ([URL-13]) zur Verfügung gestellt wurde. Mehr Informationen dazu kann in Kapitel 6 nachgelesen werden.

1.3 Eigenständige wissenschaftliche Beiträge im Umfeld dieser Forschungsarbeit

Die vorliegende Doktorarbeit ist das Ergebnis einer knapp dreijährigen Forschungstätigkeit, im Zuge derer fortlaufend aktuelle Erkenntnisse auf internationalen Fachkonferenzen präsentiert sowie in den dazugehörigen Berichten publiziert wurden. Außerdem wurde ein Beitrag in einer wissenschaftlichen Zeitschrift veröffentlicht. Diese Dissertation ist jedoch in keinerlei Weise eine bloße Aneinanderreihung inhaltlich abgerundeter bereits veröffentlichter Artikel. Selbstplagiate liegen somit nicht vor. In der akademischen Welt ist der Begriff *Selbst-* oder *Eigenplagiat* jedoch umstritten. Hierzu vertritt W. LÖWER, Juraprofessor an der Universität Bonn die Meinung: *„Das sogenannte Eigenplagiat gibt es nicht – denn*

das würde ja bedeuten, dass es möglich wäre, sich selbst zu beklauen.“ ([URL-06]). Ungeachtet dessen existieren inhaltliche Überlappungen zwischen den bereits veröffentlichten Texten und der vorliegenden Arbeit, die im Folgenden offengelegt werden. Darüber hinaus sind nach Abschluss der Forschungsarbeit weitere Veröffentlichungen in Fachjournalen geplant, die die in Kapitel 9 und 10 angeführten Fallbeispiele weiterführen.

- Präsentationen auf internationalen Konferenzen und Veröffentlichungen in Tagungsbänden

Die erste Publikation im Rahmen der vorliegenden Dissertation trägt den Titel *GIS-based Game Analysis: A New Application Area for Cartographers and GI-Scientists?* [Anm.: = [KOT-14]] und wurde am 19. Juni 2014 auf der *5th International Conference on Cartography & GIS* in Riviera, Bulgarien präsentiert. Dabei wurde ein grober Überblick über das Forschungsvorhaben geboten, weswegen Überschneidungsbereiche hauptsächlich zu Kapitel 2, 5 u. 6 vorliegen.

Im Jahr darauf wurde am 25. August 2015 auf der *27th International Cartographic Conference* in Rio de Janeiro, Brasilien ein weiterer Beitrag mit dem Titel *GIS-based Game Analysis: A Brief Introduction to the Applied Data Base and a Guideline on How to Utilise It* [Anm.: = [KOT-15b]] präsentiert. Hierbei wurde primär die Klassifizierung und GIS-gerechte Aufbereitung fußballspezifischer Geo(fach)daten thematisiert. Daher treten im Vergleich zur vorliegenden Dissertation thematische Überlappungen vor allem zu den Kapiteln 6 u. 7 auf.

Ein Jahr später wurde die *19th AGILE Conference on Geographic Information Science*, vom 14. bis 17. Juni 2016 in Helsinki, Finnland besucht. Dabei wurde der Artikel *Towards Automated GIS-based Analysis of Scoring Attempt Patterns in Association Football* [Anm.: = [KOT-16]] präsentiert, wobei Methoden zur Analyse von Angriffssequenzen, die mit einem Torabschluss endeten, aufgegriffen wurden. Thematische Überschneidungen zur vorliegenden Forschungsarbeit gibt es zu den Bereichen der Torschussquote (siehe Abschnitt 10.3) sowie Spielstil (siehe Abschnitt 10.4).

- Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften und Journalen

Im Jahr 2015 wurde außerdem in der dritten Jahresausgabe des Fachmagazins *gis.Science – Die Zeitschrift für Geoinformatik* publiziert. Der Titel des Beitrages lautete *Das Runde muss ins GIS – Neue Wege im Bereich der Fußball-Spielanalyse* [Anm.: = [KOT-15a]]. Ähnlich jenem Beitrag, der in Bulgarien präsentiert wurde, behandelt dieser Artikel einen prägnanten Überblick über das Forschungsvorhaben. Somit gibt es hinsichtlich der vorliegenden Dissertation thematische Überschneidungen zu den Kapiteln 2, 5 u. 6.

1.4 Aufbau der vorliegenden Doktorarbeit

Der inhaltliche Aufbau der vorliegenden Dissertation ist graphisch in Abb. 1 dargestellt. Es handelt sich dabei um eine grobe Übersicht der einzelnen Kapitel, inkl. Angabe der jeweils

ersten Seite. Zu beachten ist, dass mangels ausreichenden Platzes die in der Graphik angeführten Bezeichnungen nicht zwingend mit den tatsächlichen Kapitelnamen übereinstimmen müssen (vgl. Inhaltsverzeichnis). Im Folgenden werden auf die wesentlichsten Inhalte der einzelnen Abschnitte dargelegt.

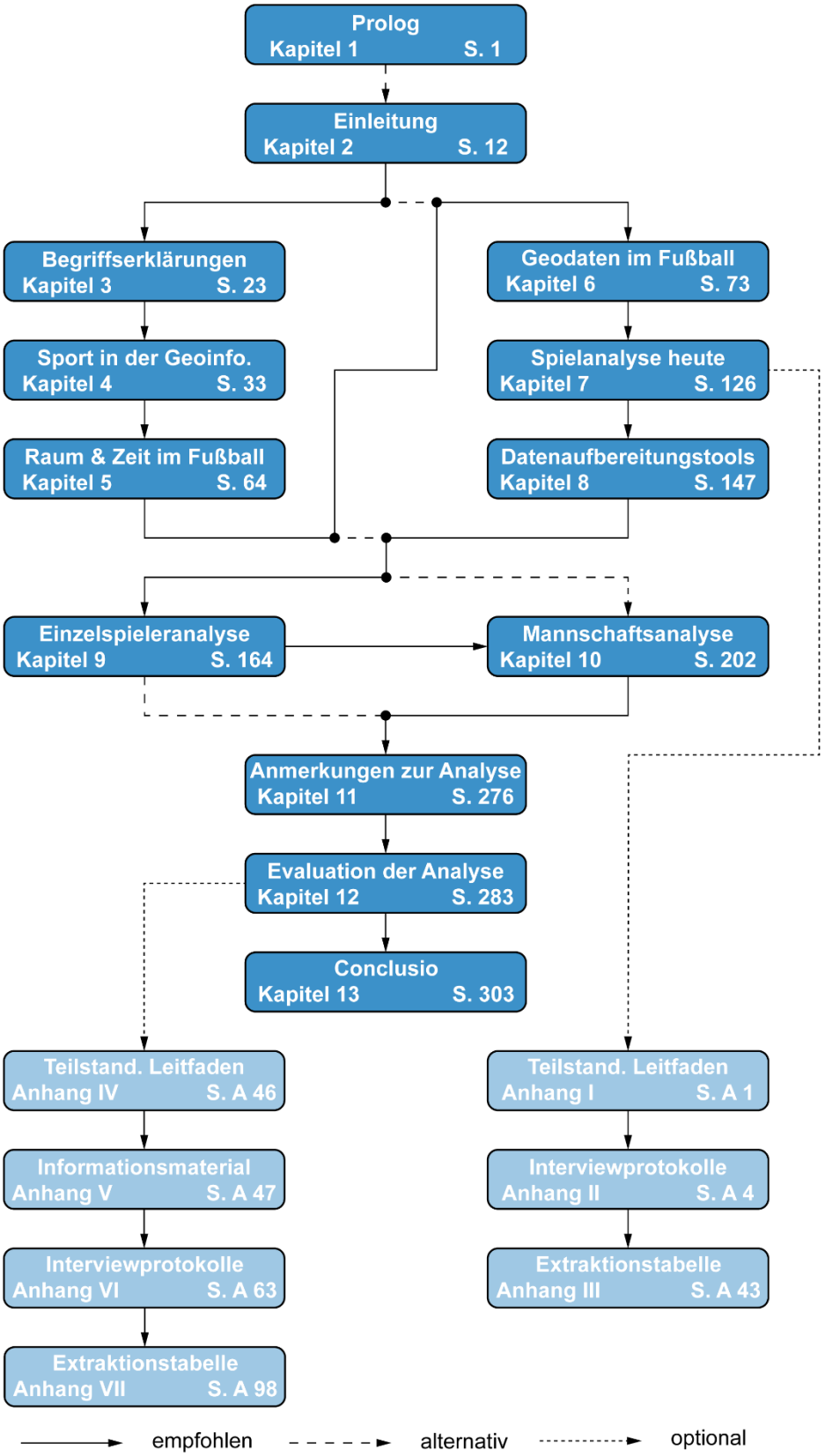


Abb. 1: Inhaltlicher Aufbau der vorliegenden Doktorarbeit

Die nachfolgende Einleitung entspricht dem inhaltlichen Einstieg in die vorliegende Forschungsarbeit, wobei zunächst die zunehmende Georeferenzierung des Profifußballs thematisiert wird. Daraus werden einerseits die grundlegende Motivation sowie andererseits die Relevanz dieser Forschungsarbeit abgeleitet. Im Anschluss daran wird nicht nur die zentrale Problem- bzw. Aufgabenstellung erörtert, sondern auch die sich daraus ergebenden Forschungsfragen, inkl. der dabei verfolgten Zielsetzungen und der dafür anzuwendenden Methodik, erläutert. Daraufhin folgt abschließend eine inhaltliche Abgrenzung des Forschungsvorhabens.

Kapitel 3 enthält Begriffserklärungen zum gewählten Forschungsthema. Dies umfasst u.a. die Definitionen der Begriffe *GIS-gestützte Fußball-Spielanalyse*, *fußballspezifische Geo(fach)daten* u.v.m. Darüber hinaus erfolgt eine Annäherung an die Begriffe *Fußball* und *Spielanalyse*, die wahrscheinlich zwar von jedermann grob eingeordnet werden können, jedoch im Rahmen einer wissenschaftlichen Abhandlung genauer betrachtet werden müssen. Dies ist deshalb notwendig, da anzunehmen ist, dass fachintern diese Begriffe wenig geläufig sind. Da es sich bezogen auf die ausgewählten Begrifflichkeiten um keine Dogmen handelt, wird vielmehr aufgezeigt, wie die einzelnen Begriffe im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit zu verstehen sind. Aus diesem Grund ist dieser Teil der Arbeit für das grundlegende Verständnis über das Forschungsthema essenziell.

In Kapitel 4 wird Sport im Fokus geographischer Informationssysteme betrachtet. Dabei werden zunächst ausgewählte Anwendungsbeispiele präsentiert, bei denen zwar die Sportarten im Allgemeinen, jedoch nicht das Spielgeschehen im Sinne einer Spielanalyse, im Vordergrund stehen. Hierbei handelt es sich um nachweisliche Verbindungen zwischen der Welt des Sports und der Geoinformatik, die, wie die Ausführungen in Kapitel 3 zeigen werden, nicht dem Mainstream zuzuordnen sind. Passend dazu werden anschließend Pionierarbeiten der *GIS-gestützten Spielanalyse* aus unterschiedlichen Sportarten vorgestellt, womit gezeigt werden soll, dass GIS-Technologie bereits erfolgreich im Kontext der Sportspielanalyse eingesetzt wird. Abschließend werden ausgewählte fußballspezifische Fallbeispiele im Spannungsfeld zwischen GIS und GI-Anwendungen präsentiert, die in Hinblick auf das vorliegende Forschungsvorhaben relevant sind. Dadurch soll der aktuelle Stand der Forschung im Bereich der raumbezogenen Fußball-Spielanalyse skizziert werden.

Aufbauend darauf wird in Kapitel 5 Fußball aus Sicht der Geographie bzw. Kartographie und Geoinformation betrachtet sowie als raumzeitliches Konstrukt beschrieben. Dabei werden nicht nur die raumzeitlichen Phänomene bzw. Objekte des Spiels, sondern auch die vorliegenden raumzeitlichen Restriktionen erläutert. Darüber hinaus wird eine, auf Basis des Regelwerks der FIFA ([URL-08]), konstruierte Ontologie der verschiedenen Aktionen im Fußballspiel präsentiert.

Die raumzeitlichen Phänomene und Objekte des Fußballspiels werden im Rahmen der Spielanalyse in Form von fußballspezifischen Geo(fach)daten repräsentiert. Da diese als

Schnittstelle zu GIS fungieren, umfasst Kapitel 6 eine Charakterisierung dieser Datengrundlage. Hierfür werden sowohl Tracking- als auch Event-Daten zunächst beschrieben und definiert sowie unterschiedliche Datenquellen aufgelistet. Ferner werden die Methoden der zugrundeliegenden Datenerfassung und deren Genauigkeit am Beispiel der Daten von *ProzoneSports* untersucht. Darauf folgt eine fachspezifische Klassifizierung der Datenbasis aus der Sicht der Geoinformation. Außerdem werden sämtliche Prozesse der GIS-gerechten Datenaufbereitung sowie die darauf aufbauende Datenintegration in *ArcGIS* erläutert. Dies beinhaltet u.a. Datenbankaspekte sowie die Darstellung des Modellierungsprozesses eines Fußballfeldes. Abschließend werden die in Kapitel 5 eruierten Aktionen den zur Verfügung stehenden Daten gegenübergestellt um die Vollständigkeit der Datenbasis zu bestimmen. Kapitel 6 bildet somit einen fließenden und zugleich unscharfen Übergang zwischen grundlegender Theorie und Empirie dieser Forschungsarbeit. Nachdem die Vollständigkeit der Datensätze überprüft wurde, bietet Abschnitt 6.8 eine Auflistung von Parametern, die zwar Einflüsse auf das Spielgeschehen haben können, allerdings für die geplanten Analysen nicht vorliegen. In diesem Zusammenhang werden sowohl die Gründe für deren Nichtberücksichtigung, als auch die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Forschungsarbeit diskutiert.

Kapitel 7 umfasst die Abhandlung des ersten Forschungsbereichs, der auf eine Dokumentation gegenwärtiger Spielanalysen im mannschaftsinternen Bereich im Sinne einer Charakterisierung unter besonderer Berücksichtigung der Komponenten *Raum* und *Zeit* abzielt. Die Ausführungen darüber entstammen den Erkenntnissen einer qualitativen Inhaltsanalyse, auf Basis von Experteninterviews, die mit professionellen Spieleanalysten geführt wurden.

Während in Kapitel 6 der Aufbau und die Funktionalität des mit der Programmiersprache *Python* entwickelte *Match Data Preparation* Tool zur GIS-gerechten Datenaufbereitung beschrieben ist, beinhaltet Kapitel 8 darauf aufbauend eine Auflistung und Beschreibung weiterer optionaler GIS-Werkzeuge, die ebenso im Rahmen dieser Forschungsarbeit speziell zur anwendungsspezifischen Datenaufbereitung entwickelt wurden. Das grundlegende Aufbereitungskonzept ähnelt dabei einem Baukastenprinzip, weswegen ggf. Werkzeuge nur bei Bedarf im Vorfeld sowie in Abhängigkeit der geplanten Einzelspieler- oder Mannschaftsanalysen ausgeführt werden müssen.

In Kapitel 6 wurde bereits die von *ProzoneSports* zur Verfügung gestellte Datenbasis beschrieben. Allerdings wird bei der geplanten Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse nur ein Teilbereich davon herangezogen. Hierbei handelt es sich um einen Spieldatensatz, über dessen in Abschnitt 9.1 Informationen geboten werden, die für das Verständnis der weiteren Ausführung von Bedeutung sind.

Kapitel 9 umfasst sämtliche ausgearbeiteten Inhalte zur *GIS-gestützten Einzelspieleranalyse* und entspricht damit der Abhandlung des zweiten Forschungsbereiches. Hierbei

werden die drei Fallstudien präsentiert, im Rahmen derer nicht nur der zugrundeliegende Analyseprozess beschrieben wird, sondern auch die graphischen und schriftlichen Ergebnisse gezeigt und diskutiert werden.

Darauf aufbauend beinhaltet Kapitel 10 die Ausführungen und Ergebnisse der *GIS-gestützten Mannschaftsanalyse* bzw. des dritten Forschungsbereiches. Analog dem strukturellen Aufbau des vorherigen Kapitels, werden die drei ausgewählten Themenbereiche gleichermaßen abgehandelt. Konträr dazu werden jedoch stellenweise aufgrund der thematischen Vielfalt des kollektiven Mannschaftsbereiches bestimmte Teilaspekte thematisiert.

Kapitel 11 enthält weitere Anmerkungen zur GIS-gestützten Spielanalyse. Während in den beiden vorangegangenen Kapiteln stellenweise potenzielle thematische Adaptionsmöglichkeiten der einzelnen Analysetools aufgegriffen wurden, umfasst Abschnitt 11.1 konträr dazu eine toolübergreifende Zusammenfassung etwaiger Konfigurationen hinsichtlich der technischen Implementierung. Darüber hinaus werden in Abschnitt 11.2 dynamische Repräsentationsformen im Rahmen der GIS-gestützten Spielanalyse diskutiert. Dabei werden nicht nur Potentiale erläutert, sondern auch aktuelle technische Probleme kritisch bewertet.

Kapitel 12 umfasst die Abhandlung zur vierten und zugleich letzten Forschungsfrage, die darauf abzielt, die angewandten Analysemethoden zu bewerten. Die Ergebnisse basieren erneut auf einer qualitativen Inhaltsanalyse, die ebenfalls im Anschluss einer Expertenbefragung durchgeführt wurde. Das Resultat wird in weiterer Folge zur Beantwortung der zentralen Fragestellung herangezogen, auf Basis derer zukünftige Entwicklungsaspekte abgeleitet werden.

Schlussendlich werden in Kapitel 13 die Untersuchungsergebnisse prägnant zusammengefasst sowie den Zielsetzungen gegenübergestellt. Darüber hinaus werden nicht nur offene Forschungsfelder adressiert, sondern auch eine abschließende Diskussion geführt sowie ein persönliches Resümee über die Forschungsarbeit gegeben.

Die vorliegende Dissertation endet mit einem Quellen- und Literaturverzeichnis, in dem sämtliche, in dieser Forschungsarbeit verwendeten Referenzen aufgelistet sind. Des Weiteren bieten Verzeichnisse eine Übersicht über die in den Text eingebetteten Abbildungen, Tabellen, Formeln und Abkürzungen. Im darauffolgenden Anhang befinden sich weiterführende Materialien, deren Einbettung in den Hauptteil zu umfangreich gewesen wäre, weswegen im Bedarfsfall darauf an den betreffenden Stellen innerhalb der Arbeit lediglich verwiesen wird.

2 Einleitung

Die vorliegende Dissertation mit dem Titel *GIS-gestützte Spielanalyse – Studie zur Zweckmäßigkeit geographischer Informationssysteme im Kontext raumzeitlicher Analysen des Fußballspiels am Beispiel von ArcGIS auf Basis fußballspezifischer Geodaten von ProzoneSports* beinhaltet die erzielten Erkenntnisse einer knapp dreijährigen Forschungstätigkeit innerhalb der Arbeitsgruppe Kartographie und Geoinformation des Instituts für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien.

Die Einleitung bietet zunächst Einblicke in die Hintergründe dieses Forschungsvorhabens. Dabei wird die Georeferenzierung des Fußballspiels thematisiert, woraus sich nicht nur die Motivation für diese Forschungsarbeit ergab, sondern auch deren Relevanz ableiten lässt. Nachfolgend werden jene Problemstellungen dargelegt, die als Ausgangslage für diese Arbeit anzusehen sind. Im Anschluss daran werden die zugrundliegenden Forschungsfragen samt Zielsetzungen sowie der angewandten Methodik erläutert. Abschließend folgt eine inhaltliche Abgrenzung der Forschungsarbeit.

2.1 Die Georeferenzierung des Fußballspiels

Der zentrale Gegenstand dieser Doktorarbeit ist die *Post-Match-Fußball-Spielanalyse* [Anm.: Im weiteren Verlauf als *Spielanalyse* bezeichnet.], die auf dem ersten Blick schwer der Fachdisziplin *Kartographie und Geoinformation* zuzuordnen ist. Tatsächlich handelt es sich hierbei aus fachspezifischer Sicht um ein kaum wahrgenommenes Forschungsfeld. Allerdings basiert die fortschreitende Digitalisierung des Spielgeschehens zunehmend auf georeferenzierten Daten ([PWL-01], [CARd-05]), die die Grundlage jeglicher Untersuchung geowissenschaftlichen Charakters bilden ([LON-05]). Diese Entwicklung setzte bereits Mitte der 1990er Jahre ein und führte zu einem tiefgreifenden Wandel des Verständnisses über die Zusammenhänge im Fußball ([PWL-01], [PWL-02]). Die lückenlose raumzeitliche Datenerhebung inkludiert nicht nur alle Bewegungen, sondern auch sämtliche spielrelevante Ereignisse ([PWL-01]). In diesem Sinne kann aus fachinterner Perspektive von einer *Georeferenzierung des Fußballspiels* gesprochen werden, im Zuge derer *fußballspezifische Geo(fach)daten* erfasst werden ([KOT-14]). Diese Daten sind als direkte und zentrale Schnittstelle zwischen der Spielanalyse und geographischen Informationssystemen [Anm.: Im weiteren Verlauf im Singular und Plural mit dem Akronym GIS bezeichnet.] anzusehen.

Der Wandel und die zunehmende Professionalisierung des Fußballspiels führen zu einem verstärkten Konkurrenzkampf ([PWL-01]). Um national sowie international wettbewerbsfähig zu sein, müssen Vereine stets neue Wege zur Beschreibung und Analyse des Spiels finden ([KOT-14]). Im Idealfall werden dadurch taktische Vorteile gegenüber Kontrahenten erlangt. Da die Spielanalyse ein zentraler Bestandteil der Trainingsarbeit ist

([PWL-01], [HOH-94], [TAK-96], [CARd-05], [KIM-11], [WINb-11], [COT-13], [VIL-13]), investieren professionelle Vereine in steigendem Maß in Spielanalysesysteme ([DISb-07], [OHN-00], [CARb-08]). Noch nie zuvor in der Geschichte des Fußballs war die Datenerfassung so umfangreich wie heute ([PWL-01]). Allerdings verdeckt die Menge an Daten oftmals die Sicht auf das Wesentliche ([OHN-00], [PWL-04]). Hierzu J. UHLIG, Sportwissenschaftler an der Universität Wien: *„Im Spitzenbereich sind Mannschaften ohne solche Daten von professionellen Systemanbietern nicht mehr konkurrenzfähig. Entscheidend ist aber, wie der Trainer mit der Datenflut umgeht."* ([SQU-02]) Ein Zitat aus dem Jahr 2010 von B. NOTZON, zu dieser Zeit Leiter von *NetCologne Sportslab* [Anm.: = eine gemeinschaftliche Abteilung des 1. FC Köln und der *NetCologne GmbH* ([URL-58]).], spiegelt die Größenordnung wider: *„Pro Woche speichern wir etwa 150 Spiele und seit 2008 haben wir knapp 20.000 Spiele auf den Festplatten. Hinzu kommen die Daten von 70.000 Fußballspielern."* ([URL-04]) Die Daten werden sowohl auf Einzelspieler-, als auch auf Mannschaftsebene ausgewertet. In diesem Zusammenhang sprechen einige Autoren von einer *Revolution* im Fußball ([PWL-01]), währenddessen andere die Meinung vertreten, dass die gegenwärtig zu beobachtenden Entwicklungen im professionellen Fußball nur Teil dessen *Evolution* sind ([PWL-04]). Ungeachtet dessen werden die Daten kontinuierlich nicht nur informationsreicher, sondern auch genauer und präziser, weshalb plakativ vom *Gläsernen Spieler* gesprochen wird ([PWL-01], [SQU-01]).

Während die Existenz einer bisher kaum wahrgenommenen Datenbasis Forschungstätigkeiten rechtfertigt, ist die Qualität der Daten entscheidend über die Sinnhaftigkeit und Durchführbarkeit etwaiger Untersuchungen. Hinsichtlich der Präzision der Daten wird vorweggenommen, dass die zur Verfügung stehenden Daten sowohl räumlich, als auch zeitlich ausreichend aufgelöst sind. Beispielhaft stellt die Erfassung von mehr als drei Millionen Datenpunkten pro Spiel keine Besonderheit dar ([KOT-15a]). Die geometrische Genauigkeit der Daten erfüllt außerdem die Anforderungen dieser Forschungsarbeit (siehe Kapitel 6) sowie jener professionellen mannschaftsinternen Spielanalysen (siehe Abschnitt 7.2.2). Obwohl große Mengen raum- und zeitbezogener Daten erhoben werden, fehlt es an adäquaten raumzeitlichen Methoden zur Analyse des Spielgeschehens (siehe Kapitel 7). H.-C. KIM et al. ([KIM-11]) sehen in diesem Zusammenhang eine Ignoranz gegenüber den Komponenten *Raum* und *Zeit*. Dieser Umstand ist frappierend, da Fußball ein raumzeitlich dynamisches Konstrukt ist ([KOT-14]), innerhalb dessen eine Vielzahl an raumzeitlichen Phänomenen und Objekten in wechselseitiger Abhängigkeit stehen ([KIM-11]).

Wie schematisch in Abb. 2 dargestellt, bietet der Einsatz von GIS eine probate Möglichkeit zur Schließung der Lücke zwischen fußballspezifischen Geodaten auf der einen und adäquaten raumzeitlichen Spielanalysen auf der anderen Seite. Dadurch soll das durch den Raum-Zeit-Bezug hervorgerufene Potential der Daten effektiv ausgeschöpft werden, um die Aussagekraft der Analyseergebnisse zu steigern.

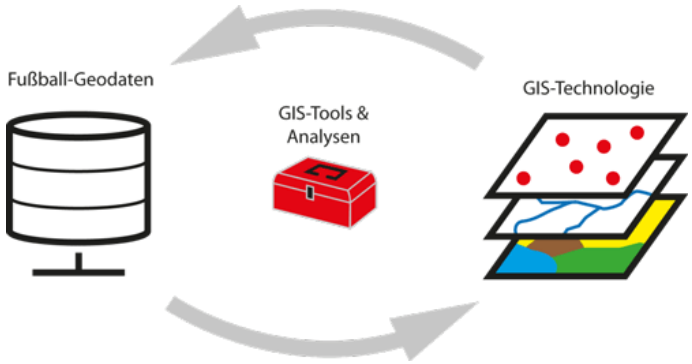


Abb. 2: Symbolhafte Darstellung des propagierten Soll-Zustandes: GIS-Tools & Analysen als Bindeglied zwischen fußballspezifischen Geodaten und GIS-Technologie

Der Raumbezug der Daten ist die Grundvoraussetzung für die Integration in ein GIS, die eine zentrale Rolle bei der Lösung geographischer Fragestellungen aller Art einnehmen ([LON-05]). Aus fachinterner Perspektive kann die *GIS-gestützte Spielanalyse* als innovativer Weg zur Beschreibung und Analyse des Fußballspiels angesehen werden ([KOT-14], [KOT-15a]). Die Bezeichnung *innovativ* muss im zeitlichen Kontext betrachtet werden und trifft insofern zu, als zu Beginn der Forschungstätigkeit keinerlei Hinweise auf GIS-Anwendungen im Bereich der Spielanalyse auf Basis der hier verwendeten Datengrundlage gefunden wurden. Obwohl in der Zwischenzeit Beiträge über den Einsatz von GIS und GI-Anwendungen im Bereich der Spielanalyse publiziert wurden (siehe Abschnitt 4.4), kann den hier präsentierten Ansätzen der innovative Charakter nicht abgesprochen werden.

An dieser Stelle wird explizit die Forderung nach einer intensiven theoretischen und praxisnahen Auseinandersetzung mit fußballspezifischen Geodaten erhoben. GIS-gestützte Spielanalysen bieten Kartographen und Geoinformatikern die Möglichkeit die Grenzen ihrer Disziplin zu überschreiten. Die Motivation dieser Forschungsarbeit ergibt sich daraus, dass dabei weitestgehend wissenschaftliches Neuland betreten und gleichzeitig ein neues Anwendungsfeld erschlossen wird. Die vorliegende Dissertation präsentiert die gesammelten Erfahrungen und erzielten Erkenntnisse auf den zuvor noch überwiegend weißen Flecken der Anwendungslandkarte der Kartographie und Geoinformation. Diese Arbeit soll daher als Schritt angesehen werden, den Wissens- und Forschungsstand der Kartographie und Geoinformation zu erweitern. Darüber hinaus soll die Neugierde von Kollegen geweckt werden, die hiermit nachdrücklich ermutigt werden, sich mit diesem Themenbereich zu befassen und damit unsere Fachdisziplin zu bereichern.

2.2 Problem- bzw. Aufgabenstellung

Es konnte bestätigt werden, dass gegenwärtige Methoden der Spielanalyse von einem hohen Maß an Subjektivität geprägt sind (siehe Kapitel 7). Trotz des Vorhandenseins georeferenzierter Daten überwiegen Videoanalysen. Dies wird als unzulänglich angesehen, da die Auswertungen maßgeblich von der subjektiven Wahrnehmung und Erfahrung der Analysten beeinflusst sind. Ungeachtet der Möglichkeit strittige Spielszenen aus verschiedenen

Perspektiven zu betrachten, besteht die Gefahr Situationen falsch zu deuten und/oder Wichtiges zu übersehen.

Der Schlüssel zur Lösung dieses Problems wird in der Fokussierung auf die Komponenten *Raum* und *Zeit* gesehen, wobei GIS eine zentrale Rolle zur Objektivierung der Spielanalyse zugeschrieben wird. Dahingehend gilt es die anwendungsspezifische Zweckmäßigkeit von GIS zu überprüfen. In Abhängigkeit des Ergebnisses sind weitere Schritte in die Wege zu leiten, die entweder eine Neukonzeption oder Weiterentwicklung der präsentierten Ansätze vorsehen. Nur dann ist der Forschungsbereich *GIS-gestützten Spielanalyse*, dessen Prosperität von interdisziplinärer Zusammenarbeit abhängig ist, als zukunftsträchtig zu bezeichnen.

2.3 Forschungsfragen, Zielsetzungen und Methodik

Das Herzstück dieser Dissertation ist die zentrale Forschungsfrage, die in Hinsicht der einzelnen Forschungsbereiche als kohäsiv zu bezeichnen ist und folgendermaßen lautet:

Wie ist die Zweckmäßigkeit geographischer Informationssysteme im Rahmen der mannschaftsinternen Fußball-Spielanalyse einzuschätzen?

Als *mannschaftsintern* werden im Kontext dieser Forschungsarbeit all jene Spielanalysen verstanden, die innerhalb der Vereine und nicht etwa in Medien aller Art durchgeführt werden. Die zentrale Forschungsfrage skizziert bewusst einen vage abgegrenzten Forschungsbereich um eine diffizile übergeordnete Aufgabenstellung zu vermeiden. Der Umfang des Forschungsvorhabens erfordert die Abgrenzung bestimmter Teilbereiche, deren Thematik von untergeordneten Forschungsfragen vorgegeben ist (siehe Abschnitt 2.3). Insgesamt ist das Forschungsvorhaben in drei eigenständige Rubriken sowie einem übergeordneten Bereich unterteilt. Die Synergie der dabei erzielten Erkenntnisse dient zur Beantwortung der zentralen Forschungsfrage. Da die Zweckmäßigkeit der angewandten Analysemethoden und entwickelten Werkzeuge im Fokus des Interesses steht, werden Vertreter der Zielgruppe bzw. professionelle Spieleanalysten zur Wahrung der Objektivität in den abschließenden Evaluationsprozess miteinbezogen.

Ziel dieser Doktorarbeit ist es, eine breite Basis für weitere fachinterne sowie interdisziplinäre theoretische und angewandte Forschungsarbeiten zu bieten. Daher ist es notwendig, einen möglichst großen Ausschnitt mannschaftsinterner Fußball-Spielanalyse zu behandeln. Allerdings ist zu bedenken, dass nicht alle Facetten des Fußballspiels im Rahmen einer Dissertation berücksichtigt werden können, weswegen klare thematische Abgrenzungen unumgänglich sind (siehe Abschnitt 2.4).

Das inhaltlich-methodische Grundgerüst dieser Dissertation ist in Abb. 3 dargestellt und dient zur Veranschaulichung essenzieller Zusammenhänge zwischen den einzelnen Forschungsfragen, der angewandten Methodik und der dabei gesetzten Zielsetzungen.

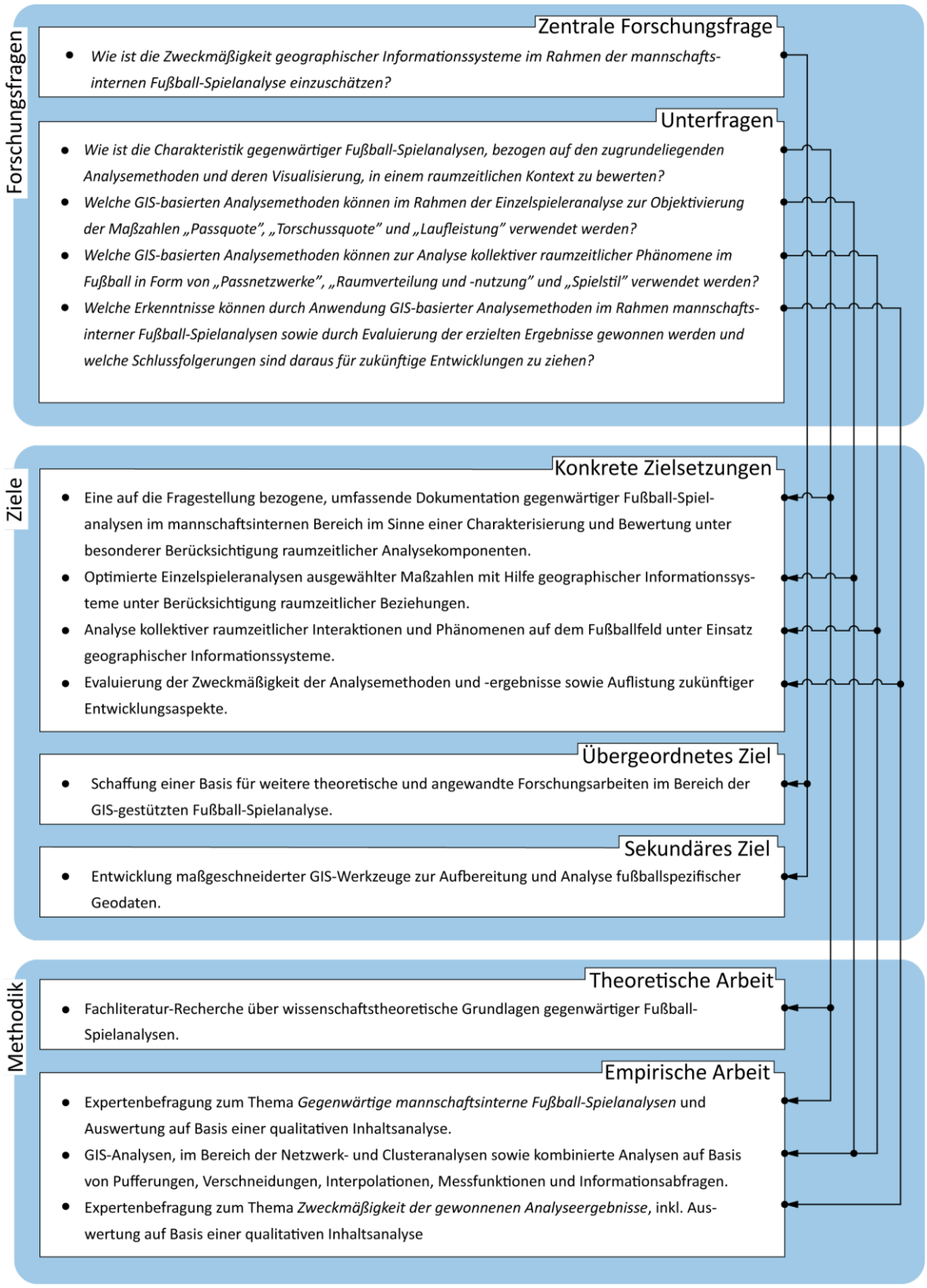


Abb. 3: Inhaltlich-methodischer Aufbau der vorliegenden Dissertation

In Anbetracht der Zielgruppe ist davon auszugehen, dass professionelle Spieleanalysten keine oder nur unzureichende Kenntnis im Umgang mit GIS haben. Daher ist die Bereitstellung maßgeschneiderter GIS-Werkzeuge zur Aufbereitung und Analyse fußballspezifischer Geodaten erstrebenswert. Bezogen auf die Forschungsarbeit bedeutet dies, intuitiv

zu bedienende und gut dokumentierte Instrumente zu entwickeln, die lediglich die Eingabe von Daten sowie ggf. zusätzlicher Analyseparameter erfordern. Es ist unabdingbar, dass sämtliche Analyseschritte im Hintergrund automatisiert durchgeführt werden. Allerdings sind alle im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelten Tools als Prototypen anzusehen, da die Entwicklung elaborierter GIS-Werkzeuge eine engere Zusammenarbeit mit Endbenutzergruppe erfordert.

- Forschungsbereich I: Gegenwärtige Methoden der Fußball-Spielanalyse

Der erste Forschungsbereich bildet den Rahmen einer kritischen Auseinandersetzung mit gegenwärtigen Methoden der mannschaftsinternen Spielanalyse. Als *gegenwärtig* sind in diesem Kontext all jene Verfahren zu bezeichnen, die keinen direkten Bezug zu GIS im engeren Sinne aufweisen. Die dazugehörige Forschungsfrage lautet:

Wie ist die Charakteristik gegenwärtiger Fußball-Spielanalysen, bezogen auf den zugrundeliegenden Analysemethoden und deren Visualisierung, in einem raumzeitlichen Kontext zu bewerten?

Es handelt sich hierbei um eine deskriptive Bestandsaufnahme und Bewertung aktuell angewandter Verfahren, wobei aus fachspezifischer Perspektive den Komponenten *Raum* und *Zeit* große Bedeutung zur Entschlüsselung der Komplexität des Fußballspiels beigemessen wird. Ziel ist es, eine aus fachinterner Sicht umfassende Dokumentation gegenwärtiger Methoden der Spielanalyse anzufertigen, um bestehende Unzulänglichkeiten hervorzuheben sowie Anschlussmöglichkeiten GIS-gestützter Methoden zu eruieren. Das Ergebnis dieser Evaluation entscheidet über die weitere Vorgehensweise des Forschungsvorhabens. Entweder soll unter Einsatz von GIS eine methodische Lücke geschlossen oder eine Verbesserung gegenwärtiger Verfahren vorgenommen werden. Davon sind die Forschungsbereiche II und III direkt betroffen, da entweder Adaptionen oder Neukonzeptionen im Mittelpunkt stehen. Unabhängig davon bleibt die zentrale Frage nach der Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse bestehen.

Zur Aneignung fachspezifischer Termini sowie zur Verschaffung eines Überblicks über theoretische bzw. sportwissenschaftliche Aspekte der Spielanalyse ist eine gründliche Fachliteratur-Recherche erforderlich. Einblicke in praktische Vorgehensweisen ermöglichen hingegen nur Expertenbefragungen, da i.d.R. keine Informationen über vereinsinterne Arbeitsweisen publiziert werden. Dazu werden Spieleanalysten professioneller Vereine über ihre Tätigkeit befragt. Insbesondere soll dabei eruiert werden, welche Maßzahlen verwendet, wie diese analysiert und wie die daraus gewonnenen Ergebnisse präsentiert werden. In diesem Zusammenhang sind die Erkenntnisse der Fachliteratur-Recherche sachdienlich zur korrekten Deutung der einzelnen Rückmeldungen. Da die Interviews offen geführt werden, erfolgt deren Auswertung anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse. Eine detailliertere Beschreibung der angewandten Methodik ist in Kapitel 7 zu finden.

- Forschungsbereich II: GIS-gestützte Einzelspieleranalyse

Der zweite Forschungsbereich kennzeichnet den inhaltlichen Einstieg in die *GIS-gestützte Spielanalyse*. Dabei stehen zunächst die Akteure des Spiels im Fokus der Untersuchung. Da sich beide Mannschaften auf dem Spielfeld aus jeweils maximal elf Einzelspieler zusammensetzen, ist es folgerichtig zuerst die Einzelteile beider Kollektive zu analysieren. Die dazugehörige Forschungsfrage lautet:

Welche GIS-basierten Analysemethoden können im Rahmen der Einzelspieleranalyse zur Objektivierung der Maßzahlen „Passquote", „Torschussquote" und „Laufleistung" verwendet werden?

Aufgrund der subjektiven Prägung gegenwärtiger Methoden der Spielanalyse (siehe Kapitel 7) ist eine Objektivierung einzelner Maßzahlen erstrebenswert. Dabei nimmt die Komponente *Raum* eine Schlüsselrolle ein, da bestimmte Aktionen in Abhängigkeit ihrer räumlichen Position das Spiel unterschiedlich stark beeinflussen. Bspw. kann ein Fehlpass im Strafraum unmittelbar zu einem Gegentor führen, im Mittelfeld hingegen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit rechtzeitig zurückerobert werden. Demgegenüber wird die zeitliche Komponente für Filterungen herangezogen, um Anomalien in Hinblick auf die Chronologie der Ereignisse zu detektieren.

Zur inhaltlichen Ein- bzw. Abgrenzung der Einzelspieleranalyse erfolgt eine Beschränkung auf die Maßzahlen *Passquote*, *Torschussquote* und *Laufleistung*. Damit werden die grundlegendsten Elemente des Fußballspiels, *Passen*, *Schießen* und *Laufen* abgedeckt. Ferner bieten diese Parameter einen großen Interpretationsspielraum, weswegen deren Aussagekraft diskutabel ist. Verschärft wird dieser Umstand dadurch, dass nur bestimmte Aspekte dieser Elemente quantitativ abgebildet werden ([HUGa-02]). Ungeachtet der Legitimität der ausgewählten Maßzahlen ist es notwendig, zusätzliche Informationen über die repräsentierten Aktionen zu generieren, um damit die Aussagekraft der Analyse zu objektivieren. Dahingehend soll eine Optimierung der Einzelspieleranalyse in Bezug auf die Aktionen *Passen*, *Schießen* und *Laufen* erreicht werden.

Diesem Vorhaben steht grundsätzlich die gesamte Funktionalität von *ArcGIS* zur Verfügung, das im Rahmen dieser Doktorarbeit als Stellvertreter aller GIS anzusehen ist. Hierzu sind basierend auf *Python* maßgeschneiderte Analyse-Tools für *ArcGIS* zu entwickeln. Ausführlichere Angaben zur Konzeption sowie insbesondere über die technische Umsetzung der Einzelspieleranalysen sind in Kapitel 9 enthalten.

- Forschungsbereich III: GIS-gestützte Mannschaftsanalyse

Aufbauend auf den Erkenntnissen und Ergebnissen der Einzelspieleranalyse wird die *GIS-gestützte Mannschaftsanalyse* durchgeführt. Dabei ist der Fokus auf kollektive raumzeitliche Phänomene gerichtet, die durch wechselseitige konstruktiver und destruktiver Interaktionen hervorgerufen werden. Die dazugehörige Forschungsfrage lautet:

Welche GIS-basierten Analysemethoden können zur Untersuchung kollektiver raumzeitlicher Phänomene im Fußball in Form von „Passnetzwerke", „Raumverteilung und -nutzung" und „Spielstil" verwendet werden?

Fußball ist ein raumzeitliches Konstrukt (siehe Kapitel 5) und kann als System zweier interagierender und gleichzeitig wechselseitig abhängiger Netzwerke verstanden werden ([TAK-96], [DUC-10,], [COT-13], [VIL-13]). Wissen über das einstudierte Zusammenspiel und die Spielweise gegnerischer Mannschaften ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor, da darauf die Spielvorbereitung basiert. Dahingehend ergibt sich die Aufgabe kollektive raumzeitliche Interaktionen und Phänomene zu untersuchen. Analog dem zweiten Forschungsbereich beinhaltet die dritte Forschungsfrage ebenso eine thematische Eingrenzung in drei Themenbereiche, die mehrere Facetten des Spiels umfassen.

Das Passspiel spiegelt mannschaftsinterne Beziehungen wider, weswegen *Passnetzwerken* Rückschlüsse auf Schlüsselspieler und Spielachsen ermöglichen. Während *Passnetzwerke* in thematischer Hinsicht relativ klar eingrenzbar sind, bietet der Bereich *Raumverteilung und -nutzung* mehrere Analysemöglichkeiten. Zur Charakterisierung einer Mannschaft werden Ballbesitzverhältnisse und Aktionsräume untersucht. Daneben besteht die Aussicht auf Basis der räumlichen Verteilung der Spieler Aussagen über die Kompaktheit einer Formation, der offensiven und defensiven Ausrichtung eines Teams sowie über das Spielerverhalten in bestimmten Situationen abzuleiten. Grundsätzlich sind *Passnetzwerke* eng mit der *Raumverteilung und -nutzung* verwoben ([AKI-12]). Gleichzeitig kann die Synergie von Parametern beider Bereiche Indizien über den *Spielstil* einer Mannschaft liefern ([DISb-07], [MEN-13]). Hierbei besteht eine Abhängigkeit von der dynamischen Konstellation des Spiels, da beide Teams im Kollektiv ihr Verhalten und ihre Bewegungen an den jeweiligen Ballbesitzverhältnissen ausrichten ([TAK-96], [MOU-12]). Aufgrund der vielfältigen Verflechtungen zwischen den einzelnen Themenbereichen ist das Ziehen messerscharfer Trennlinien schwierig. Z.B. kann die räumliche Verteilung der Spieler genauso zur Quantifizierung der offensiven Ausrichtung einer Mannschaft oder zur Charakterisierung gruppentaktischen räumlichen Verhaltens herangezogen werden. Ferner kann durch Analyse von Passstafetten eine Klassifizierung von Angriffsszenen vorgenommen werden, wodurch Einblicke in die zugrundeliegende Spielphilosophie offenbart werden ([KOL-97]).

Die Verschmelzung der ausgewählten Themenbereiche ist durch die Interdependenz spielerbezogener Aktionen bedingt. Parametrisch ist dies durch die raumzeitlichen Komponenten der Spieler und deren Aktionen abgebildet. Hinsichtlich der Mannschaftsanalyse ist zu bedenken, dass sowohl das Spiel mit dem Ball, als auch ohne Ball gleichwertig berücksichtigt werden muss. Zudem ist der Fokus auf die Netto-Spielzeit zu richten, da andernfalls Verfälschungen der Ergebnisse zu erwarten sind.

Der dritte Forschungsbereich ist durch seine thematische Vielfalt gekennzeichnet. Detaillierte Angaben über den konkreten Inhalt und Konzeption der einzelnen Analysen sind

in Kapitel 10 zu finden. Analog dem zweiten Forschungsbereich steht diesem Unterfangen das gesamte Spektrum an GIS-Werkzeugen von *ArcGIS* zur Verfügung. Genauso ist es notwendig auf die Fragestellungen zugeschnittene Tools anzufertigen. Methodische Spezifikationen sind ebenfalls in Kapitel 10 nachzulesen.

- Übergeordneter Forschungsbereich

Die vierte und zugleich letzte Forschungsfrage ist dem zentralen Forschungsbereich zuzuordnen, da deren Beantwortung u.a. die Erkenntnisse der drei untergeordneten Forschungsbereiche erfordert. Die Frage lautet:

Welche Erkenntnisse können durch eine Evaluierung der erzielten Ergebnisse gewonnen werden und welche Schlussfolgerungen sind daraus für zukünftige Entwicklungen zu ziehen?

Die Ergebnisse der Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse sowie die daraus gewonnenen Erkenntnisse bilden die wesentliche Grundlage für eine zweite Expertenbefragung. Dabei sind professionelle Spieleanalysten zu einer kritischen Beurteilung der Analyseergebnisse aufgefordert. In diesem Zusammenhang ist es unumgänglich, dass die Gruppe der Befragten einer Teilmenge der Teilnehmergruppe der ersten Expertenbefragung entspricht. Dieses Ausschlusskriterium beugt widersprüchlichen Interpretationen von Spielanalysetechniken vor. Allerdings muss dabei ein Schwund der Interviewpartner in Kauf genommen werden.

Die Auswertung der Interviews erfolgt auf Basis einer qualitativen Inhaltsanalyse. Umfrage- und Analysedesgin sind in Kapitel 12 einsehbar. Die Evaluation der entwickelten Analysetools dient nicht nur zur Auflistung potenzieller thematischer und technischer Adaptionen, sondern auch zur Einstufung der Zweckmäßigkeit GIS-gestützter Methoden im Rahmen der Spielanalyse. In Abhängigkeit des Ausgangs des ersten Forschungsbereiches sind zukünftige Entwicklungsaspekte zu thematisieren. Aufbauend darauf wird die zentrale Forschungsfrage beantwortet.

- Die Forschungsbereiche im Überblick und weitere Betätigungsfelder

Die Aspekte der *GIS-gestützten Spielanalyse* sind in Abb. 4 graphisch zusammengefasst in Pyramidenform dargestellt. Der Arbeitsablauf verläuft von der Pyramidenbasis bis zur Spitze und bestimmt zugleich den inhaltlichen Aufbau dieser Doktorarbeit (vgl. Abschnitt 1.4). Erst die Beantwortung der ersten drei Forschungsfragen ermöglicht eine rationale Auseinandersetzung mit dem übergeordneten Forschungsbereich. Auf Basis dessen wird abschließend die zentrale Forschungsfrage beantwortet. Abseits des inhaltlich eingegrenzten Forschungsvorhabens umfasst die *GIS-gestützte Spielanalyse* zwei weitere Betätigungsfelder, die als *Geovisualisierung* und *Automation* bezeichnet werden können. Da beide Aspekte von großer Bedeutung sind, würde eine angemessene Bearbeitung den Rahmen dieser Dissertation sprengen, weswegen lediglich darauf verwiesen wird.

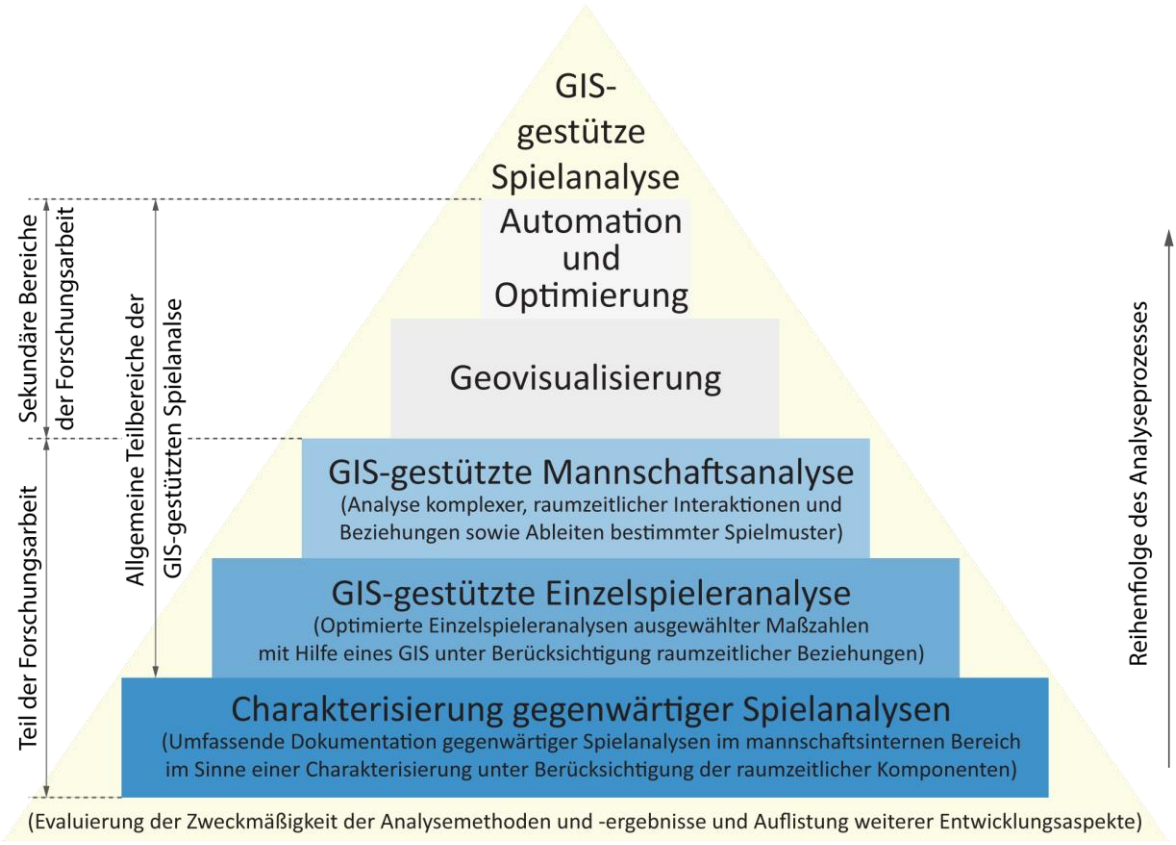


Abb. 4: Forschungspyramide zur Darstellung der wesentlichen Forschungsbereiche ([KOT-14], modifiziert)

Von einem technischen Standpunkt ausgehend unterscheiden sich fußballspezifische Geodaten zwar nicht von anderen Geodaten, repräsentieren jedoch in Anlehnung an G. HAKE et al. ([HAK-02]) sehr großmaßstäbige räumlich dynamische Diskreta (siehe Kapitel 6). Die räumliche Domäne dieser Daten ist faktisch auf 105 m x 68 m [Anm.: = Gemäß dem Regelwerk die internationale Normgröße eines Fußballfeldes.] begrenzt. Die de facto nicht vorhandene räumliche Persistenz der Daten führt zu speziellen Anforderungen in Bezug auf die Darstellung der Analyseergebnisse. Allerdings sind diesbezüglich Erfahrungswerte rar, weshalb passende Visualisierungsformen für unterschiedliche Themen und Spielsituationen bestimmt werden müssen. Da inadäquate Präsentationsformen die Qualität von Analysen bzw. die Aussagekraft deren Resultate negativ beeinflussen ([GOLa-12]), sind dahingehende Studien notwendig. Klare und verständliche Darstellungsformen sind daher für erfolgreiche Informationsaufnahmen unerlässlich ([MACa-04]), weswegen bewährten kartographischen Richtlinien eine Schlüsselrolle zugeschrieben wird. Zur Erstellung optimierter Graphiken wird eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Spieleanalysten befürwortet, um den Informationstransfer bestmöglich zu unterstützen.

Die Entwicklung maßgeschneiderter GIS-Werkzeuge zur Aufbereitung und Analyse fußballspezifischer Geodaten entspricht dem Sekundärziel dieser Dissertation. Die *Automatisierung* dieser Verfahren ist aufgrund der Komplexität der Tools unumgänglich. Dabei sind Prozessketten aufzubauen, die nicht nur Aneinanderreihungen unterschiedlicher Schritte, sondern auch iterative Abläufe beinhalten. Bspw. wäre die manuelle Untersuchung

des Passspiels bei einer durchschnittlichen Anzahl von rund 1.000 Pässen pro Spiel rational nicht zu bewältigen [Anm.: die Angabe bezieht sich die zur Verfügung gestellte Datenbasis.]. Darüber hinaus sind Analyseergebnisse möglichst zeitnah nach den Spielen bereitzustellen (vgl. Anhang II). Während die Automation der Datenaufbereitung und –analyse Teil dieser Forschungsarbeit ist, ist deren Optimierung nicht vorrangig, da zunächst deren Funktionalität überprüft werden muss (siehe Kapitel 12). Des Weiteren sind in Kapitel 11 alternative Implementierungsformen GIS-gestützter Spielanalysen thematisiert, die nach Abschluss dieser Doktorarbeit aufgegriffen werden können.

2.4 Inhaltliche Abgrenzung der Forschungsarbeit

Es wäre verwegen den Anspruch zu erheben, die Spielanalyse auf Basis der erzielten Erkenntnisse zu revolutionieren. Dies ist in keinerlei Weise beabsichtigt, da das Fußballspiel zu komplex ist, als dass alle spielbeeinflussenden Faktoren berücksichtigt werden könnten ([PWL-01], siehe Abschnitt 6.8). Deshalb ist die Datenbasis jeglicher Spielanalysen zwangsläufig unvollständig. Ferner kann durch Einsatz von GIS nur ein begrenztes Spektrum der verfügbaren Daten verwertet werden. Bspw. muss zur Auswertung binärer Daten, wie Videoaufzeichnungen, auf andere Techniken zurückgegriffen werden. GIS sind daher als Ergänzung methodisch breit gefächerter Spielanalysen anzusehen.

Die Grundlage der vorliegenden Forschungsarbeit setzt sich ausschließlich aus den von *ProzoneSports* zur Verfügung gestellten Tracking- und Event-Daten zusammen (siehe Kapitel 6). Es ist zu betonen, dass diese Datengrundlage das Spielgeschehen nicht bis ins letzte Detail widerspiegeln kann. Zudem kann die Existenz nicht exakt quantifizierbarer Ungenauigkeiten hinsichtlich der raumzeitlichen Komponenten der Daten nicht ausgeschlossen werden. Ungeachtet dessen entsprechen die verwendeten Daten den aktuell höchsten Standards der Spielanalyse. Die in Kapitel 9 und 10 präsentierten Analysen basieren somit auf jenen Daten, die auch innerhalb professioneller Fußballvereine genutzt werden.

Des Weiteren stützt sich die Forschungsarbeit inhaltlich ausschließlich auf die in Abschnitt 2.3 angeführten Forschungsbereiche und den darin aufgelisteten Schwerpunkten. Die Diversität der *Spielanalyse* (siehe Kapitel 3) verlangt in Anbetracht einer wissenschaftlich seriösen Bearbeitung eine inhaltliche Ein- bzw. Abgrenzung. Gleichfalls überschreitet eine möglichst holistische Herangehensweise den begrenzten Rahmen einer Doktorarbeit. Zudem handelt es sich um eine Sondierung innerhalb eines kaum erforschten Feldes, weswegen das übergeordnete Ziel die Bestimmung der Zweckmäßigkeit von *ArcGIS*, als Stellvertreter der GIS-Technologie als Gesamtheit, in ausgewählten Bereich der Spielanalyse ist. Durch Erforschen neuer Sichtweisen auf das Fußballspiel soll der Wissensstand nicht nur fachintern, sondern auch fachextern erweitert werden. In diesem Zusammenhang ist die Fokussierung auf die Komponenten *Raum* und *Zeit* ebenfalls als inhaltliche Abgrenzung zu verstehen.

3 Obligatorische Begriffserklärungen

Definitionen wesentlicher sowie wenig geläufiger Begriffe einer Forschungsarbeit sind unerlässlich, um etwaigen Missverständnissen vorzubeugen. Gleichzeitig soll zur Bildung einer gemeinsamen sprachlichen Basis des grundlegenden Verständnisses des Autors der im Kontext dieser Arbeit relevanten Begrifflichkeiten mit den Lesern geteilt werden. Hierfür ist zunächst eine terminologische Annäherung an den zentralen Begriff dieser Dissertation *GIS-gestützte (Fußball-) Spielanalyse* erforderlich.

3.1 GIS-gestützte (Fußball-)Spielanalyse

Allgemein anerkannte Definitionen des Begriffes *GIS-gestützte (Fußball-) Spielanalyse* gibt es nicht. Dieser Terminus wurde vom Autor dieser Forschungsarbeit geprägt und fand erstmals bei G. KOTZBEK u. W. KAINZ ([KOT-15a]) Erwähnung. Allerdings wurde bereits in einem früheren Beitrag ([KOT-14]) die englische Bezeichnung *GIS-based Game Analysis* verwendet. Die entscheidende Frage ist, was darunter genau verstanden wird? Ein erster Erklärungsversuch sieht folgendermaßen aus: *Die GIS-gestützte Fußball-Spielanalyse umfasst alle Maßnahmen zur GIS-gerechten Aufbereitung sowie Modifikation von fußballspezifischen Geo(fach)daten, ferner zur raumzeitlichen Einzelspieler- und/oder Mannschaftsanalyse auf Basis dieser Daten mit Hilfe entsprechender GIS-Werkzeuge und darüber hinaus zur Visualisierung der erzielten Analyseergebnisse als kartographische Ausdrucksformen. Im Fokus der Wissensgenerierung steht der Anspruch, den raumzeitlichen Charakter des Fußballspiels ausreichend zu berücksichtigen.* Diese Erklärung versucht möglichst umfassend und trefflich zu sein. Dennoch bietet sie in vielerlei Hinsicht Interpretationsspielräume. Bspw. ist die Bezeichnung *GIS-gerecht* diskutabel, da mehrere Auffassungen darüber vorliegen. Dogmatisch zu sein ist hierbei jedoch nicht Sinn und Zweck. Die konstruierte Definition versucht daher vielmehr diesen Begriff bzw. das Verständnis des Autors darüber den Lesern näherzubringen. Gemäß der oben angeführten Begriffsbestimmung setzt sich die *GIS-gestützte Fußball-Spielanalyse* aus vier *Maßnahmen* zusammen: *Aufbereitung*, *Modifikation*, *Analyse* und *Visualisierung*, bezogen auf *fußballspezifische Geo(fach)daten*, die in Kapitels 6 unter die Lupe genommen werden. Grundsätzlich ist eine Analogie zu gängigen Definitionen von GIS erkennbar, die im nächsten Abschnitt thematisiert werden. Abb. 5 stellt in diesem Zusammenhang eine plakative Gegenüberstellung der einzelnen Bereiche der *GIS-gestützten Spielanalyse* dar, wobei *Einzelspieler- und Mannschaftsanalysen* als eigenständige Rubriken deklariert sind. Zusätzlich wird auf deren *raumzeitlichen Charakter* verwiesen, dessen Berücksichtigung im Zentrum der propagierten *GIS-gestützten Spielanalyse* steht. Bezogen auf die *Visualisierung* sind dem Anwender keinerlei Restriktionen auferlegt. Ferner ist es nebensächlich, ob die Ausgabeform analog

oder digital bzw. statisch, dynamisch oder etwa interaktiv ist, ist nebensächlich, solange die Komponenten *Raum* und *Zeit* ausreichend einbezogen werden. Die Bezeichnung *ausreichend* kann jedoch unterschiedlich ausgelegt werden. Allerdings soll hierbei der Definitionsgürtel nicht zu eng gezogen werden. Jedoch wird eine rein schriftliche Auswertung oder eine alleinige Darstellung bzw. Auflistung einzelner Parameter samt dazugehöriger Werte als inakzeptabel betrachtet. Sämtliche Analyseergebnisse müssen deutlich den vorhandenen raumzeitlichen Bezug widerspiegeln. Dies kann auf unterschiedlichste Art und Weise realisiert werden.

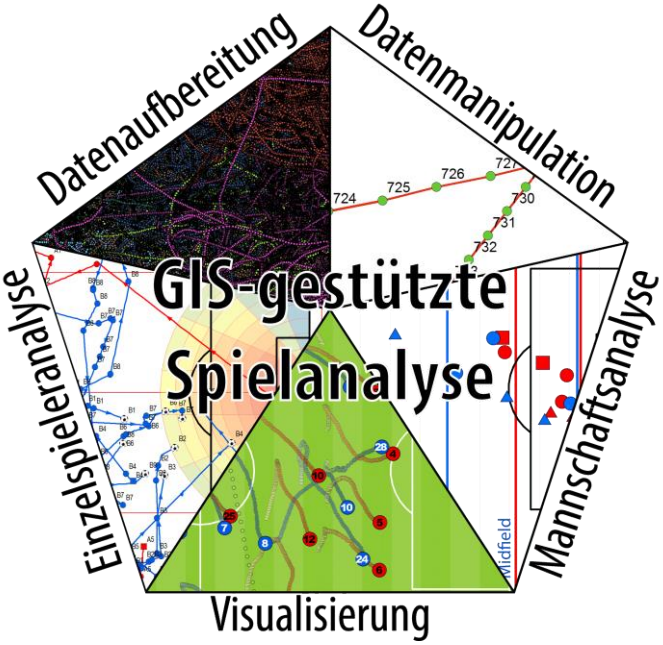


Abb. 5: Bereiche der GIS-gestützten Spielanalyse

Die Fokussierung der *GIS-gestützten (Fußball-)Spielanalyse* auf den raumzeitlichen Charakter des Fußballspiels ist ein zentrales Abgrenzungskriterium zu traditionellen bzw. gegenwärtigen Spielanalysen. Bei der Bezeichnung wird *Fußball* bewusst in runde Klammern gesetzt, da auch andere Sportarten unter Einsatz von GIS-Technologie analysiert werden können. Einzige Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein entsprechender Geodaten. In weiterer Folge werden die Begriffe *Fußball-Spielanalyse* und *Spielanalyse* synonym verwendet. Solange kein Verweis auf eine andere Sportart angeführt ist, handelt es sich um die Analyse des Fußballspiels.

3.2 Geoinformatik und Geographische Informationssysteme

Da die Bezeichnung *GIS-gestützte Spielanalyse* auf die Verwendung von GIS verweisen, ist es an dieser Stelle aufgrund des interdisziplinären Umfeldes dieser Forschungsarbeit notwendig, eine kurze Annäherung an GIS zu bieten. GIS können als Werkzeuge der Geoinformatik bezeichnet werden. Darunter verstehen G. HAKE et al. ([HAK-02]) eine *„... Disziplin, die sich mit den Theorien der Datenmodellierung, Speicherung, Verwaltung und Verarbeitung von Geo-Daten sowie der Entwicklung entsprechender Methoden einschließlich*

der dafür benötigten Informations- und Kommunikationstechniken befasst." Eine dem Inhalt dieser Begriffserklärung konforme, jedoch allgemeiner formulierte Erklärung kann bei N. BARTELME ([BARa-00]) nachgelesen werden.

Die Geoinformatik, als eigenständige Wissenschaftsdisziplin, entstand durch das Aufkommen von GIS. Eine als allgemein anerkannt zu bezeichnende Definition lautet: *„Ein Geoinformationssystem dient der Erfassung, Speicherung, Analyse und Darstellung aller Daten, die einen Teil der Erdoberfläche und die darauf befindlichen technischen und administrativen Einrichtungen sowie geowissenschaftliche, ökonomische und ökologische Gegebenheiten beschreiben."* (ebd.) In Abschnitt 1.1 wurde bereits darauf verwiesen, dass N. BARTELME *Sport* nicht explizit zu den klassischen Anwendungsbereichen eines GIS zählt. Diese Tatsache spiegelt sich auch in seiner Definition unverkennbar wider. Im Gegensatz dazu wählt J. DANGERMOND, Gründer von *Esri*, eine pragmatischere Beschreibung: *„A simple definition is that a GIS is an organized collection of computer hardware, software, and geographic data designed to efficiently capture, store, update, manipulate, analyze, and display all forms of geographically referenced information."* ([DAN-92]) Vergleichbare Definitionen liefern u.a. R. A. DE BY ([DEBa-00b]) sowie W. GÖPFERT ([GÖP-87]), wobei *„georeferenced data"* bzw. *„raumbezogene Daten"* im Zentrum der Anwendungen gesehen werden. Für K. J. DUEKER (siehe [BARa-00]) ist es außerdem wichtig, dass derartige Informationen durch *„… Punkte, Linien oder Flächen definierbar sind."* Weitere Definitionen diverser Autoren, deren Kerninhalte weitestgehend übereinstimmen, können bei Interesse ebenfalls in N. BARTELMES Werk (ebd.) nachgeschlagen werden.

Der gemeinsame Nenner der oben ausgewählten Definitionen besteht darin, dass das Fußballspiel als Anwendungsgebiet nicht vorab ausgeschlossen wird. Immerhin liegen sowohl die Positionen der Spieler, als auch des Balls sowie u.U. des Schiedsrichtergespanns raumzeitlich verortet als Punktdaten vor (siehe Kapitel 6). Gleichzeitig treten linienhafte Elemente nicht nur als Spielfeldlinien, sondern auch in Form von Trajektorien der erfassten Laufwege in Erscheinung. Hinzu kommen Polygone, die bestimmte Zonen des Spielfeldes repräsentieren oder aus Spielerpositionen interpoliert oder anderswertig erzeugt werden können.

G. HAKE et al. ([HAK-02]) plädieren dafür, dass für die *„… auf enger begrenzte Themenkreise bezogenen Fachinformationssysteme (FIS) […] eine weitere Gliederung nach Themenbereichen sinnvoll"* ist. Gemäß dieser Forderung wäre in Hinblick auf das vorliegende thematisch begrenzte Forschungsfeld die Einführung eines fachspezifischen Terminus wie bspw. *FIS* (Fußball Informationssystem bzw. Football Information System) oder *SIS* (Soccer Information System) o.dgl. diskutabel. Die zusätzliche Verwendung des Begriffs *Spielanalyse* würde hierbei zu einer präziseren Abgrenzung beitragen. Mit Blick auf den aktuellen Forschungsstand, ist jedoch eine Intensivierung einer diesbezüglichen Diskussion allerdings als zweitrangig zu betrachten.

3.3 Fußballspezifische Geo(fach)daten

GIS-gestützte Spielanalysen beziehen sich gemäß ihrer Definition aus Abschnitt 3.1 auf die Aufbereitung, Modifikation sowie Analyse und Visualisierung *fußballspezifischer Geo(fach)daten*. Auch dazu gibt es keine allgemein gültige Definition, weswegen gleichermaßen eine erste Annäherung notwendig ist. Der Autor der vorliegenden Dissertation versteht darunter folgendes: *Der Begriff „fußballspezifische Geo(fach)daten" umfasst alle raumzeitlich verorteten Daten, die direkt das Spielgeschehen auf dem Spielfeld während der gesamten Spielzeit repräsentieren. Dabei handelt es sich zum einen um die Bewegungsabläufe aller Spieler, des Schiedsrichterteams sowie des Balls und zum anderen um erfasste spielrelevanten Ereignisse, wie bspw. Schüsse, Pässe oder Fouls u.dgl.* Dieser Terminus wurde ebenfalls erstmals in G. KOTZBEK u. W. KAINZ ([KOT-15a]) erwähnt sowie bereits zuvor als *football specific geo data* verwendet ([KOT-14]). Die Definition hebt den raumzeitlichen Informationsgehalt dieser Daten hervor und schließt sowohl Tracking- als auch Event-Daten mit ein, die gesondert in Kapitel 6 thematisiert werden. Der in runden Klammern stehende Zusatz *fach* entstand in Anlehnung an die Unterteilung von Geodaten in Geobasis- und Geofachdaten von R. BILL ([BIL-99]). Da allerdings der Terminus *fußballspezifische Geo(fach)daten* bereits einen Hinweis auf den fachspezifischen Charakter liefert, ist der Zusatz rein optional und wird daher in weiterer Folge ausgespart.

3.4 Geodaten versus räumliche Information

Die Begriffe *(Geo)Daten* und *(räumliche) Informationen* werden oftmals synonym verwendet. Zugleich wird eine sinngleiche Verwendung dieser Termini innerhalb dieser Forschungsarbeit nicht ausgeschlossen. Obwohl terminologische Unterschiede existieren, werden diese im alltäglichen Gebrauch kaum berücksichtigt. Daher behandelt dieser Abschnitt Erklärungsversuche, um den Leser dahingehend zu sensibilisieren. Gemäß R. BILL (ebd.) entsprechen Geobasisdaten *„… Daten der Vermessungsverwaltung, die als Grundlage für viele Anwendungen geeignet sind."* Konträr dazu sind Geofachdaten *„… die in den jeweiligen Fachdisziplinen erhobenen Daten."* Beide Datentypen entsprechen, laut R. A. DE BY ([DEBa-00b]), Informationen, die durch einen eindeutig definierbaren Raumbezug charakterisiert sind. Diese Sichtweise wird auch G. HAKE et al. ([HAK-02]) vertreten, wobei festgehalten wird: *„In der Kartographie gilt als raumbezogene Information jede Angabe, in der zur Sachaussage über ein Objekt auch dessen geometrische Festlegung in einem Bezugssystem gehört."*

Es gilt zu klären, ab wann es sich um eine räumliche Information oder um einen Geodatensatz handelt. G. HAKE et al. (ebd.) zufolge, entspricht eine Information eine *„… Sinnabfolge zur Kodierung von Zeichen eines Kommunikationsprozesses."* Diese Definition bezieht sich, unabhängig vom räumlichen Aspekt, auf die Interpretation der vorhandenen Daten, wodurch Informationen erst überhaupt entstehen. Eine weitere Spezifizierung liefert

R. A. DE BY ([DEBa-00b]), wonach Informationen nur dann aus Daten abgeleitet werden können, wenn diese von menschlichen Wesen interpretiert werden. Der Entstehungsprozess wird dabei entscheidend durch die subjektive Wahrnehmung und der individuellen geistigen Denkprozesse beeinflusst. Im Gegensatz zu menschlichen Wesen interpretieren Computer Daten im Sinne einer Operation. Dies verdeutlicht die Trennung zwischen der Subjektivität der Information auf der einen und der Objektivität der Daten auf der anderen Seite. In Anlehnung an N. BARTELEME ([BAR-00]) befinden sich Daten und Informationen in einem permanenten Spannungsfeld zwischen Bereitsteller- und Nutzersystem.

In Übereinstimmung zu diesem *Transfermodell* (ebd.) kann folgendes festgehalten werden: Fußballspezifische Geodaten repräsentieren, gemäß der oben angeführten Definition, die individuellen und kollektiven Aktivitäten auf dem Spielfeld während der gesamten Spielzeit. Diese Daten entstehen durch die Formalisierung bzw. Erfassung oder Codierung der semantischen Aspekte des Spiels. Um die innewohnenden Informationen vermitteln zu können, müssen diese Daten den Anforderungen entsprechend aufbereitet, ggf. analysiert und visualisiert werden. Die Informationen werden als graphische Analyseergebnisse bereitgestellt, auf Basis derer eine Rekonstruktion der semantischen Aspekte des Spiels erfolgt. Basierend darauf können diese in Abhängigkeit des Vorwissens und der individuellen geistigen Fähigkeit des Betrachters zur Wissensgenerierung beitragen.

3.5 Karten und kartenverwandte Ausdrucksformen

Fußballspezifische Geodaten repräsentieren geographische Informationen, da diese darüber Auskunft geben *was*, *wo* und *wann* sowie mit *welcher Ausprägung* aufgetreten ist. In diesem Zusammenhang gilt die Karte als geeignetstes Darstellungsmittel ([ZEI-10]). Unterschiedliche Definitionen des Begriffs *Karte* können bei E. ARNBERGER ([ARN-97]), P. KOHLSTOCK ([KOH-10]), G. HAKE et al. ([HAK-02]) oder bei A. M. MACEACHREN ([MACa-04]) nachgeschlagen werden. Angesichts der Eigenschaft als ein *„…verkleinertes, vereinfachtes und verebnetes Abbild…“* ([KOH-10]) herrscht innerhalb der Fachdisziplin weitestgehend Konsens darüber. Was eine Karte ist. Dennoch bedeutet *Karte* nicht gleich *Karte*. E. ARNBERGER ([ARN-07]) unterscheidet topographische von thematischen Karten und kategorisiert diese zusätzlich bezüglich des Maßstabes. Ferner gibt es Unterscheidungsmerkmale hinsichtlich der Aussagemöglichkeiten. G. HAKE et al. ([HAK-02]) bieten hierzu eine umfangreiche Auflistung von Gruppierungen und Benennungen unterschiedlicher Kartentypen. Neben der Vielzahl an Kartenarten scheint sich das Begriffsverständnis im deutsch- und englischsprachigen Raum von *Karte* bzw. *map* auseinanderzubewegen ([HRU-08]). F. HRUBY u. R. MIRANDA GUERRERO (ebd.) sehen diese Tendenz in der rasanten technologischen Entwicklung begründet, da fortlaufend neue Formen der Geovisualisierung entstehen, die nicht mit der Definition der Karte als analoger oder digitaler Informationsspeicher räumlicher Daten ([HAK-02]) übereinstimmen.

Abgesehen von den oben erwähnten Unterscheidungsmerkmalen, lässt die klassische Auffassung des Begriffs *Karte* nur wenig Interpretationsspielraum. Hingegen bieten *kartenverwandte Ausdrucksformen* mehr Freiheiten, insbesondere in Hinblick auf die verwendeten Darstellungsdimensionen, Gestaltungsstile und –medien. Eine detaillierte Beschreibung dazu kann in G. HAKE et al. (ebd.) nachgelesen werden. Es muss festgehalten werden, dass es sowohl unterschiedliche Kartenarten, als auch verschiedene kartenverwandte Ausdrucksformen gibt. Gleichzeitig liegen z.T. divergente Begriffsverständnisse innerhalb der Fachwelt vor. Was bedeutet in *Kartenform* bzw. als *kartenverwandte Ausdrucksform* darstellen? In dieser Hinsicht ist es dem Anwender selbst überlassen, adäquate Visualisierungsformen zu wählen, solange die Komponenten *Raum* und *Zeit* ausreichend berücksichtigt werden. Unter dieser Voraussetzung ist die Festlegung eines bestimmten Darstellungsmittels nebensächlich.

3.6 Fußball

Die Frage „Was ist Fußball?“ erscheint zwar trivial, erfordert aber dennoch kurze Klärung. Während in Kapitel 5 Fußball als raumzeitliches Konstrukt primär aus der internen fachdisziplinären Perspektive beschrieben wird, soll vorab in diesem Abschnitt Fußball als Spiel eingeordnet werden. Eine Kategorisierung ist auch deshalb sinnvoll, da im Umfeld verwandter Sportarten ähnliche oder zumindest im Kontext dieser Forschungsarbeit interessante Analyseansätze hinsichtlich raumzeitlicher Parameter bereitstehen. Ein potenzieller Klassifikationsparameter ist die Anzahl der Spieler, die im Spiel gegeneinander antreten. Dahingehend kann Fußball als kollektives Sportspiel bezeichnet werden [Anm.: Gebräuchlicher ist die englische Bezeichnung *Collective Sports Games*] ([DAC-11]). Einen alternativen Ansatz wählten hingegen B. READ u. P. EDWARDS ([REA-97]), wonach formale bzw. strategische Spiele in so genannte *„Net and Wall Games“*, *„“Invasion Games“* und *„Striking/Fielding Games“* unterteilt werden. [Anm.: In diesem Kontext konnten keine gebräuchlichen deutschen Bezeichnungen recherchiert werden, weswegen die Originalbezeichnungen auf Englisch dargebracht sind.] Im Sinne dieser Klassifikation ist Fußball zu den *Invasion Games* zu zählen, da die Mannschaften in gegnerische Bereiche des Spielfeldes eindringen, um damit ihre Erfolgschancen zu erhöhen. M. D. HUGHES u. R. M. BARTLETT ([HUGa-02]) griffen den Ansatz von B. READ u. P. EDWARDS ([REA-97]) auf und definierten nicht nur weitere Subkategorien, sondern auch Erfolgsfaktoren. Innerhalb der Gruppe der *Invasion Games* unterscheiden die Autoren ([HUGa-02]) Spiele dadurch, wie Punkte erzielt werden. Während im Netz-, Basket- und Handball sowie Lacrosse u.dgl. Punkte durch Würfe erzielt werden, wird im Rugby mit so genannten Versuchen gepunktet. Demgegenüber werden bei den so genannten *„Goal Striking Games“*, wie Fußball oder Eishockey, Tore geschossen. Als essenzielle Leistungsparameter derartiger Spiele werden *Pässe*, *Tacklings*, *Schüsse*, *Tore*, *Zeit in Ballbesitz*, *Feldposition* und *Standardsituationen*

angeführt (ebd.). Die Autoren (ebd.) geben auch noch *andere* Faktoren an [Anm.: Im Original als *„Other“* bezeichnet.], womit unberücksichtigte Parameter angedeutet werden. Diese sind unausweichlich, da das Fußballspiel u.a. von stochastischen Prozessen geprägt ist ([YAM-11], [MOU-12], [PWL-01], [PWL-04]). Hinsichtlich der von M. D. HUGHES u. R. M. BARTLETT ([HUGa-02]) angegebenen Leistungsparameter hebt sich aus der Perspektive dieser Forschungsarbeit die *Feldposition* hervor, da hierbei die räumliche Komponente des Spiels am deutlichsten zum Vorschein kommt. Nichtsdestotrotz werden alle aufgelisteten Parameter entweder direkt oder indirekt im Falle von Standardsituationen durch die in Abschnitt 2.3 festgelegten Forschungsbereiche adressiert. Dies wird als Bestätigung einer korrekten bzw. sinnvollen Wahl gewertet.

An dieser Stelle wird vorläufig die Charakterisierung des Fußballspiels unterbrochen, die jedoch unter anderen Gesichtspunkten in Kapitel 5 wiederaufgenommen wird. Für eine optionale Vertiefung in diese Thematik, die nicht zwingend für das Verständnis der Inhalte dieser Dissertation ist, wird das Studium des Regelwerks sowie des sechsten Kapitels der Doktorarbeit von P. M. H. DA CUNHA ABREU ([DAC-11]) empfohlen. Letzt genannter Literaturhinweis enthält mehrere Ontologien des Spiels, die dessen unterschiedlichsten Facetten zerlegen und zueinander in Beziehung setzen und eine kurze Zusammenfassung der Geschichte des Fußballspiels. Darüber hinaus kann bei J. WILSON ([PWL-05]) der historische Wandel sowie die Charakteristika verschiedener taktischer Formationen nachgelesen werden.

3.7 Spielanalysen: Ein Annäherungsversuch

In der einschlägigen Fachwelt ist der Begriff *Spielanalyse* nicht eindeutig definiert. Vielmehr ist eine Menge an verschiedenen Ansätzen, Ansichten und Erklärungsversuchen zu unterscheiden. Ein Annäherungsversuch an diesen diffusen Begriff wird zusätzlich dadurch erschwert, dass oftmals der Begriff *Spielbeobachtung* synonym verwendet wird ([LES-01], [WINb-11]). Eine derartige Gleichstellung der beiden Begriffe ist jedoch laut W. WINKLER ([WINa-97]) unzulässig, da die *Spielbeobachtung* nur der initiale Teil der *Spielanalyse* ist, wobei unter *„… „Beobachten“ ein gezieltes Wahrnehmen und Speichern von Informationen bei einem aktuellen Fußballspiel …“* (ebd.) verstanden wird. Die *Spielbeobachtung* dient demnach in erster Linie der Datenerfassung.

Konträr dazu betrachten A. HOHMANN u. G. ROMMEL ([HOH-94]) die *Datenerfassung* neben der *Datenverarbeitung* und *Datenauswertung* lediglich als einen Teil der *systematischen Spielbeobachtung*. Hierbei handelt es jedoch um einen Zirkelschluss, da die Autoren (ebd.) die Datenerhebung in vier Formen der Spielbeobachtung unterscheiden und damit die *Spielbeobachtung* als ein Teil der *Spielbeobachtung* ansehen. Ungeachtet der synonymen Verwendung der Begriffe *Spielanalyse* und *Spielbeobachtung* und der sich daraus ergebenden Problematik unterscheiden die Autoren (ebd.) hinsichtlich der Datenerhebung

1) die *„schriftlich-gebundene“*, 2) die *„grafisch gebundene“*, 3) die *„filmisch- oder videogebundene“* sowie 4) die *„interaktive video- und computergestützte Spielbeobachtung“*. Gemäß dieser Einteilung wird die Datenbasis der *GIS-gestützten Spielanalyse* mit Hilfe der vierten Form der systematischen Spielbeobachtung erhoben.

M. LAMES ([LAM-94]) wählt hingegen einen anderen Ansatz zur Charakterisierung von Sportspielbeobachtungsverfahren und unterscheidet zwischen der *„Subjektiven Eindrucksanalyse“*, *„Scouting“* und der *„Systematischen Spielbeobachtung“*. Unter diesem Gesichtspunkt würde die Erstellung der Datenbasis für die *GIS-gestützte Spielanalyse* am ehesten der systematischen Spielbeobachtung zuzuordnen sein. Hierbei kann lediglich das Spielerverhalten beobachtet und daraus ein Modell der Realität konstruiert werden (ebd.). Bei der Modellierung des Spielgeschehens sind qualitative von quantitativen Methoden zu differenzieren ([HAN-01]), wobei die Erhebung fußballspezifischer Geodaten nach quantitativen Aspekten sowohl manuell, als auch automatisiert erfolgen kann.

M. LAMES ([LAM-94].) hält zudem fest, dass eine Beobachtung im Sinne der Datenerfassung, unabhängig ob quantitativ oder qualitativ, als Messtechnik bestimmte Gütekriterien aufweisen muss. In diesem Zusammenhang führt C. CZWALINA ([CZW-76]) die *Objektivität*, *Reliabilität* und *Validität* an und definiert diese Kriterien folgendermaßen: *„Die Objektivität der Spielerbeobachtung bezeichnet das Ausmaß, in dem die Beobachtungsergebnisse unabhängig von der Person des einzelnen Beobachters sind.“* (ebd.) *„Die Reliabilität der Spielerbeobachtung bezeichnet den Grad der Genauigkeit, mit dem ein bestimmtes Spielverhalten erkannt (gemessen) wird.“* (ebd.) *„Mit Validität der Spielerbeobachtung meint man den Genauigkeitsgrad, mit dem die Spielerbeobachtung dasjenige Spielverhalten, das sie zu beobachten vorgibt, auch tatsächlich beobachtet und registriert.“* (ebd.) Inwiefern die Datenbasis dieser Forschungsarbeit den angeführten Gütekriterien entspricht, wird in Abschnitt 6.3 untersucht.

Die Datenerfassung im Rahmen der *video-/computergestützten Spielbeobachtung* erfolgt, gemäß dem Verständnis von C. CZWALINA (ebd.) einerseits in offener Form. Dies bedeutet, dass den Spielern bewusst ist, dass ihre Bewegungen und Aktionen mittels Videokameras aufgezeichnet werden. Andererseits weist die Datenerhebung Züge einer nicht teilnehmenden Beobachtung auf, da kein direkter Kontakt zwischen den Beobachteten und den Beobachtern stattfindet.

Im englischen Sprachraum kommt die Bezeichnung *Notational Analysis* dem deutschen Begriff *Spielbeobachtung* am nächsten, worunter die Datenerfassung im Zuge der *Spielanalyse* bzw. *Match Analysis* verstanden wird. *„Notational analysis is essentially a means of recording events so that there is an accurate and objective record of what actually took place.“* ([CARd-05]). In diesem Kontext nimmt die *Motion Analysis* eine Sonderstellung ein, die im weiteren Sinne die Erfassung von Trajektorien kennzeichnet. *„Motion analysis is focused on raw features of an individual's activity and movement during a*

match without attempting any qualitative evaluation." (ebd.) C. CARLING et al. (ebd.) liefern einen Hinweis auf die Georeferenzierung der Daten: *"Contemporary computer-aided analysis allow the movements of an individual player to be tracked by determine the x, y coordinates of the player's location at the start and end of discrete activities."* Die raumzeitliche Erfassung von Spielaktionen ist für die Spielanalyse essenziell. Für M. ([HUGb-97]) zählen die Komponenten *Raum* und *Zeit*, die *Spieler*, deren taktischen *Positionen* und deren ausgeführten *Aktionen* zu den *Kernelementen der Spielanalyse*.

Bereichsübergreifend kann der Begriff *Match Analysis* wie folgt interpretiert werden: *„Match analysis refers to the objective recording and examination of behavioural events occurring during competition."* ([CARd-05].) In Bezug auf die Gütekriterien der *Spielbeobachtung* bzw. *Notational Analysis* betonen C. CARLING et al. (ebd.), anders als C. CZWALINA ([CZW-76]), lediglich die *Objektivität* und *Reliabilität* und halten fest: *„Notational analysis provides a factual record which does not lie – as long as the data collection methods used are reliable and objective and the system is adapted to the level of play."* ([CARd-05])

Im Rahmen der *video-/computergestützte Spielanalyse* folgt der *Spielerbeobachtung* eine quantitative und/oder qualitative *Spielauswertung* ([WINb-11]), deren Ergebnisse nach A. HOHMANN u. G. ROMMEL ([HOH-94]) für unterschiedliche vereinsinterne Bereiche, wie Training, Wettspiel, Ausbildung und Forschung eingesetzt werden können. Quantitativ bedeutet in diesem Kontext, dass eine Sammlung statistischer Daten angelegt wird, wohingegen bei einer qualitativen Auswertung ein *„… Zusammenschnitt von Spielszenen gemäß dem erstellten Fehlerkatalogs"* ([WINb-11]) erfolgt. Die *Auswertung* liefert daraufhin die inhaltliche Basis der *Spielbesprechung*, bei der die quantitativen und qualitativen Ergebnisse präsentiert und diskutiert werden (ebd.).

In Bezug auf die quantitative und qualitative *Spielbeobachtung* sowie *–auswertung* unterscheidet W. WINKLER ([WINa-97]) die quantitative von der qualitativen Spielanalyse und definiert diese folgendermaßen: *„Unter dem Begriff „Quantitative Spielanalyse" versteht man das Beobachten und die numerische Erfassung von bestimmten Ereignissen, verbunden mit der entsprechenden statistischen Verarbeitung, tabellarische/grafische (Ergebnis-)Darstellung und fachlichen Interpretation."* (ebd.) *„Unter einer „Qualitativen Spielanalyse" wird sowohl die Analyse von Spielszenen hinsichtlich der Güte von Handlungen, des Verhaltens und Könnens einzelner Spieler als auch die Analyse der Spielstruktur einer Mannschaft verstanden."* (ebd.) In Anbetracht des Forschungsvorhabens weist die *GIS-gestützte Spielanalyse* sowohl quantitative als auch qualitative Merkmalszüge auf.

Als *systematisch* ist die Spielanalyse laut W. WINKLER (ebd.) dann zu bezeichnen, wenn die Beobachtungs- und Auswerteziele eindeutig benannt sowie die Beobachtungs- und Auswertungsmethoden konkretisiert sind. Diese Bezeichnung ist dann zutreffend, wenn eine umfangreiche Dokumentation der Ergebnisse und auf Basis derer eine Interpretation bzw.

Bewertung der Spielerleistung erfolgt. Unter diesen Voraussetzungen ist die *GIS-gestützte Spielanalyse* aktuell allenfalls als teilsystematisch zu bezeichnen, da nicht alle Kriterien erfüllt werden. Dies liegt daran, dass die im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelten Analysewerkzeuge als Prototypen zu bezeichnen sind und erst durch iterative Weiterentwicklungsprozesse und wachsender Erfahrung im Umgang mit der vorhandenen Datenbasis Methoden zur Auswertung spezifiziert werden können.

Die bisherigen Ausführungen legen die Erkenntnis nahe, dass es *die* Spielanalyse nicht gibt, bzw. darüber selbst in Fachkreisen kein Konsens vorliegt. Eine Einordnung der *GIS-gestützten Spielanalyse* ist somit schwierig, insbesondere deshalb, da unterschiedliche Begriffe synonym verwendet und gleiche Begriffe oftmals verschieden interpretiert werden. Zudem ist die Verwendung des Begriffes *Spielanalyse* in diesem Kontext, zumindest aus sportwissenschaftlicher Sicht, heikel, da die *GIS-gestützte Spielanalyse* streng genommen ausschließlich zur Auswertung der Daten sowie zur Visualisierung der Analyseergebnisse dient. Eine Klassifikation wird daher den Vertretern der Sportwissenschaft überlassen.

Während in der Fachwelt begriffliche Unstimmigkeiten auszumachen sind, herrscht hingegen ein breiter Konsens über die Einsatzbereiche und Ziele der *Spielanalyse* vor. Die klassischen Anwendungsfelder umfassen nicht nur die *Beobachtung* der gegnerischen Mannschaft im Rahmen der Spielvorbereitung ([HOH-94], [KIM-11]), sondern auch die *Bewertung* der Leistung des eigenen Teams sowohl auf individueller, als auch auf kollektiver Ebene ([HOH-94], [TAK-96], [CARd-05], [DISb-07], [KIM-11], [WINb-11], [COT-13], [VIL-13]). Des Weiteren dienen die Analysen für *Taktikschulungen* ([HOH-94], [VIL-13]) sowie für die Erstellung von *Trainingsplänen* ([CARd-05]). *Scouting* bzw. die Suche nach potenziellen Spielern kann hingegen zum erweiterten Anwendungsbereich der Spielanalyse gezählt werden ([HOH-94], [WINb-11]).

4 Sport im Fokus der Geoinformation

Die Ausführungen in Abschnitt 3.2 zeigen zwar, dass Sport nicht explizit zu den *traditionellen* Anwendungsbereichen von GIS zählt, jedoch im weiteren Sinne als Ausgangspunkt für GIS-bezogene Anwendungen angesehen werden kann. Zur Belegung dieser Aussage wird im nächsten Abschnitt eine Auswahl an Praxisbeispielen präsentiert. Im Anschluss daran befasst sich Abschnitt 4.3 mit einschlägigen GIS-Anwendungen, die auf georeferenzierten Wettkampfdaten basieren und damit einem Trend in der Geoinformatik folgen, der zunehmend das Spielgeschehen auf dem Feld, Platz u.dgl. in den Fokus der Analyseprozesse rückt. Abschließend werden fußballspezifische Fallbeispiele im Spannungsfeld zwischen GIS und so genannten GI-Anwendungen nicht nur präsentiert, sondern auch deren Inhalte und Methoden aus der Perspektive der vorliegenden Forschungsarbeit diskutiert.

4.1 Ausgewählte sportbezogene GIS-Anwendungsbeispiele

- Krisenmanagement bei Sport-Großereignissen

GIS-Anwendungen haben sich bereits im Bereich der Risikoforschung sowie im Rahmen des Katastrophenschutzes bewährt, was durch zahlreiche Beiträge zu diesem Thema belegt ist. Da Krisenszenarien, wie Naturkatastrophen oder Terroranschläge u.dgl. unerwartet auftreten und nur in den seltensten Fällen verhindert werden können, ist es notwendig effiziente Frühwarnsysteme zu implementieren. Diese sollen primär dazu beitragen, auf Krisensituationen besser vorbereitet zu sein bzw. angemessen darauf reagieren zu können. Gleichzeitig ist es unentbehrlich Modelle zu entwickeln, die bestimmte Szenarien und deren Auswirkungen zu simulieren. Derartige Maßnahmen ermöglichen Einschätzungen über die Auswirkungen eines Katastrophenfalls für bestimmte Parameter, auf Basis derer Präventivmaßnahmen in die Wege geleitet werden können.

In diesem Kontext treten u.a. auch Sportgroßereignisse in den Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen. Exemplarisch dafür verwendeten Y. ZHONG et al. ([ZHO-11]) Web-GIS-Technologie als zentrale Schnittstelle innerhalb eines für Sportveranstaltungen konzipierten Krisenmanagement Systems. Bezogen auf die Schauplätze sportlicher Wettkämpfe nennen die Autoren (ebd.) folgende krisenauslösende Faktoren: Erdbeben und Klimakatastrophen, Feuer, Konstruktionsfehler bzw. bauliche Mängel, radioaktive Verschmutzung, chemische Katastrophen, Ausfall der Wasser- oder Energieversorgung, Unterbrechung des Kommunikationssystems sowie Giftgasunfälle, kriminelle Aktivitäten und Massenpanik. Die Ursachen dafür werden zusammenfassend anormalen Trends des Klimawandels, terroristischen Anschlägen sowie Naturkatastrophen zugeschrieben (ebd.).

Im Rahmen des Krisenmanagements werden Geodaten unterschiedlicher Art als Kernelemente der Analysen betrachtet. GIS werden hierbei sowohl im Bereich der Frühwarnung und Entscheidungsfindung, als auch zur Koordinierung von Einsatzkräften eingesetzt

([CHE-12], [ZHO-11]). Bedeutend sind hierbei gezielte attributive Abfragen und Auswertungen, wie etwa: „Wie breit sind die Zufahrtswege zur betroffenen Sportstätte?!" oder „Wo können verletzte Personen sicher erstversorgt werden?" (ebd.). GIS können demnach für die Erstellung von Krisenplänen verwendet werden. Die Kombination unterschiedlicher Geobasisdaten mit Echtzeit-Daten ermöglicht es, Situationen rasch einzuschätzen und zu bewältigen ([CHE-12]).

- GIS-basierte Evakuierungsmodelle für Stadien

Während die soeben beschriebene Anwendung räumlich ganze Austragungsorte von Sportgroßereignissen umfasst, richten J. J. ZALE u. B. KAR ([ZAL-12]) den Fokus ausschließlich auf die Spielstätten. Terroranschläge auf Sportveranstaltungen in der Vergangenheit belegen, dass Stadien, Arenen u.dgl. als potenzielle Ziele von Terroristen angesehen werden können, weshalb Evakuierungsmodelle essenziell sind. Die Erstellung derartiger Modelle ist allerdings kostenintensiv und bedarf zusätzlich die Anstellung entsprechend ausgebildeten Personals. Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen, entwickelten J. J. ZALE u. B. KAR (ebd.) ein auf *ArcGIS* basierendes Analysewerkzeug zur Erstellung eines Evakuierungsmodells für Stadien. Da *ArcGIS* in US-amerikanischen kommunalen Einrichtungen und bei Einsatzkräften weit verbreitet ist, kann das konzipierte Tool auch ohne externes Personal und damit kostengünstig verwendet werden. Der Prototyp basiert auf einem dreidimensionalen Modell eines Stadions und unterscheidet zwei Phasen der Evakuierung, die sich räumlich auf die Bereiche innerhalb sowie außerhalb der Sportstätte beziehen. Anhand der Datengrundlage können Ernstfälle simuliert werden, wobei sowohl die Gesamtanzahl der Betroffenen, als auch der schnellste Weg aus dem Stadion ermittelt wird. Dabei wird die gesamte Evakuierungszeit bestimmt, gemessen vom Zeitpunkt der eingehenden Katastrophenmeldung bis zu jenem Moment, in dem die letzte Person die deklarierte Sicherheitszone außerhalb des Stadions erreicht. Daneben kann festgestellt werden, wie lange der Abtransport von Verletzten sowohl aus dem Stadion, als auch anschließend in das nächstgelegene Krankenhaus dauert. Die Analysen werden primär mit der *ArcGIS* Erweiterung *Network Analysts* durchgeführt. Ein abschließender Vergleich der Ergebnisse des entwickelten GIS-basierten Prototyps mit jenen eines auf herkömmliche Art und Weise erstellten Modells, lieferte nur marginale Unterschiede. GIS können somit in diesem speziellen Anwendungsbereich als kostengünstige Alternative angesehen werden (vgl. [ZAL-12]).

- Sicherheitsmanagement im Stadion

GIS-Anwendungen erstrecken sich ebenfalls auf den Bereich der Stadionsicherheit, wie ein Beispiel aus den USA zeigt. *„The GIS application facilitates more efficient viewing and tracking of resources and responses, and also significantly enhances post-game analysis of safety and security events."* ([URL-14]) In der Praxis wird GIS-Technologie ausgehend von einer Kommandozentrale zur Koordinierung des Sicherheitspersonals sowie zur Unterstützung von Polizeibeamten bei Sicherheitsaufgaben eingesetzt.

- GIS-gestützte Analysen von Sportstätten als Teil des urbanen Raumes

Sportanlagen als Teil des urbanen Systems rücken bei der Erforschung des städtischen Raumes in das Interesse von Stadtplanern. Hierzu untersuchten H. LIU et al. ([LIUb-12]) die Erreichbarkeit sportbezogener öffentlicher Einrichtungen, wie Turnhallen, Stadien, Fitnesscenter u.dgl. Dabei versuchten die Autoren (ebd.) herauszufinden, ob Sportstätten, ähnlich wie medizinische Einrichtungen oder Bildungsanstalten gerecht über das Stadtgebiet hinweg verteilt sind. Die notwendigen Netzwerkanalysen wurden mit *ArcGIS* durchgeführt.

- Management und Organisation von Sportveranstaltungen

GIS können ferner für die Organisation von Sportgroßereignissen eingesetzt werden. Hierzu beschreibt H. LI ([LI-14]) den Einsatz eines GIS als Subsystem eines vielfältigen *„Sports Tournament Information System"*, das den Systemanwendern diverse Echtzeitabfragen rund um den Wettbewerb ermöglicht. Damit können Sportstätten, Ticketschalter, Fanshops, Stationen des öffentlichen Verkehrs u.dgl. lokalisiert und die erhaltenen räumlichen Abfrageergebnisse anschließend in Kartenform ausgegeben werden. Zusätzlich sind im von H. LI (ebd.) beschriebenen Fall auch Netzwerkanalysen implementiert, womit Routen vom aktuellen Standort bis zum gewünschten Ziel generiert werden können. Ein ähnliches System wird von L. ZHU ([ZHU-10]) beschrieben, bei dem GIS ebenfalls innerhalb eines umfassenden Informationssystems für Sportveranstaltungen verwendet wurde. Gemäß den Angaben darüber, konnten durch diese Implementierung räumliche Abfragen über Austragungsorte, Haltestellen, Hotels etc. gestellt werden.

- Management auf Vereinsebene

GIS-Technologie kann ebenso im Bereich des Vereinsmanagements eingesetzt werden, wie der Beitrag von B. BURAIMO et al. ([BUR-09]) zeigt. Die Autoren (ebd.) kombinierten in diesem Kontext langjährige Statistiken über Zuschauerzahlen der English Football League Championship [Anm.: = zweithöchste Spielklasse im englischen Fußball] mit Geodaten, wobei die Einzugsgebiete von Vereinen im Umkreis von fünf Meilen ermittelt wurden. Das Analysedesign berücksichtigte neben der räumlichen Nähe zum Stadion gleichfalls die Tradition des Vereins, den Wochentag und Monat sowie die Entfernung zur Stadt der jeweiligen Auswärtsmannschaft. Außerdem wurde untersucht, ob eine Live-Übertragung eines Spiels im (bezahlten) Fernsehen Auswirkungen auf die Zahl der Stadionbesucher hat. Hinsichtlich der räumlichen Komponente konnte innerhalb der festgelegten 5-Meilen-Zone ein signifikanter Einfluss auf die Zuschauerzahl im Stadion beobachtet werden. Darüber hinaus wurde der Effekt von überlagerten Einzugsgebieten bei Derby-Spielen erforscht. Anhand der Analyse der so genannten *„travel costs"* können Vereine den Zuschauerandrang beim nächsten Heimspiel kalkulieren, um auf Basis dessen zu entscheiden, wie viele sanitäre Anlagen geöffnet oder wie viele Sicherheitsbeamte angefordert werden müssen.

4.2 Zwischenzeitliches Fazit

Die Auswahl an Beispielen im vorangegangenen Abschnitt zeigt, dass Sport vielfältige Zugänge für GIS-Anwendungen bietet. Der gemeinsame Nenner dieser Beiträge ist die Fokussierung auf das Event-Management einzelner Spiele oder Turniere. Dabei wird jedoch ausnahmslos der tatsächliche sportliche Wettkampf außer Acht gelassen. Allerdings wird seit geraumer Zeit das Spielgeschehen im Fußball und anderen Sportarten nicht nur digital erfasst, sondern häufig auch georeferenziert. Die dabei erhobenen Geodaten tragen dazu bei, dass sportliche Wettkämpfe in Hallen, Arenen, Stadien, Plätzen u.dgl. in den Brennpunkt von GIS-Anwendungen geraten. Hierzu kann ein Trend beobachtet werden, der anhand ausgewählter Beispiele im nächsten Abschnitt veranschaulicht wird.

4.3 Fallbeispiele GIS-gestützter Wettkampfanalysen

- Eisschnelllauf

Das erste Beispiel bezieht sich streng genommen nicht auf reale sportliche Wettkämpfe, sondern belegt den Einsatz von GIS-Technologie bei Trainingseinheiten im Eisschnelllauf. In diesem Kontext analysierten T. LANDRY et al. ([LAN-13]) mit *Manifold System* ([URL-17]) die Bewegungen von Eisschnellläufern, die mit einem optischen Tracking Systems raumzeitlich erfasst wurden. Dabei wurde das Tracking System kalibriert, dessen Ergebnis in Abb. 6 dargestellt ist.

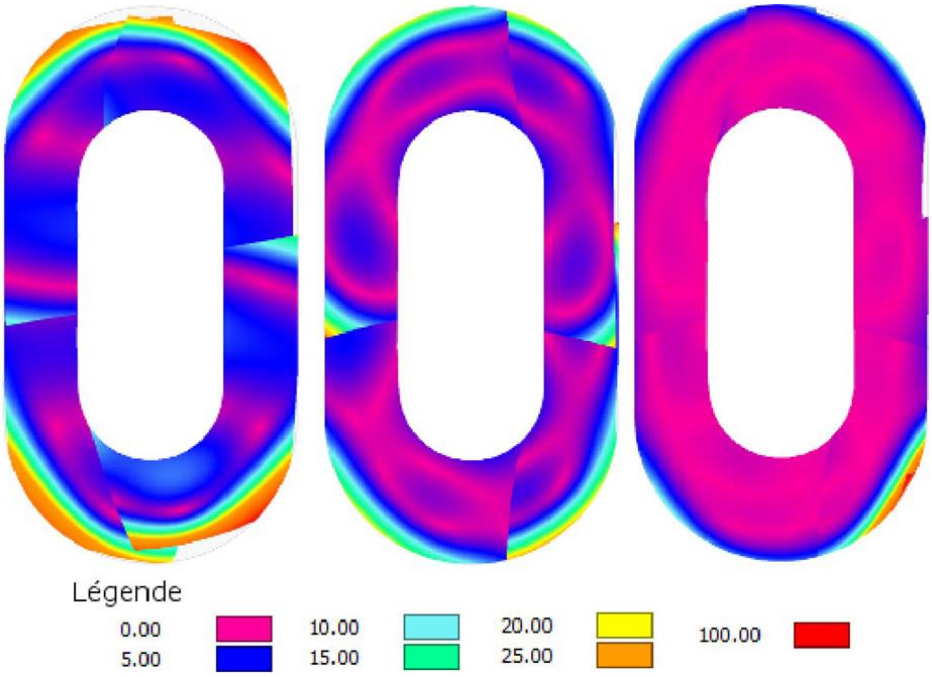


Abb. 6: Ausgang, Zwischen- und Endergebnis des Kalibrierungsprozesses eines optischen Trackingsystems für Eisschnelllaufbahnen ([LAN-13])

Das Abbild auf der linken Seite spiegelt den RMS-Fehler [Anm.: = Root Mean Square] der vier verwendeten Tracking-Kameras wider. Mittels polynominaler Rektifizierung 2., 3. [Anm.: = zentrales Abbild] und 4. Ordnung [Anm.: = rechtes Abbild] konnte dieser Fehler

für den Wettkampf-relevanten Bereich der Eisbahn nahezu vollständig neutralisiert werden. Zudem wurden die Bewegungen der Läufer analysiert, im Verlauf derer die Distanz zwischen den Konkurrenten automatisch berechnet wurde. Die Autoren ([LAN-13]) verkündeten außerdem, dass in Zukunft die physische Leistung der Sportler anhand der Tracking-Daten abgeleitet werden soll. Dieses Unterfangen konnte jedoch zum Erscheinungszeitpunkt des Artikels (ebd.) aufgrund mehrerer Probleme noch nicht realisiert werden, da das Tracking der Eisschnellläufer noch mit hohen Fehlern belastet war und somit keine zuverlässigen Daten lieferte.

- Basketball

„To understand basketball, you need to understand space." ([GOLa-12]) lautet die Devise von K. GOLDSBERRY, der in seiner Arbeit (ebd.) räumliche Verhaltensmuster mittels GIS in der NBA [Anm.: National Basketball Association, [URL-18]] analysierte. Dabei detektierte er räumliche Signaturen zur Bestimmung der Spieler- und Mannschaftsleistung. Konkret verfolgt wurden die Ziele, die limitierte Aussagekraft bisher verwendeter Maßzahlen aufzuzeigen sowie neue Schlüsselvariablen zu definieren und Unterschiede im Wurfverhalten anhand räumlicher und visueller Analysen zu ermitteln. Abb. 7 stellt diesbezüglich ligaweite Tendenzen hinsichtlich der Wurfposition und der dabei erzielten Punktgewinne dar. Auf Basis von über 700.000 Wurfversuchen wurde der beste Werfer der Liga mithilfe der neuen Maßzahl PPA [Anm.: = Points Per Attempt] bestimmt.

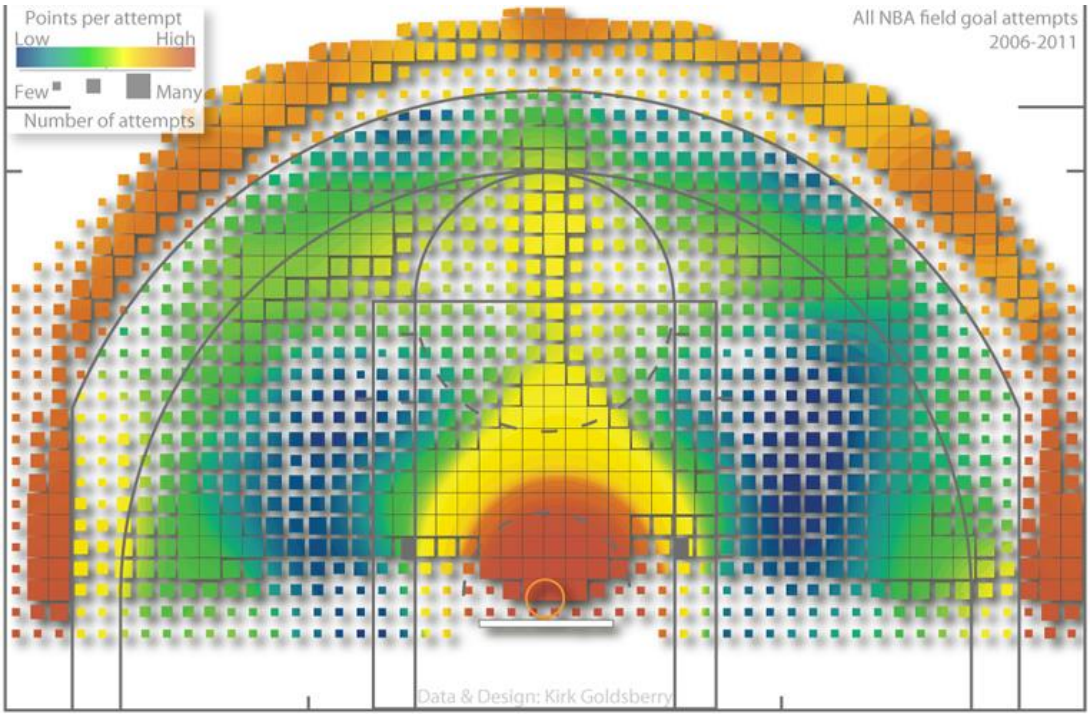


Abb. 7: NBA-weite Tendenzen in Bezug auf Wurfposition und Punktgewinne ([GOLa-12])

„Basketball is a spatial sport, the structure and dynamics of "court space" influence every instant of every basketball game, yet very few contemporary statistical or evaluative approaches account for spatial components." ([GOLa-12]), eine Aussage, die bedingt auch auf Fußball übertragbar ist. Der Fokus von K. GOLDSBERRYS (ebd.) Untersuchungen

liegt auf der Wurfbilanz bzw. der Wurfgenauigkeit. Diese Maßzahlen müssen in Abhängigkeit räumlicher Verhaltensmuster interpretiert werden. Hinsichtlich der Visualisierung der Ergebnisse wurde festgehalten: *„Graphics including maps, charts, and diagrams are vital tools in every strategic domain in which space is key."* (ebd.) Ausschließlich tabellarische Auflistungen bestimmter statistischer Parameter sind demnach unzulänglich, um die Komplexität dieses Spiels zu entschlüsseln und die dadurch entstehende Information richtig zu interpretieren. K. GOLDSBERRY (ebd.) geht davon aus, dass die Zahl räumlicher und visueller Analysen innerhalb der NBA zunehmend steigen wird.

In einem weiteren Beitrag richteten K. GOLDSBERRY u. E. WEISS ([GOLb-13]) das Hauptaugenmerk ihrer Untersuchung auf das Defensivspiel in der NBA, da dies bei gegenwärtigen Analysen konträr zum Offensivspiel aufgrund fehlender Maßzahlen kaum berücksichtigt wird (ebd.). Mittels raumbezogener Analysen konnte erstmals der Einfluss der räumlichen Nähe eines Verteidigers zum Korb auf die Wurfgenauigkeit der Gegner quantitativ bestimmt werden. Exemplarisch dafür zeigt Abb. 8 die positionsbezogenen Punktgewinne der gegnerischen Mannschaft in Abhängigkeit der Verteidigerposition innerhalb des inneren Defensivbereiches. Die Untersuchungen von K. GOLDSBERRY verdeutlichen das große inhärente Potential sportspielbezogener Geodaten. Durch die Entwicklung neuer Maßzahlen, die die Komponenten *Raum* und *Zeit* angemessen berücksichtigen, kann die Sichtweise auf das Spiel nachhaltig verbessert werden (ebd.).

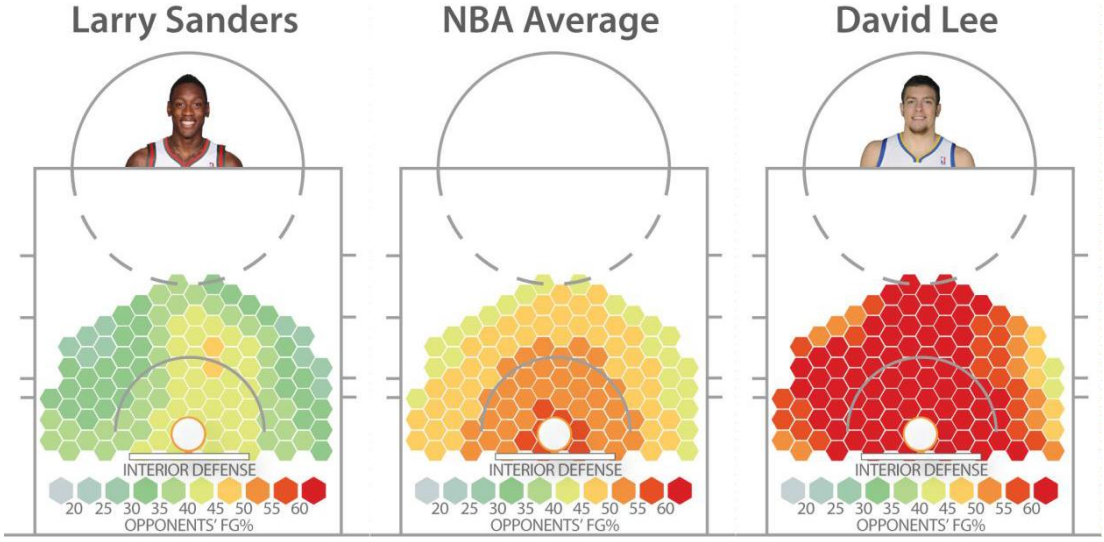


Abb. 8: Punktgewinne in der NBA in Abhängigkeit der Nähe ausgewählter Verteidiger zum Korb ([GOLb-13])

Bezogen auf Basketball ist außerdem die Abschlussarbeit von D. JENSEN ([JEN-14]) erwähnenswert, da diese einen umfangreichen Überblick über räumliche Analysen in der NBA bietet. *„... GIS is a useful platform to perform statistical and spatial analyses for a sport wherein success is in large part determined by a team's effective use of space on the basketball court."* (ebd.) D. JENSEN entwickelte Analysewerkzeuge und –modelle, wie den so genannten *Basketball Mapper* für *ArcGIS*, dessen *Tool Dialog Box* in Abb. 9 dargestellt ist und anhand dessen automatisch Wurfkarten erzeugt werden können.

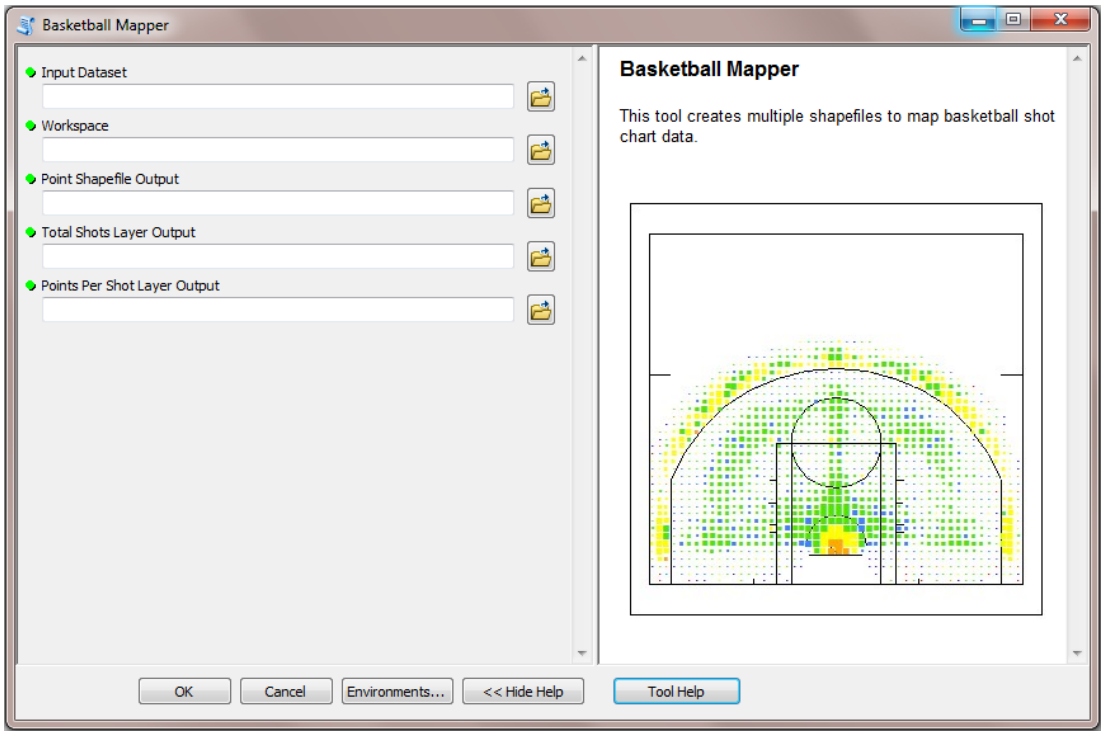


Abb. 9: Tool Dialog Box des ArcGIS Custom Tool "Basketball Mapper" ([JEN-14])

Als Datengrundlage stand D. JENSEN eine Wurfstatistik aller NBA-Spiele der Saisonen 2011/12 und 2012/13 zur Verfügung. Sämtliche Wurf-Features enthielten nicht nur Angaben zur X/Y-Position des Wurfes, sondern auch über die Wurfart, Distanz zum Korb und Punkteerfolg. Auf dieser Basis untersuchte D. JENSEN unterschiedliche Analyse- und Visualisierungstechniken und kam zum Ergebnis, dass *„... GIS can be an effective tool for addressing problems and developing methodologies within spatial applications, and is thus uniquely well suited to address these new issues presented by the changing technologic and spatial landscape in the NBA."* (ebd.)

Zwei weitere Beiträge über räumliche Analysen im Basketball lieferten P. LUCEY et al. ([LUCc-14]) und Y. YUE et al. ([YUE-14]). Ob dabei tatsächlich GIS-Technologie eingesetzt wurde ist diskutabel, da eigene Analysesysteme entwickelt wurden, die den *klassischen* Definitionen eines GIS (vgl. Abschnitt 3.2) nicht entsprechen, weshalb darauf an dieser Stelle lediglich darauf verwiesen wird.

- Tennis

GIS-Anwendungen im Tennis sind vor allem mit D. SAUNDER [Anm.: früher D. DEMAJ] verbunden, der bereits zahlreiche Untersuchungen auf diesem Gebiet durchführte. *„Using geospatial and visual analysis with a GIS, there is a real opportunity to better understand tennis matches."* ([DEMa-13]) Die ersten Beiträge ([DEMa-13], [URL-15], [URL-16]) zu diesem Thema umfassen u.a. die Analyse des Goldmedaillen-Matches der Olympischen Sommerspiele 2012 in London zwischen R. FEDERER und A. MURRAY, wobei so genannte *„Big Points"* hinsichtlich der räumlichen Variation des Aufschlagsverhaltens untersucht wurden. Abb. 10 stellt hierzu die räumliche Variabilität der *Big Points* dar.

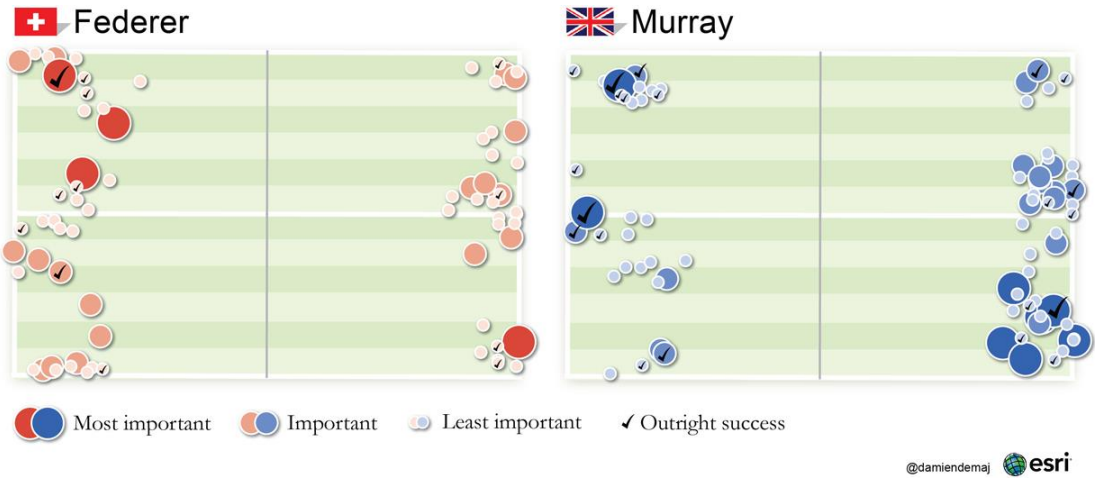


Abb. 10: Räumliche Verteilung von so genannten Big Points ([DEMa-13])

Dem liegt die Annahme zugrunde, dass je variabler ein Spieler seine Aufschläge serviert, desto unberechenbarer und somit erfolgreicher sein Spiel ist. Die dafür notwendigen Geodaten wurden über eine Videoaufnahme mittels *ArcScene*, einer 3D-Applikation aus der *ArcGIS*-Produktfamilie, automatisch mit einer räumlichen Genauigkeit von rund ± 20 cm abgeleitet. Da die Datenaufbereitung weitestgehend manuell durchgeführt wurde, war dieser Prozess langwierig. Zudem entsprach die Datenbasis zu diesem Zeitpunkt nicht den damals aktuellen Standards, stellte jedoch aufgrund der nicht frei zugänglichen *Hawk Eye* Daten ([URL-20]) einen akzeptablen Kompromiss dar.

Des Weiteren stellte D. SAUNDER einzelne Ballwechsel graphisch dar. Dabei handelt es sich um eine Spielmatrix, bestehend aus einzelnen aneinandergereihten Spielszenen, die einem Filmstreifen gleichen und zusammengesetzt die Dramaturgie des Spiels widerspiegeln. Abb. 11 zeigt dazu exemplarisch einen Ballwechsel, inkl. Erklärungen der graphischen Elemente. Pfeile dienen innerhalb dieser statischen Abbildung als Orientierungshilfe und ermöglichen somit den Spielverlauf besser nachvollziehen zu können ([DEMa-13]).

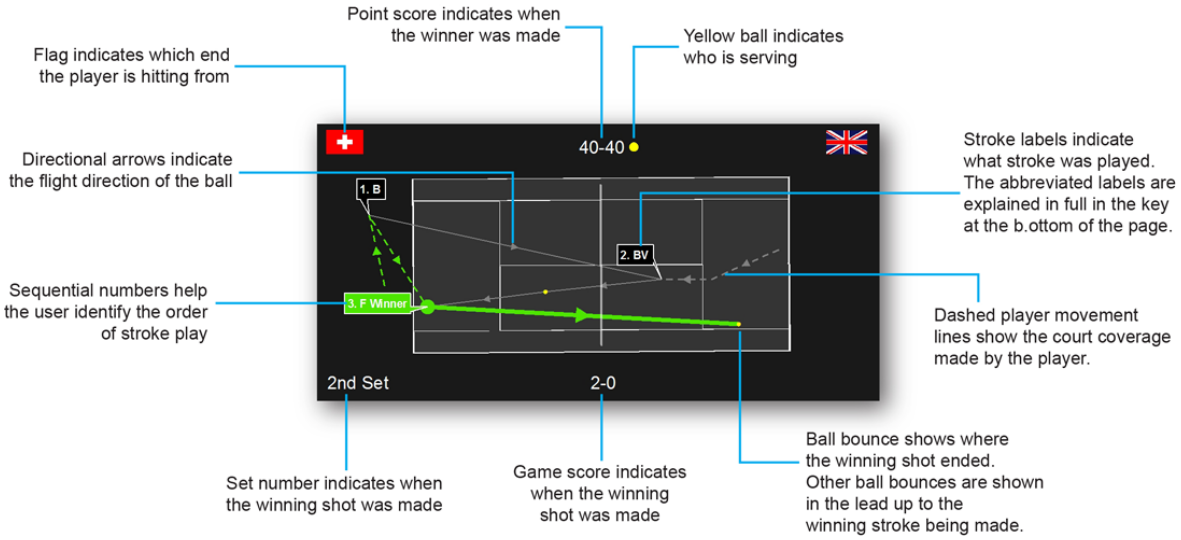


Abb. 11: Erklärung der Visualisierungselemente einer Spielszene ([URL-15])

D. SAUNDER (ebd.) kam zum Ergebnis, dass R. FEDERER während des gesamten Matches, bezogen auf die mittlere Aufschlagdistanz, variabler als sein Konkurrent spielte. Hingegen zeichnete sich der spätere Goldmedaillengewinner A. MURRAY in den entscheidenden Momenten bzw. bei den *„Big Points“* durch eine größere Variabilität aus. *„Traditional methods of summarizing tennis matches have long ignored the spatio-temporal component of the match, and often fail to geovisualize patterns by way of map or graphic.“* (ebd.)

Wie auch K. GOLDSBERRY verweist D. SAUNDER auf die Vorteile der Karte als Visualisierungsmedium im Bereich der Sportspielanalyse. Allerdings sind die Repräsentationsformen nicht auf die zweidimensionale Ebene beschränkt, wie Abb. 12 und Abb. 13 zeigen. Die Daten ermöglichen nicht nur die fortlaufende Positionierung des Balls, sondern auch die Rekonstruktion dessen Flugbahn. Obwohl es sich bei Abb. 12 im Wesentlichen um einen Blickfang handelt, kann das inhärente Potential dreidimensionaler Daten erahnt werden.

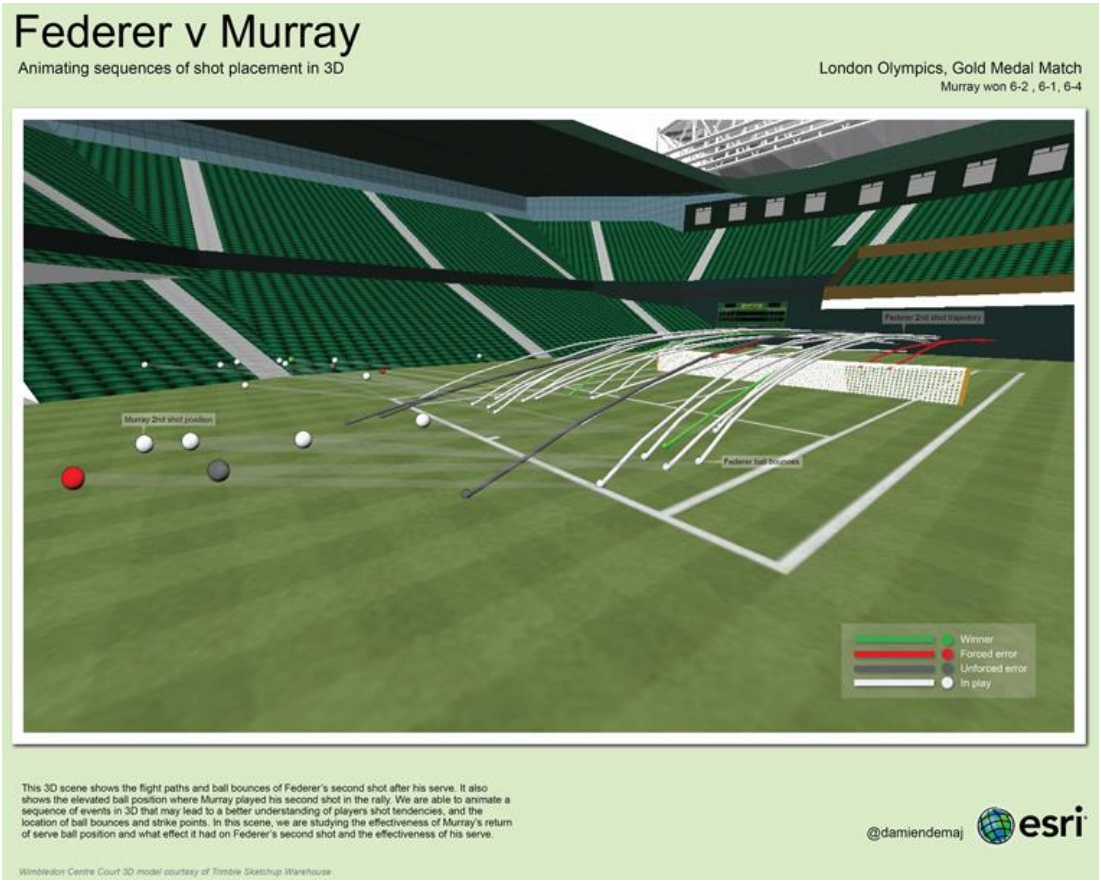


Abb. 12: Standbild einer 3D-Animation von Tennisschlägen [URL-16]

Eine weitere Möglichkeit, die dritte räumliche Dimension zu nutzen, ist die Verwendung eines Raum-Zeit-Würfels, wie etwa in Abb. 13 dargestellt. *„… the Space Time Cube is a powerful stand-alone visualization that reigns supreme for its ability to convey complex spatio-temporal patterns.“* ([SAU-14]) Hierbei handelt es sich um eine dreidimensionale, interaktive Präsentationsform, in der die zweidimensionalen Bewegungsabläufe beider Spieler dreidimensional visualisiert werden. Ermöglicht wird dies, durch Abbildung des Faktors Zeit auf der Z-Achse, wobei die Chronologie der Bewegungen von unten nach oben

verläuft. Gleichzeitig wird die in vier Klassen eingeteilte Geschwindigkeit der Spieler farblich wiedergegeben. Anhand des Würfels bzw. Dioramas kann die Variation und Häufigkeit bestimmter Bewegungsabläufe untersucht werden. Hierzu hält D. SAUNDER (ebd.) allerdings fest, dass u.U. mehrere Repräsentationsformen notwendig sind, um die Komplexität einzelner Bewegungsabläufe und der dadurch hervorgerufenen räumlichen Muster im Tennis zu verstehen. Das Diorama muss demnach als eine von vielen möglichen Visualisierungsformen angesehen werden, weswegen weitere Forschungen auf diesem Gebiet notwendig sind.

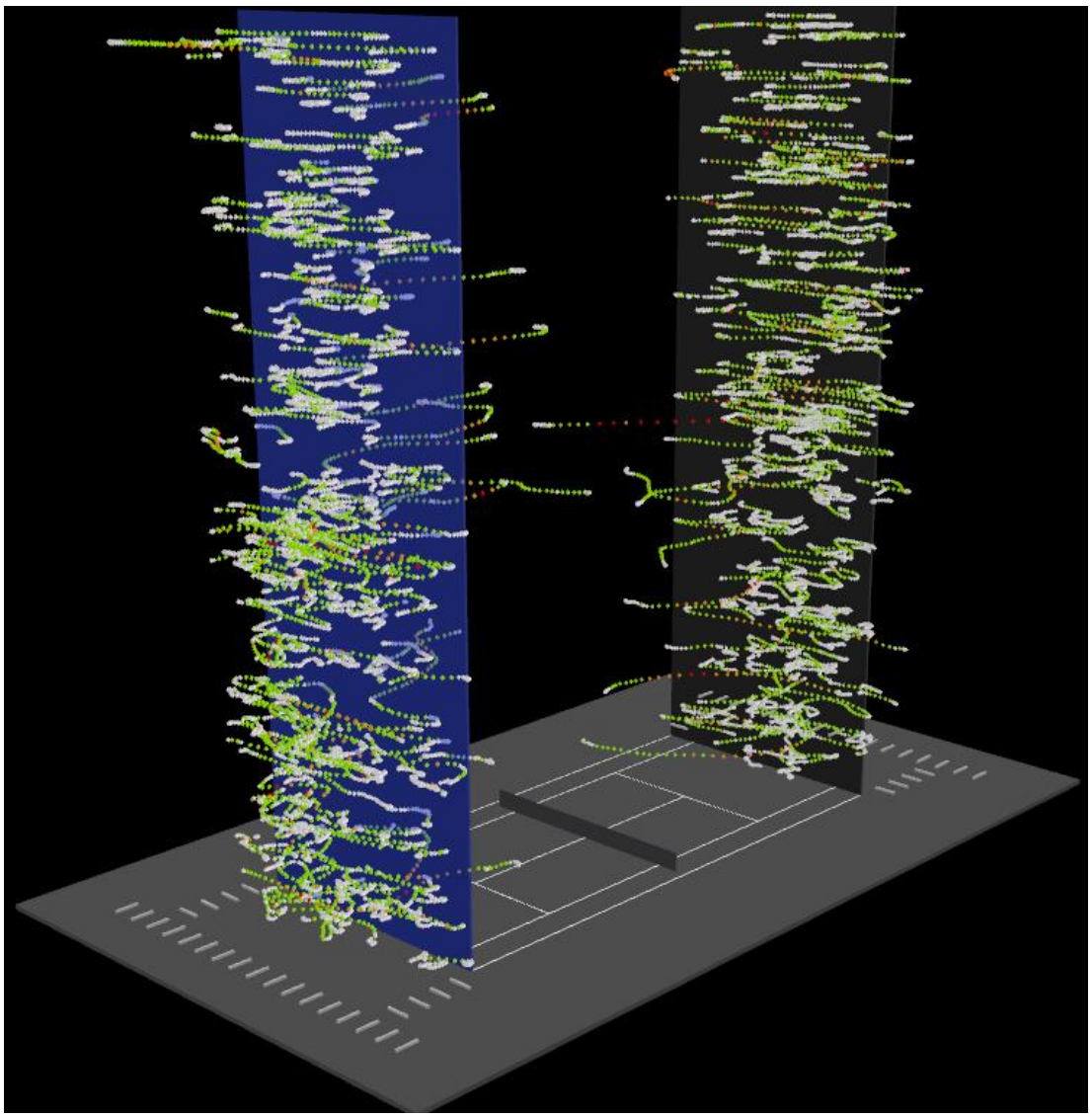


Abb. 13: Screenshot einer interaktiven 3D-Darstellung in Form eines Raum-Zeit-Würfels des Spielverlaufs eines Tennisspiels ([URL-19])

Mittlerweile stehen *Hawk-Eye* Daten einigen Forschungsvorhaben zur Verfügung, so auch jenen von D. SAUNDER, der fortlaufend Analysen auf der Online-Plattform *GameSetMap* ([URL-59]) veröffentlicht. Auch P. LUCEY und sein Team von *Disney Research* ([URL-60]) haben Zugang zu *Hawk-Eye* Daten, auf Basis dessen X. WEI et al. ([WEIa-13]) die Spielstile einzelner Spieler anhand räumlicher Analysen untersuchten. Allerdings ist auch hier, analog zu den Beiträgen von P. LUCEY et al. ([LUCc-14]) und Y. YUE et al.

([YUE-14]) kein expliziter Einsatz eines GIS erkennbar. Dies trifft zu, insofern die Definitionen aus Abschnitt 3.2 als Richtlinie und Abgrenzungskriterium von GIS herangezogen werden. Dennoch ist der Beitrag von X. WEI et al. ([WEIa-13]) erwähnenswert, da die darin geschilderten Konzepte womöglich auf GIS-basierte Anwendungen übertragen werden können, weswegen an dieser Stelle auf den Artikel verwiesen wird.

- Australian Rules Football

Anders als bei Fußball ist der Einsatz von GNSS-Technologie [Anm.: = Globale Navigationssatellitensystem, wie *Navstar GPS* ([URL-61]), *GLONASS* ([URL-62]) oder in Zukunft *Galileo* ([URL-63])] bei Australian Rules Football nicht nur auf das Training beschränkt, sondern auch für reale Wettkämpfe erlaubt ([EDG-06], [CARb-08], [WIS-10]). Hierbei kann D. SAUNDER ebenfalls als Vorreiter bezeichnet werden, da er die mit GPS aufgezeichneten Spiele des in Melbourne ansässigen Vereins Hawthorn Hawks explizit unter Berücksichtigung der raumzeitlichen Komponenten des Spiels analysiert. Aufgrund unterzeichneter Geheimhaltungsregelungen können jedoch keine weiteren Angaben darüber an dieser Stelle gemacht werden. Außer Frage steht jedoch, dass auch in diesem Bereich GIS erfolgreich eingesetzt werden.

4.4 Fußball im vage abgegrenzten Spannungsfeld zwischen GIS- und GI-Anwendungen

Die Ausführungen in Abschnitt 4.3 zeigen, dass raumzeitliche Analysen sportlicher Wettkämpfe keineswegs ausschließlich auf expliziten GIS-Anwendungen begrenzt sind. Eine fokussierte Betrachtung des Fußballspiels verdeutlicht, dass raumbezogene Analysen überwiegend mit Hilfe von GIS-ähnlichen Systemen durchgeführt werden. Eine klare Abgrenzung zwischen GIS und GIS-ähnlichen Systemen ist schwierig und kann nicht messerscharf vollzogen werden. Je nach persönlicher Auffassung variiert der Interpretationsspielraum. Die Ursache des vorliegenden Dilemmas wird in der Interdisziplinarität des Fußballspiels gesehen. Die räumliche Komponente des Spiels ist aufgrund ihrer Ubiquität nicht nur für Geographen von besonderem Interesse, sondern auch für Wissenschaftler anderer Disziplinen. Als unmittelbare Folge werden eigenständig und womöglich ohne Kenntnisse über GIS maßgeschneiderte raumbezogene Analysesysteme entwickelt, deren Funktionalität in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Fragestellung variiert. Die entscheidende Frage ist, ob derartige Systeme aus fachinterner Sicht als GIS bezeichnet werden können? Außerdem muss festgelegt werden, welche Kriterien hierfür erfüllt sein müssen. Des Weiteren muss zuvor eine Definition formuliert werden, die als allgemein gültige Abgrenzung anerkannt wird.

N. BARTELME erkannte ebenfalls dieses Zuweisungsproblem und hält diesbezüglich fest: *„Ein GIS in Reinkultur trifft man immer seltener an.“* ([BARa-00]) Deshalb wird im Falle von nicht eindeutiger Spezifikationen die Bezeichnung *GI-Anwendungen* empfohlen

(ebd.). Dabei handelt es sich dabei um *„… eine Anwendung die auf Geoinformation aufbaut und in einen Kreis anderer Anwendungen eingebettet ist."* (ebd.) Da einschlägige Publikationen über GIS-bezogene Anwendungen im Fußball rar sind, werden im Folgenden Studien über entsprechende GI-Anwendungen prägnant präsentiert, um somit den aktuellen Forschungsstand im allgemeinen Sinne der raumbezogenen Analyse des Fußballspiels zu skizzieren. Der Recherchezeitraum beschränkt sich dabei grob auf die letzten zwei Dekaden, da die Spielanalyse innerhalb dieser Periode durch die Entwicklung von Trackingsystemen nachhaltig geprägt wurde. [Anm.: Die Recherche endete Anfang Februar 2016.] Darüber hinaus werden in erster Linie jene Aspekte dieser Beiträge thematisiert, die aus der Perspektive der vorliegenden Forschungsarbeit relevant sind. Eine adäquate Ordnung der einzelnen Artikel ist jedoch schwierig, da eine chronologische Auslistung thematisch gesehen unübersichtlich und eine inhaltliche Kategorisierung kompliziert ist, da die Mehrheit der ausgewählten Beiträge mehreren Analysebereichen zugeordnet werden kann. Deswegen ist die Verfolgung eines stringenten roten Fadens an dieser Stelle undenkbar, da vielmehr zahlreiche rote Fäden existieren, die gemeinsam das mannigfache Spektrum der raumbezogenen Spielanalyse abbilden. Daher wurde im Folgenden versucht einen ausgewogenen Mittelweg zwischen chronologischer und thematischer Ordnung der Beiträge zu finden.

Eine der ersten Studien zu diesem Themenbereich wurde von T. TAKI et al. ([TAK-96]) durchgeführt. Basierend auf eigenständig aufgenommenen Tracking-Daten, deren Genauigkeit aufgrund fehlender Angaben jedoch diskutabel ist, wurden die Bewegungen der Spieler analysiert. Dabei wurde u.a. auf Basis der Position, Geschwindigkeit und Beschleunigungsvermögen der Spieler deren *Minimum Moving Time Pattern* (MMT) ermittelt, das potenziell erreichbare Positionen innerhalb einer bestimmen Zeitspanne angibt. Steht ein Spieler still, so ist das *MMT* kreisförmig, in Bewegung hingegen elliptisch. Ferner wurden spielerspezifisch so genannte *Dominant Regions* berechnet, d.h. jene Bereiche des Spielfeldes, die vor allen anderen Spielern erreicht werden können. Daraus konnte in weiterer Folge eine *Team Dominant Region* abgeleitet werden. Ein Passspiel innerhalb dieser mannschaftsbezogenen Region gilt als sicher und wurde von den Autoren (ebd.) als Zusammenspiel hoher Qualität gewertet. Gleichzeitig wurde das Teamwork anhand der Bewegungen und Zuspiele auf Basis der *MMT* und der *Dominant Regions* quantitativ bestimmt.

Einen den *Dominant Regions* ähnlichen Ansatz beschreiben J.-F. GRÉHAIGNE et al. in ihrem Artikel ([GRE-97]), in dem Fußball aus systemtheoretischer Sicht charakterisiert wird. Konträr zu T. TAKI et al. ([TAK-96]) ist jedoch die Zeitspanne mit einer Sekunde vorgegeben. Anhand kinetischer Spielerinformationen können kreissektorenförmige Bereiche definiert werden, die in Abhängigkeit der Spielsituation in *sector of play* und *sector of intervention* unterschieden werden. Da J.-F. GRÉHAIGNE et al. ([GRE-97]) keine Trajektorien zur Verfügung standen, wurden die notwendigen Informationen manuell aus Videoaufnahmen abgeleitet. Die räumliche Verortung sowie die Parametrisierung der Spieler erfolgten

dabei pro Videoframe auf einem gleichmäßigen Raster mit je 2 x 2 m großen Zellen. Diese Vorgehensweise ist aus heutiger Sicht definitiv abzulehnen, da die resultierende Genauigkeit nicht den gängigen Standards entspricht. Aufgrund der zeitintensiven Datengenerierung wurden lediglich Angriffsszenen aufgenommen, um das Zustandekommen von Toren zu analysieren. Zur Untersuchung der Möglichkeiten während des Angriffsspiels, wurden je Aktion *freie Räume*, *Interaktionsräume* und *verteidigte Räume* ermittelt. Die Autoren (ebd.) kamen zum Ergebnis, dass in 102 von 110 Fällen bzw. Toren, der Ball zuvor in den freien Raum gespielt wurde, woraus ein Kausalzusammenhang abgeleitet wurde.

R. POLLARD u. C. REEP ([POL-97]) analysierten Passsequenzen von Spielen der Weltmeisterschaft 1986 in Mexiko, die mit einem stenographischen System aufgezeichnet wurden. Diese Datenerfassungsmethode wurde bereits in einem Beitrag von C. REEP u. B. BENJAMIN 1968 ([REE-68]) beschrieben, der als erste statistisch orientierte Studie über das Fußballspiel angesehen wird ([POL-97]). Trotz der aus heutiger Sicht unkonventionellen Datenerhebung, bietet der Artikel von R. POLLARD u. C. REEP (ebd.) nennenswerte Analyseansätze. Fußball wird demnach als eine Reihe von Ballbesitzserien betrachtet, die es primär zu untersuchen gilt. Unter diesen Voraussetzungen entwickelten die Autoren (ebd.) die quantitative Variable *yield*, die die Wahrscheinlichkeit ein Tor zu erzielen der Wahrscheinlichkeit ein Tor zu bekommen gegenüberstellt. Dieser Parameter kann einerseits zur Evaluation einer spezifischen Ballbesitzsequenz sowie andererseits zur Untersuchung von Ballbesitzverhältnissen über das gesamte Spiel hinweg verwendet werden. Basierend darauf können unterschiedliche Strategien nicht nur bewertet, sondern auch miteinander verglichen werden. Zur Ermittlung der Torerfolgswahrscheinlichkeit zogen die Autoren (ebd.) mehrere Faktoren heran, wie etwa den *Abstand* [yard] und *Winkel* [radiant] der Schussposition *zum Tor* sowie kategorisch *eine oder mehrere Ballberührungen* [0|1], den *Abstand zum nächsten* Verteidiger unter einem Yard, ja/nein [0|1] und *Standardsituation*, ja/nein [0|1]. Anhand einer Regressionsanalyse wurde die Wahrscheinlichkeit eines Torerfolges unter Berücksichtigung der oben angeführten Variablen geschätzt. Der erhaltene Wert spiegelt in Kombination mit dem Ausgangspunkt des Angriffs die Variable *yield* wider. Räumlich gesehen sind die angewandte sechsteilige, horizontale Zonierung entlang der Seitenlinie sowie die bogenförmige Darstellung der Erfolgswahrscheinlichkeit um das Tor von besonderem Interesse. Die Autoren (ebd.) kamen u.a. zum Ergebnis, dass eine zeitnahe Ballrückeroberung nahe dem gegnerischen Tor sinnvoll ist, da derartige Aktionen einen hohen Ertrag [Anm.: = Variable *yield*] aufweisen.

Die Ergebnisse von R. POLLARD u. C. REEP (ebd.) müssen aus heutiger Sicht mit Bedacht und in Anbetracht der Zeit interpretiert werden, da Veränderungen des Spiels in den letzten 30 Jahren nicht verneint werden können. Allerdings repräsentiert die herangezogene Datengrundlage lediglich ein paar Spiele eines bestimmten Wettbewerbes, weswegen die Repräsentativität in Anbetracht der Ausführungen von F. CARMICHAEL u. D. THOMAS

([CARa-05]), C. CARLING et al. ([CARd-05]) und V. DI SALVO et al. ([DISc-10]) in Frage gestellt werden kann. Aus diesem Grund wird auf eine ausführlichere Ausführung der erzielten Resultate an dieser Stelle verzichtet.

Passnetzwerke wurden von D. R. BRILLINGER ([BRI-07]), J. DUCH et al. ([DUC-10]) und C. COTTA et al. ([COT-13]) untersucht. Allerdings können auch hierbei Bedenken über die allgemeine Gültigkeit der Ergebnisse geäußert werden. Dies trifft insbesondere auf die Studie von D. R. BRILLINGER ([BRI-07]) zu, da lediglich eine zu einem Tor führende Passstafette analysiert wurde. Es handelt sich dabei um das 2:0 von Argentinien gegen Serbien und Montenegro in der Gruppenphase der Weltmeisterschaft 2006 in Deutschland, dem insgesamt 25 Pässe vorausgingen. Diese außergewöhnlich lange Passsequenz wurde mit einer Potentialfunktion analysiert, die laut D. R. BRILLINGER (ebd.) zur Beschreibung und Simulation der Bewegung des Balls analytische und konzeptionelle Vorteile aufweist. Das graphische Ergebnis dieser Studie (ebd.) ist in Abb. 14 dargestellt. Aus der Perspektive der vorliegenden Forschungsarbeit sind die Resultate in Hinblick auf die Spielanalyse jedoch diskutabel, da u.a. ausschließlich die Trajektorie des Balls und somit nur ein kleiner Ausschnitt des raumzeitlichen Gefüges untersucht wurden.

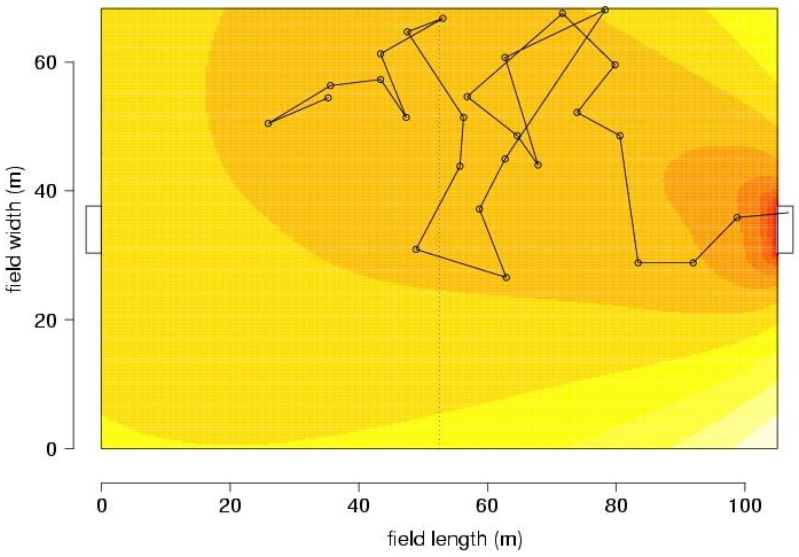


Abb. 14: Analyse einer Passsequenz anhand einer Potentialfunktion nach D. R. BRILLINGER ([BRI-07])

J. DUCH et al. ([DUC-10]) analysierten hingegen sämtliche Spiele der Europameisterschaft 2008 in Österreich und der Schweiz. Anhand einer sozialen Netzwerkanalyse wurde die individuelle Spielerleistung quantifiziert und evaluiert. Darauf aufbauend wurde außerdem die kollektive Mannschaftsleistung bestimmt, die als durchschnittliche Spielerleistung definiert wurde. Während die Knoten des Netzwerkes Spieler repräsentieren, stellen dessen Kanten die Anzahl erfolgreicher Pässe zwischen Spielerpaaren dar. Neben Zuspielen wurden auch Schüsse auf bzw. neben das Tor berücksichtigt, weswegen dafür zusätzliche Netzwerkknoten eingefügt wurden. Die Autoren (ebd.) untersuchten in dieser Hinsicht *die Pass- und Schussgenauigkeit* der Spieler und somit zwei Indikatoren, die die Fähigkeiten eines

Spielers widerspiegeln mit dem Ball umzugehen sowie diesen sicher zum gegnerischen Tor zu führen widerspiegelt. Mit Hilfe dieser Informationen konnte anschließend die Wahrscheinlichkeit, dass eine Passsequenz zu einem Torversuch führt, bestimmt werden. Gleichzeitig wurde die so genannte *flow centrality* ermittelt, die jener Zeit entspricht, in der ein Spieler in einen Schussversuch einschritt. Auch wurde die *defensive efficieny* erhoben, die auf der Anzahl von Balleroberungen beruht. Die Spielerleistung entspricht in diesem Kontext einer Zusammenführung dieser beiden Parameter. J. DUCH et al. (ebd.) präsentierten ihre Ergebnisse in erster Linie mittels Diagramme. Aus Sicht der vorliegenden Dissertation sind die Netzwerkdarstellungen, wie in Abb. 15 illustriert, interessant. Da auch Einwechselspieler berücksichtigt wurden, beträgt die maximale Knotenanzahl pro Mannschaft 14. Die Autoren geben (ebd.) an, dass sich die Position der Knoten an den gemittelten Spielerpositionen am Spielfeld orientieren. Wie an der Legende zu erkennen ist, werden die Spielerleistung, die Zentralität und die Passgenauigkeit abgebildet.

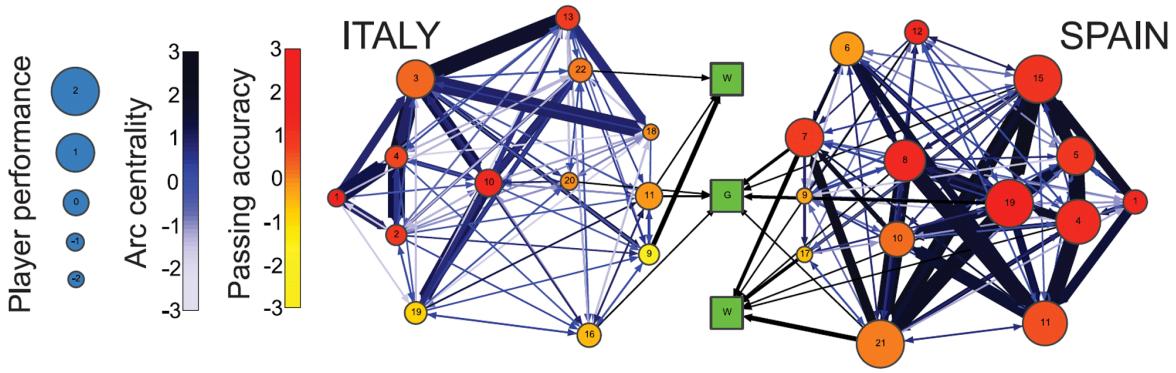


Abb. 15: Ergebnis einer sozialen Netzwerk-Analyse nach J. DUCH et al. ([DUC-10])

Einen vergleichbaren Analyseansatz wählten C. COTTA et al. ([COT-13]) bei der Untersuchung des Passspiels der spanischen Fußball-Nationalmannschaft während der Weltmeisterschaft 2010 in Südafrika. Die wesentlichsten Unterschiede zum Beitrag von J. DUCH et al. ([DUC-10]) bestehen darin, dass lediglich eine Mannschaft isoliert betrachtet wurde und ausschließlich Pässe untersucht wurden. Ziel der Studie von C. COTTA et al. ([COT-13]) war es, das Verhalten auf einer komplexen Netzwerkebene zu analysieren, wobei gleichfalls Spieler als Netzwerkknoten und Pässe als verbindende Kanten angesehen wurden. Für Perioden von jeweils 15 Spielminuten wurden die *Passanzahl*, die *Länge der Passkette*, die *Zentralität* der Spieler sowie deren *räumlichen Verteilung* analysiert. In diesem Kontext ist erwähnenswert, dass den Autoren (ebd.) keinerlei raumbezogene Daten, wie etwa Trajektorien, zur Verfügung standen. Stattdessen wurde das Spielfeld, ähnlich wie bei J.-F. GRÉHAIGNE et al. ([GRE-97]), zoniert und jeder Pass manuell erhoben. Allerdings beruhte hierbei die Zonierung nicht auf einer gleichmäßigen Rasterung, sondern auf einer Zerteilung in neun Zonen. Eine räumliche Segmentierung des Spielfeldes ist aus Sicht von C. COTTA et al. ([COT-13]) deshalb zwingend, da Spieler, in Abhängigkeit der aktuellen Situation, unterschiedliche Rollen einnehmen können. Die erhobenen Rohdaten umfassten

Informationen zur *Halbzeit*, *Spielminute*, *passgebender Spieler*, inkl. dessen *Zone* sowie den *ballannehmenden Spieler* samt *Zone*.

Das übergeordnete Ziel der Autoren (ebd.) bestand darin, die temporale Evolution bzw. die raumzeitliche Natur des Spiels zu charakterisieren. Dazu wurden vier Analyseobjekte festgelegt: Zum einen wurde mit der Passanzahl pro Minute ein Parameter ermittelt, der Auskunft über die *Schnelligkeit* des Spiels liefert. Zum anderen wurde die Anzahl von aufeinanderfolgenden erfolgreichen Pässen [Anm.: = Passkette] bestimmt, was Rückschlüsse auf die *Genauigkeit* des Passspiels zulässt. Des Weiteren wurde ein Cluster-Koeffizient berechnet, der einem Maß der *Kompaktheit* einer Mannschaft gleichkommt. Daneben wurde die *Zentralität* der Spieler, anhand der Anzahl an Pässen sowie der Länge des Ballbesitzes erfasst. Die Ergebnisse liefern in weiterer Folge Informationen über die Leistung und den Spielstil einer Mannschaft.

Neben einer Vielzahl an Diagrammen produzierten C. COTTA et al. (ebd.) auch Grafiken der 15-minütigen Zeitabschnitte, wie exemplarisch in Abb. 16 zu sehen ist. Alle Kreissignaturen sind mit einem Indexpaar ausgestattet, wobei die erste Zahl die Spielernummern und die zweite Zahl die Zonen des Passspiels repräsentieren. Die Signaturen sind hierbei farblich nach Offensive [Anm.: = Zone 6 bis 9], Mittelfeld [Anm.: = Zone 5] und Defensive [Anm.: = Zone 1 bis 4] klassifiziert. Die Größe der Knoten spiegelt die Zentralität der Spieler wider.

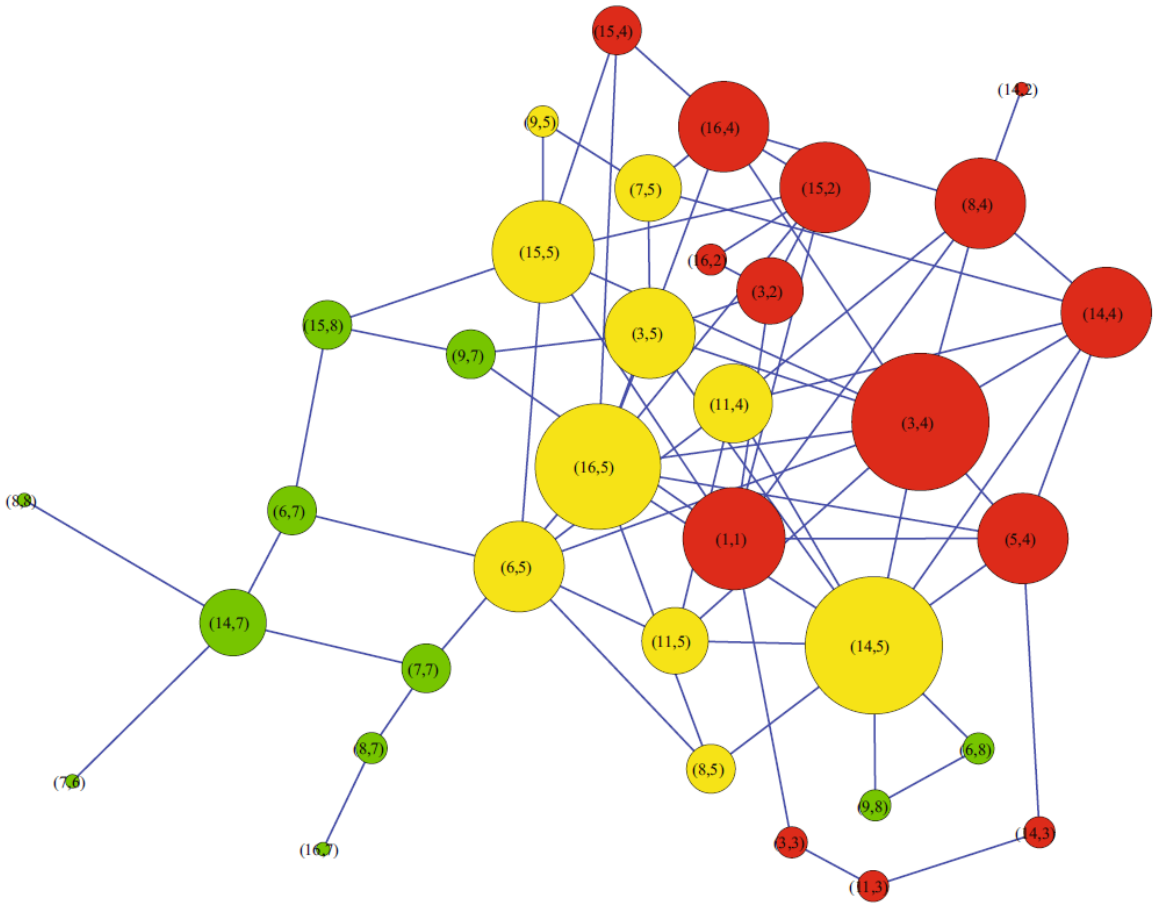


Abb. 16: Ergebnis einer Passnetzwerkanalyse nach C. COTTA et al. ([COT-13])

Die Studie von J. GUDMUNDSSON u. T. WOLLE ([GUDa-12]) behandelt u.a. die Analyse von Pässen, jedoch nicht basierend auf einem Netzwerkansatz. Stattdessen wurde ein Analysetool entwickelt, das nicht nur sämtliche Passoptionen ermittelt, sondern diese auch mit den realen Zuspielen vergleicht. Hierzu wird die Passschwierigkeit bestimmt, wobei die Autoren (ebd.) so genannte *Passable Areas* und *Reachable Areas* differenzieren, die auf Basis kinetischer Informationen, die den Trajektorien anhaften bestimmt werden. Hierbei kann ebenfalls eine Analogie zum Konzept der *dominant regions* von T. TAKI et al. ([TAK-96]) erkannt werden.

Ein zweites Analysetool untersucht hingegen Passsequenzen von Angriffsszenen. Hierbei werden in erster Linie der Aufbau von Offensivaktionen charakterisiert sowie anhand dessen, Kombinationsmuster ermittelt. Der Beitrag von J. GUDMUNDSSON u. T. WOLLE ([GUDa-12]) ist aus Sicht der vorliegenden Forschungsarbeit zwar interessant, bleibt jedoch viele offene Fragen schuldig. Bspw. ist weder die Datengrundlage, noch das Analysedesign im Detail beschrieben, weswegen lediglich die Idee hinter den Konzepten nachvollziehbar ist.

Der Beitrag von M. BEETZ et al. ([BEE-05]) ist deshalb erwähnenswert, da ein Echtzeit-Analysesystem mit der Bezeichnung *Football Interaction and Process Model* (FIPM) beschrieben wird. Dabei handelt es sich um ein modulares System, das sowohl die *Position* und *Bewegung*, *Aktionen*, *Situation* sowie die *Taktik* analysiert, als auch auf Basis dessen *Bewertungen* durchführt. Hinsichtlich der Datengrundlage wurde vermerkt, dass diese durch ein auf Mikrowellen-basierendes Trackingsystem bereitgestellt werden soll, das allerdings zum Zeitpunkt der Publikation dieses Artikels noch nicht einsatzfähig war. Allerdings muss festgehalten werden, dass dieses Datenerfassungssystem nicht für reale Wettkampfspiele geeignet ist, da Spieler und Ball nicht regelkonform mit Sendern ausgerüstet werden müssen. Aufgrund fehlender Daten, analysierten die Autoren (ebd.) Robocup-Spiele [Anm.: Robocup ist die Kurzform von Roboter Soccer World Cup, einem Wettbewerb, indem mobile Roboter mit künstlicher Intelligenz Fußballwettkämpfe mit gesonderten Regeln austragen.], weswegen die Analyseergebnisse mit Bedacht interpretiert werden müssen.

Dennoch sind einige Analyseansätze aus Sicht der vorliegenden Forschungsarbeit interessant. Bezüglich der *Position* werden die gemittelten Aktionsradien der Spieler angegeben. Gleichzeitig wird die *Bewegung* in die drei Stufen, *Gehen*, *Traben* und *Sprinten* unterteilt, deren prozentualen Anteile als Bewegungsprofil in Form eines Kreisdiagramms dargestellt werden. Auf gleiche Art und Weise wurden Aktionsprofile aller Spieler erstellt, die die relativen Anteile der Spieleraktionen hinsichtlich Pässen, Schüssen und Dribblings widerspiegeln. In diesem Sinne ist es denkbar sowohl Bewegungs-, als auch Aktionsprofile anhand fußballspezifischer Geodaten automatisch abzuleiten. Das *FIPM* erstellt zudem ein Passnetzwerk, das die Anzahl der Zuspiele zwischen Spielerpaaren widerspiegelt. Darüber

hinaus können die Trajektorien jener Ballstafetten graphisch dargestellt werden, die zu einem Torversuch führten. Daraus werden taktische Ansätze abgeleitet, um bspw. zu bestimmen, ob eine Angriffsseite bevorzugt wurde.

Obwohl die Studie von V. DI SALVO et al. ([DISb-07]) im Wesentlichen statistische Auswertungen ohne konkreten Raumbezug behandelt, ist deren in Abb. 17 dargestellte räumliche Begrenzung bestimmter Rollen interessant. Flexible Spielerrollen werden von mehreren Autoren, darunter u.a. C. COTTA et al. ([COT-13]), X. WEI et al. ([WEIb-13]) und A. BIALKOWSKI et al. ([BIAa-14b], [BIAb-14]) nicht nur befürwortet, sondern auch gegenüber starren taktischen Positionen bevorzugt. In Abhängigkeit der Position am Spielfeld werden Spielern Rollen zugewiesen.

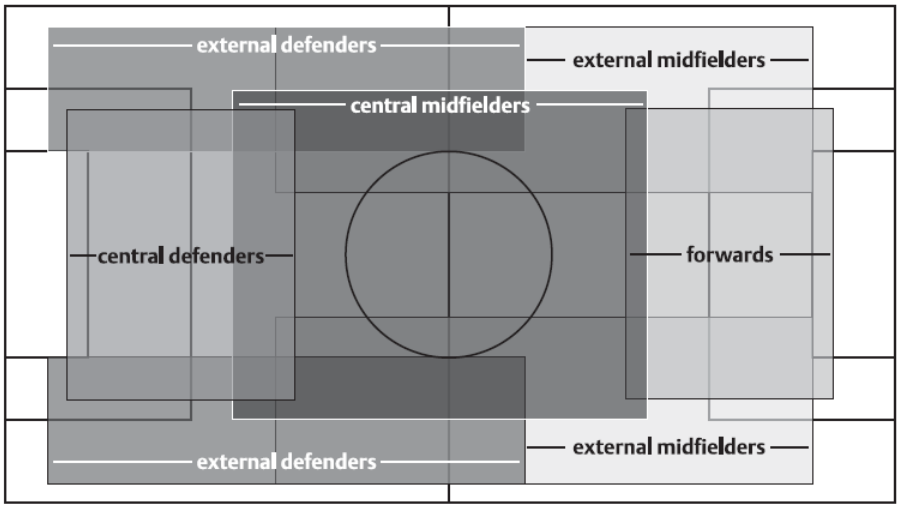


Abb. 17: Abgrenzung positionsspezifischer Aktionsbereiche nach V. DI SALVO et al. ([DISb-07])

Ziel der Autoren ([DISb-07]) war es, Bewegungsmuster von Profifußballern in Abhängigkeit deren Position am Spielfeld zu untersuchen. Dazu wurden Tracking-Daten von *Amisco* [Anm.: heute *ProzoneSports*] von 20 Spielen der Primera División [Anm.: = höchste spanische Spielklasse] und zehn Spielen der UEFA Champions League analysiert. Dabei wurde die Laufdistanz in fünf Geschwindigkeitskategorien eingeteilt, auf Basis dessen derer die relativen Anteile zur gesamten Spieldauer bestimmt wurden. Allerdings differenzieren V. DI SALVO et al. (ebd.) nicht zwischen der Brutto- und Netto-Spielzeit, was zwar aus sportmedizinischer Sicht verständlich ist, jedoch aus der Perspektive der Spielanalyse als fehlerhaft angesehen wird. Das bedeutsamste Ergebnis war, dass signifikante Unterschiede hinsichtlich der zurückgelegten Distanz in Abhängigkeit taktischer Rollen beobachtet wurden. Keine nennenswerten Abweichungen ergaben hingehen Vergleiche beider Halbzeiten zueinander sowie zwischen den zwei höchsten Geschwindigkeitsklassen. Jedoch konnten bezüglich der mittleren Laufintensität signifikante Differenzen zwischen beiden Halbzeiten bestimmt werden.

In einer Folgestudie konzentrierten sich V. DI SALVO et al. ([DISc-10]) ausschließlich auf Sprints, die in zwei Klassen eingeteilt wurden. Obwohl auf Tracking-Daten von über 700 Feldspielern von *ProzoneSports* zurückgegriffen werden konnte, wurden diese nur zur

statistischen Leistungsanalyse herangezogen und dabei völlig die raumzeitlichen Aspekte des Spiels außer Acht gelassen. In Anbetracht dessen wird der *GIS-gestützten Spielanalyse* mehr Potential eingeräumt, da u.a. zonenspezifische Untersuchungen durchführbar sind.

Eine umfassende Übersicht sowie eine kritische Bewertung von Beiträgen rund um das Thema der Leistungsanalyse im Profifußball, bietet die Studie von R. MACKENZIE u. C. CUSHION ([MACb-13]). Obwohl die Mehrzahl der darin untersuchten Artikel rein statistische Ansätze beschreiben, sind stellenweise auch GI-Anwendungen enthalten, weswegen an dieser Stelle dieser Beitrag als weiterführende Literatur empfohlen wird.

V. DI SALVO et al. ([DISb-07]) beschrieben eine rollenspezifische Zonierungsvariante, die zwar indirekt in Abhängigkeit der Spielrichtung mit dem Spielfeld räumlich verbunden, jedoch nicht direkt von dessen Markierungen beeinflusst ist. Während es sich dabei um eine statische Segmentierung des Feldes handelt, wählten L. VILAR et al. ([VIL-13]) einen dynamischen Ansatz, wobei, wie in Abb. 18 dargestellt, die aktuell durch die Feldspieler beider Mannschaften eingenommene Spielfeldfläche zoniert wird.

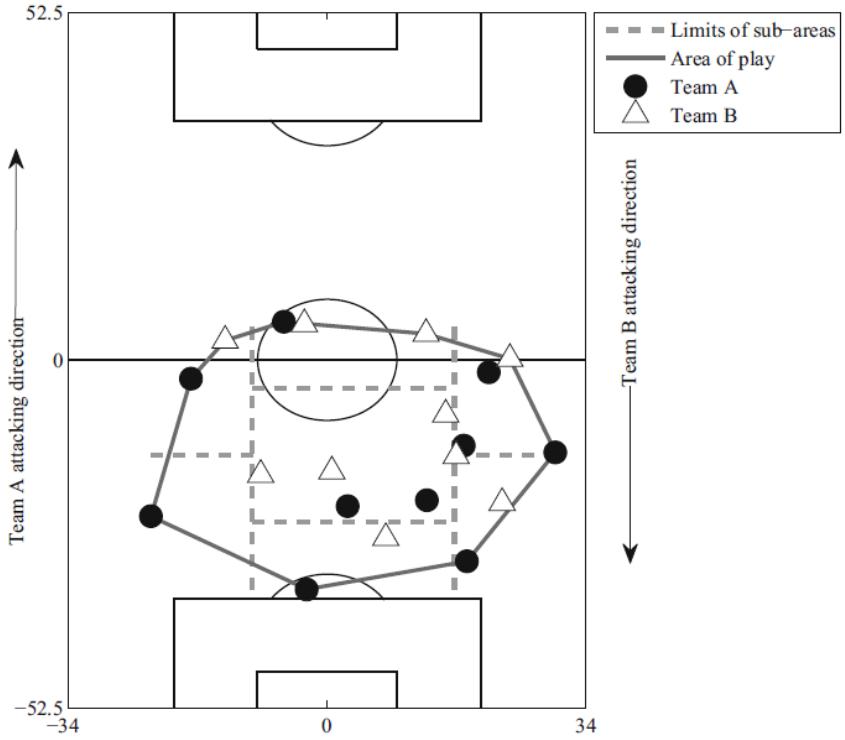


Abb. 18: Dynamische Zonierung der okkupierten Spielfeldfläche nach L. VILAR et al. ([VIL-13])

Anhand dieser Unterteilung verfolgten die Autoren (ebd.) das Ziel, die *numerische Dominanz* bzw. *Überzahl* [Anm.: Originale Bezeichnung: *„numerical dominance“*.] zu bestimmen, da diese die defensive Stabilität einer Mannschaft widerspiegelt. Hierbei kann ebenfalls eine Analogie zu den *dominant regions* von T. TAKI et al. ([TAK-96]) erkannt werden. Gemäß L. VILAR et al. ([VIL-13]) sind sowohl Offensive, als auch Defensive Teil desselben Grundgerüsts, das in Abhängigkeit der kollektiven Interaktionen durch Stabilität bzw. Instabilität gekennzeichnet ist. Vorteile ergeben sich einer Mannschaft dann, wenn die Offensivspieler die gegnerische Defensive destabilisieren, was durch die *räumliche Dominanz*

ausgedrückt werden kann. Den Autoren (ebd.) stand hierfür ein Tracking-Datensatz von *ProzoneSports* zur Verfügung. Hinsichtlich der Brutto/Netto-Spielzeit wurde ein Kompromiss gewählt, in dem nur Unterbrechungen während Verletzungen, Torjubelszenen und Auswechslungen von der Analyse ausgeschlossen wurden. Hingegen wurden Spielpausen nach Abseitsentscheidungen, Fouls u.dgl. miteinbezogen. Auf Basis dessen wurde eine konvexe Hülle um die Feldspieler berechnet, ein Ansatz, der auch bei W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]), F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) und R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) zu finden ist. Die so erhaltene Mannschaftsfläche wurde anschließend von L. VILAR et al. ([VIL-13]) nach bestimmten Kriterien unterteilt. Die Analyse bestand abschließend darin, für jeden Frame die numerische Dominanz in jeder einzelnen Zone zu berechnen und dies statistisch auszuwerten. Auf Basis dessen konnten Aussagen über die Raumverteilung und –nutzung bzw. über die Strategie der Mannschaften abgeleitet werden.

W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]) verwendeten die Charakteristika konvexer Hüllen zur Analyse kollektiver Bewegungen, um Spielmuster in Abhängigkeit der Spielsituation zu detektieren. Allerdings beschränkte sich die Auswertung auf so genannte drei *small-sided soccer games* (SSSG) [Anm.: = Spiel, fünf gegen fünf] im Zuge von Trainingseinheiten, die mit dem *Local Position Measurement System* [Anm.: = LPM, [URL-64]] der *Abatec AG* raumzeitlich aufgezeichnet wurden. Dabei handelt es sich um ein radiowellenbasiertes System, das die Verwendung von Sendeeinheiten am Körper der Spieler voraussetzt und somit nicht für reale Wettkampfspiele zugelassen ist. Hinsichtlich der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf so genannte *full-sized matches* [Anm.: = reguläres Spiel, elf gegen elf] geben die Autoren (ebd.) zu bedenken, dass das Spielerverhalten im Vergleich womöglich variiert. Anhand der Größe und Position der errechneten Hüllen bzw. Mannschaftsflächen wurden der Rhythmus und die Flussbewegungen der Mannschaften untersucht. Die grundlegende Annahme dahinter bestand darin, dass sich die Fläche während eines Angriffs nach vorne bewegt und bei gegnerischer Offensive zurückzieht, was der Logik des Spiels entspricht und mit einer nahezu perfekten Korrelation belegt werden konnte. Es wurde außerdem die Hypothese überprüft, nachdem sich die Mannschaftsfläche während der eigenen Offensive ausdehnt und vice versa bei Verteidigung zusammenzieht, was jedoch nicht eindeutig bestätigt werden konnte.

Inhaltlich ist die Arbeit von W. FRENCKEN et al. (ebd.) eng mit der Studie von F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) verwandt, in der jedoch reguläre Wettkampfspiele analysiert wurden. Insgesamt wurden acht Spiele der Campeonato Brasileiro da Série A [Anm.: = höchste gesamtbrasilianische Spielklasse] untersucht, die raumzeitlich mit Hilfe einer nicht näher dargelegten videobasierten Tracking-Software aufgezeichnet wurden. Darüber hinaus wurde das Spielgeschehen nicht nur in Offensiv- und Defensivaktionen klassifiziert, sondern auch nach Torversuchen und Tacklings. Es wurde sowohl die Mannschaftsfläche in Form einer konvexen Hülle untersucht, als auch die Kompaktheit der zugrundeliegenden

Formation auf Basis der *Frobeniusnorm* berechnet. Hierzu wurde festgehalten: *„… team coverage area and spread provide particular information about the players' distribution on the pitch, and together, they illuminate the game's dynamics."* (ebd.) Die Ergebnisse führen zu Aussagen über die Organisation der beobachteten Mannschaften. Konträr zu W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]) konnte die Annahme, wonach sich Mannschaftsflächen im Angriff ausdehnen bzw. während Verteidigung zusammenziehen, statistisch bestätigt werden. Gleichzeitig konnte eine Wechselbeziehung zwischen geringer Kompaktheit und Gegentoren nachgewiesen werden. Diesbezüglich raten F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) jedoch zur Vorsicht, da die grundlegende These, je kleiner die Mannschaftsfläche, desto größer die Kompaktheit, nicht immer zutrifft. Dies ist bspw. bei direkten Freistößen der Fall, im Zuge derer eine Mauer gebildet wird, in der mehrere Spieler eng beieinanderstehen und dadurch die Kompaktheit überdurchschnittlich groß ist. Gleichzeitig kann jedoch die Mannschaftsfläche ebenfalls verhältnismäßig groß sein.

Die Studie von R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) ähnelt methodisch gesehen jener von F. A. MOURA et al. ([MOU-12]). Auf Basis von insgesamt zehn Spieldatensätzen von *ProzoneSports*-Daten wurden Gruppendynamiken untersucht. In Bezug auf die Anzahl der Spiele wiesen die Autoren (ebd.) darauf hin, dass die Analyse von lediglich fünf Spielen ausreichend sei um bereits signifikante Ergebnisse zu erzielen. Es wurde vermerkt, dass im Profifußball oftmals Spiele aufgrund einer besseren taktischen Organisation gewonnen werden. Dahingehend wird die Analyse der Mannschaftsfläche als zentral angesehen, die jedoch zusätzlich die Berechnung eines mannschaftsbezogenen Zentroids bedarf. Die von einem Team eingenommen Fläche wurde, wie in Abb. 19 zu sehen ist, ebenfalls als konvexe Hülle rund um die Feldspieler definiert, deren Länge und Breite, neben dem Zentrum zur Untersuchung herangezogen wurde.

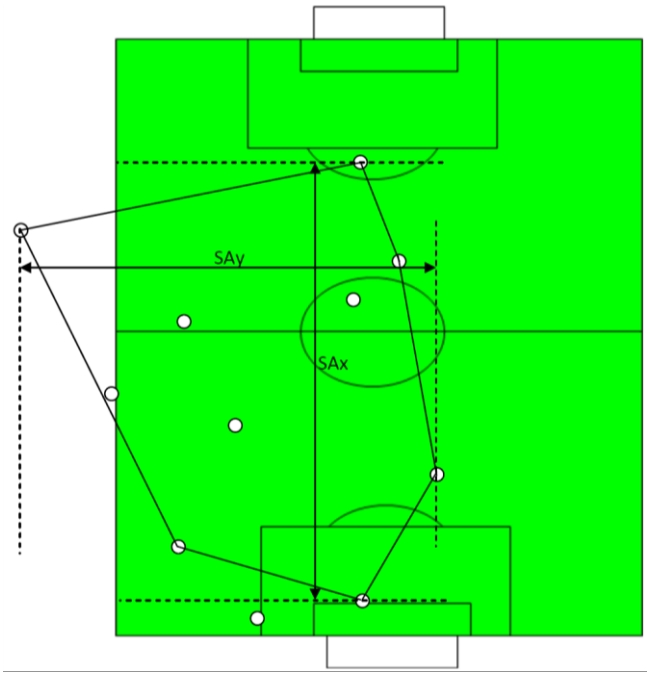


Abb. 19: Definition der Mannschaftsfläche (Feldspieler), nach R. BARTLETT et al. ([BARb-12])

Konträr der Studie von F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) berechneten R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) die Kompaktheit nicht nur durch die *Frobeniusnorm*, sondern auch über den *Stretch Index*, eine Maßzahl, die alle Distanzen zwischen den einzelnen Spielern innerhalb der konvexen Hülle berücksichtigt. Die Kompaktheit wird als essenziell betrachtet, da Mannschaftsflächen flächenhaft zwar ähnlich, jedoch gleichzeitig hinsichtlich ihrer Stabilität unterschiedlich sein können. R. BARTLETT et al. (ebd.) fokussierten ihre Analyse auf Angriffsszenen, die in Angriffe kategorisiert wurden, die 1) zu einem Tor führten, 2) zu einem Torversuch führten, 3) mit einem aktiven Ballverlust im Zuge eines Zweikampfes endeten sowie 4) mit einem passiven Ballverlust, d.h. mit einem Fehlpass, endeten. Als Startpunkt jener Offensivaktionen wurde jeweils der Zeitpunkt der initialen Balleroberung herangezogen. Entgegen den eigenen Erwartungen sowie widersprüchlich zu den Ergebnissen von F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) konnten R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) in Übereinstimmung der Ergebnisse von W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]), die Annahme nicht bestätigen, dass sich die Mannschaftsfläche während Offensivaktionen vergrößert und gleichzeitig in Defensive verkleinert, da dies lediglich auf 28 % der Fälle zutraf. Während die Auswertung der *Frobeniusnorm* eine positive Korrelation ergab, berichten F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) von einer negativen Korrelation. Die fehlende Übereinstimmung führen R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) darauf zurück, dass anders als bei F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) nicht der arithmetische Mittelwert, sondern der Median zur Berechnung der Mannschaftsfläche und der *Frobeniusnorm* verwendet wurde. Der arithmetische Mittelwert sei hierfür, gemäß der Autoren ([BARb-12]) ungeeignet, da aufgrund der Dynamik die Ausdehnung und Position der Mannschaftsfläche nicht adäquat beschrieben werden.

Aufgrund der erzielten Resultate befürworten die Autoren (ebd.) die Zerlegung der Mannschaftsflächen in kleinere Subeinheiten, da dadurch tieferer Einblicke in das Spielgeschehen zu erwarten sind. Die Analyse der Breite und Länge der Mannschaftsfläche wird hingegen als unzweckmäßig erachtet, da diese Maßzahlen lediglich durch zwei Spielerpositionen definiert werden. Im Gegenzug wird im Allgemeinen die Mannschaftsfläche als Bezugsgröße zur Untersuchung der Mannschaftsdynamik als praktikabel angesehen. Bezogen auf die Bestimmung der kollektiven Kompaktheit konnten keine nennenswerten Unterschiede zwischen der *Frobeniusnorm* und dem *Stretch Index* festgestellt werden. Beobachtet wurde hingegen, dass sich die Zentroide beider Teams synchron entlang und quer des Spielfeldes bewegen. Hinsichtlich der vier festgelegten Angriffskategorien konnten allerdings keine Auffälligkeiten bei der räumlichen Verteilung der Zentroide registriert werden.

Die Beiträge von W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]), F. A. MOURA et al. ([MOU-12]), R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) und L. VILAR et al. ([VIL-13]) belegen, dass Mannschaftsflächen zur Charakterisierung und Analyse kollektiver Bewegungen geeignet sind. Es können Aussagen über die Organisation bzw. das Verhalten sowie über die Kompaktheit und Taktik eines Teams abgeleitet werden. Es ist jedoch empfehlenswert reguläre Wettkampfspiele zu

analysieren, bei denen elf gegen elf Spieler gegeneinander antreten. Konträr dazu bildeten in der weiteren Studie zu diesem Thema K. OKIHARA et al. ([OKI-04]) die Mannschaftsfläche aus lediglich vier Spielern, was in Anbetracht der bisherigen Ausführungen als fragwürdig angesehen wird.

Mit Gruppenbewegungen auf Basis von Trajektorien setzten sich U. FEUERHAKE u. M. SESTER ([FEU-13]) intensiv auseinander. Basierend auf dem Konzept der Konstellation beschreiben die Autoren (ebd.) eine Methode, mit der es möglich ist, bestimmte Gruppenbewegungsmuster zu detektieren. Der gewählte zweistufige Ansatz beruht zum einen auf einer Clusterung, die zur Identifikation von Gruppenmustern herangezogen wird. Zum andern werden typische Bewegungen als Sequenzen bestimmter Submuster verstanden. Der Beitrag von U. FEUERHAKE u. M. SESTER (ebd.) behandelt primär Aspekte der präsentierten Methode und beschreibt nur in aller Kürze ein Experiment basierend auf fußballspezifischen Geodaten. Der verwendete Datensatz zeigt ein Spiel zweier Mannschaften zu je acht Spielern. Ziel dieser Studie war es, wiederkehrende Gruppenbewegungen zu erkennen. Der Artikel bleibt allerdings detaillierte Angaben über das erfolgreiche Vorhaben schuldig. Dennoch handelt es sich hierbei um einen interessanten Ansatz, auf Basis dessen Folgestudien mit Spannung zu erwarten sind. Erste Einblicke darauf liefert nicht nur Abb. 20, sondern auch drei Forschungsposter von U. FEUERHAKE, die die Bereiche Datenerfassung ([URL-65]), Datenanalyse ([URL-66]) und Mustererkennung ([URL-67]) thematisieren.

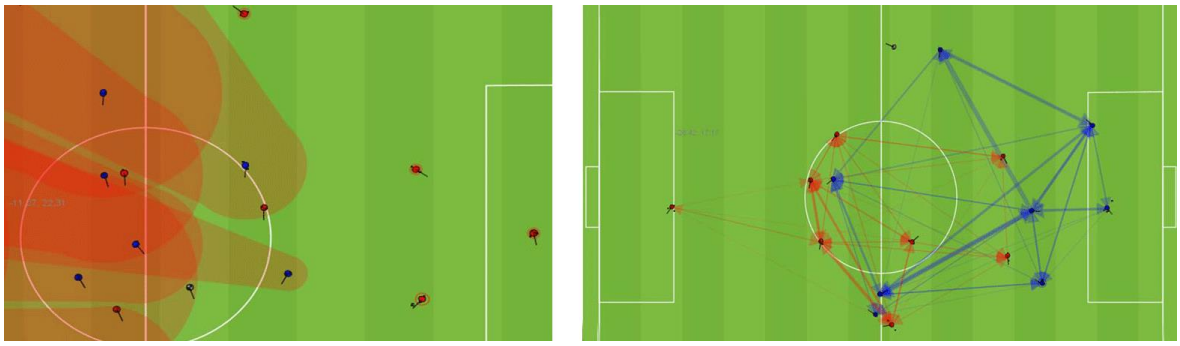


Abb. 20: Analysebeispiele von U. FEUERHAKE, potenzielle Anspielstationen (links) und Passsequenzmuster (rechts) (modifiziert nach [URL-66] und [URL-67])

Hinsichtlich der Analyse von Gruppendynamiken kann erneut der Beitrag von J. GUDMUNDSSON u. T. WOLLE ([GUDa-12]) erwähnt werden. Auf die bestehenden Defizite des Artikels wurde bereits verwiesen. Dennoch sollen die Analyseansätze an dieser Stelle kurz charakterisiert werden. Die Autoren (ebd.) entwickelten zwei Cluster-Tools, wovon das erste aus einer Trajektorien-Punktwolke Korrelationen zwischen den einzelnen Pfaden ermittelt. Dadurch sollen Differenzen zwischen Defensive und Offensive eruiert werden. Das zweite Analysewerkzeug sucht hingegen nach Wechselbeziehungen zwischen häufig auftretenden Bewegungsmustern von Spielern, um herauszufinden, ob es zwischen Mittelfeldspielern und Angreifern im Spielaufbau kollektive Bewegungsströme gibt. Aufgrund fehlender Ausführungen zur Datengrundlage kann die Relevanz und Funktionalität dieser Analyseansätze

nur schwer eingeschätzt werden. An dieser Stelle sei außerdem auf den Artikel von J. GUDMUNDSSON et al. ([GUDb-12]) verwiesen, in dem Trajektorien charakterisiert sowie Hinweise zu deren Segmentierung geboten werden. Ferner werden auch beiläufig GIS-spezifische Analyseansätze im Sport thematisiert.

H.-C. KIM et al. ([KIM-11]) beschäftigten sich mit Gruppenbewegungen innerhalb taktischer Formationsreihen. In Abhängigkeit der taktischen Reihe [Anm.: = Defensive, Mittelfeld, Offensive] definierten die Autoren (ebd.) insgesamt 27 Kategorien. Die Untersuchung dieser kollektiven linearen Elemente wird dahingehend als sinnvoll erachtet, da damit der Einfluss eines Stürmers auf die Abwehrreihe analysiert werden kann. Auf Basis dessen kann in weiterer Folge die Stärke des Stürmers [Anm.: Originale Bezeichnung: *„Influence Condition"*] bestimmt werden. Dazu ist es notwendig, wie in Abb. 21 dargestellt, die Morphologie der Reihen anhand deren Weite und Tiefe zu untersuchen.

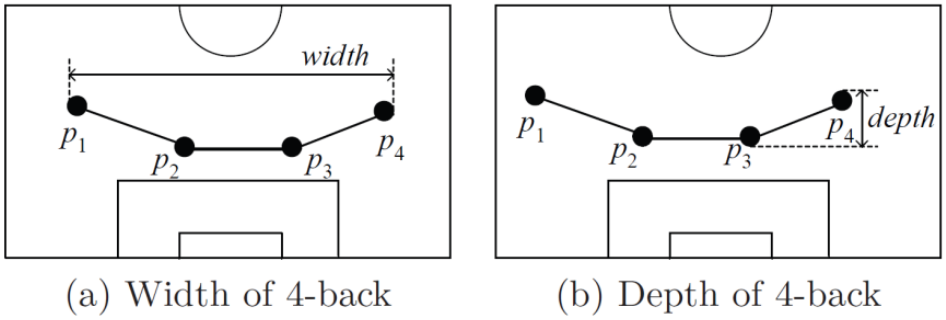


Abb. 21: Morphologische Parameter eine Formationsreihe nach H.-C. KIM et al. ([KIM-11])

H.-C. KIM et al. (ebd.) geben an, dass durch Beobachtung der Morphologie, Veränderungen des Reihentyps festgestellt werden können. Derartige Analysen werden dahingehend als sinnvoll erachtet, da dadurch das Spielgeschehen besser verstanden werden kann. Der Beitrag von H.-C. KIM et al. (ebd.) ist aus der Perspektive der vorliegenden Forschungsarbeit zweifelsohne interessant, behandelt die Thematik jedoch rein theoretisch, weswegen die unmittelbare Zweckmäßigkeit der präsentierten Ansätze aufgrund der fehlenden Evaluation diskutabel ist.

Die Forschungsgruppe rund um P. LUCEY von *Disney Research* ist nicht nur, wie in Abschnitt 4.4 gezeigt, in den Bereichen Basketball und Tennis aktiv, sondern auch im Fußball, was durch mehrere Beiträge belegt wird ([LUCa-12], [LUCb-13], [WEIb-13], [BIAa-14a], [BIAa-14b], [BIAb-14], [LUCd-15]). In der ersten Studie ([LUCa-12]) zu diesem Thema wurde basierend auf Event-Daten von *Opta Sports* ([URL-21]) das Mannschaftsverhalten analysiert. [Anm.: Eine Charakterisierung von Event-Daten kann in Kapitel 6 nachgelesen werden.] Zur adäquaten Untersuchung wurde das Spielgeschehen in einzelne temporale Segmente unterteilt. Diese können gemäß der Autoren ([LUCa-12]) als raumzeitliche Beschreibungen von Ballbewegungen und somit als Charakterisierung des Mannschaftsverhaltens innerhalb festgelegter Zeitfenster angesehen werden. Anhand dieser konnten einzelne Passstafetten, wie in Abb. 21 dargestellt, definiert werden.

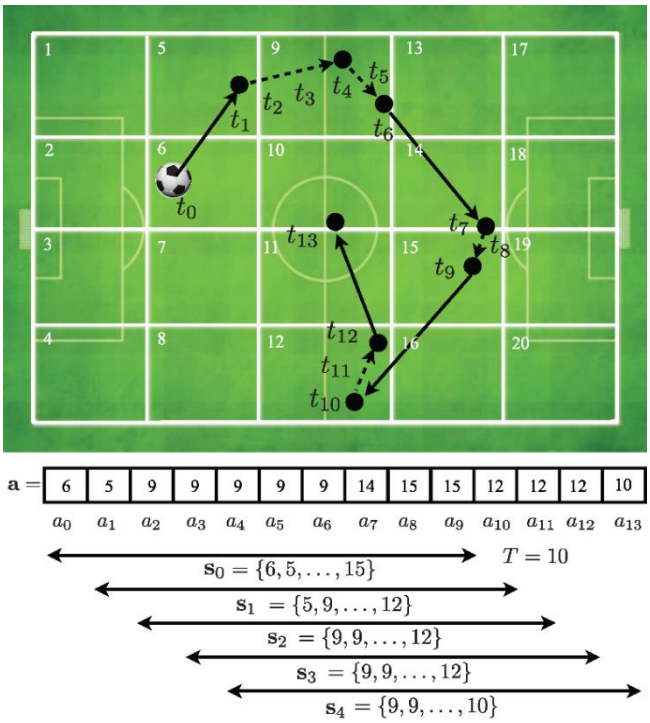


Abb. 22: Temporale Segmentierung und Verortung des Spielgeschehens nach P. LUCEY et al. ([LUCa-12])

Wie zu erkennen ist, wurde das Spielfeld in gleich große Bereiche zoniert. Hierzu geben P. LUCEY et al. (ebd.) allerdings zu bedenken, dass es schwierig ist, Fußballspiele angemessen zu segmentieren. Dies ist einerseits auf die geringe Trefferhäufigkeit sowie andererseits auf die Dynamik des Spiels zurückzuführen ([LUCb-13]). Aus diesem Grund wurde eine temporale Zerlegung des Spielgeschehens im Rahmen der Studie ([LUCa-12]) durchgeführt. Die einzelnen Abschnitte können jedoch nicht als *Spielpläne* verstanden werden, weswegen die Bezeichnung *Spielsegmente* passender ist. Diese ermöglichen die Erstellung einer Bibliothek bzw. eines so genannten *Spielbuches*.

In einer Folgestudie ([LUCb-13]) wurde diese Problematik der Spielsegmentierung erneut aufgegriffen und dabei gleichzeitig versucht Unterschiede zwischen Heim- und Auswärtsmannschaften zu ermitteln. Konträr zu ihrem ersten Beitrag standen P. LUCEY et al. (ebd.) hierfür Tracking-Daten des Balls aller Spiele einer Saison der Premier League [Anm.: = höchste Spielklasse im englischen Fußball] zur Verfügung. In diesem Kontext thematisierten die Autoren (ebd.) die Disparität zwischen kommerziellen Datenanbietern und akademischen Forschungsgruppen. Obwohl Unternehmen Zugang zu Forschungsarbeiten haben, mangelt es an adäquaten Analysen. Hingegen besitzen Wissenschaftler zwar das notwendige Know-how, haben jedoch kaum Zugriff auf die erforderliche Datengrundlage. Anhand der von *Opta Sports* Verfügung gestellten Daten wurden Heatmaps einzelner Mannschaften erstellt und miteinander verglichen. Die statistische Auswertung ergab, dass Heimmannschaften tendenziell öfter in das gegnerische Drittel eindrangen und dabei mehr Torversuche generierten bzw. mehr Toren erzielten. Demgegenüber konnten keine nennenswerten Abweichungen zwischen der Passanzahl sowie der Pass- und Schussgenauigkeit beobachtet werden.

X. WEI et al. ([WEIb-13]) plädieren im Rahmen ihres Beitrages zur Analyse des kollektiven Mannschaftsverhaltens für rollen- anstelle von spielerbasierten Ansätzen. Zur Lösung des Zuweisungsproblems wird die Berechnung des räumlichen Medians empfohlen. Die Studie umfasst die Auswertung von insgesamt neun Spielen einer Mannschaft anhand von Tracking-Daten. Dabei wurden Torversuche automatisch detektiert und zugleich auf zehn Sekunden lange Abschnitte begrenzt. Bestimmte Ereignisse, wie Torversuche u.dgl., wurden mittels *Machine Learning* identifiziert. Ob damit jedoch die manuelle Erfassung von Event-Daten ersetzt werden kann, muss bezweifelt werden, da es unwahrscheinlich ist, automatisiert auf Basis von Tracking-Daten den Detailreichtum des Spiels in Form zusätzlicher Attribute konventioneller Event-Daten zu erzielen. X. WEI et al. (ebd.) unterschieden außerdem zwischen Brutto- und Netto-Spielzeit bzw. zwischen *Stoppages* und *In Plays*. Letztere wurden weiter in *Highlights* und *Non-Highlights* klassifiziert, wobei Eckbälle und Freistöße gesondert analysiert wurden. Es wurden sowohl das Offensiv-, als auch Defensivverhalten untersucht und dabei primär sich wiederholende Bewegungsabläufe charakterisiert.

A. BIALKOWSKI et al. ([BIAa-14a]) führten die Forschung zu diesem Thema auf Basis von Tracking-Daten von *ProzoneSports* fort. Neben der von P. LUCEY et al. ([LUCb-13]) beschriebenen Ableitung von Heatmaps wurden die taktische Mannschaftsformation automatisch detektiert. In Kombination mit Statistiken konnte den Teams ein parametrischer Fingerabdruck abgenommen werden, wie beispielhaft in Abb. 23 zu sehen ist.

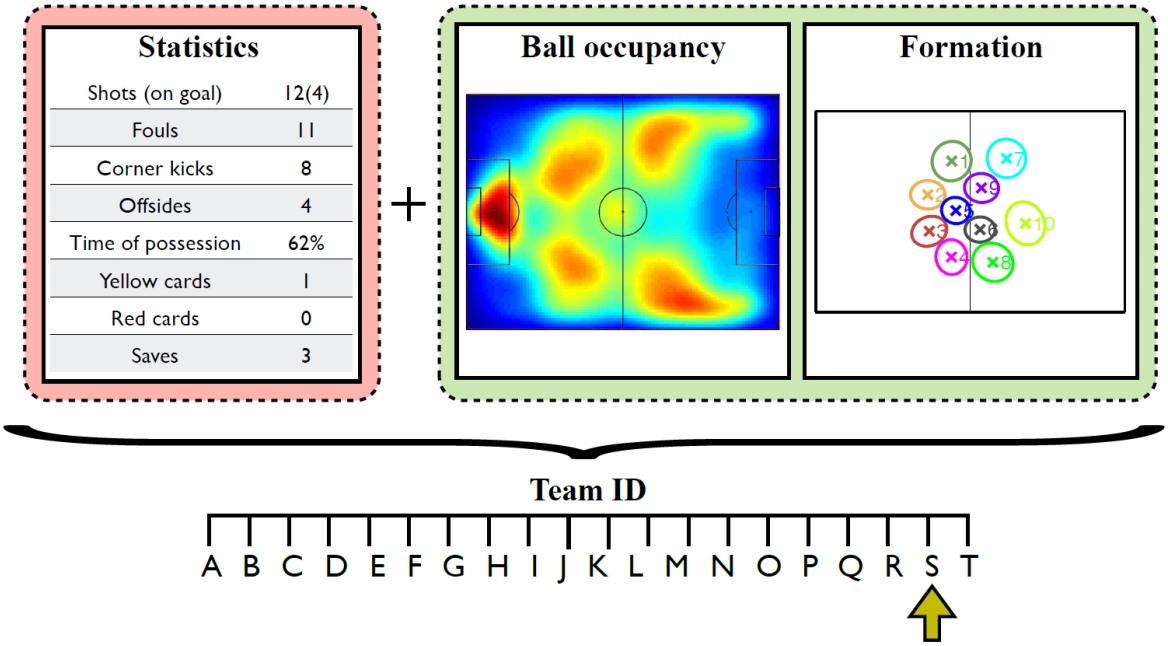


Abb. 23: Parametrischer Fingerabdruck einer Mannschaft bestehend aus Statistiken, räumlichen Ballbesitzes und Formation nach A. BIALKOWSKI et al. ([BIAa-14a])

Anhand derartiger Charakterisierungen ist es gemäß den Autoren ([BIAa-14a]) möglich, Teams eindeutig zu identifizieren. Zur Bestimmung der taktischen Formation wurden Zentroide der einzelnen spielerspezifischen Trajektorien berechnet, wobei die Zuweisung

taktischer Rollen durch einen iterativen Prozess erfolgte. Die Identifikation von Mannschaften auf Basis ihres parametrischen Fingerabdrucks ist aus der Sicht der vorliegenden Forschungsarbeit jedoch nebensächlich. Der Grund dafür ist, dass die Teams ohnehin bekannt sind und daher vielmehr das Hauptaugenmerk auf die Prognostizierbarkeit des Mannschaftsverhaltens in bestimmten Spielsituationen gerichtet werden sollte.

Auf Basis der erzielten Resultate führten A. BIALKOWSKI et al. zwei weitere Folgestudien durch. Dabei wurde das kollektive Mannschaftsverhalten untersucht ([BIAb-14]). Hierzu gibt es laut den Autoren (ebd.) nicht nur essenzielle Differenzen zwischen verschiedenen taktischen Formationen, sondern auch hinsichtlich der Art und Weise wie die taktische Vorgabe umgesetzt wird. Hierbei kann zwischen aggressiven und passiven Verhalten unterschieden werden. Es wird davon ausgegangen, dass Mannschaften ihre Strategie bzw. taktische Ausrichtung unabhängig der Spielstätte beibehalten, jedoch ggf. unterschiedliche Verhaltensweisen an den Tag legen. Unter diesen Gesichtspunkten kann der Beitrag von A. BIALKOWSKI et al. (ebd.) auch als Folgestudie zum Artikel von P. LUCEY et al. ([LUCb-13]) angesehen werden. Während P. LUCEY et al. (ebd.) allerdings ausschließlich die Trajektorie des Balls zur Verfügung standen, konnten A. BIALKOWSKI et al. ([BIAb-14]) auch auf die Tracking-Daten aller Spieler zurückgreifen. Hinsichtlich wechselnder Rollen heben die Autoren (ebd.) die Notwendigkeit dynamischer Analysemethoden hervor, um für jeden einzelnen Frame die aktuellen Spielerrollen zu berücksichtigen. Die Realisierung der Rollenzuweisung kann detailliert in der zweiten Folgestudie ([BIAa-14b]) nachgelesen werden. Abb. 24 stellt hierzu den Unterschied zwischen positions- und rollenspezifischen räumlichen Mittelwerten dar.



Abb. 24: Gegenüberstellung positions- und rollenspezifischer räumlicher Mittelwerte nach A. BIALKOWSKI et al. ([BIAa-14b])

Zur Verhaltensforschung bzw. zur Bestimmung der Aggressivität oder Passivität wurden im Rahmen der Studie ([BIAb-14]) Schwerpunkte bzw. Zentroide der Teams separat in

Abhängigkeit des Ballbesitzes ausschließlich während der Netto-Spielzeit analysiert. Die Auswertung ergab, dass Auswärtsmannschaften tendenziell längere Laufwege zurücklegen, während im Zuge von Angriffssequenzen die Gastgeber vergleichsweise größere Distanzen aufweisen. Um den Spielfluss angemessen zu visualisieren, beschränkten sich die Autoren (ebd.) auf die Darstellung der Zentroide in Abständen von jeweils fünf Minuten.

In der aktuellsten Studie von P. LUCEY et al. ([LUCd-15]) wurde der Fokus auf die Wahrscheinlichkeit eines Torerfolges gerichtet, wobei Spiele einer gesamten Premier League Saison bzw. anders formuliert rund 10.000 Torschüsse untersucht wurden. Die einzelnen Aktionen wurden zeitlich auf Zeitspannen von je zehn Sekunden vor den eigentlichen Torversuchen begrenzt. Neben der Distanz zum Tor wurden ebenfalls so genannte kontextbezogene Features herangezogen, wie etwa die Anzahl der Verteidiger zwischen der Schussposition und dem Tor sowie die Position und Bewegung der Mitspieler zum Zeitpunkt des Torabschlusses. Die einzelnen Torversuche wurden hierbei in offene Angriffe, Konter, Eckbälle sowie in Frei- und Strafstöße unterteilt. Ferner wurde auf Basis der verfügbaren Event-Daten die den Torversuchen unmittelbar vorausgehenden Aktionen, wie Dribblings, lange Pässe, etc. ausgewertet. P. LUCEY et al. (ebd.) beschreiben eine Methode zur Quantifizierung der Effektivität einer Mannschaft, wobei eine statistische Auswertung ergab, dass durchschnittlich jeder zehnte Torschuss (9,6 %) erfolgreich ist. Eine Gegenüberstellung der Wahrscheinlichkeitsverteilung von allen Schusspositionen und jenen, die tatsächlich zu einem Tor führten, ist in Abb. 25 dargestellt.

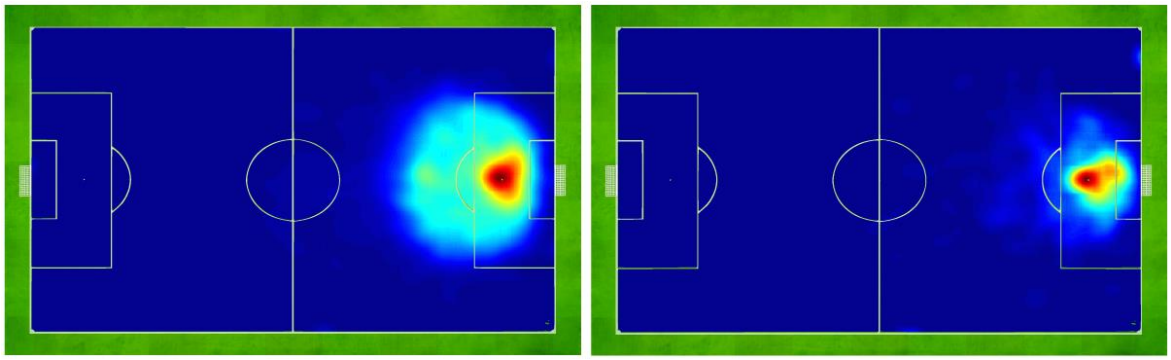


Abb. 25: Graphische Gegenüberstellung der Wahrscheinlichkeit aller Torschusspositionen (links) sowie aller Torschusspositionen, die zu einem Tor führen nach P. LUCEY et al. ([LUCd-15])

Es wird darauf hingewiesen, dass derartige Zahlen nicht zwingend die realen Spielverhältnisse widerspiegeln, weswegen die Berücksichtigung weiterer Faktoren notwendig ist. Hierzu wurde eine neue Maßzahl, die *Expected Goal Value* (EGV) basierend auf einem Regressionsmodell entwickelt. Zu Ermittlung der Anzahl von Verteidigern sowie Mitspielern innerhalb des Schussfeldes wurde, wie in Abb. 26 zu sehen ist, eine räumliche Verschneidung der Trajektorien mit einem konstruierten Dreieck zwischen der Schussposition und den beiden Torpfosten durchgeführt. Basierend darauf wurden teamspezifische Charakteristika abgeleitet.

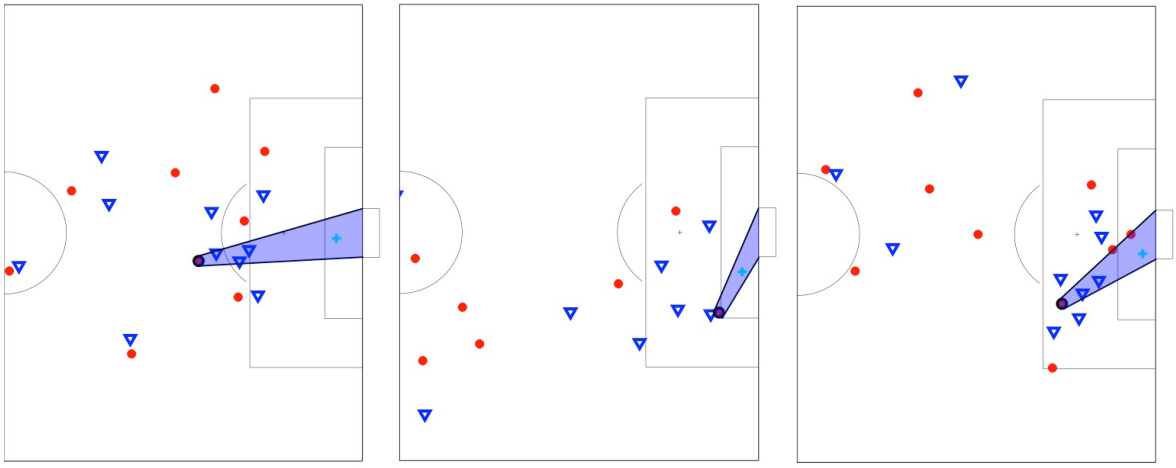


Abb. 26: Darstellung des variablen Raumes zwischen Schussposition und Tor sowie der darin befindlichen Mit- und Gegenspieler nach P. LUCEY et al. ([LUCd-15])

Während die in diesem Abschnitt präsentierten Beiträge beinahe ausnahmslos als GI-Anwendungen zu bezeichnen sind, ist aus GIS-spezifischer Perspektive der Blick nach Gent zu werfen. Am Valorsation Centre for Technological Optimization, Research and Innovation in Sports (Victoris) der Universiteit Gent wird im Rahmen des Forschungsprojektes *Spatiotemporal analysis for sport events* ([URL-68]) im Bereich der GIS-gestützten Spielanalyse geforscht, in dessen Umfeld auch eine Dissertation von P. ZHANG verfasst wird. Zum Zeitpunkt der Recherchearbeit lagen diesbezüglich jedoch noch keinerlei Publikationen vor, die an dieser Stelle präsentiert werden könnten.

4.5 Fazit und Diskussion

Die Ausführungen dieses Kapitels zeigen, dass GIS-Technologie zur Sportspielanalyse sinnvoll eingesetzt werden kann. Konkret auf das Fußballspiel bezogen gibt es bereits zahlreiche wissenschaftliche Beiträge, die das Spielgeschehen nach raumzeitlichen Aspekten untersuchen. Gemäß dem Begriffsverständnis von N. BARTELME ([BARa-00]) handelt es sich dabei allerdings in erster Linie um GI-Anwendungen, denen zwar die Berücksichtigung des Raumbezugs nicht strittig gemacht werden kann, jedoch auch nicht als *„GIS in Reinkultur“* (ebd.) bezeichnet werden können. Die Ursache dafür wurde der Interdisziplinarität dieses Forschungsbereiches zugeschrieben. Hierüber stellt sich unweigerlich die Frage, ob der Einsatz probater GIS u.U. rationaler wäre? Als Gegenargument könnte erwidert werden, dass traditionelle GIS hierbei ggf. zu umfangreich sind und metaphorisch ausgedrückt mit Kanonen auf Spatzen geschossen werden würde. Die Beantwortung der zentralen Forschungsfrage kann im Rahmen dieses Diskurses ebenfalls herangezogen werden, da zunächst die Zweckmäßigkeit von GIS im Bereich der Fußball-Spielanalyse ermittelt werden muss. Unabhängig des jeweiligen Standpunktes wird eine verstärkte interdisziplinäre Kooperation zwischen Kartographen, Geoinformatikern und Vertretern anderer Wissenschaften als wertvoll angesehen.

Außerdem gilt es ungeachtet dessen zu klären, inwiefern der aktuelle Stand der Forschung im Bereich raumzeitlicher Fußball-Spielanalysen mittels GI-Anwendungen die vorliegende Forschungsarbeit beeinflusst. Ohne Zweifel bieten die in Abschnitt 4.4 präsentierten Beiträge interessante Analyseansätze, auf die aufgebaut werden kann. In Übereinstimmung mit X. WEI et al. ([WEIb-13]) und A. BIALKOWSKI et al. ([BIAb-14a]) wird ausschließlich die Netto-Spielzeit als zweckdienlicher Untersuchungszeitraum angesehen. Kompromisse, wie bei L. VILAR et al. ([VIL-13]) werden hingegen als unzureichend betrachtet.

Rollenspezifischer Ansätze, wie jene von V. DI SALVO et al. ([DISb-07]), C. COTTA et al. ([COT-13]), X. WEI et al. ([WEIb-13]) und A. BIALKOWSKI ([BIAa-14b], [BIAb-14]) sind zwar interessant, allerdings ist zu bedenken, dass dafür die zugrundeliegenden Fragestellungen der Analysen ausschlaggebend sind, ob Spieler oder Rollen verwendet werden.

Der Einsatz dynamischer Mannschaftsflächen und deren Zentroide zur Untersuchung kollektiver Bewegungen, wie etwa durch W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]), F. A. MOURA et al. ([MOU-12]), R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) und L. VILAR et al. ([VIL-13]) beschrieben, werden als sinnvoll eingestuft. Hierbei stellt sich jedoch die Frage, ob neben konvexer Hüllen noch andere geometrische Flächen, wie etwa Standardabweichungsellipsen, verwendet werden können. Außerdem könnte ggf. mittels GIS, konträr zum Ansatz von A. BIALKOWSKI et al. ([BIAb-14]), das kollektive Mannschaftsverhalten bzw. situationsbezogene Aggressivität oder Passivität auf Basis einer Segmentierung der Mannschaftfläche ermittelt werden. Abgesehen davon sollte neben der räumlichen und morphologischen Dynamik dieser Flächen, auch deren Kompaktheit, ähnlich wie in W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]), F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) und R. BARTLETT et al. ([BARb-12]), global bzw. u.U. auch lokal innerhalb von Subflächen bestimmt werden.

Passnetzwerke wie jene von J. DUCH et al. ([DUC-10]) und C. COTTA et al. ([COT-13]) enthüllen zwar wechselseitige Interaktionen zwischen einzelnen Spielern, lassen jedoch aus der Sicht der vorliegenden Forschungsarbeit den räumlichen Aspekt außer Acht. Deshalb soll auf Basis der bisherigen Erkenntnisse und der in Abschnitt 2.3 geschilderten Ansätze die räumliche Komponente stärker berücksichtigt werden.

Zonierungen werden im Kontext der geplanten GIS-gestützten Spielanalysen als notwendig erachtet, da dadurch die räumliche Komponente von Trajektorien oder Aktionen klassifiziert werden kann. Die Recherche ergab, dass es themenspezifisch bevorzugte Zonierungsvarianten gibt, u.a. zu finden bei R. Pollard u. C. REEP ([POL-97]), J.-F. GRÉHAIGNE et al. ([GRE-97]), V. DI SALVO et al. ([DISb-07]), P. LUCEY et al. ([LUCa-12]), C. COTTA et al. ([COT-13]) oder L. VILAR et al. ([VIL-13]). Die zugrundeliegende Fragestellung kann hierbei als ausschlaggebendes Argument zur Wahl einer Zonierungsvariante angesehen werden.

Die Bestimmung räumlich variabler Regionen wird als nützlich eingeschätzt, da fortlaufend die Veränderung des raumzeitlichen Gefüges des Spiels erfasst wird. Als Beispiele

dafür sind etwa die *dominant regions* von T. TAKI et al. ([TAK-96]) zu nennen, bzw. die Zonen *sector of play* und *sector of intervention* von J.-F. GRÉHAIGNE et al. ([GRE-97]) oder die Bereiche *Passable Areas* und *Reachable Areas* von J. GUDMUNDSSON u. T. WOLLE ([GUDa-12]). Im weiteren Sinne ist diesbezüglich nicht nur die Analyse des Deckungsschattens von U. FEUERHAKE u. M. SESTER ([FEU-13]), sondern auch die Auswertung des Schussfeldes von P. LUCEY et al. ([LUCd-15]) erwähnenswert, da deren GIS-spezifische Implementierung als problemlos erachtet wird.

Analog zur räumlichen Zonierung des Spielfeldes drängt sich die Frage nach der zeitlichen Segmentierung des Spiels auf. Diesbezüglich liegen unterschiedliche Ansätze vor, wie etwa strikt zeitabhängig in Form festgelegter Analyseperioden, u.a. beschrieben in J.-F. GRÉHAIGNE et al. ([GRE-97]), X. WEI et al. ([WEIb-13]) sowie P. LUCEY et al. ([LUCa-12], [LUCd-15]). Konträr dazu kann das Spiel auch in Abhängigkeit bestimmter Aktionen, wie Balleroberungen oder Torschüsse, zeitlich klassifiziert werden, wie bspw. durchgeführt von R. POLLARD u. C. REEP ([POL-97]) und R. BARTLETT et al. ([BARb-12]). Erneut muss die vorliegende Problemstellung als ausschlaggebendes Auswahlkriterium angesehen werden.

Die Ausführungen verdeutlichen, dass das Analysedesign primär von der Fragestellung abhängig ist, weswegen aus Sicht der vorliegenden Forschungsarbeit einige der präsentierten Ansätze mehr, andere hingegen weniger relevant sind. Nichtsdestotrotz sind die in Abschnitt 4.4 präsentierten GI-Anwendungen wertvolle Wegweiser, im noch weitestgehend unerforschten Bereich der *GIS-gestützten Fußball-Spielanalyse*.

5 Fußball: Ein raumzeitliches Konstrukt

Die Geographie und ihre Teildisziplinen sind gekennzeichnet von einer Vielzahl unterschiedlicher Raumkonzepte, weswegen *Raum* nicht gleich *Raum* ist. Hierüber besteht eine fächerübergreifende Übereinstimmung, dass die Auffassung der Konzepte *Raum* oder *Räumlichkeit* von Sozialgeographen oder Landschaftsökologen im Vergleich zu jener Betrachtungsweise von Kartographen divergiert. Aus diesem Grund ist es an dieser Stelle von essenzieller Bedeutung, die Begriffe *Raum* und *Zeit* kurz zu thematisieren. Im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit überwiegt eine technisch ausgerichtete Betrachtungsweise, bei der die Daten eine zentrale Rolle einnehmen. So beruht das grundliegende Verständnis über *Raum* auf *Raumbezugsdaten*, wie sie etwa durch G. HAKE et al. ([HAK-02]) beschrieben wurden. Dabei handelt es sich um geometrische Informationen, die als Vektor- oder Rasterdaten innerhalb eines geodätischen Bezugssystems verankert sind. Die temporale Information wird dabei als Attribut bereitgestellt (ebd.).

Das Fußballspiel spiegelt eine Vereinigung von *Raum* und *Zeit* wider ([KOT-14]). Die Festlegung bestimmter Regeln führt unter den gegebenen Rahmenbedingungen zur Herausbildung eines raumzeitlichen Konstruktes, dessen Grenzen eindeutig definiert sind. Innerhalb dieses konstatierten Grundgerüsts herrscht allerdings geordnetes Chaos vor, in Form der sich darin befindlichen dynamischen raumzeitlichen Phänomene bzw. Objekte, die in weiterer Folge beschrieben werden.

5.1 Die Interdependenz raumzeitlicher Phänomene im Fußball

Gemäß H.-C. KIM et al. ([KIM-11]) sind alle *Spieler*, der *Ball* und das *Spielfeld* als *räumliche Objekte* des Fußballspiels zu bezeichnen. Bei genauerer Überlegung ist diese Auflistung jedoch unvollständig, da zumindest auch das *Schiedsrichtergespann* berücksichtigt werden sollte. Diese Betrachtungsweise ist deshalb notwendig, da auch die Unparteiischen, wenn auch unabsichtlich, direkt das räumliche Gefüge des Spiels verändern können. Dies ist dann der Fall, wenn der Schiedsrichter angeschossen und dabei die Richtung des Balls entscheidend verändert wird. Bei weiterer Reflexion können die Spieler beider Mannschaften zu zwei räumlichen Phänomenen sowie zu zwei abstrakten Elementen gruppiert werden.

Die Charakterisierung von H. KIM et al. (ebd.) bezieht sich ausschließlich auf *räumliche* Komponenten. Diese Einschränkung wird allerdings dahingehend als unzulässig erachtet, da mit Ausnahme des Spielfeldes alle anderen bisher aufgezählten Objekte als *raumzeitliche Phänomene* zu betrachten sind. Die Bezeichnung *raumzeitlich* ist angemessen, da es sich hierbei um räumlich dynamische Objekte handelt, die sich in Raum und Zeit bewegen und nach bestimmten Mustern in gegenseitig abhängigen Beziehungen stehen. Nicht nur ballbezogene Aktionen einzelner Spieler, sondern auch deren Laufwege haben unmittelbare Auswirkungen auf das gesamte raumzeitliche Gefüge des Spiels. Deshalb ist die *räumliche*

Spielstruktur einem ständigen Wandel unterworfen ([VIL-13]). Außerdem greift das Schiedsrichtergespann gemäß dem Regelwerk direkt in die wechselseitig abhängigen Interaktionsprozesse beider Mannschaften ein und beendet diese ggf. vorzeitig. Daraufhin entstehen neue Spielsituationen, die zur Reorganisation der räumlichen Spielstruktur führen.

Die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen raumzeitlichen Objekten sind jedoch nicht nur deswegen als komplex zu bezeichnen ([GRE-97]). Weitere Gründe dafür liegen in der Tatsache, dass zwei im Kollektiv agierende Netzwerke ([COT-13]) in einem Wettstreit stehen und dabei diametrale Ziele verfolgen ([LAM-94]). Deshalb sind alle Spielzüge hinsichtlich ihrer raumzeitlichen Parameter einzigartig, weswegen diese nicht spiegelbildlich reproduziert werden können, obwohl bestimmte Spielvarianten in den dafür vorgesehenen Trainingseinheiten einstudiert werden. Infolge taktischer Schulungen treten wiederkehrende Spielmuster in Erscheinung, die u.U. nicht nur detektiert, sondern auch charakterisiert werden können. Dadurch kann bspw. das Verhalten gegnerischer Mannschaften in bestimmten Spielsituationen, wie etwa bei Standardsituationen oder beim Spielaufbau aus der eigenen Spielfeldhälfte, bis zu einem gewissen Grad vorhergesagt werden.

Des Weiteren muss nicht nur zwischen räumlichen und raumzeitlichen Objekten bzw. Phänomenen unterschieden werden, sondern auch dahingehend, ob diese rein räumlich statisch oder dynamisch sind. Wie bereits erwähnt ist das *Spielfeld* räumlich invariabel und somit statisch, jedoch angesichts seines Zustandes zeitlich variabel. Die Wetterverhältnisse haben dabei einen entscheidenden Einfluss, da etwa bei Regen der Platz bei gleichzeitig schlechtem Zustand sprichwörtlich umgegraben werden kann. Die technische Ausstattung des Spielfeldes spielt eine wesentliche Rolle, insbesondere dann, wenn keine Rasenheizung vorhanden ist oder anstelle eines Naturrasens ein Kunstrasen verlegt ist ([DEC-14], [HVA-15]).

Streng genommen müssen auch alle anderen Objekte, die sich im Laufe des Spiels unvorhergesehen auf dem Feld befinden könnten in die Liste der *dynamischen räumlichen Objekte* im Fußball aufgenommen werden. Dazu zählen z.B. Wurfgeschosse aller Art wie Bierbecher, Tennisbälle u.dgl. Diese können als *externe Einflussfaktoren* bezeichnet werden. Obwohl derartige Gegenstände rasch beseitigt werden und daher meistens keinen nennenswerten Einfluss auf das Spiel nehmen, gibt es diesbezüglich dennoch Ausnahmen. So verhalf bspw. ein auf das Spielfeld geworfener Wasserball den AFC Sunderland in der Saison 2009/10 zum 1:0 gegen den FC Liverpool, da dieser den Spielball für den Tormann unhaltbar ins Tor abfälschte ([URL-07]).

Im Übrigen existieren weitere Einflussfaktoren, die das Spielgeschehen und damit die raumzeitlichen Verhältnisse direkt bzw. indirekt beeinflussen können. Die meisten davon können jedoch nicht, respektive werden weder quantitativ noch qualitativ erhoben. Es handelt sich daher um *unberücksichtigte Parameter*, die gesondert in Abschnitt 6.8 thematisiert werden.

Abb. 27 stellt zusammenfassend eine Hierarchie der konkreten und abstrakten räumlichen Objekte des Fußballspiels dar. Die Grafik wurde in Anlehnung an den Ausführungen von P. M. H. DA CUNHA ABREU ([DAC-11]) entworfen und entsprechend den eigenen Auffassungen vom Fußballspiel erweitert. Die Unterscheidung zwischen *konkret* und *abstrakt* ist deshalb sinnvoll, da Mannschaften bei der Auflistung von Ergebnissen abstrakt und nicht konkret in Erscheinung treten. Da sich die beschriebenen *raumzeitlichen Objekte und Phänomene* nicht uneingeschränkt in *Raum* und *Zeit* bewegen, ist es im Folgenden notwendig, die determinierten raumzeitlichen Restriktionen genauer unter die Lupe zu nehmen.

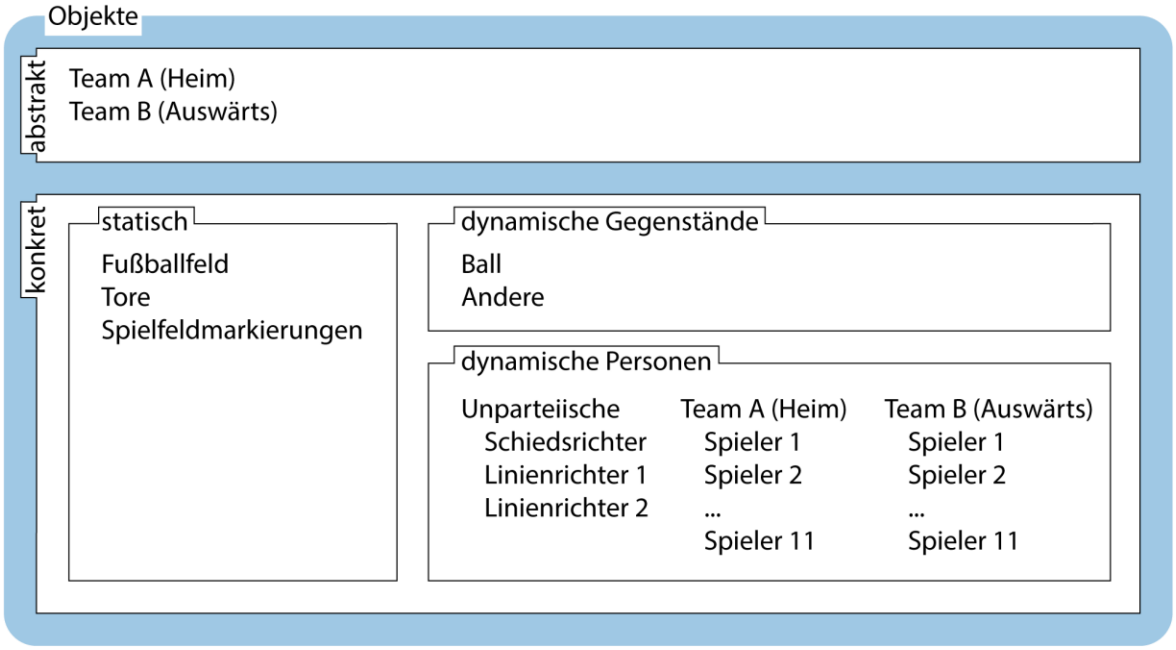


Abb. 27: Objekthierarchie des Fußballspiels (in Anlehnung an [DAC-11], modifiziert)

5.2 Raumzeitliche Restriktionen des Fußballspiels

Spielregeln bilden den Kern sowie das Grundgerüst jeder Sportart und stellen zugleich die zentralen Abgrenzungskriterien zu anderen Disziplinen dar. Es handelt sich dabei nicht nur um eine inhaltliche, sondern auch um eine raumzeitliche Reglementierung des Spiels. Der Fußball-Weltverband FIFA publiziert jedes Jahr Spielregeln für die aktuelle Spielzeit, worin u.a. die räumlichen Restriktionen des Spielfeldes genau reglementiert sind. Hierbei unterscheidet die FIFA nationale von internationalen Spielen, wobei sich die zugelassenen Spielfeldgrößen deutlich unterscheiden. In Abb. 28 sind die festgelegten Mindest- und Maximalmaße sowie das normative Maß für internationale Spiele graphisch dargestellt. Anhand dieser maßstabsgerechten Darstellung sind die Größenunterschiede deutlich erkennbar.

Die Spannweite der Spielfeldgröße ist bei nationalen Spielen vergleichsweise hoch und reicht von 4.050 m² (90 m x 45 m) bis 10.800 m² (120 m x 90 m). Die Diskrepanz beträgt dabei 6.750 m². Im Gegensatz dazu beläuft sich die Differenz bei Internationalen Spielen lediglich auf 1.850 m². Die maximal international zulässige Größe entspricht 8.250 m² (110 m x 75 m), die minimale hingegen nur 6.400 m² (100 m x 64 m). Der Weltverband

empfiehlt in diesem Kontext ein Spielfeld mit 105 m Länge und 68 m Breite ([URL-09]). Dies kommt einer Fläche von 7.140 m² gleich. Statistiker gehen jedoch davon aus, dass beide Mannschaften fortlaufend nur 1.200 m² bis 1.500 m² der verfügbaren Spielfeldgröße tatsächlich nutzen und bezeichnen dieses Phänomen als das *„Schrumpfen des bespielten Raumes“* ([PWL-01]). Bei derart kleinen Interaktionsräumen ist das Erlangen räumlicher Dominanz gegenüber den Gegenspielern von außerordentlicher Bedeutung ([VIL-13]).

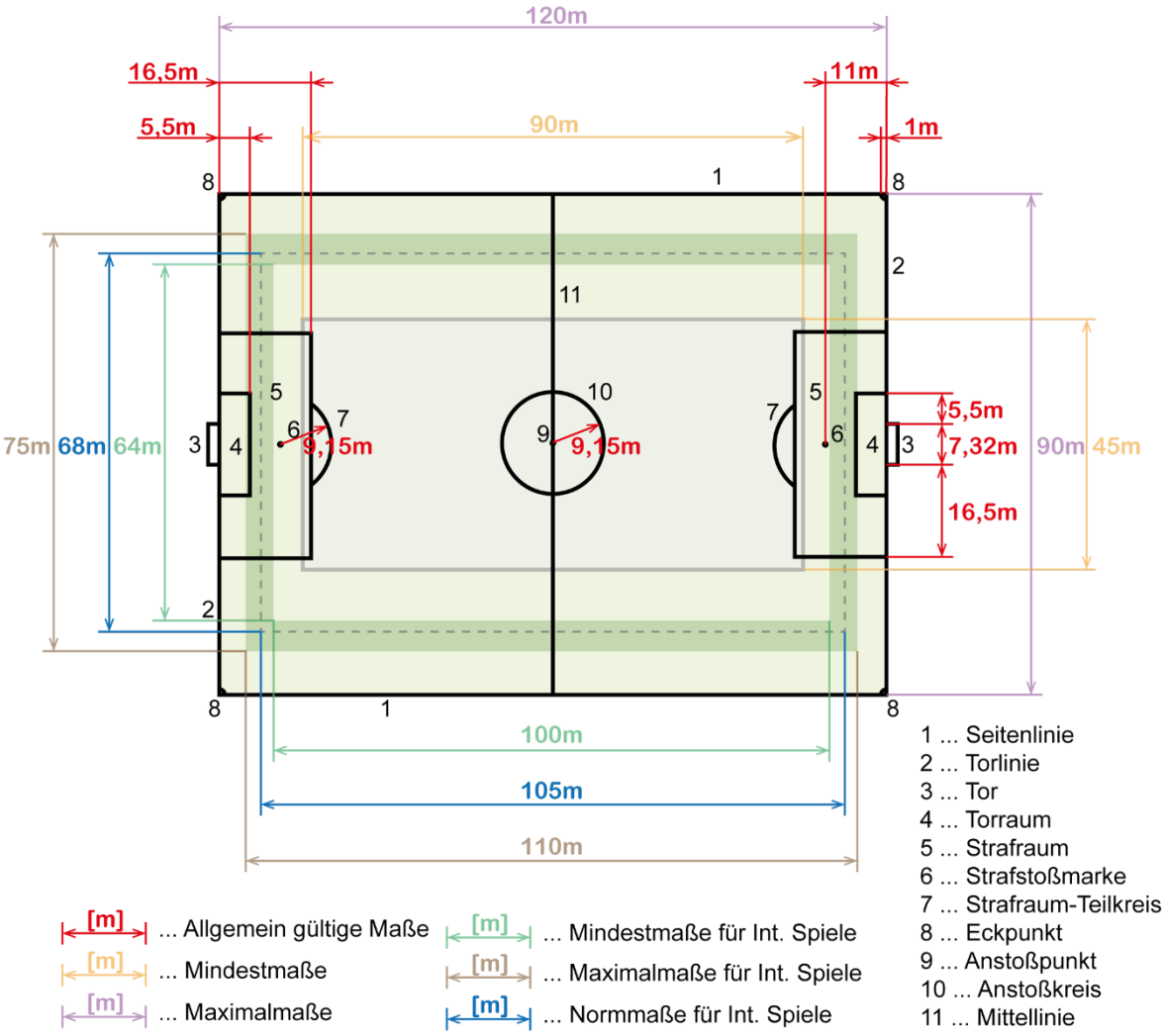


Abb. 28: Graphische Darstellung der räumlichen Restriktionen des Fußballspiels sowie der darin befindlichen Zonen (eigener Entwurf nach [URL-08])

Neben den variablen absoluten Spielfeldgrößen sind bestimmte Abstände und Zonen festgeschrieben, die jedes Spielfeld aufweisen muss (siehe Abb. 28). Diese sind in erster Linie für das Regelwerk von Bedeutung, wie etwa die Abmessungen des Tor- und Strafraumes sowie der Distanz der Strafstoßmarke zum Tor, etc.

Zeitlich gesehen ist ein Fußballspiel in zwei Halbzeiten zu je 45 Minuten unterteilt, die durch eine 15-minütige Halbzeitpause unterbrochen sind. Bei Testspielen können in Absprache mit dem Schiedsrichter auch kürzere Halbzeiten vereinbart werden. Die Entscheidung über die Länge des Spiels liegt grundsätzlich beim Schiedsrichter. So kann in Abhängigkeit dessen Ermessens, ein Spiel über 90 Spielminuten auch vor Ablauf der regulären

Spielzeit abgepfiffen und gewertet werden. Des Weiteren ist es vorgesehen, dass beide Mannschaften nach der Halbzeitpause die Spielfeldseiten tauschen. Zusätzlich sind Nachspielzeiten nach Ablauf der regulären Halbzeiten im Bedarfsfall eingeplant, da Spielunterbrechungen infolge von Torerfolgen, Verletzungen, etc. die Netto-Spielzeit verkürzen. Die Länge der Extrazeit liegt dabei im Gutdünken des Unparteiischen. Für den Fall, dass der jeweilige Wettbewerb keine Verlängerung vorsieht, kann ein Spiel auch mit einem Unentschieden enden. Aktuell ist es bei Pokalwettbewerben in der so genannten KO-Phase, sofern kein Rückspiel angesetzt ist, üblich, dass Spiele, die nach Ablauf der 90 Spielminuten unentschieden sind, mit zwei je viertelstündigen Halbzeiten verlängert werden. Sollte danach dieser Extrazeit noch immer kein Sieger feststehen, sieht das Regelwerk im Normalfall ein Elfmeterschießen vor, in dem zunächst je fünf Schützen beider Mannschaften abwechselnd antreten. U.U. kann diese Entscheidung vorzeitig beendet oder im so genannten Sudden Death Modus weitergeführt werden, solange bis eine Mannschaft als Sieger gekrönt wird (vgl. ebd.).

Trotz bestehender räumlicher Toleranzbereiche sowie die durch das Ermessen des Schiedsrichters hervorgerufene temporale Variabilität, kann das Fußballspiel als raumzeitliches Konstrukt mit eindeutig definierten Grenzen angesehen werden. Ferner beschränkt auch das Regelwerk innerhalb dieser festgelegten raumzeitlichen Restriktionen die Aktionen am Spielfeld. Dennoch ist der Spielverlauf schwer, wenn nicht unmöglich, zu prognostizieren, obwohl im Rahmen der Spielvorbereitung bestimmte Spielmuster bis zu einem gewissen Grad beobachtet werden können. Die Gründe dafür liegen in der Tatsache, dass das Spiel durch 22 Individuen gestaltet wird, deren Reaktionen jedoch unvorhersehbar sind.

J.-F. GRÉHAIGNE et al. ([GRE-97]) fügen diesbezüglich hinzu, dass dafür nicht nur die stete Adaption in Abhängigkeit des Spielverlaufs ausschlagend ist, sondern auch das grundlegende Regelwerk Änderungen in unregelmäßigen Abständen unterworfen ist. Fußball deshalb als chaotisch zu bezeichnen, ist aufgrund der vorliegenden raumzeitlichen Beschränkungen sowie des vorhandenen Regelwerks jedoch unzulässig, weshalb hierzu die Bezeichnung *geordnetes Chaos* bevorzugt wird. In weiterer Folge wird dieses soeben raumzeitlich charakterisierte *geordnete Chaos* in seine Teilbereiche zerlegt, um damit eine Systematik unterschiedlicher Spielsituationen zu erstellen.

5.3 Aufbau einer Ontologie des Spiels zur Systematisierung einzelner Spielsituationen

Auf Basis der im Regelwerk des Weltverbandes FIFA beschriebenen Aktionen, wurde Abb. 29 erstellt, worin einzelne Aktionen und deren Querverbindungen dargestellt sind. Bei eingehender Betrachtung lässt sich das Fußballspiel in drei grundlegende Haupt- bzw. Ausgangsaktionen unterteilen. Dabei handelt es sich um *das Zuspiel*, *das Dribbling* und *den Torversuch*. Als *Initialmoment* kann dabei die *Ballannahme* angesehen werden.

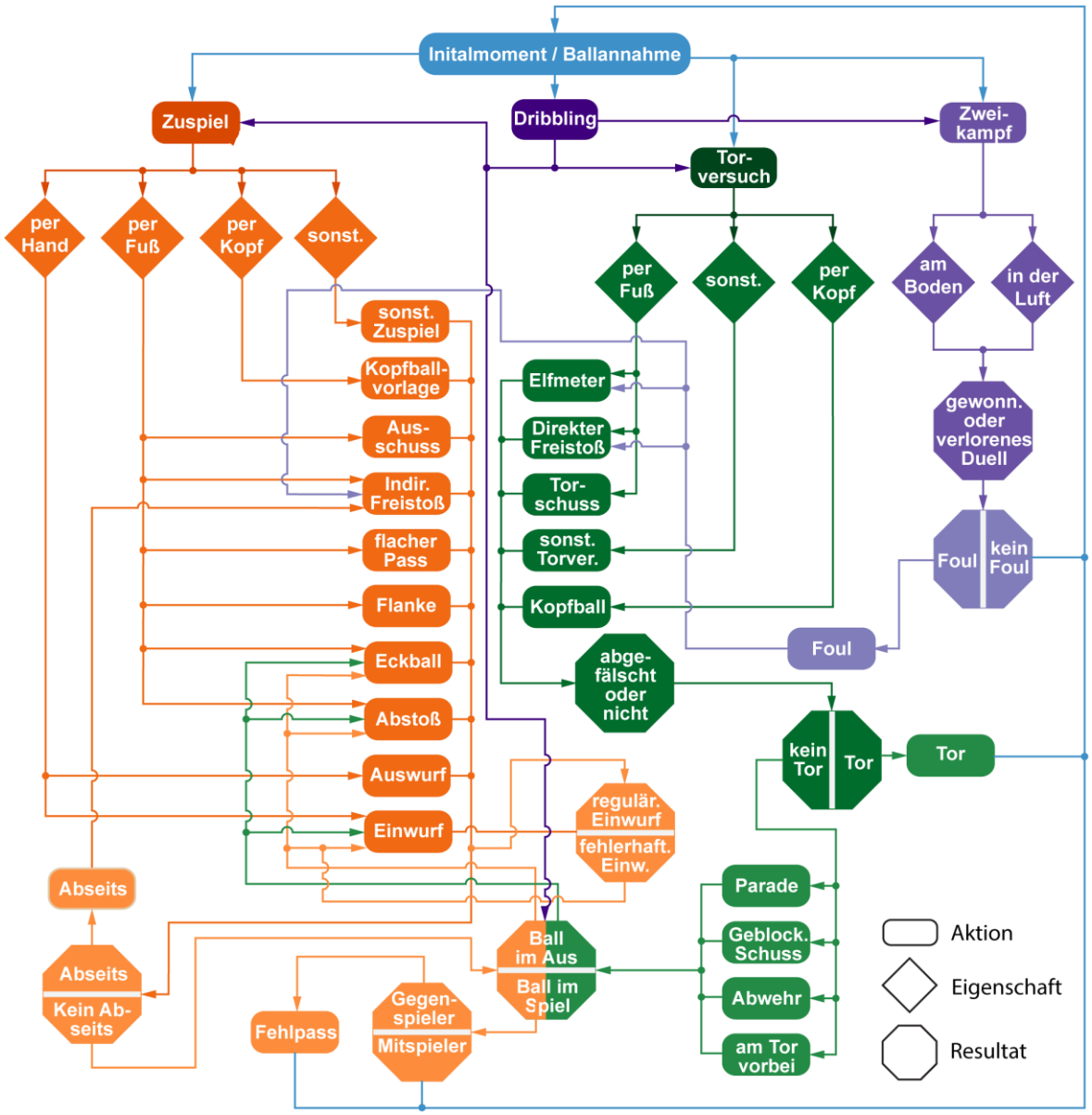


Abb. 29: Die Interdependenz von Aktionen im Fußball

Gemäß den Ausführungen von M. HUGHES u. I. FRANKS ([HUGb-97]) trägt eine derartige Fragmentierung des Spielgeschehens im Wesentlichen dazu bei, dessen Struktur besser nachzuvollziehen. Die Bezeichnungen der in Abb. 29 dargestellten Aktionen wurden stellenweise frei gewählt und müssen daher nicht zwingend mit der Terminologie des Regelwerks der FIFA übereinstimmen. Dies war u.a. deswegen notwendig, da bestimmte Aktionen weiter nach ihren Eigenschaften unterteilt wurden, um damit deren Zusammenhänge zu spezifizieren. Es handelt sich hierbei um einen Versuch die raumzeitlichen Interaktionen des Fußballspiels zu visualisieren. Dadurch sollen Spielabläufe in eine Ordnung gebracht werden, die aus einer Reihe einzelner Aktionen bestehen und trotz identer Ausgangssituation zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können.

Im Folgenden werden die einzelnen Verbindungsstränge in Bezug auf Abb. 29 zwischen den Aktionen näher betrachtet. Detailliertere Ausführungen dazu können im Regelwerk der FIFA nachgelesen werden. Zuvor muss jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen werden,

dass diese Abbildung aufgrund der hohen Komplexität und Dynamik des Spiels, lediglich eine modellhafte Annäherung an die Realität des Spiels sein kann und somit kein Anspruch auf Vollständigkeit gegeben wird.

- Initialmoment / Ballannahme

Jede erdenkliche ballbezogene Spielsituation beginnt mit einer *Ballannahme*, sei es bei Anpfiff beider Halbzeiten bzw. nach einem Tor oder etwa nach Spielunterbrechungen. Der Begriff *Ballannahme* bezieht sich in diesem Kontext nicht nur auf die Annahme eines Passes mit dem Fuß, der Brust u.dgl., sondern auch auf erstmalige Berührungen, wie etwa beim An- oder Abstoß. Aus diesem Grund wird die Bezeichnung *Initialmoment* synonym verwendet, da diese für bestimmte Situationen treffender ist. Direkt nach der Ballannahme haben die Spieler die Wahl, einen Pass an Mitspieler abzugeben, einen Torversuch zu wagen oder den Ball selber weiter zu spielen bzw. zu dribbeln.

- Ausgangsaktion Dribbling

Entscheidet sich ein Spieler nach der Ballannahme den Ball selbst weiterzuspielen, so wird dies im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit als *Dribbling* bezeichnet. Anschließend ergeben sich dem Spieler, ähnlich dem Moment der Ballannahme, drei Möglichkeiten, nämlich einen Pass bzw. Torschuss abzugeben oder weiterzuspielen bis ein Zweikampf in Form eines Bodenduells auftritt. Streng genommen besteht außerdem das Risiko, dass der Spieler während des Dribblings den Ball ins Aus befördert. In Abhängigkeit der Austrittsstelle erfolgt ein gegnerischer Einwurf oder Abstoß.

Zudem können sowohl Boden-, als auch Luftduelle direkt nach der Ballannahme bzw. währenddessen stattfinden und gleichfalls gewonnene und verlorene Duelle mit einem Foulspiel verbunden sein. Wurde ein Regelverstoß vom Unparteiischen geahndet, so wird je nach aktueller Position am Spielfeld ein Straf- oder Freistoß gegeben. Letzterer kann entweder direkt [Anm.: = Torversuch per Fuß] oder indirekt [Anm.: = Zuspiel per Fuß], je nach Entscheidung des Schiedsrichters, ausgeführt werden. War hingegen kein Foul im Spiel, entsteht eine neue Ballannahme, wodurch sich der Kreis der Ballannahme schließt.

- Ausgangsaktion Zuspiel

Ein *Zuspiel* kann sowohl per Fuß oder Kopf sowie unter bestimmten Umständen per Hand, als auch mit sonstigen regelkonformen Körperteilen, wie der Brust oder dem Knie abgegeben werden. Das Zuspiel per Hand ist während des laufenden Spiels ausschließlich als Auswurf den Tormännern erlaubt. Eine Ausnahme stellen Einwürfe von Feldspielern dar, nachdem der Gegner den Ball ins Seitenaus beförderte. Per Fuß kann ein flacher Pass von Flanken und Eckbällen unterschieden werden. Des Weiteren können Zuspiele per Kopf als Kopfballvorlagen bezeichnet werden. Sämtliche Zuspielvarianten sind dann erfolgreich, wenn ein Mitspieler den gespielten Ball nicht nur erfolgreich annehmen, sondern auch danach behaupten kann. Misslingt das Zuspiel, so gelangt die gegnerische Mannschaft in Ballbesitz,

entweder in Form einer direkten Ballannahme infolge eines Fehlpasses oder als Einwurf, Abstoß oder Eckballs in Falle, dass der Ball zuvor ins Aus befördert wurde. Darüber hinaus gelangt der Gegner in Ballbesitz, wenn zum Zeitpunkt des Abspiels eine Abseitssituation vom Schiedsrichterteam erkannt wurde. Unabhängig vom Ausgang des Zuspiels, schließt sich auch hier der Kreis der Ballannahme.

- Ausgangsaktion Torversuch

Torversuche mit anderen Körperteilen als den beiden Füßen oder dem Kopf sind zwar selten, was deren Auftreten jedoch nicht per se ausschließt. Daher müssen auch so genannte sonstige Torversuche mit der Brust, dem Rücken, dem Knie u.dgl. berücksichtigt werden. Während mit dem Kopf ein Kopfball aufs Tor abgegeben wird, können mit dem Fuß unterschiedliche Torversuche, wie Elfmeter bzw. Strafstöße, Freistöße oder normale Torschüsse, in Abhängigkeit der Spielsituation durchgeführt werden. Fällt ein Tor, schließt sich mit dem erneuten Anstoß der Kreis des Initialmoments bzw. der Ballannahme. Im Gegensatz dazu kann ein Tor durch mehrere Aktionen verhindert werden, wie bei einer Parade des Tormanns, wobei der Ball i.d.R. im Spiel bleibt, was mit einer gegnerischen Ballannahme gleichzusetzen ist. Der abgegebene Schuss kann jedoch auch das Ziel verfehlen und dabei die Tor- oder Seitenlinie überqueren, woraufhin ein Eckball, Einwurf oder Abstoß resultiert. Wird ein Torversuch geblockt oder vom Tormann abgewehrt, so kann der Ball entweder im Spiel bleiben oder das Spielfeld verlassen, wobei auch in diesen Fällen ein weiterer Initialmoment entsteht.

5.4 Fazit

Die Ausführungen dieses Kapitels zeigen, dass das Fußballspiel definitiv als raumzeitliches Konstrukt bzw. Phänomen bezeichnet werden kann, dessen Regelwerk nicht nur das Spielgeschehen inhaltlich reglementiert, sondern auch die raumzeitlichen Rahmenbedingungen bzw. Restriktionen des Spiels bestimmt. Im engeren Sinne handelt es sich somit um ein potenzielles Forschungsobjekt der Geographie und dabei im weiteren Sinne, um ein Anwendungsfeld der Kartographie und Geoinformation. Daher gilt es, die in Abschnitt 5.1 beschriebenen wechselseitigen Beziehungen zwischen den auftretenden raumzeitlichen Phänomenen zu analysieren. Dies stellt die Analysten vor eine delikate Aufgabe, da der Spielverlauf nicht nur dynamisch, sondern auch aufgrund des stochastischen Wesens des Fußballs unberechenbar ist. Die Tatsache, dass nicht alle spielbeeinflussenden Faktoren berücksichtigt werden können verschärft das vorhandene Problem ungemein. Die hohe Komplexität des Spiels erfordert die Vereinfachung der einzelnen Abläufe im Sinne einer Systematisierung bzw. Segmentierung einzelner Spielsituationen. Ein dahingehender Versuch wurde in Abschnitt 5.3 unternommen, bei dem die einzelnen Aktionen miteinander verbunden und höherrangigen Aktionen untergeordnet wurden. Diese Systematik kann als erste Stufe zur Entwicklung von Analyseketten *GIS-gestützter Spielanalysen* angesehen werden.

Zuvor ist es allerdings notwendig, die zur Verfügung stehende Datenbasis eingehend zu untersuchen, um festzustellen, welche der ermittelten Aktionen (siehe Abb. 29), überhaupt raumzeitlich erhoben und somit als Geodatensätze für potenzielle GIS-gestützte Spielanalysen vorliegen. Dadurch soll auch die Vollständigkeit der Daten hinsichtlich des Spielgeschehens erfasst werden. Es handelt sich dabei jedoch nicht nur um eine reine Bestandsaufnahme der vorhandenen Daten, sondern vielmehr um eine Charakterisierung fußballspezifischer Geodaten. Dies beinhaltet u.a. Definitionen und eine Klassifikation sowie eine Beschreibung der Datenerfassungsmethoden und der angewandten Datenintegrationsprozesse.

6 Fußballspezifische Geodaten

Dieses Kapitel bildet den Übergang zwischen der Theorie und Empirie der vorliegenden Forschungsarbeit. Nachdem bereits in Abschnitt 3.3 eine erste Annäherung an fußballspezifische Geodaten in Form einer Definition erfolgte, ist es an dieser Stelle der Arbeit Zeit, sich genauer mit dieser speziellen Art raumbezogener Daten zu befassen. Dieses Vorhaben zielt primär darauf ab, fußballspezifische Geodaten zunächst umfassend zu charakterisieren, daher ist eingangs eine Differenzierung von Tracking- und Event-Daten erforderlich. Darauf aufbauend, werden diverse Datenquellen bzw. –anbieter präsentiert, ehe am Beispiel der Daten von *ProzoneSports* deren Datenerfassungsmethodik und Genauigkeit thematisiert werden. Im Anschluss daran erfolgt eine Klassifizierung der Datengrundlage aus der Sicht der Geoinformatik. Des Weiteren bietet dieses Kapitel einen Einblick in die Integration derartiger Daten in *ArcGIS*, wobei nicht nur die Voraussetzungen an die Datensätze diskutiert, sondern auch die Modellierung eines Fußballfeldes gemäß der internationalen Norm beschrieben wird. Darüber hinaus werden sowohl der durchgeführte GIS-gerechte Datenaufbereitungsprozess, als auch damit in Verbindung stehende Datenbankaspekte behandelt. Abschließend wird versucht, bestimmte Spielsituationen anhand der vorliegenden quantitativen Parameter zu bestimmen. Dabei soll es zu einer Gegenüberstellung mit jenen Aktionen kommen, die in Abschnitt 5.3 aus dem Regelwerk extrahiert wurden. Dadurch soll herausgefunden werden, wie detailreich die zur Verfügung gestellten Daten das Spielgeschehen widerspiegeln. Abschließend werden in Abschnitt 6.8 Parameter thematisiert, die entweder nicht erhoben werden können oder dem Forschungsvorhaben nicht zur Verfügung standen.

6.1 Der Dualismus von Tracking- und Event-Daten

Tracking- und *Event-Daten* bilden zusammen die Grundlage jener fußballspezifischer Geodaten, deren Definition in Abschnitt 3.3 nachgelesen werden kann. Somit können diese auch als Fundament *GIS-gestützter Spielanalysen* bezeichnet werden. Die Bezeichnung *Geodaten* ist aufgrund des Raumbezugs dieser Daten gerechtfertigt. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um raumzeitliche Daten, die das Spielgeschehen auf dem Spielfeld über die gesamte Spielzeit hinweg widerspiegeln ([KOT-15b]).

- Übersicht

Eine tabellarische Auflistung unterschiedlicher Charakteristika fußballspezifischer Geodaten ist unabhängig von Datenanbietern in Tab. 1 dargestellt, deren Inhalte primär aus Fachliteraturrecherchen und Gesprächen mit Datenanbietern zusammengetragen wurden. Es handelt sich hierbei um eine zusammenfassende Vorausschau, da in den folgenden Abschnitten die einzelnen Aspekte aufgegriffen und von unterschiedlichen Standpunkten aus beleuchtet werden.

	Tracking-Daten	Event-Daten
Raumbezug	ja (X, Y (, Z)-Koordinate)	ja (X, Y-Koordinate)
Räumliche Genauigkeit	0,05 m – 0,23 m	3,6 m – 8,5 m (man. Eingabe)
Koordinatensystem	• lokal • systemabhängiger Koordinatenursprung	
Räumliche Domäne	Spielfeld (i.d.R. 105 x 68 m (internationale Norm), inkl. variabler Puffer)	
Zeitbezug	ja (Zeitstempel/Frame)	
Temporale Auflösung	determiniert (bis zu 25 fps)	Ereignisabhängig
Temporale Domäne	gesamte Spielzeit, inkl. Nachspielzeit	
Thematischer Inhalt	• Bewegungsablauf • Distanz (berechnet) • Geschwindigkeit (berechnet) • Beschleunigung (berechnet)	• Ballbezogene Ereignisse • Nicht ballgezogene Ereignisse
Erfassungsart	semi/vollautomatisch	weitestgehend manuell
Erfassungstechnik	• Videobasiert • Radiowellenbasiert • GPS-gestützt	• video/computer-unterstützt
Datenmenge	2 – 4,5 Mio. Datenpunkte	2.000 – 3.500 Datenpunkte
Dateigröße (xml-Format)	~ 50 MB	~ 1,5 MB

Tab. 1: Charakteristika von Tracking- und Event-Daten

- Tracking-Daten

Anstelle der Bezeichnung *Tracking Daten* werden die Begriffe *Physische Daten* oder *Laufwegbestimmungen* oftmals synonym verwendet. Unabhängig der Nomenklatur sind damit quantitative Messdaten gemeint, die die Bewegungen aller Spieler, des Schiedsrichterteams sowie des Fußballs in Form von Punktdaten repräsentieren ([CARb-08]). Die einzelnen Datensätze sind mit einem eindeutigen Objektschlüssel versehen, wodurch individuelle Objekte problemlos voneinander unterschieden werden können. Der für Geodaten essenzielle *Raumbezug* wird mittels X/Y-Koordinaten, bezogen auf ein definiertes lokales Koordinatensystem sichergestellt. In Abhängigkeit des verwendeten Systems kann u.U. die Z-Koordinate für die Position des Balls erfasst werden, um damit dessen Flugbahn zu rekonstruieren ([KOT-15b]). Die Bereitstellung des *Zeitbezugs* erfolgt mit Hilfe eines definierten Zeitstempels und/oder durch die Angabe einer fortlaufenden Framenummer. Anhand der gemessenen Informationen können sowohl die zurückgelegte *Distanz* auf Basis einer linearen Interpolation (siehe Formel 1), als auch die *Geschwindigkeit* zwischen zwei Messpunkten sowie, die *Beschleunigung* an den Messpunkten berechnet werden (siehe Formel 2) ([KOT-15b], [BRAc-07]).

$$f(x) = f_0 + \frac{f_1 - f_0}{x_1 - x_0}(x - x_0) = f_0 \frac{x_1 - x}{x_1 - x_0} + f_1 \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

Formel 1: Lineare Interpolation nach I. NEWTON

$$\bar{v}_{\Delta s} = \frac{s(t_2) - s(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Formel 2: Geschwindigkeit für einen linearen Streckenabschnitt

Die *Geschwindigkeit* wird dabei häufig klassifiziert ([DISa-06], [ODO-09]), wobei bspw. zwischen *Gehen*, *Joggen*, *Laufen* und *Sprinten* unterschieden wird. Diesbezüglich gibt es allerdings keine einheitlichen Klassifikationskriterien ([ODO-09]), was als von C. CARLING et al. ([CARb-08]) negativ hervorgehoben wird, da dadurch Vergleiche unterschiedlicher Tracking-Systeme nahezu ausgeschlossen sind.

Tracking-Daten können vielseitig eingesetzt werden, etwa zur Evaluation der taktischen und physischen Spielerleistung auf Basis der erhobenen statistischen Maßzahlen sowie zur Darstellung und Rekonstruktion von Spielerbewegungen in Form einer Animation ([ODO-09]). Dabei können Leistungsprofile einzelner Spieler angefertigt werden, die deren physischen Verfassung während des Spiels abbilden ([CARd-05]). Außerdem können anhand dieser Daten Bewegungsmuster untersucht werden ([DISa-06]). Diesbezüglich stehen jedoch C. CARLING et al. ([CARb-08]) Vergleichen der Laufleistung eines Spielers unter Verwendung verschiedener Datensätze skeptisch gegenüber, da die Maßzahlen womöglich auf unterschiedlichen Klassifikationen beruhen.

- Event-Daten

Anders als Tracking-Daten repräsentieren *Event-Daten* vorrangig jene Interaktionen, die zwischen den dynamischen raumzeitlichen Objekten im Fußball auftreten, wie etwa Pässe, Fouls, Schüsse u.dgl. ([KOT-15b]). Obwohl es sich dabei in erster Linie um ballbezogene Informationen handelt ([BRAc-07]), enthalten Event-Daten zusätzlich auch sämtliche nicht-ballbezogene Ereignisse, wie Auswechslungen, Verwarnungen sowie An- und Abpfiffe, etc. ([KOT-15b]), die i.d.R. am Nullpunkt des lokalen Koordinatensystems räumlich verortet werden.

Die Recherche zu diesem Thema führte zur Erkenntnis, dass sowohl in einschlägigen Fachmagazinen, als auch in direkten Gesprächen mit Experten (siehe Anhang II), die Begriffe *Event-Daten* und *Scouting-Daten* synonym verwendet werden. Dieser Umstand wird darauf zurückgeführt, dass die datenerfassenden Personen im angelsächsischen Sprachraum häufig als *Scouts* bezeichnet werden. Im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit wird allerdings die Verwendung des Begriffs *Event-Daten* empfohlen. Grund dafür ist, dass der Begriff *Scouting* vielmehr mit der Talentsichtung verbunden ist, weswegen unter *Scouting-Daten* in Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit als spielerbezogene Leistungsdaten verstanden werden.

P. BRADLEY et al. ([BRAc-07]) geben an, dass *Event-Daten* fünf *Schlüsselvariablen* enthalten: *Event-Bezeichnung*, *Zeitpunkt*, *Involvierter Spieler 1*, falls relevant *Involvierter Spieler 2* sowie die *Position* auf dem Spielfeld in Form von X/Y-Koordinaten. *Event-Daten* können aufgrund der Angabe einer bestimmten Benennung kategorisiert werden, wobei in Abhängigkeit des Datenanbieters Ereignisse in bis zu 60 Kategorien eingeteilt werden ([KOT-14]). Des Weiteren ist die Bestimmung von Subkategorien bzw. Subklassen üblich (ebd.). Bspw. kann die Kategorie *Pass* unterteilt werden in *kurzer Pass*, *langer Pass*, *Flanke*

oder *Eckball*, etc. Anhand des Zeitstempels ist es möglich, nicht nur eine Chronologie der spielrelevanten Ereignisse zu erstellen, sondern auch die Daten mit der dazugehörigen Videoaufzeichnung des Spiels zu verknüpfen, wodurch taktische Informationen abgeleitet werden können ([BRAc-07]). Darüber hinaus besteht die Option *Tracking-* und *Event-Daten* über den angegebenen Zeitstempel oder dem Frame attributiv miteinander zu verknüpfen. Dadurch werden die nach C. CARLING et al. ([CARd-05]) definierten vier wesentlichen *Faktoren der Videoanalyse* kombiniert: der *Spieler*, dessen *Position* zum jeweiligen *Zeitpunkt* sowie die dabei durchgeführte *Aktion*. Diese Verknüpfung ermöglicht unter besonderen Berücksichtigung der räumlichen Komponente vielfältige Analysemöglichkeiten.

6.2 Quellen und Akquirierung fußballspezifischer Geodaten

Nachdem Tracking- und Eventdaten in ihren Grundzügen charakterisiert und differenziert wurden, wird nachfolgend eine kurze Übersicht über Datenquellen bzw. -anbietern geboten, von denen entsprechende Datensätze u.a. für wissenschaftliche Zwecke akquiriert werden können. Der Zugang zu fußballspezifischen Geodaten ist trotz vielfacher Quellen und unabhängig davon, ob es sich um Tracking- oder Event-Daten handelt, schwierig und bedarf mitunter langwierigen Verhandlungen. Mittlerweile gibt es zahlreiche Datenanbieter, die u.a. durch Tochterunternehmen in vielen Ländern weltweit präsent sind. Die nationalen Vertretungen sind grundsätzlich als erste Kontaktaufnahmestelle empfehlenswert. Eine weitere nennenswerte Anlaufstelle für Datenanfragen sind Vereine sowie insbesondere Ligen, da diese häufig über Basisdatensätze verfügen, die den teilnehmenden Clubs zur Verfügung gestellt werden, um somit den Wettbewerb fairer zu gestalten ([PWL-01]).

- Datenakquirierung im Rahmen der Forschungsarbeit

Im Kontext der vorliegenden Dissertation wurden insgesamt 43 Fußballvereine aus Österreich (5), Deutschland (36), England (1) und den USA (1) sowie zwei nationale Fußballverbände und vier nationale Fußballligen kontaktiert, in der Hoffnung fußballspezifische Geodaten zu akquirieren. Primär richtete sich die Anfrage an die 36 Vereine der 1. und 2. Deutschen Bundesliga. Alle weiteren Vereine wurden aufgrund persönlicher Empfehlungen von Spieleanalysten zusätzlich kontaktiert. Die Mehrzahl an Anfragen blieb allerdings unbeantwortet oder fiel negativ aus.

Indessen unterstützte die Deutsche Fußball Liga (DFL) dieses Forschungsvorhaben durch die Bereitstellung von zwei vollständigen und anonymisierten Spieldatensätzen, bestehend aus zusammengehörigen Tracking- von *Impire* ([URL-24]) und Event-Daten von *Opta Sports*. In Anbetracht der Anzahl an insgesamt gestellten Anfragen war die tatsächliche akquirierte Datenmenge ernüchternd. Der Datenübergabe seitens der DFL, die mit der Unterzeichnung einer Nutzungserklärung einherging, ging eine sechs Monate lange Verhandlungsphase voraus. Die Übereinkunft konnte nur aufgrund intensiver Überzeugungsarbeit erzielt werden. Allerdings wiesen die von der DFL zur Verfügung gestellten Event-

Daten keinen Raumbezug auf, was aus Sicht dieser Forschungsarbeit inakzeptabel ist. Da eine attributive Verknüpfung [Anm.: = *Attributive Join*] zwischen Tracking- mit Event-Daten über den Zeitstempel vorgenommen werden kann, stellt dieser Umstand zwar im Grunde kein Problem dar. Allerdings stimmten die Zeitstempel der beiden Datensätze im Tausendstelbereich einer Sekunde nicht exakt überein, weshalb ein Informationsverlust von rund 25 % verzeichnet wurde. Versuche die temporale Schnittstelle der Daten im Genauigkeitsbereich einer Hundertstelsekunde zusammenzuführen, lieferten zudem unbefriedigende Ergebnisse. Aufgrund des fehlenden Raumbezugs konnte innerhalb eines bestimmten zeitlichen Toleranzbereichs auch keine räumliche Verknüpfung [Anm.: = *Spatial Join*] durchgeführt werden. Dem hohen Datenverlust standen somit zeitaufwendige manuelle Nachbearbeitungen und unvertretbare Datenmanipulationen gegenüber, weswegen die Daten der DFL ad acta gelegt wurden.

Im Vergleich zu den Anfragen an die Vereine waren jene an die Datenanbieter weitaus erfolgreicher. Soweit bekannt bietet aktuell ausschließlich das englische Unternehmen *Opta Sports* über die Plattform *Opta Playground* ([URL-22]) einen freien Zugang zu Event-Daten für akademische Arbeiten, insofern die unternehmensinterne Begutachtung des präsentierten Forschungsvorhabens positiv abgeschlossen wird. Unter diesen Voraussetzungen wurde der vorliegenden Forschungsarbeit Zugang zu insgesamt 90 vollständigen Event-Datensätzen gewährt, wobei zuvor ebenfalls bestimmte Nutzungsbestimmungen akzeptiert werden mussten. Da jedoch keine Möglichkeit bestand die dazugehörigen Tracking-Daten zu erhalten, war der konkrete Nutzen dieser Daten im Rahmen dieser Doktorarbeit streng limitiert.

Eine weitere Anfrage wurde an den deutschen Datenlieferanten *Impire* [Anm.: mittlerweile Teil der *deltatre AG* ([URL-25])] gestellt. Infolgedessen wurde ein Tracking-Testdatensatz, der Spielerbewegungen innerhalb der ersten Spielminute eines Spiels beinhaltete, nach Unterzeichnung einer Verschwiegenheitserklärung, zur Verfügung gestellt. Diametral zur Situation rund um die Daten von *Opta Sports*, konnten hierbei jedoch keine passenden Event-Daten geliefert werden, weshalb die Bedeutung dieser Datenquelle, aus Sicht der vorliegenden Forschungsarbeit, versiegte. Darüber hinaus wäre die Bereitstellung von Tracking-Daten durch *Impire* nur im Sinne eines Datenkaufs möglich gewesen.

Die Testdaten von *Opta Sports* und *Impire* standen bereits Monate vor den DFL-Daten ersten Versuchen zur Implementierung in *ArcGIS* zur Verfügung. Obwohl diese später verworfen werden mussten, waren diese richtungsweisend für dieses Forschungsvorhaben, da damit die Möglichkeit zur GIS-gerechten Aufbereitung fußballspezifischer Geodaten nachgewiesen werden konnte ([KOT-14]).

Des Weiteren konnte eine Übereinkunft mit der deutschen Firma *Mastercoach* erzielt werden, die einen vollständigen und anonymisierten Spieldatensatz zur Verfügung stellte. *Mastercoach* gehört seit dem Jahr 2007 zum französischen Unternehmen *Amisco*, das sich

im Jahr 2011 zum Zusammenschluss und zur Bündelung des Know-hows mit dem englischen Datenanbieter *ProzoneSports* entschied. Mittlerweile treten alle drei Unternehmen als gemeinsame Marke *ProzoneSports* auf ([URL-13]). Die Datensätze von *ProzoneSports* sind jenen der DFL sehr ähnlich und umfassen vollständige sowie kompatible Tracking- und Event-Daten. *ProzoneSports* ist Partner mehrerer europäischer Top-Klubs, darunter u.a. der FC Bayern München, FC Chelsea London, Ajax Amsterdam u.v.m. Anders als die Daten der DFL verfügen die *ProzoneSports*-Datensätze jedoch zusätzlich zum Zeitstempel eine fortlaufende Framenummer, wodurch eindeutige und lückenlose Verbindungen zwischen den zusammengehörigen Tracking- und Event-Daten hergestellt werden können. Deshalb wurden die Datensätze von *ProzoneSports* als grundlegende Datenbasis für dieses Forschungsvorhaben ausgewählt. Die Ausführungen in den nachfolgenden Abschnitten beziehen sich daher, insofern nicht anders vermerkt, ausschließlich auf die Daten von *Mastercoach* bzw. *ProzoneSports*.

Anhand der ersten Forschungsergebnisse und Publikationen konnten die Verantwortlichen von *ProzoneSports* zur Bereitstellung eines weiteren Datensatzes überzeugt werden. Im Allgemeinen wurde stets um anonymisierten Datensätzen gebeten, um etwaige subjektive Einflüsse auf die Interpretation der Ergebnisse vorzubeugen. Nachdem die präsentierten Konzepte anhand diverser Untersuchungen erfolgsversprechend schienen, wurde eine weitere Anfrage an *ProzoneSports* gestellt, die einen kompletten Saisondatensatz einer Mannschaft umfasste. Auf Basis eines derartigen Datensatzes sollten bestimmte Spielmuster detektiert werden und somit das Spiel jener Mannschaft in bestimmten Spielsituationen zu prognostizieren. Diesem Ansuchen konnte allerdings *ProzoneSports* nicht nachgekommen, da anonymisierte Datensätze extra aufbereitet werden müssen und dies aufgrund der firmeninternen Arbeitsauslastung zeitlich gesehen nicht möglich war. Daher blieb die bereitgestellte Datenbasis auf zwei vollständige Spieldatensätze beschränkt, weswegen es nicht möglich ist, das übergeordnete Spiel einer Mannschaft umfassend zu charakterisieren sowie auf Basis dessen dieses für bestimmte Spielsituationen zu prognostizieren. Allerdings sind zwei Spieldatensätze in Hinblick auf die zentrale Forschungsfrage ausreichend.

- Das Unternehmen *ProzoneSports*

Sowohl *Amisco*, als auch *ProzoneSports* sind bereits seit rund zwei Jahrzehnten in dieser Branche tätig, weshalb ihnen von C. CARLING et al. ([CARd-05], [CARb-08]) eine Pionierstellung innerhalb dieses Marktes eingeräumt wird. Aufgrund der langen Eigenständigkeit muss die Geschichte von *ProzoneSports* sowohl aus der Sicht von *Amisco* als auch von *ProzoneSports* betrachtet werden. Die Gründung von *Amisco* in Nizza im Jahr 1995 ([URL-13]) stellt für C. FALLY ([FAL-11]) den Beginn der Kommerzialisierung des videobasierten Tracking im Fußball dar. Die Tracking-Software *AmiscoPro* wurde in Kooperation mit dem französischen Fußballverband entwickelt und kam erstmals zur Weltmeisterschaft 1998 in Frankreich zum Einsatz ([CARb-08]). C. CARLING et al. (ebd.) geben diesbezüglich an, dass

es sich dabei um das erste Trackingsystem handelte, das gleichzeitig eine Leistungsanalyse aller Spieler für das gesamte Spiel ermöglichte. Im gleichen Jahr wurde *ProzoneSports* in Leeds gegründet. Bis zum Zusammenschluss beider Unternehmen im Jahr 2011 ([URL-13]), entwickelten sowohl *Amisco* als auch *ProzoneSports* Systeme zur detaillierten Leistungsanalyse im Fußball und Rugby (ebd.), deren Datenerfassungsmethodik genauer in Abschnitt 6.3 beschrieben wird. Heute bietet das zusammengeführte System eine zweidimensionale Animation aller Spielerbewegungen, womit der Spielverlauf rekonstruiert wird kann. Gleichzeitig können gezielte leistungsbezogene Abfragen an die Datensätze gestellt sowie kontextbezogene Filterungen vorgenommen werden ([CARb-08]).

Durch Übernahme anderer Unternehmen, wie etwa *Mastercoach* durch *Amisco* im Jahr 2009 ([URL-13]), konnte der Kundenkreis und damit der Absatzmarkt ständig erweitert werden. *ProzoneSports* beschäftigt heute rund 200 Mitarbeiter in weltweiten Niederlassungen, wobei die drei Geschäftsstellen in Leeds, Nizza und Düsseldorf untergebracht sind. Hinzu kommen mehrere regionale Zweigstellen auf allen Kontinenten, mit Ausnahme von Südamerika ([KOT-15b]). Die Kundschaft von *ProzoneSports* besteht im Wesentlichen aus Vereinen, nationalen Ligen oder Verbänden sowie Medienkonzernen.

- Weitere Datenanbieter

Weltweit gibt es zahlreiche Unternehmen, die fußballspezifische Geodaten sowohl in Form von Tracking-, als auch Eventdaten anbieten. Darüber bietet die Monographie von C. CARLING et al. ([CARd-05]) aus dem Jahr 2005 eine tabellarische Übersicht an Unternehmen, inkl. deren video- und computergestützten Spielanalysesystemen. Die Mehrzahl der dort aufgelisteten Firmen scheint jedoch nicht mehr zu existieren, da zum einen die bereitgestellten URLs nicht mehr funktionieren und zum anderen auch keine weiterführenden Informationen darüber recherchiert werden konnten. Dieser Umstand ist jedoch nicht weiter verwunderlich, da die angegebenen Informationen von C. CARLING et al. (ebd.) bereits mehr als zehn Jahre alt sind und sich offensichtlich nur wenige Unternehmen in dieser Branche längerfristig behaupten konnten oder von Konzernen übernommen wurden. In einem weiteren Beitrag aus dem Jahr 2008 untersuchten C. CARLING et al. ([CARb-08]) erneut unterschiedliche Analysesysteme und listeten dabei Firmen samt deren Systeme auf. Allerdings scheint auch hierbei ein Großteil davon nicht mehr eigenständig zu existieren. Dies wird als Anzeichen dafür angesehen, dass diese Branche hart umkämpft ist.

Das multinationale Unternehmen *ProzoneSports* ist nach Meinung von J. CASTELLANO et al. ([CAS-14]) mittlerweile in Europa marktführend, eine Behauptung, die durch Betrachtung des Kundenstamms gestärkt wird. Die führende Rolle des Unternehmens spiegelt sich auch in der Anzahl publizierter wissenschaftlicher Arbeiten wider, in denen bspw. die Gütekriterien der Systeme von *ProzoneSports* thematisiert sind. Eine Evaluation der vorhandenen Beiträge kann im Bericht von J. CASTELLANO et al. (ebd.) nachgeschlagen werden. Hierzu sind insbesondere die Artikel von V. DI SALVO et al. ([DISa-06], [DISd-09]),

P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]), C. CARLING et al. ([CARb-08]) sowie von P. BRADLEY et al. ([BRAc-07]) hervorzuheben, deren Ergebnisse maßgeblich zur Verfassung des nachfolgenden Abschnitts herangezogen wurden.

Neben *ProzoneSports* sind im Bereich des videobasierten Tracking, die für den europäischen Markt relevanten Systeme *TRACAB* ([URL-27]) von *ChyronHego* und *VIS.TRACK* ([URL-28]) von *Cairos Technologies* erwähnenswert. Diese Unternehmen können ebenfalls als potenzielle Datenquelle unabhängig eines Vereines, Verbandes oder einer Liga in Betracht gezogen werden. Das schwedisch-amerikanische Unternehmen *ChyronHego* beliefert bspw. mittlerweile u.a. die DFL, währenddessen *Cairos Technologies* aus Deutschland von *deltatre* übernommen wurde. Eine kurze Beschreibung von *VIS.TRACK* kann im Beitrag von W. WINKLER u. K. P. SCHMITZ ([WINb-11]) nachgelesen werden. Zu bedenken ist, dass sowohl *ChyronHego*, als auch *Cairos Technologies* in erster Linie Tracking-Daten bereitstellen. Ist hingegen vollständige Kompatibilität zwischen Tracking- und Event-Daten gefordert, wird die Kontaktaufnahme zu *ProzoneSports* empfohlen.

6.3 Datenerfassungsmethoden und deren Genauigkeit

Dieser Abschnitt bietet einen Überblick über gängige Erfassungsmethoden fußballspezifischer Geodaten. Dabei ist der Fokus auf Daten von *ProzoneSports* gerichtet, die für die Analysen dieser Forschungsarbeit herangezogen wurden. Zur Wahrung der Übersicht werden die Erfassungsmethoden von Tracking- und Event-Daten separat voneinander beleuchtet.

6.3.1 Methoden, Anforderungen und Prozess der Datenerhebung von Tracking-Daten sowie deren raumzeitliche Genauigkeit

Um ein möglichst ganzheitliches Bild dieses Themenbereiches skizzieren zu können, ist es zunächst notwendig, einen prägnanten Überblick über unterschiedliche Tracking-Verfahren zu bieten. Anschließend werden die an die Spielstätten gestellten Anforderungen videobasierter Trackingsysteme thematisiert, ehe die Erfassungsmethodik der Tracking-Daten von *ProzoneSports* erläutert sowie deren raumzeitliche Genauigkeit kritisch hinterfragt wird.

- Tracking-Methoden

Tracking als Verfahren zur Erfassung von Bewegungsabläufen weist im Fußball bereits eine über 30 Jahre lange Geschichte auf ([ODO-09]). J. CASTELLANO et al. ([CAS-14]) berichten, dass bereits Ende der 1980er Jahre D. VAN GOOl et al. Fußballspiele mittels 16 mm Filmen aufnahmen und auf Basis derer einzelne Spieler manuell getrackt haben. Weitestgehend manuelle Verfahren sind jedoch sehr zeitaufwendig, weswegen deren Einsatz im professionellen mannschaftsinternen Analysebereich auch damals im Grunde nicht gerechtfertigt werden konnte.

So genannte *passive Trackingsysteme* (ebd.) erheben i.d.R. alle in Bewegung befindlichen Objekte, d.h. zumindest alle Spieler, den Ball und ggf. auch das Schiedsrichtergespann

mit einer durchschnittlichen Aufzeichnungsrate von 10 bis 25 Hz. Mehrere Autoren, darunter Y. OHNO et al. ([OHN-00]), C. CARLING et al. ([CARd-05], [CARb-08]), S. H. KHATOONADBADI u. M. RAHMATI ([KHA-09]) und V. DI SALVO et al. ([DISd-09]) geben diesbezüglich jedoch zu bedenken, dass etwaige manuelle Korrekturmaßnahmen insbesondere bei Rudelbildungen notwendig sind, da sich hierbei mehrere Spieler auf engem Raum befinden. Dies führt in den Videoaufnahmen zu Überlagerungen, sodass in derartigen Fällen kurzzeitige Unterbrechungen des Tracking vorkommen können und Spieler mit falscher Objekt-ID weiterverfolgt werden. Hierbei müssen jedoch auch die Erscheinungsjahre der angeführten Beiträge bedacht werden. Bspw. stammt der aktuellste Beitrag aus dem Jahr 2009. Gemäß Auskunft eines Mitarbeiters von *ProzoneSports* sollen derartige Probleme mittlerweile weitestgehend der Vergangenheit angehören, was jedoch an dieser Stelle nicht überprüft werden kann. Unabhängig konkreter Anlässe für Korrekturen verdeutlichen P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]) die Notwendigkeit der Evaluation des Tracking-Ergebnisses, da bei vollautomatisierten Systemen Fehler per se nicht ausgeschlossen werden können. V. DI SALVO et al. ([DISa-06]) betonen, dass im Verlauf des Tracking nicht nur eine raumzeitliche Aufzeichnung der Bewegungsabläufe vollzogen wird, sondern auch (indirekt) Leistungsdaten bzw. –profile einzelner Spieler erhoben werden.

Bei videogestützten Tracking-Verfahren muss zudem eine Systemdifferenzierung in Abhängigkeit der Videoquelle vorgenommen werden. Während kommerzielle Trackingsysteme, wie *Prozone3* von *ProzoneSports*, ausschließlich Aufzeichnungen eines fix installieren Kamerasystems verwenden, werden für wissenschaftliche Studien häufig TV-Aufnahmen herangezogen. Beispiele dazu können u.a. bei T. BEBIE u. H. BIERI ([BEB-98]), A. EKIN et al. ([EKI-03]), Y. LIU et al. ([LIUa-06]), J. MIURA et al. ([MIU-09]) und J. REN et al. ([REN-09]) nachgelesen werden. Die stete Weiterentwicklung von Tracking-Algorithmen führt dazu, dass im kommerziellen Bereich die Anzahl erforderlicher Kameras zunehmend sinkt ([KOT-15b]). Dieser Trend kann jedoch auch im akademischen Bereich beobachtet werden. So verwendeten bspw. Y. OHNO et al. ([OHN-00]) im Jahr 2000 acht Kameras, während elf Jahre später K. CHOI u. Y. SEO ([CHO-11]) nur noch vier Kameras benötigten.

Ein weiteres Charakteristikum wissenschaftlicher Beiträge innerhalb dieses Themenbereiches ist, dass nicht zwingend das gesamte Spiel oder Spielfeld im Mittelpunkt des Interesses steht, sondern auch spezifische Spielsituationen fokussiert werden. S. H. KHATOONADBADI u. M. RAHMATI ([KHA-09]) präsentierten einen Tracking-Algorithmus, der speziell für strittige Torraumszenen eingesetzt werden kann. Ausgehend von derartigen Innovationen wurden die ersten Torliniensysteme entwickelt, die dezidiert den Ball im Torraum tracken und bei kontroversen Szenen Toralarm auslösen ([DORa-09]). Eine kritische Betrachtung wissenschaftlicher Artikel, in denen videobasierte Trackingsysteme sowohl basierend auf TV-Aufnahmen, als auch auf fix installierten Kamerasystemen, beschrieben sind, kann im Beitrag von T. D'ORAZIO u. M. LEO ([DORb-10]) nachgelesen werden.

Neben auf Videoaufnahmen basierenden Trackingsystemen sind insbesondere jene erwähnenswert, die GNSS verwenden ([CARd-05], [FAL-11]). Des Weiteren gibt es Systeme, die auf Triangulationsverfahren beruhen und dabei Ultraschall, Infrarot, Radiowellen oder auch Magnetsensorik einsetzen ([EDG-06]). Ferner wurde ein auf Mikrowellen basierendes Trackingsystem von M. BEETZ et al. ([BEE-05]) beschrieben. Während alle Verfahren spezifische Vor- und Nachteile aufweisen sind derzeit im Rahmen von Wettkampfspielen ausschließlich videogestützte Systeme erlaubt, da das Reglement die Verwendung zusätzlicher technische Ausrüstungsgegenstände untersagt ([CARd-05], [DISa-06], [CARb-08], [FAL-11]). Deshalb wird an dieser Stelle auf eine eingehende Betrachtung anderer Tracking-Verfahren verzichtet und stattdessen auf die Arbeiten von S. J. EDGECOMB u. K. I. NORTON ([EDG-06]), C. CARLING et al. ([CARb-08]) und C. FALLY ([FAL-11]) verwiesen, in denen unterschiedliche Trackingsysteme untersucht wurden.

- Anforderungen videobasierter Trackingsysteme an die Spielstätten

Die Einsatzfähigkeit des Trackingsystems *Prozone3* von *ProzoneSports* ist von der jeweiligen Spielstätte abhängig, die für die Permanentinstallation bestimmte Kriterien erfüllen muss ([CARb-08]). Die Anzahl an Hochgeschwindigkeitskameras sowie deren Position, Ausrichtung, Zoom und Blickfeld sind an die Stadionkonstruktion gebunden ([CARb-08], [KOT-15b]). Unterschiedliche Bauweisen von Fußballstadien erlauben keinerlei Pauschalaussagen über die genauen Systemanforderungen. Zur Gewährleistung fehlerlosem von Tracking, werden aktuell durchschnittlich zwischen sechs bis acht Kameras benötigt (ebd.). Diesbezüglich geben V. DI SALVO et al. ([DISa-06]) in ihrem Beitrag aus dem Jahr 2006 an, dass acht bis zehn Hochgeschwindigkeitskameras benötigt werden. Dies kann als weiteres Indiz dafür angesehen werden, dass aufgrund technischer Weiterentwicklungen immer weniger Kameras notwendig sind. Dazu ist exemplarisch in Abb. 30 die Positionierung der Kameras im Old Trafford Stadion von Manchester United dargestellt.

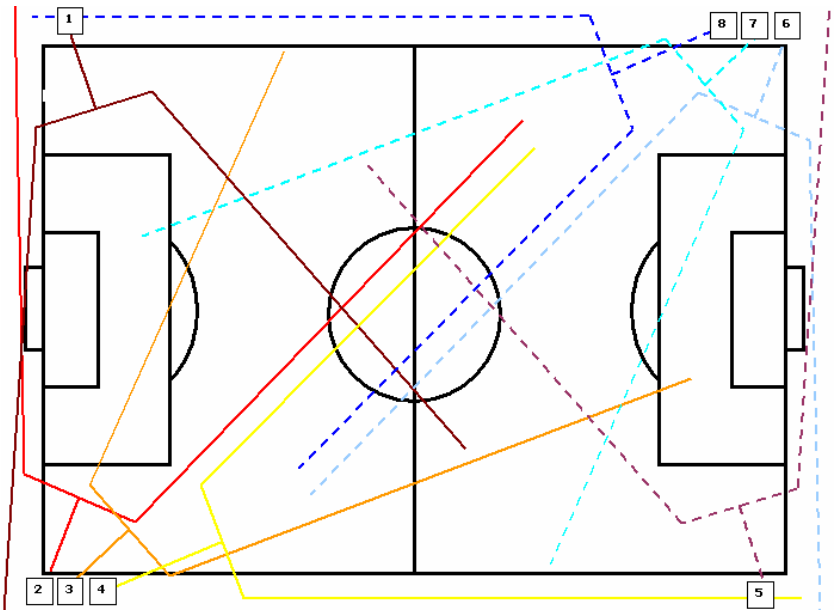


Abb. 30: Positionen der Tracking-Kameras im Grundriss des Old Trafford Stadions in Manchester ([DISa-06])

Die Anordnung der Kameras sieht vor, dass jeder Bereich des Spielfeldes von mindestens zwei Positionen aus aufgenommen wird ([DISa-06]). Ob diese Systemeinstellung im Old Trafford Stadion gegenwärtig noch aktuell ist, ist unbekannt. Gemäß den Informationen von *ProzoneSports* soll die Kameraanordnung ausschließlich entlang einer Seitenlinie mittlerweile ebenfalls befriedigende Ergebnisse liefern ([KOT-15b]). Dies ist vornehmlich für jene Vereine interessant, deren Heimstätte über nur eine große Tribüne verfügt, da i.d.R. die Installation direkt unter dem Stadiondach erfolgt. Hinsichtlich der Installationshöhe gilt der Grundsatz, je höher, desto besser, da mit steigender Höhe die Zuverlässigkeit der Daten zunimmt. Obwohl seitens *ProzoneSports* keine Mindesthöhe festgelegt ist, wird eine Mindesthöhe von 15 m über dem Spielfeld empfohlen, um probate Daten zu erhalten (ebd.). Ein Vergleich zwischen österreichischen und deutschen Stadien zeigt, dass diese Anforderungen auch eine Hürde darstellen kann. Bspw. war in der Saison 2014/15 die Benteler Arena des SC Paderborn, bezogen auf die Zuschauerkapazität und einer Stadiondachhöhe von 22,64 m ([URL-029]), die kleinste Spielstätte der 1. Deutschen Bundesliga. Während sämtliche Stadien der höchsten deutschen Spielklasse die Systemanforderungen von *ProzoneSports* erfüllen, ist hingegen die Mehrzahl der österreichischen Stadien zu klein, um derartige Systeme installieren zu können. Bezogen auf die gleiche Spielperiode erfüllten lediglich die österreichischen Spielstätten der Europameisterschaft 2008 in Innsbruck, Klagenfurt, Salzburg und Wien diese Anforderungen. Daneben müssen die Stadien über eine Online-Verbindung verfügen sowie über eine gut sichtbare Spielfeldmarkierung verfügen, damit eine reibungslose automatische Referenzierung gewährleistet werden kann (ebd.).

Die Permanentinstallation von *Prozone3* im Stadion wird übereinstimmend von C. CARLING et al. ([CARd-05]) und P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]) aus vereinsinterner Sicht als nachteilig empfunden, da nur Heimspiele aufgenommen werden können. Allerdings wird dieser Zustand durch die weite Verbreitung von *ProzoneSports* relativiert, da auch Daten von Auswärtsspielen vorliegen, insofern die Gastgeber über das System verfügen. Dass dies nicht unwahrscheinlich ist, wird dadurch belegt, dass *ProzoneSports* über 350 Fußballvereine zum Kundenstamm zählt und Fußballspiele in über 40 verschiedenen Wettbewerben erfasst ([URL-13]), deren Veranstalter ggf. Basisdatensätze des Spiels allen Wettbewerbsteilnehmern bereitstellen.

Die hohen Anschaffungskosten derartiger Systeme werden gleichermaßen als Kehrseite der Medaille betrachtet ([DISa-06], [ODO-09]). Jedoch gehen P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]) davon aus, dass sich der Erwerb eines solchen Systems rasch amortisiert, da anhand der dadurch verfügbaren Leistungsprofile das Verletzungsrisiko der Spieler reduziert werden kann. Ähnlich den Systemanforderungen können hinsichtlich der Anschaffungskosten keine Pauschalangaben gemacht werden ([KOT-15b]), da zu viele Variablen entscheidend sind. Einerseits ist die Systemkonfiguration von der Bauweise der Stadien abhängig, andererseits variiert der Leistungsumfang bezogen auf ausgewählte Wettbewerbe

und Analysesoftware. Die Laufzeit stellt einen weiteren wesentlichen Faktor dar. Die Kosten sind somit primär von Vertragsverhandlungen abhängig (ebd.), weswegen auch kaum Informationen dazu recherchiert werden können. Eine Ausnahme stellt diesbezüglich die Abschlussarbeit von D. SETTERWALL ([SET-03]) dar, die jedoch schon mehr als zehn Jahre zurückreicht. Zu bedenken ist, dass zu dieser Zeit *ProzoneSports* und *Amisco* noch unabhängig voneinander existierten. Bezogen auf die Installationskosten des Trackingsystems von *ProzoneSports* gibt D. SETTERWALL (ebd.) an, dass sich diese auf rund 100.000 GBP belaufen und zusätzlich Kosten pro Spieltag anfallen. Auch hier muss der zeitliche Kontext dieser Information bedacht werden, weswegen die Summe nicht zwingend gegenwärtiger Anschaffungs- und Wartungskosten entspricht. Seitens *ProzoneSports* konnte diesbezüglich keinerlei Informationen eingeholt werden.

- Prozess der Datenerhebung

Im Zuge der Datenerfassung unter Einsatz des Trackingsystems *Prozone3* werden zunächst die Kameraeinstellungen anhand der linienhaften Spielfeldmarkierungen kalibriert. Der Mittelpunkt des lokalen Koordinatensystems entspricht, wie in Abb. 31 dargestellt, dem Anstoßpunkt des Spielfeldes ([KOT-15b]). Die primäre räumliche Domäne in Form der Spielfeldaußengrenzen entspricht der Größe des international genormten Spielfeldes von 105 x 68 m.

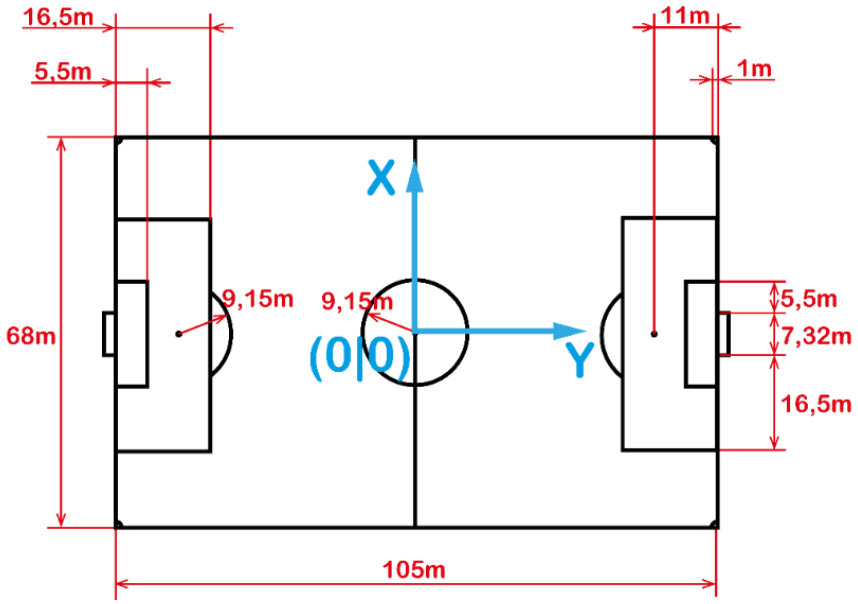


Abb. 31: Räumliche Domäne und lokaler Koordinatenursprung von *Prozone3* ([KOT-15b])

Der Trackingprozess basiert auf trigonometrischen Verfahren, mathematischen Algorithmen und verschiedenen Bildverarbeitungsprozessen, wie Objekt-Bild-Transformationen, Filterungen und Hintergrund-Extraktionen ([CARb-08]). Informationen über einzelne Parameter oder bestimmte Spezifikationen werden allerdings von *ProzoneSports* geheim gehalten, weswegen an dieser Stelle nur eine kurze Zusammenfassung des Datenerfassungsprozesses auf Basis der Ausführungen von C. CARLING et al. ([CARd-05]) und V. DI SALVO et al. ([DISa-06]) geboten werden kann. Inwieweit die Inhalte beider Beiträge,

in Hinblick auf deren Erscheinungsjahre, den aktuellen Stand der Technik widerspiegeln ist allerdings unklar. Unter der Annahme, dass die Grundprinzipien des Aufnahmeprozesses weitestgehend unverändert blieben, ist es aufgrund mangelnder aktueller Fakten auf z.T. veraltetes Informationsmaterial zurückzugreifen.

Während der Systeminstallation werden alle Kameras über eine zentrale Schnittstelle miteinander vernetzt, wobei vor allem die System-Einheiten für Aufnahme, Datensicherung und Telemetrie bedeutend sind (ebd.). Nach erfolgreicher Montage werden die Kameras in Bezug auf die Spielfeldlänge und -breite neu kalibriert, wobei die Installationshöhe bekannt sein muss. Dann wird ein zweidimensionales Modell des Spielfeldes erstellt, das als räumliche Referenz für die Berechnung der Spielerpositionen dient ([CARd-05]). Unmittelbar vor dem Spiel werden die zu trackenden Objekte automatisch detektiert, indem zunächst die Grasfläche, die weitestgehend einen homogenen grünen Hintergrund darstellt, extrahiert wird (ebd.).

Anschließend werden die einzelnen Objekte durch Eingabe eines Mitarbeiters identifiziert. Die spätere Objektverfolgung basiert auf bestimmten Tracking-Algorithmen, wobei anhand vorangegangener und aktueller Positionsdaten zukünftige Positionen in unmittelbarer Nachbarschaft prognostiziert werden (ebd.). Alle Aufnahmen werden eingangs unter Beibehaltung der Datenqualität komprimiert und nach der Auszeichnung synchronisiert ([DISa-06]). Da der Trackingprozess separat für alle Aufnahmen durchgeführt wird, werden die Daten erst nach dem Spiel auf einem zentralen Server fusioniert. Zur Identifizierung der einzelnen Objekte während der Aufnahme werden Kalman Filter eingesetzt (ebd.). Nachfolgend werden die Bild-Koordinaten in das lokale Koordinatensystem übergeführt, wobei eine direkte lineare Transformation (DLT) angewandt wird ([CARd-05]). Die Nachbearbeitung kann gemäß V. DI SALVO et al. ([DISd-09]) rund 24 Stunden in Anspruch nehmen kann. Dabei sind im Sinne der Qualitätssicherung insbesondere Standardsituationen bedeutend, da sich Spieler im Vorfeld neu positionieren und dabei ggf. kurzzeitig nahezu stillstehen sowie sich der Ball in Ruhe befindet, währenddessen eine Überprüfung der Objekt-ID vorgenommen werden kann ([CARd-05], [DISa-06]).

Nach Abschluss der Datenerfassung werden die Ergebnisse in eine Datenbank gespeichert, die den Vereinen für weiterführende Analysen bereitstehen. Für externe Anwendungen, wie etwa für GIS-gestützte Analysen, können die Tracking-Daten von *ProzoneSports* bspw. als *xml-File* [Anm.: = Extensible Markup Language ([URL-31])] übergeben werden, wobei die Dateigröße eines kompletten Spieldatensatzes rund 50 MB beträgt.

- Raumzeitliche Genauigkeit der Daten

Prozone3 erfasst die Bewegungen aller Spieler, des Balls sowie ggf. des Schiedsrichtergespanns raumzeitlich mit einer Frequenz von maximal 25 Hz [Anm.: = 25 fps]. C. CARLING et al. ([CARd-05], [CARb-08]) geben diesbezüglich an, dass damit pro Spiel rund 4,5 Millionen Datenpunkte erhoben werden. Diese Angabe erscheint allerdings etwas zu

hoch. Unter der Bedingung, dass gleichzeitig maximal 22 Spieler, das dreiköpfige Schiedsrichterteam sowie der Ball am Spiel beteiligt sein können, werden höchstens 26 Objekte erfasst. Unter Annahme von jeweils drei Minuten Nachspielzeitzeit pro Halbzeit, werden gemäß Formel 3 in Summe 3.744.000 Datenpunkte erhoben.

$$P = x * (t_g + t_e)[min] * 60[s] * fps\left[\frac{f}{s}\right]$$

P ... *Datenpunkte*
x ... *Objekte*
t_g ... *reguläre Spieldauer*
t_e ... *Summe der Nachspielzeiten*
fps ... *Aufnahmefrequenz*

Formel 3: Berechnung der zur Verfügung stehenden Tracking-Datenpunkte

Unter den gegebenen Bedingungen [Anm.: max. 26 Objekte, konstante Aufnahmefrequenz von 25 fps] wären insgesamt über 115 Spielminuten notwendig, um die von C. CARLING et al. (ebd.) genannte Anzahl von Datenpunkten zu erlangen (siehe Formel 4). Dies würde einer durchschnittlichen Nachspielzeit von mehr als zwölf Minuten pro Halbzeit bedeuten, was als unrealistisch betrachtet wird.

$$t_o = \frac{P}{\left(x * 60[s] * fps\left[\frac{f}{s}\right]\right)}$$

P ... *Datenpunkte*
x ... *Objekte*
t_o ... *Gesamte Spielzeit*
fps ... *Aufnahmefrequenz*

Formel 4: Berechnung der gesamten Spielzeit auf Basis der zur Verfügung stehenden Tracking-Datenpunkte

Die dieser Dissertation zur Verfügung gestellten Tracking-Daten von *ProzoneSports* weisen mit 10 fps eine geringere, jedoch akzeptable zeitliche Auflösung auf. Die Reduktion der Daten ist zudem hinsichtlich der Performanz sinnvoll. Des Weiteren ist das Schiedsrichtergespann in den Datensätzen nicht enthalten, was allerdings für das Forschungsvorhaben belanglos ist. Die theoretische Anzahl an Datenpunkten der bereitgestellten Spieldatensätze beträgt somit gemäß Formel 3 1.324.800 pro Spiel. Diesbezüglich ist zu bedenken, dass geringfügige Abweichungen auftreten können, weswegen von einer theoretischen Anzahl die Rede ist. Die absolute Anzahl an Datenpunkte verringert sich u.a. durch Spielsituationen, in denen der Ball das Spielfeld und dabei auch den Aufnahmeraum verlässt und somit bis zum Einwurf, Abstoß oder Eckball kein Tracking-Signal vorliegt.

Da die räumliche Genauigkeit der Daten von außerordentlicher Bedeutung ist, ist eine Überprüfung dieser unumgänglich. C. CARLING et al. ([CARd-05]) geben zu bedenken, dass mit derartigen Trackingsystemen zwar zweifelsohne große Datenmengen erhoben werden, allerdings keine ausreichende Zuverlässigkeit und Gültigkeit der Daten gewährleistet werden kann. Diese Behauptung steht diametral den Forschungsergebnissen von V. DI SALVO et al. ([DISa-06], [DISd-09]) und P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]) gegenüber, wie folgende Zitate verdeutlichen: *„The present study has clearly demonstrated that ProzoneSports allows accurate estimation of velocity on the pitch of athletes performing types of runs at different speeds. […] The results […] show that ProzoneSports represents a valid motion analysis system for analysing movement patterns of footballers on a*

football pitch.“ ([DISa-06]) *„In conclusion, the current investigation found that the location of player movement recorded by the ProZone3 player tracking system [...] is sufficiently accurate for scientific research and coaching applications.“* ([ODO-09]) Während es sich hierbei um zwei Belege handelt, die wissenschaftlichen Untersuchungen entstammen, basiert die Aussage von C. CARLING et al. ([CARd-05]) auf einer Vermutung. Daher ist es lohnenswert die Beiträge von V. DI SALVO et al. ([DISa-06], [DISd-09]) sowie von P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]) genauer zu betrachten, um herauszufinden, wie deren Ergebnisse zustande gekommen sind.

V. DI SALVO et al. ([DISa-06]) versuchten die Genauigkeit von *Prozone3* dadurch zu bestimmen, indem verschiedene Testläufe mit sechs Probanden an unterschiedlichen Stellen des Spielfeldes durchgeführt wurden. Die einzelnen Tests unterschieden sich nicht nur hinsichtlich der von den Testpersonen zurückgelegten Distanzen [Anm.: 15 m und 20 m inkl. Richtungswechsel (90°) sowie 60 m gerade und 50 m gekrümmte Laufwege], sondern auch angesichts der dabei erreichten Geschwindigkeiten [Anm.: 7, 11, 14, 19 und 23 km/h]. Dabei wurden zeitbezogene Vergleichsmessungen für alle Testläufe durchgeführt. Hingegen wurden die Positionen der einzelnen Laufwege bereits vorab am Spielfeld abgesteckt und vermessen, um die notwendigen Vergleichsdaten zu erhalten. Im Zuge der statistischen Auswertung wurden die Messergebnisse den Daten von *Prozone3* gegenübergestellt, wobei hinsichtlich der Objektgeschwindigkeit bei allen Tests eine ausgezeichnete Korrelation (r_{min} = 0,959, r_{max} = 0,999) beobachtet wurde. Bezüglich der räumlichen Genauigkeit konnten durchschnittliche Fehler von 4 cm bei 60 m gerader Strecke, 7 cm bei 50 m gekrümmter Stecke, 1 cm während 15 m Sprint und 23 cm bei 20 m Sprint, inkl. einem 90° Richtungswechsel nach 10 m bestimmt werden. Anhand dieser Resultate wird die Kritik von C. CARLING et al. ([CARd-05]) nicht geteilt.

Bezugnehmend auf die Studie von V. DI SALVO et al. ([DISa-06]) bemängelten C. CARLING et al. ([CARb-08]), dass die durchgeführten Tests isoliert voneinander stattfanden und somit nicht repräsentativ für ein reales Spiel sind. Es wurde außerdem beanstandet, dass nur spezielle Bewegungsabläufe und nicht das gesamte Spektrum an möglichen Bewegungen untersucht wurden. Die Tests sollten außerdem unter verschiedenen Lichtverhältnissen durchgeführt werden, um etwaige Fehlereinflüsse aufzudecken. Die Einwände von C. CARLING et al. (ebd.) sind zwar nachvollziehbar, mindern jedoch keineswegs die Aussagekraft der Ergebnisse von V. DI SALVO et al. ([DISa-06]), da zumindest Richtwerte erhoben wurden. C. CARLING et al. ([CARb-08]) beanstandeten des Weiteren, dass V. DI SALVO et al. ([DISa-06]) die Übereinstimmung der Beobachterergebnisse nicht kontrollierten. Da auch vollautomatisierte Trackingsysteme an ihre Grenzen stoßen können sind ggf. manuelle Korrekturen notwendig, um verlorene Tracking-Objekte wieder zuzuordnen. Hierzu stellten C. CARLING et al. ([CARb-08]) die Frage, ob Mitarbeiter, die dasselbe Spiel bearbeiten unabhängig voneinander die gleichen Entscheidungen treffen? V. DI SALVO et al. ([DISd-09])

griffen diese Problemstellung in einer weiteren Studie auf und stellten dabei fest, dass hinsichtlich der Objektivität der Geschwindigkeitsklassifikationen sowohl die automatisierten, als auch menschlich verifizierten Ergebnisse von *Prozone3* ausreichend genau für Trainingseinheiten und wissenschaftliche Anwendungen sind. Der Artikel (ebd.) konnte zudem einen weiteren Kritikpunkt von C. CARLING et al. ([CARb-08]) entkräften, da die Untersuchung auf realen Wettkampfdaten basierte.

P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]) überprüften das Trackingsystem *Prozone3* hinsichtlich der Validität von detektierten Richtungs- und Zonenwechsel der Spieler. Die Methodik sah vor, dass die automatisch erfassten Tracking-Daten mit zwei manuellen und unabhängig voneinander durchgeführten Erhebungen verglichen werden. Zur Gewährleistung der Validität der Beobachterergebnisse wurden die zwei manuellen Beobachtungen miteinander verglichen. Gemäß den Autoren (ebd.) sind Richtungswechsel für die Leistungsanalyse sehr interessant, da diese die Beweglichkeitsanforderungen eines Spielers beschreiben und bei abrupten Richtungsänderungen erhöhtes Verletzungsrisiko besteht. Im Zuge der Studie (ebd.) wurden drei jeweils 90° große Richtungssektoren definiert [Anm.: links: -45° bis -135°; rechts: 45° bis 135°; Umkehr: -135° bis 135°]. Da Richtungswechsel nicht linear vollzogen werden, wurden Definitionen aufgestellt. Hierbei konnte eine hohe Urteilerübereinstimmung zwischen den beiden Beobachtern festgestellt werden ($\kappa = 0{,}71$). Hingegen stimmten die Ergebnisse des Tracking und der beiden Beobachter lediglich mäßig überein ($\kappa = 0{,}41$). Die Unterschiede wurden darauf zurückgeführt, dass die Beobachter auch Richtungswechsel in kurzen Zeitabständen (< 1 s) detektierten. Bspw. wurden von den Beobachtern zwei, von *Prozone3* hingegen nur ein Richtungswechsel, erfasst. Beide Beobachter erkannten außerdem im Gegensatz zu *Prozone3* stellenweise keine Richtungswechsel, obwohl diese den Definitionen entsprachen. Weitere Abweichungen traten vorrangig an Sektorengrenzen auf, wobei z.B. die Beobachter eine Umkehr erfassten, *Prozone3* hingegen einen Richtungswechsel nach rechts oder links. Differenzen konnten auch dann beobachtet werden, wenn Spieler im Gehen einen Schritt nach links oder rechts machten, was von den Beobachtern nicht, jedoch von *Prozone3* als Richtungswechsel wahrgenommen wurde (vgl. ebd.).

Die Analyse der Zonenwechsel zielte primär darauf ab, indirekt die räumliche Genauigkeit von *Prozone3* zu überprüfen, da es für Menschen schwierig ist Spielerpositionen exakt anhand von Videoaufnahmen zu bestimmen. Hierfür wurde das Spielfeld in insgesamt 17 Zonen unterteilt sowie der Rasen entsprechend gemäht, damit die einzelnen Zonen auch für die Beobachter gut erkennbar waren. Im Rahmen der Untersuchung wurde der Zeitpunkt eines Zonenwechsels erfasst, wobei die Ergebnisse der beiden Beobachter zu 97 % bzw. zu 99 % bei einer Toleranz von einer Sekunde, übereinstimmten. Zwischen den beiden Beobachtern und *Prozone3* konnte eine Übereinstimmung von 90,9 % sowie 93,9% bzw. bei einer Toleranz von einer Sekunde von 95,7% und 96,7% bestimmt werden. Unterschiede

traten insbesondere dann auf, wenn sich Spieler an Zonenecken aufhielten oder sich entlang einer Zonengrenze bewegten. Differenzen konnten außerdem dann beobachtet werden, wenn Spieler nicht tiefer als einen Meter in eine neue Zone eindrangen (vgl. ebd.).

P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON (ebd.) schlussfolgerten, dass *Prozone3* ausreichend genau für die fortlaufende räumliche Bestimmung von Spielerbewegungen ist. In Anbetracht der Ergebnisse wird die Spielfeldzonierung als bestmögliche Methode angesehen, um die räumliche Genauigkeit zu überprüfen, da scharfe Grenzen rasch von den Beobachtern erkannt werden können. Zudem sei es manuell schwierig anhand einer Videoaufnahme Bewegungsabläufe räumlich zu bestimmen. Hinsichtlich der Richtungswechsel gaben die Autoren (ebd.) an, dass *Prozone3* in der Lage ist, Bewegungen räumlich ausreichend genau zu bestimmen, da die beobachteten Diskrepanzen den beiden Beobachtern geschuldet waren, da diese Richtungswechsel nicht immer als solche erkannten.

C. CARLING et al. ([CARb-08]) geben darüber hinaus zu bedenken, dass das Grundproblem darin besteht, dass es keine Evaluationsstandards für Time-Motion-Analysis-Systeme gibt. Daher sind Fragen nach der Gültigkeit derartiger Untersuchungen zwingend. Nichtsdestotrotz bieten Studien, insbesondere jene von V. DI SALVO et al. ([DISa-06], [DISd-09]) oder P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]) die Möglichkeit, die Genauigkeit derartiger Systeme einzuschätzen. Es gilt jedoch zu beachten, dass in den angeführten Studien ausschließlich die Genauigkeit spielerbezogener Datenpunkte hinterfragt wurde. Wie genau hingegen die Bewegung des Balls erfasst wird ist unklar. Anhand der zur Verfügung gestellten Daten konnten allerdings keine Auffälligkeiten beobachtet werden, da der Ball stets eng am ballführenden Spieler erscheint. Daher wird angenommen, dass die räumliche Genauigkeit des Balls jener der Spieler ähnelt. Dies ist zwar zur Entscheidungsfindung bei strittigen Szenen unzureichend, jedoch zur Analyse des raumzeitlichen Gefüges hinlänglich.

6.3.2 Erhebungsmethodik und raumzeitliche Genauigkeit von Event-Daten

Nachdem in Abschnitt 6.1 Event-Daten bereits in Grundzügen charakterisiert wurden, ist es an dieser Stelle der vorliegenden Forschungsarbeit notwendig, deren Erfassungsmethodik und Genauigkeit, exemplarisch anhand der Daten von *ProzoneSports* zu untersuchen.

- Erhebungsmethodik

Je nach aktueller Arbeitsauslastung werden die Event-Daten von *ProzoneSports* nach dem Spiel von bis zu fünf Mitarbeitern vollständig manuell erfasst ([KOT-15b]), wobei die unternehmenseigene Software *MatchViewer* verwendet wird ([BRAc-07]). Dabei werden die Videoaufzeichnungen des Spiels gleichmäßig unter den Spielbeobachtern aufgeteilt, die in Schritten von Zehntelsekunden die Aufnahmen auf relevante Aktionen durchsuchen (ebd.). Dabei steht ein Kriterienkatalog zur Verfügung, in dem sämtliche Events klar definiert sind ([KOT-15b]) Zu diesem Zweck werden häufig zusätzlich TV-Mitschnitte herangezogen, die vergrößerte und ballorientierte Aufnahmen liefern (ebd.). Wird eine bestimmte Aktion als

eingetragenes Event erkannt, wird dieses gemäß den Vorgaben kategorisiert und mit zusätzlichen Attributen versehen ([BRAc-07]). Bspw. kann ein Pass als Flanke deklariert und dabei der verwendete Fuß notiert werden. Während der Zeitpunkt eines Events automatisch übernommen wird, wird dieses vom Beobachter auf einem virtuellen Spielfeld manuell positioniert. Diese Methode weist eine vergleichsweise hohe Fehleranfälligkeit auf (ebd.).

Zur Fehlerminimierung sieht die Erfassungssoftware u.a. logische Abfolgen bestimmter Events vor (ebd.). Z.B. ist es nach Überqueren des Balls der Tor- oder Seitenlinie nicht möglich, im Anschluss daran eine Ballaufnahme des Torhüters zu verzeichnen. Des Weiteren werden erfolgreiche und missglückte Pässe automatisch anhand der Attribute darauffolgender Events kategorisiert (ebd.). Gleichzeitig sind Abänderungen oder Aktualisierungen jederzeit während des gesamten Erhebungsprozesses möglich. Im Sinne der Qualitätskontrolle wird das Ergebnis abschließend von einem weiteren Mitarbeiter überprüft ([BRAc-07], [KOT-15b]). Auf diese Weise werden durchschnittlich pro Spiel 2.000 bis 3.500 Events nicht nur registriert und kategorisiert, sondern auch raumzeitlich verortet ([KOT-15b]). Analog zu Tracking-Daten können Event-Daten für externe Anwendungen als *xml-File* bereitgestellt werden. Im direkten Vergleich ist jedoch die durchschnittliche Dateigröße für komplette Event-Spieldatensätze mit rund 1,5 MB um ein Vielfaches kleiner (ebd.).

- Raumzeitliche Genauigkeit der Daten

Die bisherigen Ausführungen geben Grund zur Annahme, dass die Erfassung und Kategorisierung von Event-Daten fehleranfällig und daher ungenau ist. Aufgrund der manuellen Durchführung können subjektive Einflüsse nicht ausgeschlossen werden ([BRAc-07], [KOT-15b]), weswegen die Zuverlässigkeit der Daten in Frage gestellt wird ([BRAc-07]). Diesbezüglich betonen die Mitarbeiter von *ProzoneSports*, dass es sich hierbei dennoch um einen objektiven Datenerhebungsprozess handelt ([KOT-15b]), da zum einen die Mitarbeiter entsprechend geschult werden und zum anderen ein ausführlicher Event-Katalog für die Kategorisierung vorliegt.

P. BRADLEY et al. ([BRAc-07]) führten hierzu eine Untersuchung der Reliabilität der Event-Daten durch. Dabei wurden die Resultate zweier Datenerfassungsteams zu je vier Mitarbeitern und einem Teamleiter verglichen. Die Studie kam zum Ergebnis, dass insgesamt 95 % der eingetragenen Events beider Beobachtergruppen übereinstimmten. Zeitlich gesehen lag der durchschnittlich absolute Fehler lediglich bei 0,007 s. In 99,3 % aller Fälle [Anm.: von insgesamt 2.552 Events] konnte eine starke Übereinstimmung ($\kappa = 0{,}990$) zwischen den Ergebnissen beider Gruppen festgestellt werden. Hinsichtlich der räumlichen Genauigkeit lag der durchschnittliche Fehler bei 3,6 m, wobei in 95 % aller Fälle idente Events im Umkreis von 8,5 m eingetragen wurden. Derartige Fehler sind gemäß den Autoren (ebd.) auf die Kamerapositionen und den Aufnahmewinkeln zurückzuführen. Die größten raumbezogenen Fehler traten außerhalb des Strafraums auf, da in diesen Bereichen die

Spielfeldmarkierungen weniger dicht sind. Angesichts der räumlichen Ungenauigkeit der Daten kann festgehalten werden, dass Event-Daten räumlich zu ungenau für GIS-Analysen sind. Dieser Umstand kann jedoch durch attributive Verknüpfungen mit Tracking-Daten relativiert werden. Zudem müssen die Ergebnisse von P. BRADLEY et al. (ebd.) auch im zeitlichen Kontext betrachtet und interpretiert werden, da die Studie bereits im Jahr 2007 veröffentlicht wurde. Nach Aussage eines Mitarbeiters von *ProzoneSports* wird mittlerweile die räumliche Information der Trajektorie des Balls im Zuge der Erfassung der Event-Daten herangezogen, da die Systeme *Prozone3* und *MatchViewer* kompatibel sind ([KOT-15b]).

Die Studie von P. BRADLEY et al. ([BRAc-07]) zeigt außerdem, dass die Reliabilität zwischen den Beobachtern sehr hoch ist und beide Beobachtergruppen hochgradig übereinstimmende Ergebnisse lieferten. Dies führen die Autoren (ebd.) auf die exzellente Mitarbeiterausbildung zurück. Dennoch konnten bestimmte Fehler registriert werden. Bspw. gab es Unstimmigkeiten bei Spielsituationen, in denen eine Beobachtergruppe eine zusammenhängende Aktion erkannte, währenddessen die Vergleichsgruppe zwei Events erfasste. Ferner wurden Events entweder übersehen oder doppelt verzeichnet (ebd.). Zwar bietet *MatchViewer* für doppelte Einträge u.dgl. automatische Korrekturmaßnahmen, womit jedoch keine Garantie zur korrekten und lückenlosen Erfassung aller Aktionen gegeben werden kann (ebd.). Das Resümee von P. BRADLEY et al. (ebd.) fiel folgendermaßen aus: *„A very good strength of inter-observer agreement was achieved for event, player 1 and 2 involvement. This should be viewed as sufficiently reliability for use of this system in both academic and coaching contexts. […] Furthermore, since this system provides acceptable levels of error for event time and position, this gives the coach the opportunity to provide detailed analysis of technical elements that occur in games and therefore improve the quality of feedback provided to the players.“* Die Ergebnisse von P. BRADLEY et al. (ebd.) lassen darauf schließen, dass trotz der weitgehend manuellen Datenerfassung, zuverlässige und raumzeitlich akzeptable Event-Daten erhoben werden.

6.3.3 Fazit

Die bisherigen Ausführungen zeigen, dass sowohl Tracking-, als auch Event-Daten von *ProzoneSports* in ausreichender raumzeitlicher Genauigkeit sowie in hinreichender Quantität vorliegen. Obwohl keine Evaluationsstandards existieren ([CARb-08]), sind die Ergebnisse von V. DI SALVO et al. ([DISa-06], [DISd-09]) und P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]) sowie P. BRADLEY et al. ([BRAc-07]) vielversprechend. Angesichts der Aufnahmerate bei Tracking-Daten von 10 fps bis max. 25 fps sowie einem durchschnittlichen Fehler von 0,007 s bei Event-Daten, ist die Genauigkeit der zeitlichen Komponente der Daten ausreichend. Räumlich gesehen kann zwar nicht mit absoluter Sicherheit bestimmt werden, ob der Ball die Torlinie überquerte, die Genauigkeit der Spielerbewegungen ist jedoch in Anbetracht des durchschnittlichen Fehlers von 0,05 m – 0,23 m befriedigend für die Analysen des dynamisch raumzeitlichen Spielgefüges.

6.4 Klassifikation im Sinne der Geoinformation

Aus fachinterner Sicht handelt es sich bei Tracking- und Event-Daten um punkthafte Vektordaten, die im Kontext von *ArcGIS* als *Point Features* zu bezeichnen sind ([MIT-12]). Hierbei handelt es sich laut A. MITCHELL (ebd.) um punkthaft in Erscheinung tretende Objekte, die durch Angabe eines Koordinatenpaares räumlich verortet werden. M. ZEILER u. J. MURPHY ([ZEI-10]) bezeichnen *Point Features* als *„... small features and locations where measurements are made."* Bezogen auf Tracking-Daten trifft diese Definition eindeutig zu, da Trajektorien der Spieler, des Balls und ggf. des Schiedsrichterteams erfasst werden. Hingegen beziehen sich Event-Daten streng genommen nicht auf Messungen (*measurements*), sondern auf Festlegungen.

Punktdaten stellen die Grundlage fußballspezifischer Geodaten dar, die auch zur Erzeugung kontextbezogener linien- und flächenhafter Objekte [Anm.: Gemäß A. MITCHELL ([MIT-12]) als *Line Features* und *Polygon Features* bezeichnet.] verwendet werden können ([KOT-15b]). Z.B. können Trajektorien, die durch objektspezifische Punktwolken repräsentiert sind, anhand linearer Interpolationen (siehe Formel 1) zwischen den einzelnen Punkten unter Berücksichtigung des Zeitstempels linienhaft dargestellt werden (ebd.). Exemplarisch dafür ist in Abb. 32 ein Ausschnitt des Ballpfades einerseits anhand der originalen Punktdaten sowie anderseits als zusammenhängendes *Line Feature*, abgebildet.

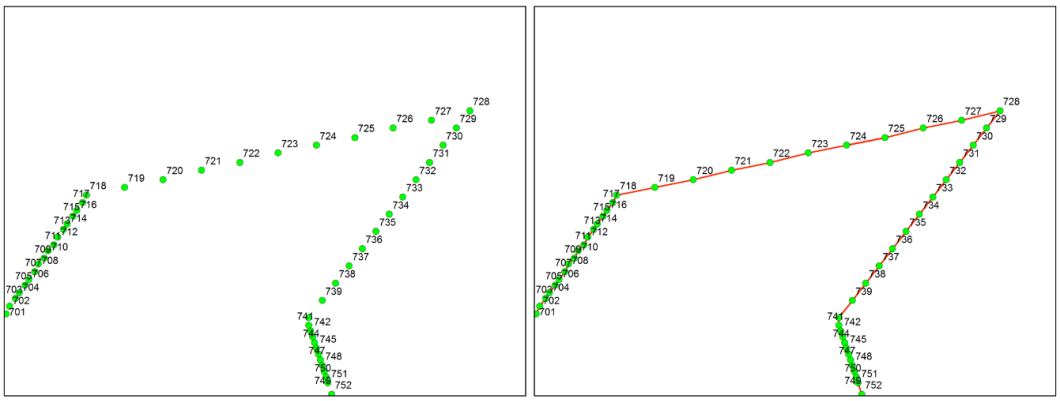


Abb. 32: Ausschnitt einer Darstellung der Bewegung des Balls: Originale Punktdaten (links) sowie Punktdaten und auf Basis derer generiertes Line Feature (rechts)

Aufzeichnungsraten von 10 fps ermöglichen flüssige Darstellungen der Laufwege. Zusätzlich kann der Pfad des Balls mit den Punktdaten der Spieler verschnitten werden, um etwa dynamische Zonierungen des Spielfeldes vorzunehmen (ebd.). Ferner ist es theoretisch möglich, anhand der zur Verfügung stehenden Daten ein geometrisches Netzwerk aufzubauen, das gemäß A. MITCHELL ([MIT-12]) einem speziellen Typ von Vektordaten entspricht. Des Weiteren können Punkte gleicher attributiver Ausprägung zu Flächen interpoliert werden ([KOT-15b]), um etwa Mannschaftsflächen zu bestimmten Zeitpunkten oder Zeitabschnitten zu erstellen. Wie in Abb. 33 dargestellt, können die dabei resultierenden Polygone für weiterführende Analysen verwendet werden, um bspw. Räume numerischer Unter- bzw. Überzahl zu ermitteln (ebd.).

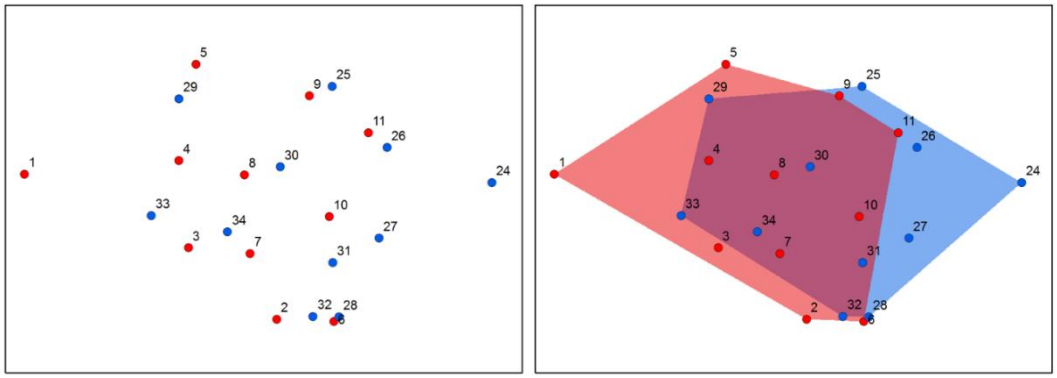


Abb. 33: Momentaufnahme aller Spielerpositionen: Originale Punktdaten (links) sowie inkl. daraus interpolierter Mannschaftsflächen (rechts)

Abgesehen vom Koordinatenpaar (X|Y) umfassen fußballspezifische Geodaten weitere Attribute ([KOT-15b]), die laut A. MITCHELL ([MIT-12]) deskriptive Informationen über geographische Objekte darstellen. Ohne diese Eigenschaften wäre es nicht möglich, Spieler voneinander zu unterscheiden. Zudem wird ebenfalls die zeitliche Komponente in Form eines Zeitstempels und/oder als fortlaufender Frame als Attribute bereitgestellt, wodurch raumzeitliche Analysen überhaupt ermöglicht werden. Während der Zeitstempel ein metrisches Skalenniveau aufweist, ist die Mehrzahl der zur Verfügung stehenden Attribute nominalskaliert, weswegen oftmals lediglich qualitative Unterscheidungen einzelner Objekte möglich sind (vgl. [KOT-15b]).

Obwohl sich Tracking- von Event-Daten rein technisch gesehen zwar nicht unterscheiden, ist eine gesonderte Betrachtung von Tracking-Daten dennoch empfehlenswert. Wie der Name bereits verrät handelt es sich um Trajektorien, die gemäß der Taxonomie von S. DODGE et al. ([DOD-08]) als *Moving Point Objects* (MPO) bezeichnet werden können. Formal gesehen sind es Punktdaten, bestehend aus X/Y-Koordinaten, die fortlaufend erfasst werden. Gleichzeitig wird für jedes Koordinatenpaar ein Zeitstempel generiert, der die einzelnen Punkte miteinander in Beziehung setzt sowie diese chronologisch ordnet ([SES-15]). Die dabei entstehenden Pfade können laut S. DODGE et al. ([DOD-08]) entweder unterbrochen oder kontinuierlich sein. Bezogen auf die zur Verfügung gestellten Tracking-Daten kann festgehalten werden, dass zwar die Halbzeiten eine Unterbrechung darstellen, die Spielerpfade innerhalb dieser Perioden jedoch kontinuierlich sind. Hingegen kann der Pfad des Balls in Abhängigkeit des Trackingsystems stellenweise unterbrochen sein, wenn bspw. der Ball aus den Aufnahmebereich geschossen wird und gleichzeitig nicht zwischen dessen zuletzt bekannten Position und der Position seines Wiedereintretens in das Aufnahmefenster interpoliert wird.

M. SESTER et al. ([SES-15]) betonen hierzu, dass aufgrund der Beziehung zwischen einzelnen Punkten nicht nur die Bewegung eines Objektes, sondern auch dessen Verhalten widergespiegelt wird. Dieses wird entweder durch die Umwelt oder bestehende Regeln eingeschränkt. S. DODGE et al. ([DOD-08]) nennen neben der Umwelt drei weitere Einflussfaktoren: 1) die innewohnenden Eigenschaften des Objektes, 2) räumliche Einschränkungen

sowie 3) Einflüsse anderer Objekte. In Hinblick auf fußballspezifische Geodaten ist die Definition von M. SESTER et al. ([SES-15]) treffend. Hinsichtlich der Einflussfaktoren auf Bewegung und Verhalten der Spieler sind kontextbezogen die Regeln in Form des Regelwerks, zu denen auch die räumlichen Restriktionen gezählt werden können sowie die Eigenschaften der Akteure und die Einflüsse der Mit- und Gegenspieler, am bedeutendsten.

S. DODGE et al. ([DOD-08]) klassifizierten Bewegungsmuster nach generischen und verhältnismäßigen Aspekten, wobei erstere primitiv oder zusammengesetzt sein können. In Anbetracht der Charakteristika fußballspezifischer Tracking-Daten kann eine eindeutige Zuordnung gemäß der Klassifikation von S. DODGE et al. (ebd.) nicht vorgenommen werden, da die Daten sowohl generischen, als auch verhaltensmäßigen Mustern zugeordnet werden können. Treten bewegliche Objekte, wie bspw. Spieler in Kontakt, sind deren Beziehungen zueinander zu berücksichtigen. Beide Mannschaften können gemäß S. DODGE et al. (ebd.) als Gruppen verstanden werden, die sich durch interne funktionale Beziehungen auszeichnen. Das Gruppenverhalten kann ferner eingeteilt werden in das momentan kollektive Verhalten zu einem bestimmten Zeitpunkt sowie in das dynamisch kollektive Verhalten bezogen auf Zeitspannen [Anm.: Im Original als *„momentary collective behavior“* (MCB) bzw. *„dynamic collective behavior“* (DCB) bezeichnet (ebd.)].

Sowohl C. KANG et al. ([KAN-06]), als auch J GUDMUNDSSON et al. ([GUDb-12]) heben hervor, dass durch Trajektorien nicht nur Bewegungen, sondern auch das individuelle und kollektive Spielerverhalten widergespiegelt werden. Dies wiederum ermöglicht Rückschlüsse auf die zugrundeliegende Strategie, da das Verhalten in bestimmten Spielsituationen beobachtet werden kann. Diesbezüglich unterscheiden C. KANG et al. ([KAN-06]) zwischen den Begriffen *motion* und *movement*, die im Deutschen oftmals synonym für *Bewegung* verwendet werden. Mit *movement* ist in diesem speziellen Kontext die Fortbewegung gemeint, die sich durch dynamische X/Y-Koordinaten ausdrückt. Hingegen bezeichnet *motion* die dabei vollzogene Tätigkeit, wie etwa Richtungswechsel, Dribblings, etc. und liefert somit Auskunft über das Spielerverhalten.

Des Weiteren geben J GUDMUNDSSON et al. ([GUDb-12]) zu bedenken, dass innerhalb der Kartographie und Geoinformation der Umgang mit raumzeitlich dynamischen Daten lange Zeit diffizil war. In ihrem Artikel beschreiben die Autoren (ebd.) eine neue Art dynamischer Geoinformation, die im Kontrast zu den statischen geometrischen Grundprimitiva Punkte, Linien und Flächen steht. Bei fußballspezifischen Tracking-Daten stellt sich die Herausforderung, dass der potenzielle Ausbreitungsraum von maximal 26 Objekten auf eine Fläche von 7.140 m² beschränkt ist und Aufnahmefrequenzen von bis zu 25 fps vorliegen. Dadurch kommt es über die Spielzeit hinweg zwangsweise zu räumlichen Überlagerungen einzelner Trajektorien, was Fragen zur Visualisierung aufwirft. Unabhängig des Darstellungsraums sind aufgrund der Datenmenge Segmentierungen und/oder Klassifizierungen erforderlich (ebd.). Entsprechende Maßnahmen sind allerdings auch in Hinblick auf

konkrete Fragestellungen bzw. Analysen zu erwägen. In welcher Art und Weise diesen Problemstellungen im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit entgegnet wird, wird in den betreffenden Kapiteln thematisiert. Diesbezüglich sei abschließend auf die Studie von U. DEMŠAR et al. ([DEMb-15]) als weiterführende Literatur hingewiesen, in der bezogen auf Trajektorien unterschiedliche Analyseansätze und Visualisierungsvarianten thematisiert werden.

6.5 Integration fußballspezifischer Geodaten in ArcMap

Nach Charakterisierung und Klassifikation fußballspezifischer Geodaten allgemein sowie speziell im Hinblick auf die Daten von *ProzoneSports* ist es Zeit, die Integration von Tracking- und Event-Daten in ein GIS zu thematisieren. Hierzu werden zunächst allgemeine Voraussetzungen zur Datenintegration erläutert und anschließend die Modellierung eines Fußballfeldes in *ArcMap 10.2/3* beschrieben. Des Weiteren wird der ausgeführte GIS-gerechte Datenaufbereitungsprozess offengelegt sowie abschließend die Dateneinbindung in eine Geodatenbank erörtert.

6.5.1 Allgemeine Voraussetzungen

Der Begriff *fußballspezifische Geodaten* impliziert das Vorhandensein eines eindeutig definierten Raumbezugs (siehe Abschnitt 3.3), womit zugleich die Grundvoraussetzung zur Integration in GIS gegeben ist ([LON-05]). Das bloße Vorhandensein eines Raumbezugs is allerdings nicht ausreichend, sofern darüber keine weiteren Details vorliegen. Eine erfolgreiche Datenintegration verlangt, dass sowohl der Koordinatenursprung (0|0) des lokalen ebenen Koordinatensystems, als auch die räumliche Domäne sowie die Maßeinheiten der Tracking- und Event-Daten bekannt sind. Bei *ProzoneSports* werden die Koordinaten der Tracking-Daten in Dezimeter und jener der Event-Daten in Zentimeter angegeben. Ferner befindet sich deren gemeinsamer Koordinatenursprung im Zentrum des Spielfeldes, dessen Dimension sich an der internationalen Normgröße der FIFA von 105 m x 68 m orientiert. (siehe Abb. 31). Da diese Parameter von den Spezifikationen der Datenanbieter abhängig sind, sind Kenntnisse darüber für den Prozess der Datenintegration von außerordentlicher Bedeutung. Darüber hinaus muss zur Automatisierung der Datenaufbereitung und -integration die unternehmensinterne Datenstruktur bekannt sein ([KOT-15b]). Somit ist es unumgänglich maßgeschneiderte Lösungen zu finden.

6.5.2 GIS-gerechte Datenaufbereitung

Erneut muss betont werden, dass es nicht *den* gültigen, richtigen oder empfehlenswerten Ansatz zur GIS-gerechten Aufbereitung fußballspezifischer Geodaten gibt. Fragen nach richtig oder falsch sind belanglos, da das Ergebnis im Vordergrund steht. Die Systemauswahl sowie die Festlegung bestimmter Arbeitsschritte sind von vielen Faktoren abhängig, wie etwa von der Charakteristik der zur Verfügung stehenden Daten. Der Wissensstand und die methodisch-inhaltliche Erfahrung sowie etwaige Präferenzen für Softwareprodukte

nehmen entscheidenden Einfluss auf den Datenaufbereitungsprozess. Der Verwendungszweck muss dabei stets berücksichtigt werden, weswegen im Folgenden ausschließlich der für diese Forschungsarbeit als praktikabel angesehene Ansatz beschrieben wird. Eine komprimierte Zusammenfassung darüber kann bei G. KOTZBEK u. W. KAINZ ([KOT-15b]) nachgelesen werden. Da der darin beschriebene Prozess stellenweise aufgrund der steten Weiterentwicklung des *Match Data Preparation* Tools als veraltet anzusehen ist, ist es nicht nur aus Gründen der Vollständigkeit notwendig, den Datenaufbereitungsprozess an dieser Stelle eingehend zu erläutern.

6.5.2.1 Entwurf der Datenstruktur innerhalb von Esri File Geodatabases

Attributive Verknüpfungen zwischen Tracking- und Event-Daten ermöglichen mannigfache Analysen. Daher ist es notwendig, wie in Abb. 34 dargestellt, eine Schnittstelle zwischen beiden Datentypen bereitzustellen. Dafür eignet sich in erster Linie der vorhandene Zeitstempel, oder der davon abgeleitete Frame [Anm.: = Felder *Time_Stamp* bzw. *Frame*].

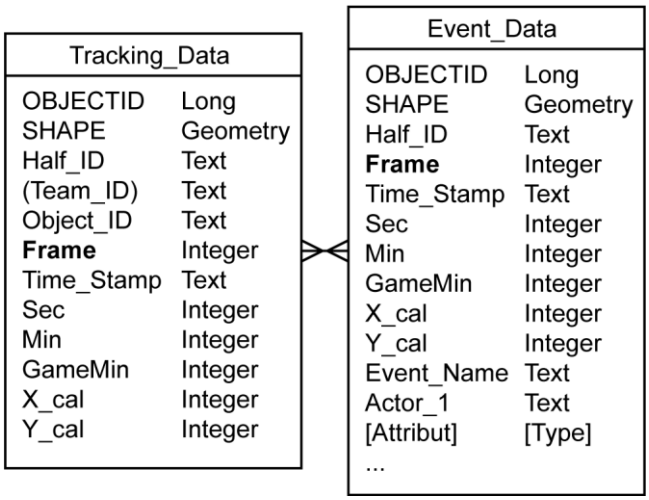


Abb. 34: Schematische Darstellung der Beziehung zwischen Tracking- und Event-Daten

Für die Koppelung der Datensätze wird der *Frame* aufgrund seiner einfachen Struktur bevorzugt, die mit einer besseren Performanz einhergeht. Während der *Time_Stamp* einem Text, wie etwa *2015/01/01 00:05:50.4* gleicht, ist der *Frame* ein Index in Form einer fortlaufenden ganzen Zahl (Integer). Abb. 34 ist eine vereinfachte Darstellung, da genau genommen nicht nur zwei, sondern zumindest 23 einzelne Tracking-Datensätze vorliegen, die alle Spieler und den Ball repräsentieren. Zugleich können Event-Daten ebenfalls als separate Datensätze unterschiedlicher Kategorien vorliegen.

Bereits im Vorfeld der Datenaufbereitung bzw. in Hinblick auf die anschließende Implementierung innerhalb einer oder mehrerer Datenbanken ist es erforderlich, eine zweckmäßige Datenstruktur zu konzipieren. Abb. 35 spiegelt hierzu den ausgearbeiteten graphischen Entwurf der geplanten Datenstruktur wider, der den Einsatz von drei *Esri File Geodatabases* vorsieht. Dabei handelt es sich um das von *Esri* präferierte System zur Verwaltung von Geodaten ([ZEI-10], [NAS-14]). Für M. ZEILER u. J. MURPHY ([ZEI-10]) sind *File Geodatabases* insbesondere für Projekte geeignet, die von Einzelanwendern oder kleinen

Arbeitsgruppen betreut werden. Da dies auf den Bereich der Spielanalysen zutrifft (siehe Abschnitt 7.2.2), wird der Einsatz von *File Geodatabases* als zweckdienlich angesehen. Alle drei in Abb. 35 dargestellten *File Geodatabases* bestehen aus zumindest einem *Feature Dataset*, die mehrere nicht nur thematisch verwandte, sondern auch räumliche benachbarte *Feature Classes* identen Raumbezugs umfassen (ebd.). *Feature Classes* spiegeln geographische Objekte wider, die neben objektspezifischen Attributen auch über räumliche Informationen zur Form und Lage der repräsentierten Objekte verfügen (ebd.). [Anm.: Im Folgenden sind die Begriffe *File Geodatabase* bzw. *Geodatenbank*, *Feature Dataset* und *Feature Class* vereinfacht im Singular und Plural mit den Akronymen GDB, FDS und FC bezeichnet.]

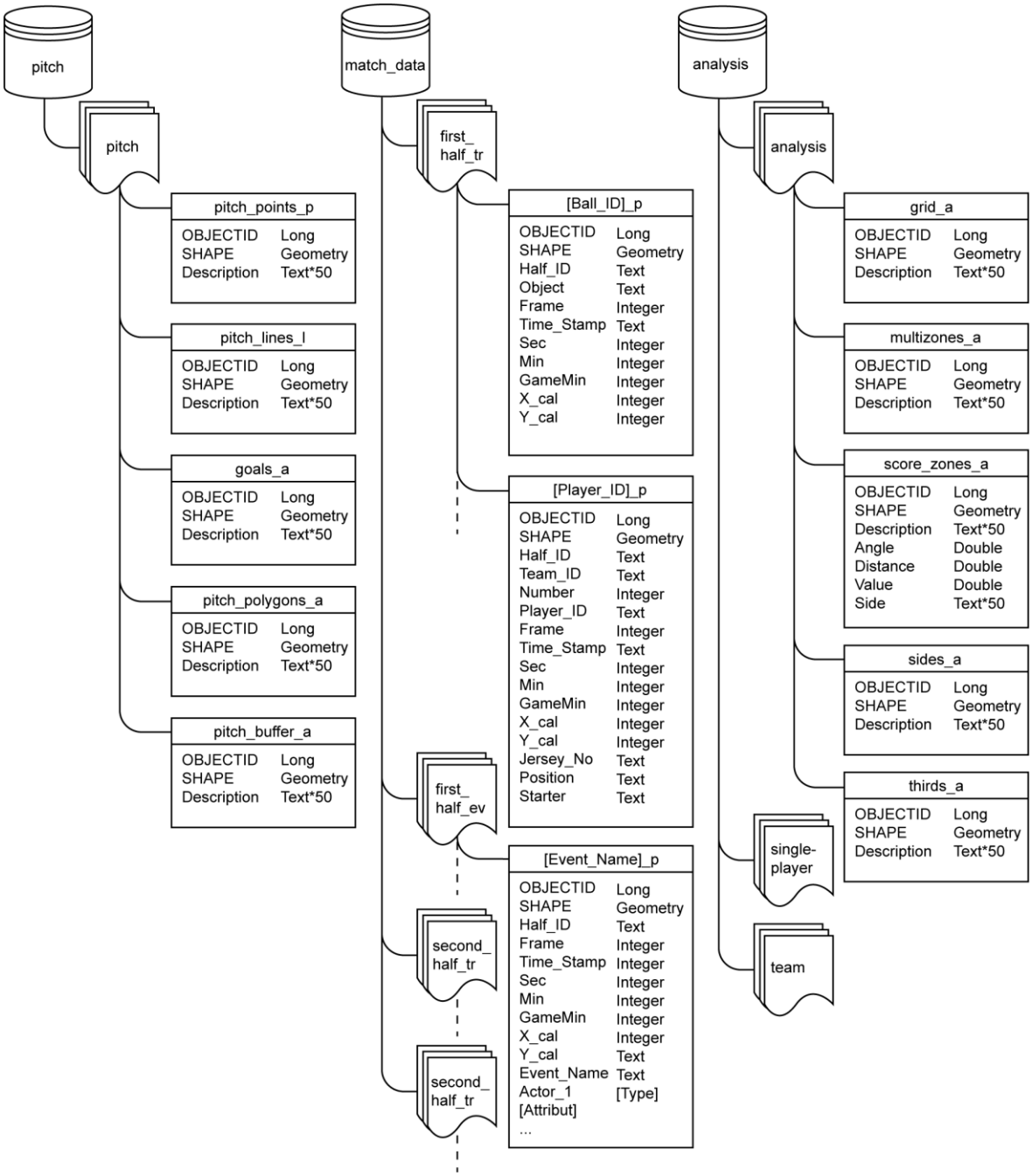


Abb. 35: Entwurf der Datenstruktur basierend auf *Esri File Geodatabases*

Der in Abb. 35 präsentierte Datenbankentwurf sieht vor, dass in der *pitch.gdb* sämtliche spielfeldrelevanten FC innerhalb eines FDS zusammengefasst sind. Während darin Spielfeldzonen, die Tore sowie ein Puffer rund um das Feld als Polygone abgelegt sind, werden die Spielfeldmarkierungen als linienhafte FC gespeichert. Des Weiteren sollen ebenfalls die zur Konstruktion des Spielfeldes verwendeten Punkte als punkthafte FC zur Verfügung stehen. Primär dienen die Elemente der *pitch.gdb* als visuelle Analyseumgebung und räumliche Orientierungshilfe. Bei Bedarf können diese jedoch auch für räumliche Analysen herangezogen werden, um bspw. Strafraumszenen o.dgl. zu untersuchen. Hierzu ist es allerdings empfehlenswert, die betreffenden FC in die *analysis.gdb* innerhalb des gleichnamigen FDS zu importieren, in dem zusätzlich analytische Zonierungsvarianten in Form von *Polygon Features* bereitstehen. Abgesehen davon sind für etwaige Ergebnisse der GIS-gestützten Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse eigene FDS innerhalb der *analysis.gdb* vorgesehen.

Während die Erzeugung der *pitch.gdb* und *analysis.gdb* als optional zu betrachten ist, bildet die *match_data.gdb* das Kernstück der Datenbasis, da darin sämtliche spielrelevanten Daten enthalten sind. Die Konzeption sieht diesbezüglich eine physische Trennung zwischen Tracking- und Event-Daten vor. Zusätzlich sollen die Datensätze gleichermaßen der Originaldaten in zwei Halbzeiten unterteilt werden. Dies ist insbesondere in Hinblick auf die Datenmenge und die damit direkt in Verbindung stehende Performanz sinnvoll. Die physische Segmentierung der Daten soll, wie in Abb. 35 dargestellt, mit FDS realisiert werden, wobei die Trajektorien anhand der *ObjectID* bzw. *Player_ID* in einzelne FC aufgeteilt werden. Die konzipierte Datenstruktur ist deswegen empfehlenswert, da objektbezogene Tracking-Daten für spielerspezifische Analysen erforderlich sind. Zugleich können bei Bedarf gruppierte Trajektorien rasch durch Vereinigung einzelner FC basierend auf einem gemeinsamen Attribut, wie etwa der *Team_ID*, erzeugt werden. Gleiches gilt für Event-Daten, die bezogen auf den Event-Typ in thematisch homogene Einzeldatensätze aufgeteilt werden.

Alternativ zum präsentierten Entwurf, der auf die Verwendung von drei GDB beruht, könnten genauso alle darin vorkommenden FDS innerhalb einer einzigen GDB angeordnet werden. Unabhängig davon sollten alle FDS einen identen Raumbezug aufweisen, um korrekte Analysen und Visualisierungen zu gewährleisten. In weiterer Folge wird die Umsetzung des in Abb. 35 gezeigten Entwurfs beschrieben.

6.5.2.2 Verwendete Systeme

Bereits im Vorfeld der Tool-Entwicklung basierend auf *Python* und *ArcGIS*, musste die Datenstruktur der zur Verfügung gestellten Tracking- und Event-Daten eingehend studiert werden. Wissen über die originäre Datenstruktur ist notwendig, um die darin enthaltenen Informationen zielgerichtet und zweckmäßig zu extrahieren. Dazu können die von *ProzoneSports* bereitgestellten originären *xml-Files* mit herkömmlichen Texteditoren oder als

xml-Tabelle in *MS Excel* ([URL-30]) begutachtet werden. Während beim Öffnen der rund 1,5 MB großen Event-Daten keinerlei Probleme auftraten, bereitete die durchschnittliche Dateigröße der Tracking-Daten von ca. 50 MB vielen Texteditoren Schwierigkeiten. Deshalb wurde der *XML-Editor* von *firstobject* ([URL-35]) verwendet, da dieser spezielle Editor das Arbeiten mit so genannten *big files* (ebd.) ermöglicht und somit für die Untersuchung von Tracking-Daten empfohlen wird.

6.5.2.3 Aufbau und Funktionsweise des *Match Data Preparation* Tools

Im Folgenden werden der Aufbau und die Funktionsweise des entwickelten Datenaufbereitungstools prägnant beschrieben. Der konzipierte Datenaufbereitungsprozess ist schematisch in Abb. 36 illustriert, worin zu erkennen ist, dass sich das entwickelte *Python*-Skript im Zentrum der Anwendung befindet.

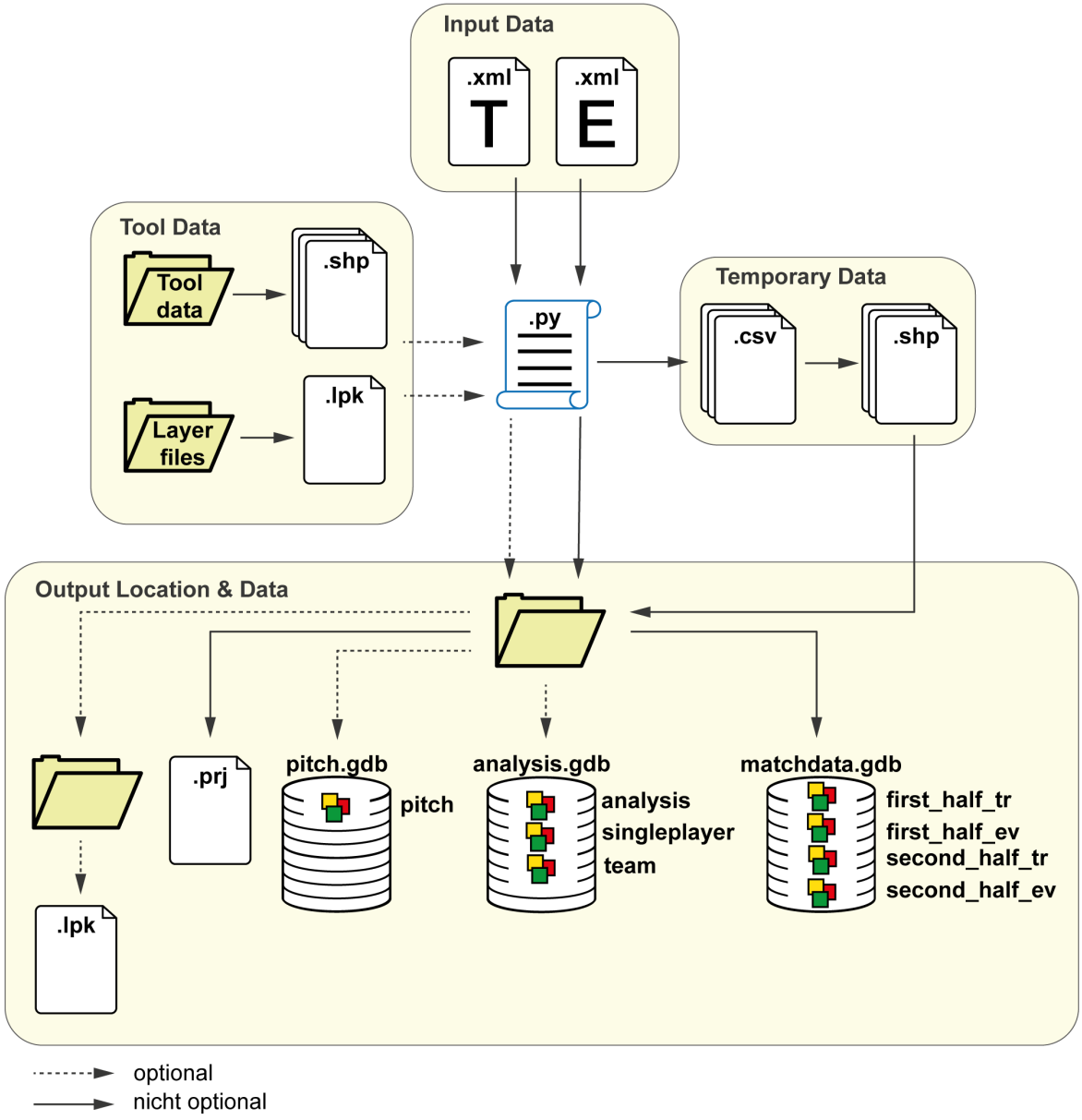


Abb. 36: Schematische Darstellung des GIS-gerechten Datenaufbereitungsprozesses von Tracking- und Event-Daten von *ProzoneSports* ([KOT-15b], modifiziert)

Im Rahmen der Datenaufbereitung wird das Skript nicht *stand-alone*, sondern als ein in *ArcMap* integriertes *Custom Tool* ausgeführt. Das Skript ist Teil eines umfangreichen *script package*, das außerdem optionale Datenaufbereitungs- und Analysewerkzeuge (siehe Kapitel 8, 9 u. 10) sowie die notwendigen Daten zur fakultativen Erstellung eines Spielfeldes enthält. Die Weitergabe dieses *script package* kann entweder als komprimiertes *ZIP-File* [Anm.: siehe Spezifikation unter [URL-54]] oder als *gpk-File* [Anm.: = *geoprocessing package* ([URL-55])] erfolgen. Die Ausführung eines Skripts als *Custom Tool* hat gemäß P. A. ZANDBERGEN ([ZAN-13]) mehrere Vorteile, wie etwa die Möglichkeit zur Evaluation der Eingabeparameter sowie die Integration des Skriptes in ein Modell. Darüber hinaus können nicht nur umfangreiche Dokumentationen über die *Tool Help* bereitgestellt, sondern auch fortlaufend spezifische Nachrichten über den Verarbeitungsprozess ausgegeben werden. Der größte Vorteil wird jedoch darin gesehen, dass von den Anwendern zur Ausführung des Tools keinerlei *Python*-Kenntnisse abverlangt werden. Stattdessen müssen lediglich Eingabeparameter über eine *ArcMap*- Anwendern vertrauten, *Tool Dialog Box* [Anm.: Im weiteren Verlauf vereinfacht im Singular und Plural mit dem Akronym TDB bezeichnet.] eingegeben werden. Die TDB des *Match Data Preparation* Tools ist in Abb. 37 dargestellt.

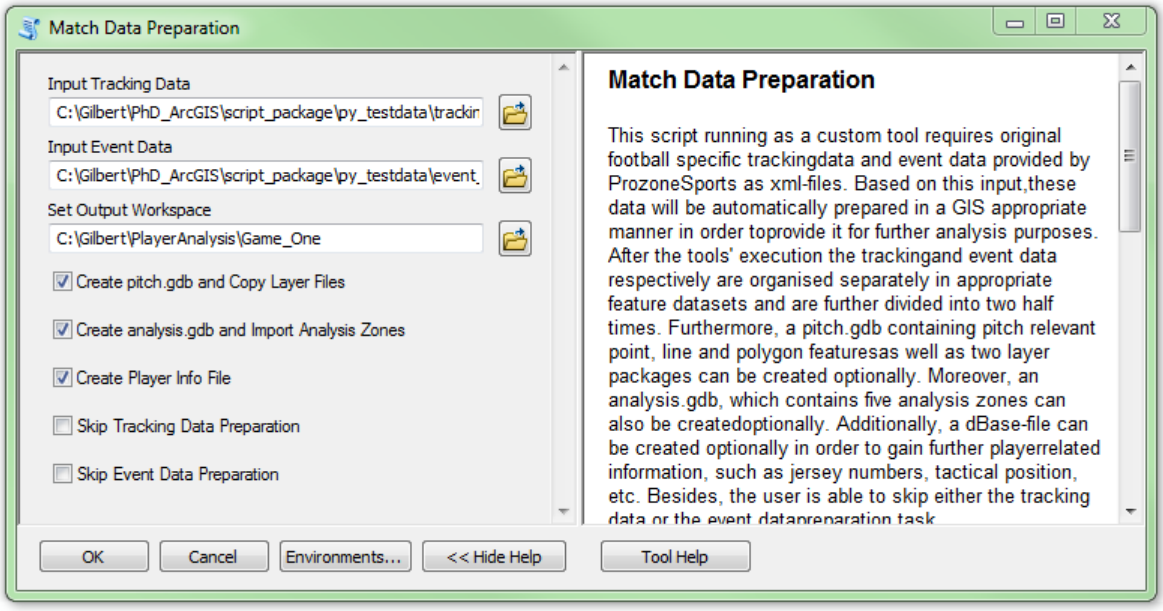


Abb. 37: Tool Dialog Box des *Match Data Preparation* Tools

Die erfolgreiche Ausführung des Skripts erfordert den Import folgender *Python*-Module: *os*, *sys*, *csv*, *xml.etree.ElementTree und shutil*. Das *os*-Modul beinhaltet elementare Funktionen auf Betriebssystemebene, wie etwa das Öffnen von Dateien ([URL-34]), wohingegen das *sys*-Modul Informationen über bestimmte Parameter, Methoden oder Funktionen liefert (ebd.). Mittels des *csv*-Moduls können *csv-Files* [Anm.: Comma-separated values ([URL-32])] gelesen und geschrieben werden (ebd.). Das *xml.etree.ElementTree-Submodul* [Anm.: = Submodul des xml-Moduls] bietet hingegen die Möglichkeit, ein *xml-File* über definierte *Parent-* und *Child-Knoten* zu durchstöbern. Mit Hilfe des *shutil*-Moduls

können ferner unterschiedliche Funktionen zur Datenverwaltung, wie etwa Kopieren und Einfügen, angewandt werden (ebd.). Neben den einzelnen (Sub)Modulen ist der Import des *Arcpy Sitepackage* unumgänglich, da dadurch vollständiger Zugriff zur Funktionalität von *ArcMap* erlangt wird ([URL-36]). [Anm.: Anhang IV bietet eine Übersicht aller implementierten *ArcGIS System Tools*, inkl. einer kurzen Beschreibung und einem Link zur Online Help von *ArcGIS for Desktop*. Zur Vermeidung redundanter Ausführungen über die Funktionalität einzelner *System Tools*, werden in weiterer Folge Informationen darüber im Fließtext lediglich bei erstmaliger Erwähnung des jeweiligen Werkzeuges geboten, sofern die Bezeichnung des Tools nicht selbsterklärend ist.]

Das *Match Data Preparation* Tool umfasst, wie in Abb. 37 erkennbar, insgesamt acht Eingabeparameter, die mit Hilfe der *arcpy*-Funktion *GetParameterAsText* eingelesen werden. Hierzu müssen einerseits die Pfade der originalen Tracking- und Event-Daten im *xml*-Format als *Input Data* sowie andererseits der Pfad des gewählten Arbeitsverzeichnisses angegeben werden. Optional hingegen ist die Erstellung der *pitch.gdb* bzw. der *analysis.gdb* sowie eines *Player Info-File* in Form einer *dBase Table*, das zusätzliche Spielerinformationen wie Rückennummer, taktische Position, etc. enthält. Gemäß M. LAW u. A. COLLINS ([LAW-15]) ist eine *dBase Table* ein weit verbreitetes nicht räumliches Datenformat, das in diesem Fall für attributive Verknüpfungen zu den raumbezogenen Daten verwendet wird. Des Weiteren kann ausgewählt werden, ob der Datenaufbereitungsprozess für Tracking- oder Event-Daten übersprungen werden soll. Sämtliche optionalen Eingabeparameter sind als Boolesche Abfragen vorgesehen.

Unabhängig der Eingabeparameter wird die so genannte *match_data.gdb* mit dem *ArcGIS System Tool CreateFileGDB* erstellt. Darin befinden sich gemäß dem in Abb. 35 dargestellten Entwurfs vier FDS zur physischen Trennung von Tracking- und Event-Daten in zwei Halbzeiten. Dazu wird das *ArcGIS System Tools CreateFeatureDataset* verwendet, wobei der erforderliche Raumbezug aus einem zuvor erstellten *prj-File* [Anm.: = Projektionsdatei] ausgelesen wird. Abb. 38 zeigt hierzu die betreffende Passage des Skriptcodes. Die ausgewählte Projektion entspricht einer Quadratischen Plattkarte, die für die Modellierung des Spielfeldes herangezogen wurde [Anm.: Mehr Informationen darüber sowie eine Begründung der Projektionswahl sind in Abschnitt 6.5.4 enthalten].

```
60  # Define spatial reference
61  prjfile = outputws + "\\spatialref.prj"
62  if not os.path.exists(prjfile):
63      f = open(prjfile, "w")
64      f.write('PROJCS["World_Plate_Carree",GEOGCS["GCS_WGS_1984",
65      DATUM["D_WGS_1984",
66      SPHEROID["WGS_1984",6378137.0,298.257223563]],
67      PRIMEM["Greenwich",0.0],
68      UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
69      PROJECTION["Plate_Carree"],
70      PARAMETER["False_Easting",0.0],
71      PARAMETER["False_Northing",0.0],
72      PARAMETER["Central_Meridian",0.0],
73      UNIT["Meter",1.0]]')
74      f.close()
```

Abb. 38: Definition des Raumbezugs: Ausschnitt aus dem *Match Data Preparation* Skriptcode

Zur Aufbereitung der Tracking-Daten wird zunächst das Event-File geparst, um spielerbezogene Informationen über Trikotnummern, Startformationen und taktische Positionen zu erhalten [Anm.: = Attribute *JerseyNo*, *Starter* u. *Position*]. Die extrahierten Eigenschaften werden in weiterer Folge zusammen mit dem Feld *Player_ID* als Dictionaries für die spätere Attributzuweisung innerhalb mannschaftsspezifischer Listen abgelegt. Soll ein *Player Info-File* erzeugt werden, wird von den Listen ein *csv-File* abgeleitet, das mit dem *ArcGIS System Tool TableToTable* in eine *dBase Table* konvertiert wird [Anm.: Im weiteren Verlauf vereinfacht als *PIdBF* bezeichnet.]. Die *Player_ID* dient hierbei als Primärschlüssel zur attributiven Verknüpfung mit den Tracking-Daten.

Da die zur Verfügung gestellten Tracking-Daten die Laufwege des Schiedsrichtergespanns nicht beinhalten, wurden diese im Zuge der Entwicklung des *Match Data Preparation* Tools nicht berücksichtigt. Daher werden lediglich drei statt vier Objektlisten erstellt, in denen die Attribute der Trajektorien des Balls sowie beider Teams getrennt voneinander abgelegt werden. Neben den aus dem Event-File extrahierten Feldern werden zusätzlich zur *Half_ID*, *Team_ID* und *Player_ID* die von *ProzoneSports* vergebene spielerbezogene *Number*, der *Frame* sowie die zeitlichen Angaben *Sec*, *Min* und die daraus berechnete *GameMin* in die Listen gespeichert. Gleichzeitig wird aus *Sec* und *Min* ein *ArcGIS* konformer *Time_Stamp* im Textformat *YYYY/MM/DD/hh/mm/ss.s* abgeleitet. Die wichtigsten Attribute sind jedoch die berechneten X/Y-Koordinaten, *X_cal* und *Y_cal*. Eine Umrechnung ist deshalb notwendig, da sich die originalen Maßeinheiten der Koordinaten von jenen des modellierten Spielfeldes unterscheiden (siehe Abschnitt 6.5.4). [Anm.: Tab. 3 am Ende der Beschreibung des Datenaufbereitungsprozesses beinhaltet eine Auflistung aller extrahierten Attribute, inkl. einer Kurzbeschreibung.]

Das ausgewählte Tracking-Datafile wird danach mit mehreren *for*-Schleifen durchlaufen. Dabei werden bei jeder Iteration unter Angabe bestimmter *if*-Bedingungen Attribute pro *Frame* als Liste zusammengefasst extrahiert und der zutreffenden Objektliste angehängt. In diesem Sinne können die Objektlisten als Tabellen verstanden werden, innerhalb derer zeitbezogene Datensätze in Form weiterer Listen zeilenweise hinzugefügt werden. Während die Objektliste des Balls ausschließlich ein Objekt enthält, dienen die mannschaftsspezifischen Objektlisten als Container für spielerspezifische Listen, die nach einem vollständigen Durchlauf entleert werden. Unter Berücksichtigung etwaiger Aus- und Einwechslungen können pro Halbzeit maximal 29 verschiedene Objektlisten erstellt werden.

Daraus werden *csv-Files* abgeleitet, die zur Erstellung von *shp-Files* [Anm.: *Esri Shapefile*, ([URL-33])] herangezogen werden. Dazu ist es allerdings zuvor notwendig, mit dem *ArcGIS System Tool MakeXYEventLayer* auf Basis der extrahierten X/Y-Koordinaten ein *Layer File* zu erstellen, das zur Konvertierung in ein *shp-File* unter Einsatz des *ArcGIS System Tools FeatureClassToFeatureClass* dient. Das *shp-File* des Balls wird außerdem mit dem *ArcGIS System Tool DeleteField* von irrelevanten Spielerattributen bereinigt. Danach

werden die *shp-Files* mit dem *ArcGIS System Tool CopyFeatures* in die dafür vorgesehenen FDS der *match_data.gdb* kopiert, woraufhin die nicht mehr benötigten *csv-* und *shp-Files* mittels des *os*-Befehls *remove* bzw. mit dem *ArcGIS System Tool Delete* gelöscht werden. Die objektbezogenen Trajektorien stehen ab diesem Zeitpunkt getrennt nach Halbzeiten als punkthafte FC innerhalb der konzipierten Geodatenbankstruktur zur Verfügung.

Zur eindeutigen Identifikation der Daten setzten sich die Bezeichnungen der FC aus einer Reihe bestimmter Attribute zusammen [Anm.: = *{Half_ID}_{Team_ID}{JerseyNo}_{Position}_{Starter}* für Spieler sowie *{Half_ID}_Ball* für den Ball.] Die gewählte Benennungsweise ist aus zweierlei Sicht praktikabel. Einerseits werden dadurch elementare objektbezogene Informationen redundanzfrei gespeichert und andererseits sind zielgerichtete Selektionen rasch realisierbar. *Half_ID* und *Team_ID* können lediglich zwei Werte annehmen, *1* und *2* bzw. *A* und *B* in Abhängigkeit der Halbzeit bzw. Mannschaft. Die *Team_ID* stellt in Kombination mit *JerseyNo* eine eindeutige Spieleridentifikation dar. *Position* kann hingegen für etwaige Bündelungen taktischer Gruppen, wie etwa Defensive, Mittelfeld und Offensive herangezogen werden. Der Domäne von *Starter* ist auf die Werte *ST* oder *SF* [Anm.: = Starter True bzw. Starter False] beschränkt, womit Einwechselspieler rasch detektiert werden können.

Tab. 2 bietet eine Übersicht über die einzelnen taktischen Positionen und deren Zuordnung zu Formationsgruppen. Allerdings ist diese Auflistung höchstwahrscheinlich unvollständig, da die Informationen dazu lediglich aus den zur Verfügung gestellten Spieldatensätzen extrahiert wurden.

Kürzel	Bezeichnung	Formationsgruppe
GK	Goalkeeper	Tor
CDL	Central defender left	Defensive
CDR	Central defender right	
WDL	Wide defender left	
WDR	Wide defender right	
HCML	Holding central midfielder left	Mittelfeld
HCMR	Holding central midfielder right	
WML	Wide midfielder left	
WMR	Wide midfielder right	
CM	Central midfielder	
SCF	Supporting centre forward	
CFL	Centre forward left	Offensive
CFR	Centre forward right	
CF	Centre forward	

Tab. 2: Taktische Positionen und deren Zugehörigkeit zu Formationsgruppen

Die Aufbereitung von Event-Daten verläuft im Wesentlichen ähnlich jener der Tracking-Daten. Hierzu muss allerdings nur eine Objektliste als Container für die zu extrahierenden Attribute erstellt werden. Diesbezüglich wird zwischen Basisattributen und spezifischen Eigenschaften unterschieden. Als elementar werden die Felder *Half_ID*, *Frame*, *Time_Stamp*, *Sec*, *Min*, *GameMin*, *X_cal*, *Y_cal*, *Event_Name* sowie *Score* und

Red_Cards angesehen, die für alle Events vorliegen. Konträr dazu treten bspw. die Attribute *Duel_Type*, *Behaviour* oder *Body_Type* nur bei bestimmten Aktionen auf.

Analog zur Datenaufbereitung von Tracking-Daten wird das ausgewählte Event-Datafile mehrmals von *for*-Schleifen in Kombination mit *if*-Bedingungen durchlaufen, im Zuge dessen spezifische Informationen zeilenweise in die Objektliste abgelegt werden. Gleichfalls dient diese als Basis für die Erzeugung von *csv-Files* bzw. *shp-Files*. Nach Integration der Event-Daten in die bestehende Datenbankstruktur, werden aktionsabhängig überflüssige Attribute gelöscht. Bspw. tritt die Eigenschaft *Hits_Post* [Anm.: = Stangenschuss] beim Event *Substitution* [Anm.: = Auswechslung] nicht auf und kann deshalb für dieses Ereignis entfernt werden.

Nach erfolgreicher Datenaufbereitung stehen alle aufgezeichneten ballbezogenen und nicht-ballbezogenen Events als separate punkthafte FC, getrennt nach Halbzeiten in den dafür vorgesehenen FDS zur Verfügung. Pro Halbezeit wird außerdem eine aus den Basisattributen bestehende punkthafte FC sämtlicher Events erstellt, die als chronologische Übersicht herangezogen werden kann.

Abschließend bietet, wie zuvor in diesem Abschnitt erwähnt, Tab. 3 einen Überblick aller aus den originären Daten extrahierten (Basis)Attribute, die das inhaltliche Grundgerüst der GIS-gerecht aufbereiteten Tracking- und Event-FC bilden.

		Bezeichnung	Datentyp	Beschreibung
Tracking-FC		Half_ID	LONG	Angabe der Halbzeit durch die Zahlen 1 und 2
		Player_ID*	LONG	Eindeutige Identifikation eines Spielers basierend auf einen sechsstelligen Code. (* Tritt nicht bei der Ball FC auf)
	Event-FC	Frame	LONG	Fortlaufende Zahl beginnend mit 0. Kennzeichnet außerdem die Anzahl der bislang gespielten Zehntelsekunden an.
		Sec	LONG	Angabe der Sekunden der jeweiligen Spielminute in Zehntelsekundengenauigkeit von 0,0 bis 59,9.
		Min	LONG	Angabe der bereits absolvierten vollen Minuten, beginnend mit 0 ab Sec 0,0
		GameMin	LONG	Angabe der Spielminuten, beginnend mit 1 ab Sec 0,0
		Time_Stamp	TEXT	Angabe des Datums und der Zeit im Format: YYYY/MM/DD hh:mm:ss.s
		X_cal	DOUBLE	Angabe der Position entlang der X-Achse [m] mit einer Nachkommastelle
		Y_cal	DOUBLE	Angabe der Position entlang der Y-Achse [m] mit einer Nachkommastelle
		Event_Name	TEXT	Angabe der Event-Kategorie
		Actor_1	LONG	Initiator der Aktion, angegeben durch dessen Player_ID
		Actor_2	LONG	Beteiligter Spieler angegeben durch dessen Player_ID
		Bodypart	TEXT	Angabe des ballspielenden Körperteils wie Left Foot, Chest oder Head. Default-Value = None (= Right Foot)
		Score	TEXT	Angabe des aktuellen Spielstandes
		Red_Cards	TEXT	Angabe des Verhältnisses von Platzverweisen

Tab. 3: Extrahierte (Basis)Attribute der GIS-gerecht aufbereiteten Tracking- und Event-Daten

In Abhängigkeit der Eingabeparameter werden optional die GDB *pitch* und *analysis* gemäß dem Datenbankentwurf (siehe Abb. 35) neben der *match_data.gdb* innerhalb des ausgewählten Ausgabeordners erzeugt. Die *pitch.gdb* beinhaltet im namensgleichen FDS

spielfeldrelevante *Point-*, *Line-* und *Polygon* FC, die aus dem Unterverzeichnis *Tool Data* des *scriptpackages* kopiert werden. Des Weiteren werden zwei *lpk-Files* [Anm.: = layer-package] in ein neues Verzeichnis innerhalb des Ausgabeordners abgelegt. Damit ist es den Anwendern möglich zwischen einer farblichen und einer schwarz-weißen räumlichen Analyseoberfläche zu wählen (siehe Abb. 47). Die *analysis.gdb* besteht hingegen aus drei FDS, wovon *singleplayer* und *team* leer sind und als Speicherort für etwaige Analyseergebnisse bereitstehen. Demgegenüber umfasst das FDS *analysis* fünf Zonierungsvarianten des Spielfeldes (siehe Abb. 48 u. Abb. 49).

Die Dauer des Datenaufbereitungsprozesses ist im Wesentlichen von der verfügbaren Rechnerleistung sowie der Version von *ArcGIS* abhängig. Unter Auswahl aller optionalen Eingabeparameter konnte eine durchschnittliche Aufbereitungszeit von rund 13 Minuten verzeichnet werden. Das dabei verwendete Rechnersystem setzt sich aus einem Windows 7 64 Bit Betriebssystem und einem 8 GB großen Arbeitsspeicher zusammen. Der darin integrierte Prozessor Intel® Core™ i5-3470 weist eine Taktfrequenz von 3,20 GHz und vier Prozessorkerne auf. Ferner wurde *ArcGIS 10.2.2/10.3 for Desktop – Background Geoprocessing (64 Bit)* verwendet. Das Tool wurde im Vordergrund ausgeführt, um begleitend den Prozessfortschritt in dem dafür vorgesehenen Dialogfeld zu beobachten. In Anbetracht der Datenmenge wird die Dauer der Datenaufbereitung als akzeptabel betrachtet. Ungeachtet dessen ist durch Einsatz leistungsfähigerer Prozessoren eine Reduktion der benötigten Ausführungszeit des Tools zu erwarten.

Die erfolgreiche Integration von Tracking-Daten in *ArcGIS* unter Einsatz des *Match Data Preparation* Tools ist exemplarisch in Abb. 39 dargestellt.

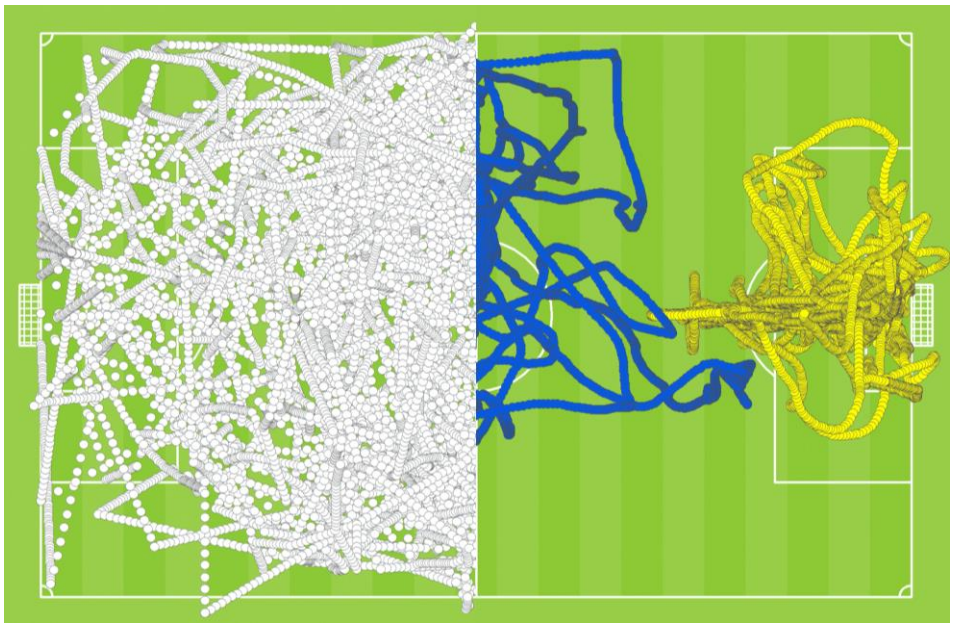


Abb. 39: Integration von Tracking-Daten, exemplarisch dargestellt anhand von Bewegungsabläufen eines Stürmers und Tormanns (blau bzw. gelb, rechts) sowie der Positionen des Balls (links) (Daten: ProzoneSports)

Im Vergleich beider Spielfeldhälften ist der überwiegend linear verlaufende Pfad des Balls klar erkennbar, der nur durch Dribblings oder Schüssen mit Effet unterbrochen wird.

Ferner sind die größeren Punktabstände ein Indiz für die höheren Geschwindigkeiten des Balls. Auf Basis dieser Daten können u.a. das räumliche Gefüge des Spiels zu beliebigen Zeitpunkten untersucht (siehe Abb. 40) sowie Animationen zur Rekonstruktion des Spielverlaufs erzeugt werden (siehe Kapitel 11.2).

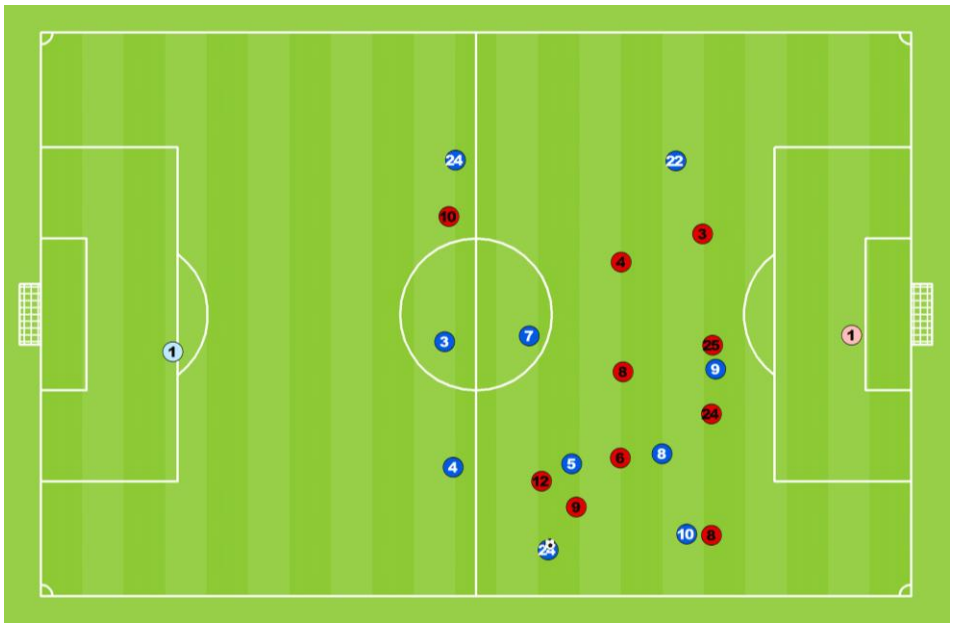


Abb. 40: Darstellung des räumlichen Gefüges zu einem ausgewählten Zeitpunkt des Spiels basierend auf Tracking-Daten (Daten: ProzoneSports)

Konträr den Tracking-Daten ist die Informationsauslese bei Event-Daten zwar nicht umfang-, aber wesentlich variationsreicher. Während Trajektorien lediglich Spieler, den Ball und ggf. das Schiedsrichterteam umfassen, wird eine Vielzahl an spielrelevanten Ereignissen und Aktionen differenziert. Abb. 41 stellt hierzu beispielhaft alle Events einer Halbzeit dar, die mit dem *Match Data Preparation* Tool GIS-gerecht aufbereitet wurden.

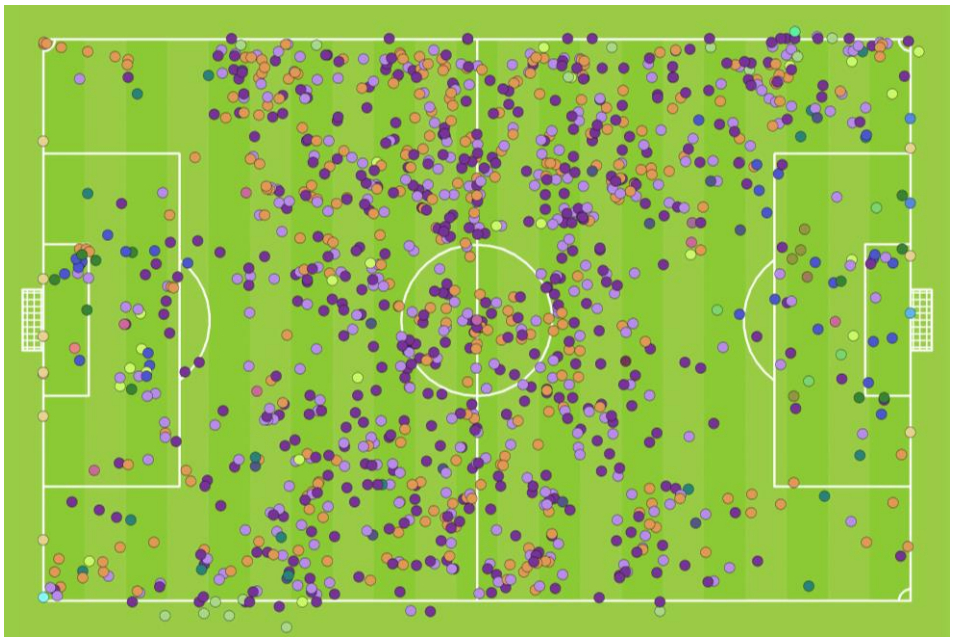


Abb. 41: Integration von Event-Daten, exemplarisch dargestellt anhand aller Events einer Halbzeit mittels willkürlicher Farbgebung differenziert nach Event-Typ (Daten: ProzoneSports)

6.5.2.4 Verknüpfung von Tracking- und Event-Daten

Werden Tracking- und Event-Daten gemeinsam dargestellt sind augenscheinlich keine räumlichen Diskrepanzen erkennbar. Abb. 42 stellt dazu beispielhaft für einen Zeitraum von zehn Sekunden sämtliche Tracking- und Event-Daten gegenüber. Während die aktuellen Spielerpositionen mannschaftlich farbcodiert anhand der Trikotnummern identifiziert werden können, sind der Ball sowie alle ballbezogenen Aktionen mit bildhaften Signaturen abgebildet. Hinsichtlich der Trajektorien lässt zudem ein Farbverlauf Rückschlüsse auf die zeitliche Komponente zu [Anm.: von hell (früher) bis dunkel (später)].

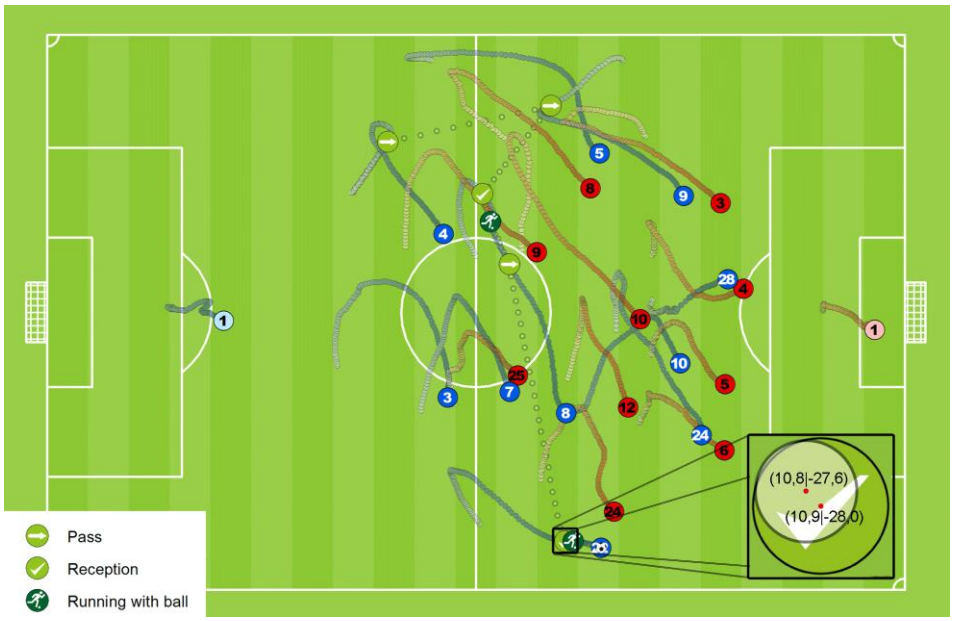


Abb. 42: Attributiv verknüpfte Tracking- und Event-Daten für einen Zeitraum von zehn Sekunden (Daten: ProzoneSports)

In Anbetracht der Ergebnisse von P. BRADLEY et al. ([BRAc-07]) ist die scheinbare räumliche Übereinstimmung von Tracking- und Event-Daten überraschend. Dieser Umstand kann dadurch erklärt werden, dass sich die Erfassung von Event-Daten mittlerweile an den räumlichen Informationen des Balls orientiert. Geometrische Abweichungen zwischen beiden Datentypen von 3,6 m bis 8,5 m (siehe Tab. 1) sind daher aus heutiger Sicht obsolet. Der in Abb. 44 vergrößerte Ausschnitt lässt jedoch eine Diskrepanz im Submeterbereich erkennen. Die euklidische Distanz zwischen der Position des Balls und der punkthaften Ballannahme beträgt gemäß Formel 5 31,6 cm.

$$d(x,y) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Formel 5: Berechnung der euklidischen Distanz zwischen zwei Punkten in der Ebene

Um sicherzustellen, dass es sich hierbei nicht um einen Einzelfall handelt, wurden die euklidischen Distanzen zwischen den Point Features der sich zeitlich überlagernden Tracking- und Event-Daten für den Zeitraum einer Halbzeit berechnet. Abb. 43 stellt dazu das Ergebnis dieser Überprüfung getrennt nach Event-Kategorien in Form eines Balkendiagramms dar.

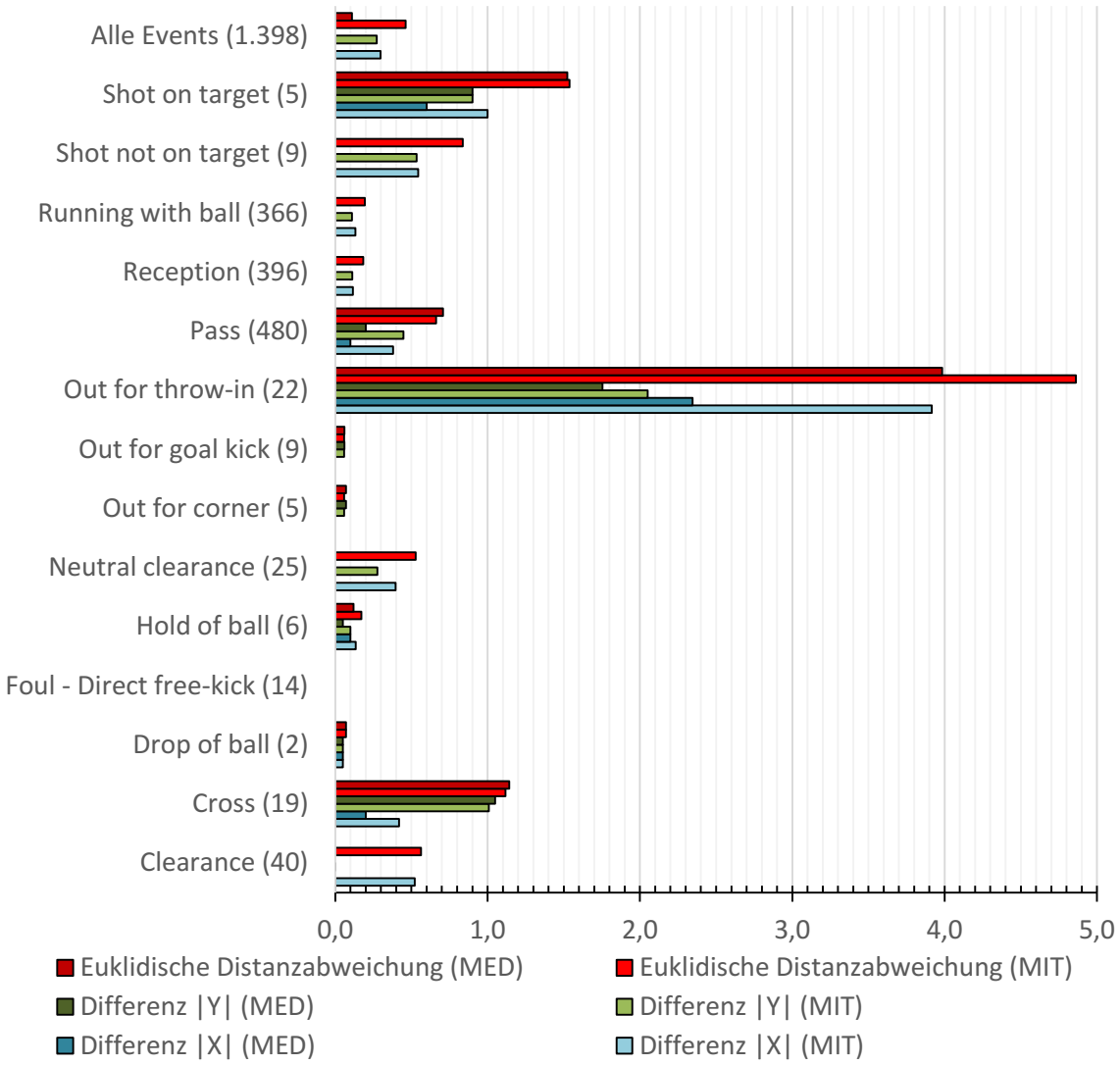


Abb. 43: Räumliche Diskrepanz [m] zwischen Abszisse und Ordinate sowie euklidische Distanz [m] zwischen Tracking- und ballbezogenen Event-Daten (Daten: ProzoneSports)

Bezogen auf alle 1.398 ballbezogenen Events der betrachteten Halbzeit weist das arithmetische Mittel (siehe Formel 6) der euklidischen Distanz 45,9 cm auf. Im Vergleich dazu beträgt der gegenüber statistischen Ausreißern robustere Median (siehe Formel 7) 11,0 cm. Die Spannweite der gemittelten Abweichung reicht von 0,0 cm bei *Foul – Direct free-kick* bis 486,2 cm bei *Out for throw-in*. [Anm.: Nicht-ballbezogene Events, wie *Gelbe Karten*, *Auswechslungen* u.dgl. wurden aufgrund der fehlenden Verbindung zu Tracking-Daten von der Untersuchung ausgeschlossen.]

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n}$$

Formel 6: Berechnung des arithmetischen Mittelwerts

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_{\frac{n+1}{2}} & n\ ungerade \\ \frac{1}{2}\left(x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}\right) & n\ gerade \end{cases}$$

Formel 7: Berechnung des Median

Zusätzlich zur euklidischen Distanz zwischen den Point Features, wurden diesbezüglich auch die Abweichungen entlang der Abszisse (X) und Ordinate (Y) untersucht. Die größten Differenzen treten insbesondere entlang der Abszisse beim Überqueren des Balls ins Seitenaus auf. Die Gründe dieser statistischen Ausreißer sind jedoch unklar. Ungeachtet dessen wird die räumliche Genauigkeit des Events *Out for throw-in* als inakzeptabel bewertet. Bezogen auf alle ballbezogenen Events (1.398) beträgt der Median der Abweichungen in X- bzw. Y-Richtung je 0,0 cm, wohingegen die Mittelwerte bei 29,6 cm bzw. 27,3 cm liegen.

Neben den eigentlichen Event-Daten stellt *ProzoneSports* außerdem so genannte Event-Positionsdaten mit geringerer attributiver Vielfalt zur Verfügung. Wie allerdings in Abb. 44 zu erkennen ist, stimmen auch diese Positionen nicht exakt mit jenen der Trajektorie des Balls überein.

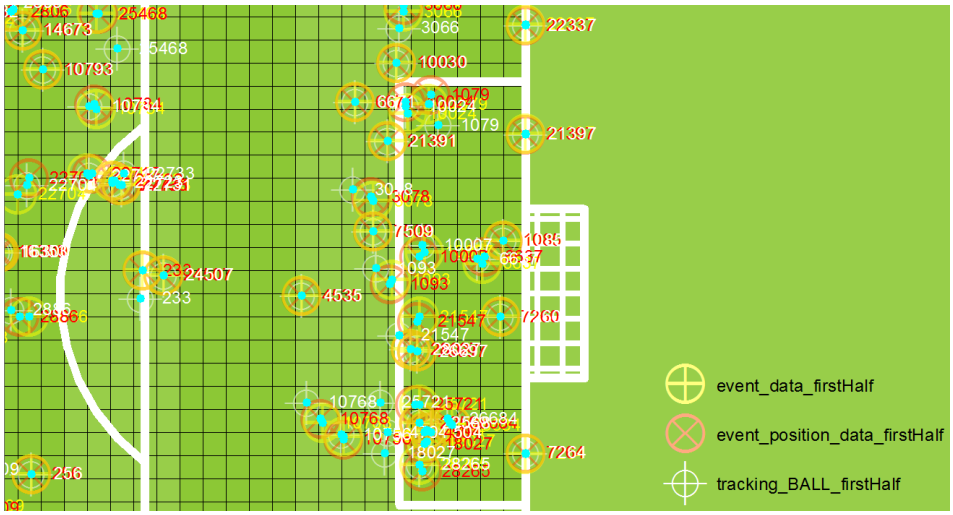


Abb. 44: Darstellung der räumlichen Diskrepanz zwischen Tracking-, Event- und Event-Position-Daten auf einem gleichförmigen 1 m x 1 m Raster (Daten: ProzoneSports)

Die Behauptung wonach sich bei der Erfassung von Event-Daten der räumlichen Informationen der Tracking-Daten bedient wird (siehe Abschnitt 6.3.2), kann somit nicht bestätigt werden. In Anbetracht der Ergebnisse von P. BRADLEY et al. ([BRAc-07]) kann allerdings mittlerweile, abgesehen des Events *Out for throw-in*, die geometrische Genauigkeit von Event-Daten als akzeptabel bezeichnet werden. Dennoch wird eine attributive Verknüpfung mit Tracking-Daten über den Zeitstempel oder Frame empfohlen, um somit den Genauigkeitsanforderungen Genüge zu leisten.

6.5.3 Zwischenzeitliches Fazit bezüglich des Datenaufbereitungsprozesses

Abb. 45 spiegelt das unmittelbare Resultat des in Abschnitt 6.5.2 charakterisierten Datenaufbereitungsprozess auf Betriebssystemebene bzw. aus der Perspektive des *ArcCatalog* wider. Ein direkter Vergleich mit Abb. 35 zeigt, dass die konzipierte Datenbankstruktur realisiert werden konnte [Anm.: Die FC-Benennungen im Entwurf sind jenen des Resultats nicht gleichzusetzen.]. Die Ergebnisse belegen außerdem, dass mit dem *Match Data Preparation* Tool ein Werkzeug zur automatischen GIS-gerechten Aufbereitung fußballspezifischer Geodaten von *ProzoneSports* entwickelt wurde.

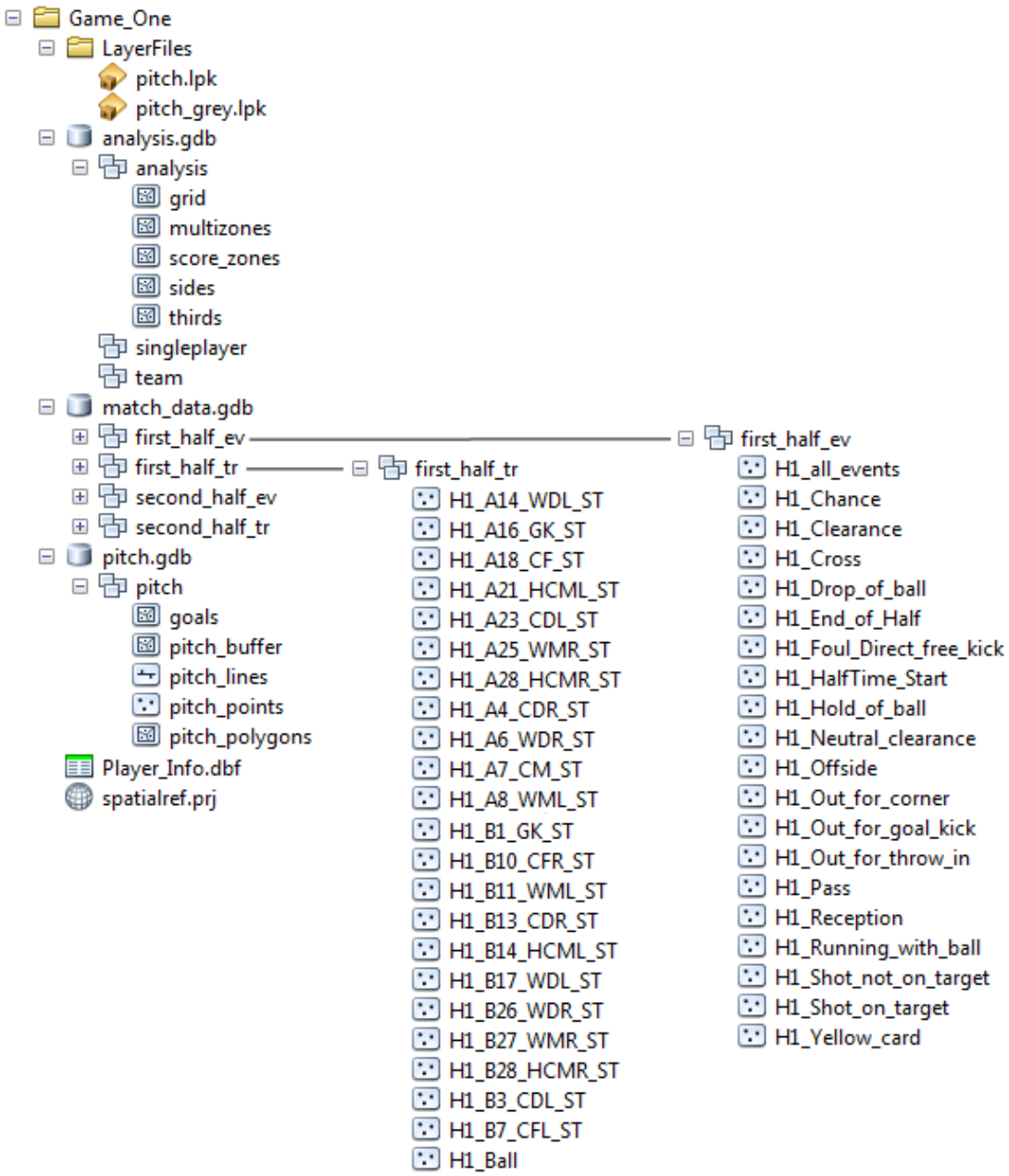


Abb. 45: Darstellung der automatisch generierten Datenbankstruktur

In Anbetracht der Tatsache, dass das *Match Data Preparation* Tool als Prototyp anzusehen ist, werden stellenweise Adaptionen des Skripts als sinnvoll erachtet. Bspw. ist die Erstellung temporärer *csv*- und *shp-Files* zwar zweckmäßig, jedoch nicht zwingend. Alternativ dazu könnten etwa leere FC direkt mit den Inhalten der Objektlisten befüllt werden. Allerdings führten dahingehende Versuche zu unerklärlichen und unkontrollierbaren Systemabstürzen, weswegen dieser Lösungsweg vorläufig verworfen wurde. Darüber hinaus könnte das Skript erweitert werden, um bspw. das potenzielle Vorkommen von Spielverlängerungen oder Trajektorien des Schiedsrichtergespanns zu berücksichtigen. Ungeachtet dessen kann das entwickelte Tool als robust und zweckmäßig bezeichnet werden. In Hinblick auf die Forschungsarbeit ist es entscheidend, dass mit Hilfe dieses Werkzeuges die erste Hauptaufgabe GIS-gestützter Spielanalysen, d.h. die Datenaufbereitung, automatisiert in akzeptabler Zeit bewältigt werden kann.

6.5.4 Modellierung eines Fußballfeldes mittels ArcGIS

Ein klar abgegrenzter geometrischer Analysebereich in Form eines Spielfeldes ist unerlässlich, da dieser nicht nur als graphische Bezugsfläche dient, sondern auch bei Bedarf für analytische Zwecke herangezogen werden kann. Letzteres trifft bspw. dann zu, wenn Strafraumaktionen detektiert werden sollen. Da fußballspezifische Geodaten keine zusätzlichen Spielfeldinformationen beinhalten, ist es in Hinblick auf GIS-gestützte Spielanalysen notwendig ein Spielfeld zu modellieren. In Abschnitt 6.5.2.3 wurde darauf verwiesen, dass mit dem *Match Data Preparation* Tool optional ein Spielfeld erzeugt werden kann, dessen Modellierungsprozess im Folgenden beschrieben wird.

Als erster Schritt wurde auf Basis des Regelwerks eine Koordinatentabelle des international genormten Spielfeldes mit einer Größe von 105 m x 68 m erstellt (siehe Tab. 4).

Punkt	X [m]	Y [m]	Beschreibung
Mr	0,00	0,00	Mittelpunkt
Er1	52,50	34,00	Ecke rechts oben
Er2	52,50	-34,00	Ecke rechts unten
Er3	-52,50	-34,00	Ecke links unten
Er4	-52,50	34,00	Ecke links oben
SMSo	0,00	34,00	Schnittpunkt Mittellinie-Seitenlinien oben
SMSu	0,00	-34,00	Schnittpunkt Mittellinie-Seitenlinie unten
l_SR1	-36,00	20,16	linkes Strafraumeck rechts oben
l_SR2	-36,00	-20,16	linkes Strafraumeck rechts unten
l_SR3	-52,50	-20,16	linkes Strafraumeck links unten
l_SR4	-52,50	20,16	linkes Strafraumeck links oben
l_EP	-41,50	0,00	linker Elfmeterpunkt
l_TR1	-47,00	9,16	linkes Torraumeck rechts oben
l_TR2	-47,00	-9,16	linkes Torraumeck rechts unten
l_TR3	-52,50	-9,16	linkes Torraumeck links unten
l_TR4	-52,50	9,16	linkes Torraumeck links oben
l_STGo	-52,50	3,66	linkes Tor - Schnittpunkt mit Grundlinie oben
l_STGu	-52,50	-3,66	linkes Tor - Schnittpunkt mit Grundlinie unten
l_SR_KR_a	-32,35	0,00	linkes Strafraum-Kreissegment – Außenpunkt
r_SR1	36,00	20,16	rechtes Strafraumeck rechts oben
r_SR2	36,00	-20,16	rechtes Strafraumeck rechts unten
r_SR3	52,50	-20,16	rechtes Strafraumeck links unten
r_SR4	52,50	-20,16	rechtes Strafraumeck links oben
r_EP	41,50	0,00	rechter Elfmeterpunkt
r_TR1	47,00	9,16	rechtes Torraumeck rechts oben
r_TR2	47,00	-9,16	rechtes Torraumeck rechts unten
r_TR3	52,50	-9,16	rechtes Torraumeck links unten
r_TR4	52,50	9,16	rechtes Torraumeck links oben
r_STGo	52,50	3,66	rechtes Tor - Schnittpunkt mit Grundlinie oben
r_STGu	52,50	-3,66	rechtes Tor - Schnittpunkt mit Grundlinie unten
r_SR_KR_a	32,35	0,00	rechtes Strafraum-Kreissegment - Außenpunkt
l_MK_a	-9,15	0,00	linker Mittelkreis-Außenpunkt
r_MK_a	9,15	0,00	rechter Mittelkreis-Außenpunkt
Eck_VK1	-51,50	33,00	Schnittpunkt Eck-Viertelkreis mit Grundlinie r_o
Eck_VK2	-51,50	-33,00	Schnittpunkt Eck-Viertelkreis mit Grundlinie r_u
Eck_VK3	51,50	-33,00	Schnittpunkt Eck-Viertelkreis mit Grundlinie l_u
Eck_VK4	51,50	33,00	Schnittpunkt Eck-Viertelkreis mit Grundlinie l_o

Tab. 4: Koordinatenliste des international genormten Fußballfeldes

Im Anschluss daran wurde die Tabelle in *ArcGIS 10.2/3* geladen, wo die Punkte zunächst anhand deren X/Y-Koordinaten dargestellt und danach als *shp-File* exportiert wurden. Das Ergebnis dieser Arbeitsschritte ist in Abb. 46 dargestellt.

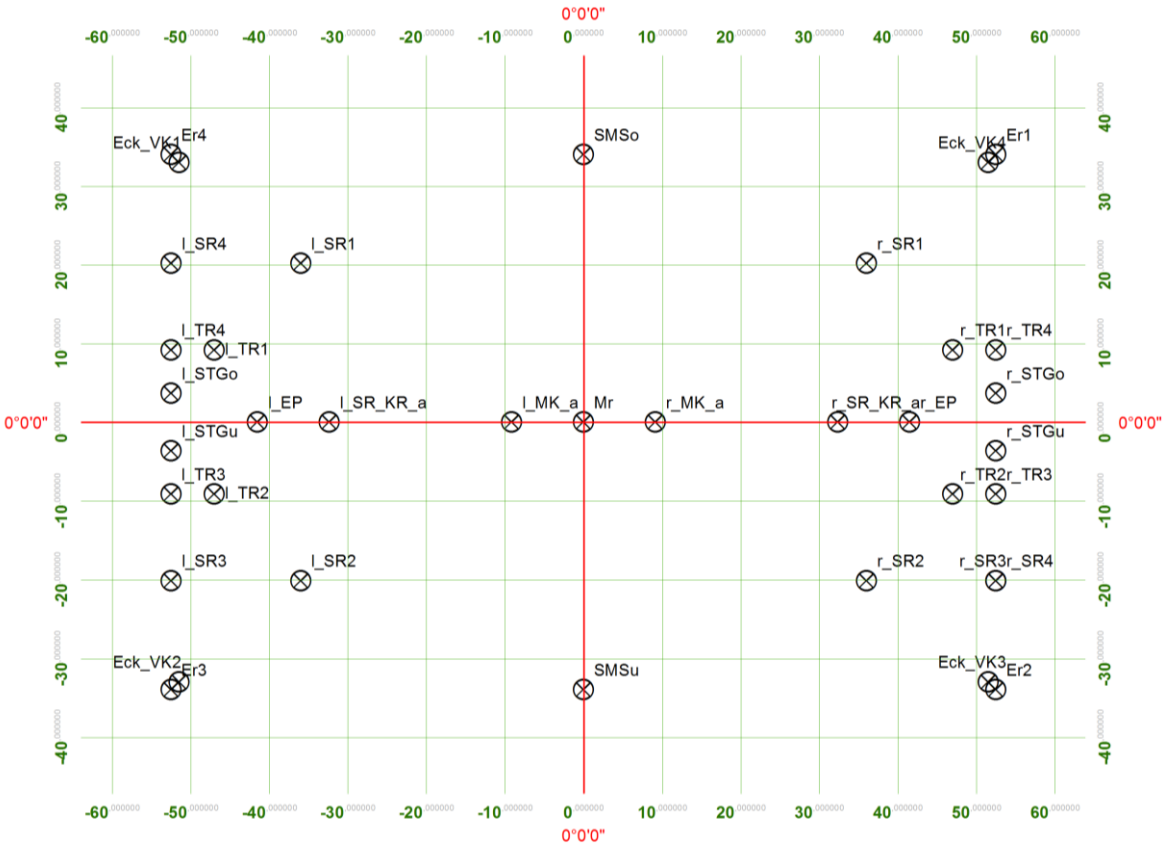


Abb. 46: Darstellung der Punkte auf Basis der Koordinateninformationen aus Tab. 4, inkl. geographischem (rot) und metrischem (grün) Gradnetz

Aufgrund der metrischen Einheit der Punkte (siehe Tab. 4) musste ein projiziertes Koordinatensystem verwendet werden ([ZEI-10]). Dabei handelt es sich um ein zweidimensionales Koordinatensystem bezogen auf ein geodätisches Datum (ebd.). Hierzu wurde eine Quadratische Plattkarte [Anm.: = Abstandstreue Zylinderabbildung in normaler Lage], basierend auf dem WGS87 [Anm.: = World Geodetic System 1987] gewählt, dessen Koordinatenursprung (0|0) dem Schnittpunkt des Äquators mit dem Nullmeridian von Greenwich gleicht [Anm.: siehe Abb. 38 für Spezifikationen des gewählten Raumbezugs.]. Bezogen auf das modellierte Spielfeld bedeutet dies, dass sich dessen Anstoßpunkt geographisch inmitten des Atlantischen Ozeans befindet. Dies ist jedoch für die geplanten Analysen belanglos, da die Spielfeldfläche ausschließlich für analytische Zwecke verwendet wird und daher kein real geographischer Bezug gegeben sein muss.

Nachdem das *shp-File* in das *pitch FDS* der gleichnamigen GDB importiert wurde, konnten auf Basis dessen nicht nur die Spielfeldlinien als Line Features und die darin eingeschlossenen Flächen als Polygon Features, sondern auch flächenhafte Tore manuell erstellt werden. Des Weiteren wurden eine färbige sowie eine schwarz-weiße Visualisierungsvariante in Form zweier Lpk-Files entwickelt. Das graphische Ergebnis ist in Abb. 47 für je

eine Spielfeldhälfte dargestellt. Darüber hinaus wurde das Spielfeld in Relation zur Spielrichtung vertikal in jeweils fünf Meter breite Zonen unterteilt, die den markanten Grasstreifen vieler Stadien nachempfunden sind und erste visuelle Einschätzungen von Distanzen erleichtern.

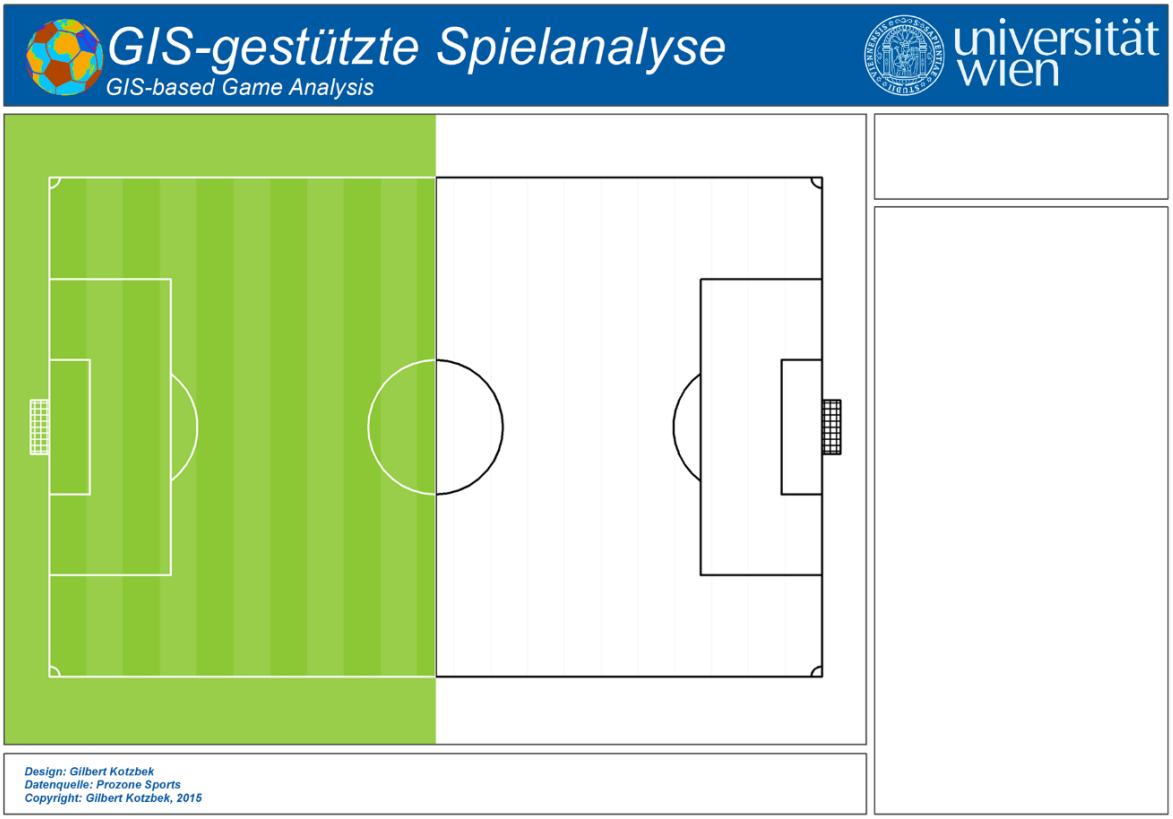


Abb. 47: Ein nach internationaler Norm in ArcGIS10.2/3 modelliertes Fußballfeld, dargestellt nach zwei potenziellen Visualisierungsvarianten, inkl. Kartenlayout

Das *Match Data Preparation* Tool erzeugt außerdem eine Auswahl von fünf Spielfeldzonierungen für allfällige Anwendungen, die bei Bedarf erweitert werden kann. Wie in Abb. 48 zu sehen ist, weisen die ersten vier Varianten eine zwei Meter breite Pufferzone rund um die Außenlinie auf. Dadurch wird sichergestellt, dass alle Trajektorien zur Gänze sowie sämtliche Events umschlossen werden. [Anm.: Falls erforderlich ist die Pufferdistanz manuell zu erweitern.] Diese Maßnahme ist notwendig, da gelegentlich Spieler während des laufenden Spiels kurzfristig die Seiten- bzw. Torauslinie überqueren sowie Einwürfe außerhalb des Spielfeldes getätigt werden. Ein Überschreiten der vom Regelwerk vorgegebenen räumlichen Domäne kann mittels räumlicher Verschneidungen registriert werden.

Zonierungsvariante I entspricht einem gleichmäßigen Grid, basierend auf einer 1 m x 1 m-Rasterung. Ein ähnlicher Ansatz findet sich etwa bei J.-F. GRÉHAIGNE et al. ([GRE-97]). Das Hauptanwendungsgebiet dieser Segmentierung wird im Bereich individueller Ballbesitzanalysen gesehen. Obwohl Zonierungsvariante II an den Beitrag von P. LUCEY et al. ([LUCa-12]) erinnert, orientiert sich jedoch stärker an den Spielfeldmarkierungen. Diese Gliederung soll vorzugsweise zur Analyse von Passnetzwerken herangezogen werden. Konträr dazu unterteilt Zonierungsvariante III beide Spielfeldhälften in je zwei Außen- und

Zentrumszonen, womit in Hinblick auf Offensivszenen präferierte Angriffsseiten ermittelt werden sollen. Daneben spiegelt Zonierungsvariante IV die vertikale Dreiteilung des Spielfeldes wider, wonach in Abhängigkeit der Spielrichtung eine Defensiv-, Mittelfeld- und Offensivzone unterschieden wird. Eine derartige Unterteilung kann vielfach verwendet werden, u.a. bei Häufigkeitsanalysen bestimmter Aktionen.

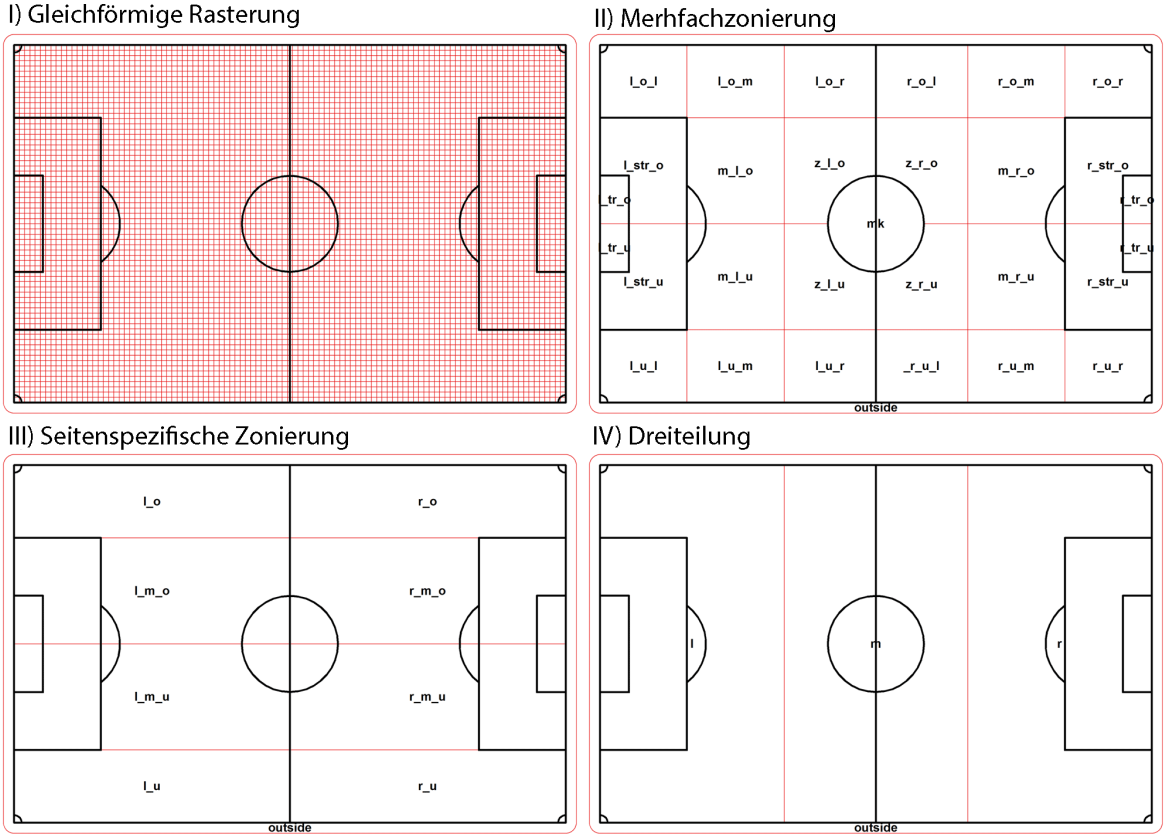


Abb. 48: Zonierungsvarianten: I - Gleichmäßiges Grid auf Basis einer 1 m x 1 m Rasterung; II - Mehrfachunterteilung in Anlehndung an die Spielfeldmarkierungen; III - Vertikale Unterteilung beider Spielfeldhälften in Außen- und Zentrumszonen; IV - Vertikale Dreiteilung

Konträr der Zonierungsvarianten in Abb. 48, stellt Abb. 49 eine lokale Unterteilung des Spielfeldes in Tornähe dar, deren Zonen in Abhängigkeit der Distanz und des Winkels zum Tor gewichtet sind. Bezogen auf die Schussposition soll damit unabhängig des raumzeitlichen Gefüges des Spiels, die theoretische Wahrscheinlichkeit den Ball auf das Tor zu schießen, quantitativ widergespiegelt werden. Die grundlegende Idee dahinter ist, dass mit zunehmendem Abstand zum Tor sowie mit spitzer werdendem Winkel die Chance ins Tor zu treffen sinkt. Als Zonenwert wurde der so genannte *Spatial Scoring Probability Index* (*SSPI*) im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelt, der sich gemäß Formel 8 zusammensetzt.

$$x_d = \{7{,}69;\ 15{,}38;\ 23{,}08;\ 30{,}77\ ;\ 38{,}46;\ 46{,}15;\ 53{,}85;\ 61{,}54;\ 69{,}23;\ 76{,}92;\ 84{,}62;\ 92{,}31;\ 100\}$$
$$x_a = \{-78{,}75;\ -56{,}25;\ -33{,}5:\ -11{,}25;\ 0;\ 11{,}25;\ 33{,}5;\ 56{,}25;\ 78{,}75\}$$

$$SSPI = x_d * 0{,}33 + (\cos x_a * 100) * 0{,}66$$

Formel 8: Berechnung des SSPI auf Basis gewichteter Distanz- und Winkelwerten

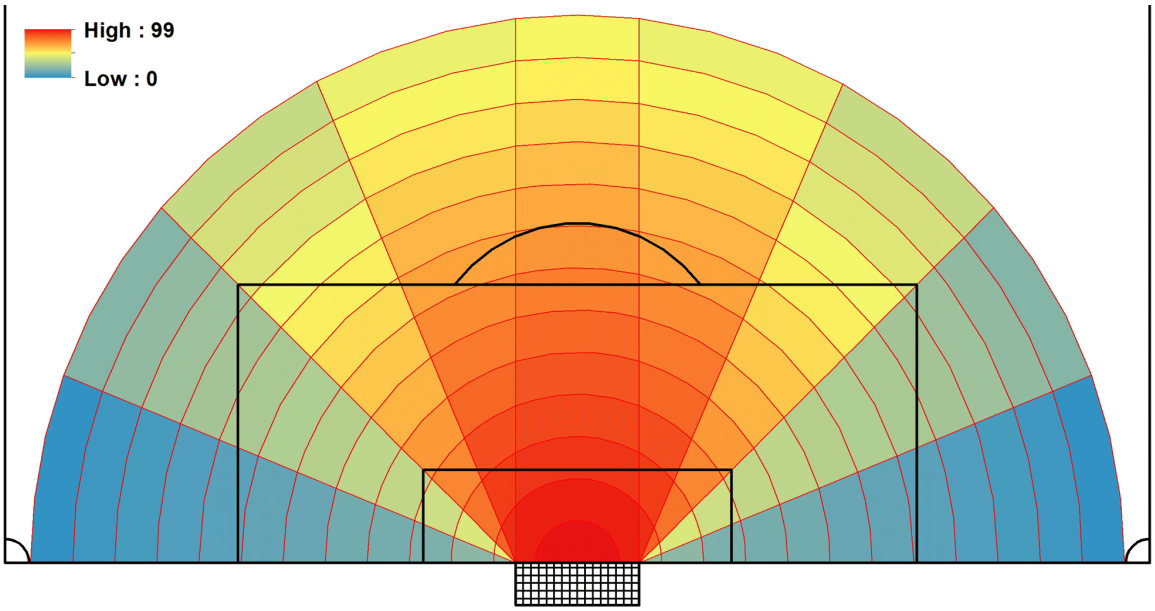


Abb. 49: Zonierungsvariante V: Lokale Unterteilung des Spielfelds in Tornähe in Abhängigkeit der Distanz und des Winkels zum Tor (adaptiert nach [KOT-16])

Es wird davon ausgegangen, dass die Wahrscheinlichkeitsabnahme bei größer werdender Distanz einer linearen Funktion folgt, wohingegen die winkelbezogene Chancenverteilung einer Kosinus-Verteilung zwischen -90° und 90° entspricht. Der halbkreisförmige Bereich um das Tor, weist einen äußeren Radius von 32,5 m auf und ist gleichmäßig in je 2,5 m langen Abschnitten unterteilt. Während die kleinste Halbkreisfläche eine Erfolgswahrscheinlichkeit von 100 % aufweist, beträgt der Wert in den äußersten Zonen nur noch 7,69 %. Die bogenförmigen Bereiche wurden ferner angesichts des Winkels links der linken sowie rechts der rechten Torstange jeweils vierfach in Winkelabständen von 22,5 °unterteilt. Die zentralen Zonen befinden sich somit zwischen zwei parallelen imaginären Linien normal zur Torlinie auf Höhe beiden Torstangen. Gemäß dem Kosinus, nehmen die Werte links und rechts davon mit steigendem Winkel rapide ab. Zur besseren Veranschaulichung ist die soeben beschriebene Werteverteilung in Abb. 50 in einem Diagramm dargestellt.

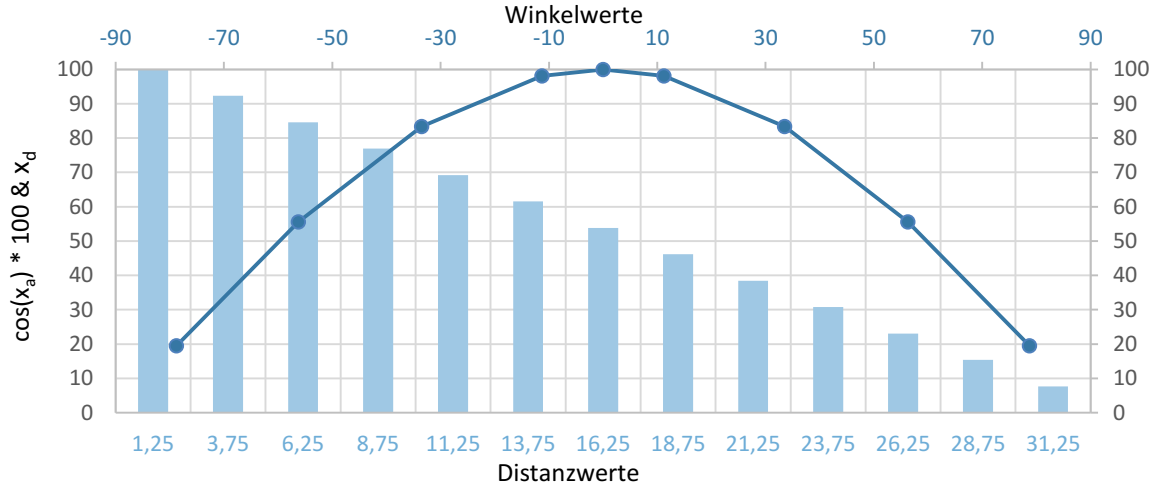


Abb. 50: Verteilung der Zonenwerte basierend auf der Distanz und dem Winkel zum Tor

Die Gewichtung der distanz- und winkelspezifischen Zonenwerte beruht auf der Annahme, dass hinsichtlich der Erfolgswahrscheinlichkeit von Schusspositionen, deren Winkel zum Tor ausschlaggebender ist, als deren Distanz. Der *SSPI* entspricht abschließend der Summe der gewichteten distanz- und winkelspezifischen Zonenwerte.

Die mathematische Definition des *SSPI* ist diskutabel, kann jedoch bei Bedarf adaptiert werden. Darüber hinaus ist die räumliche Abbildung dieses Indexes als Kontinuum anstelle mehrerer Diskreta eine Überlegung wert. Diesbezüglich sind Rückmeldungen von Experten einzuholen (siehe Abschnitt 12.2.2). Es muss außerdem bedacht werden, dass mit dem *SSPI* die ausschließlich theoretische Wahrscheinlichkeit ein Tor von einer bestimmten Position aus zu erzielen, widergespiegelt wird. Daher muss im Rahmen von Analysen von Torschüssen oder Angriffsszenen zusätzlich die räumliche Spielstruktur berücksichtigt werden. Dies umfasst u.a. die etwaige Bedrängung der Schützen durch Gegenspieler sowie ähnlich wie bei P. LUCEY et al. ([LUCd-15]) eine räumliche Verschneidung des Schussfeldes mit den Spielerpositionen zum Zeitpunkt des Torversuchs. Durch diese Maßnahmen wird eine Beziehung zwischen dem *SSPI* und dem raumzeitlichen Spielgefüge hergestellt (siehe Abschnitt 9.4 u. 10.4.3).

Grundsätzlich ist die Auswahl einer Zonierungsvariante von der Fragestellung abhängig, weswegen deren Verwendung von Fall zu Fall abzuwägen ist. Unter Einsatz des *Match Data Preparation* Tools kann das beschriebene Modell des Spielfeldes samt Zonierungen (siehe Abb. 48 u. Abb. 49) innerhalb weniger Sekunden automatisch erzeugt werden, sofern die Datenaufbereitung von Tracking- und Event-Daten übersprungen wird. Gleicht der Koordinatenursprung der zur Verfügung stehenden fußballspezifischen Geodaten dem Zentrum des Spielfeldes und liegen die räumlichen Angaben in Metern vor, so können die Daten direkt implementiert werden. Andernfalls müssen zuvor zusätzlich Translationen und/oder Skalierungen vorgenommen werden.

6.6 Parametrische Klassifikation der Event-Daten

In Abschnitt 5.3 wurde der Versuch unternommen, das titulierte *geordnete Chaos* des Fußballspiels zu systematisieren (siehe Abb. 29). Das Ergebnis dieses Unterfangens wird im Folgenden den zur Verfügung stehenden Event-Daten von *ProzoneSports* gegenübergestellt. Dadurch soll festgestellt werden, inwieweit fußballspezifische Geodaten das Spielgeschehen tatsächlich widerspiegeln. Zur Beantwortung dieser Fragestellung wird Tab. 5 in Folge genauer betrachtet werden.

Hierzu kann vorweggenommen werden, dass sämtliche Aktionen aus Abb. 29 nach raumzeitlichen Aspekten (siehe Abschnitt 6.3) als Event-Datensätze erfasst werden. Allerdings werden nicht alle Aktionen als eigenständige Events erhoben, sondern oftmals als Eventtypen übergeordneter Event-Kategorien zugewiesen, die anhand bestimmter Attributausprägungen unterschieden werden können.

Aktionen		Raumzeitliche Events und potenzielle Folgeevents	(Raum)-Zeitliche Events
Initialmoment / Ballannahme		Reception (Bodypart: foot/Left foot/Chest) Hold_of_ball [Event_Type] (Bodypart: […])	
Dribbling	Dribbling	Running_with_Ball	
	Zweikampf	[Event_Type] (Duel_Type: Tackle, 50/50)	
	Foul	Foul_-_Direct_free-kick	Yellow_Card Red_Card
Zuspiel	Auswurf	Pass (Bodypart: Hands (dropped)) Drop_of_ball (Bodypart: Hands (dropped))	
	Einwurf	Out_for_Throw_In Pass (Bodypart: Hands (dropped))	
	Flacher Pass	Pass (Bodypart: foot/Left foot)	
	Flanke	Cross (Bodypart: foot/Left foot)	
	Eckball	Out_for_Corner Cross (Bodypart: foot/Left foot) Pass (Bodypart: foot/Left foot)	
	Indirekter Freistoß	Foul_-_Direct_free-kick Clearance (Bodypart: foot/Left foot) Cross (Bodypart: foot/Left foot) Pass (Bodypart: foot/Left foot)	
	Abstoß	Out_for_Goal_kick Clearance (Bodypart: foot/Left foot) Pass (Bodypart: foot/Left foot)	
	Ausschuss	Pass (Bodypart: foot/Left foot)	
	Kopfballvorlage	Pass (Bodypart: Header)	
	Sonstiges Zuspiel	Pass (Bodypart: Chest)	
	Fehlpass	Pass (Bodypart: foot/Left foot/Header/Chest)	
	Fehlerhafter Einwurf	Foul_-_Throw_In	
	Abseits	Offside Pass (Bodypart: foot/Left foot) Clearance* (Bodypart: foot/Left foot)	
Torversuch	Elfmeter	Foul_-_Penalty* Shot_on_target* (Bodypart: foot/Left foot) Shot_not_on_target* (Bodypart: foot/Left foot)	
	Direkter Freistoß	Foul_-_Direct_free-kick Shot_on_target (Bodypart: foot/Left foot) Shot_not_on_target* (Bodypart: foot/Left foot)	
	Torschuss	Shot_on_target (Bodypart: foot/Left foot)	
	Sonstiger Torversuch	Shot_on_target (Bodypart: Chest)	
	Kopfball	Shot_on_target (Bodypart: Header)	
	Tor	Goal	
	Parade	Hold_of_ball	
	Geblockter Schuss	Shot_on_target (Bodypart: foot/Left foot/Header/Blocked) Shot_not_on_target (Bodypart: foot/Left foot/Header/Blocked)	
	Abwehr	Catch_drop Clearance (Bodypart: Hands (punched)/Header) Neutral_Clearance (Bodypart: foot/Left foot/Header) Reception (Bodypart: foot/Left foot) Pass (Bodypart: foot/Left foot/Header)	
	Schuss am Tor vorbei	Shot_not_on_target (Bodypart: foot/Left foot/Header)	
Sonstige	Anpfiff einer Halbzeit		Halftime_Start
	Abpfiff einer Halbzeit		End_of_Half
	Auswechslung		Substitution
	Unterbrechung	Interruption	
	Großchance		Chance

Tab. 5: Gegenüberstellung spielrelevanter Aktionen und erfassten raumzeitlichen Events (* … Annahme aufgrund fehlender Informationen)

Im weiteren Verlauf wird die Parametrisierung der in Abb. 29 dargestellten Aktionen getrennt nach den Kategorien *Ballannahme/Initialmoment*, *Zuspiel*, *Dribbling* und *Torversuch* thematisiert. Aufgrund der begrenzten Anzahl an zur Verfügung gestellten Event-Daten ist zu bedenken, dass u.U. nicht alle existierenden Datenausprägungen in den nachfolgenden Ausführungen enthalten sind. Eine Garantie auf Vollständigkeit kann somit nicht gegeben werden. Dies betrifft vor allem selten auftretende Events, wie etwa fehlerhafte Einwürfe, Elfmeter u.dgl.

- Ad Initialmoment / Ballannahme

Ballannahmen im laufenden Spiel werden als *Reception* raumzeitlich erfasst. Auf Basis dieser Erhebung können jedoch kein Rückschluss auf erfolgreiche oder missglückte Ballannahmen gezogen werden. Ob der Ball behauptet werden konnte, muss anhand der Attribute der Folgeaktion eruiert werden. Während *Reception* i.d.R. Ballannahmen mit den Füßen repräsentiert, spiegelt *Hold_of_ball* Ballaufnahmen per Hand durch den Torhüter wider. Bewegt sich dieser anschließend mit dem Ball in den Händen weiter, können die beiden Tracking-Objekte vom Aufnahmesystem nur schwer voneinander unterschieden werden. Dies führt u.U. dazu, dass die Trajektorien zwar synchron, jedoch geringfügig räumlich versetzt dargestellt werden. Wie bereits in Abschnitt 5.3 erwähnt, umfassen Ballannahmen auch Initialmomente, d.h. erstmalige oder einmalige Ballkontakte, z.B. bei An-, Ab-, Frei- sowie Strafstößen, Einwürfen oder Eckbällen. Die Parametrisierung dieser Aktionen wird im Folgenden innerhalb der jeweiligen Kategorien aufgegriffen.

- Ad Dribblings

Dribblings im Sinne des eigenständigen Weiterspielens des Balls sind durch das Event *Running_with_Ball* gekennzeichnet. Ist ein Spieler über eine vergleichsweise längere Zeit im Ballbesitz, können ggf. mehrere Dribblings erfasst werden. Zwischen der initialen Ballannahme und einem weiterführenden Dribbling können u.U. ein paar Zehntelsekunden verstreichen, was primär auf die Länge der Entscheidungsfindung der Spieler und nicht auf fehlerhafte Daten zurückzuführen ist. Außerdem kann es vorkommen, dass ein gegnerischer Spieler während eines Dribblings seines Kontrahenten, diesem den Ball abläuft, wodurch es zu einem Ballbesitzwechsel kommt. Des Weiteren konnten vereinzelt Szenen beobachtet werden, in denen womöglich ein Dribbling vollzogen, dieses jedoch nicht als solches aufgezeichnet wurde. Diesbezüglich liegt die Vermutung nahe, dass der betreffende Spieler im Zuge der Ballannahme nicht in der Lage, war den Ball zu kontrollieren und somit dem Ball hinterherjagen musste. Diese Annahme kann jedoch ohne Abgleich des dazugehörigen Videoausschnitts weder veri- noch falsifiziert werden. Marginale räumliche Ungenauigkeiten des Balls sind zudem stellenweise während Dribblings erkennbar. Dies ist erneut auf die enge Ballführung der Spieler zurückzuführen, die für das Trackingsystem eine Verschmelzung von Spieler und Ball bedeuten kann. Als Resultat tritt das Tracking-Signal des Balls etwas verspätet in Erscheinung.

Zweikämpfe werden innerhalb der Event-Datensätze von *ProzoneSports* nicht durch eigenständige Events widergespiegelt, sondern treten als Attribut *Duel_Type* bei unterschiedlichen Aktionen auf. Daneben wird die so genannte *Duel_Brutality* sowie der Initiator und Gewinner des Duells attributiv festgehalten.

Obwohl *Fouls* oftmals mit Zweikämpfen in Verbindung stehen, treten Foulspiele genauso bei unerlaubtem Handspiel von Feldspielern auf. Derartige Vergehen werden allerdings nicht explizit als solche attributiv erfasst. Unabhängig der Art des Fouls wird das Event *Foul_-_Direct_free-kick* raumzeitlich erhoben. Gleichzeitig kann u.U. eine gelbe bzw. rote Karte notiert werden [Anm.: = Events *Yellow_Card* bzw. *Red_Card*], die räumlich am Nullpunkt des Koordinatensystems verortet werden.

- Ad Zuspiele

Auswürfe von Tormännern können sowohl als *Pass* (*Bodypart: Hands (dropped)*), als auch als *Drop_of_ball* (*Bodypart: Hands (dropped)*) gekennzeichnet werden. Die genaue Abgrenzung dieser Events ist jedoch unklar, zumal *Drop_of_ball* auch dann notiert wird, wenn Torhüter sich den Ball mit der Hand selbst vorlegen.

Des Weiteren gibt es zwischen *Auswürfen* von Tormännern und *Einwürfen* von Feldspielern keinerlei parametrische Unterschiede, da in beiden Fällen *Pass* (*Bodypart: Hands (dropped)*) aufgezeichnet wird. Einem Einwurf geht das Event *Out_for_Throw_In* voraus, das an der Austrittsstelle des Balls entlang der Seitenlinie verortet wird. Im Falle eines *fehlerhaften Einwurfes* wird *Foul_-_Throw_In* notiert, woraufhin dem Gegner ein Einwurf zugesprochen wird.

In Hinblick auf die Aktion *(flacher) Pass* bietet das Event *Pass* (*Bodypart: foot/Left foot/Header/Chest*) keinerlei Rückschlüsse auf die Höhe des Zuspiels. Da gleichzeitig die Trajektorie des Balls keine Z-Koordinate besitzt ist diese Zusatzinformation ohne dazugehörigem Videomaterial nicht bestimmbar. Darüber hinaus umfasst das *Pass*-Event mehrere Passarten, wie bspw. *Ausschüsse* von Torhütern, bei denen der Ball zuvor in den Händen gehalten wurde [Anm.: = *Pass* (*Bodypart: foot/Left foot*)] oder etwa *Kopfballvorlagen* und *sonstige Zuspiele*, die durch den attributiven Zusatz *Bodypart: Header/Chest* gekennzeichnet sind. Führt ein Zuspiel, unabhängig von dessen Art, in der unmittelbar darauffolgenden Aktion zu einem Tor, wird das Event *Pass_assist* (*Bodypart: foot/Left foot/Header/Chest*) verzeichnet.

Auf Basis der vorhandenen Attribute des *Pass*–Events ist es unmöglich *Fehlpässe* eindeutig zu identifizieren. Daher ist es hierfür notwendig, die *Team_ID* aufeinanderfolgender Ballabgaben und -annahmen miteinander zu vergleichen, um somit etwaige Fehlpässe effektiv zu detektieren.

Meist ausgehend von den Außenzonen des Spielfeldes entsprechen *Flanken* hohen Ballhereingaben in den Strafraum bzw. in dessen Nähe. In den Datensätzen von *ProzoneSports* werden diese Aktionen als *Cross* (*Bodypart: foot/Left foot*) gespeichert. Da Flanken

genauso wie flache Pässe einem Tor unmittelbar vorausgehen können, wird im Bedarfsfall das Event *Cross_assist* (*Bodypart: foot/Left foot*) aufgenommen.

Während *Eckbälle*, die in hohem Bogen in den Strafraum befördert werden ebenfalls als *Cross* (*Bodypart: foot/Left foot*) aufgezeichnet werden, werden hingegen flach abgespielte Bälle als *Pass* (*Bodypart: foot/ Left foot*) notiert. Ungeachtet dessen geht Eckbällen das Event *Out_for_Corner* voraus, das an der Austrittsstelle des Balls entlang der Torauslinie verortet wird.

Indirekte Freistöße können anhand von drei unterschiedlichen Events abgebildet werden. Zum einen als *Pass* (*Bodypart: foot/Left foot*), sofern das Abspiel flach erfolgt sowie zum anderen als *Clearance* (*Bodypart: foot/Left foot*) für hohe und weite Bälle, die vorzugsweise aus der eigenen Spielfeldhälfte abgegeben werden. In diesem Fall wird das Event *Cross* (*Bodypart: foot/Left foot*) dann verzeichnet, wenn der ruhende Ball ausgehend von der Seite in den Strafraum gezirkelt wird. Unabhängig davon gehen Freistößen *Foulspiele* voraus, die als *Foul_-_Direct_free_kick* gekennzeichnet sind.

Ein *Abstoß* wird durch das Event *Out_for_Goal_kick* hervorgerufen und kann entweder als *Pass* (*Bodypart: foot/Left foot*) oder *Clearance* (*Bodypart: foot/Left foot*) ausgeführt werden. Als zentrales Unterscheidungsmerkmal kann hierbei die Höhe sowie Länge des Abspiels angesehen werden.

Ahndet der Schiedsrichter eine *Abseitssituation*, wird dies mit dem Event *Offside* parametrisch festgehalten, wobei die Position des Events mit jener des im Abseits stehenden Spielers übereinstimmt. Die darauffolgende Aktion entspricht einem *indirekten Freistoß*, der innerhalb der zur Verfügung stehenden Datensätze ausschließlich als *Pass* (*Bodypart: foot/Left foot*) ausgeführt wurde. In Anbetracht der übrigen Events liegt allerdings die Vermutung nahe, dass lang und hoch ausgeführte indirekte Freistöße infolge von Abseitsentscheidungen als Event *Clearance* (*Bodypart: foot/Left foot*) erfasst werden.

- Ad Torversuche

Da die von *ProzoneSports* bereitgestellten Datensätze Spiele repräsentieren, in denen keine *Elfmeter* vorkamen, kann über deren Parametrisierung nur gemutmaßt werden. Angesichts der bisherigen Ausführungen ist es jedoch naheliegend, dass hierfür die existierenden Events *Shot_on_target* (*Bodypart: foot/Left foot*) oder *Shot_not_on_target* (*Bodypart: foot/Left foot*) für Schüsse auf bzw. neben oder über dem Tor aufgezeichnet werden. Die dahinterstehende Schiedsrichterentscheidung könnte hingegen womöglich mit dem Event *Foul_-_Penalty_kick* o.dgl. erhoben werden.

Shot_on_target (*Bodypart: foot/Left foot*) und *Shot_not_on_target* (*Bodypart: foot/Left foot*) dienen ebenfalls zur Beschreibung sowohl von *Torschüssen* aus dem laufenden Spiel, als auch von *direkten Freistößen*, denen das Event *Foul_-_Direct_free_kick* vorausgeht. Des Weiteren geht ebenfalls von *Kopfbällen* und *sonstigen Torversuchen* unmittelbare Torgefahr aus, die durch die Events *Shot_on_target* (*Bodypart: Header*) bzw.

Shot_on_target (*Bodypart: Chest*) repräsentiert werden. Im Falle eines *Tores* wird das Event *Goal* verzeichnet, dessen räumliche Position dem Schnittpunkt der Trajektorie des Balls mit der Torlinie entspricht.

Während *missglückte Torversuche,* infolge derer der Ball am Tor vorbeigeht, als *Shot_not_on_Target* (*Bodypart: foot/Left foot/Header*) gespeichert werden, kann ein Tor auch durch eine *Parade* des Tormanns verhindert werden. Derartige Aktionen, in denen die Torhüter den Ball fangen und unter Kontrolle bringen, werden als *Hold_of_ball* beschrieben. Wird hingegen der Ball vom Tormann zwar pariert, jedoch nicht kontrolliert, wird das Event *Catch_drop* notiert. Weitere Abwehraktionen umfassen die Events *Clearance* (*Bodypart: Hands (punched)/Header*) und *Neutral Clearance* (*Bodypart: foot/Left foot/Header*). In beiden Fällen handelt es sich nicht zwingend um eine vollends geglückte Abwehr im Sinne einer anschließenden Ballkontrolle, da u.U. der Ball ins Tor oder ins Toraus abgefälscht werden kann. Gleichfalls kann es sich bei diesen Events um eine abrupte Unterberechnung gegnerischer Vorwärtsbemühungen handeln, in denen der Ball volley weggeschlagen wird. Ferner können in bestimmten Abwehrsituationen, in denen der Ball abgefangen wird, als *Reception* (*Bodypart: foot/Left foot*) oder u.U. auch als *Pass* (*Bodypart: foot/Left foot/Header*) verzeichnet werden.

Der Unterschied zwischen den soeben aufgezählten Abwehraktionen und einem *geblockten Schuss* liegt primär darin, dass bei Abwehraktionen zumindest ansatzweise kontrolliertes Ballspiel beobachtet werden kann. Währenddessen ist ein geblockter Schuss durch eine unberechenbare veränderte Flugbahn des Balls gekennzeichnet. Geblockte Schüsse sind anhand des Attributs *Blocked* bei den Events *Shot_on_target* (*Bodypart: foot/Left foot/Header*) sowie *Shot_not_ on_target* (*Bodypart: foot/Left foot/Header*) erkennbar.

- Ad sonstige Aktionen

Während die in Abb. 29 dargestellten Aktionen sowohl räumlich, als auch zeitlich bedeutsam sind, werden von *ProzoneSports* außerdem nicht ballbezogene Events (raum)zeitlich erfasst. Als Beispiele dafür können nicht nur *gelbe* und *rote Karten* [Anm.: = Events *Yellow_Card* bzw. *Red_Card*] als Folge harter Fouls angeführt werden, sondern auch die An- und Abpfiffe einer Halbzeit [Anm.: = Events *Halftime_Start* bzw. *End_of_Half*] oder auch *Auswechslungen* als *Substitution* sowie *Großchancen* als *Chance*. Spielunterbrechungen infolge von Verletzungen werden hingegen durch das Event *Interruption* gekennzeichnet. Aufgrund des fehlenden Raumbezugs werden diese Events am Mittelpunkt (0|0) des Spielfeldes verortet. Da diese Events räumlich gesehen im Rahmen der Spielanalyse belanglos sind, wurden diese im Zuge der Systematisierung in Abschnitt 5.3 nicht berücksichtigt (siehe Abb. 29). Dies war zudem notwendig, um die Lesbarkeit der Abbildung nicht unnötig zu erschweren und gleichzeitig den Fokus auf die Verflechtungen zwischen einzelnen Spielaktionen zu richten.

6.7 Zwischenzeitliches Resümee

Die Ausführungen in Abschnitt 6.3 belegen, dass die raumzeitliche Genauigkeit und Präzision der zur Verfügung gestellten fußballspezifischen Geodaten in Form von Tracking- und Event-Daten von *ProzoneSports* für wissenschaftliche Anwendungen angemessen sind. Außerdem konnte in Abschnitt 6.5 die Möglichkeit deren GIS-gerechten Aufbereitung und Integration in *ArcGIS* nachgewiesen werden. Darüber hinaus legen die Erkenntnisse aus Abschnitt 6.3.2 nahe, dass Event-Daten das Spielgeschehen ausreichend detailreich widerspiegeln. Dies konnte mit einem Abgleich der in Abschnitt 5.3 aufgebauten Ontologie des Spiels zur Systematisierung einzelner Spielsituationen (siehe Abb. 29) bewiesen werden.

Ungeachtet dessen ist die Ableitung attributiv eigenständiger Aktionen aus übergeordneten Event-Kategorien diskutabel [Anm.: Bspw. Extraktion aller Einwürfe aus dem Event *Pass*.], da dadurch spezifische Aktionen zum einen rascher identifiziert und zum anderen Abfragen wesentlich vereinfacht werden könnten. Aktuell ist hingegen eine genaue Kenntnis über die vielfältigen Event-Spezifikationen notwendig, um Events ohne korrespondierendem Videomitschnitt bestimmten Aktionen zuzuordnen. Dieser Umstand wird durch die Ausführungen in Abschnitt 6.6 verdeutlicht.

In diesem Kapitel konnte ein weitestgehend holistisches Bild fußballspezifischer Geodaten im Allgemeinen sowie von *ProzoneSports* im Speziellen skizziert werden. Abschließend kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die Datenbasis sämtliche Anforderungen GIS-gestützter Spielanalysen erfüllt. Dennoch ist zu bedenken, dass es sich dabei lediglich um abstrakte Abbildungen des Spielgeschehens handelt, das in Realität zu facettenreich ist, als dass sämtliche Gesichtspunkte auch nur ansatzweise berücksichtigt werden könnten ([PWL-01]). Aus diesem Grund widmet sich das Folgekapitel in diesem Zusammenhang jenen Aspekten, die i.d.R. nicht in Spielanalysen einfließen oder nicht einbezogen werden können.

6.8 Unberücksichtigte Parameter im Rahmen der GIS-gestützten Spielanalyse

Die im Rahmen dieser Forschungsarbeit konzipierten *GIS-gestützten Spielanalysen* basieren ausnahmslos auf den in Kapitel 6 beschriebenen Daten, die zwar das Spielgeschehen weitestgehend abdecken (siehe Tab. 5), jedoch nicht alle spielbeeinflussenden Aspekte umfassen (können). Dies ist in der Tatsache begründet, dass das Fußballspiel einer Reihe von Einflüssen unterliegt, die entweder nicht erfasst werden oder deren Erhebung nicht möglich ist. Darüber hinaus ist die Einbeziehung kompatibler spielerspezifischer Leistungsparameter vorerst nicht vorgesehen, weswegen die verwendeten Daten nur einen bestimmten Ausschnitt des Spiels repräsentieren. Daher werden in diesem Abschnitt jene Parameter thematisiert, die im Zuge der durchgeführten Analysen (siehe Kapitel 9 u. 10) unberücksichtigt blieben. Dies soll zur Sensibilisierung gegenüber diesen Faktoren beitragen, wodurch das

Augenmerk bezüglich Spielanalysen geschärft werden soll. Auf die folgende Auflistung wird allerdings kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, da das Fußballspiel zu komplex ist, als dass alle Eventualitäten berücksichtigt werden könnten ([PWL-01]). Abschließend wird der entscheidenden Frage nachgegangen, welche Konsequenzen die Nichtberücksichtigung spielbeeinflussender Faktoren auf die Forschungsarbeit hat.

6.8.1 Übersicht

Da im Verlauf der Recherche keinerlei Hinweise auf etwaig bestehende Auflistungen vernachlässigter Analyseparameter gefunden wurden, ist in diesem Kontext Abb. 51 als erste Bestandsaufnahme anzusehen. *Unberücksichtigte Parameter* können in *interne* und *externe Faktoren* unterschieden werden, wobei sich erstere ausschließlich auf Einzelspieler als Individuen beziehen. Bspw. hat die *emotionale Verfassung* bzw. der *Gemütszustand* eines Spielers Auswirkungen auf dessen Leistungsfähigkeit ([BLE-07]). Zusätzlich kommen in bestimmten Situationen, wie etwa während eines Elfmeterschießens, Stressfaktoren belastend hinzu ([WOO-15]). Daher ist es wichtig, insbesondere junge Spieler mental auf die vielseitigen Anforderungen des professionellen Fußballs vorzubereiten, damit hohe physische Leistungen entsprechend den Erwartungen abgerufen werden können ([COO-14]).

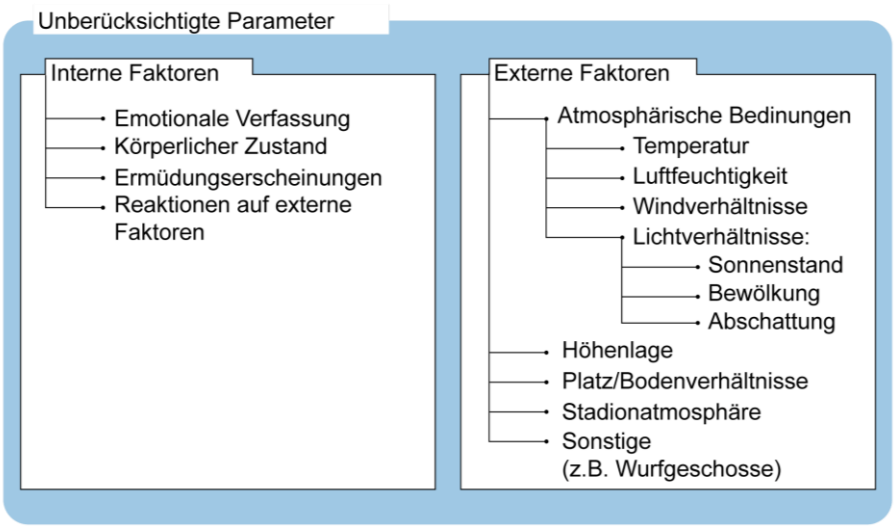


Abb. 51: Klassifikation unberücksichtigter Analyseparameter

Im Profifußball wird der *körperliche bzw. gesundheitliche Zustand* eines Spielers kontinuierlich vom Betreuerstab der Mannschaft überwacht ([HEU-09], [HUGc-12]). Dieses sowohl quantitative, als auch qualitative Monitoring umfasst nicht nur die Herz- und Pulsfrequenz, sondern auch Heilungsprozesse nach Blessuren. Die davon abgeleiteten Informationen spiegeln jedoch lediglich die individuellen körperlichen Verfassungen unmittelbar vor einem Spiel wider. Hingegen sind derzeit direkte Datenerhebungen während des Spiels kategorisch ausgeschlossen, da gemäß des Regelwerks der FIFA keinerlei technischen Ausrüstungsgegenstände an Spielern erlaubt sind. Allerdings kann die individuelle Fitness in Echtzeit indirekt durch Auswertung der Laufintensität über Tracking-Daten erfasst werden ([URL-13]). Jedoch stehen derartige Daten dieser Forschungsarbeit nicht zur Verfügung.

Deshalb können auch keine Rückschlüsse auf *Ermüdungserscheinungen* während des Spiels gemacht werden. Die Ursachen und Auswirkungen dieses Phänomens im Profifußball wurden bereits vielfach im Rahmen wissenschaftlicher Studien untersucht [Anm.: siehe [MOH-03], [MOH-05], [RAM-09], [CARc-10], [BRAa-13] u. [DAR-15]]. Davon abgesehen werden verschiedene Trainingsmethoden analysiert, um herauszufinden, wie die Ausdauer in bestimmten Situationen gesteigert werden kann ([IAI-15]).

Ferner ist es unmöglich, individuelle *Reaktionen auf äußere Faktoren* quantitativ oder qualitativ zu erheben. *Externe Faktoren* umfassen u.a. *atmosphärische Bedingungen*, wie *Temperatur*, *Luftfeuchtigkeit*, *Wind-* und *Lichtverhältnisse*. Letztere können in die Variablen *Sonnenstand*, *Bewölkung* und die daraus resultierende *Abschattung* unterteilt werden.

Im Allgemeinen haben *atmosphärische Bedingungen* direkten Einfluss auf die individuelle körperliche Leistungsfähigkeit. Bspw. ist körperliche Betätigung jeglicher Art unter heißfeuchten Bedingungen oder bei Gegenwind anstrengender, als unter gemäßigten Konditionen ([ITO-15], [BRO-15]). Daneben beeinflussen starke Windböen die Flugbahn des Balls, weshalb zur Minimierung derartiger Effekte im Zuge technischer Entwicklungen von Fußbällen u.a. Aerodynamiktests durchgeführt werden ([ALA-12]). *Lichtverhältnisse* beeinflussen zwar nicht nur, jedoch insbesondere Tormänner, da diese u.U. bei niedrigem Sonnenstand geblendet werden. Bei Tageslicht durchgeführten Spielen können sowohl die *Bewölkung*, als auch die Stadionkonstruktion zu wechselnden Schattenverhältnissen am Spielfeld führen. Diesbezüglich belegen Studien, dass unbeständige oder schwache Lichtverhältnisse die Reaktionsfähigkeit von Menschen beeinträchtigen ([LUCe-86]). Während hierüber im Profifußball keine Untersuchungen bekannt sind, konnte ein Einfluss der Farbe bzw. Helligkeit der Spielertrikots auf die Reaktionszeit nachgewiesen werden ([CAU-13]). Hierbei besteht ein indirekter Zusammenhang zu den Lichtverhältnissen im Stadion.

Die *atmosphärischen Bedingungen* können zusammen mit der *Höhenlage* als *geographische Faktoren* bezeichnet werden. Je höher die Lage, desto dünner die Luft ([TOV-14]), wodurch jegliche körperliche Betätigung anstrengender wird. Im Fußball wird dieses Faktum vorwiegend in Südamerika thematisiert, wenn Spiele in Andenstaaten ausgetragen und deshalb den Gastgebern Vorteile zugeschrieben werden ([TOV-14], [GAR-14]).

Des Weiteren können die *Platz- bzw. Bodenverhältnisse* Einfluss auf das Spielgeschehen nehmen. Ein Vergleich zwischen einem trockenen und einem nassen, rutschigen, tiefen Boden ist ausreichend, um diese Annahme zu belegen. Zum einen ist das Bespielen tiefer Böden anstrengender als auf trockenem Untergrund ([URL-26]), zum anderen variiert das Sprungverhalten des Balls in Abhängigkeit der Spielfeldkonditionen (ebd.). Ferner unterscheidet sich das Ballverhalten auf Natur- und Kunstrasen ([DEC-14], [HVA-15]).

Der Einfluss der *Stadionatmosphäre* wurde vor allem in Hinblick auf einen möglichen Heimvorteil im Rahmen wissenschaftlicher Arbeiten untersucht. Mehrere Studien kamen übereinstimmend zum Ergebnis, dass Heimmannschaften tatsächlich Vorteile genießen

([CARa-05], [BARc-06], [ARM-09], [BIAb-14a]). Dies ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, wie etwa die Stadionatmosphäre, die gewohnte Umgebung und die kürzere Anfahrtszeit. Über die Ursachen etwaiger Vorteile herrscht Uneinigkeit ([CARa-05]). W. M. WALLACE et al. ([WAL-05]) streiten zwar gewisse Vorteile nicht ab, geben jedoch zu bedenken, dass es auch unter bestimmten Wettbewerbsbedingungen einen Nachteil für die Gastgeber geben kann. In Anbetracht unberücksichtigter Parameter ist zu bedenken, dass die zitierten Beiträge ausschließlich Einflüsse auf das mannschaftliche Kollektiv behandeln. Wie hingegen einzelne Spieler die Stadionatmosphäre wahrnehmen und darauf reagieren wurde soweit bekannt, noch nicht untersucht.

Alle anderen Einflussfaktoren können als *Sonstige* zusammengefasst werden. Hierzu stellt sich die Frage, wie Spieler mental reagieren, wenn sie z.B. bei Ausführung eines Eckballs von Gegenständen wie Feuerzeuge, Papierkugeln, Bierbecher u.dgl. gestört oder getroffen werden? Gleichfalls ist unbekannt, wie der Spielverlauf das individuelle Spielerberhalten beeinflusst. Platzverweise führen zwar zu einer signifikanten Abnahme von Torversuchen ([BARc-06], [VEC-09]), wie jedoch die Spieler psychisch auf eine plötzliche Über- oder Unterzahlsituation reagieren und ob dies positive oder negative Auswirkung auf ihr Leistungsvermögen hat, ist unklar.

6.8.2 Auswirkungen auf das Forschungsvorhaben

Die Ausführungen des vorherigen Abschnittes zeigen, dass eine Vielzahl unterschiedlicher spielbeeinflussender Faktoren im Rahmen der Spielanalyse berücksichtigt wird. Mit Ausnahme physischer Daten, die in Echtzeit indirekt von den Trajektorien der Spieler abgeleitet werden, kann der Einfluss aller anderen internen sowie externen Faktoren lediglich geschätzt, jedoch nicht quantifiziert werden. Pauschalierungen sind unzulässig, da die Spieler aufgrund ihres körperlichen und psychischen Zustandes unterschiedlich auf die Rahmenbedingungen und das Spielgeschehen reagieren. Obwohl fußballspezifische Geodaten über keinerlei dieser Informationen verfügen oder mit diesen verknüpft werden können, sind die Auswirkungen in Hinblick auf die zentrale Forschungsfrage marginal.

Hierzu ist zu bedenken, dass auch innerhalb der Analyseabteilungen professioneller Fußballvereine nicht alle spielbeeinflussende Faktoren zur Verfügung stehen. Ungeachtet dessen wird im Rahmen der Datenerfassung versucht das Spielgeschehen bestmöglich zu rekonstruieren. Fußballspezifische Geodaten bilden hierbei das Fundament eines Analysemodells, das zwangsweise einer Vereinfachung der Realität entspricht. Es handelt sich dabei um eine Abstraktion der Wirklichkeit ([BARa-00]), die die Komplexität des Spiels nicht vollständig umfassen kann. Die in Abb. 51 aufgelisteten Faktoren tragen zur Vielschichtigkeit und Unberechenbarkeit des Spiels bei. Die Erzeugung eines spiegelbildlichen Modells des Spiels ist unmöglich, weswegen auf eine bestmögliche Annäherung an die Realität abgezielt wird. Einen Beitrag dazu liefern GIS-gestützte Ansätze, die den Fokus auf die Komponenten *Raum* und *Zeit* richten.

7 Raumzeitliche Aspekte gegenwärtiger Methoden der Spielanalyse

Dieses Kapitel gewährt Einblicke in gängige mannschaftsinterne Praktiken der Spielanalyse. Die Bezeichnung *mannschaftsintern* impliziert, dass es sich hierbei um öffentlich unzugängliche bzw. schwer erhältliche Informationen handelt. Aufgrund der Wettbewerbssituation ist es verständlich, dass Vereinsinterna geheim gehalten werden. In Abschnitt 3.7 wurde darauf hingewiesen, dass es *die* Spielanalyse eigentlich nicht gibt, sondern darüber unterschiedliche Auffassungen über deren Inhalt und Umsetzung vorliegen. Selbst vereinsintern ist die Kontinuität angewandter Methoden nicht gewährleistet, da das Analysedesign nicht nur von technischen Weiterentwicklungen, sondern auch insbesondere von den Vorgaben des Trainerstabes abhängt ([SQU-02]).

Mangels frei zugänglicher Informationen wurden im Rahmen dieser Forschungsarbeit Experteninterviews mit professionellen Spieleanalysten durchgeführt. Das zugrundliegende Umfragedesign ist im Folgenden erläutert. Im Anschluss daran wird das Ergebnis der Interview-Auswertungen in komprimierter Form präsentiert und diskutiert. Das Resultat bildet die Grundlage zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage (siehe Abschnitt 2.3).

7.1 Experteninterviews als Schlüssel zu öffentlich unzugänglichen Informationen

Dieser Abschnitt beinhaltet einleitend eine Beschreibung der gewählten Methodik sowie eine Charakterisierung der teilnehmenden Expertengruppe. Ferner werden Anmerkungen zur Durchführung der Befragungen angeführt, der Aufbau des Interview-Leitfadens dargelegt sowie die Verarbeitung und Auswertung der gesammelten Informationen erläutert.

7.1.1 Wissenschaftliche Grundlagen der gewählten Methodik

Das Experteninterview ist gemäß U. FLICK ([FLI-07]) ein Verfahren des Leitfadeninterviews, bei dem der Leitfaden vorrangig als Strukturierungsgegenstand dient. Übergeordnet handelt es sich dabei um eine spezielle Technik der qualitativen empirischen Sozialforschung, bei der Experten als Repräsentanten einer bestimmten Fachgruppe, Auskünfte über einen bestimmten Themenbereich geben sollen (ebd.). Die gewählte Methode entspricht dem Begriffsverständnis von J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04]) zufolge, einem *„nichtstandardisiertem Interview“*, da *„… weder die Frageformulierungen noch die Reihenfolge der Fragen verbindlich“* (ebd.) sind. Gleichzeitig steht es dem Experten frei, wie die Fragen beantwortet werden (ebd.). Obwohl es sich um eine nichtstandardisierte Befragung handelt, ist die Interviewsituation nicht willkürlich, sondern folgt bestimmten Vorgaben. Daher sprechen J. GLÄSER u. G. LAUDEL (ebd.) in derartigen Fällen auch von *„teilstandardisierten Interviews“*. A. BOGNER et al. ([BOG-14]) unterscheiden hierzu explorative

und fundierende Experteninterviews voneinander. In beiden Fällen kann das Expertenwissen entweder als sachliche Information oder subjektive Deutung interpretiert werden.

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage werden im Sinne von A. BOGNER et al. (ebd.) Experteninterviews zur *explorativen Datensammlung* in Form von *Betriebswissen* durchgeführt um sachliche Informationen zu sammeln und auszuwerten. *„Das Ziel explorativer Experteninterviews besteht in einer ersten Orientierung im Feld […]"* (ebd.). Mangels frei zugänglicher Informationen über gängige Methoden mannschaftsinterner Spielanalysen, erscheint diese spezielle Art des Experteninterviews als probat. Da die Ergründung eines bestimmten Fachbereiches im Vordergrund steht, müssen die Daten nicht zwingend vergleichbar, vollständig und standardisiert sein (ebd.). *„Betriebswissen bezieht sich auf den eigenen Handlungszusammenhang der Experten"* (ebd.). Dies entspricht der Analysetätigkeit der Experten in ihrer vereinsinternen Rolle als Spieleanalysten.

Ferner weist die Konzeption laut A. BOGNER et al. (ebd.), Züge des *systematisierenden Experteninterviews* zur Erhebung von *Prozesswissen* auf. *„Das Prozesswissen umfasst Einsicht in Handlungsabläufe, Interaktionen, organisationale Konstellationen, Ereignisse, usw."* (ebd.) Dabei nimmt der Experte die Rolle eines Ratgebers ein (ebd.). Die Bedeutung dieser Informationen liegt in der Veranschaulichung der Kommunikationskette zwischen Spieleanalyst, Trainerteam und Mannschaft. Das Medium dieser Kommunikation ist das Analyseergebnis, dessen Aufbereitung den Anforderungen der Endbenutzer angepasst werden muss. Um Vergleiche zu ermöglichen gilt es im Rahmen der Befragung herauszufinden wie dies mannschaftsintern gehandhabt wird.

Die gewählte Methodik wird durch eine Symbiose zweier Arten von Experteninterviews gekennzeichnet. Dies ist gemäß A. BOGNER et al. (ebd.) möglich, da beide Formen auf die Erhebung von Informationen abzielen und somit mit einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet werden können.

7.1.2 Die teilnehmende Expertengruppe

Dieser Abschnitt dient zur Charakterisierung der teilnehmenden Expertengruppe. Zur Gewährleistung einer homogenen Auswahl ist es zunächst notwendig, die Kennzeichen eines idealen Experten festzulegen. Daraufhin folgen Anmerkungen zur Kontaktaufnahme sowie über die Erfahrung der teilnehmenden Experten im Bereich der Spielanalyse.

- Kennzeichen des idealen Experten im Kontext der Fragestellung

Die Bestimmung einer eindeutig abgrenzbaren Expertengruppe ist für die Signifikanz einer Befragung essenziell. Experten sind als Personen zu verstehen, die bezogen auf einen klar begrenzten Problembereich, ein spezifisches Praxis und/oder Erfahrungswissen aufweisen (ebd.). Im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit sind Personen dann als Experten zu bezeichnen, wenn diese zumindest eine einjährige Erfahrung im Bereich der Spielanalyse in professionellen Fußballvereinen oder nationalen Fußballverbänden nachweisen können. Ein Fußballklub wird dann als professionell angesehen, wenn dessen Kampfmannschaft in

einer Profiliga vertreten ist, d.h., wenn der Fußballsport beruflich ausgeübt wird. In Österreich und Deutschland trifft dies bspw. auf die Vereine der höchsten zwei bzw. drei Spielklassen zu. Da methodische Entwicklungen von Spielanalysen mit technologischen Fortschritten einhergehen, darf des Weiteren die Tätigkeit als Spieleanalyse zum Zeitpunkt der Interviews nicht länger als ein Jahr zurückliegen. Durch dieses zusätzliche Ausschlusskriterium wird die Aktualität der Informationen quantitativ berücksichtigt.

Die beiden Kriterien spiegeln damit die Erfahrung eines Spieleanalysten im professionellen Bereich der mannschaftsinternen Spielanalyse wider. Die Bezeichnung *Spieleanalyst* ist allerdings diffus und weist keine allgemein gültige Definition auf. Ferner werden oftmals die Begriffe *Performance Analyst* oder *Video Analyst* synonym verwendet, die u.U. auf eine Spezifizierung hindeuten. Die Gemeinsamkeit dieser Bezeichnungen liegt darin, dass die damit assoziierten Personen Fußballspiele analysieren. Auf welche Art und Weise dies geschieht, ist für die Zuschreibung der Experteneigenschaft irrelevant, sofern die beiden Ausschlusskriterien erfüllt werden. In weiterer Folge wird *Spieleanalyst* als Oberbegriff für die teilnehmenden Experten verwendet.

- Kontaktaufnahme

Die Kontaktaufnahme zu den Experten war zunächst schwierig, da über die Webauftritte von Vereinen in den seltensten Fällen Personenangaben über Analysten, geschweige deren Kontaktdaten veröffentlicht sind. Daher wurden insgesamt 38 Klubs über deren für allgemeine Ansuchen zur Verfügung stehenden *Office*-E-Mail-Adressen bzw. Kontaktformulare kontaktiert. Sämtliche Anfragen blieben unbeantwortet.

Im nächsten Versuch wurde in den webbasierten sozialen Netzwerke *Xing* ([URL-37]) und *LinkedIn* ([URL-38]) nach potenziellen Experten im deutsch- und englischsprachigen Raum anhand der Schlüsselwörter *Spieleanalyst*, *Performance Analyst* und *Videoanalyst* gesucht. Dieses Vorgehen ermöglichte 45 Experten direkt zu kontaktieren, die aufgrund ihrer Erfahrung im Bereich der Spielanalyse innerhalb eines Vereins oder eines nationalen Verbandes ausgewählt wurden. Im Zuge der Kontaktanfragen wurde bereits das Forschungsvorhaben erläutert sowie auf das damit verbundene Experteninterview verwiesen. 28 Anfragen wurden daraufhin angenommen. An jene 28 Personen wurde in weiterer Folge eine konkrete Interviewanfrage gestellt. Es folgten 18 Antworten, wovon insgesamt 17 positiv waren. Danach wurden jene 17 Experten gebeten, online über eine Web-Plattform aus einer Reihe festgesetzter Zeitpunkte, einen Termin für das Interview auszuwählen bzw. einen anderen Wunschtermin zu äußern.

Trotz zuvor erhaltener Zusagen verringerte sich die Zahl der schlussendlich durchgeführten Experteninterviews auf 14. Dies entspricht einer totalen Rücklaufquote von 31,11 %. Allerdings wurde auf die Auswertung eines Interviews im Nachhinein verzichtet, da der betreffende Experte zwar eine mehrjährige Erfahrung im Bereich der Spielanalyse nachweisen konnte, diese jedoch hauptsächlich im Amateurbereich. Die Nichtberücksichtigung dieses

Interviews war notwendig, um die Homogenität der Expertengruppe hinsichtlich ihrer Erfahrung im Bereich der professionellen Spielanalyse, zu bewahren. Der absolute Rücklauf sowie die Anzahl an verwertbaren Befragungen ist graphisch in Abb. 52 dargestellt.

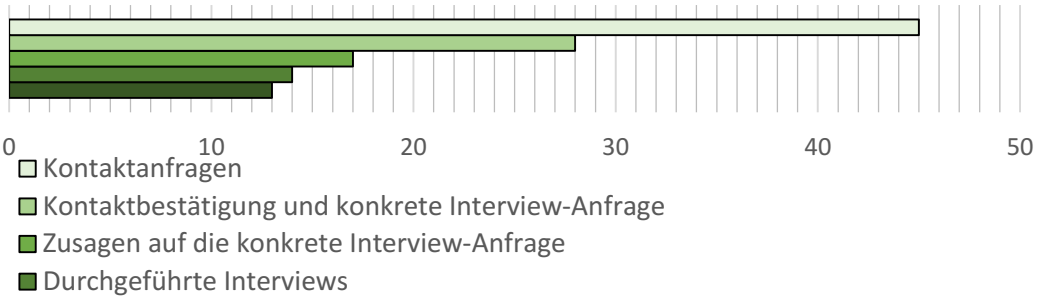


Abb. 52: Absoluter Rücklauf und verwertbare Experteninterviews

- Erfahrung der teilnehmenden Experten

Da das Ausmaß der Erfahrung im Bereich der professionellen Spielanalyse ein Ausschlusskriterium der Expertenwahl ist, wurde dieser Parameter zu Beginn der Interviews erhoben und kontrolliert. Die Befragungen wurden im Zeitraum vom 18.11.2014 bis 19.12.2014 durchgeführt. Bis zu Beginn dieser Zeitspanne wiesen die 13 teilnehmenden Experten zusammen eine Erfahrung von 56 Jahren und acht Monaten auf. Diese wurde jedoch nicht ausschließlich bei professionellen Vereinen oder nationalen Verbänden gesammelt. Abzüglich jener Erfahrung, die vereinsextern bei Datenanbietern oder Analysedienstleister sowie vereinsintern im Amateurbereich gesammelt wurde, schlägt sich die kollektive Erfahrung auf 50 Jahre und sechs Monate zu Buche. Die durchschnittliche und für diese Forschungsarbeit relevante Erfahrung liegt somit bei 46,62 Monaten, was weniger als vier Jahren pro Experte entspricht. Der Median liegt mit exakt 4 ½ Jahren bzw. 54 Monaten deutlich über dem arithmetischen Mittel. Die Spannweite erstreckt sich von 13 bis 108 Monaten.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die kollektive Erfahrung von 50 ½ Jahren insgesamt 36 Monate beinhaltet, die in den Nachwuchsabteilungen ihrer Vereine gesammelt wurden. Da jedoch in beiden Fällen professionelle Arbeitsstrukturen, hinsichtlich Datengrundlage und Analysemethodik nachgewiesen wurden, wurde diese Erfahrung bei der Aufsummierung ebenfalls berücksichtigt. Des Weiteren wies ein Experte zum Zeitpunkt des Interviews eine 15 Monate lange Erfahrung im Bereich der Spieleanalyse innerhalb der Frauenabteilung seines Vereins auf. Während dieses Zeitraums gewann die Mannschaft die Women's Champions League. Da auch in diesem Fall nachweislich professionell gearbeitet wurde, floss auch diese Zeitspanne in die Berechnung mit ein. [Anm.: Obwohl Männer- und Frauenfußball unterschiedlich zu bewerten sind (siehe Abschnitt 1.2), hat dies keine Auswirkungen auf die zugrundliegende Analysearbeit.]

Würden die soeben beschriebenen Ausnahmefälle nicht berücksichtigt werden, würde die kollektive Erfahrung, anstelle von 50 ½ Jahren, 46 Jahre und drei Monate betragen. In Abb. 53 ist die kumulierte Erfahrung der teilnehmenden Experten, differenziert nach Vereinen bzw. Verbänden sowie Leistungsklasse, dargestellt.

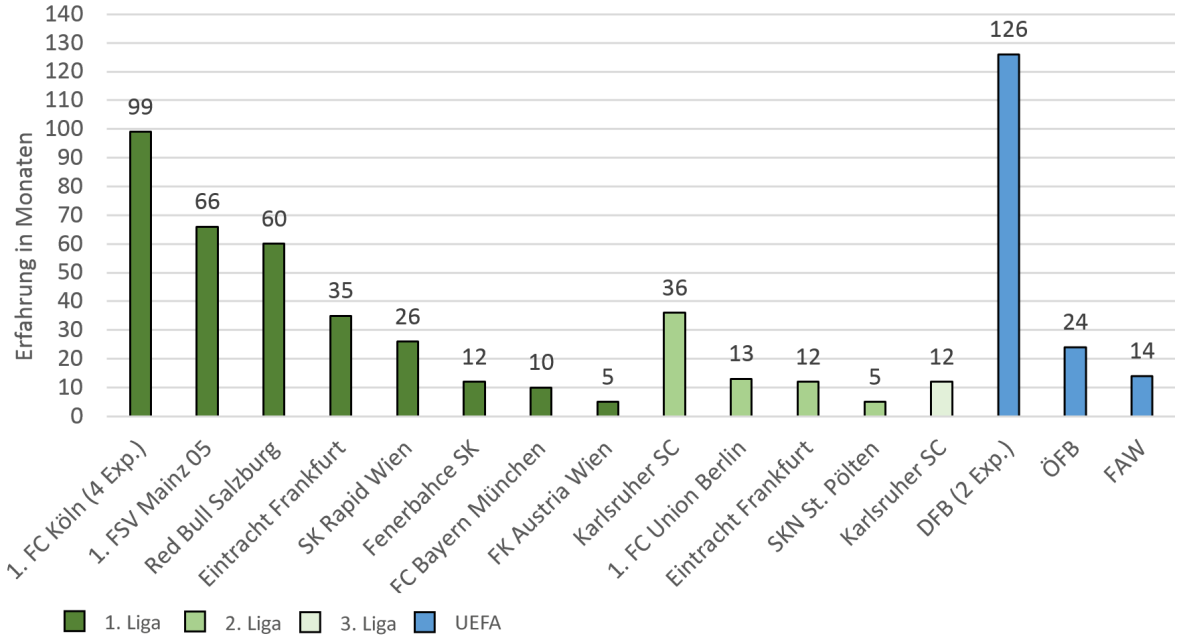


Abb. 53: Kumulierte Erfahrung der teilnehmenden Experten im Bereich der Spielanalyse bei professionellen Vereinen bzw. nationalen Verbänden, angegeben in Monaten und differenziert nach Leistungsklasse

7.1.3 Anmerkungen zur Durchführung der Experteninterviews

Ein Blick auf Abb. 53 bietet außerdem einen Überblick über die räumlichen Distanzen der Experten zum Forschungsstandort Wien. Zur Überbrückung der Entfernungen sowie zur Verhinderung von Terminkollisionen, wurden zwölf der insgesamt 13 verwertbaren Befragungen online via IP-Telefonie mittels *Skype* ([URL-40]) zu anderen *Skype*-Accounts bzw. zu Fest- und Mobilnetznummern durchgeführt. Dabei wurden die Gespräche mit der Software *Free Video Call Recorder for Skype* ([URL-41]) akustisch aufgezeichnet. Das persönlich durchgeführte Interview wurde hingegen mit der Android App *Smart Voice Recorder* ([URL-42]) mittels Tablet aufgenommen. Die Aufzeichnungen stellen nicht nur eine Archivierung der Befragungen dar, sondern dienten auch zur Erstellung von Interviewprotokollen. J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04]) stellten in diesem Zusammenhang die Vor- und Nachteile von Tonbandaufzeichnungen bei Interviews gegenüber und kamen abschließend zum Ergebnis, dass *„… mittlerweile weitgehend Einigkeit darüber…“* besteht, *„…dass die Tonbandaufzeichnung unverzichtbar ist.“* (ebd.)

Insgesamt entstand Tonmaterial in der Länge von rund acht Stunden und 41 Minuten, wobei die Netto-Interviewzeit annähernd sieben Stunden und 37 Minuten beträgt. Die aufgezeichneten Nettozeiten umspannen den Zeitraum von der ersten Frage bis zur offiziellen Beendigung der Befragung. Die Differenz zwischen Brutto- und Nettozeit beinhaltet nicht nur einleitende Informationen über das Interview, sondern auch abschließende Gespräche, im Rahmen derer wertvolle Ratschläge eingeholt sowie für das Forschungsvorhaben relevante und interessante Fragestellungen aufgegriffen wurden.

Das persönlich durchgeführte Interview war mit rund 56 Minuten Nettozeit deutlich am längsten. Demgegenüber beträgt die durchschnittliche reine Befragungszeit via *Skype*

lediglich rund 34 Minuten. Der Median der Nettozeit aller via Skype abgehaltener Interviews beträgt knapp 32 Minuten, wobei die Spannweite von rund 22 bis annähernd 39 Minuten reicht. Ob es sich hierbei um Zufall handelt oder, ob die Durchführungsart ausschlaggebend für diese Diskrepanz ist, kann an dieser Stelle nicht eindeutig belegt werden. Diesbezüglich verweisen A. BOGNER et al. ([BOG-14]) darauf, dass bei Telefoninterviews merkliche Einbußen hinsichtlich der Informationsdichte zu erwarten sind. Ungeachtet dessen war es aufgrund der zu hohen Reisekosten und terminlichen Engpässen nicht möglich alle Befragungen persönlich durchzuführen. Hingegen konnten die Bedenken von A. BOGNER et al. (ebd.), dass die Interviewsituation bei Telefonaten ggf. unkontrollierbar sei, nicht bestätigt werden. Im Gegenteil wirkten alle Gesprächspartner an der Forschungsarbeit interessiert und beantworteten bereitwillig und geduldige sämtliche Fragen.

Jedem Interview lag ein identer teilstandardisierter Leitfaden, bestehend aus einem allgemeinen Block und drei spezifischen Frageblöcken, zugrunde. Jeder Experte wurde mit einem anonymisierten Kürzel versehen, das zusammen mit dessen vollständigem Namen sowie Datum und Uhrzeit des Interviews im allgemeinen Block eingetragen wurde. Zusätzlich wurden die Durchführungsart [Anm.: = *persönlich*, *via Skype* oder *via Skype-Telefonat* zu Fest- oder Mobilnetz] und der Name der Audiodatei [Anm.: = {Kürzel}.{mp3/wav}.] vermerkt. Nachdem der Ablauf der Befragung erläutert sowie die Zustimmung für die Audioaufzeichnung eingeholt wurde, startete das Interview, wobei der konzipierte teilstandardisierte Leitfaden als Checkliste diente.

7.1.4 Aufbau des Interview-Leitfadens

Der Leitfaden ist gemäß A. BOGNER et al. (ebd.) ein integraler Bestandteil des systematisierenden Experteninterviews und dient primär dazu, das Themenfeld zu strukturieren. Hinsichtlich dessen Konstruktion wurden die diesbezüglichen Empfehlungen von A. BOGNER et al. (ebd.) aufgegriffen, was u.a. eine Vorformulierung konkreter Fragen beinhaltete. Dahingehend geben J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04]) zu bedenken, dass der Leitfaden als *„Richtschnur“* anzusehen ist, *„… die die unbedingt zu stellenden Fragen enthält.“* (ebd.).

Insgesamt wurden 28 Haupt- sowie acht Subfragen formuliert. Während die Beantwortung der Hauptfragen ein möglichst holistisches Bild mannschaftsinterner Spielanalysepraktiken skizzieren soll, dienen die Subfragen in erster Linie dazu, zusätzliches Detailwissen zu erheben. Der konzipierte Leitfaden ist in Übereinstimmung zu den Ausführungen von J. GLÄSER u. G. LAUDEL (ebd.), als *teilstandardisiert* zu bezeichnen, da weder die Struktur des Fragebogens zwingend eingehalten werden muss, noch die ausformulierten Fragen identisch gestellt werden müssen (ebd.). Vielmehr dient ein Leitfaden dazu, Abweichungen vom Kern der Befragung zu vermeiden. A. BOGNER et al. ([BOG-14]) ergänzen hierzu, dass der *„… Leitfaden in erster Linie als Gedächtnisstütze, nicht als ‚Redeskript‘…“* dienen soll.

Aufgrund des fehlenden sportwissenschaftlichen Hintergrunds des Autors besteht im Gespräch mit den Experten die Gefahr, dass u.U. bestimmte Formulierungen unklar oder

falsch gedeutet werden. Um etwaigen Missverständnissen vorzubeugen, wurde der konstruierte Leitfaden vorab nicht nur einem Pre-Test unterzogen, sondern auch Herrn Dr. R. LESER vom Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien vorgelegt. Auf Basis der Rückmeldung wurden Umformulierungen vorgenommen. Der entwickelte Leitfaden ist vollständig in Anhang I einsehbar. Zudem wurden bereits anlassbezogen die Inhalte des allgemeinen Blocks im vorherigen Abschnitt beschrieben.

Der erste Frageblock besteht aus zwei Unterblöcken zu zwei bzw. drei Hauptfragen. Ziel ist es hierbei, persönliche Informationen über die Experten und deren aktuelle Tätigkeit und Erfahrung einzuholen. Konkret wird dabei erhoben, wie lange der Befragte bereits im Bereich der Spielanalyse tätig ist und ob Erfahrung bei einem oder mehreren Vereinen gesammelt wurde. Gleichzeitig wird darum gebeten, die Ligazugehörigkeit der genannten Klubs und der exakte Zeitraum der Anstellung offenzulegen, um die Rückmeldungen zu klassifizieren.

Der zweite Frageblock bildet hingegen den inhaltlichen Hauptteil des Interviews und besteht aus drei Unterblöcken zu insgesamt 18 Haupt- und sechs Subfragen. Zu Beginn werden die Experten gebeten, Auskunft über die Datengrundlage ihrer Spielanalyse zu geben. Falls notwendig, stellen die Subfragen sicher, dass alle erforderlichen Informationen erhoben werden. U.a. wird ermittelt, ob vereinsintern mit raumbezogenen Daten in Form von Tracking- und/oder Event-Daten gearbeitet wird. Die Herkunft der Daten ist hierbei von besonderem Interesse.

Der nächste Unterblock umfasst spezifische Fragen zur Datenanalyse. Damit soll nicht nur eruiert werden, mit welchen Methoden die zuvor beschriebenen Daten analysiert, sondern auch welche Ziele dabei verfolgt und welche vereinsinternen Bereiche damit versorgt werden. Es geht darum, Einzelheiten über die Analysemethodik zu erfahren, wie etwa, ob die Einzelspieleranalyse getrennt von der Mannschaftsanalyse durchgeführt wird oder wie Schlüsselparameter und Analyseketten definiert werden. Hinsichtlich quantitativer Parameter stellt sich die Frage, inwiefern diese aussagekräftig zur Beurteilung der Spielerleistung sind und ob ggf. positionsbedingte Unterschiede vorliegen. Anhand der Rückmeldungen kann das Ausmaß der Berücksichtigung der Komponenten *Raum* und *Zeit* eingeschätzt werden. Informationen dazu liefern Fragen nach etwaigen Klassifikationen oder Gewichtungen bestimmter Aktionen am Spielfeld in Abhängigkeit derer raumzeitlicher Erscheinung. Darüber hinaus werden die Experten gebeten, auf Basis ihrer Erfahrung ihre Vorstellung über die Rahmenbedingungen und den Ablauf einer *idealen* Spielanalyse preiszugeben.

Der dritte Unterblock des Hauptteils enthält allgemeine Fragen zur Visualisierung bzw. Präsentation der Analyseergebnisse. Hinterfragt wird, welche Kommunikationsmittel und –formen eingesetzt werden. Ferner gilt es herauszufinden, ob für unterschiedliche Adressaten innerhalb des Vereins verschiedene Aufbereitungsarten erforderlich sind.

Der letzte Frageblock setzt sich aus fünf Haupt- und zwei Subfragen zusammen, mit denen Informationen über die grundlegende Prozedur der Spielanalyse sowie Details zur Kommunikationskette Spieleanalyst-Trainerteam-Spieler eingeholt werden. Sofern noch nicht im Verlauf des Interviews thematisiert, soll das Ausmaß der eigenständigen Datenerhebung beschrieben sowie Angaben zur durchschnittlichen Dauer zur Analyse eines Spiels, samt Aufbereitung der Ergebnisse, gemacht werden. Es soll außerdem ermittelt werden, ob es festgelegte Präsentationstermine gibt und dabei separat die gesamte Mannschaft, einzelne Spieler oder auch Mannschaftsteile angesprochen werden.

A. BOGNER et al. (ebd.) verweisen darauf, dass sich die *„konkrete Erhebungssituation"* niemals exakt vorausplanen lässt und daher die tatsächliche *„Chronologie der Fragen"* in den meisten Fällen von jener des konstruierten Leitfadens abweicht. J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04]) bezeichnen dies als positive Annäherung an einen *„natürlichen Gesprächsverlauf"*, die zwangsläufig bei nichtstandardisierten Interviews auftritt. Abweichungen vom Leitfaden kamen in geringem Ausmaß bei mehreren Befragungen vor. Dies war unvermeidlich, da manche Experten zu bestimmten Themen gleich mehrere Fragen beantworteten. Nichtsdestotrotz blieb die Grundstruktur des Leitfadens im Wesentlichen erhalten.

7.1.5 Verarbeitung der gesammelten Informationen

Auf Basis der akustischen Aufzeichnungen der einzelnen Befragungen wurden ausführliche stichwortartige Transkriptionen abgeleitet, die in weiterer Folge zur Erstellung von Interviewprotokollen herangezogen wurden (siehe Anhang II). Diese Vorgehensweise wurde der bedeutend zeitaufwendigeren lückenlosen Transkription vorgezogen, da diese laut A. BOGNER et al. (ebd.) bei explorativen bzw. systematisierten Experteninterviews nicht erforderlich ist. *„Dies ist immer dann der Fall, wenn es weniger um Deutungswissen und latente Sinnstrukturen der Expertenausführungen geht, sondern wenn Daten und Fakten im Vordergrund stehen. Hier ist nicht der konkrete Wortlaut, der noch einer weitergehenden Analyse unterzogen werden müsste, von Interesse, sondern der wenig interpretationsbedürftige manifeste Informationsgehalt."* (ebd.) Da dieser Fall auf die konzipierte Expertenbefragung zutrifft, ist die gewählte Verfahrensweise zur Verarbeitung der aufgezeichneten Informationen zweckmäßig.

Hinsichtlich Transkriptionen, halten J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04]) fest, dass es dazu *„… bislang keine allgemein akzeptierten Regeln"* (ebd.) gibt, weswegen eigene Dokumentationsregeln aufgestellt werden müssen. Dahingehend wurden all jene Textfragmente ohne direktem Bezug zur Frage ausgespart. Bei Interviewprotokollen handelt es sich um *„inhaltsbezogene Zusammenfassungen"* ([BOG-14]) der einzelnen Befragungen, deren Inhalte, bereits in Hinblick auf die qualitative Inhaltsanalyse nach thematischen Gesichtspunkten gruppiert sind. Die Interviewprotokolle stellen außerdem die Grundlage für die abschließende qualitative Inhaltsanalyse dar, deren Aufbau und Ergebnisse den Inhalt des nächsten Abschnitts bilden.

7.2 Auswertung der Interviewprotokolle

Dieser Abschnitt bietet einleitend einen Überblick über die methodischen Grundlagen sowie den Aufbau der konzipierten qualitativen Inhaltsanalyse. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse der Auswertung, getrennt nach den zuvor festgelegten Themenbereichen, präsentiert. Ziel der qualitativen Inhaltsanalyse ist es, die zentralen Fragestellungen der durchgeführten Expertenbefragung zu beantworten. Dadurch wird gleichzeitig der Stoff zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage (siehe Abschnitt 2.3) gebildet.

7.2.1 Methodische Grundlagen und Aufbau der qualitativen Inhaltsanalyse

P. MAYRING ([MAY-10]) verweist auf die Herausforderung den Begriff *qualitative Inhaltsanalyse* zu definieren, da das Verständnis darüber im Wesentlichen von der Sichtweise der jeweiligen Wissenschaftsdisziplin abhängt. Aus diesem Grund entspricht die Inhaltsanalyse keinem standardisierten Analyseinstrument (ebd.), das bei verschiedenen Problemstellungen gleichermaßen angewandt werden könnte. Hierüber hält P. MAYRING fest: *„In qualitativ orientierter Inhaltsanalyse wird […] bewusst auf voll standardisierte Instrumente wegen des Gegenstandsbezuges verzichtet."* (ebd.) Disziplinübergreifend kann die Inhaltsanalyse zusammengefasst, als eine systematische und regel- bzw. theoriegeleitete Methode zur Analyse einer (fixierten) Kommunikation verstanden werden. Im Wesentlichen geht es dabei um eine Untersuchung bestimmter Aspekte der Kommunikation.

Angesichts dieses Definitionsversuchs betrachtet P. MAYRING (ebd.) den Begriff *„kategoriengeleitete Textanalyse"* treffender als *„Inhaltsanalyse"*, deren Verwendung jedoch ebenfalls gerechtfertigt ist. Ähnlich der *Spielanalyse* handelt es sich hierbei um einen diffusen Begriff. In weiterer Folge wird der gewählte Ansatz, gemäß P. MAYRING (ebd.), als *„qualitative Inhaltsanalyse"* bezeichnet. Allerdings sind hierzu die drei Interpretationsgrundformen *„Zusammenfassung"*, *„Explikation"* und *„Strukturierung"* zu differenzieren (ebd.), weswegen eine genaue Beschreibung der angewandten Methodik erforderlich ist.

Basierend auf den Ausführungen von P. MAYRING vertreten J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04]) die Meinung, dass es hierbei *„… vorrangig um Typisierungen und Konfigurationen von Informationen im Text"* (ebd.) geht. Der Text wird dabei als Datenmaterial angesehen, aus dem für die Forschungsfrage relevante Daten extrahiert werden, die den Kern der Auswertung bilden (ebd.).

Die konzipierte qualitative Inhaltsanalyse zielt darauf ab, auf Basis der Interviewprotokolle gängige mannschaftsinterne Praktiken der Spielanalyse zu charakterisieren, um diese anschließend in Hinblick auf die erste Forschungsfrage nach raumzeitlichen Gesichtspunkten zu bewerten. Anhand einer systematischen Analyse werden die Rückmeldungen der Experten miteinander verglichen. Dabei werden Gemeinsamkeiten hervorgehoben, die die Grundlage zur Beschreibung typischer Methoden der mannschaftsinternen Spielanalyse bilden. Um diesbezüglich ein möglichst holistisches und facettenreiches Bild zu skizzieren,

müssen auch Unterschiede herausgefiltert werden. Hierzu ist eine Frequenzanalyse vorgesehen, die von P. MAYRING ([MAY-10]) zu den *„Grundtechniken inhaltsanalytischer Verfahren“* gezählt wird. Der Einbezug quantitativer Methoden ist dann sinnvoll, *„… wenn es um eine Verallgemeinerung der Ergebnisse geht.“* (ebd.), was auf die geplante Charakterisierung Praktiken der Spielanalyse zutrifft.

Gemäß A. BOGNER et al. ([BOG-14]) handelt es sich hierbei um eine gezielte Auswertung zu Informationszwecken. Bezogen auf die grundlegende Interpretationsform wird eine *„inhaltliche Strukturierung“*, gemäß dem Begriffsverständnis von P. MAYRING ([MAY-10]), angewandt. *„Ziel inhaltlicher Strukturierungen ist es, bestimmte Themen, Inhalte, Aspekte aus dem Material herauszufiltern und zusammenzufassen.“* (ebd.) Hierzu empfiehlt P. MAYRING (ebd.) ein mehrstufiges Auswertekonzept, das in Hinsicht auf die spezifischen Rahmenbedingungen adaptiert werden muss. Ungeachtet dieses nicht standardisierten Verfahrens ist ein systematisches Vorgehen erforderlich ([GLÄ-04]). Abb. 54 stellt hierzu, in Anlehnung an den Entwurf von J. GLÄSER u. G. LAUDEL (ebd.), den graphischen Entwurf des Auswertekonzeptes in Pyramidenform dar.

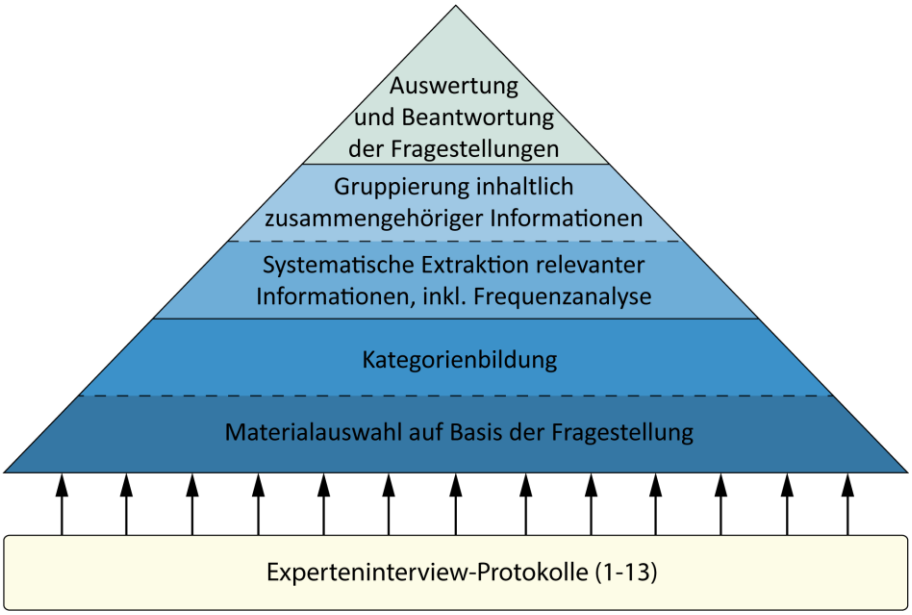


Abb. 54: Schematische Darstellung des mehrstufigen Auswertekonzeptes der qualitativen Inhaltsanalyse (1. Befragungsrunde)

In Abhängigkeit der Betrachtungsweise ist die Konzeption drei- bis fünfstufig, wobei die Chronologie der Auswertung von der Basis bis zur Spitze der Pyramide verläuft. [Anm.: Eine prägnante Zusammenfassung des originalen Konzeptes kann in A. BOGNER et al. ([BOG-14]) nachgelesen werden.]. Im Folgenden wird auf die einzelnen Stufen eingegangen.

- Fragestellung, Materialauswahl und Kategorienbildung

Der Untersuchung liegt eine zentrale Fragestellung zugrunde, die mehrere Subfragen umfasst und beim Entwurf des teilstandardisierten Fragebogens als Orientierungshilfe herangezogen wurde. Dementsprechend bestehen gleichermaßen Verbindungen zwischen den

Subfragen und den festgelegten Kategorien der Interviewprotokolle. Die daraus ausgewählten Inhalte entsprechen dem Ausgangsmaterial der systematischen Extraktion. Zur besseren Veranschaulichung der Verflechtungen zwischen dem teilstandardisierten Leitfaden, den Fragestellungen und den Kategorien der Interviewprotokolle bietet Abb. 55 eine graphische Übersicht.

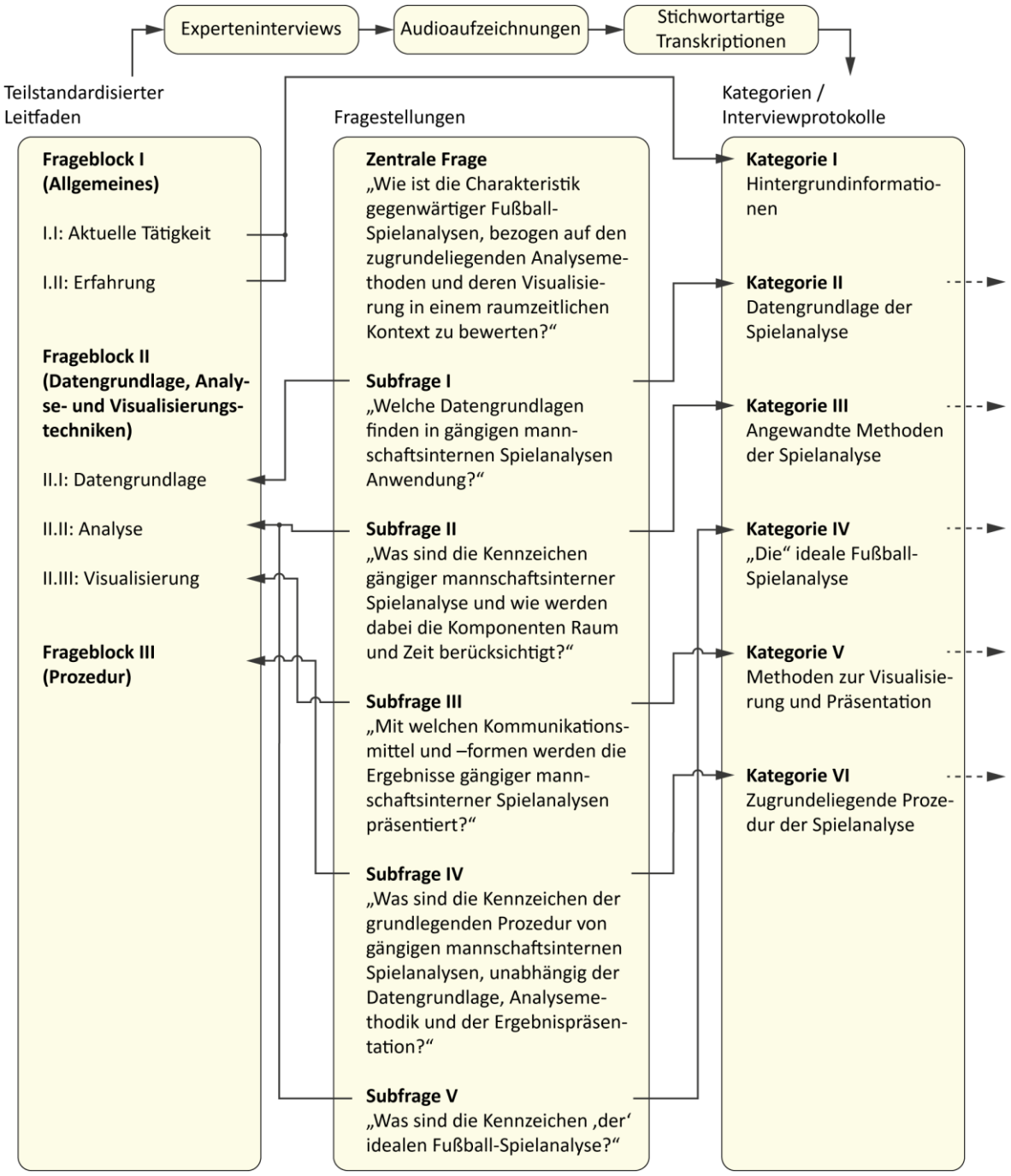


Abb. 55: Verflechtungen zwischen dem teilstandardisierten Leitfaden, den zugrundeliegenden Fragestellungen und Kategorien der qualitativen Inhaltsanalyse (1. Befragungsrunde)

Das Ziel der Expertenbefragung ist anhand einer zentralen Fragestellung konkretisiert, die der ersten Forschungsfrage (siehe Abschnitt 2.3) entspricht. Zur Gewährleistung einer adäquaten Beantwortung, wurden fünf weitere Subfragen formuliert (siehe Abb. 55), die den Themenbereich der zentralen Fragestellung vollständig abdecken. In Bezug auf den

teilstandardisierten Leitfaden, können mit Ausnahme des ersten Frageblocks [Anm.: Dient zur Erhebung von Hintergrundinformationen.] alle Subfragen einem der zwei übrigen Frageblöcken bzw. deren Unterblöcken zugeordnet werden (vgl. Abschnitt 7.1.4 u. Anhang I].

Gleichzeitig spiegeln die Subfragen die Kategorien der Interviewprotokolle wider, die mit Ausnahme von Kategorie I allesamt weiterverarbeitet werden. Es handelt sich hierbei um eine Selektion relevanter Informationen, da Auskünfte über die Befragten zwar für die Expertenauswahl bedeutend, jedoch in Hinblick auf die zentrale Fragestellung belanglos sind. Zu bedenken ist, dass bereits bei der Erstellung der Interviewprotokolle eine Vorauswahl an verwertbaren Informationen erfolgte. Bspw. wurden Aussagen die von der Fragestellung abschweiften nicht verschriftlicht. Außerdem war parallel eine Kategorisierung der Rückmeldungen notwendig, da z.T. Fragen kategorieübergreifend beantwortet wurden. Beide Fälle entsprechen einer Verdichtung des Informationsgehalts.

Wie in Abb. 54 angedeutet und in Abb. 55 verdeutlicht, kann es aufgrund der starken Verflechtungen zwischen den Analyseschritten *Materialauswahl auf Basis der Fragestellung* und *Kategorienbildung* keine messerscharfe Grenze geben. Vielmehr handelt es sich hierbei um eine Fusion, als Folge der fundamentalen theoretisch-methodischen Überlegungen im Zuge der Konzeption. J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04].) beschreiben den Prozess der Kategorienbildung als Definition bestimmter Kategorien sowie den dazwischen auftretenden Interdependenzen auf Basis des Kausalitätsprinzips. In Hinblick auf die durchgeführten Experteninterviews sowie auf die zugrundeliegenden Fragestellungen, beschränkt sich die Kategorienbildung auf die Festlegung bestimmter Kategorien. In diesem Zusammenhang spielt die gewählte Interpretationsform eine ausschlaggebende Rolle. Die Adaption des Entwurfs von J. GLÄSER u. G. LAUDEL (ebd.) ist keineswegs als negative Beurteilung dessen anzusehen, sondern ist im Rahmen der konzipierten Inhaltsanalyse zweckdienlich. Dieses Vorgehen wird u.a. durch die Ausführungen von P. MAYRING ([MAY-10]) und A. BOGNER et al. ([BOG-14]) gerechtfertigt.

- Systematische Extraktion, inkl. Frequenzanalyse und Gruppierung inhaltlich zusammengehöriger Informationen

Die Auswahl an bedeutenden Informationen aus dem Basismaterial ist ein iterativer Prozess, weswegen im nächsten Analyseschritt eine weitere systematische Extraktion erforderlich ist. Dadurch soll das Datenmaterial auf das Wesentlichste komprimiert werden. Gemäß J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04]) zielt diese Maßnahme insbesondere auf die Erstellung einer *„integrierten Informationsbasis“* aus unterschiedlichen Materialen ab. Diese ist für die Beantwortung der zugrundeliegenden Fragen unerlässlich (ebd.). Hierbei wird zwischen der Relevanz und der Häufigkeit bestimmter Informationen ein direkter Zusammenhang gesehen, weswegen auf dieser Analyseebene eine vereinfachte Frequenzanalyse auf Basis des Extraktionsergebnisses durchgeführt wird. Laut P. MAYRING ([MAY-10]) besteht die Aufgabe dieser Methode darin *„… bestimmte Elemente des Materials auszuzählen und in*

ihrer Häufigkeit mit dem Auftreten anderer Elemente zu vergleichen." (ebd.) [Anm.: Die Extraktionstabelle, inkl. des Ergebnisses der Frequenzanalyse ist in Anhang III einsehbar.] Während vor der Frequenzanalyse die Informationen der Interviewprotokolle noch separat vorliegen, sind sie danach zusammengefasst. Daher kann keine messerscharfe Trennlinie zwischen der dritten und vierten Analysestufe gezogen werden. Die inhaltliche Gruppierung zielt primär darauf ab, redundante Informationen weitestgehend zu eliminieren.

- Auswertung

Abschließend werden die ursprünglich selektierten, mehrfach extrahierten bzw. inhaltlich gefilterten und klassifizierten Informationen für die finale Auswertung, d.h. zur Beantwortung der zuvor formulierten Subfragen herangezogen. Dabei kommt es zu einer Zusammenfassung des zuvor aufbereiteten Materials. Die Summe aller Antworten spiegelt die Lösung der zentralen Fragestellung wider, die in weiterer Folge dargelegt wird.

7.2.2 Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse

Die Charakterisierung gängiger Praktiken mannschaftsinterner Spielanalysen ist ein heikles Unterfangen, da nicht nur unterschiedliche Definitionen des Begriffs *Spielanalyse* existieren (vgl. Abschnitt 3.7), sondern dieser Arbeitsbereich auch vielfältig interpretiert werden kann. Pauschalierungen sind daher ausgeschlossen. Ungeachtet dessen wird der Versuch unternommen, ein möglichst homogenes Bild der mannschaftsinternen Spielanalyse zu skizzieren und gleichzeitig auf Besonderheiten einzugehen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse im Detail bzw. getrennt nach den festgelegten Kategorien (siehe Abb. 55) präsentiert. Hierzu ist es empfehlenswert, begleitend die Extraktionstabelle (siehe Anhang III) heranzuziehen. Die darin angeführten Informationen sind im Fließtext *kursiv* hervorgehoben.

- Datengrundlagen

Die Untersuchung kam zum Ergebnis, dass *Videoaufnahmen* die primäre Datenquelle gängiger mannschaftsinterner Spielanalysen sind. Ausnahmslos alle Experten gaben an, Videos zu verwenden, wobei allerdings unterschiedliche Arten zu differenzieren sind. *TV-Aufnahmen* werden am häufigsten eingesetzt. Dies ist nicht verwunderlich, da TV-Übertragungen u.U. die einzig verfügbare Datenquelle sind und oftmals von externen Datenanbietern angeboten werden. Die darin überwiegend auftretenden vergrößerten Ausschnitte sind zugleich von Vor- und Nachteil. Einerseits vereinfacht die Fokussierung die Bewertung strittiger Szenen, andererseits geht der Überblick auf das ganzheitliche raumzeitliche Gefüge des Spiels verloren. Zur Kompensation dieses Defizits verwenden acht der 13 Befragten *eigene Videoaufnahmen*, die entweder das gesamte Spielfeld oder zumindest den Bereich zwischen den beiden Abwehrreihen erfassen.

Drei Experten verwenden *Scouting Feeds* externer Datenanbieter. Es handelt sich dabei um Videos, die das gesamte Spielfeld aufnehmen und zusätzlich mit eingeblendeten

spielerbezogenen Leistungsdaten ausgestattet sind. Ein Gesprächspartner gab zu Protokoll, dass er zwar zusätzlich über die zusammengefügten *Aufnahmen der Tracking-Kameras* verfügt, diese allerdings für Spielanalysen nicht verwendet. Des Weiteren wird mehrheitlich mit *Tagging Data* gearbeitet, die im Zusammenhang mit Videoaufnahmen stehen. *Tags* sind Anker bzw. Lese- oder Kennzeichen innerhalb von Videos, die nicht nur schnellen Zugriff auf bestimmte Aktionen, sondern auch Klassifikationen in bspw. Offensiv- und Defensivsituationen ermöglichen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Videos nicht nur aufgrund ihrer Omnipräsenz, sondern auch wegen ihrer immanenten Objektivität bevorzugt werden.

Neben Videos stehen den Experten in sieben von acht Fällen auch raumbezogene *Tracking- und Event-Daten* zur Verfügung. Diese liegen entweder in Rohform und/oder graphisch aufbereitet als 2D-Animation des Spielverlaufs vor. Animationen sind vor allem für taktische Analysen interessant, sofern die Rohdaten ebenfalls vorhanden sind. Andernfalls sind raumbezogene Analysen auf Basis von Koordinaten schwer realisierbar. Bezüglich Tracking-Daten gaben einige Experten an, dass diese primär in der vereinsinternen Fitnessabteilung verwendet werden, um anhand der Laufdaten Rückschlüsse auf die körperliche Belastung der Spieler zu ziehen. Demnach nehmen im Rahmen der Spielanalyse Tracking-Daten oftmals nur eine untergeordnete bzw. ergänzende Rolle ein. Jene Experten, denen Event-Daten zur Verfügung stehen bemängelten, dass die Parameterzusammensetzung der Datenanbieter unbekannt sei. Gleichzeitig sind die Definitionskriterien der Events unklar, weswegen oftmals Diskrepanzen zu mannschaftsinternen Spezifikationen auftreten. Vier der acht Befragten gaben diesbezüglich an, dass deshalb vereins- bzw. verbandsintern eigenständig Event-Daten erhoben werden.

Darüber hinaus verwenden nur zwei Experten eine *vereinsinterne Software* zur Datenerhebung. In allen weiteren Fällen werden die Daten entweder von der Liga bereitgestellt oder von einem externen Datenanbieter erworben.

- Methoden der Spielanalyse

Bei längerer und genauerer Betrachtung der Frequenztabelle (siehe Anhang III) kann ein roter Faden im Bereich der Spielanalysemethodik gefunden werden. Die breite Streuung an rückgemeldeten Begriffen ist ein Kennzeichen für den Facettenreichtum der *Spielanalyse*. Die Untersuchung zeigt, dass die *Spielvorbereitung* bzw. *Gegneranalyse* zusammen mit der *Spielnachbereitung* und *Taktikschulungen* die drei grundlegenden Anwendungsbereiche der Spielanalyse sind. *Scouting* wurde hingegen in diesem Kontext nur von sechs Experten erwähnt. Aufgrund des großen Überschneidungsbereichs zur Spielanalyse ist dies verwunderlich, kann jedoch womöglich dadurch erklärt werden, dass Scouting in vielen Vereinen in einer eigenständigen Abteilung durchgeführt wird. Des Weiteren können die *Spielideenentwicklung*, das *Eigenstudium* sowie *Demonstrationen* bei Sponsorenevents als erweiterte Anwendungsbereiche der Spielanalyse betrachtet werden.

Alle Befragten gaben an mit *kommerziellen Analysesoftwareprodukten* zu arbeiten. Zusätzlich steht einem Experten eine *eigene bzw. vereinsinterne Software* zur Verfügung, die in Kooperation mit einem externen Unternehmen entwickelt wurde. Unabhängig der Analysesoftware erstellen acht der 13 Befragten Spielerprofile, die die Stärken und Schwächen einzelner Akteure veranschaulichen.

Die knappe Mehrheit der Experten arbeitet nach einem intern festgelegten *Analysekonzept*. Der Rest begründete die fehlende Standardisierung damit, dass sich die Vorgaben des Trainerteams von Spiel zu Spiel unterscheiden können und daher ein normierter Analyseablauf nicht vorgesehen ist. Ferner werden in nur drei Fällen die Analyseergebnisse intern evaluiert [Anm.: = *Evaluierungen der Analyse*]. Die Gründe dafür sind knappe Personalressourcen und der Zeitdruck.

Neun der 13 Experten gaben zu Protokoll, dass innerhalb ihres Vereins bzw. Verbandes die *Einzelspieleranalyse getrennt von der Mannschaftsanalyse* durchgeführt wird. Zwar könnten beide Bereiche theoretisch zusammengeführt werden, eine separate Abhandlung sei jedoch vorteilhaft. Hierzu muss allerdings bedacht werden, dass die Mehrheit der Befragten den *Prozess der Spielanalyse* als die *direkte Kommunikation* mit den Spielern und nicht im Sinne einer Datenanalyse versteht.

Aus den Rückmeldungen der Experten wurde in beinahe allen Bereichen der Spielanalyse ein hohes Maß an *Subjektivität* vernommen. Dieser Umstand wird auf die Fokussierung auf videobasierte Spielanalysen zurückgeführt. Demnach bevorzugen elf der 13 Befragten eine *videobasierte* anstelle einer *datenbasierten Spielanalyse*. In sieben Fällen werden allerdings quantitative Daten als *ergänzendes Datenmaterial* herangezogen. Demgegenüber wurde nur in einem Fall eine supplementäre Verwendung von Videoaufnahmen bestätigt. Konträr dazu setzt ein Experte sowohl quantitatives Datenmaterial, als auch Videos ergänzend zu einer auf qualitativen Daten basierenden Spielanalyse ein.

Es herrscht ungeteilte Einigkeit darüber, dass bestimmte Parameter unabhängig ihrer Ausprägung positionsspezifisch interpretiert werden müssen. In neun bzw. vier Fällen wurde bestätigt, dass es *aussagekräftige quantitative Parameter* zur Beurteilung der Leistung von Einzelspielern bzw. Mannschaften gibt. Dennoch ist Skepsis gegenüber quantitativen Maßzahlen aufgrund der Intransparenz deren Zusammensetzung weit verbreitet. Eine Folge ist, dass sich nur vier Experten auf quantitative Parameter konzentrieren. Jedoch werden in sieben Fällen quantitative Kenngrößen bestimmt bzw. spezifiziert. Die überwiegende Mehrheit verwendet qualitative Daten, wobei in fünf Fällen Definitionen eigenständig festgelegt werden. Die *Subjektivität* der Methode ist maßgeblich durch die *fehlende Definition* von qualitativen Parametern bedingt. Die *Dualität zwischen Quantität und Qualität* bzw. *Objektivität und Subjektivität* schließt etwaige Verallgemeinerungen über Spielanalyseprozesse aus, zumal sich z.T. die angeführten Analyseschwerpunkte überschneiden. Daher sind einzelne Analysebereiche dediziert zu betrachten.

Die Bestimmung von *Analyseketten* erfolgt in elf Fällen auf Basis subjektiver Einschätzungen sowie in jeweils einem Fall einzig anhand von Parametern bzw. in Abhängigkeit der Spielsituation gemischt subjektiv-parametrisch. Es besteht Konsens darüber, dass der *Kontext des Spiels* stets zu berücksichtigen ist. Dies erfordert die Beobachtung des gesamten *raumzeitlichen Gefüges*, d.h. der dynamischen, räumlichen Anordnung aller Akteure am Feld. Unabhängig der Verfügbarkeit von Tracking-Daten, wird diese Aufgabe von allen Experten ausschließlich auf Basis ihrer subjektiven Wahrnehmung bei der Auswertung des Videomaterials durchgeführt.

Aus Sicht des Forschungsvorhabens ist positiv hervorzuheben, dass die *räumliche Komponente* von allen Experten als sehr wichtig erachtet wird. Zudem erfolgt in zehn Fällen eine dahingehende Gewichtung und/oder Klassifizierung von Parametern. Darüber hinaus bezeichneten zwölf der 13 Befragten *räumliche Zonierungen* als festen Bestandteil der Spielanalyse. Dieses Ergebnis wird jedoch dadurch getrübt, dass die Arbeitsweise in beiden Anwendungsfällen von Subjektivität durchdrungen ist und weder hier noch da parametrische Referenzen herangezogen werden.

Konträr der räumlichen Komponente wird deren zeitliches Pendant von keinem der Befragten für etwaige Gewichtungen oder Klassifizierungen von Parametern herangezogen, da der konkrete Nutzen dafür bezweifelt wird. Stattdessen wird der *Faktor Zeit* bei fünf Experten auf eine andere Art und Weise berücksichtigt. Bspw. bei der Bewertung taktischer Einflüsse, als Kriterium für die Bestimmung von Parametern oder etwa zur Suche nach Zeitkorridoren, in denen Anomalien auftraten. Darüber hinaus unterscheidet ein Experte zwischen Brutto- und Netto-Spielzeit.

In einem raumzeitlichen Zusammenhang stehen außerdem *Heatmaps*, die in zwei Fällen verwendet werden. Hingegen stellte die überwiegende Mehrheit der Befragten dieser speziellen Darstellungsform kein gutes Zeugnis aus und äußerte starke Zweifel an deren Aussagekraft und Nutzen.

- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse

Die Auswertung lieferte die Erkenntnis, dass die Vorstellungen über *die ideale Spielanalyse* stark divergieren. Dies ist bei Betrachtung der Extraktionstabelle rasch ersichtlich. Indikatoren dafür sind die thematisch breit gefächerten Rückmeldungen und die Anzahl deren Nennungen. Allerdings muss bedacht werden, dass diese Kategorie lediglich durch eine Frage abgedeckt wurde. Diese offene Vorgehensweise ist jedoch insofern notwendig, als dass die Expertenmeinungen nicht vorab in bestimmte Richtungen geleitet werden sollen. An dieser Stelle ist außerdem zu erwähnen, dass ein Experte hierzu faktisch keine Angaben machte, da er den von ihm geschilderten Analyseprozess innerhalb seines Vereins als ideal ansah. Im Folgenden sind die Antworten der Experten sinngemäß zusammengefasst. Konkrete Vorstellungen sowie etwaige Verbesserungsvorschläge sind hingegen der Extraktionstabelle (siehe Anhang III) zu entnehmen.

Für die Mehrheit der Befragten sind insbesondere strukturelle Verbesserungen notwendig. Die Anforderungen einer *idealen* Spielanalyse können demnach nur in einer eigenständigen Abteilung von mehreren gut ausgebildeten Mitarbeitern, adäquat bewältigt werden. Die Datenerhebung sollte nicht nur intensiviert, sondern auch qualitativ verbessert werden. Dieses Bedürfnis geht Hand in Hand mit dem Wunsch nach einer Ausweitung der Analysetätigkeit, insbesondere im Trainingsbereich sowie im Kontext von Echtzeit-Analysen. Hinsichtlich der Analysetools ist die Implementierung von optionalen benutzer- bzw. vereinsspezifischen Modifikationen wünschenswert. Des Weiteren ist die Erweiterung deren Funktionalität dahingehend erstrebenswert, dass auch automatisch bestimmte Spielmuster erkannt und davon geeignete Parameter direkt abgeleitet werden können. Darüber hinaus besteht auch Weiterentwicklungspotential im Bereich der Visualisierung der Analyseergebnisse.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Die zentrale Rolle von Videoaufnahmen im Bereich der Spielanalyse spiegelt sich auch bei der Visualisierung und Präsentation der Ergebnisse wider. So bereiten zwölf der 13 Befragten die Resultate ihrer Untersuchung in Form von *Videos* auf. Ein Experte erstellte hingegen innerhalb seiner Analysegruppe ausschließlich schriftliche Spielberichte. In beinahe der Hälfte aller Fälle werden neben den Videozusammenschnitten auch eigenständig umfassende *schriftliche Ausführungen* angefertigt. Dieses Faktum ist jedoch per se kein Indiz dafür, dass Spielberichte eine untergeordnete Rolle einnehmen. Vielmehr besteht die Vermutung, dass vielfach die von den Datenanbietern zur Verfügung gestellten Reporte als ausreichend angesehen werden.

Zehn Experten gaben zu Protokoll, dass sie *maßstabsgerechte Darstellungen* des Spielfeldes einsetzen, wobei es sich hauptsächlich um analoge oder digitale Taktiktafeln handelt. Ergänzend dazu werden in drei Fällen auch *2D-Animationen* herangezogen. Trotz der großen Bedeutung, die der kontinuierlichen Beobachtung des gesamtheitlichen raumzeitlichen Gefüges beigemessen wird, werden Animationen zur Abbildung der Laufwege kaum verwendet.

Die Mehrheit der Befragten bezeichnet ihre angewandten *Präsentationsformen* weitestgehend als *interaktiv*. Zumeist kommen großflächige interaktive Whiteboards zum Einsatz, auf denen alle aufbereiteten statischen und dynamischen Materialien vermittelt werden. Zwei Experten verteilen zudem Tablets an die Spieler. In Abhängigkeit der Funktionalität des zur Verfügung stehenden Analysetools kann entweder eine Neupositionierung der Spieler im Video vorgenommen oder zumindest Laufwege u.dgl. eingezeichnet werden.

I.d.R. sind die Analyseergebnisse an mehrere Personen im Verein gerichtet, wie etwa dem Chef- und dessen Co-Trainer. Diesbezüglich unterscheidet sich in sieben Fällen die Aufbereitungsarbeit in Abhängigkeit des *Empfängers*, die u.U. bestimmte Zuständigkeitsbereiche haben oder nur spezifische Informationen benötigen.

- Grundlegende Prozedur gängiger mannschaftsinterner Spielanalysen

Die Spielanalyse ist ein integraler Bestandteil innerhalb eines Vereins bzw. Verbandes. Belegt wird diese Aussage durch die Rückmeldungen aller Experten, wonach sämtliche nationalen und internationalen Bewerbsspiele analysiert werden. Des Weiteren werden in sieben Fällen auch Vorbereitungsspiele und Trainingseinheiten untersucht. Zu bedenken ist, dass hierbei insbesondere finanzschwächere Vereine benachteiligt sind, da sich diese die notwendige technische Infrastruktur auf ihren Trainingsplätzen nicht leisten können. Ferner werden aufgrund geringerer Zuschauerzahlen Testspiele oftmals auf Trainingsplätzen oder in kleineren Stadien abgehalten, die u.U. die technologischen Systemanforderungen nicht erfüllen. Konträr dazu können finanzstärkere Vereine bei Bedarf auf mobile Aufnahmesysteme zurückgreifen. Demnach analysieren fünf der acht Experten, die selbstständig Videoaufnahmen anfertigen, auch die Testspiele ihrer Mannschaft.

Drei der 13 Befragten konnten bezüglich *festgelegter Präsentationszeitpunkte* keine näheren Angaben machen, da innerhalb ihres Vereins bzw. Verbandes die Gespräche mit der Mannschaft ausschließlich vom Trainerteam durchgeführt werden. Anhand der restlichen Rückmeldungen kann jedoch angenommen werden, dass i.d.R. die Präsentation der Analyseergebnisse einer *standardisierten Prozedur* folgt. Gegenteiliges berichtete hingegen nur ein Experte. Auf Verbandsebene ist zu bedenken, dass festgelegte Zeitpunkte außerhalb der periodisch stattfindenden Trainingslager nicht immer einzuhalten sind, da die Nationalspieler nach Länderspielen gleich wieder zu ihren Vereinen zurückkehren. Daher ist in diesem konkreten Fall eine standardisierte Prozedur nicht möglich. Zwölf der 13 Befragten gaben zu Protokoll, dass nicht nur Mannschaftsbesprechungen und Einzelgespräche, sondern auch Gruppentermine abgehalten werden. Hingegen konnte ein Experte dazu keine Aussage treffen, da er in seiner Tätigkeit als freier Dienstnehmer die aufbereiteten Unterlagen lediglich an den Trainerstab weiterleitet.

Die Angaben über den zeitlichen Aufwand für die Analyse eines Spiels divergieren dermaßen, dass Pauschalierungen darüber unseriös sein würden. Die Abweichungen sind nicht nur den unterschiedlichen Daten und den dafür geeigneten Analysemethoden geschuldet, sondern stehen auch im Zusammenhang mit der personellen Größe des Analyseteams. Ferner kann für die Analyse der Spiele von Nationalmannschaften mehr Zeit aufgewandt werden, da die Zeitspanne zwischen den Spielen größer ist als auf Vereinsebene. [Anm.: Exakte Angaben dazu können in Anhang II und III nachgeschlagen werden.] Ungeachtet dessen sind alle Experten dazu aufgefordert, die Analyseergebnisse möglichst rasch bereitzustellen.

- Zusammenfassung der bedeutendsten Erkenntnisse

Die Datengrundlage gängiger Praktiken der Spielanalyse beruht im Wesentlichen auf drei Säulen. Es handelt sich dabei um Videoaufzeichnungen unterschiedlichster Art sowie um Tracking- und Event-Daten, die i.d.R. kombiniert werden. In vier Fällen stehen alle drei Datenquellen zur Verfügung. Mit Videomaterial der Spiele arbeiten hingegen alle Befragten.

Im Analysebereich überwiegen hybride Ansätze, die sowohl daten-, als auch videobasiert sind. Methodisch betrachtet ist der Fokus auf die Auswertung von Videos gerichtet. Quantitative und/oder qualitative Daten werden hingegen meist nur ergänzend hinzugezogen. Da die verwendeten Präsentationsformen in direktem Zusammenhang zu den eingesetzten Analysemethoden stehen, ist die videobasierte Aufbereitung der Ergebnisse vorherrschend.

Die Dominanz der Videoanalyse wird auf die Omnipräsenz von Videoaufzeichnungen im professionellen Fußball sowie auf die weitestgehend objektive Wiedergabe des Spielgeschehens zugrückgeführt. Allerdings wird zumeist mangels Spezifikationen qualitativer Parameter das Spiel auf Basis subjektiver Eindrücke interpretiert. Zugleich besteht ein tiefgreifendes Misstrauen gegenüber quantitativen Parametern externer Datenanbieter, da deren Definitionskriterien undurchsichtig sind. Die Spielanalyse bewegt sich demnach überwiegend in einem Spannungsfeld zwischen Quantität und Qualität der Daten sowie zwischen Objektivität und Subjektivität der Interpretation. Verallgemeinerungen darüber sind jedoch nicht stichhaltig, da einzelne Analysebereiche gesondert betrachtet werden müssen. Die Rückmeldungen der Experten liefern jedoch Hinweise darüber, dass gängige Praktiken der Spielanalyse von einem hohen Maß an Subjektivität gekennzeichnet sind.

Während die Komponente Raum ausnahmslos als äußerst wichtig erachtet wird, spielt der Faktor Zeit nur eine untergeordnete Rolle. Mehrheitlich werden bestimmte Parameter auf Basis ihres räumlichen Auftretens gewichtet bzw. klassifiziert. Allerdings basiert die dafür erforderliche räumliche Zonierung des Spielfeldes vorwiegend nicht auf raumbezogenen Daten, sondern weitestgehend auf subjektiven Einschätzungen.

Abschließend ist hervorzuheben, dass konträr des vagen Begriffsverständnisses der Sportwissenschaft, die Spielanalyse von den Experten überwiegend als unmittelbarer Kommunikationsprozess mit den Spielern verstanden wird. Der eigentliche Analyseprozess wird hingegen als notwendige Vorarbeit gesehen.

7.3 Anmerkungen zur Güte der Auswertung

Während in der quantitativen Sozialforschung die Gütekriterien *Objektivität*, *Reliabilität* und *Validität* allgemein anerkannt sind, ist die Situation im Bereich der qualitativen Sozialforschung diffizil. P. MAYRING ([MAY-10]) hält diesbezüglich fest: *„Es fehlen fast vollständig Angaben über die Zuverlässigkeit (Reliabilität) und Gültigkeit (Validität) der erzielten Ergebnisse.“* Ergänzend dazu A. BOGNER et al. ([BOG-14]): *„In der Frage, welche Kriterien zur Bewertung der wissenschaftlichen Qualität qualitativer Forschung angemessen und praktikabel sind, gibt es wenig Übereinstimmung.“* Eine Übernahme bewährter quantitativer Gütekriterien ist im Übrigen problematisch, was jedoch nach A. BOGNER et al. (ebd.) *„… kein Plädoyer für einen erkenntnistheoretischen Anarchismus (‚anything goes')“* ist. Gemäß P. MAYRING ([MAY-10]) gibt es bereits Bestrebungen, qualitative Gütekriterien zu definieren. Allerdings liegt weder Konsens über spezifische Kriterien, noch über deren

Merkmale vor (ebd.). Das sich daraus ergebende Dilemma ist mit einer transparenten Arbeitsweise zu überwinden, d.h., die angewandte Methodik und Interpretation muss nachvollziehbar sein ([BOG-14]). *„Mit anderen Worten: An die Stelle traditioneller Gütekriterien tritt die Forderung nach Transparenz des Erhebungs- und Auswerteprozesses."* (ebd.)

Dahingehend sind in Anhang I und II der konzipierte teilstandardisierte Leitfaden bzw. die Interviewprotokolle vollständig einsehbar. Ferner ist die Extraktionstabelle, inkl. des Ergebnisses der Frequenzanalyse in Anhang III enthalten. Des Weiteren wurde in den Abschnitten 7.1 und 7.2.1 versucht, die methodischen Grundlagen bzw. die theoretischen Überlegungen zum Analysedesign in angemessener Tiefe zu beschreiben. Im Zuge der Dokumentation wurde darauf geachtet, nicht nur die gewählten Analyseschritte, sondern auch alle weiteren Überlegungen und Interpretationen zu begründen, um somit den Auswerteprozess nachvollziehbar zu schildern. Dabei wurde u.a. die teilnehmende Expertengruppe charakterisiert und deren Auswahl begründet sowie die gesammelten Erfahrungen von der Kontaktaufnahme bis zur Durchführung der Interviews beschrieben.

A. BOGNER et al. ([BOG-14]) geben in diesem Kontext zu bedenken: *„Die Interpretation des Datenmaterials eröffnet immer einen gewissen individuellen, ‚subjektiven' Spielraum."*, weshalb die *„... Herstellung von Glaubwürdigkeit [...] für den Begutachtungsprozess als zentral anzusehen"* (ebd.) ist. Mangels Möglichkeit zur Überprüfung der erzielten Ergebnisse nach quantitativen Maßstäben, ist zu hoffen, dass durch die Ausführungen dieses Kapitels Glaubwürdigkeit erlangt wurde.

7.4 Fazit in Bezug auf die erste Forschungsfrage

Die durchgeführten Experteninterviews gaben Einblicke in gängige Praktiken der *Spielanalyse* auf Vereins- bzw. Verbandsebene. In Anlehnung an Abschnitt 3.7 wurde dadurch ein breiteres Verständnis über die Charakteristika des schwer fassbaren und diffusen Begriffs *Spielanalyse* erreicht. Diesbezüglich ist die Pluralität der Begriffsverständnisse nicht als Schattenseite der Spielanalyse, sondern vielmehr als dessen Chance zu verstehen, unterschiedliche Aspekte und Methoden auf vielfältige Art und Weise zu kombinieren. Darüber hinaus gaben die Experten in Hinblick auf die geplanten *GIS-gestützten Spielanalysen* kostbare Hinweise und Anregungen.

Nach Auswertung der Befragung stellt sich die Frage, wie die Methoden *GIS-gestützter Spielanalysen* im Konvolut der *Spielanalyse* eingeordnet werden können? Es wird bezweifelt, dass unter Einsatz von GIS die Dominanz der Videoanalyse gebrochen werden kann. Dieses Vorhaben entspricht jedoch nicht der Intention der vorliegenden Forschungsarbeit. Kurzfristig sollen nicht nur zusätzliche Informationen erhoben, sondern vor allem andere Blickwickel auf das Spielgeschehen eingenommen werden. Langfristig ist hingegen die Integration GIS-basierter raumzeitlicher Analysen in bestehende Prozesse erstrebenswert. Dadurch soll die Spielanalyse um weitere Aspekte bereichert werden.

Konkret bezogen auf die erste Forschungsfrage (siehe Abschnitt 2.3) ergab die Auswertung der Experteninterviews, dass der räumlichen Komponente große Bedeutung zugeschrieben wird. Gedämpft wird dieses Ergebnis durch die Tatsache, dass Spielfeldzonierungen sowie räumliche Gewichtungen und Klassifizierungen von Parametern maßgeblich auf subjektiven Wahrnehmungsprozessen basieren. Allerdings sind in den meisten Fällen raumbezogene Daten vorhanden, die für diese Zwecke problemlos eingesetzt werden könnten. Das unnötig in Kauf genommene hohe Maß an Subjektivität wird als grobe Unzulänglichkeit gängiger Praktiken der Spielanalyse angesehen. Es handelt sich hierbei um ein von den Experten nicht wahrgenommenes Paradoxon, da die subjektive Arbeitsweise der beigemessenen Bedeutung des Faktors *Raum* nicht gerecht wird. Zurückgeführt wird dieser Umstand auf mangelnde Kenntnis über räumliche Analysen. Darüber hinaus ist für die Experten die zeitliche Komponente weder allgemein, noch praktisch von herausragender Relevanz. Bedingt durch das Fehlen adäquater raumzeitlicher Analysemethoden kann die von H.-C. KIM et al. ([KIM-11]) ausgemachte Ignoranz (vgl. Abschnitt 2.1) zumindest für die praktische Durchführung der Analyse bestätigt werden.

Neben bestehenden Analysemethoden galt es in Hinblick auf die erste Forschungsfrage auch die von den Experten beschriebenen Visualisierungstechniken zu bewerten. Aufgrund der Ubiquität der Videoanalyse beschränkt sich die Aufbereitung der Analyseergebnisse im Wesentlichen auf das Zusammenschneiden von Videos und die Erstellung von Berichten. Die eigenständige Erzeugung graphischer Darstellungen als Ergebnis einer Datenanalyse ist i.d.R. nicht vorgesehen. Allenfalls sind entsprechende Abbildungen in den zur Verfügung gestellten Reporten diverser Datenanbieter enthalten, die sich einer Bewertung im Rahmen der Befragung entzogen. Die ausgemachten Probleme der Analyse setzen sich somit im Bereich der Visualisierung fort.

Aufgrund der subjektiven Herangehensweise ist es empfehlenswert, den Fokus auf räumliche Datenanalysen zu richten. Diese Maßnahme würde unweigerlich den Grad der Objektivität und somit die Aussagekraft der Analyseergebnisse steigern. GIS-gestützte Anwendungen werden hierzu als probate Ergänzungen im Rahmen umfassender Spielanalysen angesehen. Unter diesen Voraussetzungen gilt es im Folgenden herauszufinden, ob der Einsatz von GIS tatsächlich zu einer Verbesserung im Sinne einer Objektivierung innerhalb bestimmter Analysebereiche führt. Dieses Vorhaben muss im Kontext der zentralen Forschungsfrage gesehen werden, wonach die Zweckmäßigkeit von GIS im Bereich der Spielanalyse im Fokus der Untersuchung steht.

8 Optionale Datenaufbereitungstools

Das *Match Data Preparation* Tool bereitet fußballspezifische Geodaten von *ProzoneSports* GIS-gerecht auf und stellt dabei die Grundlage für GIS-gestützte Spielanalysen bereit. In Abhängigkeit der Fragestellung ist es u.U. notwendig, zusätzliche Informationen aus den Basisdaten zu extrahieren oder zu generieren. Dahingehend bietet dieses Kapitel einen Überblick über neun weitere Datenaufbereitungstools, die im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelt wurden und je nach Bedarf auszuführen sind. Abb. 56 stellt hierzu die hierarchische Verflechtung der entwickelten Werkzeuge untereinander hinsichtlich deren Ein- und Ausgabedaten dar. Zu bedenken ist, dass die abgebildete Reihenfolge für die Zwecke der vorliegenden Forschungsarbeit optimiert und daher bis auf wenige Ausnahmen vorbestimmt ist.

Die Aufteilung der Datenaufbereitung auf insgesamt zehn Tools ist diskutabel. Alternativ dazu könnte bspw. eine einzige Anwendung entwickelt werden, die die Funktionalität aller der nachfolgend präsentierten Werkzeuge umfasst. Allerdings wird unabhängig der in Kapitel 9 und 10 beschriebenen Analysen, der Datenaufbereitungsprozess als Baukastensystem verstanden. Demnach wird ein einziges Werkzeug, dessen umfangreiche Funktionalität mit optionalen Eingabeparametern beschränkt werden kann, als unzweckmäßig angesehen. Stattdessen wird das KISS-Prinzip gemäß Ockhams Rasiermesser bevorzugt, weshalb jedem der nachfolgenden Tools ein inhaltlich klar abgrenzbarer Aufgabenbereich zugewiesen ist. Der Vorteil des Baukastensystems besteht darin, dass nur jene Informationen extrahiert oder generiert werden, die tatsächlich für die geplante Analyse benötigt werden. In diesem Zusammenhang spielt auch die Performanz eine wesentliche Rolle, die durch die Speicherung unnötiger Attribute negativ beeinflusst werden könnte. Sollten dennoch stets alle Informationen benötigt werden, empfiehlt sich die Zusammenfassung der einzelnen *Script Tools* zu einem *Model Tool* mit Hilfe des *ArcGIS Model Builder* ([ZAN-13]). Gemäß M. ZEILER u. J. MURPHY ([ZEI-10]) handelt es sich dabei um eine graphische Benutzerschnittstelle, mit der mehrstufige Analyseprozesse aufgebaut und automatisiert ausgeführt werden können. Durch die Koexistenz beider Varianten könnte je nach Bedarf abgewogen werden, ob die Ausführung einzelner Tools oder des Models notwendig ist.

In Hinblick auf die im Folgenden beschriebenen Tools kann vorweggenommen werden, dass z.T. hinsichtlich deren Performanz Optimierungen wünschenswert sind. In Anbetracht der Forschungsbereiche (siehe Abschnitt 2.3) stehen jedoch die Analyseergebnisse im Vordergrund. Die Ausführungsgeschwindigkeit der Tools ist hingegen sekundär. Etwaige Optimierungen sind daher bspw. im Rahmen von Folgestudien aufzugreifen. Die Angaben über die benötigten Durchführungszeiten sind zudem unter Berücksichtigung des verwendeten Systems zu interpretieren (siehe Abschnitt 6.5.2.3). Sofern nicht anders vermerkt, beziehen sich die Zeitangaben auf die Aufbereitung der Daten beider Halbzeiten.

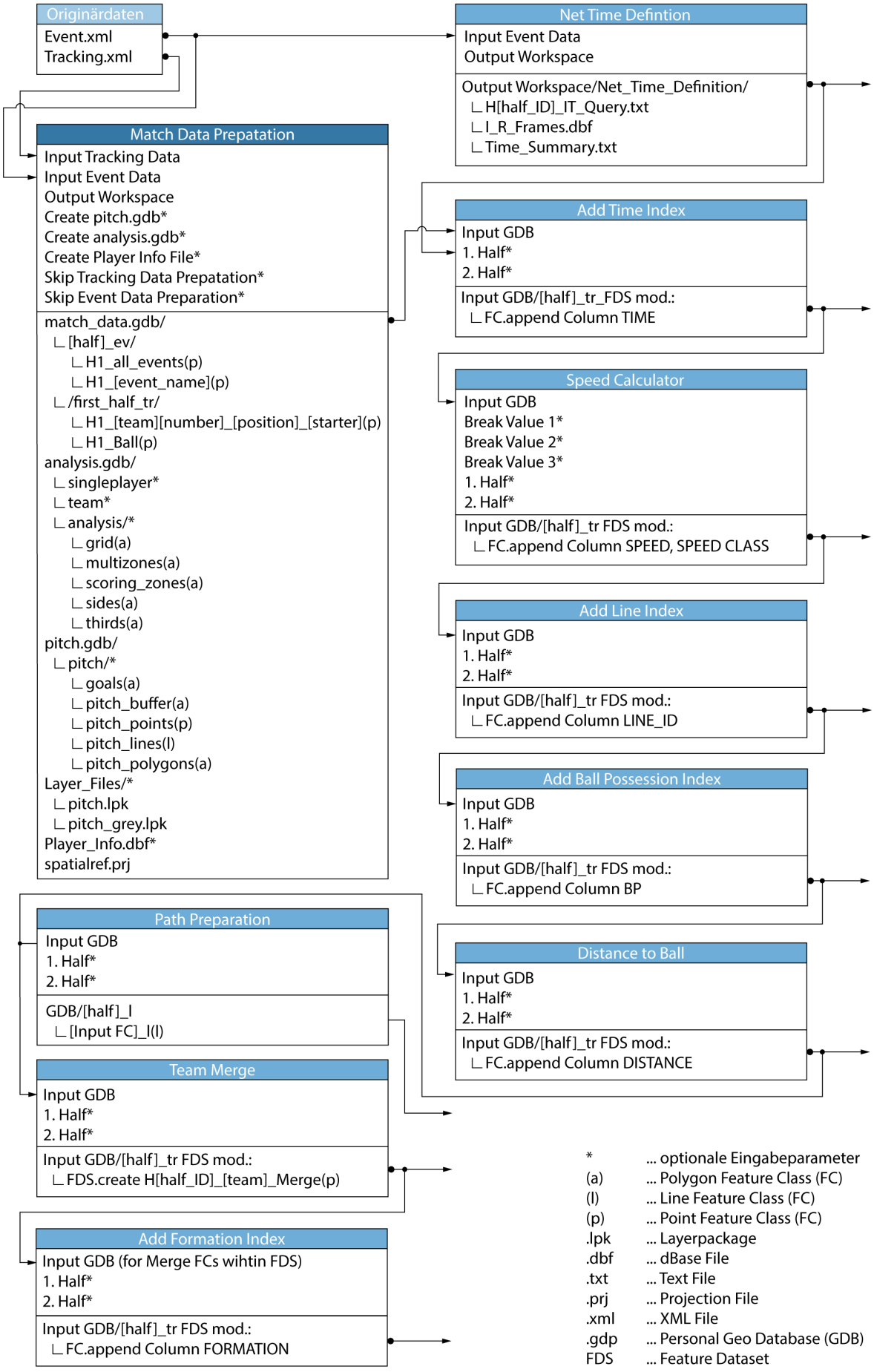


Abb. 56: Übersicht über die entwickelten Datenaufbereitungstools

Zur Vermeidung redundanter Informationen sind an dieser Stelle vorab die Standard-Eingabeparameter der Tools beschrieben. Wie in Abb. 56 zu erkennen ist, weisen mit Ausnahme des *Net Time Definition* Tools alle anderen Werkzeuge jeweils drei idente Eingabefelder auf. Dabei handelt es sich zum einen um die Pfadangabe der Input GDB, die der originalen bzw. bereits aktualisierten Output GDB des *Match Data Preparation* Tools entspricht. Darin sind sowohl die originären Tracking- als auch Event-Daten von *ProzoneSports* GIS-gerecht aufbereitet und als FC innerhalb bestimmter FDS gespeichert. Während die Angabe dieses Parametes zwingend ist, ist die Boolesche Abfrage bezüglich der Halbzeiten optional. Damit kann, mit Ausnahme des *Net Time Definition* Tools, der Datenaufbereitungsprozess für eine der beiden Halbzeiten übersprungen werden. Toolübergreifend wurden einzelne Parameterbezeichnungen vereinheitlicht, um eine intuitive Bedienung der entwickelten Tools zu ermöglichen.

In den entwickelten *Custom Tools* sind ebenfalls *System Tools* von *ArcGIS* implementiert. Zu beachten ist, dass Informationen über deren Funktionalität lediglich bei der erstmaligen Nennung des Tools geboten werden. Ferner wird auf die Erwähnung der konkreten Toolbezeichnung verzichtet, wenn anhand der begleitenden Beschreibung auf das Tool geschlossen werden kann. Bspw. bezieht sich eine *attributive Verknüpfung* auf das *ArcGIS System Tool JoinField*. Des Weiteren sind alle Durchläufe mit *for*-Schleifen umgesetzt.

8.1 Differenzierung zwischen Brutto- und Netto-Spielzeit

In Abschnitt 2.3 wurde darauf hingewiesen, dass unabhängig der Analyse der Fokus ausschließlich auf die Netto-Spielzeit gerichtet werden soll. Dieser Ansatz wurde u.a. von einem der befragten Experten befürwortet und gleichfalls von X. WEI et al. ([WEIb-13]) und A. BIALKOWSKI ([BIAa-14b]) umgesetzt. Die Notwendigkeit dazu wird in der großen Diskrepanz zwischen Netto- und Brutto-Spielzeit gesehen. Abhilfe schafft das *Net Time Definition* Tools, dessen TDB Abb. 57 zu sehen ist.

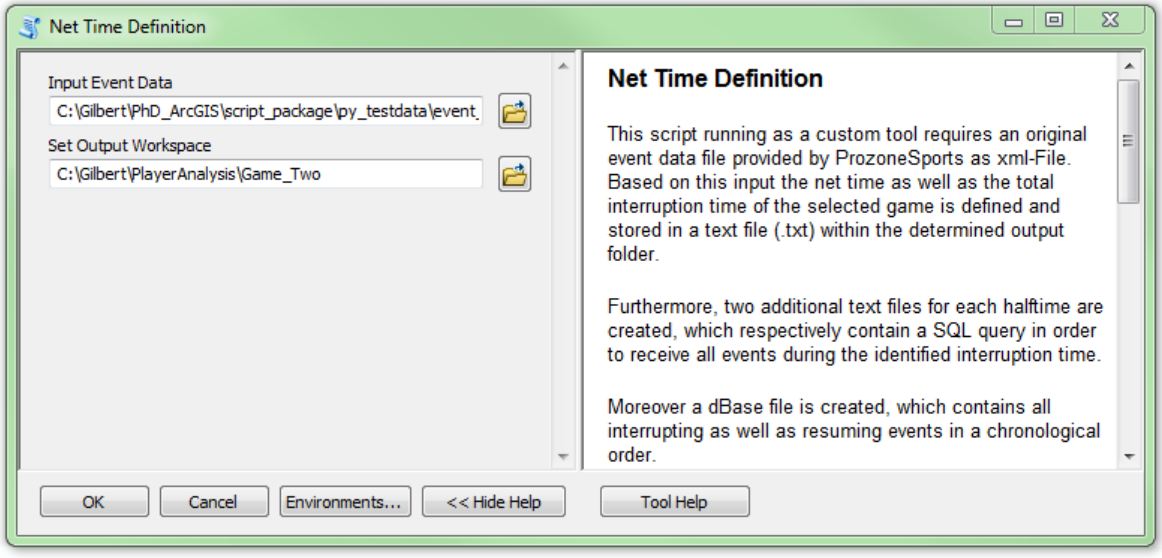


Abb. 57: Tool Dialog Box des Net Time Definition Tools

Das Tool erfordert die Eingabe von Pfadangaben zum originalen Event-Datafile im *xml*-Format sowie zum Ausgabeverzeichnis, das im Idealfall mit jenem des *Match Data Preparation* Tools übereinstimmt. Darin wird automatisch ein Ausgabeordner mit der Bezeichnung *Net Time Definition* erstellt, in dem alle Ausgabedateien gespeichert werden. Anhand der originären Event-Daten werden die Dauer der Brutto- und Netto-Spielzeit bestimmt sowie *SQL*-Abfragen generiert, die zur Datenextraktion während Spielunterbrechungen herangezogen werden können. Die Ausführungszeit dieses Tools beträgt durchschnittlich 1.61 Sekunden.

Durch Parsen des angegebenen Event-Datensatzes werden halbzeitabhängig alle Ereignisse ermittelt, die als spielunterbrechenden Aktionen zu bezeichnen sind. Dazu zählen *Goal*, *Offside*, *Out for goal kick*, *Out for corner*, *Foul – Direct free-kick*, *Out for throw-in*, *Interruption*, *Foul – Throw-in* und *Substitution*. Während der Datensatz durchlaufen wird, werden die gesuchten Events detektiert. Dabei wird der dazugehörige *Frame* ausgelesen, woraus die Spielzeit auf Basis der bekannten Datenaufzeichnungsrate von 10 fps bestimmt abgeleitet wird. Auf diese Weise kann die Bruttospielzeit pro Halbzeit auf Basis des *Frames* des Events *End of Half* rasch berechnet werden.

Im Verlauf der Iteration werden alle Aktionen gezählt. Dadurch können jene Events, die eine Wiederaufnahme des Spiels repräsentieren, rasch ausfindig gemacht werden, da deren Zählwerte um den Wert eins höher sind, als jene der spielunterbrechenden Ereignisse. Diese Informationen werden in Listen gespeichert, die in weiterer Folge zur Erstellung eines temporären *csv-Files* herangezogen werden. Dieses wird anschließend mit dem *ArcGIS System Tool TableToDBASE* in ein *dBase-File* konvertiert, innerhalb dessen die Differenz zwischen beiden *Frame*-Angaben bestimmt sowie in Sekunden konvertiert wird. Die Frames werden außerdem zur Erstellung der *SQL*-Queries verwendet [Anm.: Schema einer Spielunterbrechung: '*"Frame >= " & [I_Frame] & " AND Frame < " & [R_Frame]*']. Die Queries können verbunden durch den logischen Operator *OR* zur Extraktion aller Tracking-Datensätze während Spielunterbrechungen herangezogen werden. Wird davor der logische Operator *NOT* verwendet, werden hingegen Aktionen innerhalb der Netto-Spielzeit selektiert.

Das *dBase-File* steht nach Abschluss des Prozesses den Anwendern zur Verfügung. Mit einem *SearchCursor* wird das *dBase-File* durchlaufen, wobei die Zeitspannen der Unterbrechungen addiert und in einem dafür erstellten *Text-File* zusammengefasst werden. Ein *SearchCursor* ist nach Angaben von P. A. ZANDBERGEN ([ZAN-13]) eine Funktion des *data access* Moduls von *ArcGIS*, die zum Durchforsten einzelner Zeilen bzw. Datensätze dient. Die Informationsausgabe als Textdatei mag zwar diskutabel sein, ist jedoch im Kontext der Forschungsarbeit ausreichend. Alternativ dazu ist die direkte Einbettung der Informationen in einen Spielbericht denkbar. Des Weiteren werden im Zuge der Iteration die einzelnen *SQL*-Queries pro Halbzeit aneinandergehängt und ebenfalls für weiterführende Analysen

in zwei Textdateien geschrieben. Der Vorteil besteht darin, dass die Queries bei Ausführung anderer Tools anhand der Pfadangabe der Input GDB automatisch ausgelesen werden können. Dadurch wird eine Eingrenzung der Daten in Abhängigkeit der Netto-Spielzeit vorgenommen. Das Ergebnis des *Net Time Definition* Tools in Form der drei generierten *Text-Files* ist in Abb. 58 zu sehen.

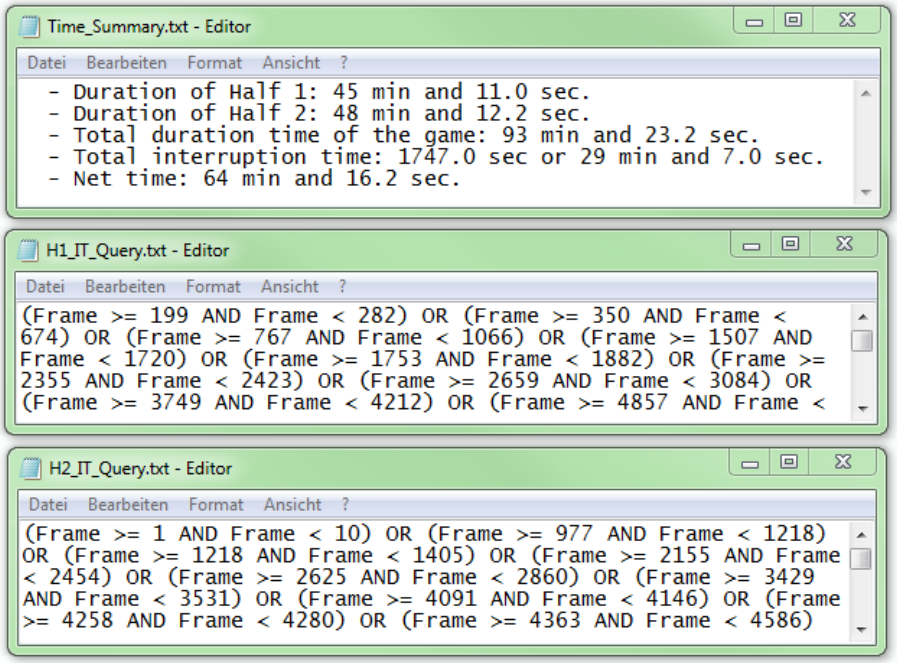


Abb. 58: Ausgabe des Net Time Definition Tools – Brutto/Netto-Spielzeit (oben), SQL-Queries zur Extraktion der Unterbrechungszeit der ersten (Mitte) und zweiten Halbzeit (unten)

Konträr dazu entspricht das erzeugte *dBase-File* einer tabellarischen Auflistung aller Spielunterbrechungen, inkl. ausschlaggebenden Events und Zeitangaben. Die extrahierten Informationen in Abb. 58 verdeutlichen die Diskrepanz zwischen Brutto- und Netto-Spielzeit. Demnach betrug die Netto-Spielzeit dieses Spiels 64 min und 16.2 s bei einer Brutto-Spielzeit von 93 min und 23.2 s. Im Vergleich dazu lag die Netto-Spielzeit des zweiten Spieldatensatzes bei 60 min und 7.4 s bei einer Gesamtspielzeit von 96 min und 35.7 s. Bei Nichtberücksichtigung können Differenzen derartigen Ausmaßes bspw. die Analyse Laufwerten wesentlich verfälschen.

Aufbauend darauf fügt das *Add Time Index* Tool (siehe TDB in Abb. 59) allen Tracking FC der Input GDB eine zusätzliche Spalte mit der Bezeichnung *Time* hinzu. Die Domäne des neuen Attributs umfasst die Zeichenketten *IT* und *NT* [Anm.: =Interruption Time bzw. Net Time]. Für die Suche bestimmter Datensätze, wie etwa aller Tracking FC, eignen sich die *List*-Funktionen von *ArcPy* (ebd.). So werden mit *List Datasets* alle FDS der Input GDB ermittelt. Da deren Bezeichnung Hinweise auf deren Inhalt liefern (vgl. Abb. 35) können die Tracking FDS extrahiert werden. Die darin enthaltenen FC werden mit *List Feature Classes* ausgelesen, deren Attribute hingegen mit *List Fields*. Die Existenz eines Attributs kann anschließend mit einer *if*-Abfrage überprüft werden. Muss dieses neu hinzugefügt werden, wird das *ArcGIS System Tool AddField* angewandt.

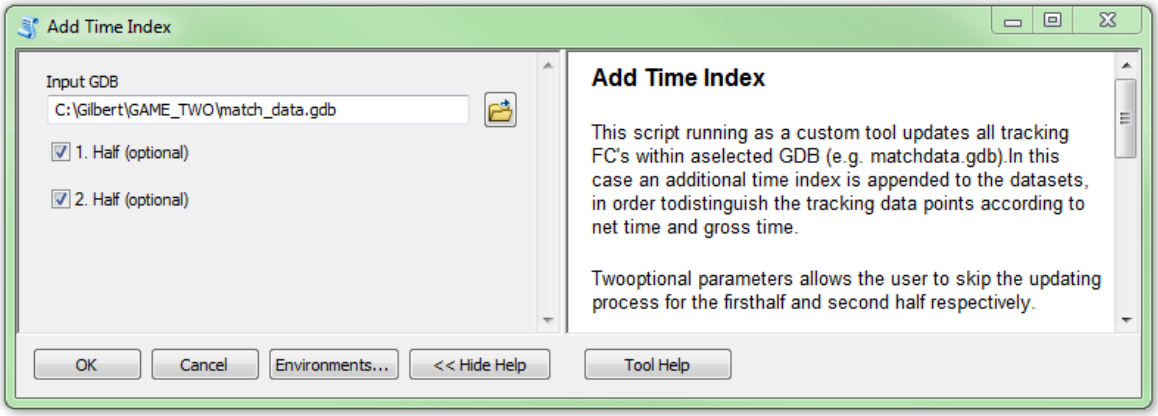


Abb. 59: Tool Dialog Box des Add Time Index Tools

Nach Ausführung des Tools können die Datensätze der Tracking FC fortan rasch anhand eines Attributwertes nach Brutto- und Netto-Spielzeit differenziert werden, ohne dabei auf die Event-Daten oder den daraus abgeleiteten *SQL*-Queries zurückzugreifen. Stattdessen werden die dazu notwendigen Informationen automatisch aus den Ausgabedateien des *Net Time Definition* Tools ausgelesen.

Das *Add Time Index* Tool verlangt, dass die Ausgabeverzeichnisse des *Net Time Definition* und *Match Data Preparation* Tools übereinstimmen, da nur der *Net Time Definition* Order lokalisiert werden kann. Die Durchführung des Tools bedarf durchschnittlich vier Minuten und 47 Sekunden. Hierzu ist zu bedenken, dass nicht nur jeder Tracking FC eine Spalte hinzugefügt werden muss, sondern rund 1,3 Millionen Datensätzen ein neuer Attributwert zugewiesen wird. (vgl. Abschnitt 6.3.1). Dabei werden *Table Views* der einzelnen FC mit dem *ArcGIS System Tool MakeTableView* erstellt. Dies sind temporäre, tabellarische Ansichten ([PIM-13]), an denen anhand der ausgelesenen *IT-* und *NT-Queries* Selektion vorgenommen werden. Die ausgewählten Datensätze werden anschließend mit dem *ArcGIS System Tool Field Calculator* aktualisiert. Alternativ dazu, könnte ein *UpdateCursor* verwendet werden.

8.2 Berechnung der fortlaufenden Objektgeschwindigkeit

Die originären Tracking-Daten von *ProzoneSports* beinhalten zeitlich aufeinanderfolgende räumliche Positionen unterschiedlicher Objekte (siehe Kapitel 6). Diese weisen jedoch keine dazugehörigen Geschwindigkeitswerte auf, weswegen diese für jeden Frame berechnet werden müssen. Geschwindigkeitsangaben sind insbesondere für die Bewertung der Spielerleistung von Interesse ([DISb-07]), wobei entsprechende Klassifizierungen empfehlenswert sind ([DISa-06], [ODO-09]).

Dementsprechend bestimmt das *Speed Calculator* Tool für die Trajektorien des Balls und der Spieler nicht nur die Geschwindigkeit pro Frame, sondern klassifiziert diese auch anhand von fünf frei wählbaren Schwellenwerten. Die Wertezuweisung in Meter pro Sekunde erfolgt, wie in Abb. 60 dargestellt, jeweils am Anfangspunkt der einzelnen linearen Teilstücke.

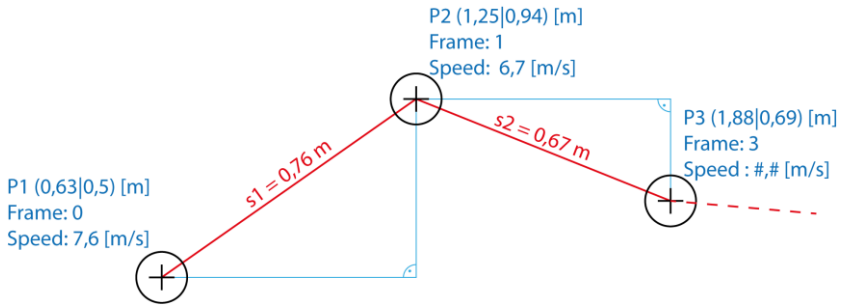


Abb. 60: Exemplarische Zuweisung der Geschwindigkeitsinformation pro Frame

Die TDB ist in Abb. 61 dargestellt und umfasst acht Eingabeparameter, wovon mit Ausnahme der Input GDB alle weiteren optional sind. Zur Klassifizierung der Geschwindigkeit sind in Anlehnung an P. BRADLEY u. T. D. NOAKES ([BRAa-13]) standardmäßig die Schwellenwerte *0,16 m/s*, *1,94 m/s*, *3,97 m/s*, *5,47 m/s* sowie *6,97 m/s* vorgegeben [Anm.: Einteilung der Trajektorie in *Stehen*, *Gehen*, *Joggen*, *Laufen*, *Schnell Laufen* und *Sprinten*.]. Hierzu muss bedacht werden, dass weder allgemein anerkannte Abgrenzungskriterien, noch einheitliche Bezeichnungen existieren ([ODO-09]). Die rechenintensive Durchführung des Tools nimmt durchschnittlich rund zwölf Minuten in Anspruch.

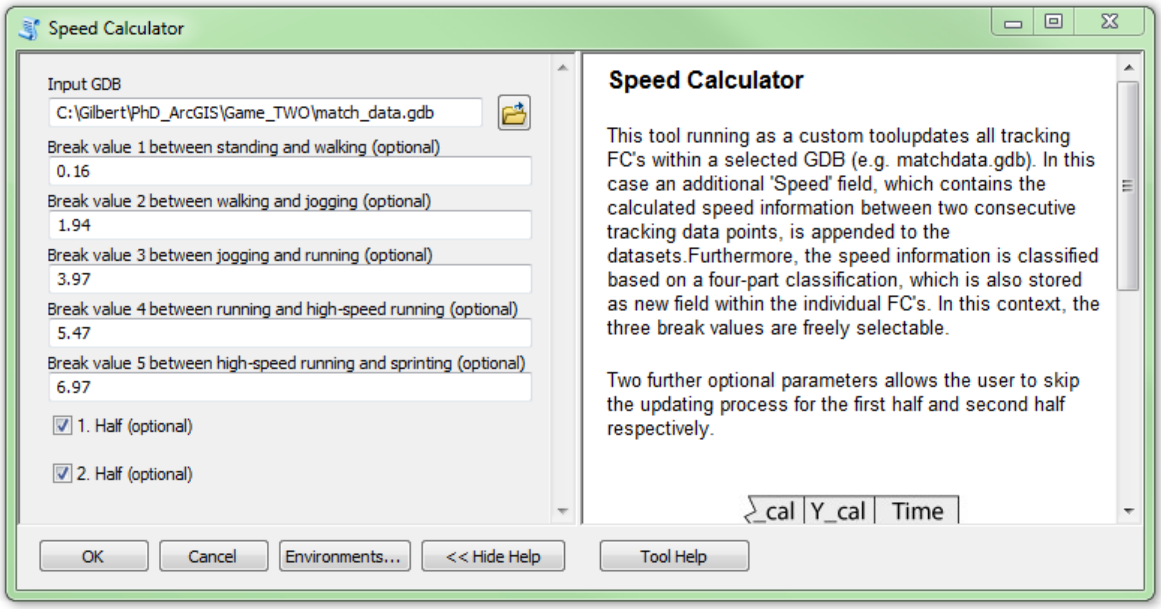


Abb. 61: Tool Dialog Box des Speed Calculator Tools

Vom technischen Standpunkt aus betrachtet ähnelt das *Speed Calculator* Tool dem *Add Time Index* Tool, da den Trajektorien Zusatzattribute angehängt werden. Hierbei handelt es sich um das *Float* Feld *Speed* [m/s] und das *Integer* Feld *Speed_Class*, in dem die Geschwindigkeitskategorien mit aufsteigenden Werten von *1* bis *6* eintragen werden. Zu berücksichtigen ist, dass *Speed_Class* im Falle der Trajektorie des Balls nicht benötigt wird, weswegen die FC Bezeichnungen zu überprüfen sind. Eigenschaften, wie etwa der Name einer FC können mit der *ArcPy Function Describe* ausgelesen werden ([ZAN-13]).

Zur Berechnung der euklidischen Distanz zwischen den einzelnen Punkten werden zunächst zwei temporäre Felder erstellt, in die die X/Y-Koordinaten der darauffolgenden

Punkte gespeichert werden. Realisiert wird dies mit einer Kombination eines *SearchCursor* und zweier *UpdateCursor*. Während mit *SearchCursor* einzelne Zeilen bzw. Datensätze durchsucht werden können, dienen *UpdateCursor* zum Aktualisierten oder Löschen (ebd.). Danach wird die Geschwindigkeit zu jedem Frame mittels *Field Calculator* gemäß Formel 2 (siehe Abschnitt 6.1) innerhalb des neuen Attributs *Speed* bestimmt. Zuvor wurden auf Basis der angegebenen Schwellenwerte sechs *SQL*-Queries zur Klassifizierung kreiert und in eine Liste gespeichert. Diese wird abschließend durchlaufen, im Zuge dessen mit dem *ArcGIS System Tool SelectLayerByAttribute* die Datensätze pro Geschwindigkeitsklasse ausgewählt und mittels *Field Calculator* kategorisiert werden. Danach stehen die Daten für raumzeitliche Analysen unter Berücksichtigung der Objektgeschwindigkeiten zur Verfügung.

8.3 Linienhafte Segmentierung der Trajektorien

Technisch betrachtet ist das *Add Line Index* Tool, dessen TDB in Abb. 62 dargestellt ist, im Wesentlichen mit dem *Add Time Index* Tool ident. Die Durchführung des Tools bedarf durchschnittlich 93,5 Sekunden. Das Ergebnis, in Form eines den Tracking FC neu hinzugefügten Attributs, bildet die Grundlage für das in Abschnitt 8.8 beschriebene *Path Preparation* Tool, mit dem auf Basis der Punktwolken linienhafte FC abgeleitet werden können.

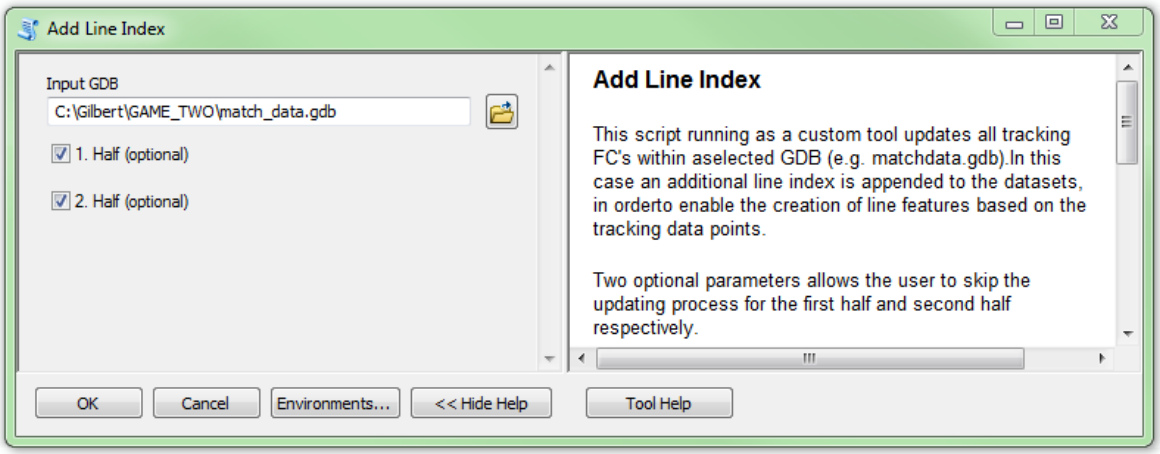


Abb. 62: Tool Dialog Box des Add Line Index Tools

Die Notwendigkeit des Tools liegt darin, dass die Anzahl der Frames einer Tracking-Punktwolke ungleich der Menge an Segmenten einer davon abgeleiteten linienhaften FC ist. Zum einen besteht ein lineares Teilstück aus einem Anfangs- und Endpunkt. Zum anderen werden im Zuge der Datenerhebung während der Zeitspanne eines Objektstillstands zwar weiterhin Frames registriert. Diese stimmen jedoch räumlich überein. Dadurch können, wie in Abb. 63 dargestellt, keine linearen Segmente gebildet werden. Die Wertezuweisung des neuen Feldes *Line_ID* erfolgt mittels *UpdateCursor*, wobei der Attributwert *0* [m/s] der Objekteigenschaft *Speed* (siehe Abschnitt 8.2) als Referenz herangezogen wird. Sofern der Vergleichswert im Verlauf der Iteration nicht ausgelesen wird, wird die *Line_ID* fortlaufend um den Wert *1* erhöht.

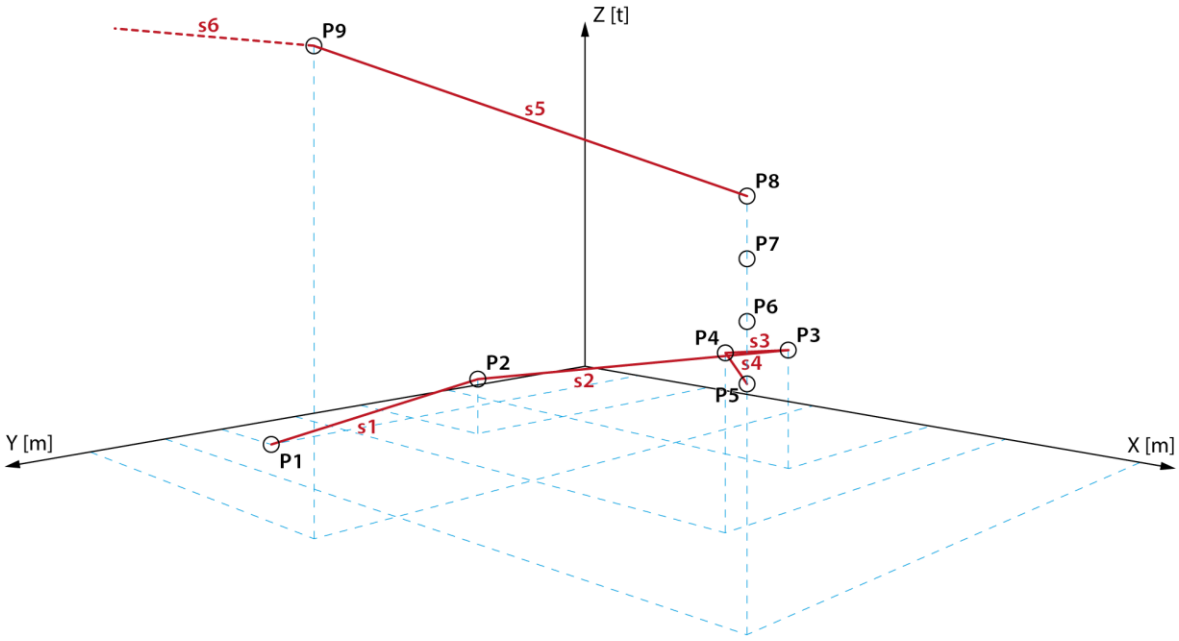


Abb. 63: Darstellung der Notwendigkeit einer eigenständigen Line ID anhand einer fiktiven Trajektorie in Raum und Zeit [X|Y|Z]

Die Ableitung einer *Line_ID* linearer Segmente ist notwendig, um eine Verbindung zu den Frames der punkthaften Trajektorie herzustellen. Dadurch können die Eigenschaften der Punkte auf die Linien übertragen werden. Allerdings kann es dabei, wie in Abb. 64 dargestellt, zu thematischen Überschneidungen kommen. Da die *Line_ID* von der Bewegung bzw. der Objektgeschwindigkeit abhängig ist, können etwaige Änderungen bestimmter Attribute segmentspezifisch nur zeitverzögert bzw. ausschließlich in Bewegungsphasen aufgenommen werden. Dies betrifft bspw. Angaben über Brutto/Netto-Spielzeit, Ballbesitzverhältnisse u.dgl.

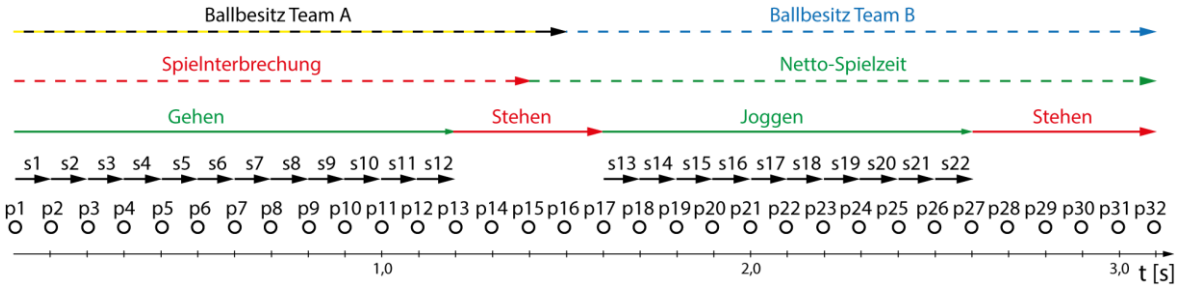


Abb. 64: Attributive Diskrepanz zwischen linearen und punkthaften Elemente

8.4 Ausweisung der Ballbesitzverhältnisse

Die Differenzierung nach Ballbesitzverhältnissen ist im Rahmen der Spielanalyse essenziell. Dahingehend dient das *Add Ball Possession Index* Tool, dessen TDB in Abb. 65 zu sehen ist, dazu, den Ballbesitz parametrisch zu erfassen und attributiv innerhalb der Tracking FC zu berücksichtigen. Die Ausführung des Tools nimmt durchschnittlich sechs Minuten und 43 Sekunden in Anspruch. Die Dauer dieses Aktualisierungsprozesses ist ein Spiegelbild der erforderlichen und zugleich zeitaufwendigen attributiven Verknüpfungen zwischen Event- und Tracking-Daten.

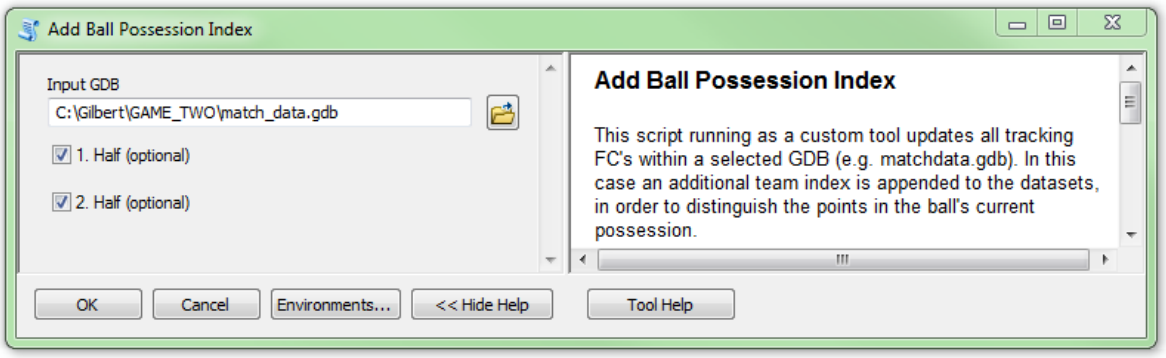


Abb. 65: Tool Dialog Box des Add Ball Possession Index Tools

Anhand der Pfadangabe der Input GDB wird das *PIdBF* lokalisiert. Dieses kann optional mit dem *Match Data Preparation* Tool erstellt werden. Pro Halbzeiten wird jene FC ausgewählt, in der sämtliche Events des jeweiligen Spielabschnitts gespeichert sind. Fern wird an die dazugehörige Tracking FC des Balls, nachdem es innerhalb der GDB-Struktur geortet wurde, ein zusätzliches Feld mit der Bezeichnung *BP* [Anm.: = Ball Possession] hinzugefügt.

Danach folgt ein zweistufiger attributiver Verknüpfungsprozess, um alle notwendigen Informationen zur Bestimmung der Ballbesitzverhältnisse zusammenzuführen. Zunächst wird eine Verbindung zwischen den beiden zuvor lokalisierten FC über das gemeinsame Feld *Frame* hergestellt. Erweitert wird diese mit einer Verknüpfung mit der *Table View* des *PIdBF* über die *Player_ID*, die dem Event FC innewohnt.

Das neue Attribut *BP* kann infolgedessen für jeden Frame der FC mit einem *UpdateCursor* bestimmt werden. Dazu werden *if*-Abfragen zu den Attributwerten der Felder *Time*, *Team_ID* und *Frame* durchgeführt. Da der Anstoß des Spielers zeitverzögert dem Anpfiff des Schiedsrichters folgt, wird für die Zeitspanne dazwischen der Attributwert *PG* [Anm.: = Pre Game] vergeben. Da während Spielunterbrechungen keine Mannschaft aktiv im Ballbesitz ist, wird die Attributausprägung *IT* des Feldes *Time* (siehe Abschnitt 8.1) automatisch in das neue Feld *BP* übernommen. Ferner werden die Werte *A* und *B*, die den Ballbesitz der Heim- bzw. Auswärtsmannschaft kennzeichnen, in Abhängigkeit der *Team_ID* vergeben. In der zweiten Phase des Aktualisierungsprozesses werden die noch leeren Attributzellen aufgefüllt. Solange der aktuelle Wert *Null* ist, wird die vorangegangene Attributsausprägung übernommen.

Bis dahin wurde ausschließlich die Trajektorie des Balls mit den neuen Attributwerten aktualisiert. Dabei wurden gleichzeitig die *Frame*- und die dazugehörigen *BP*-Informationen ausgelesen und in ein *Dictionary* geschrieben. Die restlichen Tracking FC werden anschließend durchlaufen. Dabei aktualisiert ein *UpdateCursor* die FC hinsichtlich der Ballbesitzverhältnisse auf Basis des zuvor erstellten *Dictionary*. Dabei fungiert der *Frame* als *Dictionary Key*, der mit dem aktuellen *Frame* abgeglichen wird und dadurch den *Dictionary Value BP* ausgibt.

8.5 Bestimmung der euklidischen Distanz zwischen Spielern und dem Ball

Das *Distance to Ball* Tool, dessen TDB in Abb. 66 dargestellt ist, berechnet pro Frame gemäß Formel 5 (siehe Abschnitt 6.5.2) die euklidische Distanz zwischen allen Spielern und dem Ball und speichert zugleich diese Information als zusätzliche Objekteigenschaft. Da dafür attributive Verknüpfungen zwischen der Tracking FC des Balls und den FC aller Spieler notwendig sind, ist der Prozess sehr rechenintensiv. Dies führt dazu, dass das Tool in einer Rangordnung aller optionalen Datenaufbereitungstools hinsichtlich deren Performanz mit einer durchschnittlichen Bearbeitungszeit von rund 50 Minuten den vorletzten Platz belegt.

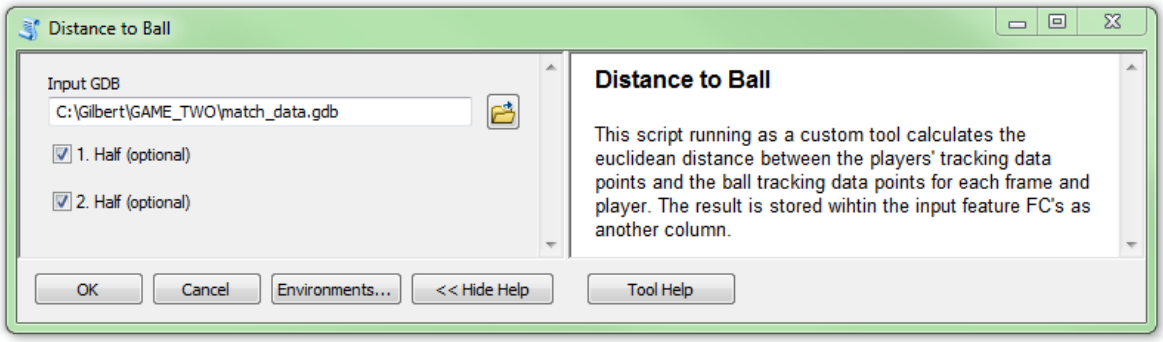


Abb. 66: Tool Dialog Box des Distance to Ball Tool

Während von der Tracking FC des Balls eine *Table View* abgeleitet wird, werden die Pfade der spielerbezogenen Tracking FC in eine Liste gespeichert. Diese wird im Anschluss daran durchlaufen, im Zuge dessen den Datensätzen zunächst ein neues Feld mit der Bezeichnung *Distance* hinzugefügt wird. Danach wird eine attributive Verknüpfung zwischen der Trajektorie des Spielers und der *Table View* des Balls über das gemeinsame Feld *Frame* hergestellt. Da beide Datensätze die Felder *X_cal* und *Y_cal* aufweisen, werden die Koordinaten des Balls als *X_cal_1* und *Y_cal_1* ausgewiesen. Unter Verwendung des *Field Calculator* erfolgt die Berechnung der euklidischen Distanz [Anm.: *cal = "Sqr (([X_cal_1] - [X_cal)^2 + ([Y_cal_1] - [Y_cal])^2)"*]. Abschließend wird die FC von unnötigen Feldern, bereinigt.

Fortan stehen die Entfernungen aller Spieler zum Ball für jeden Moment bzw. Frame des Spiels zur Verfügung. Abb. 67 bietet hierzu eine schematische Übersicht. Werden diese Informationen hingegen nur für Momentaufnahmen benötigt, ist die Verwendung des *ArcGIS System Tools Near* empfehlenswert. Damit werden die einzelnen Distanzen zwischen Spieler und Ball tabellarisch ausgegeben. Abgesehen von der Ausgabeform entspricht die Funktionalität dieses Tools im Wesentlichen jenem des *Distance to Ball Tools*. Allerdings sind attributive Einschränkungen nicht vorgesehen. Für Berechnungen innerhalb bestimmter Zeitabschnitte ist daher eine Vorauswahl an Features mit einer Definitionsabfrage vorzunehmen.

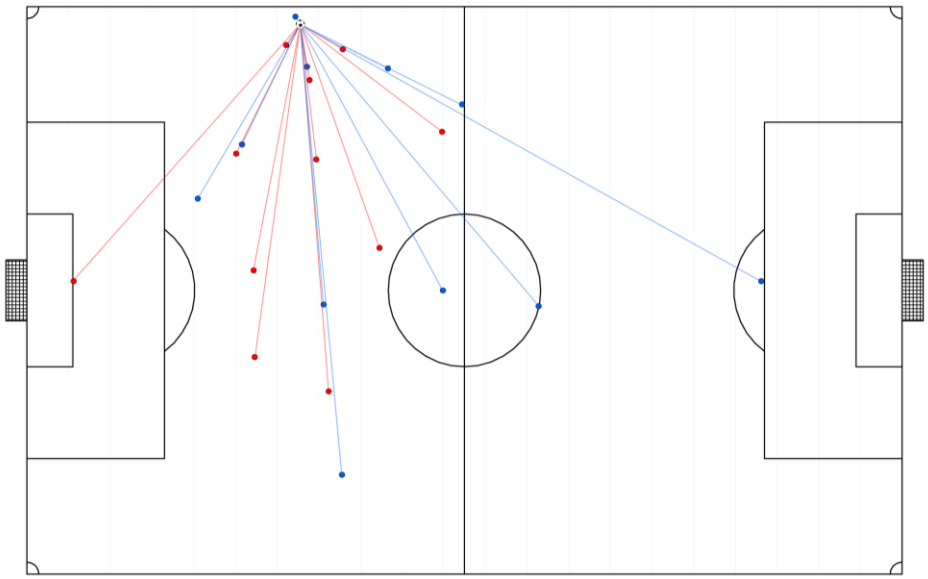


Abb. 67: Schematische Darstellung der berechneten Distanzen zwischen den Positionen der Spieler und des Balls gemäß dem Distance to Ball Tool

8.6 Fusion spielerbezogener Trajektorien zu mannschaftsspezifischen Feature Classes

Für eine Reihe von Analysen sind anstelle einzelner Spielertrajektorien, teamspezifische Tracking FC notwendig. Dies ist bspw. dann der Fall, wenn Mannschaftsflächen anhand der aktuellen Spielerpositionen abgeleitet werden sollen. Die dafür erforderlichen FC werden jedoch nicht standardmäßig vom *Match Data Preparation* Tool bereitgestellt, da im Rahmen der GIS-gerechten Datenaufbereitung ein objektbezogener Ansatz verfolgt wird. Daher fasst bei Bedarf das *Team Merge* Tool, dessen TDB in Abb. 68 dargestellt ist, alle Spielertrajektorien anhand deren *Team_ID* zusammen.

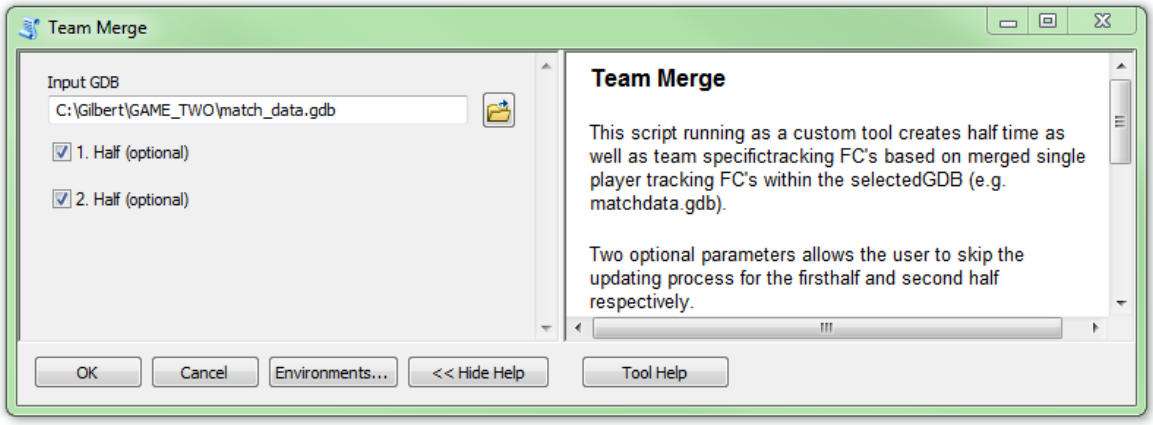


Abb. 68: Tool Dialog Box des Team Merge Tools

Das Tool entspricht einer Erweiterung des *ArcGIS System Tools Merge*. Der Vorteil gegenüber dem Original besteht darin, dass durch die bloße Pfadangabe der Input GDB, alle darin befindlichen FC der Spieler automatisch getrennt nach Mannschaften und Halbzeiten fusioniert werden. Um das gleiche Ergebnis zu erzielen, müsste das *Merge* Tool viermal mit jeweils unterschiedlichen Eingabeparametern ausgeführt werden.

Die Ausführung des *Team Merge* Tools nimmt durchschnittlich 159,5 Sekunden in Anspruch. Die neu erstellten FC werden dabei in die FDS deren Eingabedateien gespeichert. Bezogen auf Abb. 56 kann das Tool an jeder Stelle des empfohlenen Datenaufbereitungsprozesses ausgeführt werden. Hierzu ist zu bedenken, dass der Informationsgehalt der fusionierten FC davon abhängt, inwieweit die vom *Match Data Preparation* Tool aufbereitete Datenbasis durch Anwendung weiterer Datenaufbereitungstools ergänzt wurde. Ferner ist zu beachten, dass Ein- bzw. Auswechslungen vom Tool per se nicht unterschieden werden, weswegen ggf. mehr als elf Spieler pro Mannschaft fusioniert werden. Daher sind u.U. entsprechende Vorkehrungen zu treffen.

8.7 Ableitung taktischer Spielerpositionen

Die von *ProzoneSports* bereitgestellten Tracking-Daten enthalten u.a. Informationen über die taktischen Positionen der Spieler, die im Zuge der Datenaufbereitung in die Bezeichnungen der spielerbezogenen Tracking FC einflossen (siehe Abschnitt 6.5.2.3 u. Tab. 2). Dadurch wurden redundante Inhalte innerhalb der einzelnen FC vermieden. Allerdings ist es in manchen Fällen zur Steigerung der Performanz sinnvoll, Redundanz bewusst in Kauf zu nehmen. Außerdem gehen diese Informationen im Zuge der Fusionierung einzelner Spielertrajektorien (siehe Abschnitt 8.6) verloren. Dahingehend dient das *Add Formation Index* Tool, dessen TDB in Abb. 69 zu sehen ist, zur Aktualisierung der zu Mannschaften zusammengefassten Tracking FC. Dabei werden die taktischen Informationen gemäß Tab. 2 in From von Formationsgruppen als zusätzliches Attribut gespeichert.

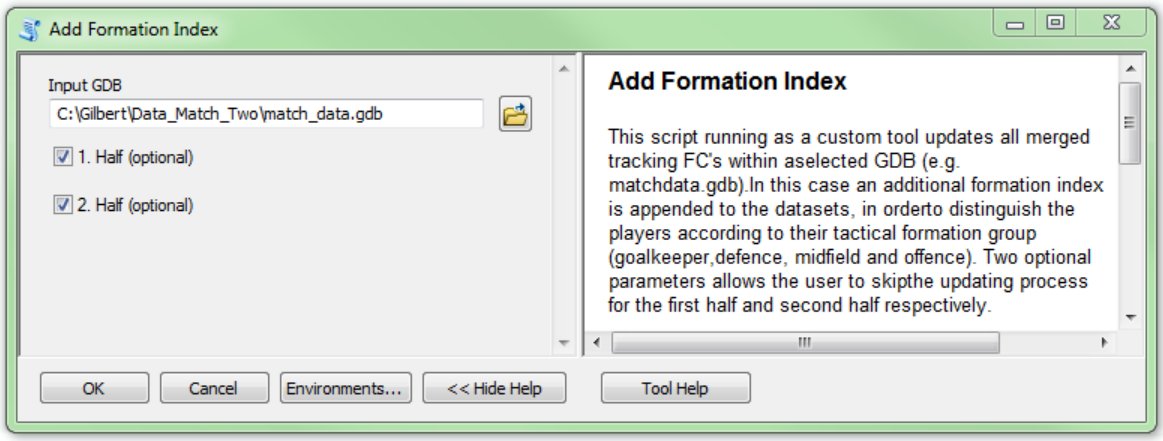


Abb. 69: Tool Dialog Box des Add Formation Index Tools

Für die Durchführung des Tools werden durchschnittlich 13 Minuten und 37 Sekunden benötigt. Der Vorteil dieses vergleichsweise langwierigen Prozesses liegt darin, dass dadurch Analysen basierend auf taktischen Spielerinformationen wesentlich verkürzt werden. Bspw. könnten alternativ dazu, attributive Verknüpfungen mit dem *PIdBF* vorgenommen werden. Dies ist zwar ebenfalls praktikabel, jedoch zeitaufwendiger, weshalb die einmalige Ausführung des *Add Formation Index* Tools im Zuge der Datenaufbereitung empfehlenswert ist.

Anstelle einer attributiven Verknüpfung wird das *PIdBF* durch das *Add Formation Index* Tool als *Table View* ausgelesen. In weiterer Folge kommt es innerhalb eines *SearchCursor* zum Abgleich der taktischen Spielerpositionen mit den Kategorien aus Tab. 2, die zuvor in Listen eingetragen wurden. Dabei wird ein *Dictionary* erstellt, dessen *Keys* und *Values* die Werte der *Player_ID* bzw. der *Formationsgruppe* [Anm.: Tor = 1, Defensive = 2, Mittelfeld = 3, Offensive = 4] einnehmen. Danach wird mit einem *SearchCursor* eine *Player_ID*-Liste aller eingesetzten Spieler erstellt, die anschließend durchlaufen wird. Dabei wird die jeweils aktuelle *Player_ID* den *Keys* gegenübergestellt. Dadurch wird die korrekte Zuordnung der Formationsgruppen mittels *Field Calculator* sichergestellt.

Die optionale Datenaufbereitung durch das *Add Formation Index* Tool ist aus zweierlei Hinsicht diskutabel. V. DI SALVO et al. ([DISb-07]), C. COTTA et al. ([COT-13]), X. WEI et al. ([WEIb-13]) und A. BIALKOWSKI et al. ([BIAa-14b]) gehen z.B. davon aus, dass taktische Rollen flexibler als spielerbezogene taktische Positionen sind. Allerdings sind hierzu die konkrete Fragestellung und das Analysedesign zu berücksichtigen. In diesem Sinne ist die Funktionalität des *Add Formation Index* Tools als zweckmäßig zu bezeichnen, da u.a. gruppentaktisches räumliches Verhalten und die Auslegung taktischer Positionen untersucht werden (siehe Abschnitt 10.4.2). Intensive Beobachtungen von Fußballspielen zeigen, dass taktische Formationen, wie etwa ein 4-4-2, nicht starr, sondern je nach Spielsituation variabel sind. Die Verfechter rollenspezifischer Ansätze sehen daher in der taktischen Grundaufstellung lediglich eine Orientierungshilfe. Konträr dieser Auffassung, wird im Rahmen dieser Forschungsarbeit nicht die Rolle, sondern das Verhalten in den Fokus gerückt. Dabei werden taktische Positionen als Grundpfeiler angesehen, die gemäß der vereinsinternen Spielphilosophie situationsbedingte Aufgaben aufweisen. Es handelt sich hierbei um eine noch unzureichend beantwortete Grundsatzfrage, weswegen Studien in beiden Forschungsrichtungen begrüßenswert sind.

Des Weiteren ist die mannschaftsinterne Einteilung in vier taktische Bereiche diskutabel. Während H.-C. KIM et al. ([KIM-11]) eine ähnliche Klassifizierung exklusive der Torhüter vornahmen, führten V. DI SALVO et al. ([DISb-07]) eine vertikale und horizontale Unterteilung der Formationsgruppen durch. Auch in diesem Fall ist die konkrete Fragestellung zu berücksichtigen. So wird bspw. in Abschnitt 10.4.2 auf Basis der Klassifikation des *Add Formation Index* Tools eine räumlich dynamische rasterförmige Unterteilung vorgenommen, wodurch zusätzlich Zentrums- von Außenspielern unterschieden werden können.

8.8 Generierung linienhafter Trajektorien

Anhand objektbezogener Punktwolken erstellt das *Path Preparation* Tool, dessen TDB in Abb. 70 zu sehen ist, linienhafte FC. Dafür muss zuvor zwingend das *Add Line Index* Tool ausgeführt werden, das die notwendige *Line_ID* zur Ableitung der linearen Pfade bereitstellt. Entsprechend Formel 1 wird mit dem *ArcGIS System Tool PointsToLine* eine lineare

Interpolation durchgeführt. Aufgrund der Datenmenge und der rechenintensiven Aufgabe beträgt die durchschnittliche Durchführungszeit des Tools rund 58 Minuten. Daher ist im Vorfeld abzuwägen, ob bereits die standardmäßig bereitgestellten punkthaften Trajektorien den Anforderungen der geplanten Analysen entsprechen. Im Kontext dieser Forschungsarbeit werden linienhafte FC bspw. zur Auswertung der Laufdistanzen herangezogen (siehe Abschnitt 9.5).

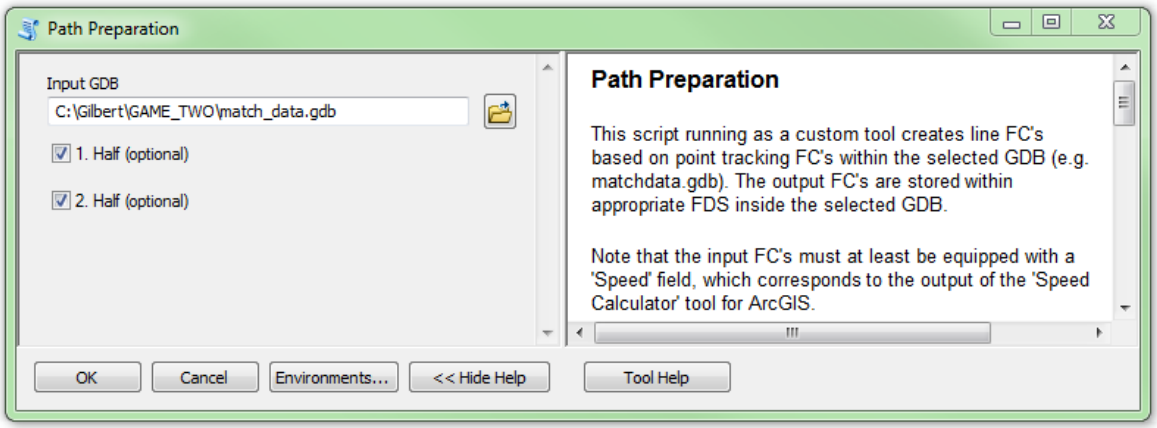


Abb. 70: Tool Dialog Box des Path Preparation Tools

Innerhalb der Input GDB werden automatisch zwei neue halbzeitspezifische FDS als Speicherort der linienhaften FC erstellt. Mit Ausnahme der ggf. bereits vorhandenen, zu Mannschaften zusammengefassten FC werden alle Trajektorien zur Ableitung der linienhaften FC herangezogen und im Zuge einer Iteration nacheinander abgearbeitet. Als *Sort Field* des *Points to Line* Tools dient das Attribut *Frame*, wodurch die Punkte fortlaufend gemäß ihrer zeitlichen Erscheinung miteinander verbunden werden. Das unmittelbare Ergebnis ist eine linienhafte FC, bestehend aus lediglich einem Feature. Da die erzeugten Linien zu diesem Zeitpunkt, abgesehen von ihrer Länge keine weiteren Attribute aufweisen, ist zunächst deren Zerlegung auf Basis der einzelnen Stützpunkte mit dem *ArcGIS System Tools SplitLine* erforderlich. Die Werte der *ObjectID* der damit erzeugten linearen Segmente stimmen mit jenen der *Line_ID* der dazugehörigen punkthaften FC überein. Folglich können abschließend mit einer attributiven Verknüpfung die Eigenschaften der einzelnen Liniensegmente aus den punkthaften FC übernommen werden.

Wie bereits erwähnt sind dabei jedoch Attribute während Stillstandphasen ausgenommen, da lineare Segmente ausschließlich zwischen räumlich abweichenden Anfangs- und Endpunkten gebildet werden können (siehe Abschnitt 8.3). Zu beachten ist, dass die Eigenschaften der Teilabschnitte jenen ihrer Anfangspunkte entsprechen (vgl. Abb. 60). Diese Art der Zuweisung ist notwendig, um bspw. Ballbesitzwechsel korrekt attributiv auf die Linien zu übertragen. Steht allerdings ein Tracking-Objekt während eines solchen Ereignisses still, treten, wie in Abb. 71 exemplarisch dargestellt, im Bereich einer Zehntelsekunde Fehlzuweisungen auf. Aufgrund der geringen Fehlerzeitspanne, stehen im Rahmen dieser Forschungsarbeit zeitaufwendige zu integrierende Korrekturmaßnahmen nicht zur Debatte.

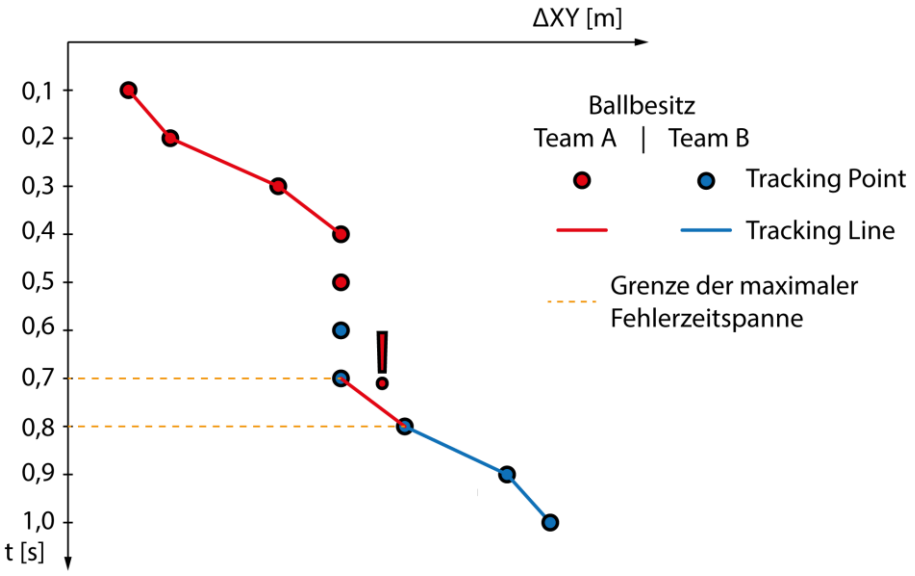


Abb. 71: Attributive Differenz zwischen punkt- und linienhafter FC aufgrund eines Stillstandes des Tracking-Objektes

Demgegenüber kann das Argument der Fehlerfortpflanzung im Laufe der Untersuchungsperiode einer Halbzeit eingebracht werden. Bezogen auf beide zur Verfügung stehenden Spieldatensätze konnten jedoch nicht mehr als zehn derartiger Fehler pro Tracking-Objekt beobachtet werden [Anm.: = ~ 1 Sekunde pro ~ 45 Minuten Halbzeit.]. Daher wird diese Ungenauigkeit als vernachlässigbar angesehen. Nichtsdestotrotz muss die etwaige Existenz dieses Fehlers bedacht werden. Darüber hinaus können während Phasen längeren Stillstandes mehrere aufeinanderfolgende Attributwechsel nicht berücksichtigt werden. Die Wahrscheinlichkeit dieses Fehlers ist jedoch aufgrund der hochaufgelösten raumzeitlichen Aufnahme der Daten verschwindend gering.

8.9 Fazit

Die Ausführungen dieses Kapitels belegen, dass durch attributive Verknüpfungen zwischen Tracking- und Event-Daten zusätzliche Informationen generiert werden können. Dies trifft bspw. auf das *Add Time Index* Tool zu, das eine Differenzierung von Tracking-Daten hinsichtlich Brutto/Netto-Spielzeit vornimmt. Grundlage dafür ist das *Net Time Definition* Tool, das anhand der erfassten Events die gesamte Spielzeit dahingehend klassifiziert. Ein weiteres Beispiel hierzu ist das *Add Ball Possession Index* Tool, das die Tracking-Daten nach Ballbesitzverhältnissen differenziert. Außerdem konnte gezeigt werden, dass zusätzliche Informationen aus den bestehenden Daten abgeleitet werden können. Beispiele hierfür sind die Geschwindigkeit und fortlaufende Distanz zwischen Spieler und Ball mittels der Tools *Speed Calculator* bzw. *Distance to Ball* oder etwa Formationsgruppen unter Einsatz des *Add Formation Index* Tools. Darüber hinaus wurden neue Datensätze generiert, wie die zu Mannschaften zusammengefassten Trajektorien der Spieler unter Einsatz des *Team Merge* Tools. Zudem wurden linienhafte FC aus den spielerspezifischen Punktwolken abgeleitet, wobei das *Add Line Index* und *Path Preparation* Tool zum Einsatz kamen.

Die in diesem Kapitel präsentierten Tools sind in ihrer Gesamtheit als Baukastensystem zu verstehen. Die Tools können bei Bedarf für konkrete Anwendungsfälle herangezogen werden und steigern dabei den Wert der Daten. Zu beachten ist, dass zwischen den Tools z.T. einseitige Abhängigkeiten bestehen. Diese sind auf Optimierungsmaßnahmen der Tools im Rahmen dieser Forschungsarbeit zurückzuführen. Dies trifft z.B. auf das *Add Time Index* und *Path Preparation* Tool zu, die erst nach Ausführung des *Net Time Definition* bzw. *Add Line Index* Tool angewandt werden können. Während in diesen beiden Fällen die Abhängigkeiten determiniert sind, können hingegen alle weiteren Interdependenzen durch geringfügige Adaptionen der Eingabeparameter weitestgehend aufgehoben werden. Hierbei ist es eine Frage des Informationsreichtums, den die Daten für die geplanten Analysen aufweisen müssen.

9 GIS-gestützte Einzelspieleranalyse

Dieses Kapitel behandelt drei Fallbeispiele, stellvertretend für jene Forschungsbereiche der Einzelspieleranalyse, die im Zuge des inhaltlich-methodischen Aufbaus der vorliegenden Dissertation festgelegt wurden (siehe Abschnitt 2.3). Mit dem Ziel, die Betrachtungsweise der Pass- und Torschussquote sowie der Laufleistung zu objektivieren, decken die folgenden Abschnitte mit *Passen*, *Schießen* und *Laufen*, drei der grundlegendsten Elemente des Fußballspiels ab. Zur Kompensation der limitierten Aussagekraft dieser Parameter werden unter Auswertung der raumzeitlichen Komponenten des Spiels, zusätzliche Informationen generiert und in Beziehung zueinander gesetzt. Damit wird die Signifikanz der ausgewählten Maßzahlen relativiert sowie ein umfassenderes Bild dieser individuellen Leistungsbereiche skizziert. Dieser Ansatz ist unabdingbar, da isolierte Betrachtungen einzelner Parameter verzerrte Abbilder der erbrachten Leistung kreieren ([HUGa-02]).

Die drei Fallstudien weisen im Wesentlichen einen identen strukturellen Aufbau auf. Ehe die Analyseergebnisse präsentiert werden, sind zunächst die konkreten Zielsetzungen und der zugrundeliegende Analyseprozess erläutert. Während dabei gleichzeitig stellenweise inhaltliche Adaptionsmöglichkeiten thematisiert sind, werden potenzielle Weiterentwicklungen technischer Natur toolübergreifend in Abschnitt 11.1 aufgegriffen. Im Anschluss der drei Fallbeispiele werden die Ergebnisse und die daraus gewonnenen Erkenntnisse zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage herangezogen.

Zuvor ist es jedoch notwendig, spielrelevante Informationen des verwendeten Datensatzes zu präsentieren. Im Anschluss daran sind neben allgemeinen Vorbemerkungen auch vorbereitende Maßnahmen, die toolübergreifend vorzunehmen sind, verallgemeinernd zusammengefasst.

9.1 Spielrelevante Informationen des Analysedatensatzes

Da die von *ProzoneSports* zur Verfügung gestellte Datenbasis auf zwei Spieldatensätze limitiert ist, sind verallgemeinernde Aussagen über beide Spiele hinaus unzulässig. Ungeachtet dessen ist die Datengrundlage ausreichend zur Beantwortung der zentralen Forschungsfrage. Dahingehend wird für die konzipierte GIS-gestützte Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse lediglich ein Spieldatensatz exemplarisch herangezogen. Ferner wird dabei der Fokus auf die erste Halbzeit gerichtet. Diese Vorgehensweise wird dadurch gerechtfertigt, dass einerseits beide Spielhälften separate Analyseeinheiten darstellen und andererseits die Zweckmäßigkeit von GIS auch anhand einer Analyse von 45 Spielminuten überprüft werden kann.

Im Folgenden wird der ausgewählte Datensatz hinsichtlich allgemeiner Spielinformationen charakterisiert. Dies ist in Hinblick auf die Ausführungen zur Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse [Anm.: Abschnitt 9.3 ff. u. Kapitel 10] notwendig, um das Verständnis

über etwaige bestehende Querverbindungen zwischen den einzelnen Analysen zu erleichtern. Tab. 6 bietet hierzu einen Ausschnitt aus dem dazugehörenden *PIdBF*, innerhalb dessen alle im Spiel eingesetzten Spieler aufgelistet sind und anhand einer Spielernummer [Anm.: = Feld *Player_ID*] eindeutig identifiziert werden können. Des Weiteren können Angaben über Rückennummern und taktischen Positionen entnommen werden.

		Player_ID	Nummer	Position	Positions-kürzel	Korrigiertes Kürzel
Team A – Heimmannschaft	Startaufstellung	348837	30	Goalkeeper	GK	GK
		346085	26	Wide defender right	WDR	WDL
		119768	6	Central defender right	CDR	CDL
		347300	3	Central defender left	CDL	CDR
		345682	5	Wide defender left	WDL	WDR
		365468	27	Wide midfielder left	WML	WMR
		345596	14	Holding central midfielder left	HCML	HCMR
		341179	32	Holding central midfielder right	HCMR	HCML
		346565	20	Wide midfielder right	WMR	WML
		341918	10	Centre forward right	CFR	CFL
		345674	19	Centre forward left	CFL	CFR
	Einwechslungen	369289	16	Goalkeeper	GK	GK
		372277	29	Wide midfielder right	WMR	WML
		353301	11	Wide midfielder left	WML	WMR
Team B - Auswärtsmannschaft	Startaufstellung	343316	1	Goalkeeper	GK	GK
		344131	19	Wide defender right	WDR	WDL
		377990	28	Central defender right	CDR	CDL
		360628	3	Central defender left	CDL	CDR
		354764	11	Wide defender left	WDL	WDR
		342635	25	Wide midfielder right	WMR	WML
		348052	27	Holding central midfielder right	HCMR	HCML
		361187	26	Holding central midfielder left	HCML	HCMR
		377283	18	Wide midfielder left	WML	WMR
		344129	6	Supporting centre forward	SCF	SCF
		377325	17	Centre forward	CF	CF
	Einwechslungen	394638	33	Central defender right	CDR	CDL
		379477	13	Wide midfielder left	WML	WMR
		364793	23	Centre forward	CF	CF

Tab. 6: Spielerliste des verwendeten Datensatzes

Bezugnehmend auf die ausgewiesenen taktischen Formationen der Spieler ist anzumerken, dass die Seitenangaben der Positionen diametral dem Verständnis des Autors widersprechen, wonach die taktischen Seiten *links* und *rechts* in Spielrichtung zu interpretieren sind. Abb. 72 stellt hierzu die Spielerpositionen beider Mannschaften zum Zeitpunkt von *Frame 0* der ersten Halbzeit dar. Ob es sich hierbei um eine fehlerhafte Eingabe im Zuge der Datenerfassung handelt oder einer im Bereich der Sportwissenschaft bzw. praxisorientierter Spielanalyse gültigen Zuweisung entspricht, ist unbekannt. Daher wurde in Tab. 6 eine entsprechende Korrektur vorgenommen, die für die Interpretationen der Analyseergebnisse innerhalb der jeweiligen Abschnitte Gültigkeit besitzt.

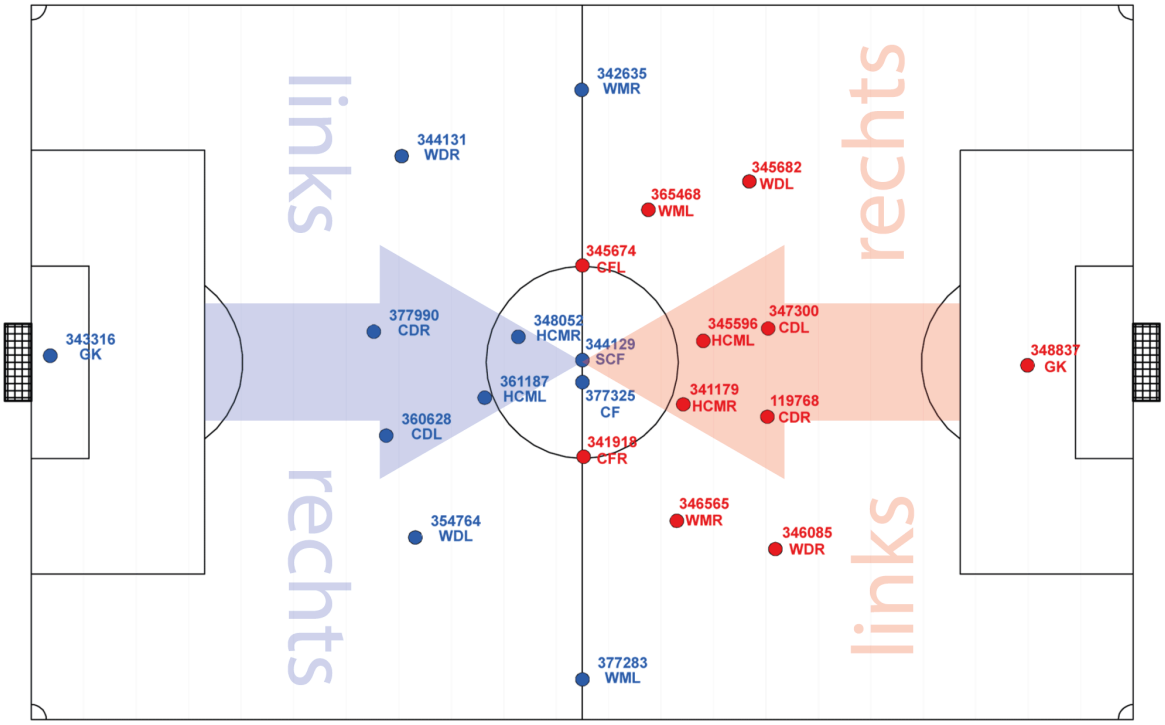


Abb. 72: Fehlerhafte Zuweisung taktischer Positionen im Zuge der Datenerhebung?

Der ausgewählte Datensatz repräsentiert ein Spiel über die Dauer von insgesamt 96 Minuten und 35,7 Sekunden, wobei die Netto-Spielzeit 60 Minuten und 7,4 Sekunden betrug (siehe Abschnitt 8.1). Innerhalb der ersten Halbzeit erzielte die Heimmannschaft [Anm.: = Team A] drei Tore, wohingegen im zweiten Durchgang das Auswärtsteam auf den Endstand von 3:1 verkürzte. Das Spiel endete weder mit einem Platzverweis, noch mit einer Verwarnung, die mit einer gelben Karte geahndet worden wäre. Tab. 7 zeigt hierzu Informationen über die Torfolge sowie Ein- und Auswechslungen des ausgewählten Spieldatensatzes.

	Team A	3:1 (3:0)	Team B
Torabfolge			
1:0	5. Min.	Spieler 341918	Team A
2:0	31. Min.	Spieler 345596	Team A
3:0	36. Min.	Spieler 341918	Team A
3:1	81. Min.	Spieler 364793	Team B
Ein/Auswechslungen			
46. Min.	346565 out	372277 in	Team A
48. Min.	348837 out	369289 in	Team A
63. Min.	377990 out	397638 in	Team B
72. Min.	377283 out	379477 in	Team B
78. Min.	377325 out	364793 in	Team B
82. Min.	341179 out	353301 in	Team A

Tab. 7: Allgemeine Informationen über den ausgewählten Spieldatensatz

Für die Auswahl des Datensatzes war die Anzahl der erzielten Tore ausschlaggebend. Im Vergleich dazu, endete das andere Spiel, dessen Daten ebenfalls zur Verfügung gestellt wurden, 1:0 für die Heimmannschaft. Daneben enthält dieser Datensatz ebenfalls keine Platzverweise oder andere raren Ereignisse, wie Strafstöße u.dgl., die für die Auswertung

dieses Spiels gesprochen hätten. Ungeachtet dessen ist in Anbetracht der Quantität andere Events, wie Pässen, Schüssen usw., nahezu belanglos, welches Spiel analysiert wird. Daher diente die Anzahl der erzielten Tore als Ausschlusskriterium.

9.2 Vorbemerkungen

Um redundante Ausführungen im Folgenden zu vermeiden, ist auf die Inhalte der drei nächsten Abschnitte vorzugreifen. Dabei handelt es sich um die Beschreibung toolübergreifender Eingabeparameter der Einzelspieleranalyse, die als obligatorisch und ubiquitär zu bezeichnen sind. Ferner sind auch vorbereitenden Maßnahmen geschildert, die im Vorfeld der iterativen Analyseprozesse vorzunehmen sind. Diesbezüglich muss festgehalten werden, dass die Reihenfolge dieser Schritte in den *Python*-Skripten in Abhängigkeit der Tools geringfügig vom hier beschriebenen Prozessablauf abweichen kann. Des Weiteren wird auf eine eingehende Darstellung einzelner Maßnahmen verzichtet, sofern diese bereits in Kapitel 8 thematisiert wurden. Genauso sind verwendete *ArcGIS System Tools* nicht benannt und beschrieben, wenn dies bereits vorgenommen wurde oder die begleitenden Informationen ausreichend für eine Identifizierung dieser Werkzeuge sind. Dadurch soll der Lesefluss erleichtert werden. Darüber hinaus sei darauf hingewiesen, dass in den nachfolgenden Ausführungen *kursive FC-Bezeichnungen* den Variablennamen in den Skripten entsprechen. Hierdurch wird eine direkte Verbindung zwischen der Erläuterung und dem Skriptcode hergestellt. Wie eingangs erwähnt, werden die Codes gerne auf Anfrage bereitgestellt (siehe Abschnitt 1.2).

Die TDB der Tools *Analyse Passes*, *Analyse Shots* und *Analyse Running Performance* (siehe Abb. 73, Abb. 81 u. Abb. 86) erfordern u.a. die Angabe einer Input GDB sowie einer *Player ID*. Die Input GDB entspricht hierbei der *match_data.gdb* des *Match Data Preparation* Tools, die mit den Tools aus Kapitel 8 erweitert wurde. Außerdem kann mittels zweier Boolescher Abfragen der Analyseprozess auf eine der beiden Halbzeiten beschränkt werden. Anhand der Pfadangabe zur Input GDB wird ein Arbeitsverzeichnis definiert, das dem Speicherort der Input GDB entspricht. Darin befindet sich u.a. das *PIdBF*, das optional mit dem *Match Data Preparation* Tool erstellt werden kann. Diese Datei ist von essenzieller Bedeutung, da damit die angegebene *Player_ID* auf ihre Gültigkeit bzw. auf ihr Vorkommen innerhalb der Datensätze überprüft wird.

Erst nach positiver Evaluation der *Player_ID* wird im Arbeitsverzeichnis ein neuer Ausgabeordner angelegt. Darin werden später die schriftlichen Zusammenfassungen der Analysen in Form von *Text-Files* im Falle der Tools *Analyse Passes* und *Analyse Shots* bzw. als *dBase-Tables* beim *Analyse Running Performance* Tool abgelegt. In Abhängigkeit des Tools wird dieses Verzeichnis *Passes*, *Shots* oder *Running Performance* benannt. Daneben wird, sofern aufgrund vorheriger Analysen noch nicht vorhanden, eine gleichnamige GDB erstellt, worin je nach Eingabeparameter halbzeitspezifische FDS angelegt werden. [Anm.:

Angesichts der Ausführungen in Abschnitt 6.5.2 wirkt diese Vorgehensweise womöglich überraschend, da mit dem *Match Data Preparation* Tool optional die *analysis.gdb* erstellt werden kann. Darin sind zwei FDS als Speicherorte für die Ergebnisse der Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse vorgesehen. Hierbei handelt es sich jedoch nicht per se um eine Abweichung von der ursprünglichen Konzeption. Vielmehr ist es sinnvoll, die Resultate eines Analysewerkzeuges und somit inhaltlich zusammengehörige Daten innerhalb einer eigenen GDB zu verwalten. Die *analysis.gdb* dient hingegen als Container für alle anderen Ergebnisse, die mittels spezieller Analysetools generiert werden.]

Durch die Pfadangabe der Input GDB können anhand deren bekannten strukturellen Aufbaus (siehe Abb. 45), die zur Analyse benötigen halbzeitspezifischen FC lokalisiert werden. Im Falle des *Analyse Passes* und *Analyse Shots* Tool handelt es sich hierbei um jene FC, die sämtliche Events einer Halbzeit in einer chronologischen Abfolge umfassen [Anm.: = *{Half_ID}_all_events*]. Hingegen ist für die Ausführung des *Analyse Running Performance* Tools ausschließlich die linienhafte Trajektorie des ausgewählten Spielers erforderlich [Anm.: = *{Half_ID}_{Team_ID}{JerseyNo}_{Position}_{Starter}_l* als Ergebnis des *Path Preparation* Tools (siehe Abschnitt 8.8)]. Diese FC sind zur Detektion einzelner Pässe und Torabschlüsse bzw. zur Distanzmessung der Laufwege unerlässlich und werden in eigene Listen gespeichert, die anschließend durchlaufen werden.

Zuvor sind jedoch noch weitere vorbereitende Maßnahmen notwendig. Auf Basis des *PIdBF* sind die *Team_ID* des ausgewählten Spielers und dessen Trikotnummer [Anm.: = *Number*, im Sinne der *Jersey Number* von *ProzoneSports*.] zu ermitteln. Zusammen mit der *Half_ID* wird daraus die individuelle Bezeichnung der Output FC zusammengestellt, die den Schemata *{Half_ID}_{Team_ID}{Number}_{passes/pass_points/shots_l/shots}* bzw. *{Half_ID}_{Team_ID}{Number}_{Position}_{Starter}_l_run* folgt.

Des Weiteren sind die für die Zonierung vorgesehenen FC innerhalb der *analysis.gdb* zu lokalisieren. Während bei den Tools *Analyse Passes* und *Analyse Running Performance* standardmäßig eine Dreiteilung des Spielfelds [Anm.: = *thirds* FC gemäß Zonierungsvariante IV, siehe Abb. 48] vorgesehen ist, wird für das *Analyse Shots* Tool die lokale Segmentierung in Tornähe gemäß dem *SSPI* [Anm.: = *score_zones* FC gemäß Zonierungsvariante V, siehe Abb. 49] benötigt.

Daneben sind die mannschaftsspezifischen Spielrichtungen in Abhängigkeit der Halbzeit zu bestimmen, damit eine korrekte Spielfeldzonierung in Angriffs- und Verteidigungsdrittel vorgenommen werden kann. Dafür wird die X-Koordinate des Torwarts der Heimmannschaft zum Zeitpunkt des Frames *0* der ersten Halbzeit als Referenz herangezogen. In Anbetracht der Definition des zugrundliegenden lokalen Koordinatensystems (siehe Abschnitt 6.5.4) ist der Abszissenwert zur Lösung dieser Problemstellung auszuwerten. Ist dieser Wert negativ, so spielt Team A im ersten Durchgang von links nach rechts. Analog dazu, spielt die Auswärtsmannschaft während des gleichen Zeitraums von rechts nach links. Die

Grundannahme hierbei ist, dass sich Tormänner zu Spielbeginn nicht in der gegnerischen Hälfte aufhalten. Da gemäß dem Regelwerk nach der Halbzeitpause die Seiten gewechselt werden, können anhand der zuvor erhobenen Informationen die Spielrichtungen des zweiten Durchgangs automatisch abgeleitet werden. Die dafür notwendige punkthafte Trajektorie des Tormanns kann anhand deren Bezeichnungen, die u.a. Auskunft über die taktische Position gibt (siehe Abschnitt 6.5.2.3), ausfindig gemacht werden. Hierzu ist eine *if*-Abfrage [Anm.: = *if "H1_A" in fc and "_GK_" in fc*] während einer Iteration durch das Tracking FDS der ersten Halbzeit ausreichend.

Im Falle des *Analyse Shots* Tools sind zusätzlich in Abhängigkeit der Spielrichtung die Positionen der beiden gegnerischen Torstangen zu ermittelten, um zusammen mit der Schussposition ein imaginäres, dreieckförmiges Schussfeld zu erzeugen. Die dafür benötigten Koordinaten können aus der *pitch_points* FC ausgelesen werden, die sich innerhalb der *pitch.gdb* befinden. [Anm.: Die *pitch.gdb* kann mit dem *Match Data Preparation* Tool optional erstellt werden.] Des Weiteren sind bei den Tools *Analyse Passes* und *Analyse Shots* Konvertierungen der Eingabeparameter vorzunehmen. Dabei werden die als *Strings* eingegeben Faktoren- und Schwellenwerte für die bevorstehenden Berechnungen in Gleitkommazahlen [Anm.: = *Float*] umgewandelt.

Nach Abschluss aller vorbereitenden Maßnahmen, ist der iterative Analyseprozess startbereit. Beim Durchlauf der zuvor erstellten Datenliste werden die Pfade der benötigten FC als Variablen ausgelesen. Da die FC-Bezeichnungen Rückschlüsse auf die Halbzeit und Mannschaftszugehörigkeit der ausgewählten Spieler ermöglichen, werden auf Basis dessen das passende Output FDS sowie die Spielrichtung bestimmt. Ab diesem Zeitpunkt verfolgen die Tools eigenständige Wege, die in den nächsten Abschnitten beschrieben werden.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass Angaben zu den Durchführungszeiten stets in Hinblick auf die software- und hardwarespezifischen Charakteristika des verwendeten Rechnersystems zu interpretieren sind (siehe Abschnitt 6.5.2.3). Sofern nicht anders vermerkt, beziehen sich die Zeitangaben auf die Analyse beider Halbzeiten. Des Weiteren beziehen sich Iterationen, sofern nicht anders angegeben, stets auf *for*-Schleifen.

9.3 Analyse spielerspezifischer Passqualität

Diese Fallstudie versucht unter verstärkter Einbeziehung der räumlichen Komponente die Analyse des Passspiels dahingehend zu optimieren, dass die Interpretation der Pass- bzw. Fehlpassquote weitestgehend objektiviert wird. Die Passquote ist ein Maß für die Passgenauigkeit eines Spielers oder eines Teams und entspricht gemäß Formel 9 dem relativen Anteil erfolgreicher Zuspiele in Bezug auf die Gesamtzahl der gespielten Pässe ([URL-72]). Dieser Parameter kann für unterschiedliche Zeitspannen, wie Halbzeiten, Spiele, Saisonen, etc. berechnet werden. Analog dazu kann die Fehlpassquote durch Austausch der Menge an erfolgreichen Pässen mit jener an Fehlpässen bestimmt werden.

$$Q_P(t) = \frac{P_s(t)}{P_a(t)} * 100$$

$Q_P(t)$ ... *Passquote*
$P_s(t)$ ... *Erfolgreiche Pässe*
$P_a(t)$ ... *Alle Pässe*

Formel 9: Berechnung der Passquote

Die alleinige Angabe dieser beiden Maßzahlen wird als unzulänglich betrachtet. Im Kontext dieses Forschungsbereichs, sollen daher nicht nur spielerspezifische Pass- bzw. Fehlpassquoten pro Halbzeit erhoben, sondern auch das Passspiel hinsichtlich Passrisiko und –qualität einzelner Spieler analysiert werden. Zuspiele aller Art sind innerhalb der Event-Datensätze von *ProzoneSports* parametrisch mit dem Event *Pass* gekennzeichnet (siehe Abschnitt 6.6). Außerdem sind sämtliche ballbezogene Aktionen mit der Eigenschaft *Actor_1* versehen, wodurch der Initiator des Events bzw. der daran maßgeblich beteiligten Spieler identifiziert wird. Im Falle eines Passes wird dadurch der passgebende Spieler repräsentiert, dessen *Team_ID* seine Mannschaftszugehörigkeit widerspiegelt.

Ein Passspiel wird im Rahmen dieses Fallbeispiels dann als erfolgreich angesehen, wenn die *Team_ID* des passgebenden Spielers der *Team_ID* des passannehmenden Spielers im darauffolgenden Event entspricht. Ist dies nicht der Fall oder gelangte der Ball im Zuge des Zuspiels ins Spielfeldaus, so handelt es sich um einen Fehlpass. Auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten sollen zunächst automatisch erfolgreiche Zuspiele von Fehlpässen differenziert werden. Dieser einleitende Analyseschritt ist notwendig, da diese essenzielle Information durch die Event-Daten von *ProzoneSports* nicht abgebildet wird (siehe Abschnitt 6.6 u. Tab. 5). Dadurch kann bereits die Pass- bzw. Fehlpassquote eines Spielers berechnet werden. Da dabei jedoch die räumliche Komponente des Passspiels nicht berücksichtigt wird, soll zusätzlich das Risiko der einzelnen Pässe auf Basis räumlicher Aspekte quantifiziert werden.

Im Wesentlichen wird dadurch eine Bewertungsgrundlage des Passspiels geschaffen. Dabei wird angenommen, dass je länger ein Pass ist, desto höher ist auch das Risiko den Ball währenddessen zu verlieren. Deshalb sind die einzelnen Pässe hinsichtlich ihrer euklidischen Länge, die aus den X/Y-Koordinaten der Passabgabe bzw. –annahme berechnet werden kann, zu klassifizieren sowie in Hinblick auf die Berechnung des Passrisikos zu gewichten. Genauso wird angenommen, dass je mehr gegnerische Spieler sich zum Zeitpunkt des Abspiels um den passgebenden Spieler befinden, der Druck, der auf ihn lastet größer ist. Gleiches gilt für den passannehmenden Spieler. Zur parametrischen Berücksichtigung dieser Aspekte werden nach Größe frei wählbare Pufferzonen mit den Spielerpositionen der gegnerischen Mannschaft zum Zeitpunkt der Passabgabe räumlich verknüpft. Ferner ist die Abdeckung des Passweges zwischen Passgeber und –empfänger zur Bestimmung des Passrisikos bedeutend, da je mehr Gegner sich zwischen den beiden Passstationen befinden, das Risiko den Ball zu verlieren steigt. Zudem wird die räumliche Position des Passspiels auf dem Spielfeld berücksichtigt, da je näher ein Passspiel dem eigenen Tor erfolgt, das Risiko ein Tor im Zuge eines Fehlpasses zu kassieren steigt. Hierbei werden die Positionen

der *Pass* Events mit der Dreiteilung des Spielfeldes [Anm.: = Zonierungsvariante IV, siehe Abb. 48], räumlich verschnitten, auf Basis dessen eine Gewichtung vorgenommen wird. Die mathematische Definition des Passrisikos ist in Formel 10 dargestellt. Die Ausprägungen der einzelnen Faktorenwerte sind zwar standardmäßig vorgegeben, sind jedoch bei Bedarf frei wählbar (siehe Abb. 73).

$$f_L, f_{OP_P}, f_{OP_R}, f_{OP_C}, f_Z = \{0.33, 0.66, 0.99\}$$

$$P_{Risk} = f_L + f_{OP_P} + f_{OP_R} + f_{OP_C} + f_Z$$

P_{Risk}	...	*Passrisiko*
f_L	...	*Längenfaktor*
f_{OPP}	...	*Faktor der gegnerischen Spieler im Umkreis des passgebenden Spielers*
f_{OPR}	...	*Faktor der gegnerischen Spieler im Umkreis des passannehmenden Spielers*
f_{OPC}	...	*Faktor der gegnerischen Spieler im Passkorridor*
f_Z	...	*Zonenfaktor*

Formel 10: Berechnung des Passrisikos

Anhand des Passrisikos soll herausgefunden werden, wie gut das individuelle Passspiel tatsächlich war, da dies durch Angabe der Pass- bzw. Fehlpassquote nicht hinreichend geklärt werden kann (vgl. [HUGa-02]). Z.B. können Innenverteidiger sehr hohe Passquoten aufweisen, da diese oftmals und dabei relativ gefahrlos untereinander oder zurück zum Tormann hin und her passen. Durch Angabe des Passrisikos wird die Höhe der Passquote relativiert. Das Passrisiko kann außerdem als Indikator für Fehlpässe herangezogen werden, da je höher das Risiko, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit eines fehlerhaften Zuspiels. Genauso deutet geringes Risiko bei Fehlpässen auf schlechtes Passspiel hin. Damit soll der Frage nach der Passgenauigkeit nachgegangen sowie Auskunft über die Qualität des Passspiels gegeben werden.

Zur Ermittlung des Passrisikos und der Passqualität einzelner Spieler wurde das *Analyse Passes* Tool entwickelt, dessen Analyseprozess und Ergebnisse im Folgenden beschrieben bzw. präsentiert werden. Die TDB ist in Abb. 73 dargestellt und erfordert die Eingabe von insgesamt 19 Parametern. Neben den in Abschnitt 9.2 aufgezählten obligatorischen Eingabeparametern, ist es dem Anwender selbst überlassen, Schwellenwerte zur Klassifizierung der Passlänge zu definieren. Standardmäßig sind diesbezüglich die Grenzwerte *10* Meter und *20* Meter vordefiniert, die die Pässe des ausgewählten Spielers in *kurze*, *mittellange* und *lange Pässe* einteilen. Die Gewichtung kann dabei frei gewählt werden, wobei die Faktorenwerte *0,33* für kurze, *0,66* für mittellange sowie *0,99* für lange Pässe voreingestellt sind. Ebenso können die Distanzen zur Generierung der Pufferzonen rund um den Passgeber bzw. –empfänger sowie um die Passlinie selbst gewählt werden. Die dabei entstehenden Polygone werden mit den Positionen der gegnerischen Spieler zum Zeitpunkt des Abspiels räumlich verschnitten. Damit wird bestimmt, ob die Spieler unter Druck gesetzt wurden und, ob der bespielte Raum frei oder abgedeckt war. Je nach der Anzahl gegnerischer Spieler innerhalb dieser drei Zonen, können unterschiedliche Faktorenwerte vergeben werden. Gemäß der Voreinstellung beziehen sich die Werte *0,33*, *0,66* und *0,99* auf

einen, zwei bzw. drei oder mehr Gegenspieler innerhalb der festgelegten Bereiche. Ferner können Zonenfaktoren angegeben werden, wobei die Werte *0,33* bzw. *0,99* für das gegnerische bzw. eigene Spielfelddrittel sowie der Faktor *0,66* für die zentrale Spielfeldzone standardmäßig eingestellt sind. Entsprechend Formel 10 gleicht das Passrisiko einer Aufsummierung der einzelnen Koeffizienten. Zusätzlich können zwei Schwellenwerte vergeben werden, die das Passrisiko in *niedrig*, *mittel* und *hoch* klassifizieren. Hierzu sind die Grenzwerte *1,65* und *2,64* voreingestellt.

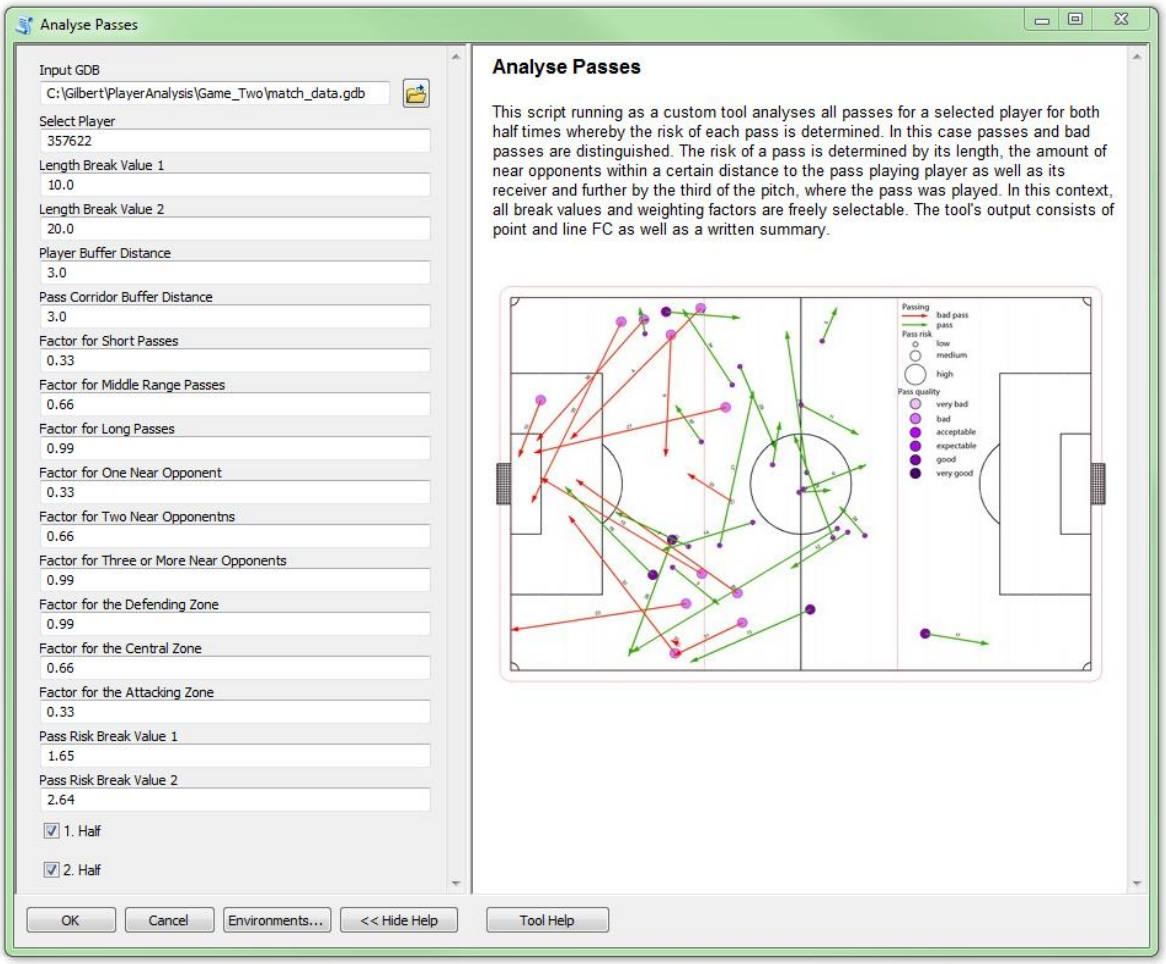


Abb. 73: Tool Dialog Box des Analyse Passes Tools

Angesichts der Vordefinition einzelner Parameter ist allerdings zu bedenken, dass diese lediglich als erster Anhaltspunkt dienen und bei Bedarf den eigenen Vorstellungen anzupassen sind. Dadurch wird größtmögliche Flexibilität hinsichtlich der Tool-Parameter gewährleistet, einem Anliegen, das mehrfach von den befragten Experten geäußert wurde (siehe Abschnitt 7.2.2 u. Anhang II). Neben der rechnerischen ist auch die inhaltliche Zusammensetzung des Passrisikos diskutabel. Rückmeldungen dazu sollen im Rahmen der zweiten Expertenbefragung eingeholt werden. Ungeachtet dessen soll zunächst gezeigt werden, dass regelbasierte Analysen des Passspiels durchgeführt werden können.

Die benötigte Ausführungszeit des *Analyse Passes* Tools ist im Wesentlichen von der Anzahl der vom ausgewählten Spieler getätigten Pässe abhängig. So variiert die beobachtete Durchführungsdauer zwischen einer Minute und 41 Sekunden bei insgesamt acht Pässen

eines Torwarts und fünf Minuten und 30 Sekunden für 39 Pässe eines zentralen Mittelfeldspielers.

Im Verlauf des iterativen Analyseprozesses wird zunächst die aus der Datenliste ausgegebene FC *all_events* temporär in das Output FDS kopiert [Anm.: = *new_event_fc*], wo eine attributive Verknüpfung mit dem *PIdBF* über die Felder *Player_ID* und *Actor_1* vorgenommen wird. *new_event_fc* enthält ab diesem Zeitpunkt alle notwendigen Informationen zur Differenzierung von Pässen und Fehlpässen. Zuvor werden jedoch *new_event_fc* weitere Attribute angehängt, die in Tab. 8 aufgelistet und beschrieben sind.

Attributname	Eigenschaft
P_Frame	Frame zum Zeitpunkt des Passes
Passer	Player_ID des Passgebers
P_Team	Team_ID des Passgebers
Passer_X	X_Koordinate des Passgebers zum Zeitpunkt des Abspiels
Passer_Y	Y_Koordinate des Passgebers zum Zeitpunkt des Abspiels
R_Frame	Frame zum Zeitpunkt der Passannahme
Receiver	Player_ID des Passempfängers
R_Team	Team_ID des Passempfängers
Receiver_X	X_Koordinate des Pass-Empfängers zum Zeitpunkt der Ballannahme
Receiver_Y	Y_Koordinate des Pass-Empfängers zum Zeitpunkt der Ballannahme
Passing	Unterscheidung in Pass und Bad Pass
Pass_ID	Fortlaufende ID zur eindeutigen Identifikation eines Pass-Events

Tab. 8: Benötigte Attribute des Analyse Passes Tools

Mittels zweier verschachtelter *SearchCursor* werden die Attributwerte der in Tab. 8 angeführten Felder ermittelt, wobei der erste *Cursor* alle Informationen des Pass-Events eruiert. Da dabei auch die *ObjectID* erfasst wird, kann mit dem zweiten *Cursor* die darauffolgende Aktion detektiert und die benötigten Informationen ausgelesen werden. Durch Abgleich der *Team_ID* beider Events wird festgestellt, ob das jeweilige Zuspiel erfolgreich war oder nicht. Die gesammelten Daten werden im Verlauf der zweifachen Iteration in eine Liste namens *pass_event* gespeichert, anhand derer ein *csv-File* abgeleitet wird. Dieses wird in weiterer Folge zur Erstellung von passspezifischen linienhaften FC [Anm.= *passes_l*] mit dem *ArcGIS System Tool XYToLine* verwendet, wobei die attributiv bekannten X/Y-Koordinaten des Passgebers als Startpunkt und jene des Passempfängers als Endpunkt der Passlinie herangezogen werden. Die *Pass_ID* dient dabei zur Unterscheidung der einzelnen Linien, die abgesehen von deren Länge keine weiteren Eigenschaften aufweisen. Deshalb ist eine attributive Verknüpfung über die *Pass_ID* mit einer dem *csv-File* abgeleiteten *dBase-Table* notwendig. Im Anschluss daran werden die temporär genutzten *csv*-und *dBase-Files* gelöscht.

Da zu diesem Zeitpunkt bereits die Länge der Pässe bekannt ist, wird *passes_l* ein Feld mit der Bezeichnung *Length_Class* hinzugefügt. Unter Verwendung eines *UpdateCursor* sowie auf Basis der Eingabeparameter werden die Pässe gemäß ihrer Länge in kurze, mittellange und lange Zuspiele eingeteilt. Neben der einzelnen Passgeraden werden auch deren

Anfangs- und Endpunkte als Punktdaten für die anstehenden Pufferungen benötigt. Diese werden mit dem *ArcGIS System Tool FeatureVerticesToPoints* erstellt. Der neu erzeugten punkthaften FC [Anm.: = *points*] wird danach ein neues Feld namens *Point_Type* angehängt, das mit den Attributwerten *start* und *end* befüllt wird. Dabei werden Punkte mit einer geraden *ObjectID* als Endpunkte ausgewiesen.

Nachdem die Pässe jeweils in Form zweier Point Features und einem verbindenden Line Feature vorliegen, können die Pufferungen rund um diese Objekte auf Basis der Eingabeparameter vorgenommen werden. Dabei kommt das *ArcGIS System Tool Buffer* zum Einsatz, das gemäß M. LAW u. A. COLLINS ([LAW-15]) basierend auf dem Konzept der Nachbarschaft, Polygone mit konstanter Distanz rund um ausgewählte Features erstellt. [Anm.: Alternativ dazu ist die Verwendung des *ArcGIS System Tools MultipleRingBuffer* zur Klassifizierung der unmittelbaren Nachbarschaft diskutabel.] Die Pufferzonen sind die Grundlage der räumlichen Verknüpfungen mit den gegnerischen Spielerpositionen zum Zeitpunkt der Passabgabe. Die dazu notwendigen Daten werden innerhalb der Input GDB anhand der *Half_ID* und *Team_ID* des selektierten Spielers im Tracking FDS lokalisiert. Hierbei wird gezielt nach den bereits zu Mannschaften fusionierten spielerbezogenen Tracking FC gesucht, die mit dem *Team Merge* Tool erstellt wurden. Unter Anwendung eines *SearchCursor* wird eine Liste mit den *Frames* aller Pässen befüllt [Anm.: = *start_frame_list*], die in weiterer Folge durchlaufen wird. Dabei dienen die ausgelesenen Zeitangaben als *Where Clause* zur Einschränkung der Features. Damit jedoch eine *Where Clause* auf bestehenden FC angewandt werden kann, ist es zuvor notwendig mit dem *ArcGIS System Tool MakeFeatureLayer* einen Feature Layer zu erstellen, da Definitionsabfragen ausschließlich auf diesen speziellen Typ von Layern anwendbar sind ([ZAN-13]).

Vor der räumlichen Verknüpfung ist es erforderlich, die Pufferung um die Passlinie von jenen rund um die Passpositionen räumlich zu subtrahieren, um etwaigen Fehlern vorzubeugen. Dazu wird das *ArcGIS System Tool Erase* verwendet, das gemäß C. HARDER et al. ([HAR-13]) zur Gruppe der *Overlay Tools* gehört. Abb. 74 zeigt hierzu graphisch die Notwendigkeit dieser Maßnahme. Andernfalls würde es u.U. in den Überschneidungsbereichen zu einer doppelten Zählung gegnerischer Spieler kommen. Gleichzeitig ist ersichtlich, dass die Distanz der linearen Pufferung kleiner oder zumindest gleich groß der punktuellen Pufferungen sein sollte.

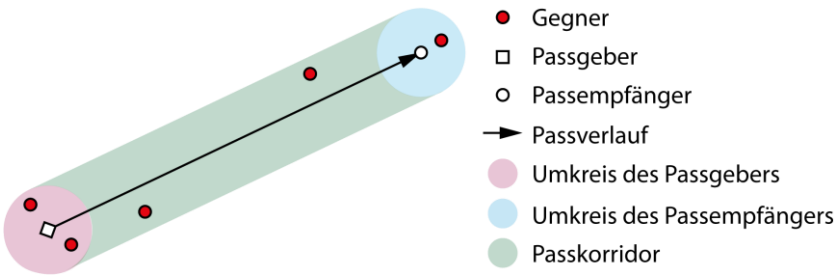


Abb. 74: Schematische Darstellung der unmittelbaren Nachbarschaft des Passgebers und -empfängers sowie des Passkorridors

Die räumlichen Verknüpfungen der subtrahierten Pufferzonen mit den Spielerpositionen werden getrennt voneinander mit dem gleichnamigen *ArcGIS System Tool SpatialJoin* durchgeführt. Der Vorteil gegenüber räumlichen Verschneidungen liegt darin, dass dabei die Anzahl der sich räumlich überlagernden Objekte gezählt wird. Da dies innerhalb einer *for*-Schleife für jeden einzelnen Pass erfolgt, ist es darauffolgend notwendig, die einzelnen räumlich verknüpften FC mit dem *Merge* Tool zu fusionieren [Anm.: = *merge_fc* u. *merge_cor_fc*]. Davor wurden die einzelnen FC in Listen gespeichert, die in als Eingabeparameter für das *ArcGIS System Tool Merge* herangezogen wurden.

Da die Anfangs- und Endpunkte eines Passes bei Berechnung dessen Risikos separat voneinander betrachtet werden müssen, werden beiden Punkten eine eigenständige ID zugewiesen. Deswegen wurden *merge_fc* und *points* ein neues Feld mit der Bezeichnung *Point_ID* angehängt, dessen Attributwerte sich aus der *Pass_ID* und dem *Point_Type* zusammensetzen. Zur attributiven Übernahme der Anzahl gegnerischer Spieler im festgelegten Umkreis dient *Point_ID* als Schlüsselattribut zwischen *merge_fc* und *points*. Ferner wird *points* die Anzahl gegnerischer Spieler innerhalb des Passkorridors mittels attributiver Verknüpfung via der *Pass_ID* von *merge_cor_fc* übertragen. [Anm.: In Hinblick auf zukünftige Adaptionen könnte hierzu u.U. die Laufrichtung und Geschwindigkeit der gegnerischen Spieler berücksichtigt werden.] Die Mengenangabe wird bei räumlichen Verknüpfungen standardmäßig in ein Feld mit der Bezeichnung *Join_Count* gespeichert. Da die Attributtabelle von *points* nach der zweifachen attributiven Verknüpfung zwei Zählwerte beinhaltet, werden die Feldnamen *Join_Count* und *Join_Count_1* automatisch vergeben. Um Verwechslungen vorzubeugen, wurden die Spaltenbezeichnungen mit dem *ArcGIS System Tool AlterField* auf *Near_Opponents* und *Near_Opponents_cor* geändert.

Zur Berücksichtigung der Spielfeldzone, innerhalb derer der Pass geschlagen wurde erfolgt eine räumliche Verschneidung unter Einsatz des *ArcGIS System Tool Intersect* zwischen *points* und *thirds* [Anm.: Ergebnis = *int_feat_out*]. Ähnlich dem *Erase* Tool handelt es sich bei *Intersect* um ein Werkzeug der *Overlay* Gruppe (ebd.). In Anbetracht der zuvor definierten Spielrichtung, wird jedem Pass eine Zone zugeordnet [Anm.: *own* bzw. *opp* für die eigene bzw. gegnerische Spielfeldzone sowie *mid* für das zentrale Spielfelddrittel.]. Danach wird in einem neuen Feld von *int_feat_out* namens *Pass_Risk* das Risiko aller Pässe gemäß Formel 10 bestimmt. Anschließend folgt mittels *UpdateCursor* und diverser *if*-Abfragen die Ausweisung der Passqualität im neu hinzugefügten Feld *Pass_Quality* in Abhängigkeit des Passtypus und Passrisikos. Dadurch kommt es zur Quantifizierung und Bewertung des Passspiels, wodurch die Betrachtungsweise der Pass- und Fehlpassquoten objektiviert wird. Bspw. werden gelungene Pässe bei geringem Passrisiko als *erwartungsgemäß erfolgreich* angesehen. Hingegen wird erfolgreiches Passspiel bei mittlerem und hohem Risiko als *gut* bzw. *sehr gut* bezeichnet. Analog dazu wird ein Fehlpass bei hohem Risiko als *vertretbar* betrachtet. Dies ist z.B. bei weiten und hohen Abstößen des Torhüters der Fall,

bei denen der Ball vergleichsweise einfach vom Gegner erobert werden kann. Im Übrigen werden fehlerhafte Zuspiele bei mittlerem und geringem Risiko als *schlecht* bzw. *sehr schlecht* gewertet.

Abschließend werden *passes_l* mittels attributiver Verknüpfung zu *int_out_feat* die Zonen und das Passrisiko über die gemeinsame *Pass_ID* übergeben. Danach wird *passes_l* mit einem *SearchCursor* durchlaufen, um Informationen über die einzelnen Zuspiele zu extrahieren. Dabei werden u.a. die Pass- und Fehlpassquote in Anlehnung an Formel 10 sowie das durchschnittliche Passrisiko gemäß Formel 6 berechnet. Sämtliche Daten werden sowohl direkt im *Results Window* ausgegeben, als auch zusammenfassend in einer Textdatei im Verzeichnis *Passes* abgelegt.

Das Ergebnis des *Analyse Passes* Tools besteht zudem aus einer punkt- und linienhaften FC, die zusammen das individuelle Passspiel graphisch widerspiegeln. Letztere enthält eine Auflistung aller imaginären Trajektorien des Balls während der einzelnen Pässe. [Anm.: Da die Passlinien aus den Event-Positionen der Passabgabe bzw. –annahme abgeleitet wurden, handelt es sich dabei um einen fiktiven Passverlauf, der nicht mit der Realität übereinstimmen muss. Bspw. werden Flanken mit Effet nicht wahrheitsgetreu als gekrümmte Linien, sondern vereinfacht als Geraden dargestellt]. Exemplarisch dazu sind in Abb. 75 die Pässe des Spielers 345596 während der ersten Halbzeit dargestellt.

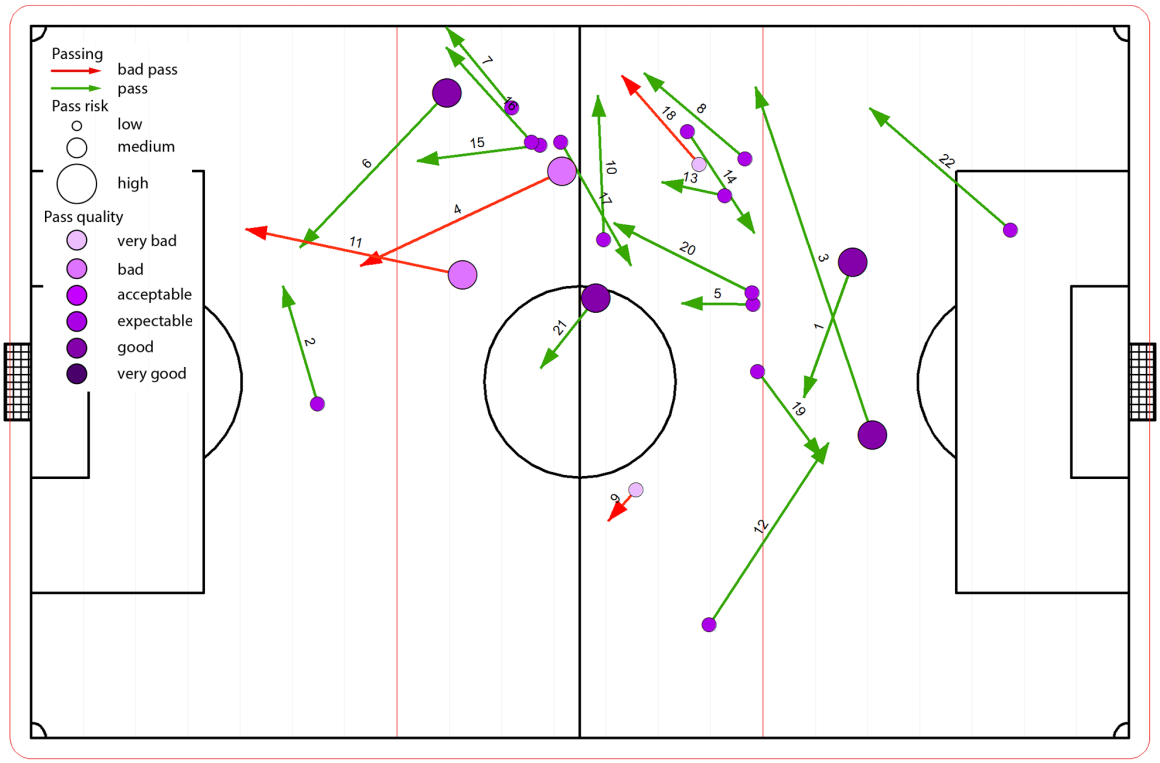


Abb. 75: Untersuchung aller Pässe eines Mittelfeldspielers [Player ID 345596, Team A] für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Zur raschen visuellen Unterscheidung von Pässen und Fehlpässen sind die Passlinien farblich nach intuitiven Aspekten gestaltet, wobei Grün und Rot mit Erfolg bzw. Misserfolg assoziiert wird. Außerdem wird nicht nur durch die Pfeilspitzen die Passrichtung, sondern

auch zur eindeutigen Identifikation der Passaktionen deren *Pass_ID* entlang der Line Features angezeigt. Hingegen wird das klassifizierte Passrisiko mit einer willkürlich gestuften Punktsignatur an den Startpunkten der linienhaften Passaktionen dargestellt, deren Farbgebung die Passqualität zum Ausdruck bringt. Alternativ dazu kann das Passrisiko ebenso anhand der Linienstärke der Line Features vermittelt werden, was allerdings in Abhängigkeit des Maßstabes bei einer Vielzahl eng benachbarter Pässe in Hinblick auf die Lesbarkeit problematisch sein könnte.

Bezugnehmend auf Abb. 75 war die überwiegende Mehrzahl der Pässe des Spielers 345596 erfolgreich. Hinsichtlich der räumlichen Passverteilung ist es fraglich, ob diese als Indikator für den Aktionsraum des Spielers angesehen werden kann. Daher soll diese Frage in Abschnitt 10.3.2 im Rahmen der Analyse spieler-, gruppen- und mannschaftsspezifischer Aktionsräume noch einmal aufgegriffen werden. Es ist unbestritten, dass der Spieler gemäß seiner taktischen Position die meisten Pässe im rechten Mittelfeld schlug.

Zwar liefert die Graphik bereits einige Informationen, eine Einsicht in den zusätzlich bereitgestellten Kurzbericht ist jedoch empfehlenswert. Abb. 76 zeigt hierzu die automatisch generierte schriftliche Zusammenfassung der Passanalyse, die in Form eines *Text-Files* innerhalb des Ausgabeverzeichnisses abgelegt wird.

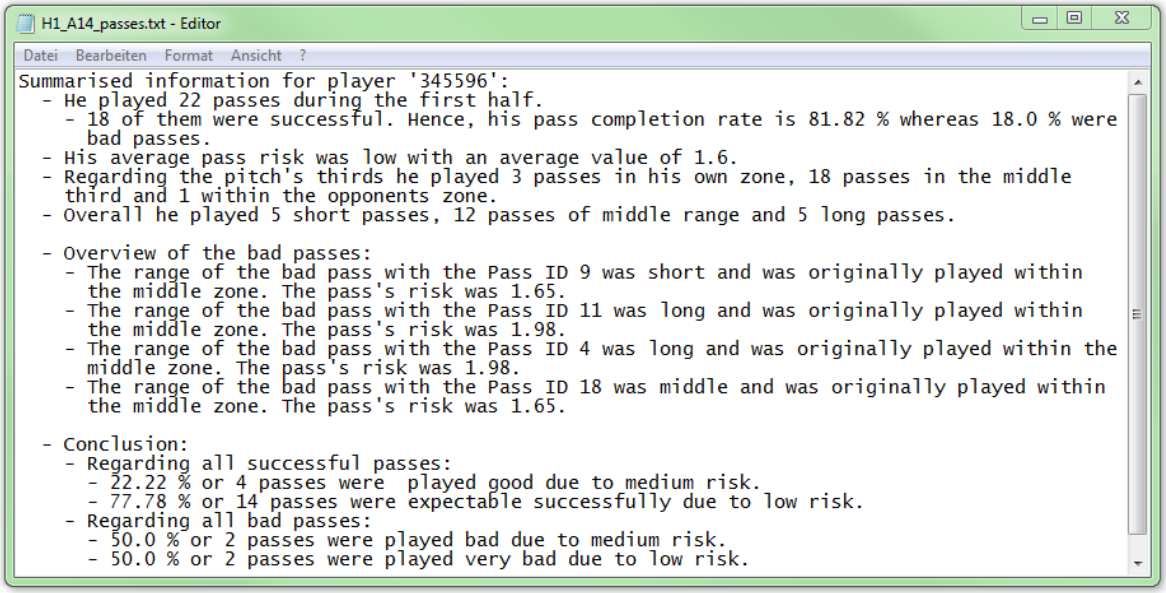


Abb. 76: Untersuchung aller Pässe eines Mittelfeldspielers [Player ID 345596, Team A] in der zweiten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Zur Eruierung etwaiger Ursachen fehlerhafter Zuspiele, sind deren Parameter gesondert aufgeschlüsselt. Ferner umfasst die Ausgabe die Anzahl der gespielten Pässe in den Spielfeldzonen, die Pass- und Fehlpassquote, das durchschnittliche Passrisiko sowie die Qualität des Passspiels in Bezug auf beide Quoten und das Risiko. Spieler 345596 erzielte in der ersten Halbzeit bei insgesamt 22 Pässen eine Passquote von 81,82 %. Somit waren rund vier Fünftel seiner Pässe erfolgreich. Dieser Wert ist jedoch angesichts der seiner taktischen Position zu interpretieren ([CARd-05]). Die Frage nach der Passgenauigkeit wäre

damit geklärt, nicht jedoch jene nach der Passqualität. Diesbezüglich zeigt Abb. 76 , dass in Abhängigkeit der Eingabeparameter die erfolgreichen Zuspiele des Spielers zu 22,22 % gut und zu 77,78 % erwartungsgemäß erfolgreich sowie seine Fehlpässe zu je 50 % schlecht bzw. sehr schlecht bewertet wurden.

Während Pass- und Fehlpassquote unabhängig der Gesamtanzahl an Pässen unter Nichtberücksichtigung des raumzeitlichen Spielgefüges ausschließlich Aussagen über die Passgenauigkeit bzw. -ungenauigkeit ermöglichen, liefert das *Analyse Passes* Tool Anhaltspunkte über die Qualität des Passspiels. Da die Auswertung nach Halbzeiten getrennt ausgeführt wird, können außerdem spielergebundene Vergleiche vorgenommen werden. Hierzu ist in Abb. 77 zu erkennen, dass das Passspiel des ausgewählten Spielers in der zweiten Halbzeit räumlich variabler war und im Vergleich zur ersten Hälfte mehr Pässe auf der linken Seite geschlagen wurden.

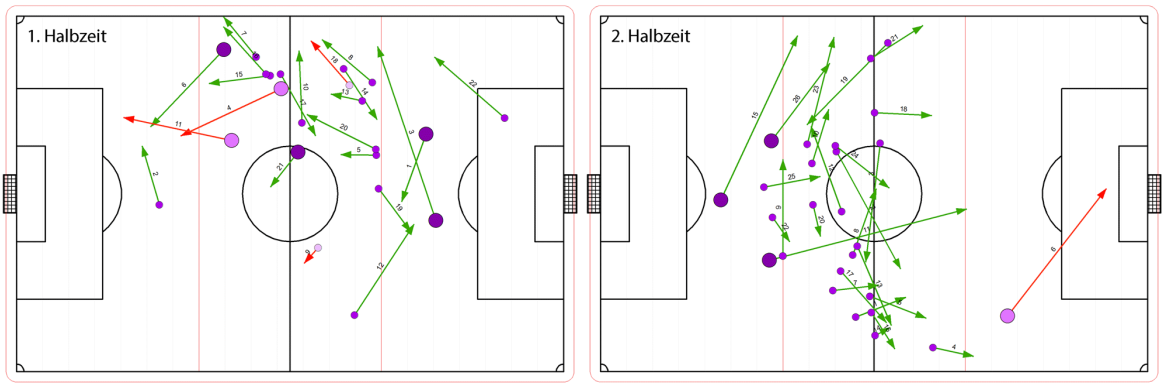


Abb. 77: Vergleich der Pässe eines Mittelfeldspielers [Player ID 345596, Team A] während der beiden Halbzeiten (Daten: ProzoneSports)

Aufbauend auf Abb. 77 zeigt Abb. 78 in Form eines Stabdiagramms eine Gegenüberstellung der Passqualität des ausgewählten Spielers 345596. Konträr der schriftlichen Zusammenfassung (siehe Abb. 76) wird diese hierbei nicht separat für Pässe und Fehlpässe ausgegeben, sondern bezieht sich auf das gesamte Passspiel.

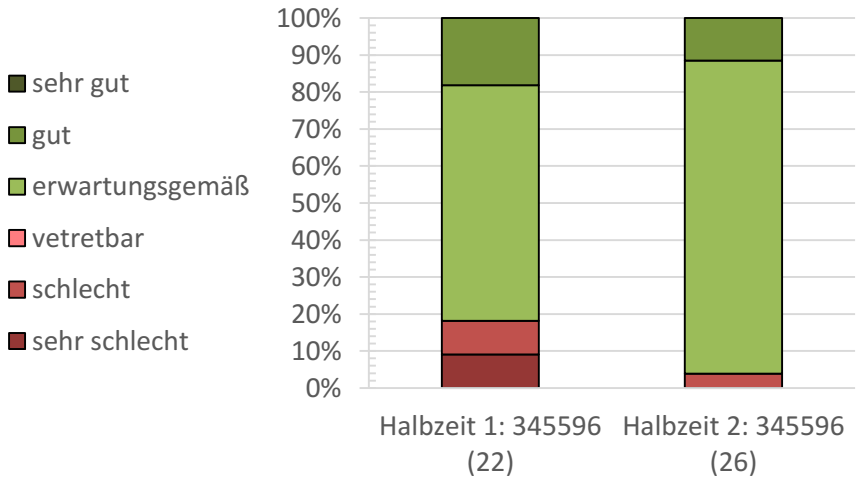


Abb. 78: Gegenüberstellung der Passqualität eines Mittelfeldspielers [Player ID 345596, Team A], getrennt nach Halbzeiten (Daten: ProzoneSports)

Ein direkter Vergleich beider Spielhälften ergibt, dass der Spieler im zweiten Durchgang vier Pässe mehr spielte und zugleich seine Passqualität steigern konnte. So war nur einer seiner Pässe in der zweiten Hälfte nicht erfolgreich, wobei es sich dabei um eine Flanke in den Strafraum handelte. Allerdings war dieser Fehlpass entsprechend dem ermittelten Risikos vertretbar.

Ohne weiter auf Details einzugehen zeigt Abb. 79 abschließend einen graphischen Vergleich des Passspiels verschiedener Spieler unterschiedlicher taktischer Positionen. Das dazugehörige Stabdiagramm in Abb. 80 nährt zudem die Forderungen von M. HUGHES u. R. M. BARTLETT ([HUGa-02]), Leistungsparameter ausnahmslos positionsspezifisch zu interpretieren.

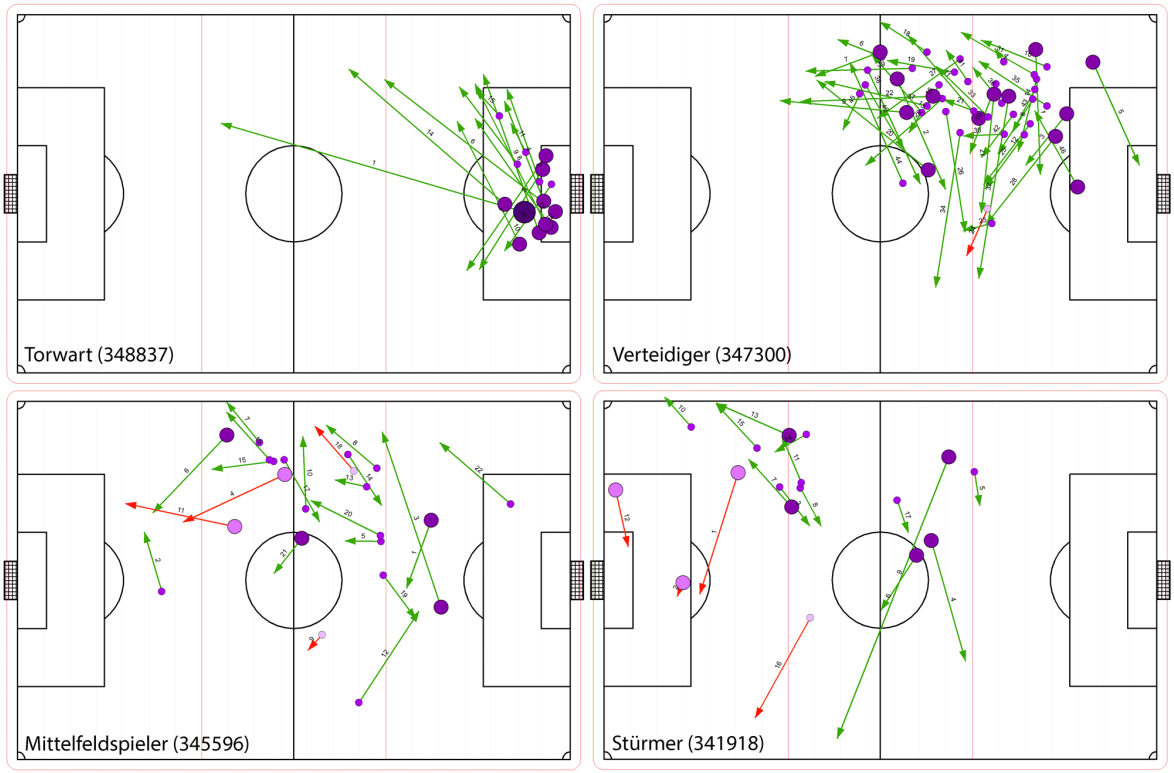


Abb. 79: Vergleich der Pässe von Spielern unterschiedlicher taktischer Positionen (Daten: ProzoneSports)

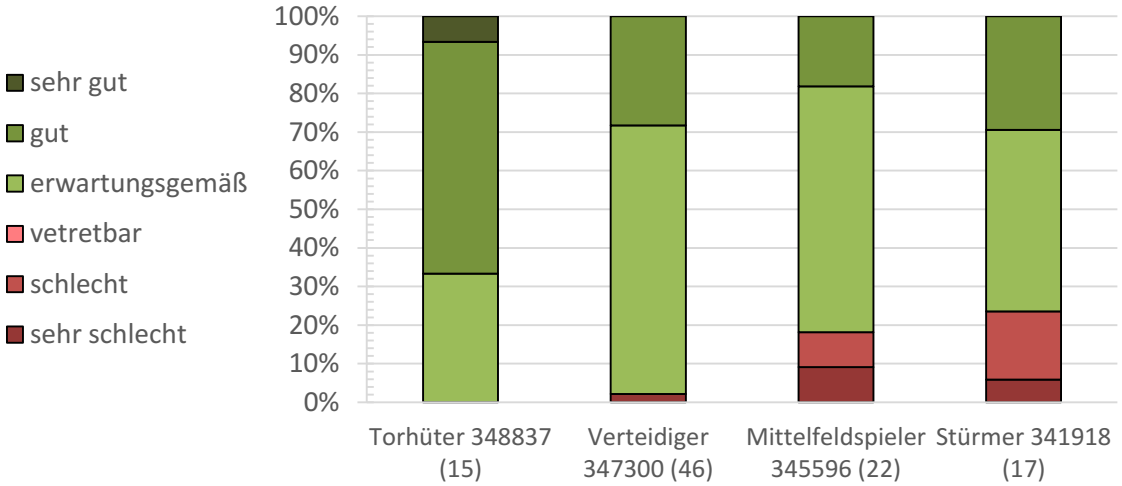


Abb. 80: Gegenüberstellung der Passqualität von vier Spielern unterschiedlicher taktischer Positionen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Die erzielten Ergebnisse verdeutlichen die Sinnhaftigkeit spielerspezifischer und positionsübergreifender Vergleiche des Passspiels. Allerdings ist anzunehmen, dass hierzu langfristige Analysen bspw. über die Dauer einer Saison von Spielern einer Mannschaft aufschlussreicher sind. Auf Basis der zur Verfügung gestellten anonymisierten und quantitativ limitierten Datenbasis, war ein derartiges Unterfangen jedoch nicht realisierbar. Die Ausführungen dieses Abschnitts zeigen außerdem, dass unter Berücksichtigung räumlicher Aspekte mit dem *Analyse Passes* Tool die Passqualität auf Einzelspielerebene quantifiziert werden kann. Dadurch wird die Höhe der Pass- und Fehlpassquote relativiert sowie basierend darauf die Analyse des Passspiels objektiviert. In diesem Zusammenhang wurde bereits darauf verwiesen, dass die inhaltliche und rechnerische Zusammensetzung des Passrisikos diskutabel ist. Ferner könnten u.U. thematische Adaptionen zur weiteren Optimierung der Passanalyse beitragen. Bspw. ist es denkbar, die Passrichtung zu klassifizieren, wobei in Quadranten unterteilte kreisförmige Polygone an den Passpositionen mit den Passlinien räumlich verschnitten werden. Ob inhaltliche und/oder technische Konfigurationen des Tools wünschenswert oder erforderlich sind, ist im Diskurs mit Spieleanalysten zu klären (siehe Kapitel 12).

9.4 Bewertung der Erfolgsaussichten von Torabschlüssen

Im zweiten Fallbeispiel werden spielerspezifisch Torabschlüsse untersucht. Dabei werden die Schusspositionen in Relation zum gegnerischen Tor sowie das räumlichen Spielgefüge zur Evaluierung der reellen Erfolgsaussicht einzelner Torversuche herangezogen. Dadurch wird die Analyse von Torabschlüssen um räumliche Aspekte erweitert. Notwendigkeit dazu besteht deshalb, da dieser Bereich oftmals auf die Torschussquote reduziert ist. Hierbei handelt es sich um einen Indikator der Torgefährlichkeit. Dieser entspricht gemäß Formel 11, dem Verhältnis zwischen der Anzahl an erzielten Toren und der Summe an Torschüssen im Verlauf festgelegter Perioden, wie Halbzeiten, Spiele, Saisonen u.dgl. (ebd.).

$$Q_S(t) = \frac{G(t)}{S(t)} * 100$$

$Q_S(t)$ ... *Torschussquote*
$G(t)$ ... *Erzielte Tore*
$S(t)$ ... *Alle Torabschlüsse*

Formel 11: Berechnung der Torschussquote

Damit bleiben jedoch Fragen wie etwa, ob zum Zeitpunkt der Schussabgabe die Spieler bedrängt wurden oder ob das Schussfeld frei war, unbeantwortet. Zudem wird der Kontext des Spiels vernachlässigt, da Standardsituationen gleichermaßen in die Berechnung einfließen. Die Erfolgsaussicht von Straf- oder Freistößen ist allerdings höher zu bewerten, was im Zuge der Leistungsbeurteilung zu berücksichtigen ist. Zwar besitzt diese Maßzahl Legitimität, die Aussagekraft ist jedoch beschränkt. Bspw. sind Rückschlüsse auf die Schussqualität nicht möglich, da dafür der reellen Erfolgsaussicht das Ergebnis der Torschüsse gegenüberzustellen ist. Die alleinige Angabe der Torschussquote kann daher irreführend sein. Dahingehend stellt die Berechnung des Schussrisikos, gemäß Formel 12, eine Erweiterung

bisheriger Parameter dar. Infolge einer Quantifizierung räumlicher Aspekte ist eine differenziertere Auswertung von Torabschlüssen möglich.

$$f_{opp}, f_{sfb} = \{0.33, 0.66, 0.99\}$$

$$f_{oppw}, f_{sfbw} = 0{,}5$$

$$S_{Risk} = SSPI * ((f_{opp} * f_{oppw}) + (f_{sfb} * f_{sfbw}))$$

S_{Risk} ... *Schussrisiko*
SSPI ... *Spatial Scoring Probability Index*
f_{opp} ... *Faktor der gegnerischen Spieler im Umkreis des Schützen*
f_{oppw} ... *Gewichtung des* f_{opp}
f_{sfb} ... *Faktor der Barrieren im Schussfeld*
f_{sfbw} ... *Gewichtung des* f_{sfb}

Formel 12: Berechnung des Schussrisikos

Das Schussrisiko setzt sich im Wesentlichen aus zwei Faktoren zusammen. Analog zum Passrisiko (siehe Formel 10) gilt zum Zeitpunkt der Schussabgabe die Annahme, dass je mehr Gegenspieler sich in unmittelbarer Nähe zum Schützen befinden, der ausgeübte Druck der Verteidigung steigt. Des Weiteren wird in Anlehnung an den Ansatz von P. LUCEY et al. ([LUCd-15]) ein imaginäres Schussfeld zwischen der Schussposition und den beiden Torstangen aufgezogen. Alle sich im Moment des Schusses darin befindlichen Spieler werden unabhängig ihrer Mannschaftszugehörigkeit als menschliche Barrieren angesehen und daher im Rahmen der Berechnung berücksichtigt. Bezogen auf die Schussposition wird außerdem die theoretische Erfolgswahrscheinlichkeit in Form des *SSPI* erhoben (siehe Abschnitt 6.5.4, Abb. 49, Abb. 50 u. Formel 8). Basierend darauf ist zur Bestimmung der reellen Erfolgsaussicht das Passrisiko vom *SSPI* zu subtrahieren (siehe Formel 13).

$$CoS = SSPI - S_{Risk}$$

CoS ... *Reelle Erfolgsaussicht*
S_{Risk} ... *Schussrisiko*
SSPI ... *Spatial Scoring Probability Index*

Formel 13: Berechnung der reellen Erfolgsaussicht eines Torabschlusses

Gegenstand dieser Fallstudie sind Torabschlüsse, die innerhalb der Event-Datensätze von *ProzoneSports* als *Shots_on_target* und *Shots_not_on_target* vorliegen. Bezüglich *Shots_on_target* ist zu klären, ob der Torabschluss zu einem Tor führte. Dazu ist nicht nur die darauffolgende Aktion in Betracht zu ziehen, sondern auch die übernächste. Dies ist notwendig, da der Ball vor Überschreiten der Torlinie ggf. abgefälscht wurde, was ebenfalls als Event registriert werden würde. Im Vergleich zum Passspiel ist das quantitative Aufkommen von Torversuchen weitaus geringer. Pro Spiel und Mannschaft sind Torschüsse im niedrigen zweistelligen Bereich und darunter keine Seltenheit. Dessen ungeachtet ist es empfehlenswert, skriptbasierte Analysetools zu verwenden. In diesem Sinne wurde das *Analyse Shots* Tool entwickelt, dessen TDB in Abb. 81 dargestellt ist. Insgesamt umfasst das Tool 15 Eingabeparameter. Abgesehen der vier obligatorischen Parameter der Einzelspieleranalyse (siehe Abschnitt 9.2), handelt es sich dabei um frei wählbare Faktoren- und Schwellenwerte zur Bestimmung des Schussrisikos und der reellen Erfolgswahrscheinlichkeit. Mangels Expertise und Erfahrung wurden die voreingestellten Werte zwar willkürlich gewählt, können jedoch bei Bedarf den eigenen Vorstellungen angepasst werden.

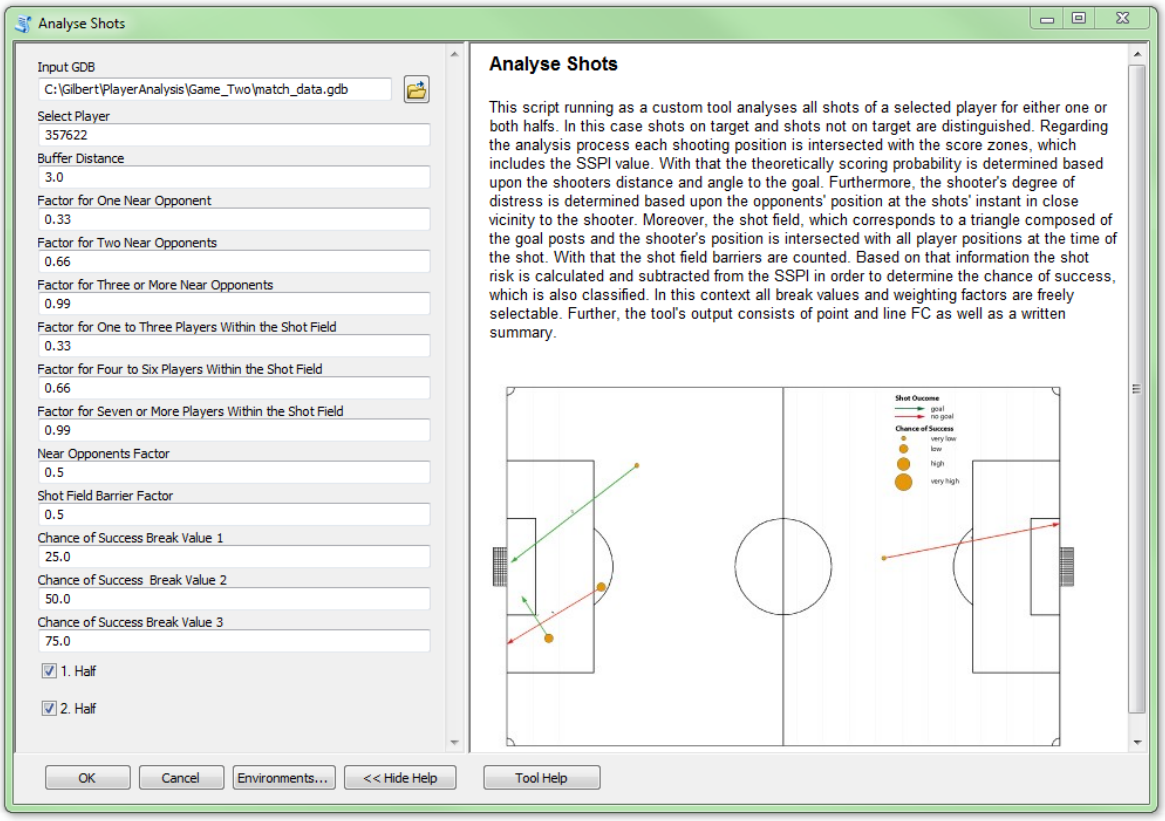


Abb. 81: Tool Dialog Box des Analyse Shots Tools

Die standardmäßige Pufferdistanz zur Abgrenzung der unmittelbaren Nachbarschaft des Schützens beträgt *drei* Meter. [Anm.: Auch hierzu ist der alternative Einsatz multipler Ringpuffer diskutabel.] Diesbezüglich sind die Faktorenwerte *0,33*, *0,66* und *0,99* für einen, zwei oder mehr als zwei Gegenspieler innerhalb der Pufferzonen voreingestellt. Die gleichen Werte sind standardmäßig für bis zu drei, vier bis sechs bzw. mehr als sechs Spieler innerhalb des dreieckigen Schussfeldes vergeben. Unter der Annahme, dass beide Variablen das Schussrisiko gleichermaßen beeinflussen, sind jeweils beide mit dem Wert *0,5* gewichtet. Hinsichtlich der Klassifizierung der reellen Erfolgsaussicht, deren Maximalwert 100 % beträgt, ist eine gleichmäßige Verteilung der drei Schwellenwerte in Abständen von jeweils *25* Prozentpunkten vorgesehen. Die benötigte Dauer zur Ausführung des *Analyse Shots* Tools ist im Wesentlichen von der Anzahl der analysierten Torversuche abhängig. Für die Auswertung zweier Spieler, die vier bzw. drei Torschüsse abgaben, nahm das Tool eine 94 Sekunden bzw. 71 Sekunden in Anspruch.

Analog zur Passanalyse wird die FC *all_events* im Verlauf des iterativen Analyseprozesses in das Output FDS kopiert und mit dem zuvor lokalisierten *PIdBF* über die Felder *Actor_1* und *Player_ID* attributiv verknüpft. Die hierdurch erzeugte FC *new_event_fc* dient in Folge zur Auffindung aller Torabschlüsse des ausgewählten Spielers unter Einsatz eines *SearchCursor*. Dabei werden die in Tab. 9 aufgelisteten Eigenschaften extrahiert und in eine Liste namens *shot_event* abgelegt. Die ersten fünf Attribute aus Tab. 9 werden jedoch nur von jenen Features aufgezeichnet, deren *Player_ID* mit jener des ausgewählten

Spielers übereinstimmt und gleichzeitig deren *Event_Name* entweder *Shot on target* oder *Shot not on target* entspricht. Währenddessen werden die einzelnen Torversuche fortlaufend gezählt, womit simultan die *Shot_ID* erhoben wird. Diese ist zur Ermittlung der restlichen Attribute in einem zweiten Durchlauf mittels *SearchCursor* essentiell. Konkret werden hierbei jene Datensätze ausgelesen, deren *OBJECT_ID* gleich *Shot_ID + 1* ist. Im Zuge dessen wird der *Event_Name* auf Torerfolg untersucht [Anm.: = Event *Goal*]. Ist dies nicht der Fall, wird zur Absicherung gegenüber Toren nach abgefälschten Schüssen, das Feature mit der *OBEJECT_ID* gleich *Shot_ID + 2* überprüft.

Attributname	Eigenschaft
S_Frame	Frame zum Zeitpunkt des Torabschlusses
Shooter	Player_ID des schussabgebenden Spielers
S_Team	Team_ID des schussabgebenden Spielers
Shooter_X	X_Koordinate des schussabgebenden Spielers zum Zeitpunkt des Torabschlusses
Shooter_Y	Y_Koordinate des schussabgebenden Spielers zum Zeitpunkt des Torabschlusses
R_Frame	Frame zum Zeitpunkt des dem Torabschluss darauffolgenden Events
Result_X	X_Koordinate des dem Torabschluss darauffolgenden Events
Result_Y	Y_Koordinate des dem Torabschluss darauffolgenden Events
Shot_Type	Unterscheidung in Shot on target und Shot not on target
Shot_ID	Fortlaufende ID zur eindeutigen Identifikation eines Torabschluss-Events
Outcome	Unterscheidung in Goal und no Goal

Tab. 9: Benötigte Attribute des Analyse Shots Tools

Da im Gegensatz zum Passspiel nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Spieler während der Partie zu einer Tormöglichkeit kommen, ist eine Validierung von *shot_event* notwendig. Da sich darin zumindest eine Liste mit den Attributnamen befindet, muss die Länge von *shot_event* größer eins sein, um den Analyseprozess fortzusetzen.

Zwar wurde bereits *new_event_fc* auf Torerfolg des ausgewählten Spielers kontrolliert, jedoch können abgefälschte Schüsse als Eigentore gewertet werden. Zur Prüfung dieser Eventualität wird aus der Input GDB die allfällig vorhandene FC *Goal* extrahiert und mit einem *SearchCursor* durchlaufen. Dabei werden die aufgelisteten Torschützen mit dem ausgewählten Spieler anhand deren *Player_ID* abgeglichen.

Nach Ermittlung aller benötigten Informationen, wird auf Basis von *shot_event* ein *csv-File* erstellt. Dieses dient als Eingabetabelle des *ArcGIS System Tools XYToLine*. Diesbezüglich ist zu bedenken, dass die dadurch erzeugte FC *shots_l* nicht zwingend die tatsächlichen Flugkurven des Balls widerspiegelt. Das *csv-File* wird danach in ein *dBase-File* konvertiert, um die erhobenen Daten mittels attributiver Verknüpfung über den Primärschlüssel *Shot_ID* an *shots_l* zu übergeben. Daraufhin werden die *csv-* und *dBase-Files* gelöscht.

Anfangs- und Endpunkte der einzelnen Schusslinien werden mit dem *ArcGIS System Tool FeatureVerticesToPoints* erstellt. Der dadurch generierte FC *points* wird im Anschluss daran ein neues Feld mit der Bezeichnung *Point_Type* angehängt, das mit den Ausprägungen *start* und *end* aktualisiert wird. Hierzu wird die *OBJECT_ID* als Referenz herangezogen, die im Falle der Anfangspunkte bzw. Schusspositionen ungeraden Zahlen entspricht.

Die Positionen beider Torstangen werden in der zuvor lokalisierten FC *pitch_points* in Form eines Feature Layer extrahiert, ehe mit einem *SearchCursor* eine Liste aller Einträge der *Shot_ID* erstellt wird [Anm.: = *shot_id_list*]. Diese wird in weiterer Folge durchlaufen, wobei pro Torabschluss ein imaginäres Schussfeld in Form eines dreieckigen Polygon Features abgeleitet wird. Im Vorfeld dazu ist es jedoch notwendig, einen weiteren Feature Layer von *points* in Abhängigkeit der *Shot_ID* zu erstellen. Daraufhin werden beide Layer zu einer neuen punkthaften FC namens *tri_points* fusioniert, die als Input des *ArcGIS System Tools MinimumBoundingGeometry* zur Erzeugung einer konvexen Hülle um die Torstangen und die Schussposition dient [Anm.: = *tri_poly*]. Gemäß R. KLEIN ([KLE-97]) ist eine konvexe Hülle die kleinste konvexe Menge einer beliebigen Teilmenge *A* des Vektorraums und ist durch Formel 14 definiert.

$$ch(A) = \bigcap_{\substack{K \supseteq A \\ K\ convex}} K$$

Formel 14: Allgemeine mathematische Definition der konvexen Hülle, nach [KLE-97]

Besteht diese Teilmenge, wie im Falle des Schussfeldes, aus maximal drei koordinativ bekannten Punkten, die nicht auf einer gemeinsamen Geraden liegen, so gleicht die daraus abgeleitete konvexe Hülle einem Dreieck (ebd.). Für deren Berechnung ist Formel 15 anzuwenden.

$$\begin{aligned} ch\{p,q,r\} &= tria(p,q,r) \\ &= \{ap + bq + cr; 0 \leq a,b,c, und\ a+b+c = 1\} \end{aligned}$$

Formel 15: Berechnung einer konvexen Hülle für drei Punkte, nach [KLE-97]

Da die Hüllen nach ihrer Erstellung über keinerlei relevanten Informationen verfügen, ist es noch innerhalb der *for*-Schleife erforderlich, ein neues Feld namens *Shot_ID* hinzuzufügen und dieses entsprechend der aktuellen Variablen der Schleifensequenz zu aktualisieren. Dadurch wird dem Schussfeld ein kompatibler Primärschlüssel übertragen. Nach Fusionierung aller Schussfelder [Anm.: = *new_tri_poly*] werden die einzelnen *tri_poly* FC gelöscht. Hingegen wird das Feld *S_Frame* von *shots_l* an *new_tri_poly* mittels attributiver Verknüpfung über die *Shot_ID* übertragen.

Im Anschluss daran werden die Schusspositionen innerhalb von *points* zur Erzeugung eines neuen Feature Layer herangezogen, der in weiterer Folge gemäß der angegebenen Pufferdistanz gepuffert wird [Anm.: = *points_buffer*]. Angesichts der Mannschaftszugehörigkeit des ausgewählten Spielers werden die beiden fusionierten FC [Anm.: = *{Half_ID}_{Team_ID}_Merge*] als *eigene* bzw. *gegnerische Mannschaft* identifiziert [Anm.: = *own_merge_fc* u. *opp_merge_fc*]. Da diese keine Informationen über Torabschlüsse beinhalten, ist eine Liste aller Frames zum Zeitpunkt der Torschüsse zu erstellen [Anm.: = *shot_frame_list*]. Realisiert wird dies im Verlauf einer Iteration durch *points*. Fortan bilden die Felder *Frame* der schussspezifischen FC [Anm.: = Schussfeld und Puffer] und *S_Frame* der Spielertrajektorien eine attributive Schnittstelle.

Im Anschluss daran wird *shot_frame_list* durchlaufen, wobei die aktuelle Variable der Sequenz den Frame eines Torabschlusses widerspiegelt. Diese Information wird in Form einer *Where Clause* zur Erstellung von vier Feature Layer benötigt. Dabei handelt es sich um virtuelle Abbildungen von *points_buffer*, *new_tri_poly* sowie der beiden FC *{own/opp}_merge_fc*. Pro *S_Frame* erfolgt eine geometrische Subtraktion des Schussfeldes von der gepufferten Schussposition um etwaige Doppelzählungen im Überlappungsbereich auszuschließen [Anm.: = *buffer_erase*] (vgl. Abb. 82).

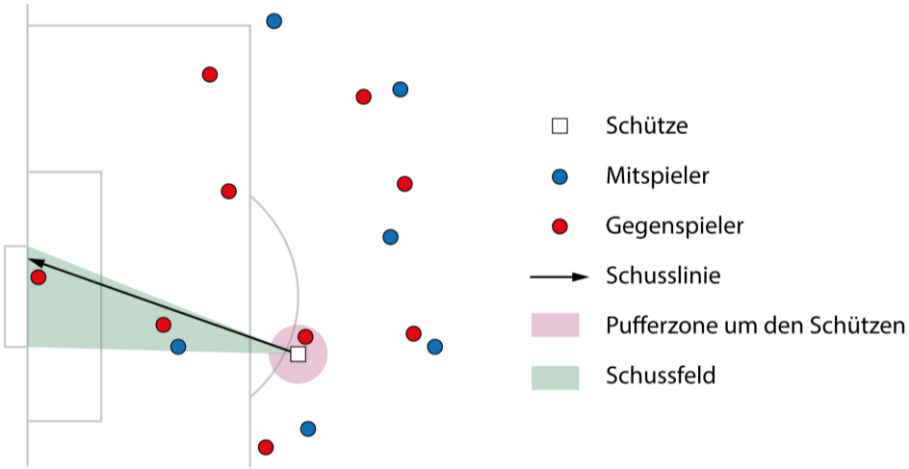


Abb. 82: Schematische Darstellung der unmittelbaren Nachbarschaft des Schützen und des Schussfeldes

Für die räumlichen Verknüpfungen, die getrennt nach Torversuchen durchzuführen sind, sind Feature Layer von *new_tri_poly* und *buffer_erase* heranzuziehen. Diese sind gemäß der Definition des Schussrisikos mit beiden teamspezifischen FC bzw. ausschließlich mit *opp_merge_fc* in Beziehung zu setzen. Nach Fusionierung der einzelnen räumlich verknüpften FC [Anm.: = *merge_buffer* und *merge_tri*], werden die Eingabedaten gelöscht und die zusammengefassten Datensätze von irrelevanten Attributen bereinigt.

In weiterer Folge werden *merge_tri* drei neue *Short Integer* Felder mit den Bezeichnungen *SFB*, *SFB_own* und *SFB_opp* angehängt [Anm.: *SFB* steht für *Shot field barrier*, *own* kennzeichnet Mitspieler und *opp* ist stellvertretend für *opponent* bzw. Gegenspieler.]. Den neuen Attributen werden mittels *UpdateCursor* die Werte von *Join_Count* und *Join_Count_1* übergeben, die im Falle von *SFB* addiert werden. Bei *merge_buffer* wird hingegen ein neu hinzugefügtes *Short Integer* Feld namens *Near_Opponents* mit den Werten von *Join_Count* befüllt. Mittels attributiver Verknüpfung über das Feld *Shot_ID* werden die Parameter des Schussrisikos von *merge_buffer* und *merge_tri* auf *points* übertragen.

Nachfolgend ist der *SSPI* der Schusspositionen zu bestimmen. Hierzu wird zunächst ein Feature Layer dieser Positionen von *points* gebildet [Anm.: *Point_Type* = *start*], der mit der FC *score_zones* [Anm.: = Zonierungsvariante IV, siehe Abb. 49] räumlich verschnitten wird [Anm.: = *int_feat_out*]. Nach Bereinigung von irrelevanten Feldern werden mit einer attributiven Verknüpfung über die *Shot_ID* die Felder *Angle*, *Distance* und *SSPI* von *int_feat_out* auf *points* übertragen, deren Attributtabelle außerdem mit den Feldern *Shot_Risk_Value*, *Chance_of_Success_Value* und *Chance_of_Success* erweitert wird.

Diese werden anschließend auf Basis der erhobenen Daten sowie in Abhängigkeit der Eingabeparameter gemäß Formel 12 und 13 aktualisiert.

Abschließend werden die ermittelten Werte mittels attributiver Verknüpfung über die *Shot_ID* von *points* auf *shots_l* übertragen. Nach Ausführung des *Analyse Shots* Tools liegen ausschließlich diese beiden FC für weitere Anwendungen vor. Alle weiteren wurden hingegen aufgrund ihrer temporären Relevanz gelöscht. Die gesammelten Informationen werden zusätzlich in komprimierter Form direkt im *Results Window* ausgegeben sowie als Textdatei im Ausgabeverzeichnis *Shots* abgelegt. Das graphisch aufbereitete Ergebnis des *Analyse Shots* Tools ist exemplarisch in Abb. 83 dargestellt.

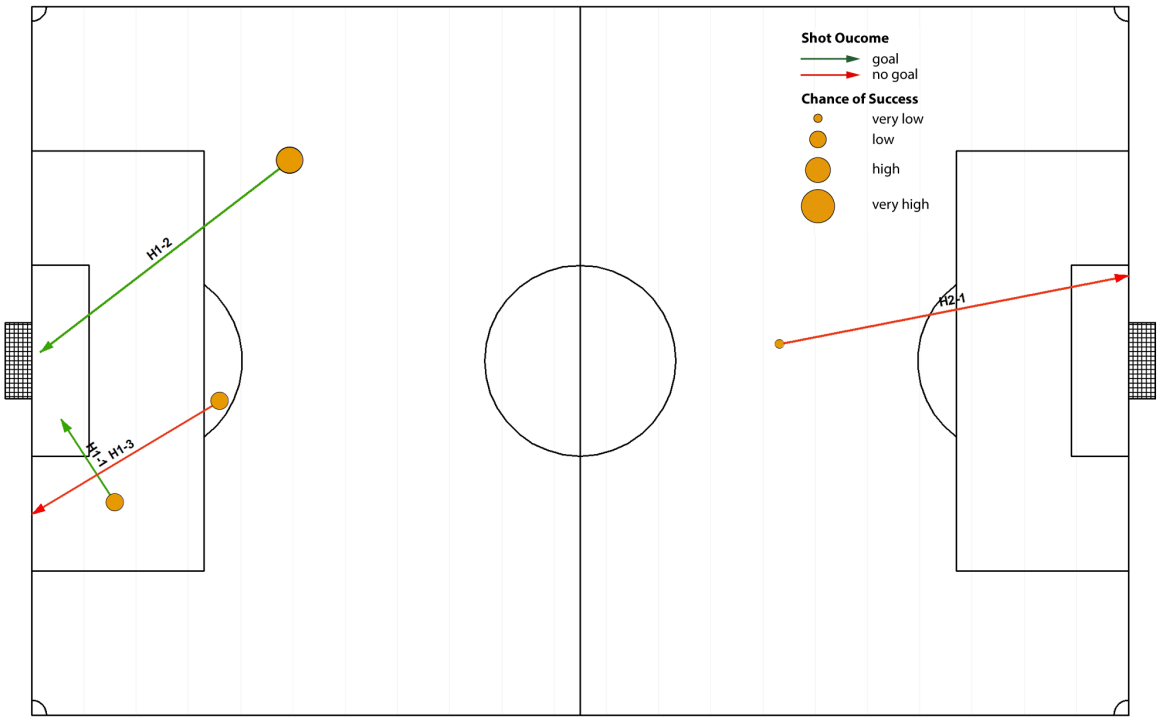


Abb. 83: Untersuchung aller Torabschlüsse eines Stürmers (Team A, Player_ID 341918) für den Zeitraum beider Halbzeiten (Daten: ProzoneSports)

Der ausgewählte Spieler 341918 kam während des Spiels auf insgesamt vier Torabschlüsse und war dabei zweimal erfolgreich. Dies ist anhand der assoziativen Farbgebung der Schusslinien, nachdem Grün mit Erfolg, Rot hingegen mit Misserfolg gleichgesetzt wird, leicht ablesbar. Zur eindeutigen Unterscheidung der einzelnen Schüsse sowie zur Abbildung deren Chronologie sind die Line Features mit dem Label *Half_ID-Shot_ID* versehen.

Auffallend ist, dass die Schusslinien der vergebenen Chancen *H1-3* und *H2-1* an der Torauslinie enden, während jene, die zu Toren führten, noch im Spielfeld enden. Die Erklärung dafür ist, dass die Torschüsse *H1-1* und *H1-2* an den Endpunkten ihrer angezeigten Schusslinien abgefälscht wurden. Zufälligerweise resultierte dies in beiden Fällen in einem Torerfolg. Zwar werden derartige Situationen vom Tool erkannt, jedoch graphisch nicht vollständig berücksichtigt. Dahingehend ist in Hinblick auf etwaige Adaptionen des Tools eine graphische Nachführung abgefälschter Schusslinien unter Berücksichtigung des veränderten Winkels zur Torlinie, diskutabel.

Gemäß Formel 11 betrug die Torschussquote des Spielers in diesem Spiel 50 %. Zusätzliche Informationen dazu liefert die reelle Erfolgsaussicht, die mit einer willkürlich gestuften Kreissignatur an den Schusspositionen dargestellt ist. Dadurch wird ein vollständigeres individuelles Leistungsbild bereitgestellt. Detaillierte Informationen darüber bietet die automatisch generierte schriftliche Zusammenfassung, dargestellt in Abb. 84.

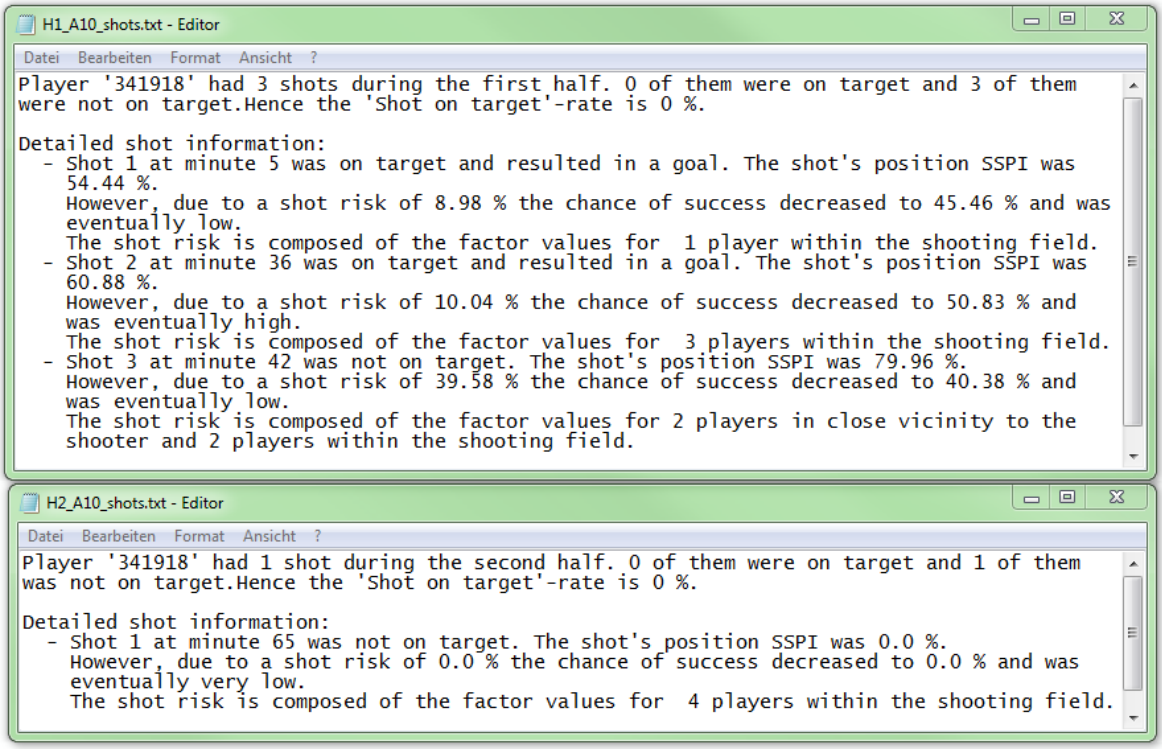


Abb. 84: Untersuchung aller Torabschlüsse eines Stürmers (Team A, Player_ID 341918) für den Zeitraum beider Halbzeiten (Daten: ProzoneSports)

Die Problematik abgefälschter Torschüsse tritt je nach Betrachtungsweise auch im Analysebericht in Erscheinung. Allerdings handelt es sich hierbei um eine Grundsatzfrage, wie ein derartiger Schuss zu bewerten ist. Im Falle, dass diese als *Shot_on_target* angesehen werden, kommt es zu einer fehlerhaften Auswertung (vgl. Abb. 84).

Mit Ausnahme des Schusses *H1-2*, der als direkter Freistoß ausgeführt wurde, kamen alle weiteren während des laufenden Spiels zustande. Diese essentielle Information entstammt der Kenntnis über den Datensatz bzw. den Spielverlauf. Bezüglich etwaiger Adaptionen des Tools ist jedoch die zusätzliche parametrische Erfassung von Standardsituationen empfehlenswert. Abgesehen davon ist es überraschend, dass *H1-2* im Vergleich zu den anderen Torschüssen die höchste reelle Erfolgswahrscheinlichkeit aufweist. Da bei Freistößen in aussichtsreichen Positionen i.d.R. Mauern gebildet werden, könnte angenommen werden, dass deswegen das Schussrisiko aufgrund eines gut abgedeckten Schussfeldes vergleichsweise groß und dementsprechend die reelle Erfolgsaussicht klein ist. Die Freistoßsituation *H1-2*, dargestellt in Abb. 85, widerspricht hingegen dieser Vermutung. Aufgrund des vorgeschriebenen Mindestabstandes von neun Metern zum Freistoßschützen, sinkt das Schussrisiko gemäß den Voreinstellungen auf 50 %. Außerdem befinden sich lediglich drei

Spieler, inkl. des gegnerischen Torwarts innerhalb des definierten Schussfeldes. Dies entspricht standardmäßig einem Faktor von 0,33, der zusätzlich mit dem Koeffizienten 0,5 gewichtet wird. Folglich beläuft sich das Schussrisiko in Bezug auf den zugrundliegenden *SSPI* von 60,88 % auf 10,04 % (siehe Abb. 84). Unter diesen Gesichtspunkten sind die gewählten Eingabeparameter zur Definition des Schussrisikos diskutabel. Daher sind im Rahmen zukünftiger Adaptionen ebenso kontextbezogene Klassifizierungen sowie separate Auswertungen von Standardsituationen zu befürworten.

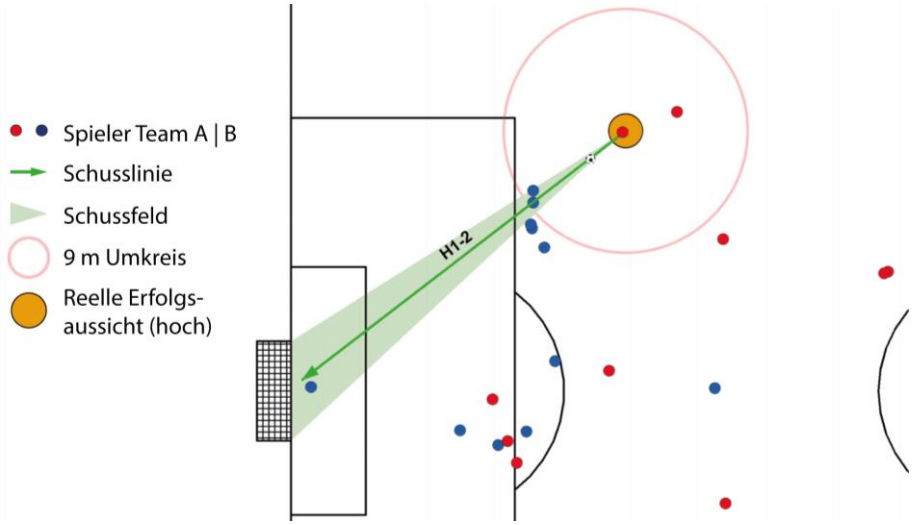


Abb. 85: Detaillierte Betrachtung der Freistoßszene H1-2 bezogen auf Abb. 83 (Daten: ProzoneSports)

Mit Verweis auf Abb. 83 ist hinsichtlich der Schussqualität von *H1-1* hervorzuheben, dass trotz der geringen reellen Erfolgsaussicht ein Tor erzielt wurde. Der SSPI betrug in diesem Fall 54,44 % (siehe Abb. 84) und ist im Wesentlichen auf den relativ spitzen Winkel zum Tor zurückzuführen. Zum Zeitpunkt der Schussabgabe war der Stürmer jedoch unbedrängt und musste nur noch den Torhüter bezwingen, weswegen das Schussrisiko mit 8,98 % relativ gering war. Dessen ungeachtet kann hierbei von einer guten Spielerleistung gesprochen werden.

H1-3 wies hingegen mit einem *SSPI* von 79,96 % eine weitaus höhere theoretische Erfolgschance auf. Während dabei das Schussfeld mit zwei Spielern relativ frei war, wurde der Spieler gleich von zwei Gegnern bedrängt. Dadurch wurde die reelle Erfolgsaussicht beinahe halbiert. Dies könnte möglicherweise ausschlaggebend für das deutliche Verfehlen des Tores gewesen sein. Diesbezüglich wurde mit dem *ArcGIS Measure Tool* eine Abweichung zwischen der Austrittsstelle des Balls und der nächsten Torstange von 11,97 m gemessen.

Der einzige Schuss des ausgewählten Spielers im zweiten Durchgang ging mit rund 4,5 m Abstand ebenfalls deutlich am Tor vorbei (siehe Abb. 83). Da sich die Schussposition mit rund 33,5 m knapp außerhalb der festgelegten *SSPI*-Zonen befand, war die berechnete reelle Erfolgsaussicht gleich null. Obwohl der Spieler zum Zeitpunkt der Schussabgabe nicht bedrängt wurde, konnte er dennoch nicht den Ball aufs Tor schießen. Dahingehend wird die maximale räumliche Ausdehnung der *SSPI*-Zonen als verhältnismäßig angesehen. Ungeachtet dessen sind darüber Expertenmeinungen einzuholen.

Die Ausführungen dieses Abschnitts zeigen, dass mit dem *Analyse Shots* Tool das Risiko und die reelle Erfolgsaussicht von Torschüssen quantifiziert werden kann. Dadurch kann indirekt auf die Schussqualität des Schützens geschlossen werden. Allerdings legen die Ergebnisse Konfigurationen der Parameterzusammensetzung nahe. Diesbezüglich ist es notwendig professionelle Spieleanalysten zu konsultieren, um erforderliche Adaptionen vorzunehmen. Neben den oben angeführten Empfehlungen könnte bspw. außerdem u.U. die Laufgeschwindigkeit der Schützen von Bedeutung sein. Da diese und andere Informationen vorhanden sind, ist deren Zweckmäßigkeit zu hinterfragen. Gelegenheit dazu bietet die zweite Expertenbefragung (siehe Abschnitt 12.2.2).

9.5 Differenzierung der Laufleistung nach raumzeitlichen Gesichtspunkten

Der Begriff *Laufleistung* wird im Rahmen der Spielanalyse oftmals inflationär verwendet und es scheint darüber keine allgemein gültige Definition zu geben. Daher drängt sich die Frage auf, was die *Laufleistung* eigentlich ist bzw. was darunter im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit verstanden wird. Zu Beginn der Forschungstätigkeit war es geplant individuelle Laufwege auf Basis spielerspezifischer Trajektorien zu evaluieren. Dabei sollte ermittelt werden, ob Spieler womöglich aufgrund schlechten Stellungsspiels oder mangelnden Spielverständnis, unnötigerweise längere Distanzen im Spiel zurücklegen. Dieses Unterfangen erschien zunächst realistisch, da sowohl sämtliche Spieler, als auch der Ball raumzeitlich erfasst werden (siehe Kapitel 6).

Im Laufe der Zeit kamen jedoch erste Bedenken über die Machbarkeit dieses Vorhabens auf, da anfangs die konkrete Bewertungsgrundlage außer Acht gelassen wurde. Soll bspw. untersucht werden, ob sich Spieler während Offensivaktionen ihrer Mannschaft in den freien Raum bewegten, um als Anspielstation zu fungieren oder um Gegenspieler vom Zentrum des Geschehens abzuziehen, so stehen zumindest zwei essenzielle Fragen zur Debatte: Was und wo ist eigentlich der *freie Raum*? Zur Beantwortung dieser und anderer Fragen sind allerdings das zugrundeliegenden Spielsystems sowie die taktischen Vorgaben zu berücksichtigen. Diese Aspekte sind jedoch maßgeblich beeinflusst von den Überlegungen des Trainerstabs in Abhängigkeit der individuellen physischen und technischen Leistungsfähigkeit im Training.

Da derartige Informationen über die zur Verfügung gestellten anonymisierten Spieldatensätze weder vorliegen, noch abgeleitet werden können, fehlt es in Hinblick auf eine Evaluation von Laufwegen an erforderlichen Beurteilungskriterien. Daher war es notwendig eine neue Perspektive einzunehmen, wonach die *Laufleistung* in Bezug auf Distanzen und Geschwindigkeiten eingehend deskriptiv ausgewertet werden soll. Des Weiteren soll eine kontextbezogene Differenzierung nach Ballbesitzverhältnissen vorgenommen werden. Obwohl thematisch vergleichbar, ist der gewählte Analyseansatz nicht der *Notational Analysis*

gleichzusetzen. Werden hierzu C. CARLING et al. ([CARd-05]) als Referenz herangezogen, gilt es unter dem Banner der *Notational Analysis* Bewegungen mit dem Ziel zu untersuchen, bestimmte Muster zu finden sowie Spielstrategien und -taktiken zu erforschen (vgl. Abschnitt 3.7).

Die geplante rein deskriptive Untersuchung der Laufleistung ist unter diesen Gesichtspunkten jedoch eher dem Bereich vereinsinterner Fitnessabteilungen zuzuordnen. Dessen ungeachtet sind raumzeitliche Aspekte zu berücksichtigen. In diesem Sinne sind nicht nur individuelle Laufwege mit Spielfeldzonen räumlich zu verschneiden, sondern auch Netto- und Brutto-Spielzeit zu differenzieren, deren Verhältnis rund 2:3 beträgt (siehe Abschnitt 8.1, vgl. [WEIb-13] u. [BIAb-14]). Hierfür wurde das *Analyse Running Performance* Tool entwickelt, dessen Funktionalität und Ergebnisse im Folgenden beschrieben bzw. präsentiert werden.

Die TDB umfasst neben den in Abschnitt 9.2 angeführten obligatorischen Parametern drei weitere Eingabeparameter zur wahlweisen temporalen Segmentierung der Auswertung (siehe Abb. 86). Realisiert ist dies mittels Boolescher Abfragen, wobei zwischen Perioden von jeweils fünf Minuten, 15 Minuten oder ganzen Halbzeiten ausgewählt werden kann.

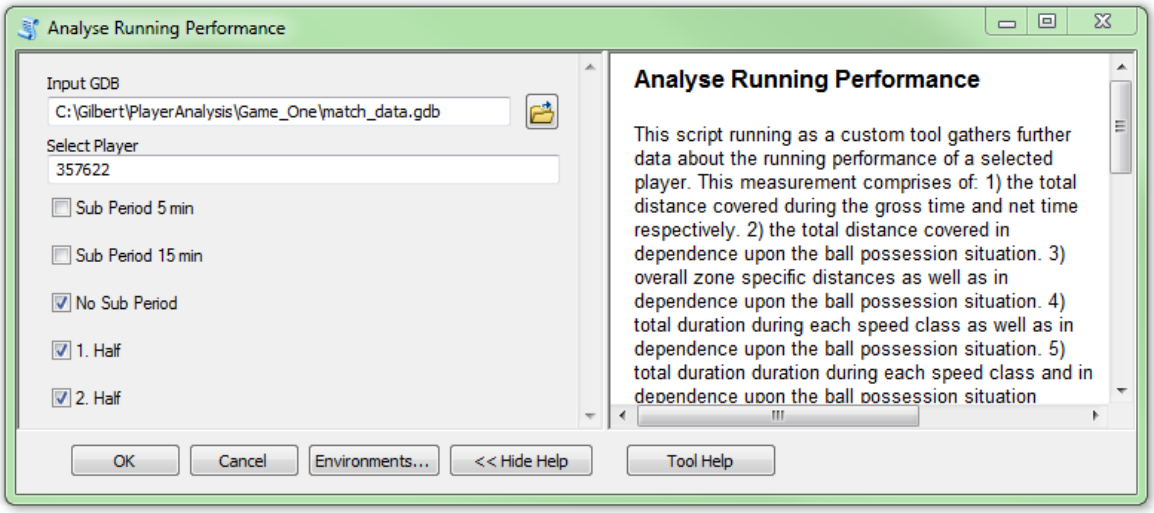


Abb. 86: Tool Dialog Box des Analyse Running Performance Tools

Die benötigte Zeit zur Ausführung des Tools variiert in Abhängigkeit der ausgewählten Analyseperioden zwischen 55,36 Sekunden und sechs Minuten und 34 Sekunden für Halbzeiten bzw. Abschnitte von je fünf Minuten. Die Untersuchung von Zeitspannen von je 15 Minuten nimmt hingegen durchschnittlich 167 Sekunden in Anspruch. Die Durchführungsdauer hängt unmittelbar mit der Anzahl an notwendigen Iterationen zusammen. Hingegen wurden diesbezüglich entgegen den Erwartungen keine nennenswerten positionsspezifischen Abweichungen festgestellt. Die Annahme dahinter war, dass bspw. Torhüter tendenziell weniger laufen ([CARd-05]), folglich weniger Liniensegmente auszuwerten sind und daher die Ausführung des Tools weniger Zeit bedarf.

Die Grundlage des iterativen Analyseprozesses bilden die spieler- und halbzeitspezifischen linienhaften FC (siehe Abschnitt 9.2), die bereits alle erforderlichen Informationen

für die Auswertung besitzen. Daher kommt es sogleich zur räumlichen Verschneidung mit der vorbestimmten Zonierungsvariante IV (siehe Abb. 48), die der vertikalen Dreiteilung des Spielfeldes entspricht und in der ersten Entwicklungsphase des Tools exemplarisch ausgewählt wurde. In Hinblick auf zukünftige Adaptionen ist jedoch die Implementierung frei wählbarer Zonen sowie variabler Analysezeitspannen überlegenswert.

Das Ergebnis der Verschneidung [Anm.: = *player_int*] wird automatisch in das korrekte Output FDS abgelegt und steht fortan zur Informationsextraktion zur Verfügung. Zuvor wird allerdings jeweils eine zusammenfassende Liste der drei Spielfeldzonen, der sechs Geschwindigkeitsklassen (siehe Abschnitt 8.2) sowie der Ballbesitzverhältnisse (siehe Abschnitt 8.4) erstellt [Anm.: = *zone_list*, *speed_list* u. *bp_list*]. Gleichzeitig werden leere *Dictionaries* erzeugt, die als Container für die entnommenen Informationen dienen. Des Weiteren werden zwei Listen erzeugt. Während *datalist* mit insgesamt 86 Attributsnamen befüllt wird, werden *periodlist SQL Queries* der ausgewählten Analyseperioden angehängt. Werden bspw. die Halbzeiten ohne weiterer temporaler Segmentierung analysiert, so besteht die halbzeitgebundene *periodlist* lediglich aus einem Eintrag, der als Text entweder *'GameMin > 0'* oder *'GameMin > 45'* entspricht.

Darauf aufbauend folgen mehrere ineinander verschachtelte iterative Prozesse. Die dabei ausgelesenen Variablen der einzelnen Listen werden zu einem *String* aneinander gekettet. Diese fungieren für die Dauer eines kompletten Durchlaufs als *Where Clause* zur Eingrenzung der Features innerhalb von *player_int*. Hierzu zeigt Abb. 87 zur Veranschaulichung den schematischen Aufbau der einzelnen Iterationen. In jenen Zeilen in denen ein *SearchCursor* verzeichnet ist, werden die erforderlichen Daten aus *player_int* ausgelesen und in die *Dictionaries* geschrieben. Die *Dictionary Keys*, die an späterer Stelle den Zugriff zur Information ermöglichen, setzen sich aus Kürzeln der aktuell gültigen Listenvariablen zu einem String zusammen.

```
for period in periodlist:
    ...
    for bp in bp_list
        ... arcpy.da.SearchCursor
    for speed_class in speed_list
            ...
        for bp in bp_list
            ... arcpy.da.SearchCursor
    for zone in zone_list
            ...
        for bp in bp_list
            ... arcpy.da.SearchCursor
    for zone in zone_list
        ...
        for speed_class in speed_list
            ...
            for bp in bp_list
                ... arcpy.da.SearchCursor
```

Abb. 87: Aufbau und Reihenfolge der ineinander verschachtelten iterativen Prozesse des Analyse Running Performance Tools

Am Ende jeder Periodenschleife werden die gesammelten Informationen aus den einzelnen *Dictionaries* unter Angabe der *Keys* an *datalist* angehängt. Nach Durchlauf der letzten *period*, wird ein temporäres *csv-File* von *datalist* abgeleitet und in ein *dBase-File* konvertiert. Diese Tabelle stellt gemeinsam mit *player_int* die unmittelbaren Ergebnisse des *Analyse Running Performance* Tools dar, dessen Inhalte im Folgenden auszugsweise präsentiert werden.

Abb. 88 stellt exemplarisch die nach Ballbesitzverhältnissen farblich differenzierte Trajektorie des ausgewählten Spielers 341179 für den Zeitraum der ersten Halbzeit dar. Alternativ dazu kann ebenso eine farbliche Unterscheidung nach Geschwindigkeitsklassen, Brutto- und Netto-Spielzeit, Spielfeldzonen, etc. vorgenommen und gezielt für weiterführende Analysen herangezogen werden. Die FC *player_int* entspricht weitestgehend dem Resultat des *Path Preparation* Tools (siehe Abschnitt 8.8), dessen einzelne Liniensegmente jedoch mit der Eigenschaft der Zonenzugehörigkeit angereichert wurden. Da der Anwendungsbereich dieses Tools innerhalb der Fitnessabteilungen gesehen wird, besitzt die alleinige und ungefilterte graphische Aufbereitung der Trajektorien kaum Relevanz.

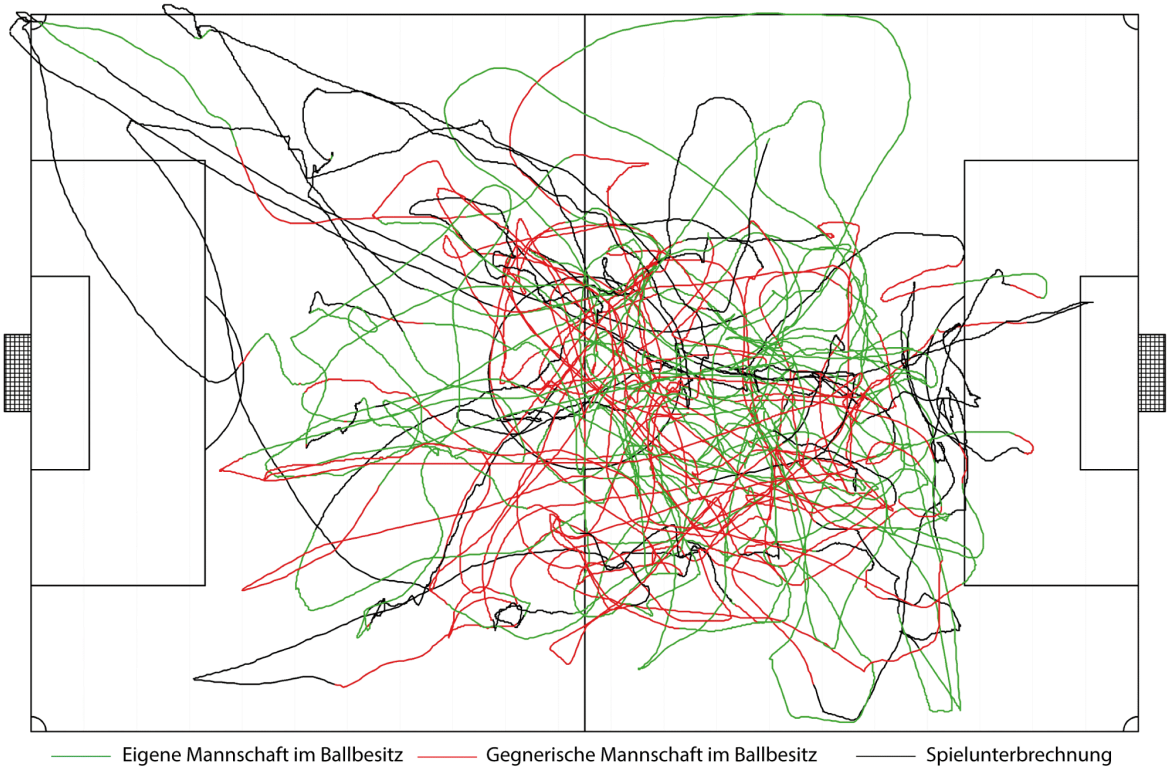


Abb. 88: Nach Ballbesitzverhältnissen differenzierter Laufweg des Spielers 341179, Team A für den Zeitraum der ersten Halbzeit, aufbereitet mit dem Analyse Running Performance Tool (Daten: ProzoneSports)

Aussagekräftiger ist hingegen die dahinterstehende Statistik der Daten, die insgesamt 86 Attribute bezogen auf die individuellen Trajektorien der Spieler umfasst. Die Informationen setzen sich abwechselnd separat oder kombiniert auf Basis der Distanz, den Geschwindigkeitsklassen sowie den Spielfeldzonen und -perioden zusammen. Abb. 87 kann diesbezüglich als Überblick über die einzelnen inhaltlichen Verbindungen herangezogen werden. Ferner bietet Tab. 10 hierzu einen Auszug aus den extrahierten Informationen.

Spieler: 341179

Distanzanalyse [m]

Periode	Brutto-Zeit	Netto-Zeit	während Angriff	während Verteidigung
0'-45'	5820,69	4437,75	2375,28	2062,48
0'-5'	561,32	370,80	131,24	239,56
5'-10'	721,60	495,33	273,29	222,03
10'-15'	723,77	618,96	330,27	288,70
15'-20'	628,38	540,03	290,03	250,00
20'-25'	620,50	401,41	197,86	203,55
25'-30'	559,80	471,69	262,16	209,52
30'-35'	577,90	391,40	270,92	120,48
35'-40'	575,00	421,98	252,21	169,77
40'-45'	852,43	726,15	367,29	358,86
0'-15'	2006,69	1485,09	734,80	750,29
15'-30'	1808,68	1413,13	750,05	663,08
30'-45'	2005,32	1539,53	890,42	649,11

Periode	Zone A	Mittelfeld	Zone B	Zone A	Mittelfeld	Zone B	Zone A	Mittelfeld	Zone B
0'-45'	1279,43	2824,10	327,41	797,92	1363,88	206,67	481,52	1460,22	120,74
0'-5'	179,40	184,40	7,00	100,19	31,05	0,00	79,20	153,35	7,00
5'-10'	170,55	317,97	0,00	138,30	128,18	0,00	32,25	189,79	0,00
10'-15'	271,47	347,49	0,00	195,51	134,76	0,00	75,96	212,73	0,00
15'-20'	181,30	337,50	21,23	103,96	175,13	10,93	77,34	162,37	10,29
20'-25'	42,96	313,20	45,26	23,23	149,11	25,51	19,73	164,08	19,74
25'-30'	140,79	330,90	0,00	73,77	188,40	0,00	67,02	142,51	0,00
30'-35'	16,13	305,08	70,18	3,70	201,10	66,11	12,43	103,98	4,07
35'-40'	99,04	284,17	38,77	69,99	148,85	33,37	29,04	135,33	5,40
40'-45'	177,80	403,38	144,97	89,25	207,30	70,74	88,55	196,08	74,23
0'-15'	621,41	849,86	7,00	434,00	293,99	0,00	187,41	555,87	7,00
15'-30'	365,05	981,60	66,49	200,97	512,64	36,45	164,08	468,96	30,04
30'-45'	292,97	992,63	253,92	162,95	557,25	170,22	130,02	435,39	83,70

Zeitanalyse [min|s]

Periode	Joggen	Laufen	s. Laufen	Sprinten	Joggen	Laufen	s. Laufen	Sprinten	Joggen	Laufen	s. Laufen	Sprinten
0'-45'	23 46,3	4 37,7	0 40,3	0 10,5	13 46,3	2 4,7	0 25,1	0 6,8	10 0,0	2 33,0	0 15,2	0 3,7
0'-5'	1 34,4	0 31,0	0 3,0	0 0,4	0 36,9	0 11,7	0 0,3	0 0,0	0 57,5	0 19,3	0 2,7	0 0,4
5'-10'	2 26,1	0 22,5	0 6,5	0 4,1	1 21,3	0 12,4	0 3,1	0 1,8	1 4,8	0 10,1	0 3,4	0 2,3
10'-15'	2 57,2	0 47,4	0 3,6	0 0,2	1 40,7	0 21,3	0 2,9	0 0,2	1 16,5	0 26,1	0 0,7	0 0,0
15'-20'	3 20,7	0 27,7	0 4,3	0 0,3	1 57,0	0 10,4	0 2,1	0 0,0	1 23,7	0 17,3	0 2,2	0 0,3
20'-25'	2 2,3	0 24,8	0 6,3	0 1,2	0 47,5	0 14,4	0 5,2	0 1,0	1 14,8	0 10,4	0 1,1	0 0,2
25'-30'	3 3,5	0 27,2	0 1,4	0 0,2	2 20,4	0 5,8	0 0,0	0 0,0	0 43,1	0 21,4	0 1,4	0 0,2
30'-35'	2 45,1	0 14,3	0 3,2	0 0,4	1 54,2	0 10,0	0 2,0	0 0,4	0 50,9	0 4,3	0 1,2	0 0,0
35'-40'	2 10,2	0 28,2	0 1,3	0 0,0	1 14,5	0 18,2	0 1,2	0 0,0	0 55,7	0 10,0	0 0,1	0 0,0
40'-45'	3 26,8	0 54,6	0 10,7	0 3,7	1 53,8	0 20,5	0 8,3	0 3,4	1 33,0	0 34,1	0 2,4	0 0,3
0'-15'	6 57,7	1 40,9	0 13,1	0 4,7	3 38,9	0 45,4	0 6,3	0 2,0	3 18,8	0 55,5	0 6,8	0 2,7
15'-30'	8 26,5	1 19,7	0 12,0	0 1,7	5 4,9	0 30,6	0 7,3	0 1,0	3 21,6	0 49,1	0 4,7	0 0,7
30'-45'	8 22,1	1 37,1	0 15,2	0 4,1	5 2,5	0 48,7	0 11,5	0 3,8	3 19,6	0 48,4	0 3,7	0 0,3

Tab. 10: Exemplarischer Auszug aus den Trajektorien extrahierten Daten über die Laufleistung eines Spielers [Player ID 341179] für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Die Fokussierung auf die Netto-Spielzeit ist in Tab. 10 klar erkennbar. Beispielhaft sind bestimmte Kenngrößen eines ausgewählten Mittelfeldspielers für den Zeitraum der ersten

Halbzeit dargestellt. Im oberen Tabellendrittel sind u.a. die zurückgelegten Distanzen während Brutto- und Netto-Spielzeit gegenübergestellt. Die Differenz beträgt exakt 1.382,25 m und entspricht in etwa 24 % der Gesamtdistanz. Zusätzlich sind die Distanzwerte nach unterschiedlichen Spielperioden aufgelistet, wodurch eine differenzierte Betrachtung des aufgezeichneten Laufpensums ermöglicht wird. Des Weiteren sind die Ergebnisse der Distanzanalyse für die Netto-Spielzeit nach Ballbesitzverhältnissen getrennt aufgeschlüsselt. In diesem Kontext bedeutet *Während Angriff*, dass die Mannschaft des ausgewählten Spielers in Ballbesitz ist. Umgekehrt bezieht sich *während Verteidigung* auf Situationen, in denen der Gegner am Ball war. Dahingehend lief Spieler 341179 während den Angriffen seiner Mannschaft rund 300 m mehr, als vergleichsweise bei gegnerischem Ballbesitz.

In der Tabellenmitte sind die Distanzwerte zusätzlich in Abhängigkeit der Spielfelddrittel unterteilt. Aus der Sicht des ausgewählten Spielers entsprechen *Zone A* und *Zone B* seiner Verteidigungs- bzw. Angriffszone. [Anm.: In Bezug auf Kontrollrechnungen zu den im oberen Tabellendrittel angegebenen Werten, ist zu berücksichtigen, dass aufgrund von Rundungsfehlern während der Datenerhebung, Abweichungen im einstelligen Meterbereich auftreten können. Die Höhe des Fehlers ist darauf zurückzuführen, dass die Längen mehrerer tausend einzelner Liniensegmente aufsummiert werden.]

Darüber hinaus liefert das untere Tabellendrittel Auskunft über die Fortbewegungsdauer in den vier höchsten Geschwindigkeitsklassen *Joggen*, *Laufen*, *schnell Laufen* und *Sprinten*. Da für die Informationsextraktion linienhafte Trajektorien herangezogen wurden, können keine Angaben zur Standzeit gemacht werden, da während Phasen des Stillstands die Ableitung von Liniensegmenten nicht möglich ist (siehe Abschnitt 8.3 u. 8.8). Die Standzeit kann jedoch bei Bedarf durch Subtraktion der aufsummierten Zeitspannen in Bewegung von der jeweiligen Periodendauer berechnet werden. Hierzu ist allerdings auch die Geschwindigkeitsklasse *Gehen* zu berücksichtigen, deren Werte in Tab. 10 aus Platzgründen ausgespart wurden.

Abschließend werden ausgewählte Parameter der Laufleistung positionsspezifisch gegenübergestellt. [Anm.: Die Abkürzungen der taktischen Positionen in Abb. 89, Abb. 90 und Abb. 91 beziehen sich auf die originalen Zuweisungen, siehe Tab. 6 u. vgl. Abb. 72.]. Beginnend mit Abb. 89d werden die zurückgelegten spielerspezifischen Distanzen der Heimmannschaft für den Zeitraum der ersten Halbzeit miteinander verglichen. [Anm.: Vergleichswerte dazu können bei C. CARLING et al. ([ebd.]) nachgeschlagen werden.] Auffallend ist, dass die Distanzen bei Spielunterbrechungen bei allen Feldspielern nahezu ident sind. Des Weiteren sind im teaminternen Vergleich die Distanzabweichungen zwischen Offensiv- und Defensivaktionen im Falle beider Stürmer und des linken Flügelspielers relativ groß. Dies ist ein Indiz dafür, dass diese drei Spieler vorwiegend offensiv agierten und sich bei gegnerischem Ballbesitz nicht weit zurückzogen, um womöglich für schnelle Gegenangriffe als Anspielstationen bereitzustehen.

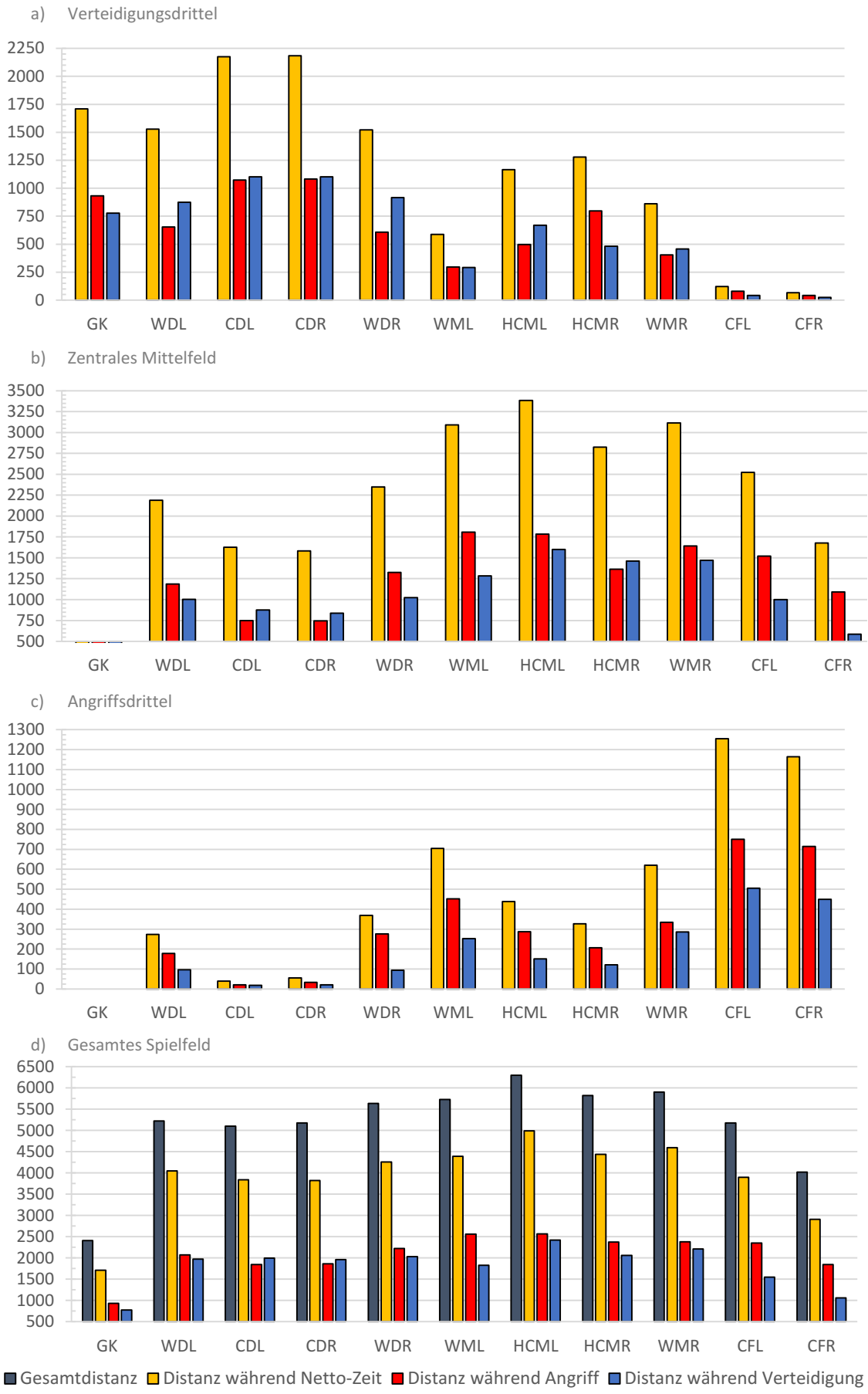


Abb. 89: Positionsspezifische Gegenüberstellung des Laufpensums [m] der Spieler von Team A bezogen auf Spielfeldzonen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Abb. 89a stellt das Laufpensum innerhalb des eigenen Spielfelddrittels dar. Im Vergleich der vier Mittelfeldakteure sticht erneut der linke Flügelspieler hervor, dessen vergleichsweise geringen Werte auf ein ausgeprägtes Offensivspiel schließen lassen. Möglicherweise ist dies auch ein Anzeichen dafür, dass die Mannschaft vorzugsweise über die linke Außenbahn attackierte. Ferner weisen die beiden Innenverteidiger die längsten Laufwege innerhalb des Verteidigungsdrittels auf. In Anbetracht der Werte kann außerdem kann angenommen werden, dass sich die beiden Außenverteidiger ebenfalls stark ins Offensivspiel ihres Teams einschalteten. Diese Vermutung wird teilweise durch Abb. 89b bekräftigt, in der die zurückgelegten Distanzen im zentralen Spielfelddrittel dargestellt sind. Demgegenüber beinhaltet Abb. 89c die aufgezeichneten Distanzwerte im Angriffsdrittel. Hierbei weisen die beiden Stürmer naturgemäß die höchsten Werte auf. Darüber hinaus deuten die Werte der vier Säulendiagramme in Abb. 89 darauf hin, dass beide Außenverteidiger wohl aufgrund der offensiv ausgerichteten Flügelspieler in Angriffssituationen aufrückten, um als Anspielsituationen zu dienen und gleichzeitig den offenen Bereich abzudecken.

Im nächsten Beispiel sind analog zu Tab. 10 die Zeitspannen in den vier höchsten Geschwindigkeitsklassen positionsspezifisch sowie differenziert nach Ballbesitzverhältnissen gegenübergestellt. Abb. 90a stellt hierzu die Kategorie *Joggen* dar. [Anm.: Zu beachten ist, dass zur besseren Veranschaulichung positionsspezifischer Differenzen, die Zeitskala erst bei 480 Sekunden bzw. acht Minuten beginnt.] Auffallend ist der deutliche Unterschied bezogen auf den Ballbesitz. Dies könnte u.U. ein Indiz dafür sein, dass die Heimmannschaft sowohl auf ballsicheres Aufbauspiel, als auch auf schnelles Gegenpressing setzte. Betreffend der Kategorie *Laufen* zeigt sich in Abb. 90b hingegen ein divergentes Bild, da bezogen auf die Feldspieler mit Ausnahme beider Stürmer, längere Distanzen während gegnerischen Ballbesitzes zurückgelegt wurden. Dies stützt die zuvor aufgestellten Thesen bezüglich des Aufbau- und Pressingspiels der Heimmannschaft. Ferner fällt in Abb. 90c erneut der linke Flügelspieler auf, da er in der Geschwindigkeitsklasse *Schnell Laufen* im Angriff vergleichbare Werte wie der linke Stürmer aufweist. Ein ähnliches Bild zeigt außerdem Abb. 90d, in der die absolute Dauer der Fortbewegung in der Kategorie *Sprinten* zu sehen ist. Darüber hinaus ist hinsichtlich *Schnell Laufen* und *Sprinten* die umgekehrt proportionale Werteverteilung zwischen beiden Innenverteidigern und den zwei Stürmern augenscheinlich.

Ergänzend stellt Abb. 91 die relativen Anteile der vier höchsten Geschwindigkeitsklassen zueinander sowie in Abhängigkeit der Spielerposition dar. Ohne darauf im Folgenden im Detail einzugehen, können diese Informationen für die Auswertung der Laufleistung supplementär herangezogen werden. An dieser Stelle ist angesichts der in Abb. 89, Abb. 90 und Abb. 91 auslesbaren Werte zu bedenken, dass zwar auf Basis dessen Mutmaßungen über die Spielweise, Taktik, etc. geäußert werden können, diese jedoch auf ungesicherten Anhaltspunkten beruhen. Daher sind diesbezüglich im Zuge weiterführender Analysen Überprüfungen erforderlich.



Abb. 90: Positionsspezifische Gegenüberstellung der Dauer [s] der Spieler von Team A bezogen auf Geschwindigkeitsklassen und der Netto-Spielzeit für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

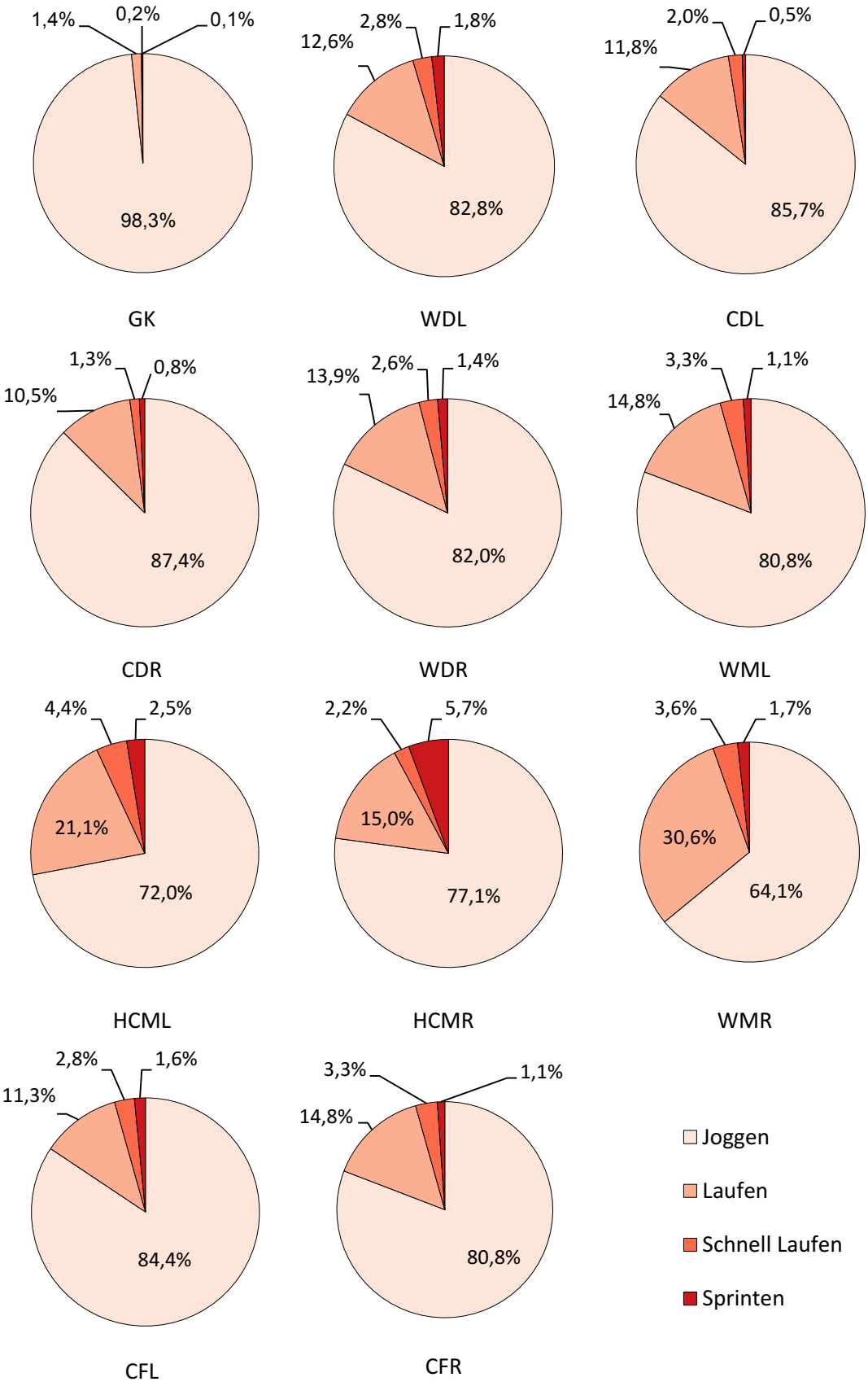


Abb. 91: Positionsspezifische Gegenüberstellung der Laufleistung der Spieler von Team A, dargestellt an den relativen Anteilen der vier höchsten Geschwindigkeitsklassen in Bezug auf die zurückgelegten Distanzen innerhalb dieser Klassen während der Netto-Spielzeit der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Die präsentierten Inhalte lassen Fragen über das Spielgeschehen offen. Dies ist nicht nur der Komplexität des Spiels geschuldet, sondern auch der fehlenden Expertise des Autors. Dessen ungeachtet werden Anhaltspunkte für weiterführende Analysen geboten. Diesbezüglich zeigen die Ausführungen dieses Abschnitts, dass mit dem *Analyse Running Performance* Tool die Laufleistung räumlich, zeitlich und inhaltlich differenziert werden kann. Ferner wird durch Kombination unterschiedlicher Aspekte eine Vielzahl verschiedener raumzeitlicher Informationen aus den zur Verfügung stehenden Datensätzen extrahiert.

In Hinblick auf etwaige Adaptionen des Tools wurde bereits auf alternative Zonierungsvarianten und frei wählbare Analyseperioden hingewiesen. Des Weiteren ist eine verfeinerte kontextbezogene Unterteilung der Datensätze diskutabel und mit den Experten zu besprechen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob aus den Trajektorien mehr Informationen generiert werden können bzw. sollen und falls ja, welche? Bspw. ist es denkbar scharfe Richtungswechsel automatisch zu detektieren. Dazu könnte, analog zum Vorschlag zur parametrischen Erfassung der Passrichtung (siehe Abschnitt 9.3), in Quadranten unterteilte kreisförmige Polygon Features verwendet werden. Zur Vermeidung fehlerhafter Zuweisungen sind hierfür allerdings Ketten von Liniensegmenten, z.B. über den Zeitraum von einer Sekunde, heranzuziehen. Damit würde die durch die Aufnahmegenauigkeit bedingte Streuung der Punktdaten kompensiert werden. V. DI SALVO et al. ([DISd-09], [DISc-10]) verweisen in diesem Kontext ebenfalls darauf, dass im Rahmen der Leistungsanalyse vor allem hochintensive Läufe im Fokus stehen. Dies wurde von den befragten Experten bestätigt (siehe Anhang II). In diesem Sinne könnte das *Analyse Running Performance* Tool dahingehend erweitert werden, nicht nur die zurückgelegte Distanz und die Dauer innerhalb bestimmter Geschwindigkeitsklassen zu erheben, sondern auch die Häufigkeit bestimmter Aktionen zu bestimmen. Die Liste potenzieller Adaptionen kann wohl weitergeführt werden. Zuvor ist jedoch notwendig, die Zweckmäßigkeit dieses Tools im Rahmen der Spielanalyse zu hinterfragen. Das Ergebnis dazu ist in Abschnitt 12.2.2 einsehbar.

9.6 Fazit in Bezug auf die zweite Forschungsfrage

Im Rahmen der GIS-gestützten Einzelspieleranalyse wurden mit den *Analyse Passes*, *Analyse Shots* und *Analyse Running Performance* Tools, drei Analysewerkzeuge entwickelt, die gemäß dem inhaltlich-methodischen Aufbau der vorliegenden Dissertation (siehe Abb. 3) das Passspiel, Torschüsse sowie die Laufleistung untersuchen. Dabei wurde der Frage nachgegangen, welche GIS-gestützten Analysemethoden zur Objektivierung der Maßzahlen *Pass-quote*, *Torschussquote* und *Laufleistung* herangezogen werden können. Aus der Formulierung der zweiten Forschungsfrage ist auch die dahinterstehende Hypothese ableitbar, wonach GIS zur Einzelspieleranalyse eingesetzt werden können (siehe Abschnitt 2.3). In dieser Hinsicht sind die Ausführungen dieses Kapitels als Verifizierung dieser These zu betrachten. Objektivierung wurde durch Relativierung der einzelnen Parameter erreicht.

Während hierzu das *Analyse Running Performance* Tool detaillierte raumzeitliche und kontextbezogene Daten extrahiert, analysieren die Tools *Analyse Passes* und *Analyse Shots* räumliche Zusammenhänge des raumzeitlichen Spielgefüges wodurch Vergleichsparameter generiert werden. Des Weiteren wurde dem Anliegen der Experten, flexible Analysetools bereitzustellen (siehe Abschnitt 7.2.2), nachgekommen und dementsprechend frei wählbare Faktoren- und Schwellenwerte implementiert.

Die Höhe der Passquote bzw. die Aussage über die Passgenauigkeit wurde durch Ermittlung des Passrisikos und der Passqualität relativiert (siehe Abschnitt 9.3). Diesbezüglich wurde das einem Pass innewohnende Risiko vom gegnerischen Team erobert zu werden, aus fünf räumlichen Faktoren gebildet. Hierzu wurden hinsichtlich des Passspiels nicht nur dessen Länge und Position am Spielfeld, sondern auch die Anzahl gegnerischer Spieler sowohl in unmittelbarer Nähe des passgebenden und -annehmenden Spielers, als auch innerhalb des Passkorridors zu einem Parameter vereinigt. In Beziehung gesetzt zur Pass- und Fehlpassquote wurde daraus die Passqualität abgeleitet.

In Bezug auf die Torschussquote wurde analog dem Passrisiko das Schussrisiko der Schussposition parametrisch nach räumlichen Gesichtspunkten bestimmt (siehe Abschnitt 9.4). Dieser Parameter setzt sich aus der Bedrängung des Schützens sowie der Abdeckung des Schussfeldes zusammen. Ferner wurde eine räumliche Schablone entwickelt, deren Zonen, einer Schusspositionen eine zum Tor distanz- und winkelabhängige theoretische Erfolgswahrscheinlichkeit zuschreiben (siehe Abschnitt 6.5.4 u. Abb. 49). In Kombination mit dem Schussrisiko wird daraus die reelle Erfolgsaussicht von Torschüssen ermittelt. Hiermit wurde nicht nur die individuelle Spielerleistung hinsichtlich Torabschlüssen bewertet, sondern auch die Höhe der Torschussquote relativiert.

Betreffend der Laufleistung wurde aufgrund fehlender Informationen über Spielphilosophie und Taktikvorgaben, konträr zu den beiden anderen Fallstudien, ein rein deskriptiver Analyseansatz gewählt (siehe Abschnitt 9.5). Die Objektivierung dieses individuellen Leistungsbereiches wurde somit in erster Linie durch Bereitstellung von umfangreichen Zusatzinformationen erreicht. Den Grundstein dafür bildet eine raumzeitliche Differenzierung der individuellen linienhaften Trajektorien. Dabei sind die Laufwerte klassifiziert nach Spielfeldzonen, Brutto/Netto-Spielzeit, Geschwindigkeit sowie Ballbesitzverhältnissen. Anhand dieser Daten kann ein detailliertes Leistungsbild gezeichnet werden, womit trügerischen Verallgemeinerungen auf Basis einzelner Parameter, wie etwa der Gesamtdistanz, entgegengewirkt wird. Darüber hinaus liefern die Daten zahlreiche Anhaltspunkte für weiterführende Analysen über das Spielerverhalten, um bspw. Rückschlüsse auf taktische Vorgaben zu ziehen.

Bezugnehmend auf die zweite Forschungsfrage ist abschließend festzuhalten, dass die Entwicklung maßgeschneiderter Tools im Bereich der Einzelspieleranalyse unabdingbar ist. Erforderlich ist dies deshalb, da standardmäßig bereitgestellte Analysewerkzeuge, wie etwa

die *System Tools* von *ArcGIS*, nicht in der Lage sind unabhängig voneinander anwendungsspezifische Fragestellungen der Spielanalyse zu beantworten. Die drei in diesem Kontext entwickelten Analysetools setzen sich zwar z.T. aus derartigen systemeigenen Werkzeugen zusammen, führen jedoch auch auf Basis der Eingabeparameter und temporärer Ausgaben eigenständig Operationen durch. Somit sind neben den entwickelten Tools auch alle darin implementierten *ArcGIS System Tools* in Hinblick auf die zweite Forschungsfrage als geeignet anzusehen. Es ist wissenschaftlich nicht verwerflich, auf bestehende Entwicklungen aufzubauen bzw. existierende Tools zu verwenden. Wichtig ist allerdings, wie die zur Verfügung stehenden Methoden und Werkzeuge sinnvoll miteinander verknüpft werden.

Hierzu ist zu bedenken, dass die Entwicklungsphase GIS-gestützter Analysemethoden noch nicht abgeschlossen ist. Daher sind die entwickelten Analysetools weiterhin als Prototypen zu bezeichnen. Diesbezüglich wurden bereits stellenweise in den einzelnen Abschnitten dieses Kapitels potenzielle inhaltsbezogene Adaptionen thematisiert. Daneben sind auch technische Weiterentwicklungen empfehlenswert, die zusammenfassend in Abschnitt 11.1 aufgegriffen werden. Toolübergreifend ist ergänzend anzumerken, dass die schriftlichen Zusammenfassungen der Analyseergebnisse lediglich einen Teilausschnitt der Untersuchungen widerspiegeln. Im Rahmen von Folgestudien wird es daher zu klären sein, welche Informationen für die Auswertung und Verknüpfung der einzelnen Resultate von Bedeutung sind. Dabei ist sicherzustellen, dass nicht nur die Quantität der Informationen steigt, sondern vor allem deren Relevanz in Bezug auf den jeweiligen Analysebereich gegeben ist.

Dahingehend ist eine enge Zusammenarbeit mit professionellen Spieleanalysten wünschenswert. Die erste interdisziplinäre Annäherung zwischen GIS-Spezialisten und professionellen Spieleanalysten wurde bereits in Form der ersten Expertenbefragung (siehe Kapitel 7) unternommen. Durch die Kontaktaufnahme zum potenziellen Endbenutzerkreis GIS-gestützter Methoden der Spielanalyse, konnte anhand der darauffolgenden Interviews die Ausgangslage der vorliegenden Forschungsarbeit geklärt werden. Nachdem auf Basis dessen erste GIS-gestützte Analyseansätze konzipiert wurden, ist es beim nächsten Zusammentreffen in Form der zweiten Befragungsrunde notwendig, Rückmeldungen über die entwickelten Analysetools einzuholen (siehe Abschnitt 12.2.2).

10 GIS-gestützte Mannschaftsanalyse

Aufbauend auf den Inhalten der Einzelspieleranalyse (siehe Kapitel 9) umfasst dieses Kapitel Abhandlungen zur GIS-gestützten Mannschaftsanalyse. Hierbei war die Konkretisierung der in Abschnitt 2.3 angeführten Themenbereiche vergleichsweise schwierig, weswegen zur Auswertung komplexer, kollektiver Phänomene hinsichtlich *Raumverteilung und -nutzung* sowie *Spielstil* verschiedene Aspekte aufgegriffen werden (siehe Abschnitt 10.3 u. 10.4). Daneben werden auf Basis von *Passnetzwerken* teaminterne Interaktionen untersucht (siehe Abschnitt 10.2). In den Fallbeispielen wird eine dem Spieleanalysten fremde Perspektive auf das Spielgeschehen eingenommen, wobei der Fokus auf die raumzeitlichen Komponenten des Spiels gerichtet ist. In Hinblick auf die dritte Forschungsfrage gilt es dabei zu ermitteln, welche GIS-basierten Methoden im Rahmen der Mannschaftsanalyse geeignet sind.

An dieser Stelle ist auf den überwiegend deskriptiven Charakter der nachfolgenden Analysen zu verweisen. Bereits im Zuge der Auswertung der Laufleistung zeichnete sich ab, dass anhand von Abbildungen, Tabellen, Diagrammen, etc. etwa über Spielverhalten und Taktikvorgaben nur gemutmaßt werden kann. Fußball ist polarisierend, da diametrale Meinungen vertreten und Analyseergebnisse unterschiedlich interpretiert werden können. Kausalzusammenhänge können zwar vermutet werden, sind jedoch zu überprüfen. Allerdings fehlt es hierfür dem vorliegenden Forschungsvorhaben an einer entsprechend großen Datenbasis, die zur Validierung etwaiger Thesen etc. erforderlich wäre. In diesem Kontext ist es ebenso empfehlenswert ergänzend Videomaterial zur Verifizierung der erzielten Resultate heranzuziehen, da nicht alle Details des Spiels von Geodaten widergespiegelt werden. Mangels Expertise des Autors im Bereich der Spielanalyse ist von Spekulationen u.dgl. dringend Abstand zu nehmen. Die korrekte Deutung der Zahlen ist ohne entsprechender Erfahrung schwierig. Daher wird der Fokus primär auf jene Fakten gerichtet, die den entwickelten Analysetools entstammen.

Der Aufbau der einzelnen Fallbeispiele orientiert sich an jenen in Kapitel 9 und umfasst demnach neben einer Einführung und Präsentation der Ergebnisse, auch eine Beschreibung der Analyseprozesse. Um im Folgenden redundanten Textpassagen vorzubeugen, sind im nächsten Abschnitt themenübergreifende Informationen zusammengefasst.

10.1 Vorbemerkungen

In diesem Abschnitt sind jene vorbereitenden Maßnahmen thematisiert, die im Vorfeld der iterativen Analyseprozesse durchzuführen sind. Da diese jedoch weitestgehend mit jenen der Einzelspieleranalyse übereinstimmen, wird hierüber mit Verweis auf Abschnitt 9.1 lediglich eine kurze Zusammenfassung geboten. Zu beachten ist, dass die hier dargelegte Reihenfolge der einzelnen Schritte ggf. innerhalb der Codes abweicht. Insgesamt wurden zehn Tools im Umfeld GIS-gestützter Mannschafsanalysen entwickelt. Benennungen einzelner

FC, Listen o.dgl. sowie Angaben zu Ausgabeverzeichnissen und Ausgabeformen sind in den jeweiligen Abschnitten angeführt. Sofern *kursiv* hervorgehoben, handelt es sich dabei um die Originalbezeichnungen innerhalb der Skripte, die auf Anfrage gerne bereitgestellt werden (siehe Abschnitt 1.2).

Sämtliche Analysetools erfordern die Pfadangabe einer Input GDB, die je nach Anwendung auf die *match_data.gdb* oder *centroids.gdb* verweist [Anm.: = Output GDB der Tools *Match Data Preparation* bzw. *Analyse Centroids*, siehe Tab. 11.]. Daneben besteht mittels Boolescher Abfragen die Möglichkeit, den Analyseprozess auf eine der beiden Spieldurchgänge zu beschränken. Konträr der Einzelspieleranalyse ist die Angabe einer *Player_ID* obsolet. Stattdessen sind über Boolesche Abfragen Mannschaften auszuwählen. Standardmäßig ist die Untersuchung beider Teams vorgesehen.

Ferner kann für eine Reihe von Tools, sofern erforderlich, eine temporale Segmentierung der Spielhälften vorgenommen werden. Analog dem *Analyse Running Performance* Tool (sehe Abschnitt 9.5) können mittels Boolescher Abfragen festgelegte Analyseperioden von jeweils fünf Minuten, 15 Minuten oder ganzer Halbzeiten selektiert werden. Unterteilungen dieser Größenordnung sind in Anbetracht der determinierten Halbzeitlänge von 45 Minuten naheliegend. Vergleichbare Ansätze finden sich etwa bei A. BIALKOWSKI et al. ([BIAb-14]) und C. COTTA et al. ([COT-15]) für Abschnitte von fünf Minuten bzw. 15 Minuten. Des Weiteren steht zwar die Auswertung der Netto-Spielzeit im Vordergrund, jedoch kann auch bei Bedarf für den Vergleich von Aktionsräumen sowie für die Generalisierung kollektiver Bewegungen die Brutto-Spielzeit herangezogen werden (siehe Abschnitt 10.3.2 u. 10.3.4). Darüber hinaus kann vereinzelt eine Differenzierung nach Ballbesitzverhältnissen vorgenommen werden. In Abhängigkeit des Funktionalitätsumfangs bestehen die entwickelten Analysetools aus zumindest fünf bis maximal neun obligatorischen Eingabeparametern (siehe Tab. 11).

Analysetools / Eingabeparameter	Analyse Passing Networks	Analyse Ball Possession	Analyse Ball Contacts	Analyse Spheres of Action	Analyse Compactness	Analyse Centroids	Dynamic Zoning	Analyse Offensive Qualities	Analyse Tactical Behaviour	Analyse Score Attempts
Input GDB	m	m	m	m	m	m	M	m	c	m
Home Team	•	•	•	•		•	•	•	•	•
Away Team	•	•	•	•		•	•	•	•	•
5 min Periods			•	•		•		•	•	
15 min Periods			•	•		•		•	•	
Half Time Period			•	•		•		•	•	
1. Half	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2. Half	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ball Possession				•		•			•	
Spezifische Parameter	•		•	•	•	•	•	•	•	•

m … match_data.gdb c … centroids.gdb

Tab. 11: Obligatorische und ubiquitäre Eingabeparameter der mannschaftsspezifischen Analysetools

Auf Basis der Pfadangabe der Input GDB werden nicht nur das *PIdBF* und die Projektionsdatei lokalisiert, sondern auch das Arbeitsverzeichnis definiert. Darin werden die Output GDB sowie ggf. ein Ordner für schriftliche Zusammenfassungen erstellt. Sind Spielfeldzonierungen vorgesehen, werden die dafür erforderlichen FC innerhalb der *analysis.gdb* lokalisiert [Anm.: = optionaler Output des *Match Data Preparation* Tools, siehe Abschnitt 6.5.2.3]. Des Weiteren werden im Bedarfsfall die Spielrichtungen bestimmt sowie Schwellen- und/oder Faktorenwerte konvertiert. Die darauffolgenden iterativen Analyseprozesse beziehen sich auf zuvor erstellte Listen. Darin sind Pfade zu den nötigen FC bzw. FDS abgelegt. Anhand der in den Variablenbezeichnungen enthaltenen Informationen über Teamzugehörigkeit und Halbzeit wird das Ausgabeverzeichnis zugewiesen und die Spielrichtung ermittelt. Ab diesem Zeitpunkt weisen die Codes verschiedene Analysestränge auf, die in den einzelnen Abschnitten aufgegriffen werden. Sofern nicht anders vermerkt, sind in den Skripten alle Durchläufe von Listen, Dictionaries und FC mit *for*-Schleifen realisiert.

Analog zu den Kapiteln 8 und 9 wird im weiteren Verlauf auf Benennungen und Charakterisierungen von integrierten *ArcGIS System* Tools verzichtet, sofern der Begleittext oder bisherige Ausführungen Rückschlüsse auf das Tool und dessen Funktionalität zulassen. Abschließend ist zu beachten, dass alle Zeitangaben zur Durchführung einzelner Tools ausnahmslos in Bezug auf das verwendete Rechnersystem zu interpretieren sind (siehe Abschnitt 6.5.2.3). Außerdem beziehen sich die Werte, sofern nicht anders vermerkt, stets auf die Auswertung beider Mannschaften für den Zeitraum des gesamten Spiels.

10.2 Themenbereich I: Passnetzwerke

Die Untersuchung von Passnetzwerken ist insofern von großem Interesse, als dass dadurch die kollektiven mannschaftsinternen Interaktionen am Spielfeld widergespiegelt werden ([YAM-11]). Hierzu wurden zu Beginn der Forschungstätigkeit Pläne entworfen, die den Einsatz GIS-basierter Netzwerkanalysen und/oder Linear Referencing vorsahen. Bald darauf wich jedoch die Zuversicht gegenüber der Erfolgsaussicht dieser Vorhaben. Informationen über diese vermeintlichen Sackgassen sind im nächsten Abschnitt thematisiert. Da die ersten Ansätze verworfen wurden, mussten Alternative gesucht werden. Inspiriert durch die Arbeiten von J. DUCH et al. ([DUC-10]) und C. COTTA et al. ([COT-13]) wurde ein Interaktionsnetzwerk auf Basis des teaminternen Passspiels konzipiert (siehe Abschnitt 10.2.2).

10.2.1 Ansätze mittels GIS-basierter Netzwerkanalysen und Linear Referencing als forschungsspezifische Sackgassen?

Der ursprüngliche Plan sah vor, anhand objektspezifischer Trajektorien GIS-basierte Netzwerkanalysen durchzuführen. Gemäß M. ZEILER u. J. MURPHY ([ZEI-10]) ist ein Netzwerk ein eindimensionales System, bestehend aus Knoten und verbindenden Kanten. Als Netzwerkkanten und –knoten sollten die linienhaften FC der Spieler und des Balls bzw. deren raumzeitlich überlagernden Stützpunkte herangezogen werden. Gemäß dem Entwurf setzt

sich das Passnetzwerk unter Berücksichtigung etwaiger Ein- und Auswechslungen aus bis zu 29 Graphen pro Halbzeit zusammen. Zu beachten ist, dass die einzelnen Segmente der Graphen ausschließlich in Hinblick auf die Auswertung für Momentaufnahmen bzw. Zeitspannen von 100 Millisekunden Gültigkeit besitzen. Entsprechend der Ausführungen von M. ZEILER u. J. MURPHY (ebd.) handelt es sich hierbei um azyklische, gerichtete, ebene Graphen. Dabei treten zwar zeitverschobene räumliche Überschneidungen auf, diese werden jedoch nicht als Netzwerkknoten registriert. Stattdessen ist die Event FC *Pass* als zentrales Bindeglied zwischen den einzelnen Graphen anzusehen. Während *Pass* und der ballspezifische Graph das Attribut *Frame* teilen, kann *Pass* mit den spielerbezogenen Graphen über die Felder *Actor_1* und *Player_ID* verbunden werden. Abb. 92 stellt hierzu einen Ausschnitt des konzipierten Passnetzwerkes dar, wobei zur Wahrung der Übersicht ausschließlich die Knoten und Kanten des Balls für einen Zeitraum von fünf Minuten dargestellt sind.

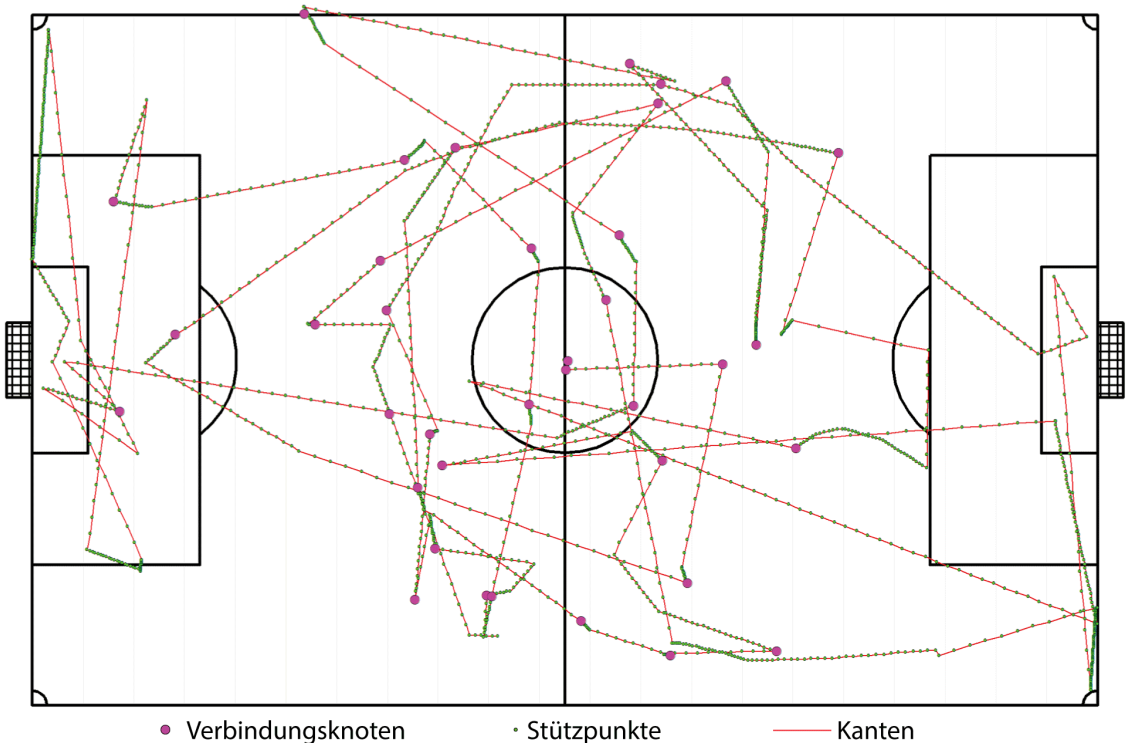


Abb. 92: Vereinfachte Struktur eines Passnetzwerkes (Daten: ProzoneSports)

Optisch gesehen entspricht dieses Netzwerk einem *ArcGIS Network Dataset*, parametrisch hingegen aufgrund der vorgegebenen Flussrichtung einem *Geometric Network*. Zwar kann auch ein *Network Dataset* durch entsprechende Beschränkungen vollständig gerichtet sein [Anm.: = one-way restriction], dies ist jedoch die Ausnahme. *Network Datasets* werden bevorzugt zur Analyse von Transportnetzwerken eingesetzt, wohingegen *Geometric Networks* geeigneter für natürliche Netzwerke und Versorgungsnetzwerke sind (ebd.).

Da die Netzwerkknoten zwar zeitlich, jedoch nicht räumlich exakt gekoppelt sind, ergeben sich beim Aufbau des *Network Datasets* Probleme. Darüber hinaus kamen in Anbetracht der Zielsetzungen Zweifel gegenüber der Zweckmäßigkeit von *Network Datasets* auf. Demnach sollte eine Reihe von Parametern erhoben werden, darunter die *Passgenauigkeit*,

die *Dauer der Ballkontrolle*, die *Passanzahl* pro Spieler und Team sowie die *Länge der Passketten*. Basierend darauf sollte außerdem die *Zentralität* der Spieler bestimmt werden.

Angesichts der unveränderlichen Flussrichtungen sind in diesem Kontext *Geometric Networks* hinsichtlich deren Aufbau und Analysespektrum als funktional zu bezeichnen. Hierbei weisen alle Graphen eine *Quelle* und eine *Senke* auf [Anm.: = *source* bei *Frame* 0 und *sink* beim *Frame* der Auswechslung oder Ende der Halbzeit]. Hauptanwendungsgebiet dieses Netzwerktypus ist die Objektverfolgung entlang der Graphen. Ähnlich wie bei Stromversorgungsnetzen stellen lineare Überschneidungen zwar keine grundlegenden Probleme dar, sollten jedoch auf ein Minimum reduziert werden (ebd.). Da das Netzwerk räumlich nicht persistent ist, ist der Faktor *Zeit* zu berücksichtigen. Schnittstellen zwischen Spielern untereinander und dem Ball treten etwa bei Zweikämpfen bzw. bei ballbezogenen Aktionen auf. Allerdings liegt auch hier die Problematik der räumlich nicht deckungsgleichen Koordinaten vor. Ungeachtet dessen steht es zur Debatte, ob Spielergraphen innerhalb des Passnetzwerkes überhaupt benötigt werden, da ohnehin alle relevanten Informationen auf den Graphen des Balls übertragen werden können. Dies führt jedoch zur Grundsatzfrage, ob ein Netzwerk mit lediglich einem Graphen überhaupt sinnvoll ist.

Stattdessen könnte hierzu u.U. auch *Linear Referencing*, eine Methode der räumlichen Referenzierung ([LON-05]), eingesetzt werden. Dieser Ansatz basiert auf dem Konzept der *Routen*, die linearen Features entsprechen und deren Attributwerte abschnittsweise variieren können ([ZEI-10]). Hierzu sei auf Abb. 64 verwiesen, wo u.a. Mehrfachattributierungen einzelner Segmente einer Trajektorie erkennbar sind. Bspw. enthalten die Teilstücke Informationen über die Geschwindigkeit, Ballbesitzverhältnisse oder Brutto/Netto-Spielzeit. Ferner treten entlang von Routen Features auf (ebd.), die in diesem Kontext Pässe, Schüsse etc. gleichkommen. Diese werden nicht durch Angabe von X/Y-Koordinaten lokalisiert, sondern anhand von Zeitmessungen, wozu der *Frame* herangezogen werden könnte Der Vorteil von *Linear Referencing* wird darin gesehen, verschiedene Attribute abschnittsweise zueinander in Beziehung zu setzen und auszuwerten (ebd.).

Konträr zu *Network Datasets* und *Geometric Networks* ist die Verwendung von *Linear Referencing* im Rahmen GIS-gestützter Spielanalysen unproblematisch. Allerdings fehlt es aktuell an konkreten Fragestellungen, die den expliziten Einsatz dieser Methode erfordern. Zusätzlich können die gesteckten Ziele auch mit weniger Aufwand erreicht werden. Dahingehend wird der im nächsten Abschnitt beschriebene Ansatz als rationaler angesehen.

10.2.2 Quantifizierung mannschaftsinterner Interaktionen und Ermittlung von Schlüsselspielern

Diese Fallstudie behandelt die Konzeption eines Pass- bzw. Interaktionsnetzwerks, auf Basis dessen die Passgenauigkeit und Zentralität einzelner Spieler sowie dominante Spielachsen ermittelt werden. Da mannschaftsinterne Interaktionen während des Spiels neben verbaler und nonverbaler Kommunikation maßgeblich vom Passspiel geprägt sind, wird

dadurch ein umfassendes Bild dieser Wechselbeziehungen skizziert. Die Aussagekraft der Passquote als Maß der Passgenauigkeit wurde bereits in Abschnitt 9.3 in Frage gestellt. Ungeachtet dessen ist die Verwendung dieses Parameters legitim, sofern dieser nach objektiven Aspekten interpretiert wird. Daher ist es hierzu empfehlenswert, ergänzend die Ergebnisse des *Analyse Passes* Tools heranzuziehen.

Unter *Zentralität* wird in diesem Zusammenhang der spielerspezifische Anteil am Passspiel einer Mannschaft verstanden. Gemäß Formel 16 werden dabei sowohl die Anzahl der abgegebenen, als auch der angenommenen Pässe berücksichtigt. Deshalb ist die absolute Anzahl teaminterner Zuspiele mit dem Faktor *2* zu multiplizieren. Es handelt sich hierbei um ein Maß, das den Partizipationsgrad eines Spielers am Spiel seiner Mannschaft beschreibt und somit Auskunft über Schlüsselspieler gibt.

$$C = \frac{P_{PP} + P_{PR}}{2 * P_T} * 100$$

C	...	*Zentralität*
P_{PP}	...	*Anzahl aller Pässe und Fehlpässe eines Spielers*
P_{PR}	...	*Anzahl aller angenommen Pässe eines Spielers*
P_T	...	*Anzahl aller Pässe und Fehlpässe der Mannschaft*

Formel 16: Berechnung der Zentralität eines Spielers

Die Visualisierung beruht auf Netzwerkgraphen, deren Kanten die Quantität erfolgreicher Pässe zwischen Spielerpaaren bzw. Spielerknoten darstellen. Da bei Fehlpässen keine Spielerpaare gebildet werden können, wird stattdessen ein fiktiver Knoten, repräsentativ für fehlerhafte Zuspiele verwendet. Hinsichtlich der Positionierung der Netzwerkknoten ist eine fiktive Anordnung auf Basis taktischer Formationen, bspw. gemäß eines 4-4-2, 4-3-3, etc. denkbar. Allerdings wurden stattdessen zentrale Features spielerspezifischer Passpositionen berechnet. Die Vorteile dieser Variante liegen darin, dass eine regelbasierte Bestimmung vorgenommen und zugleich ein Eindruck über die räumliche Verteilung des Passspiels vermittelt wird. Demgegenüber besteht insbesondere bei Ein- und Auswechselungen die Gefahr, dass sich die Knoten positionsgleicher Spieler graphisch überlagern. Zur Vermeidung weiterer Überlappungen ist der fiktive Fehlpassknoten standardmäßig auf zentraler Höhe der gegnerischen Torlinie positioniert. In Anlehnung an M. ZEILER u. J. MURPHY (ebd.) ist das konzipierte Interaktionsnetzwerk zyklisch, ungerichtet und uneben. *Zyklisch* meint hierbei, dass über die Kanten ggf. Kreisläufe zwischen einzelnen Knoten vorliegen. *Ungerichtet* ist das Netzwerk deshalb, da durch die Kanten sowohl Pässe von A nach B sowie von B nach A repräsentiert werden. *Uneben* bedeutet hingegen, dass sich die Kanten überlagern können.

Erzeugt werden diese Netzwerke unter Anwendung des entwickelten *Analyse Passing Networks* Tools, dessen TDB in Abb. 93 dargestellt ist und sich aus sieben Eingabeparametern zusammensetzt. Neben den in Tab. 11 aufgelisteten obligatorischen Parametern können optional zwei Schwellenwerte zur Einteilung der Zentralität in *gering*, *mittel* und *hoch* vergeben werden. Standardmäßig sind hierfür *7,5 %* und *12,5 %* vorgesehen. Je nach Anzahl an Pässen pro Spiel variiert die erforderliche Durchführungsdauer des Tools. Hinsichtlich

der zwei zur Verfügung gestellten Spieldatensätze wurden insgesamt 956 bzw. 1097 Pässe ausgewertet. Dafür wurden durchschnittlich rund 17 Minuten benötigt, was primär auf den rechenintensiven Analyseprozess zurückzuführen ist.

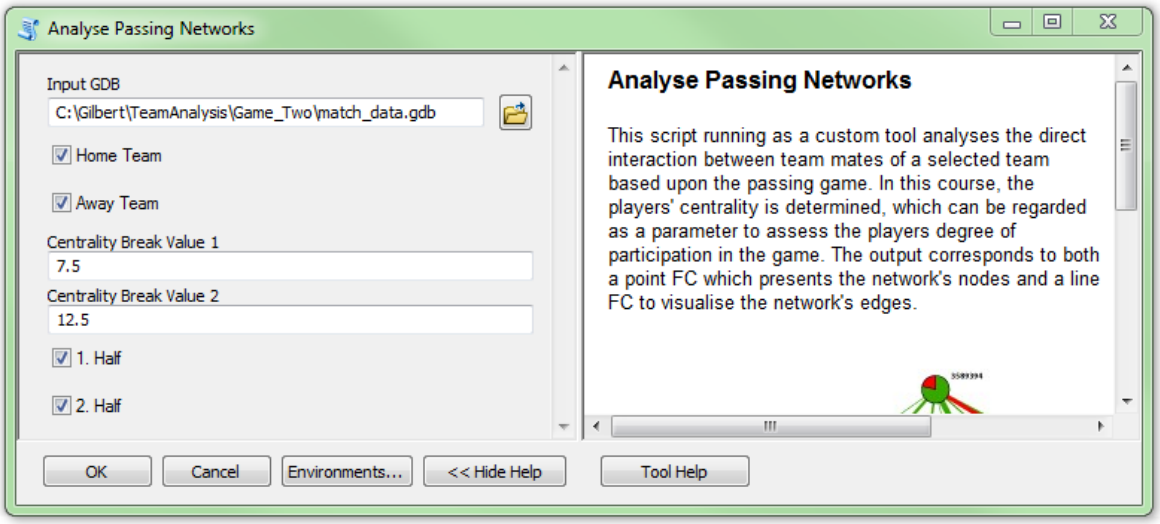


Abb. 93: Tool Dialog Box des Analyse Passing Networks

Zu Beginn des iterativen Analyseprozesses wird die FC *all_events* der ausgewählten Halbzeit in das Ausgabeverzeichnis [Anm.: = */passing_networks.gdb/{Half_ID}_passing_networks*] kopiert, wo es mit dem *PIdBF* über die Felder *Actor_1* und *Player_ID* attributiv verknüpft wird. Darauf folgt, analog dem *Analyse Passes* Tool, die Detektion einzelner Zuspiele und deren Kategorisierung in Pässe und Fehlpässe (siehe Abschnitt 9.3). Jedoch werden konträr dazu die Koordinaten des Passempfängers nicht benötigt, weswegen lediglich die in Tab. 12 angeführten Attribute in die Liste *pass_events* abgelegt werden.

Attributname	Eigenschaft
P_Frame	Frame zum Zeitpunkt des Passes
Passer	Player_ID des Passgebers
P_Team	Team_ID des Passgebers
Passer_X	X-Koordinate des Passgebers zum Zeitpunkt des Abspiels
Passer_Y	Y-Koordinate des Passgebers zum Zeitpunkt des Abspiels
R_Frame	Frame zum Zeitpunkt der Passannahme
Receiver	Player_ID des Passempfängers
R_Team	Team_ID des Passempfängers
Passing	Unterscheidung in Pass und Bad Pass
Pass_ID	Fortlaufende ID zur eindeutigen Identifikation eines Pass-Events

Tab. 12: Benötige Attribute des Analyse Passing Networks Tools

Danach wird von *pass_events* ein *csv-File* erstellt, anhand dessen Felder *Passer_X* und *Passer_Y* ein punkthaftes *shp-File* abgeleitet und als FC in das Output FDS kopiert wird [Anm.: = *team_passes_fc*]. Die fortan nicht mehr benötigten *csv-* und *shp-Files* werden gelöscht. [Anm.: Die Notwendigkeit dieses unkonventionellen Zwischenschrittes wurde bereits in Abschnitt 6.5.2.3 thematisiert.] Darauffolgend werden mit dem *ArcGIS System Tool CentralFeature* pro *Player_ID* Netzwerkknoten erzeugt [Anm.: = *center_file*]. Gemäß A. MITCHELL ([MIT-09]) handelt es sich dabei um jenes Feature, dessen Distanz zu allen

anderen Features am kürzesten ist. Da die Attribute von *center_file* mit jenen von *team_passes_fc* übereinstimmen, sind diese obsolet und werden daher mit Ausnahme der Felder *Passer* und *P_Team* gelöscht. Alternativ zum zentralen Feature könnte der räumliche Median der spielerspezifischen Passpunktwolken berechnet werden, der im Gegensatz zum räumlichen Mittelwert für dynamische Objekte geeignet ist (ebd.).

Daraufhin werden mit zwei *SearchCursorn* alle Pässe des jeweiligen Teams gezählt und gleichzeitig eine Liste der am Passspiel beteiligten Spieler erstellt [Anm.: = *player_list*]. Die darin enthaltenen Informationen werden dann im Zuge einer Iteration ausgelesen und als Felder *center_file* angehängt. Dadurch entsteht eine leere Matrix aus passgebenden und –annehmenden Spielern, worin im Folgenden die Passanzahl pro Spielerpaar eingetragen wird. Hierfür ist es zunächst notwendig, pro Spieler eine Passempfängerliste zu erstellen [Anm.: = *reveicer_list*], deren Inhalte parallel mit der *player_list* abgeglichen und gezählt werden. Auf Basis der Ergebnisse wird anschließend die Matrix aktualisiert (siehe Tab. 13).

Table

H1_B_network_nodes

Passer	P_Team	P_344129	P_377325	P_348052	P_354764	P_360628	P_361187	P_377283	P_342635	P_344131	P_343316	P_377990
360628	Team_B	1	0	3	3	<Null>	0	2	1	0	0	1
344131	Team_B	2	0	5	0	0	4	0	6	<Null>	1	1
354764	Team_B	3	3	5	<Null>	2	12	2	1	0	0	0
377325	Team_B	0	<Null>	5	2	0	2	0	2	1	0	0
343316	Team_B	0	0	1	2	0	0	0	2	0	<Null>	0
377990	Team_B	1	0	1	0	0	2	0	0	2	0	<Null>
377283	Team_B	0	1	1	2	1	1	<Null>	3	1	0	0
361187	Team_B	1	4	4	13	5	<Null>	6	3	0	0	0
344129	Team_B	<Null>	5	3	1	1	1	4	3	2	0	0
348052	Team_B	10	2	<Null>	5	3	7	0	8	1	0	0
342635	Team_B	3	5	8	0	0	2	1	<Null>	5	0	2

1 (0 out of 11 Selected)

H1_B_network_nodes

Tab. 13: Darstellung einer Passmatrix eines Teams für den Zeitraum einer Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Im Anschluss daran werden die X/Y-Koordinaten der Netzwerkknoten aus dem *center_file* Feld *SHAPE@XY* ausgelesen und als Liste in ein zuvor erstelltes *Dictionary* abgelegt [Anm.: = *player_coords* = *{Player_ID:xy_list}*]. Aufgrund etwaiger Ein/Auswechslungen und Platzverweisen ist die Zahl der Attribute von *center_file* variabel. Hierzu wird in Abhängigkeit der Spieleranzahl eine Indexliste erstellt [Anm.: = *index_list*], beginnend mit Index *4* [Anm.: Index 1 = *OBJECT_ID*, Index 2 = *Passer*, Index 3 = *P_Team*]. Die genaue Spieleranzahl muss bekannt sein, da die Spieler innerhalb der Matrix als Attribute abgebildet sind und im weiteren Verlauf Zuweisungen über Indizes vorgenommen werden.

Für die Erstellung der Netzwerkkanten ist vorab ein mehrstufiger Iterationsprozess erforderlich. Zu Beginn wird *center_file* mit einem *SearchCursor* durchlaufen, wobei für jeden passgebenden Spieler die Koordinaten und *Player_ID* ausgelesen werden. Danach wird *index_list* durchlaufen, im Zuge dessen die Indizes einzeln abgearbeitet und mit dem Wert *4* subtrahiert werden. Daraus entsteht der *player_list_index*, womit die *Player_ID* des Passempfängers aus *player_list* extrahiert wird. Diese dient in weiterer Folge als *Dictionary Key* zur Ermittlung der Spielerposition aus *player_coords*. Dabei wird sichergestellt, dass der Passempfänger nicht dem Passgeber entspricht. Daraufhin wird eine leere

linienhafte FC mit dem *ArcGIS System Tool CreateFeatureclass* erstellt, die mittels *InsertCursor* mit den X/Y-Koordinaten des Passgebers und –empfängers befüllt wird. Hierdurch entsteht eine Polyline bzw. Netzwerkkante zwischen dem Spielerpaar, deren *Player_IDs* in zwei neue Felder namens *Passer* und *Receiver* angehängt werden. Ferner wird das Feld *Pass_Count* hinzugefügt, dessen Attributwert unter Angabe der *Player_ID* des Passgebers aus *center_file* entnommen und mittels *UpdateCursor* übertragen wird. Ob Spieler A Pässe zu Spieler B spielte wird unter Einsatz eines weiteren *SearchCursor* überprüft. Ist dies nicht der Fall, wird die zuvor erstellte Polyline wieder gelöscht. Nach Abschluss dieses mehrstufigen Iterationsprozesses werden alle erzeugten Polylines fusioniert [Anm.: = *merge_fc*] sowie die separat vorliegenden Netzwerkkanten gelöscht.

Da die Passmatrix ausschließlich erfolgreiche Zuspiele beinhaltet, wird die *player_list* erneut durchlaufen. Die dabei ausgelesene *Player_ID* wird zur Bildung einer *Where Clause* eines weiteren *SearchCursor* herangezogen, um damit die Werte des Feldes *Passing* aus *team_passes_fc* zu extrahieren (vgl. Tab. 12). Hierbei werden Pässe und Fehlpässe gezählt und in *Dictionaries* mit der *Player_ID* als *Key* gespeichert [Anm.: = *passes_dict* u. *bad_passes_dict*]. Daraufhin werden *team_passes_fc* gelöscht und *center_file*, dem zuvor zwei neue Felder namens *Passes* und *Bad_Passes* angehängt worden waren, auf Basis der *Dictionaries* aktualisiert.

Dem Netzwerk fehlen zu diesem Zeitpunkt noch Fehlpasskanten. Dazu werden zunächst in Abhängigkeit der Spielrichtung die Koordinaten des fiktiven Fehlpassknotens bestimmt. Dieser befindet sich auf den Positionen *52,5 m | 0,0 m* und *-52,5 m | 0,0 m*, sofern von links nach rechts bzw. von rechts nach links gespielt wird. Danach wird *center_file* nach Fehlpässen durchforstet, wobei die Koordinaten der Spieler unter Angabe deren *Player_ID* aus *player_coords* ausgelesen werden. Analog der Erstellung von Netzwerkkanten erfolgreicher Pässe, wird pro Fehlpass eine leere linienhafte FC erstellt, die mittels *InsertCursor* mit den Koordinaten des Spielers und des Fehlpassknotens befüllt wird. Genauso werden daran die Felder *Passer* und *Receiver* angehängt. Allerdings kann hierbei *Passer* nur mit der *Player_ID* der Passgeber aktualisiert werden. Abschließend werden alle Fehlpasskanten mit *merge_fc* zu e*dges_fc* fusioniert, woraufhin die separaten Kanten gelöscht werden.

Darauffolgend wird in *edges_fc* anhand des Feldes *Receiver* eine Differenzierung nach Pass und Fehlpass vorgenommen [Anm.: Fehlpass bei *Receiver is None*]. Hierzu werden die Werte *pass* bzw. *bad pass* in das neu hinzugefügte Feld Passing gespeichert. Ferner wird im Feld *Pass_Count* eine Aufsummierung aller fehlerhaften Zuspiele vorgenommen und innerhalb von *center_file* pro Spieler deren Gesamtanzahl an Pässen bestimmt sowie die Zahl angenommener Pässe erhoben [Anm.: = Felder *Played_Passes* u. *Received_Passes*]. Darüber hinaus werden hinsichtlich der Zentralität die Felder *Centrality_Value* und *Centrality* erstellt, deren Werte gemäß Formel 16 berechnet bzw. in Abhängigkeit der Eingabeparameter klassifiziert werden.

Bis dahin handelt es sich um ein Passnetzwerk, da zwischen Spielerpaaren zwei geometrisch idente Kanten unterschiedlicher Eigenschaften vorliegen können. Da sich diese graphisch überdecken, wurde das Pass- zu einem Interaktionsnetzwerk umstrukturiert. Das bedeutet, dass zwischen zwei Spielern maximal eine Kante existiert und unter Vernachlässigung der Passrichtung die Gesamtanzahl an Pässen zwischen den Knoten abgebildet wird.

Hierzu wird zunächst ein leeres *Dictionary* [Anm.: = *interaction_dict*] erstellt. Dessen *Keys* entstammen einem zweistufigen Iterationsprozess mittels *SearchCursor* und entsprechen Strings, die aus den *Player_IDs* der Spielerpaare zusammengesetzt sind. Die *Values* spiegeln hingegen die Anzahl der Pässe zwischen den Spielern wider. Danach wird *interaction_dict* durchlaufen, wobei die Keys in beide *Player_IDs* zerlegt werden. Damit werden aus *player_coords* die Positionen der Knoten ausgelesen, woraufhin analog zu vorhin, Netzwerkkanten generiert werden. Anschließend werden diese attributiv mit beiden *Player_IDs* und der Passanzahl erweitert [Anm.: = Felder *Node_1*, *Node_2*, *Pass_Count*] sowie fusioniert [Anm.: = *iedge_merge_fc*]. Ferner wird das Feld Passing neu hinzugefügt und aktualisiert. Abschließend folgt die Vereinigung des Interaktionsnetzwerkes mit dem von Passkanten bereinigten Passnetzwerk [Anm.: = *network_edges_fc*]. Das Ergebnis des *Analyse Passing Network* Tools ist in Abb. 94 am Beispiel des Passnetzwerkes der Gästemannschaft für die erste Halbzeit dargestellt und umfasst repräsentativ für die Knoten und Kanten eine punkt- bzw. linienhafte FC [Anm.: = *{Half_ID}_{Team_ID}_network_{nodes/edges}*].

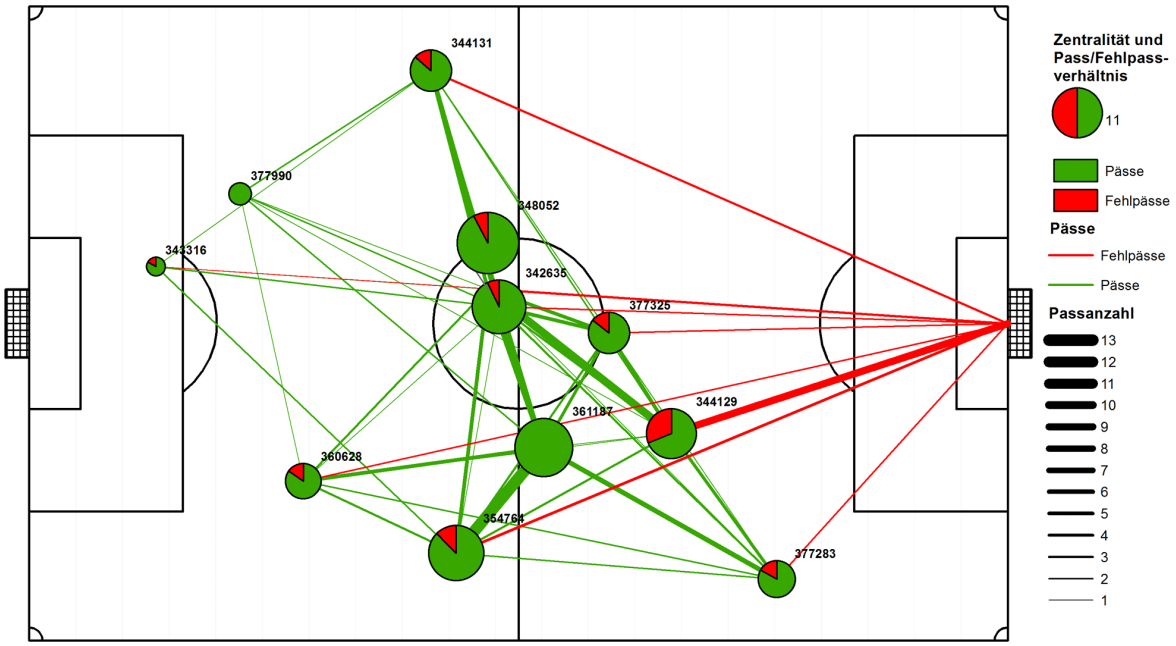


Abb. 94: Interaktionsnetzwerk des Gästeteams für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Während die Netzwerkkanten farblich nach assoziativen Aspekten zwischen Pässen und Fehlpässen unterschieden werden, liefert deren Strichstärke Auskunft über die Quantität der Zuspiele. Die Netzwerkknoten sind hingegen als Kreisdiagramme dargestellt und spiegeln die Pass- und Fehlpassquote wider, woraus die Passgenauigkeit einzelner Spieler

abgeleitet werden kann. Des Weiteren wird deren Zentralität durch die Größe der Kreissignaturen abgebildet. Die ausgewiesenen *Player_IDs* stellten zudem eine rasche Identifikation der einzelnen Knoten sicher.

Mit Bezug auf Abb. 94 ist der Spieler *361187* hervorzuheben, da er bei 36 Pässen eine Passquote von 100 % aufweist und 31 Bälle seiner Mitspieler entgegennahm. Zudem war er an 14,14 % des Passspiels seiner Mannschaft beteiligt. Daneben weisen die Spieler *348052* und *354764* für denselben Zeitraum mit 15,82 % bzw. 12,66 % ebenfalls hohe Zentralitätswerte auf. Deren Passgenauigkeiten sind jedoch mit 92,31 % bzw. 87,50 % im Vergleich zu Spieler *361187* niedriger. In Anbetracht der Ergebnisse kann in diesen drei Fällen von Schlüsselspielern gesprochen werden. Für Interpretationen die darüber hinausgehen, ist ergänzend das *Analyse Passes* Tool hinzuzuziehen. Hinsichtlich dominanter Spielachsen sind jene zwischen den Spielern 354764 und 361187 sowie zwischen 342635 und 344129 erwähnenswert, die es aus Sicht des gegnerischen Teams gilt zu unterbinden.

Bei näherer Betrachtung von Abb. 94 fällt auf, dass die Kreissignatur des Knotens 348052 räumlich versetzt dargestellt ist, um eine Überlagerung mit dem Kreisdiagramm des Spielers 342635 zu vermeiden. Abb. 95 zeigt hierzu farblich hervorgehoben in einem vergrößerten Ausschnitt die realen Positionen beider Knoten. In Anlehnung an E. ARNBERGER ([ARN-97]) handelt es hierbei um eine Form kartographischer Generalisierung. Dahingehend ist es im Rahmen von Folgestudien empfehlenswert, hinsichtlich der Netzwerkknoten die Eignung alternativer Positionierungsvarianten zu untersuchen.

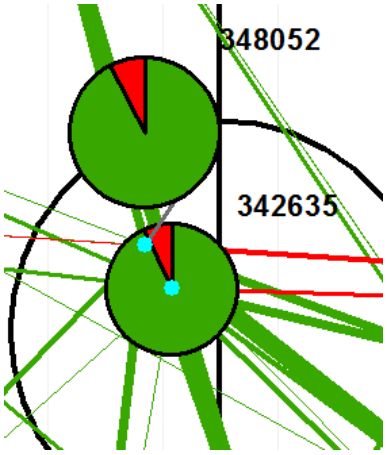


Abb. 95: Graphische Verdrängung von Kreissignaturen im Interaktionsnetzwerk (Daten: ProzoneSports)

Angesichts dieser Problematik ist davon auszugehen, dass durch Ein- und Auswechslungen die Anzahl graphischer Verdrängungen von Netzwerkknoten steigt. Hierzu zeigt Abb. 96 das Interaktionsnetzwerk der Auswärtsmannschaft für den zweiten Spieldurchgang, in dem die drei vorgenommenen Spielerwechsel farblich hervorgehoben sind. Allerdings kann damit die oben aufgestellte Vermutung nicht bekräftigt werden. Ungeachtet dessen bleibt die Vermutung aufrecht, da bei konstanter räumlicher Ausdehnung des Spielfeldes mehr Knoten dargestellt werden. In diesem Sinne gilt es in Folgestudien zu klären, ob Spielerwechsel gesondert zu berücksichtigen sind.

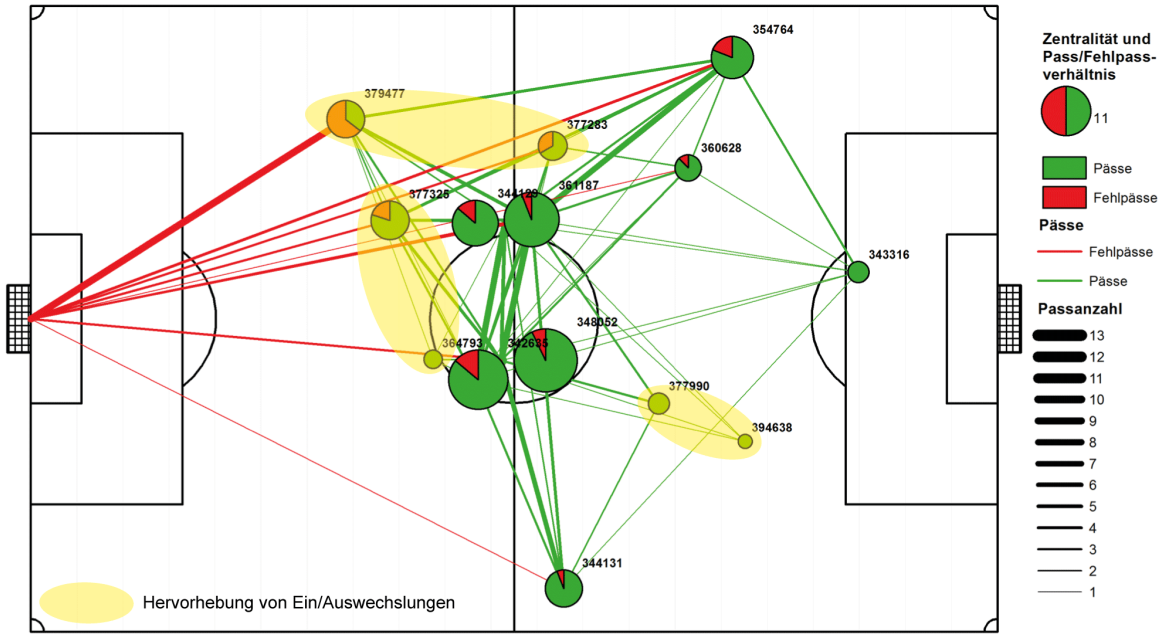


Abb. 96: Interaktionsnetzwerk des Gästeteams für den Zeitraum der zweiten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Das *Analyse Passing Networks* Tool gewährt Einblicke in mannschaftinterne kollektive Wechselbeziehungen. Gemäß den Zielsetzungen bestimmt das Tool nicht nur die *Passanzahl* pro Spieler und Team sowie die *Passgenauigkeit*, sondern auch die *Zentralität* der Spieler. Die Zusammensetzung dieses Parameters (siehe Formel 16) ist jedoch diskutabel und ist daher im Rahmen der zweiten Expertenbefragung zu thematisieren. Darüber hinaus werden *dominante Spielachsen* indirekt durch die Passanzahl zwischen Spielerpaaren detektiert. Das Tool bleibt allerdings Angaben über die *Dauer der Ballkontrolle* und *Länge der Passkette* schuldig. Diese Maßzahlen sind jedoch in Anbetracht des konzipierten Interaktionsnetzwerkes nur von mäßiger Bedeutung und sind daher in anderen Anwendungsbereichen aufzugreifen.

10.3 Themenbereich II: Raumverteilung und -nutzung

Aufgrund der thematischen Vielfalt dieses Themenbereiches kann dieser weder messerscharf abgegrenzt, noch adäquat durch ein spezifisches Analysefeld abgedeckt werden. Daher werden in diesem Abschnitt sechs Fallbeispiele zu fünf Anwendungsbereichen aufgegriffen. In Hinblick auf die konzipierte *GIS-gestützte Mannschaftsanalyse* bauen diese stellenweise aufeinander auf und können bei Bedarf zu weiterführenden Analysen kombiniert werden. Ungeachtet dessen ist die Eigenständigkeit der Analysen gegeben, da deren Ergebnisse ebenso unabhängig voneinander interpretiert werden können. Die ausgewählten Fallstudien umfassen die Charakterisierung von Ballbesitzverhältnissen, den Vergleich von Aktionsräumen, ferner die Bestimmung der räumlichen Kompaktheit, die Generalisierung kollektiver Bewegungen sowie dynamische Spielfeldzonierungen (siehe Abschnitte 10.3.1 - 10.3.5). Auf etwaige inhaltliche Überschneidungen zu den anderen Forschungsbereichen wird innerhalb der Abschnitte hingewiesen.

10.3.1 Charakterisierung von Ballbesitzverhältnissen

Der erste Anwendungsbereich umfasst zwei Varianten zur Charakterisierung von *Ballbesitzverhältnissen*. Hierbei handelt es sich um zwei deskriptive Analyseansätze, deren Fokus auf die räumliche Komponente des aktiven Ballbesitzes gerichtet ist. *Aktiv* ist in diesem Zusammenhang mit der Position des Balls zu verstehen. Hierzu wurden zwei Zugänge gewählt, wonach in den nächsten beiden Abschnitten linienhaften Segmente der Trajektorie des Balls bzw. punkthafte Ballkontakte untersucht werden.

10.3.1.1 Analyse von Ballbesitzverhältnissen unter raumzeitlichen Gesichtspunkten

Für das erste Fallbeispiel wurde das *Analyse Ball Possession* Tool entwickelt, das anhand der linienhaften Trajektorie des Balls die räumliche Länge und zeitliche Dauer des Ballbesitzes pro Mannschaft bestimmt. Während hierzu standardmäßig eine räumliche Verschneidung mit Zonierungsvariante IV [Anm.: = Dreiteilung des Spielfeldes, = FC *thirds*, siehe Abb. 48] vorgesehen ist, können die Halbzeiten optional in Analyseperioden von jeweils fünf Minuten oder 15 Minuten unterteilt werden. Basierend darauf wird die raumzeitliche Verteilung des Ballbesitzes beschrieben. Bspw. können damit Rückschlüsse auf Wirkungsbereiche gezogen werden oder bei Vergleich aufeinanderfolgender Perioden Verschiebungen des Spielgeschehens ausfindig gemacht werden.

Die TDB des *Analyse Ball Possession* Tools ist in Abb. 97 dargestellt und beinhaltet acht Eingabeparameter, die allesamt in Bezug auf Tab. 11 als obligatorisch zu bezeichnen sind. Je nach Konfiguration nimmt die Ausführung des Tools zwischen 48,56 Sekunden und 85 Sekunden für ganze Halbzeiten bzw. Zeitspannen von jeweils fünf Minuten in Anspruch.

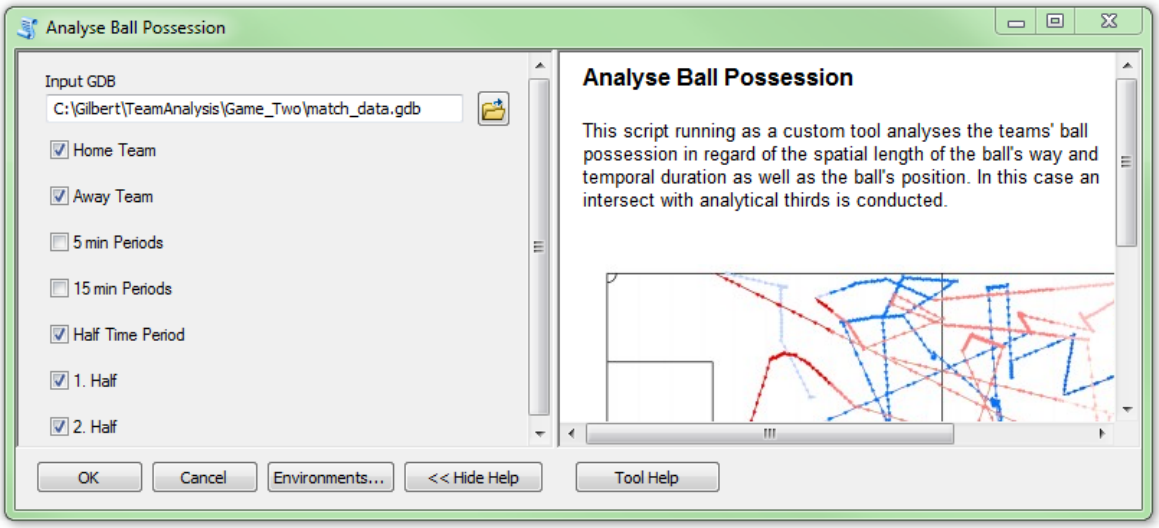


Abb. 97: Tool Dialog Box des Analyse Ball Possession Tools

Zu Beginn des iterativen Analyseprozesses werden die punkt- und linienhafte FC des Balls in das Ausgabeverzeichnis kopiert [Anm.: = */ball_possession.gdb/{Half_ID}*]. Da ausschließlich deren Segmente während der Netto-Spielzeit ausgewertet werden, werden alle anderen Features der beiden FC gelöscht. Hierfür dient in beiden Fällen das Feld *BP* als Ausschlusskriterium [Anm.: *BP = A OR B*].

Von den ausgewählten Mannschaften wird eine Liste ihrer *Team_IDs* erstellt [Anm.: = *team_list*], die in weiterer Folge durchlaufen wird. Die Schleifenvariablen werden zur Formulierung einer *Where Clause* herangezogen, um von den punkt- und linienhaften Trajektorien des Balls mannschaftsspezifische Feature Layer abzuleiten. Diese werden anschließend mit *thirds* räumlich verschnitten [Anm.: = *out_feat* u. *out_feat_l*], woraufhin die Eingabedateien im Ausgabeverzeichnis nicht mehr benötigt und daher gelöscht werden. Analog der Vorgehensweise in Abschnitt 9.5, wird in Abhängigkeit der Eingabeparameter eine Periodenliste erstellt und durchlaufen [Anm.: = *periodlist*]. Unter Angabe der jeweiligen *Team_ID* und *Period* erfolgen zwei weitere Iterationen mittels *SearchCursor*. Zunächst werden bezogen auf das gesamte Spielfeld Daten über Länge und Dauer des Ballbesitzes in zuvor erstellte *Dictionaries* abgelegt [Anm.: = *tot_length* u. *duration*]. Die *Keys* entsprechen dabei einer Kombination aus *Team_ID* und *Period*. Danach wird zusätzlich eine Zonenliste durchlaufen [Anm.: = *zone_list*], wobei nach obigem Schema für jedes Spielfelddrittel Informationen extrahiert und in *Dictionaries* gespeichert werden [Anm.: = *zone_length* u. *zone_duration*].

Das Ergebnis der Datenauslese umfasst nicht nur teambezogene punkt- und linienhafte FC [Anm.: = *{Half_ID}_{bp/l_bp}_{Team_ID}*], sondern auch pro Analyseperiode eine schriftliche Zusammenfassung [Anm.: = */Ball_Possession/{Half_ID}_{Period}_ball_possession.txt*]. Abb. 98 zeigt hierzu beispielhaft Informationen für eine Halbzeit.

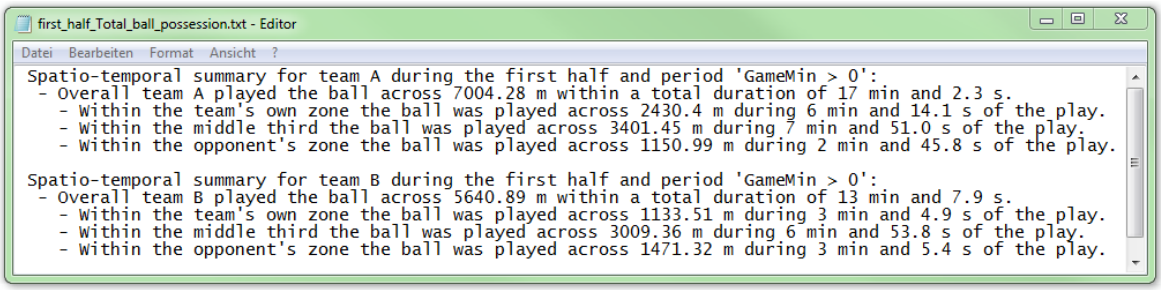


Abb. 98: Exemplarische schriftliche Ausgabe des Analyse Ball Possession Tools (Daten: ProzoneSports)

Alternativ zur schriftlichen Informationsausgabe ist die Datenaufbereitung in Tabellen- oder Diagrammform diskutabel. Zudem kann mittels Kartodiagrammen der räumliche Aspekt der Daten stärker hervorgehoben werden. Hierfür sind die einzelnen Distanz- und Zeitwerte zonenspezifisch aufzusummieren und mittels attributiver Verknüpfung den geometrischen Spielfeldzonen zu übertragen. Exemplarisch dazu ist in Abb. 99 zu sehen, dass bezogen auf die gespielte Distanz des Balls die Heimmannschaft in allen Spielfelddritteln mehr Ballbesitz hatte als deren Gäste. Im Defensivdrittel von Team B ist die Differenz mit 17,48 m jedoch minimal. Des Weiteren könnten auf gleiche Art und Weise analog der Distanz, genauso die Dauer in Ballbesitz oder etwa mittels Kreisdiagrammen deren relative Anteile visualisiert werden. Der Vorteil dieser Darstellungsvariante besteht im Wesentlichen darin, dass die einzelnen Werte visuell rasch Zonen zugeordnet werden können. Von Nachteil ist hingegen der relativ große Platzverbrauch. Um die freien Flächen innerhalb des

Spielfeldes besser zu nutzen ist es empfehlenswert, auch themenübergreifend zonenspezifische Informationen abzubilden.

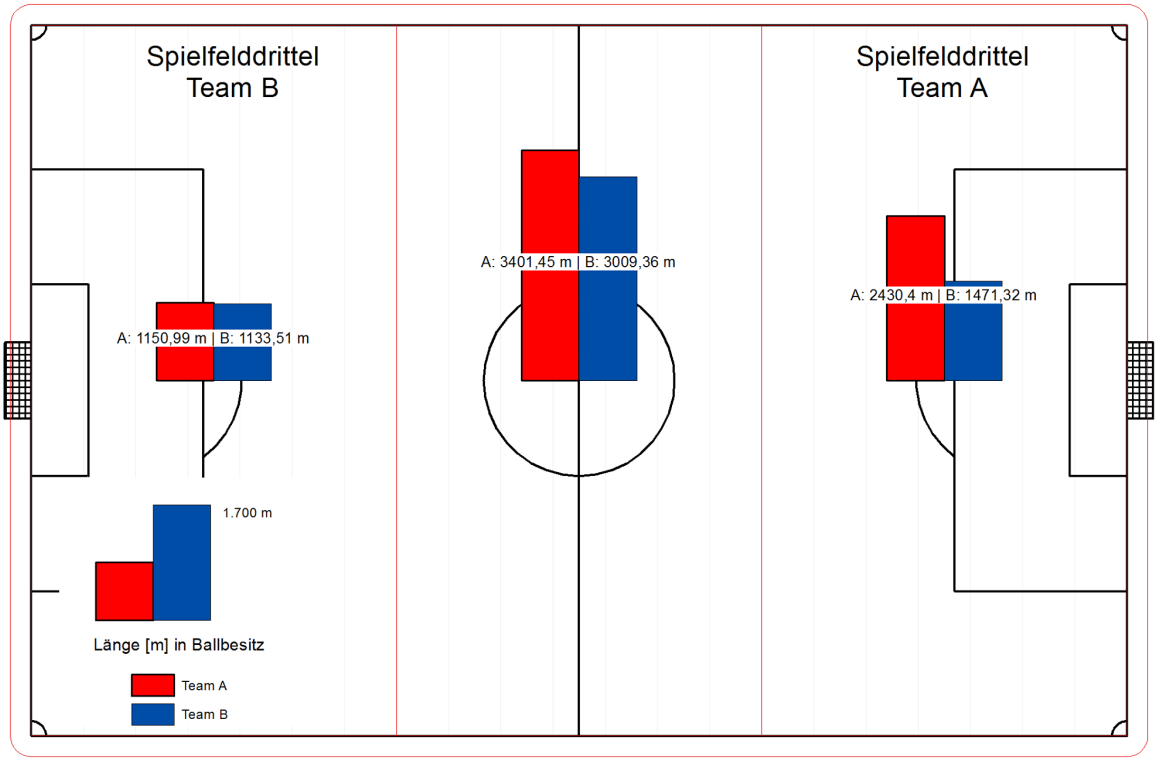


Abb. 99: Zonenspezifische Länge in Ballbesitz während der ersten Halbzeit auf Basis des Analyse Ball Possession Tools (Daten: ProzoneSports)

Neben konkreten Visualisierungsformen der Ergebnisse stehen aus inhaltlicher Sicht außerdem die standardmäßige räumliche Zonierungsvariante sowie die vorgegebenen Analyseperioden zur Debatte. Entscheidungen hierüber sind jedoch stets in Hinblick auf den Verwendungszweck der Daten zu treffen. Diesbezüglich gilt es im Rahmen der zweiten Expertenbefragung Kommentare einzuholen.

Zur Minimierung des Platzverbrauchs sind in weiterer Folge die Ergebnisse des *Analyse Ball Possession* Tools in Tabellen- und Diagrammform zusammengefasst. Tab. 14 stellt hierzu exemplarisch die gesamte inhaltliche Ausgabe des Tools für den Zeitraum der ersten Halbzeit dar. Darin ist zu sehen, dass hinsichtlich der Distanz die Heimmannschaft 1.363,39 m mehr im Ballbesitz war als ihr Gegner. 48,56 % der Gesamtdistanz wurden dabei im zentralen Spielfelddrittel absolviert, wohingegen auf die Verteidigungs- und Angriffsdrittel 34,69 % bzw. 16,43 % entfallen. [Anm.: Die angegebenen Prozentwerte ergeben aufsummiert 99,68 %. Die Differenz auf 100 % ist auf Rundungsfehler zurückführen.] Ferner war Team A im ersten Spieldurchgang insgesamt rund 17 Minuten in Ballbesitz, 16,22 % bzw. beinahe drei Minuten davon im Drittel der Gegner. Demgegenüber besaß das Auswärtsteam rund vier Minuten weniger Ballkontrolle, war jedoch im Vergleich zu den Gastgebern sowohl räumlich, als auch zeitlich mit 320,33 m bzw. 19,6 Sekunden im gegnerischen Drittel länger am Ball. Ungeachtet dessen konnte Team A Raum und Zeit im Offensivdrittel besser nutzen und entschied die erste Halbzeit mit 3:0 für sich (siehe Tab. 7).

Periode	Distanz Team A [m]				Distanz Team B [m]			
	Spielfeld	Zone A	Mittelfeld	Zone B	Spielfeld	Zone B	Mittelfeld	Zone A
0'-5'	411,88	239,11	131,82	37,69	594,94	111,49	259,81	222,31
5'-10'	713,93	299,12	304,45	108,79	614,46	80,07	464,56	62,47
10'-15'	1062,73	453,75	476,68	129,96	791,56	214,68	372,9	202,57
15'-20'	918,82	427,9	392,37	94,97	678,43	123,52	335,44	214,54
20'-25'	563,66	93,22	317,61	152,84	655,79	253,69	292,81	109,29
25'-30'	925,96	419,32	455,05	46,63	455,87	49,68	315,71	85,86
30'-35'	939,98	118,33	568,02	250,24	421,72	92,65	290,28	36,14
35'-40'	613,52	139,97	340,09	131,35	487,11	32,7	281,68	181,89
40'-45'	853,78	239,67	412,33	198,52	941,02	175,03	396,16	366,23
0'-15'	2188,54	991,99	912,98	276,44	2000,97	406,24	1097,28	487,36
15'-30'	2408,45	940,44	1168,03	294,44	1790,08	426,9	943,96	409,69
30'-45'	2407,29	497,98	1320,44	580,11	1849,85	300,37	968,12	574,27
0'-45'	7004,28	2430,4	3401,45	1150,99	5640,89	1133,51	3009,36	1471,32

Periode	Dauer Team A [s]				Dauer Team B [s]			
	Spielfeld	Zone A	Mittelfeld	Zone B	Spielfeld	Zone B	Mittelfeld	Zone A
0'-5'	50,3	30,5	14,3	5,1	79,8	16,5	34	28,9
5'-10'	101,9	49	40,2	12,4	82	9,9	63,8	7,5
10'-15'	125,6	59,1	53,1	13,2	104,9	35,3	48,3	21,1
15'-20'	133,3	62,8	60,8	9,4	106	38,2	40,7	26,6
20'-25'	71,5	11,5	42,4	17,5	91,1	40	40,1	10,8
25'-30'	154,8	76,5	72,7	5,1	65,3	6,3	41,7	16,8
30'-35'	132,3	18,9	82,8	30,4	57,3	11,1	42,1	3,4
35'-40'	95,6	22,3	52,2	20,8	68,3	3,2	45,2	19,7
40'-45'	157	43,5	52,5	51,9	133,2	24,4	57,9	50,6
0'-15'	277,8	138,6	107,6	30,7	266,7	61,7	146,1	57,5
15'-30'	359,6	150,8	175,9	32	262,4	84,5	122,5	54,2
30'-45'	384,9	84,7	187,5	103,1	258,8	38,7	145,2	73,7
0'-45'	1022,3	374,1	471	165,8	787,9	184,9	413,8	185,4

Tab. 14: Länge und Dauer in Ballbesitz während der ersten Halbzeit auf Basis des Analyse Ball Possession Tools (Daten: ProzoneSports)

Während die Zahlen für die gesamte erste Spielhälfte einen groben Überblick über die Ballbesitzverhältnisse bieten, eröffnet deren temporale Segmentierung eine differenzierte Sicht. Zur besseren Veranschaulichung stellt hierzu Abb. 100 die Ballbesitzanteile beider Teams in Zeitabschnitten von jeweils 15 Minuten dar. Bezogen auf das gesamte Spielfeld waren in den ersten 15 Spielminuten beide Teams zeitlich annähernd gleich lange am Ball, die Heimmannschaft legte dabei jedoch rund 200 m mehr zurück. Zudem konnte Team A in den verbleibenden 30 Minuten ihren Ballbesitzanteil räumlich und zeitlich deutlich steigern. Im Vergleich dazu blieben die Gäste zwar in etwa gleich lange am Ball, beanspruchten jedoch weniger Raum. Ferner konnten die Gastgeber vor allem in der letzten Viertelstunde des ersten Durchgangs ihr Spiel in das gegnerische Drittel verlagern. Ihre räumliche Dominanz in gegnerischer Tornähe wurde mit zwei Treffen belohnt (siehe Tab. 7). R. POLLARD u.

C. REEP ([POL-97]) sowie P. LUCEY et al. ([LUCd-15]) kamen übereinstimmend zum Ergebnis, dass statistisch gesehen in etwa jeder zehnte Torschuss erfolgreich ist. Daher gilt es im Rahmen von Folgestudien zu überprüfen, ob die Anzahl von Torversuchen kausal mit den raumzeitlichen Ballbesitzverhältnissen im Angriffsdrittel zusammenhängt.

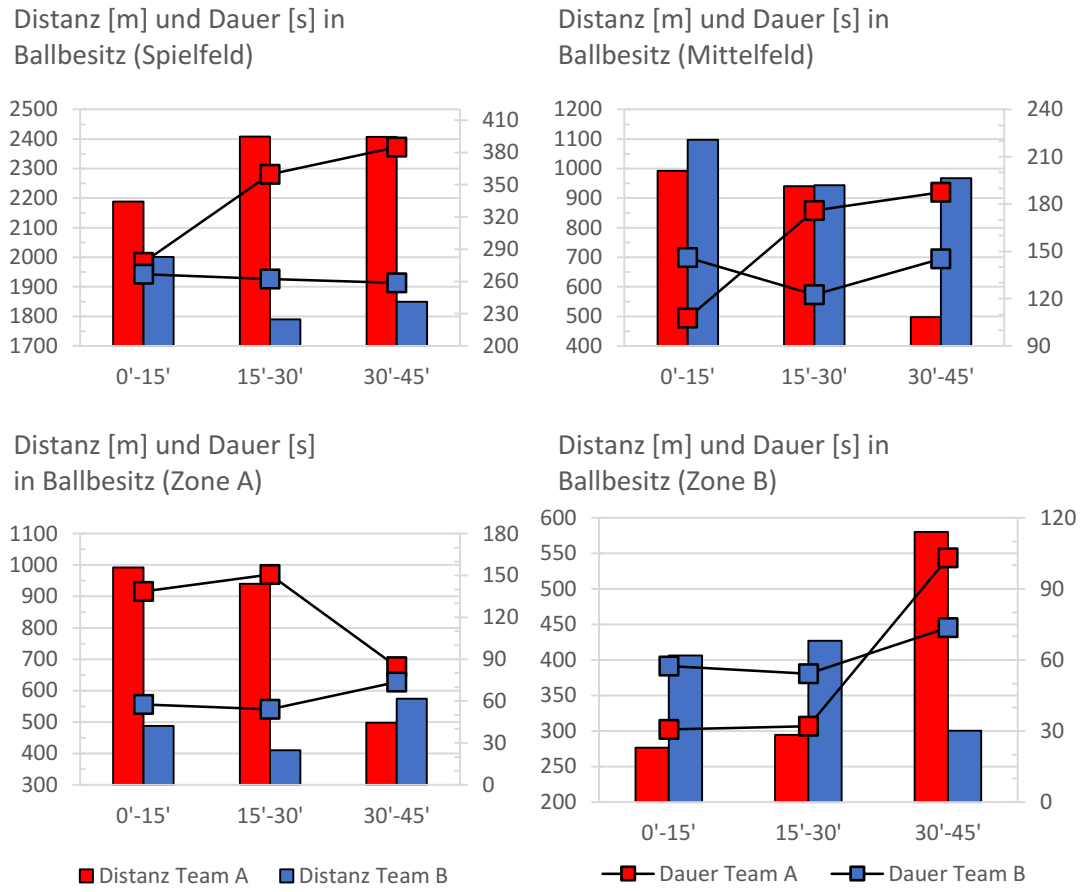


Abb. 100: Ballbesitzverhältnisse nach Zonen gemessen an der Distanz [m] und Dauer [s] im Ballbesitz für den Zeitraum der ersten Halbzeit in Spielabschnitten von je 15 Minuten (Daten: ProzoneSports)

Wird das Spiel weiter unterteilt in Analyseperioden von jeweils fünf Minuten, zeigt sich ein noch differenziertes Bild (siehe Abb. 101). Bspw. ist eine Drangphase der Gäste in den ersten fünf Spielminuten erkennbar. Danach übernahm die Heimmannschaft bezogen auf das gesamte Spielfeld die Kontrolle über das Spiel und dominierte sowohl räumlich, als auch zeitlich vor allem im Zeitraum zwischen der 25. und 35. Spielminute. Ab Minute 30 wurde das Spiel überwiegend von der eigenen in die gegnerische Zone verlagert. Nach dem 3:0 in Minute 36 (siehe Tab. 7) glichen sich die Ballbesitzverhältnisse wieder an. Weitere Information darüber können den Diagrammen entnommen werden.

In diesem Abschnitt wurde gezeigt, dass mit dem *Analyse Ball Possession* Tool auf Basis punkt- und linienhafter Trajektorien des Balls eine Vielzahl raumzeitbezogener Informationen über die Ballbesitzverhältnisse extrahiert werden können. Anhand dessen wird u.a. die räumliche Verschiebung des Spielgeschehens abgebildet, wodurch Anhaltspunkte für Folgeanalysen geliefert werden. Über die Relevanz dieses Tools ist im Rahmen der zweiten Expertenbefragung zu diskutieren (siehe Kapitel 12).

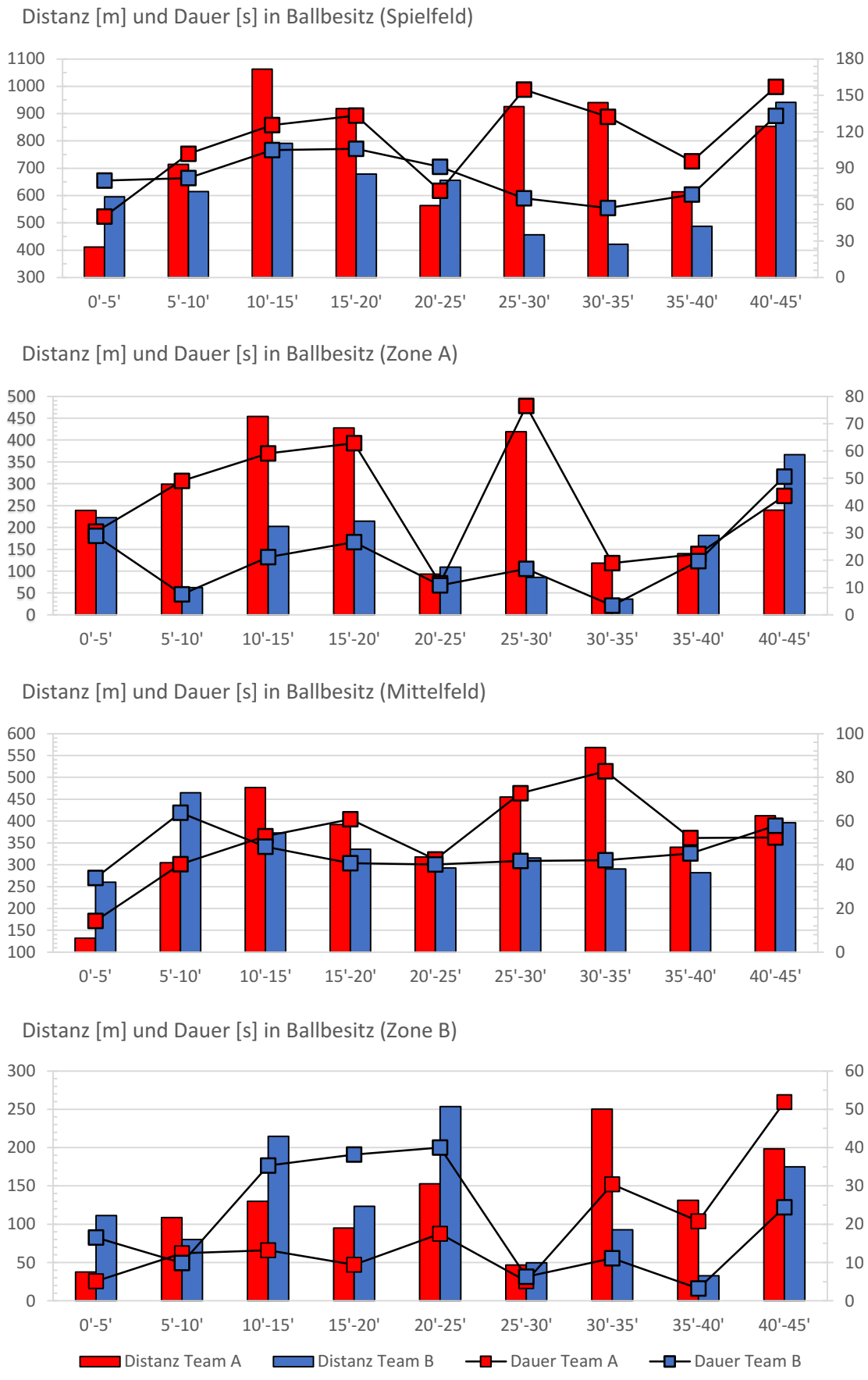


Abb. 101.: Ballbesitzverhältnisse nach Zonen gemessen an der Distanz [m] und Dauer [s] im Ballbesitz für den Zeitraum der ersten Halbzeit in Spielabschnitten von je 5 Minuten (Daten: ProzoneSports)

10.3.1.2 Analyse von Ballkontakten unter raumzeitlichen Gesichtspunkten

Zum Thema Ballbesitzverhältnisse wurde ebenfalls das *Analyse Ball Contacts* Tool entwickelt. Damit wird die raumzeitliche Verteilung von Ballkontakten auf Ebene von Einzelspielern und taktischen Formationsgruppen [Anm.: = Verteidigung, Mittelfeld, Angriff] untersucht. Ein Ballkontakt liegt im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit dann vor, wenn dieser parametrisch erfasst wird. Dies ist dann der Fall, wenn das Feld *Actor_1* eines Events eine *Player_ID* aufweist. Die TDB des Tools ist in Abb. 102 dargestellt und umfasst insgesamt zwölf Eingabeparameter. Davon sind acht obligatorisch (vgl. Tab. 11), wohingegen vier optionale Parameter die Möglichkeit bieten, eine schriftliche und/oder kartenbasierte Zusammenfassung zu erzeugen [Anm.: Basierend auf den Zonierungsvarianten I, II oder IV, siehe Abb. 48.]. Die Auswahl der Analyseperioden wirkt sich stark auf die durchschnittliche Durchführungsdauer des Tools aus. Die Auswertung, inkl. schriftlicher und kartenbasierter Zusammenfassung dauert für ganze Halbzeiten 174 Sekunden, für die Analyse von Abschnitten von jeweils fünf Minuten werden 24 Minuten und 56 Sekunden benötigt.

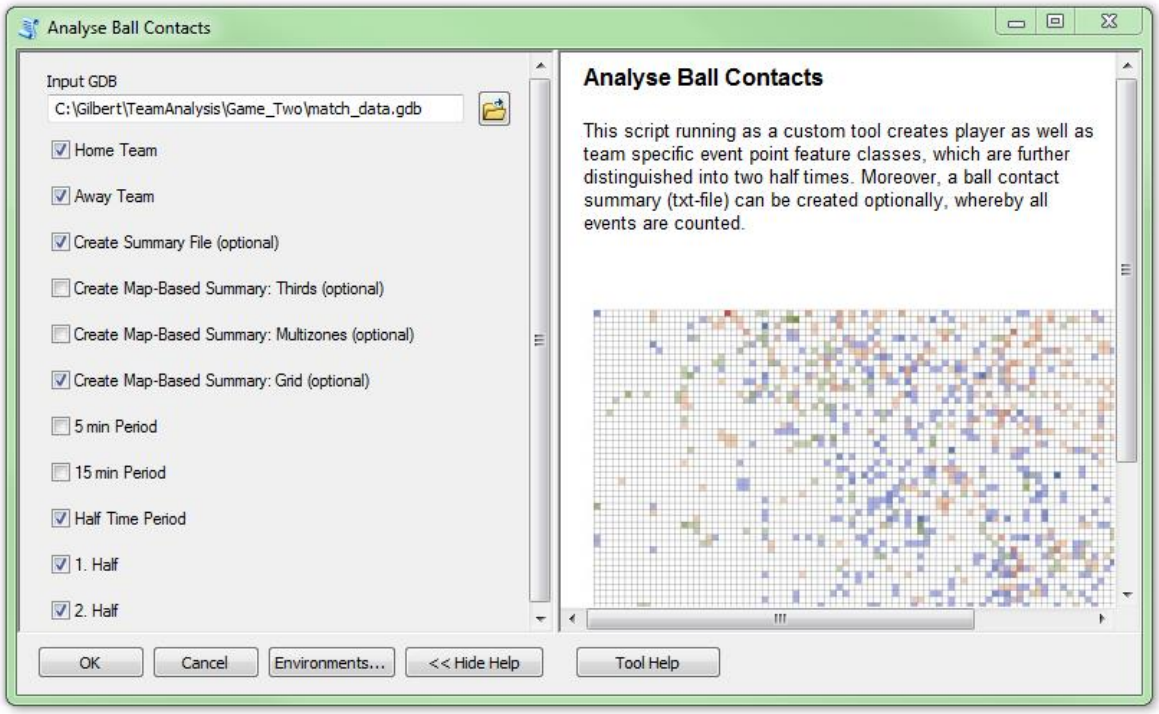


Abb. 102: Tool Dialog Box des Analyse Ball Contacts Tools

Der iterative Analyseprozess basiert auf dem halbzeitspezifischen FC *all_events*, das in das Output FDS [Anm.: = */ball_contacts.gdb/{Half_ID}*] kopiert wird [Anm.: = Variable *copy_file*]. Dort erfolgt zunächst eine attributive Verknüpfung mit dem *PIdBF* über die Felder *Actor_1* und *Player_ID*. Danach wird *copy_file* auf etwaige Spielerwechsel untersucht [Anm.: *Event_Name* = *Substitution*]. Im Bedarfsfall wird jeweils ein *Dictionary* für Ein- und Auswechslungen erstellt [Anm.: = *in_player* u. *out_player*], deren *Keys* und *Values* mit den Feldern *Player_ID* bzw. *GameMin* aktualisiert werden. Ferner wird *copy_file* von irrelevanten Attributen und Datensätzen bereinigt [Anm.: = Felder *Actor_1*, *Actor_2*, *Score*

u. *Red_Cards* bzw. nicht ballbezogene Aktionen aus der Liste *uncountable_events; = Substitution*, *Yellow_Card*, *Red_Card*, *Chance* u. *Offside*.]. Da aufgrund der attributiven Verknüpfung die taktischen Positionen der Spieler bekannt sind, können diese in taktische Formationsgruppen eingeteilt werden. Dazu wird *copy_file* ein neues Feld namens *Formation* angehängt und entsprechend Tab. 2 aktualisiert. Ab diesem Zeitpunkt steht *copy_file* für die darauffolgende Informationsextraktion zur Verfügung.

Gemäß den Eingabeparametern wurde zuvor eine Teamliste [Anm.: = *team_list*] erstellt, die in weiterer Folge durchlaufen wird. Dabei wird in Abhängigkeit der selektierten Halbzeit und Analyseperiode eine Periodenliste erstellt [Anm.: = *periodlist*, vgl. Abschnitt 9.5], die ebenso iteriert wird. Dabei werden *Team_ID* und *Period* zu einer *Where Clause* vereint, die für die Zählung der Ballkontakte der gesamten Mannschaften mit einem *SearchCursor* verwendet wird. Anschließend werden alle *Player_IDs* ausgelesen und in eine Spielerliste abgelegt [Anm.: = *playerlist*]. Bei deren Iteration wird die *Where Clause* um die *Player_ID* erweitert, womit periodenweise die Ballkontakte sämtlicher Spieler unter Berücksichtigung etwaiger Spielerwechsel gezählt werden. Ist außerdem eine kartenbasierte Ausgabe erforderlich, wird ein Feature Layer von *copy_file* abgeleitet und mit der ausgewählten Zonierungsvariante räumlich verknüpft. Nach vollständigem Durchlauf der *playerlist*, wird der Vorgang für eine Gruppenliste [Anm.: = *group_list*] wiederholt. Zu beachten ist, dass dabei der Tormann als eigenständige Gruppe von der Analyse ausgeschlossen ist.

Die Anzahl der erzeugten FC variiert in Abhängigkeit der Eingabeparameter. Um den Überblick innerhalb der FDS zu bewahren, verweisen die Bezeichnungen der FC auf deren exakten Inhalt [Anm.: = *{Half_ID}_{Team_ID}{Number/Group}_BC_{Period}_{Zone}*]. Obwohl innerhalb der schriftlichen Zusammenfassungen die extrahierten Daten ebenfalls getrennt nach Spielern und Formationsgruppen ausgegeben werden, sind diese Informationen im Ausgabeordner nach Mannschaften und Analyseperioden zusammengefasst [Anm.: = */Ball_Contacts/{Half_ID}_{Team_ID}_bc_summary_{Period}.txt*].

Das Ergebnis des *Analyse Ball Contacts* Tools ist exemplarisch in Abb. 103 dargestellt. Zu sehen ist ein Kartodiagramm der aufsummierten Ballkontakte der zu taktischen Formationsgruppen zusammengefassten Heimmannschaft für den Zeitraum der ersten Halbzeit, basierend auf Zonierungsvariante II. Die Graphik spiegelt die räumliche Verteilung der Ballkontakte wider. Zu sehen ist u.a., dass Ballkontakte auch außerhalb des Spielfeldes auftreten können. Hierbei handelt es sich nicht um einen Fehler, sondern um Einwürfe. Diese werden zwar vom Seitenaus ausgeführt, sind jedoch bereits Teil der Netto-Spielzeit. Des Weiteren ist eine ausgeprägte Spielverlagerung auf der rechten Angriffsseite zu erkennen [Anm.: Die Spielrichtung dieser Mannschaft verläuft von rechts nach links.]. Hierzu kann bspw. das *Analyse Passing Networks* Tool ergänzend hinzugezogen werden, um dominante Spielachsen auf dieser Seite zu detektieren. Auf der linken Außenbahn fällt hingegen auf,

dass in der gegnerischen Spielhälfte die Verteidigung deutlich mehr Ballkontakte hatte, als das Mittelfeld und die Offensive. In diesem Kontext ist es ggf. von Interesse eine zusätzliche Unterscheidung zwischen Offensiv- und Defensivaktionen vorzunehmen. Dies würde definitiv die Interpretation des graphischen Ergebnisses unterstützen. Sofern dies auch von den Experten im Rahmen der zweiten Expertenbefragung befürwortet wird (siehe Kapitel 12), sind dementsprechende Adaptionen des Tools in die Wege zu leiten. Dazu könnte bspw. die *Team_ID* der einzelnen Ballkontakte mit der *Team_ID* der unmittelbar vorherigen Events abgeglichen werden. Sind diese ident, handelt es sich um eine Offensivaktion, andersrum hingegen um eine Defensivaktion. Darüber hinaus sind zur Steigerung der Aussagekraft des Tools weitere thematische Erweiterungen diskutabel.

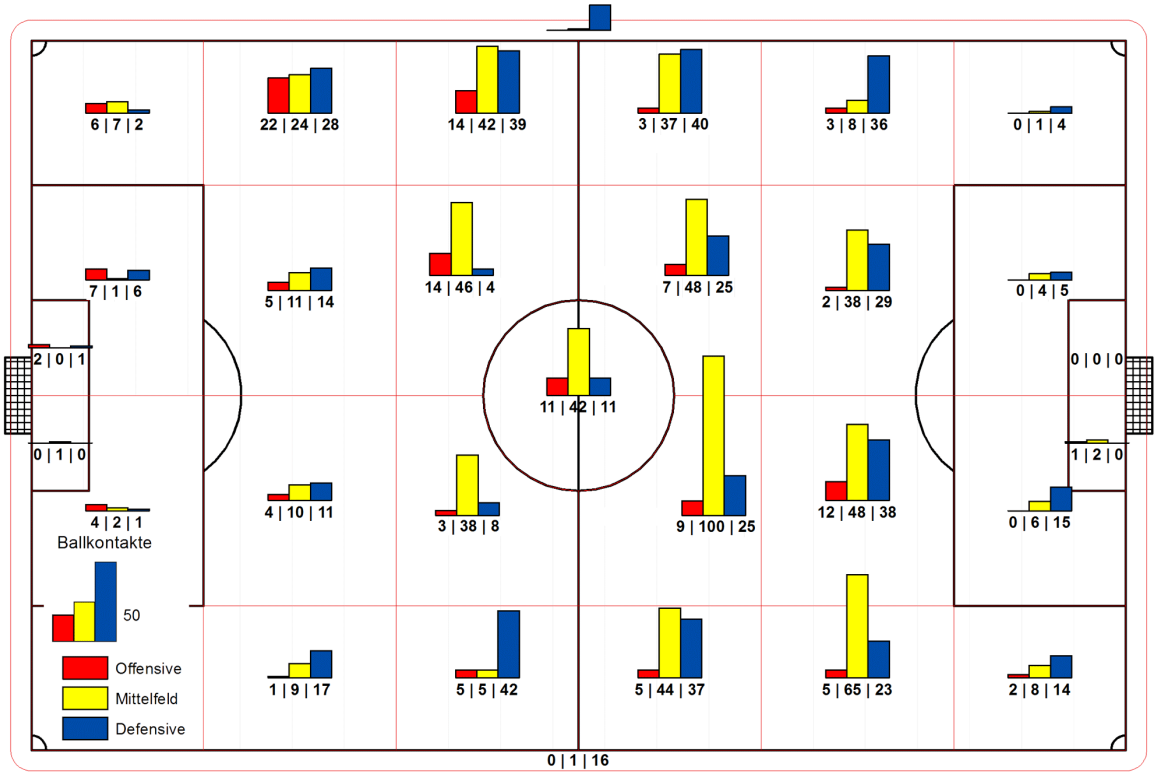


Abb. 103: Darstellung der räumlichen Verteilung der Ballkontakte der Heimmannschaft für den Zeitraum der ersten Halbzeit bezogen auf Spielfeldzonen und Formationsgruppen (Daten: ProzoneSports)

Der Anwendungsbereich des *Analyse Ball Contacts* Tools ist gekennzeichnet von einem fließenden Übergang zwischen der Einzelspieler- und der Mannschaftsanalyse. Während in diesem Zusammenhang in Abb. 103 Formationsgruppen gegenübergestellt sind, wird in Abb. 104 die räumliche Verteilung der Ballkontakte von drei Spielern miteinander verglichen. Hierfür wurden beispielhaft der zentrale rechte Innenverteidiger 347300, der rechte Außenläufer 345596 sowie der rechte Stürmer 341918 ausgewählt. Anhand der Graphik können die primären Aktionsräume dieser Spieler grob eingegrenzt werden. Entscheidend hierfür ist eine feinmaschige Spielfeldzonierung, weswegen u.U. ein gleichmäßiger 1 m x 1 m Raster zu bevorzugen ist [Anm.: = Zonierungsvariante I, siehe Abb. 48]. Derartige Schlussfolgerungen sind jedoch lediglich Mutmaßungen sind und daher zwingend zu überprüfen.

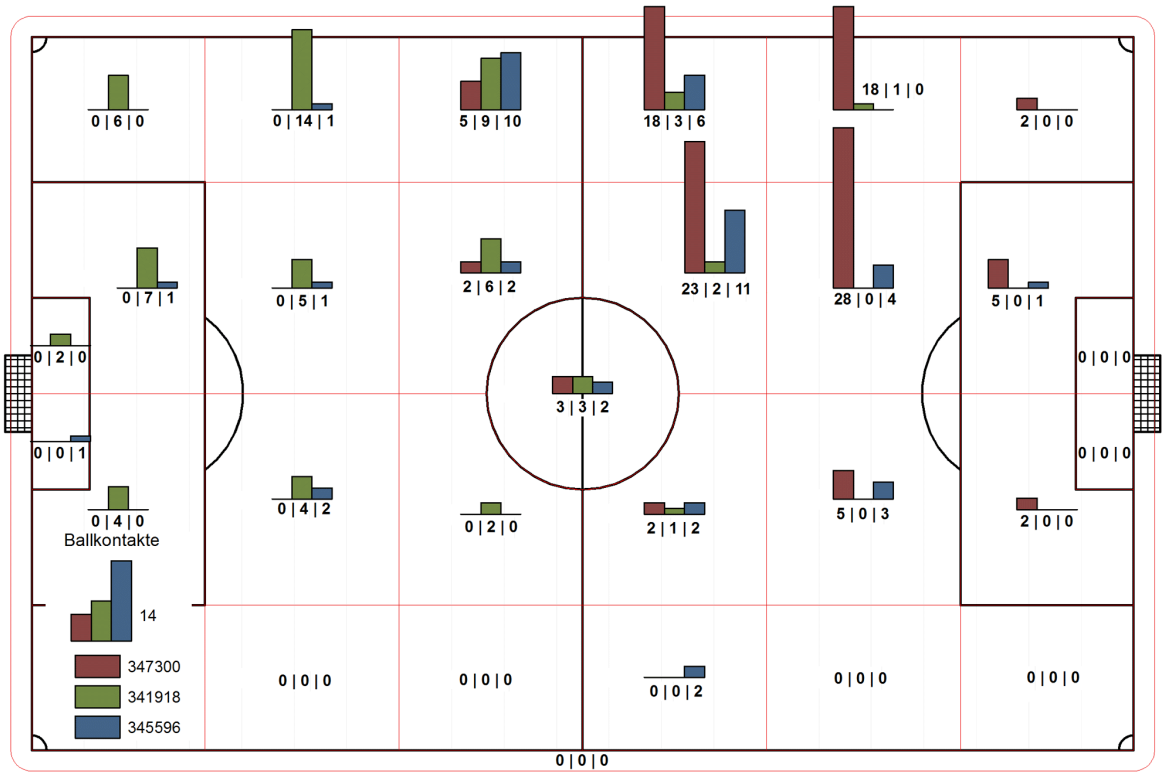


Abb. 104: Gegenüberstellung der räumlichen Verteilung der Ballkontakte der Spieler 347300, 341918 und 345596 für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Abschließend ist die schriftliche Ausgabe des *Analyse Ball Contacts* Tools exemplarisch in Abb. 105 anhand der Werte beider Teams für den Zeitraum der ersten Halbzeit dargestellt. Darin sind bezogen auf das gesamte Spielfeld die Anzahl der Ballkontakte pro Spieler sowie der drei Formationsgruppen aufgelistet. Alternativ dazu ist je nach Verwendungszweck die Datenaufbereitung in Karten- oder Diagrammform diskutabel. Ein Vergleich beider Zusammenfassungen zeigt bspw., dass die Gastgeber in der ersten Hälfte 77 Ballkontakte mehr hatten. Bei Formationsgruppen ist außerdem die Gruppengröße zu berücksichtigen. Andernfalls könnten Differenzen, wie etwa im Falle der beiden Offensivabteilungen, falsch interpretiert werden. Der Unterschied liegt hierbei bei 55 Ballkontakten. Jedoch lief Team A mit zwei Stürmern, Team B hingegen nur mit einem Angreifer auf (siehe Tab. 6).

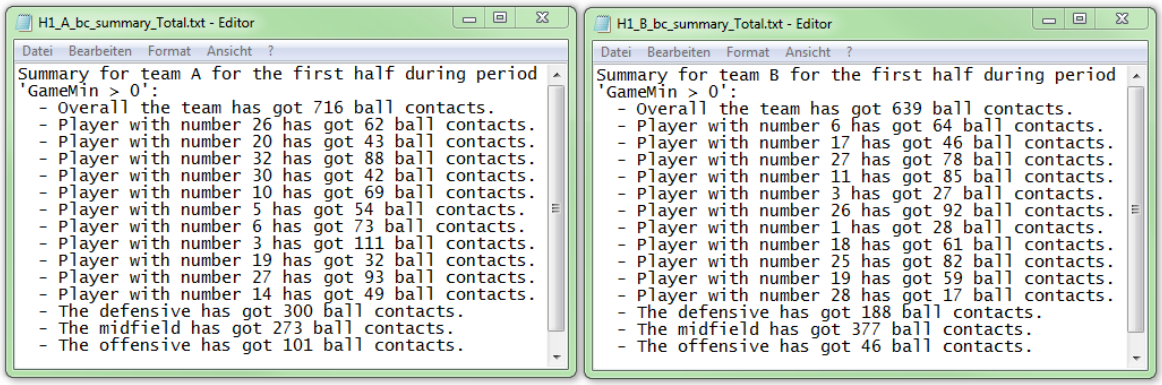


Abb. 105: Ballkontakte beider Teams für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Da Pässe ebenfalls Ballkontakten entsprechen, korreliert deren Anzahl mit der Zentralität der Spieler (siehe Abschnitt 10.2.2). Bei Vergleich der Analyseergebnisse zeigt sich z.B.,

dass jene drei Spieler mit den höchsten Zentralitätswerten, auch am meisten Ballkontakte hatten (vgl. Abb. 94 u. Abb. 105). Dahingehend könnte u.U. der Zentralitätsparameter um die Anzahl der Ballkontakte erweitert werden.

Unter Einsatz des *Analyse Ball Contacts* Tools werden Ballbesitzverhältnisse anhand der Anzahl und räumlichen Verteilung von spieler- und gruppenspezifischen Ballkontakten beschrieben. Dadurch werden gemeinsam mit den Ergebnissen des *Analyse Ball Possession* Tools Indizien über Aktionsräume geliefert. Diesen Anhaltspunkten wird im nächsten Abschnitt nachgegangen.

10.3.2 Vergleich von spieler-, gruppen- und teamspezifischen Aktionsräumen

In diesem Abschnitt wird die räumliche Ausdehnung und Ausrichtung einzelner Spielerbewegungen sowie kollektiver Bewegungsabläufe untersucht. Hierfür werden die als Punktwolken zur Verfügung stehenden Spielertrajektorien herangezogen (siehe Abschnitt 6.4), wovon spieler-, gruppen- und mannschaftsspezifische Aktionsräume mittels Standardabweichungsellipsen abgeleitet werden. Gemäß A. MITCHELL ([MIT-09]) können damit Trends in der räumlichen Punkteverteilung nicht nur visuell abgelesen, sondern auch anhand der Ellipsenparameter nach statistischen Methoden bestimmt werden. Während beide Halbachsen der Ellipse gemäß Formel 17 berechnet werden, bezieht sich deren Zentrum auf den räumlichen Mittelwert der Punktverteilung [Anm.: siehe Formel 6 für die Berechnung des arithmetischen Mittelwertes. Zur Bestimmung des räumlichen Mittwertes wird Formel 6 separat für die X/Y-Koordinaten angewandt.]. Das Ellipsenzentrum entspricht der durchschnittlichen Position aller Features innerhalb des Untersuchungsgebietes [Anm.: = räumliche Ausdehnung der Punktwolke] (vgl. ebd.).

$$SD_X = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}{n}} \qquad SD_Y = \sqrt{\frac{\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

Formel 17: Längenbestimmung (Standardentfernungen) beider Halbachsen einer Standardabweichungsellipse ([MIT-09])

Standardabweichungsellipsen bestimmen getrennt nach X/Y-Koordinaten die Standardabweichung aller Features einer Punkteverteilung von dessen Zentrum (ebd.). Da dabei die Orientierung der Ellipsen als Winkelangabe parametrisch erfasst wird, kann im Falle von Fußballspielen die Stärke der vertikalen oder horizontalen Ausrichtung des Spiels berechnet werden (vgl. ebd.).

Hierfür wurde das *Analyse Spheres of Action* Tool entwickelt, das für Spieler, Gruppen oder Mannschaften angewandt werden kann. Zudem kann sowohl eine temporale Segmentierung, als auch eine Differenzierung nach Ballbesitzverhältnissen vorgenommen werden. Damit sollen Aktionsräume räumlich eingegrenzt und charakterisiert werden, wobei optional die *Raumverteilung* im Offensiv- und Defensivspiel gegenübergestellt werden kann. Zu bedenken ist, dass hierbei ein deskriptiver Analyseansatz verfolgt wird, dessen Ergebnisse Puzzleteile einer umfangreichen Spielanalyse sind.

Die TDB setzt sich aus insgesamt 13 Eingabeparametern zusammen (siehe Abb. 106), wovon acht obligatorisch sind (vgl. Tab. 11). Daneben können die Analyseeinheiten [Anm.: = Spieler, Gruppen, Mannschaft], der zeitliche Bezugsrahmen [Anm.: = Brutto- oder Nettospielzeit] sowie die Option zur Differenzierung nach Ballbesitzverhältnissen mittels Boolescher Abfragen ausgewählt werden. Je nach Konfiguration variiert die benötigte Durchführungszeit. Bspw. nimmt die Ausführung des Tools für Analyseperioden von jeweils fünf Minuten, inkl. einer Unterscheidung nach Ballbesitz insgesamt elf Minuten und 20 Sekunden in Anspruch. Hingegen benötigt das Tool unter den in Abb. 106 dargestellten Standardeinstellungen lediglich 80 Sekunden.

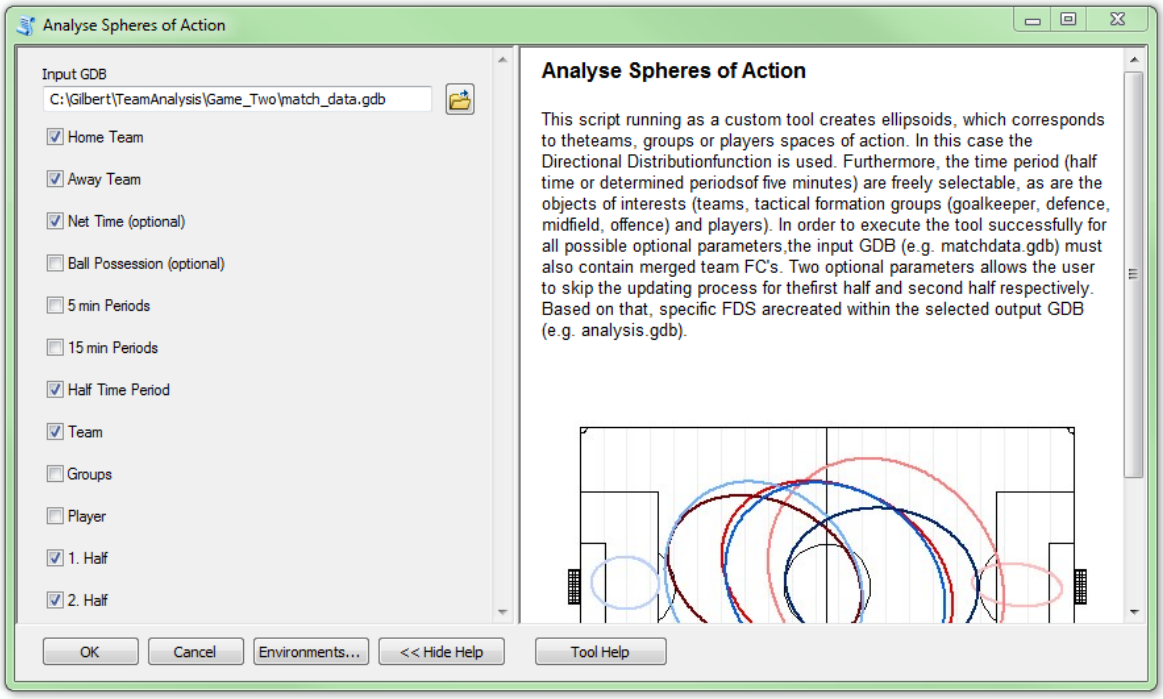


Abb. 106: Tool Dialog Box des Analyse Spheres of Action Tools

Unabhängig der Analyseeinheit werden für die Ausführung des Tools die zu Teams fusionierten FC herangezogen [Anm.: = Ausgabe des *Team Merge* Tools.]. Diese werden in Abhängigkeit der Eingabeparameter in eine Liste gespeichert [Anm.: = *datalist*], die danach durchlaufen wird. Dabei werden die einzelnen FC ausgelesen und in das Output FDS kopiert [Anm.: = *copy_file*]. Gemäß den Ausführungen in Abschnitt 9.5 wird außerdem eine Periodenliste erstellt, die ebenfalls iteriert wird [Anm.: = *periodlist*]. Darin dienen die Schleifenvariablen zur Bildung einer *Where Clause*, die ggf. um eine *time query* oder *ball possession query* ergänzt wird [Anm.: = *„Time = ‚IT‘“* oder *„Time = ‚IT‘ OR Time = ‚NT‘“* bzw. *„BP = ‚A‘“* oder *„BP = ‚B‘“*]. Unter Angabe der *Where Clause* werden mit dem *ArcGIS System Tool Select* die zur Berechnung der Standardabweichungsellipse benötigten Features aus *copy_file* selektiert [Anm.: = *select_fc*]. Der finale Analyseschritt wird hingegen mit dem *ArcGIS System Tool DirectionalDistribution* durchgeführt [Anm.: = *dd_file*]. Das *Case_Field* dient hierbei zur Berücksichtigung etwaiger Gruppierungen [Anm.: *Player_ID* für Einzelspieler und *Formation* für Gruppen.].

Die Standardabweichungsellipsen werden in Abhängigkeit der Eingabeparameter in die verschiedenen Output FDS gespeichert, die nach Spielhälfte, Analyseperioden und -einheiten getrennt sind [Anm.: = */spheres.gdb/{Half_ID}_{period}_{player/groups/team}*]. Die Namen der darin enthaltenen FC folgen einem festgelegten Schema, das Rückschlüsse auf dessen Inhalt zulässt [Anm.: = *{Half_ID}_{Team_ID}_{GT/NT}_{PL/FG/}{Period}_DD{_A/_B}*]. Da konträr zu anderen Analysetools keine schriftliche Zusammenfassung ausgegeben wird, sind die Ellipsenparameter direkt aus den Attributtabellen der FC auszulesen. Im Folgenden wird eine Auswahl von Standardabweichungsellipsen des ausgewählten Spiels unterschiedlicher Analyseeinheiten und Einstellungen präsentiert. Beginnend mit Abb. 107 sind die Aktionsräume beider Mannschaften für den Zeitraum der ersten Halbzeit dargestellt.

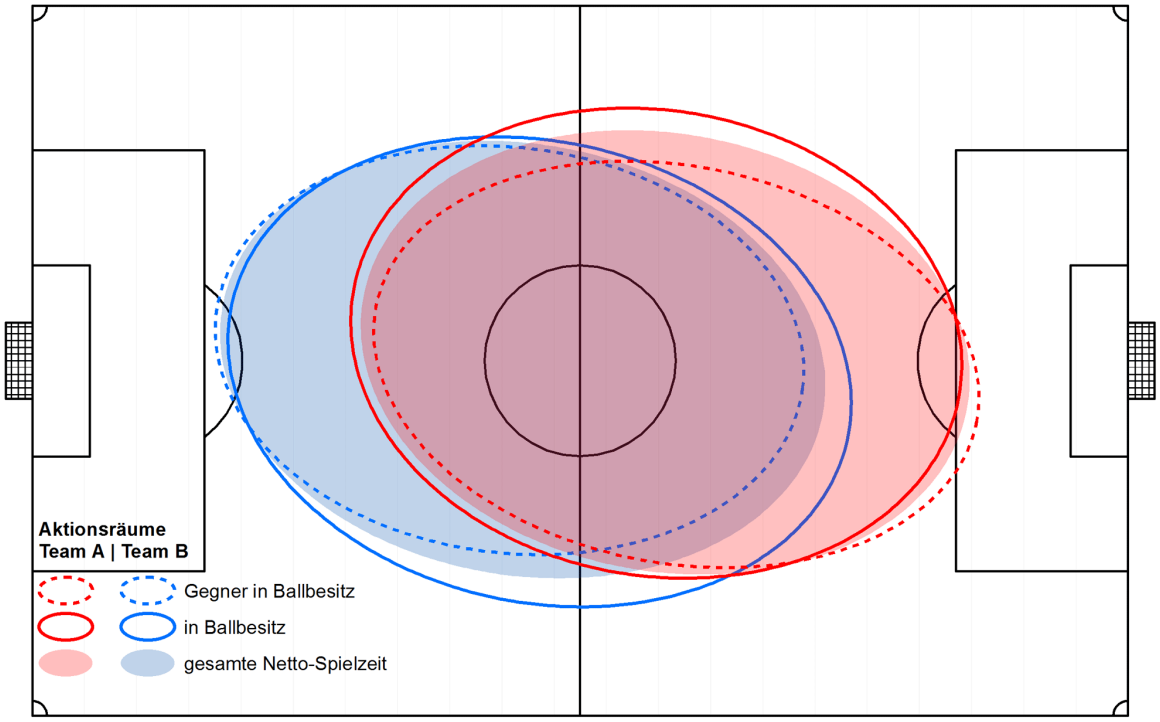


Abb. 107: Mannschaftsbezogene Aktionsräume, differenziert nach Ballbesitzverhältnissen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Bezogen auf die gesamte Netto-Spielzeit ist der Flächenunterschied beider teamspezifischer Aktionsräume mit rund 41 m² marginal [Anm.: 1.936,21 m² u. 1.895,35 m² bei Team A bzw. Team B]. In Abschnitt 5.2 wurde bereits das Phänomen des *schrumpfenden Raumes* thematisiert, wonach Statistiker davon ausgehen, dass während des Spiels lediglich 1.200 m² bis 1.500 m² der Spielfeldfläche beansprucht werden ([PWL-01]). Allerdings ist hierzu weder bekannt, wie dieses Ergebnis zustande kam, noch ob Torhüter von der Berechnung ausgeschlossen waren. Daher sind Größenvergleiche mit den hier dargestellten Standardabweichungsellipsen unzulässig. Ungeachtet dessen zeugen die Resultate des *Analyse Spheres of Action* Tools ebenfalls von dieser Gegebenheit. Ferner sind die Verhältnisse der Halbachsen beider Ellipsen mit 1,41 und 1,40 bei Team A bzw. Team B nahezu ident. Des Weiteren liegen beide Flächenzentren jeweils in der eigenen Spielfeldhälfte. Sofern die X-

Koordinate des Mittelpunkts als Offensivmaß interpretiert werden kann, war das Mannschaftskollektiv der Gäste im Durchschnitt um 2,5 m höher positioniert. Darüber hinaus waren hinsichtlich der Orientierung beide Teams mit 100,41° und 99,98° bei Team A bzw. Team B faktisch gleich stark auf ihre rechte Angriffsseite ausgerichtet.

Konträr zu W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]) und R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) wiesen F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) einen Zusammenhang zwischen der horizontalen Flächenausdehnung einer Mannschaft und den Ballbesitzverhältnissen nach (siehe Abschnitt 4.4). In allen drei Studien wurden für die Auswertungen konvexe Hüllen verwendet. Die Ergebnisse des *Analyse Spheres of Action* Tool bekräftigen die Resultate von F. A. MOURA et al. (ebd.). In Anbetracht von Abb. 107 sind die kleinen Halbachsen beider Teams während des eigenen Ballbesitzes länger als vergleichsweise bei Ballkontrolle des Gegners. Dies wird als Indiz dafür angesehen, dass Mannschaften im Angriff in die Breite gehen, um Räume zu schaffen und umgekehrt sich in Verteidigungssituationen zusammenziehen. Dieses Phänomen spiegelt sich außerdem in den Flächenangaben wider. In Ballbesitz deckten die Heim- und Auswärtsteams 2.061,79 m² bzw. 2.092,34 m² ab, hingegen bei gegnerischen Ballbesitzes lediglich 1.750,19 m² bzw. 1.725,85 m². Trotz dieser Indizien sind die Ergebnisse von F. A. MOURA et al. (ebd.) aufgrund der gegenteiligen Erkenntnisse von W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]) und R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) kritisch zu hinterfragen. Allerdings ist auch die Arbeit von W. FRENCKEN et al. ([FRE-11]) diskutabel, da konträr zu den anderen Studien die darin beschriebenen Analysen nicht auf realen Wettkampfdaten, sondern auf *small-sided soccer games* (SSSG) basieren. Angesichts der verbleibenden offenen Fragen, gilt es im Rahmen von Folgestudien auf Basis einer repräsentativen Datengrundlage die Eignung von Standardabweichungsellipsen zur Beschreibung von Aktionsräumen zu überprüfen.

Im zweiten Beispiel sind Standardabweichungsellipsen für Zeitabschnitte von jeweils 15 Minuten für den Zeitraum der ersten Halbzeit dargestellt (siehe Abb. 108). Während der Farbwert der Ellipsen zur Differenzierung beider Teams dient, wird zur Unterscheidung der Analyseperioden die Sättigung verwendet [Anm.: Team A = rot, Team B = blau sowie hell bis dunkel stellvertretend für früh bis spät.]. Während die Orientierung der einzelnen Ellipsen nahezu konstant ist, ist ein Vergleich der Flächenangaben lohnenswert. Gemäß der These, wonach Mannschaften im Angriff in die Breite gehen, ist eine Drangphase der Gastgeber in der letzten Viertelstunde der Halbzeit erkennbar. Die für Zeitspannen von jeweils 15 Minuten erhobenen Ellipsenflächen betragen hierzu in chronologischer Reihenfolge 1.864,52 m², 1.824,30 m² und 2.059,96 m². Diese Erkenntnis deckt sich mit den Ergebnissen des *Analyse Ball Possession* Tools (siehe Abschnitt 10.3.1.1). Der kontinuierliche Vorwärtsdrang der Heimmannschaft ist auch an der X-Koordinate des Ellipsenzentrums ablesbar. Während der räumliche Mittelpunkt im ersten Halbzeitdrittel mit 10,81 m noch weit in der eigenen Spielfeldhälfte lag, rückte das Team im Kollektiv im nächsten Zeitabschnitt auf 8,46 m und schließlich in den letzten 15 Minuten auf 5,58 m vor.

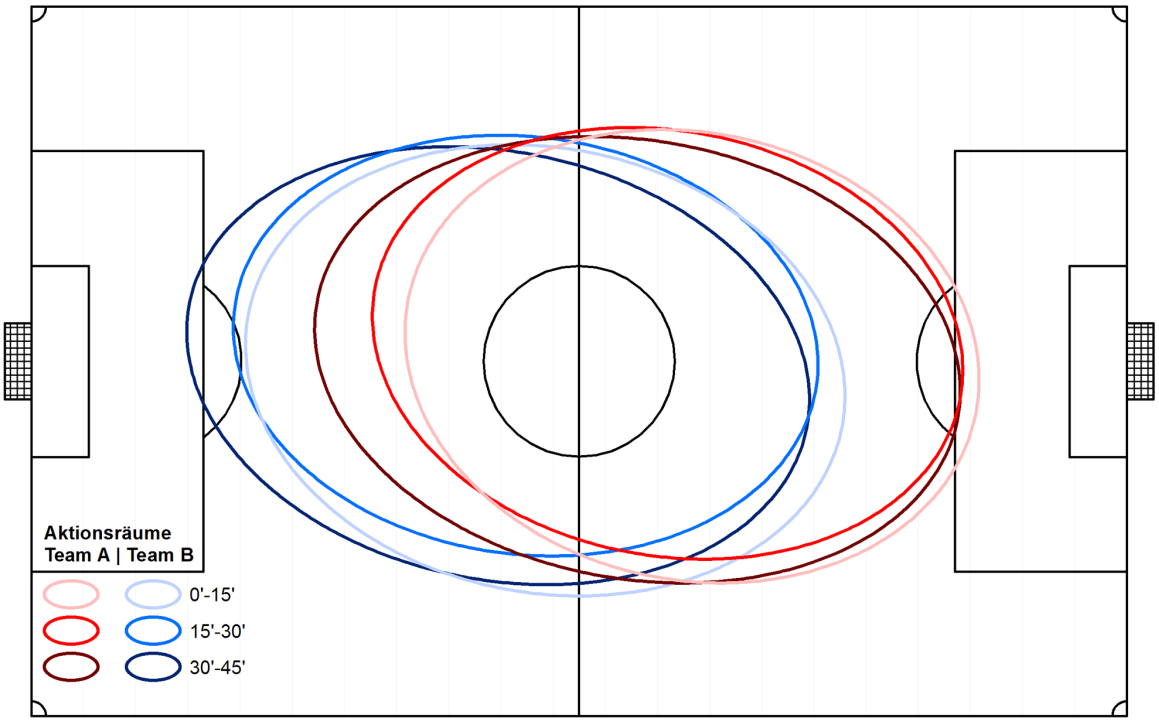


Abb. 108: Mannschaftsbezogene Aktionsräume für Abschnitte von je 15 Minuten für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Die Ausführungen zeigen, dass anhand der Ellipsenparameter nicht nur die räumliche Verteilung und die Aktionsräume von Mannschaften charakterisiert werden können, sondern auch der dynamische Verlauf des Spiels. Im nächsten Beispiel sind exemplarisch für Analyseperioden von jeweils 15 Minuten, die Aktionsräume der Gastgeber getrennt nach Ballbesitzverhältnissen dargestellt (siehe Abb. 109). Dadurch kann im Vergleich zu den beiden vorherigen Abbildungen ein differenziertes Bild des Spielverlaufs skizziert werden.

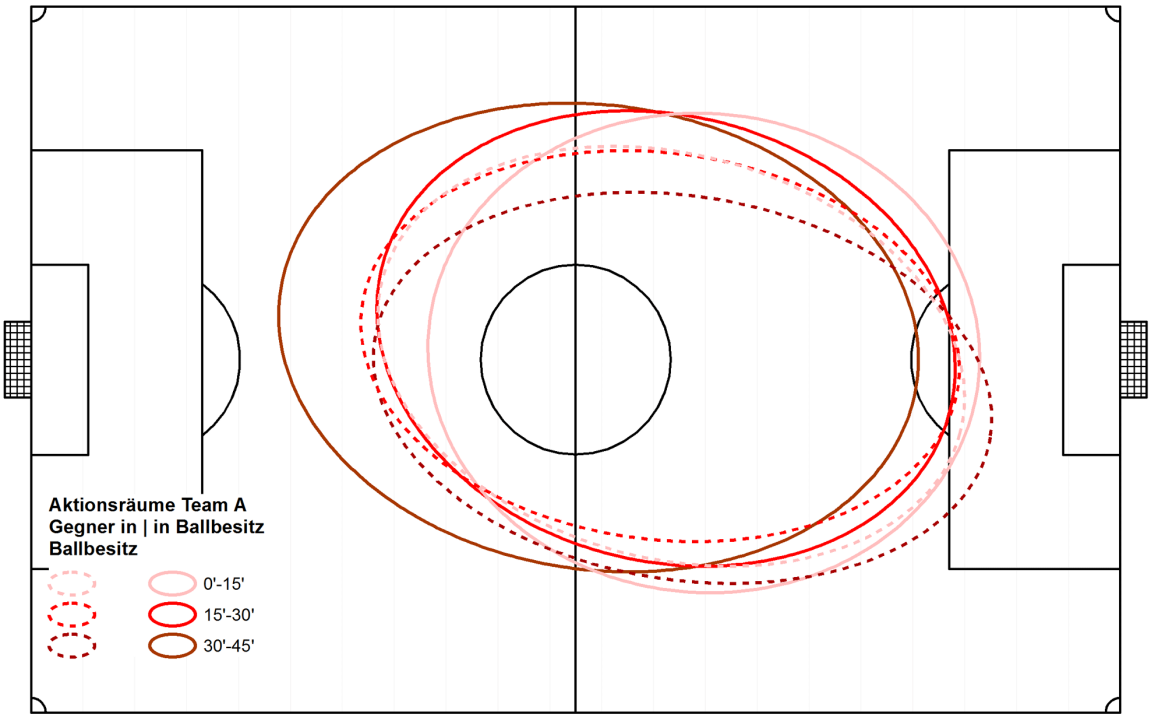


Abb. 109: Aktionsräume der Heimmannschaft differenziert nach Ballbesitzverhältnissen für Abschnitten von je 15 Minuten für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Ergänzend zu Abb. 109 bietet Tab. 15 eine detaillierte Auflistung der Ellipsenparameter. Darin kann durch Vergleich der X-Koordinaten der Ellipsenzentren die vertikale Verschiebung des Spielgeschehens in Abhängigkeit der Ballbesitzverhältnisse ausgelesen werden. Alternativ dazu könnte unter Verwendung von Zeitintervallen von jeweils fünf Minuten eine feingliedrigere Untersuchung durchgeführt werden. Die einzelnen Werte sind analog zu den obigen Ausführungen zu interpretieren.

Zeit-raum	in Ballbesitz				gegnerischer Ballbesitz			
	Fläche [m²]	Zentrum X|Y [m|m]	X Std.Dist. [m]	Y Std.Dist. [m]	Fläche [m²]	Zentrum X|Y [m|m]	X Std.Dist. [m]	Y Std.Dist. [m]
0'-15'	1928,7	12,35 | 0,64	26,61	23,07	1761,49	9,10 | 0,33	28,81	19,47
15'-30'	1904,1	8,71 | 2,04	28,23	21,47	1694,5	8,13 | 1,30	29,98	18,61
30'-45'	2177,38	2,2 | 2,13	30,99	22,37	1741,71	10,31 | -2,72	30,03	18,61

Tab. 15: Parameter der in Abb. 109 dargestellten Standardabweichungsellipsen

Während die Analyseeinheiten in den bisherigen Beispielen ausschließlich von kompletten Mannschaften gebildet wurden, zeigt Abb. 110 beispielhaft die Aktionsradien von taktischen Formationsgruppen beider Teams. Um inkorrekten Schlussfolgerungen vorzubeugen, ist analog zur Auswertung der Ballkontakte auch hier die Gruppengröße zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 10.3.1.2 u. siehe Tab. 6).

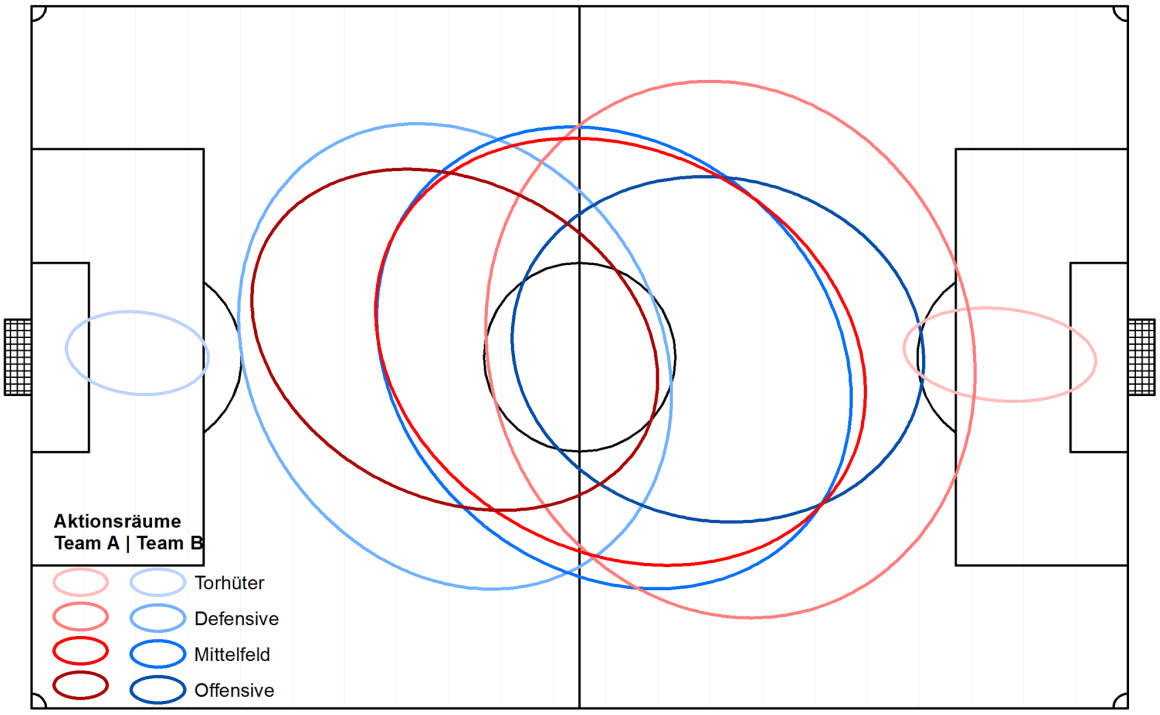


Abb. 110: Gruppenspezifische Aktionsräume für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Abschließend zeigt Abb. 111 eine Zusammenstellung der Aktionsräume der Einzelspieler beider Mannschaften für den Zeitraum der ersten Halbzeit. Auffallend sind vor allem die beiden Außenverteidiger der Gastgeber, die im Vergleich zu ihren Pendants im gegnerischen Team weitaus offensiver agierten. Ferner scheint es so, als ob der Torhüter der Heimmannschaft sich stärker am Spiel beteiligte als sein Gegenüber. Ob er tatsächlich öfter seinen Strafraum verließ, um bspw. als zusätzliche Anspielstation im Aufbauspiel zu fungieren, kann jedoch anhand der Graphik nicht belegt werden.

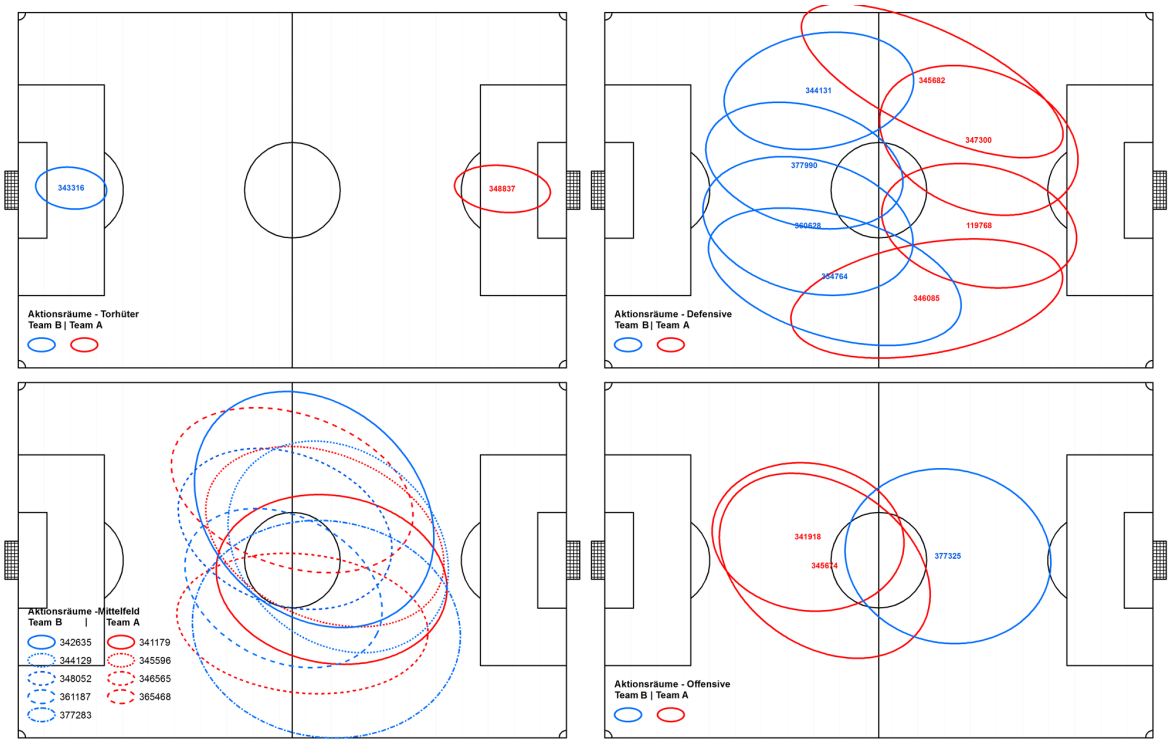


Abb. 111: Spielerspezifische Aktionsräume für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Im Allgemeinen liefert das *Analyse Spheres of Action* Tool viele Anhaltspunkte über das Spielerverhalten, etwaige Taktikvorgaben u.dgl. Wichtig dabei ist, Indizien nicht mit Fakten gleichzusetzen. Aufgrund der limitierten Datenbasis kann die Aussagekraft des Tools an dieser Stelle nicht verifiziert werden. Zudem fehlt es an anderen Datenquellen, auf deren Basis Hinweisen über das Spielgeschehen nachgegangen werden könnte. Daher wurde im Rahmen dieses Abschnittes auf eine ausführlichere Beschreibung der einzelnen Ergebnisse verzichtet und stattdessen die unterschiedlichen Inhalte der Ausgaben sowie die Ellipsenparameter präsentiert. Dabei wurde das Ziel verfolgt, einen möglichst großen Überblick über die Funktionalität dieses Tools zu geben. Thematisch gesehen kann nicht nur eine Auswahl verschiedener Analyseeinheiten vorgenommen, sondern auch kontextbezogen nach Ballbesitzverhältnissen differenziert werden. Des Weiteren kann der Analyseprozess in konstante Zeitabschnitte unterteilt werden, wodurch eine Charakterisierung des dynamischen Spielverlaufs möglich ist. Darüber hinaus bieten die Angaben zur Rotation sowie der X-Koordinate des Ellipsenzentrums die Möglichkeit, Aussagen über die räumliche Spielausrichtung bzw. das vertikale Spielverhalten abzuleiten.

Analog der Analyse von Ballkontakten (siehe Abschnitt 10.3.1.2) ist dieser Anwendungsbereich von einem fließenden Übergang zwischen Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse gekennzeichnet. Dies zeigen auch die Querverbindungen zu den Abschnitten 9.3, 10.3.1.1 und 10.3.1.2, in denen die dort angeführten Analyseergebnisse als allfällige Indizien für Aktionsräume angesehen wurden. Hierzu bietet Abb. 112 eine räumliche Gegenüberstellung einer individuellen und teamspezifischen Standardabweichungsellipse mit den potenziellen Indikatoren *Ballkontakte*, *Passpositionen* bzw. *Ballbesitz*.

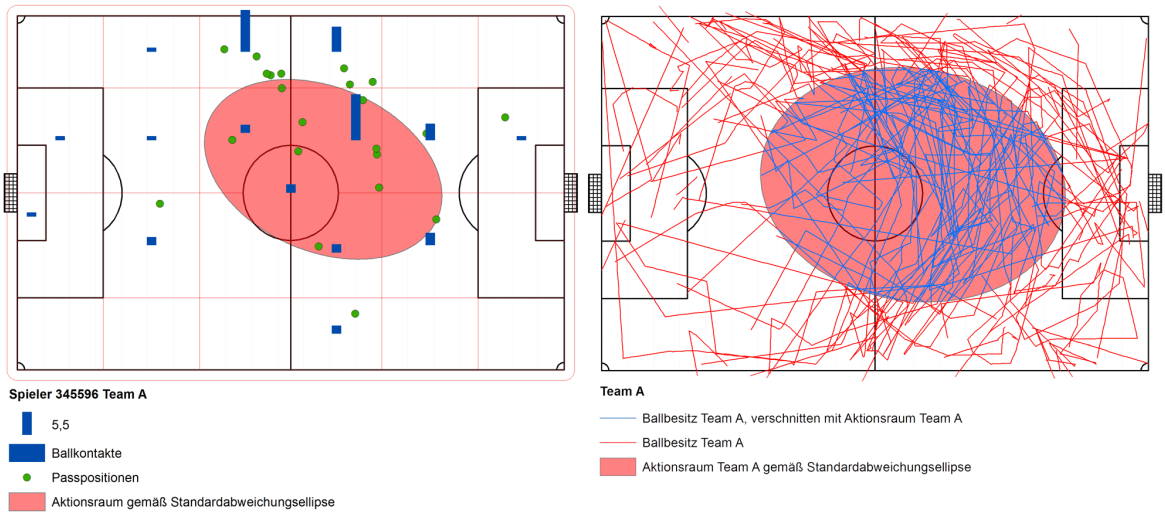


Abb. 112: Räumliche Gegenüberstellung der Standardabweichungsellipsen mit potenziellen Aktionsraumindikatoren (Daten: ProzoneSports)

Die in Abschnitt 9.3 geäußerte Vermutung, wonach Passpositionen ein Indiz für spielerspezifische Aktionsräume sind, kann in Anbetracht von Abb. 117 nicht bekräftigt werden. Bezugnehmend auf die Graphik wurden weniger als 50 % bzw. zehn von 22 Pässen des Spielers 345596 innerhalb seines durch eine Standardabweichungsellipse ausgewiesenen Aktionsraumes verortet. Des Weiteren fanden darin nur 40,82 % bzw. 20 von 49 Ballkontakten statt. Ein vergleichbares Bild zeigt sich für die Mannschaft, wobei lediglich 3.292,95 m bzw. rund 47 % der Gesamtdistanz von 7.004,27 m am Ball innerhalb des berechneten Aktionsraumes zurückgelegt wurden. Die Gegenüberstellung führt zur vorläufigen Erkenntnis, dass weder Passpositionen oder Ballkontakte, noch die Position des Balls im Ballbesitz auf Einzelspieler- bzw. Mannschaftsebene als zuverlässige Indikatoren zur Abgrenzung von Aktionsräumen herangezogen werden können. *Vorläufig* deshalb, da die Überprüfung der Annahmen lediglich auf Basis der Daten eines Spielers bzw. einer Mannschaft durchgeführt wurde. Im Falle der Bereitstellung einer größeren Datenbasis ist daher eine eingehende Verifizierung nachzuholen. Darüber hinaus gilt zu klären, inwiefern Standardabweichungsellipsen mit den angeführten potenziellen Indikatoren überhaupt vergleichbar sind, da die Berechnungen einerseits auf Spielerbewegungen, andererseits auf ballspezifischen Positionen beruhen. Abgesehen davon muss zuerst im Kontext der Spielanalyse die Zweckmäßigkeit von Standardabweichungsellipsen zur Abgrenzung von Aktionsräumen festgestellt werden (siehe Abschnitt 12.2.2).

10.3.3 Bestimmung der räumlichen Kompaktheit

Die Kompaktheit einer Mannschaft ist ein Kennzeichen ihrer inneren Stabilität, die anhand der räumlichen Anordnung der Spieler berechnet wird. F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) verwendeten hierzu die *Frobeniusnorm*, währenddessen R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) zusätzlich den so genannten *Stretch Index* berechneten. Als Bezugsfläche wurde in beiden Fällen eine konvexe Hülle verwendet. Diesbezüglich wiesen F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) eine Korrelation zwischen geringer Kompaktheit und Gegentoren nach, gaben jedoch dabei

zu bedenken, dass die Zahlen stets kontextbezogen zu interpretieren sind (siehe Abschnitt 4.4). In Übereinstimmung dazu beobachteten C. REEP u. B. BENJAMIN ([REE-68]) Zusammenhänge zwischen der Kompaktheit und zugelassenen Torchancen.

Die Grundannahme hinter dem Parameter *Kompaktheit* ist, dass je kompakter bzw. räumlich stabiler eine Mannschaft ist, desto schwerer es für den Gegner ist Tormöglichkeiten zu generieren. Im Folgenden werden für dieses Fallbeispiel in Anlehnung an R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) und F. A. MOURA et al. ([MOU-12]) zur Abbildung des kollektiven Mannschaftsgefüges konvexe Hüllen verwendet. Die Kompaktheit wird hingegen mit der Standardentfernung zwischen den Spielern ausgedrückt, die laut A. MITCHELL ([MIT-09]), ein gängiges Maß zur Quantifizierung der Kompaktheit räumlicher Punkteverteilungen ist (siehe Formel 18).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}{n} + \frac{\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

Formel 18: Berechnung der Standardentfernung ([MIT-09])

Der Wert der Standardentfernung kann als Radius verstanden und in Form eines Kreises um den arithmetischen Mittelpunkt einer Punkteverteilung dargestellt werden. Dabei gilt, je kleiner der Wert bzw. Kreis, desto konzentrierter die Verteilung und umgekehrt. Auf Basis dieser Berechnung können in Hinblick auf die *Raumverteilung*, für unterschiedliche Situationen Vergleiche zwischen beiden Mannschaften durchgeführt werden. Hierzu wurde das *Analyse Compactness* Tool entwickelt, dessen TDB in Abb. 113 zu sehen ist.

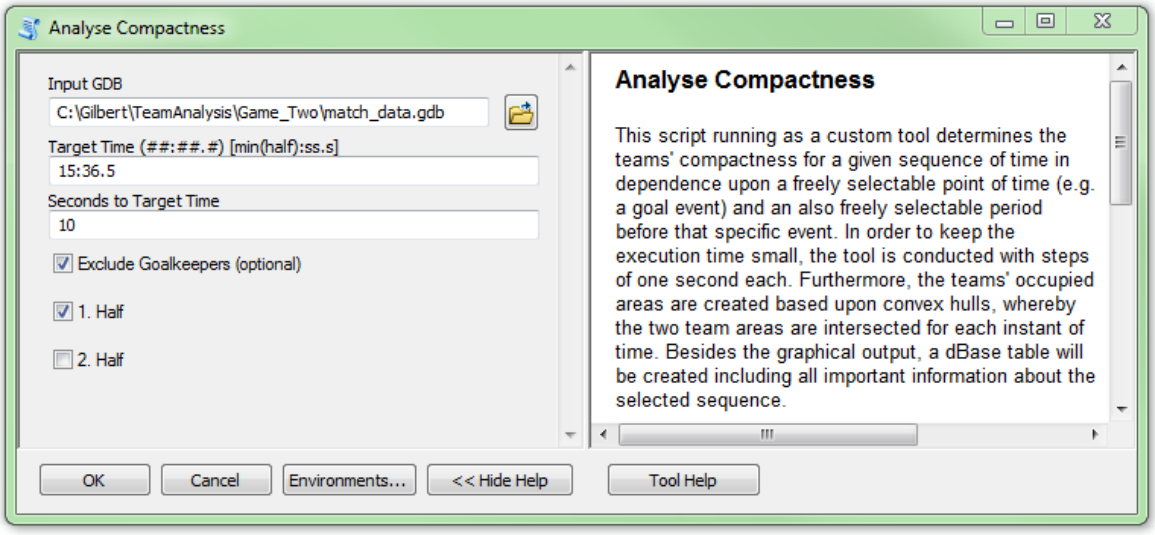


Abb. 113: Tool Dialog Box des Analyse Compactness Tools

Neben den in Tab. 11 aufgelisteten obligatorischen Eingabeparametern, ist eine *Target Time* anzugeben, die den temporalen Endpunkt der Auswertung markiert. Die Länge des Untersuchungszeitraums ist außerdem frei wählbar und ist mit zehn Sekunden voreingestellt. Im Unterschied zu den bisher präsentierten Analysewerkzeugen ist dieses Tool aus zweierlei Sicht anders, da beide Mannschaften automatisch analysiert und keine Durchschnittsberechnungen ausgeführt werden. Stattdessen wird das Spiel für die ausgewählte

Zeitspanne in Sekundenabschnitten in Momentaufnahmen zerlegt. Durch diese temporale Generalisierung der Daten wird die Veränderung der Kompaktheit in einer Art Zeitraffer untersucht. Des Weiteren können optional beide Torhüter mittels Boolescher Abfrage vom Analyseprozess ausgeschlossen werden. Dies ist i.d.R. empfehlenswert, da andernfalls ggf. grobe Verzerrungen auftreten können. Die Durchführungszeit des Tools ist im Wesentlichen von der Dauer des ausgewählten Analysezeitraums abhängig und nimmt für die Standardeinstellungen durchschnittlich 216 Sekunden in Anspruch.

Die Datengrundlage des Tools basiert auf den zu Mannschaften zusammengefassten FC der ausgewählten Halbzeit [Anm.: = Ausgabe des *Team Merge* Tools], die im Zuge der vorbereitenden Maßnahmen in eine Liste gespeichert wurden [Anm.: = *datalist*]. Im Vorfeld wird außerdem eine Liste der zu analysierenden *Frames* erstellt [Anm.: = *framelist*]. Dazu wird zunächst aus der angegebenen *Target Time* der dazugehörige *Frame* abgeleitet. Basierend darauf wird unter Einsatz einer *while*-Schleife und in Abhängigkeit des gewählten Zeitrahmens die *framelist* befüllt. Bevor *framelist* durchlaufen wird, ist die Erzeugung einer Attributliste notwendig [Anm.: = *info_list*], die mit den in Tab. 16 aufgelisteten Feldbezeichnungen bestückt wird. Diese Liste dient in weiterer Folge als Container für die zu sammelnden Informationen.

Attributname	Eigenschaft
`Target_Frame`	Ziel `Frame` der Untersuchung
`Part`	Teilbereich der Untersuchung
`Frame`	Aktueller `Frame`
`Team`	`Team_ID` der jeweiligen Mannschaft
`Centre_X`	X-Koordinate des Zentrums der Mannschaftsfläche
`Centre_Y`	Y-Koordinate des Zentrums der Mannschaftsfläche
`X_Pos`	Vertikale Position des Zentrums in Relation zum Spielfeld
`Y_Pos`	Horizontale Position des Zentrums in Relation zum Spielfeld
`Team_Area`	Fläche der konstruierten konvexen Hülle
`C_Area`	Fläche des durch die Standardentfernung erzeugten Kreises
`Compactness`	Standardentfernung bzw. Maß der Kompaktheit

Tab. 16: Benötigte Attribute des Analyse Compactness Tools

Zu Beginn des iterativen Analyseprozesses auf Basis von *framelist* werden zwei leere Listen erstellt, in denen später die abgeleiteten FC der einzelnen Momentaufnahmen abgelegt werden [Anm.: = *point_list* u. *polygon_list*]. Dazu werden die einzelnen Teilbereiche der Sequenz zunächst nummeriert. Danach wird *datalist* durchlaufen, wo nach Auslesen der *Team_ID* und Spielrichtung eine *Where Clause* erzeugt wird. Diese setzt sich zumindest aus dem aktuellen *Frame* zusammen und wird ggf. durch die Torhüteroption erweitert [Anm.: = *„ AND Formation > 1“*]. Mit dem *ArcGIS System Tool Select* wird die Extraktion der Spielerpositionen zum jeweiligen Frame vorgenommen [Anm.: = *player_fc*], die anschließend nicht nur zur Berechnung der Standardentfernung, sondern auch zur Erzeugung der konvexen Hülle verwendet wird. Hierzu kommen die *ArcGIS System Tools StandardDistance* bzw. *MinimumBoundingGeometry* zum Einsatz [Anm.: = *sd_file* bzw. *area_file*].

Den drei abgeleiteten FC wird darauffolgend ein neues Feld namens *Object* hinzugefügt, das mit der *Team_ID* sowie im Falle von *sd_file* und *area_file* außerdem mit dem Zusatz *_Circle* bzw. *_Area* aktualisiert wird. In weiterer Folge werden Flächeninformationen sowie der Kompaktheitswert aus *area_file* bzw. *sd_file* entnommen. Daraufhin wird *area_file* das Feld *Compactness* angehängt, das mit dem zuvor ausgelesenen Wert befüllt wird. Ferner werden die X/Y-Koordinaten des Mannschaftszentrums aus *sd_file* extrahiert und in Beziehung zum Spielfeld gesetzt. Vertikal wurden hierfür mit 26,25 m und -26,25 m Schwellenwerte vorgegeben, die die standardisierte Spielfeldlänge exakt vierteilen (siehe Abschnitt 5.2). Damit wird das Zentrum des Mannschaftsgefüges vertikal innerhalb der *eigenen* oder *gegnerischen* bzw. *tief innerhalb der eigenen* oder *tief innerhalb der gegnerischen* Spielfeldhälfte verortet. Horizontal wird hingegen in Abhängigkeit der Spielrichtung lediglich eine Differenzierung in *linke* und *rechte* Spielfeldseite vorgenommen.

Nachdem alle in Tab. 16 aufgelisteten Attribute für eine Momentaufnahme erhoben wurden, werden diese gesammelt *info_list* angehängt. Des Weiteren werden *player_fc* in *point_list* sowie *sd_file* und *area_file* in *polygon_list* abgelegt. Die konvexen Hüllen beider Mannschaften werden danach für jeden Teilabschnitt miteinander räumlich verschnitten [Anm.: = *int_fc*]. Um diese nachher eindeutig parametrisch identifizieren zu können, wird *int_fc* ebenfalls das Feld *Object* angehängt und mit der Attributausprägung *Team A B Intersect* aktualisiert. Zudem wird *int_fc* zu *polygon_list* hinzugefügt, deren Inhalte daraufhin zu einer flächenhaften FC fusioniert werden [Anm.: = *polygon_fc*]. Genauso werden die punkthaften FC beider Mannschaften zu einer FC zusammengefasst [Anm.: = *point_fc*], sodass schlussendlich pro Momentaufnahme nur noch zwei FC vorliegen. Diese charakterisieren die räumliche Kompaktheit beider Teams und sind innerhalb des Ausgabeverzeichnisses gespeichert [Anm.: = */compactness.gdb/{Half_ID}*]. Die FC-Bezeichnungen folgen einem einheitlichen Schema und weisen zugleich auf den Inhalt der Datensätze hin [Anm.: = */{Half_ID}_{Points/Polygons}_tf{target_frame}_p{analysis_part}*]. Nach Abschluss des iterativen Analyseprozesses wird ein temporäres *csv-File* von *info_list* abgeleitet. Dieses wird in eine *dBase-Table* konvertiert und steht fortan den Analysten zur Verfügung.

Das Ergebnis des *Analyse Compactness* Tools ist exemplarisch für eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt eines Torschusses in Abb. 114 dargestellt. Darin wird die Situation unmittelbar vor dem 1:0 in der 5. Spielminute durch Stürmer 341918 widergespiegelt. Hierbei stellen die Kreise die Kompaktheit beider Mannschaften dar. Je größer der Kreis, desto zerstreuter die Spieler und je kleiner der Kreis, desto kompakter bzw. stabiler die Formation. Ergänzend dazu sind die Kompaktheitswerte beider Teams angegeben [Anm.: = 14,71 m und 20,75 m bei den Gästen bzw. Gastgebern bezogen auf die Standardentfernung.]. Ferner sind die farblich ausgefüllten konvexen Hüllen als zusätzliche Interpretationshilfe anzusehen. Da jedoch eine Momentaufnahme wenig aussagekräftig ist, wird im Folgenden die Zeitspanne von zehn Sekunden vor dem Torschuss präsentiert.

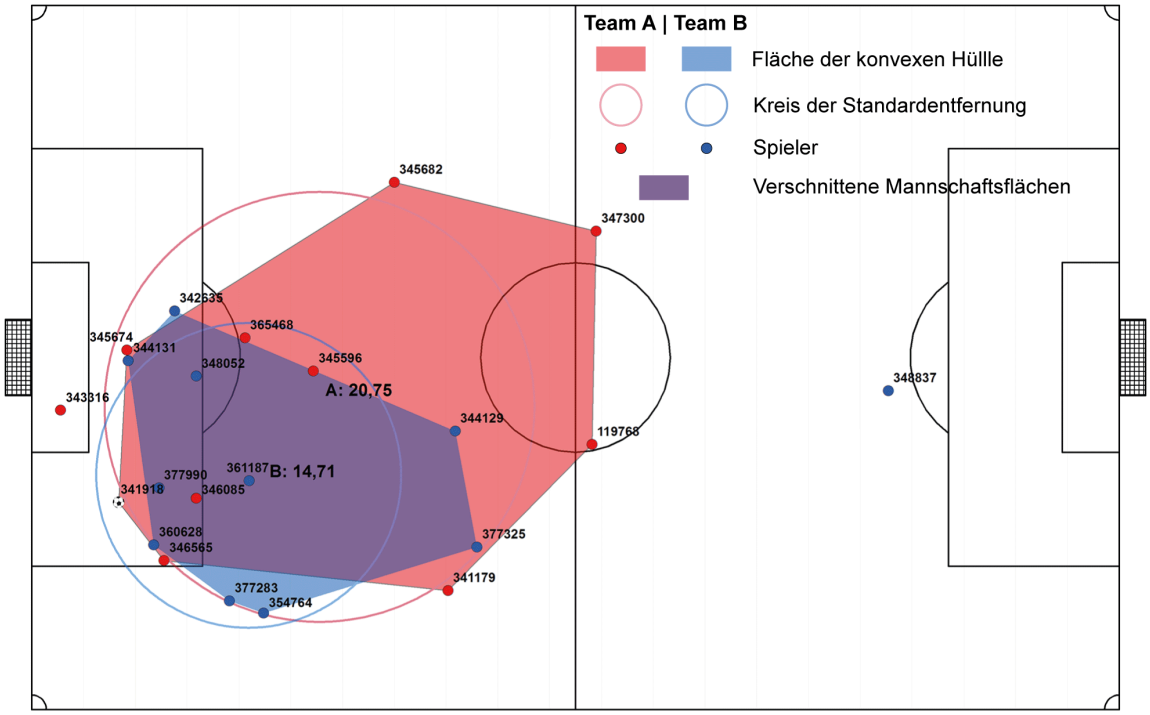


Abb. 114: Kompaktheit beider Mannschaften zum Zeitpunkt eines Torschusses (Daten: ProzoneSports)

Der Verlauf des Angriffs ist graphisch in Abb. 116 in Abschnitten von jeweils einer Sekunde dargestellt [Anm.: 10 Frames = 1 s]. Damit kann der Versuch unternommen werden, das Zustandekommen des Torversuchs zu rekonstruieren. Hierfür kann komplementär die ausgegebene Attributtabelle dieses Angriffs herangezogen werden (siehe Abb. 115).

Table

H1_tf2649_p10

OID	Target_Fra	Part	Frame	Team	Centre_X	Centre_Y	X_Pos	Y_Pos	Team_Area	C_Area	Compactnes
0	2649	1	2559	A	-2,09	-0,48	opponent's half	left side	1092,98	1311,615221	20,433318
1	2649	1	2559	B	-8,51	-1,27	own half	right side	508,87	586,898831	13,668394
2	2649	2	2569	A	-3,6	-1,84	opponent's half	left side	1044,545	1272,04509	20,122733
3	2649	2	2569	B	-9,63	-3,85	own half	right side	495,89	605,080959	13,878494
4	2649	3	2579	A	-5,27	-3,02	opponent's half	left side	1080,07	1258,35878	20,014187
5	2649	3	2579	B	-11,42	-6,28	own half	right side	514,41	665,504933	14,554972
6	2649	4	2589	A	-6,81	-4,57	opponent's half	left side	1125,135	1307,513633	20,401348
7	2649	4	2589	B	-13,18	-8,88	own half	right side	564,075	737,889915	15,326095
8	2649	5	2599	A	-8,65	-5,94	opponent's half	left side	1230,855	1350,462249	20,733714
9	2649	5	2599	B	-15,37	-11,1	own half	right side	612,4	779,227106	15,749543
10	2649	6	2609	A	-11,57	-7,32	opponent's half	left side	1359,125	1463,211419	21,581884
11	2649	6	2609	B	-19,01	-12,54	own half	right side	679,375	792,820554	15,886324
12	2649	7	2619	A	-14,87	-7,62	opponent's half	left side	1408,075	1481,167636	21,713906
13	2649	7	2619	B	-22,88	-13,26	own half	right side	734,835	780,043567	15,757792
14	2649	8	2629	A	-18,27	-7,44	opponent's half	left side	1408,565	1453,073041	21,506987
15	2649	8	2629	B	-26,12	-13,77	own half	right side	727,255	729,892607	15,242825
16	2649	9	2639	A	-21,54	-6,39	opponent's half	left side	1390,385	1413,793895	21,214318
17	2649	9	2639	B	-29	-13,07	own half (deep)	right side	685,84	670,445442	14,608905
18	2649	10	2649	A	-24,71	-4,77	opponent's half	left side	1370,13	1352,6863	20,750783
19	2649	10	2649	B	-31,55	-11,38	own half (deep)	right side	644,82	680,05196	14,713195

1 (0 out of 20 Selected)

H1_tf2649_p10

Abb. 115: Ausgabetabelle des Analyse Compactness Tools bezogen auf Abb. 116 (Daten: ProzoneSports)

Zu sehen ist, dass bei *Frame 2559* der zentrale Mittelfeldspieler 341179 der Gastgeber noch in der eigenen Spielfeldhälfte in Ballbesitz war. Während zu diesem Zeitpunkt das Mittelfeld vom Auswärtsteam mit einer Standardentfernung von 13,67 m gut abgesichert war, zogen die Flügelspieler von Team A den Raum entlang der Seitenlinien in die Breite. Im nächsten Moment wird der Ball bei *Frame 2569* nach links außen geschlagen. Als Reaktion darauf rückte der rechte Außenverteidiger 354764 der Gäste ebenfalls nach außen.

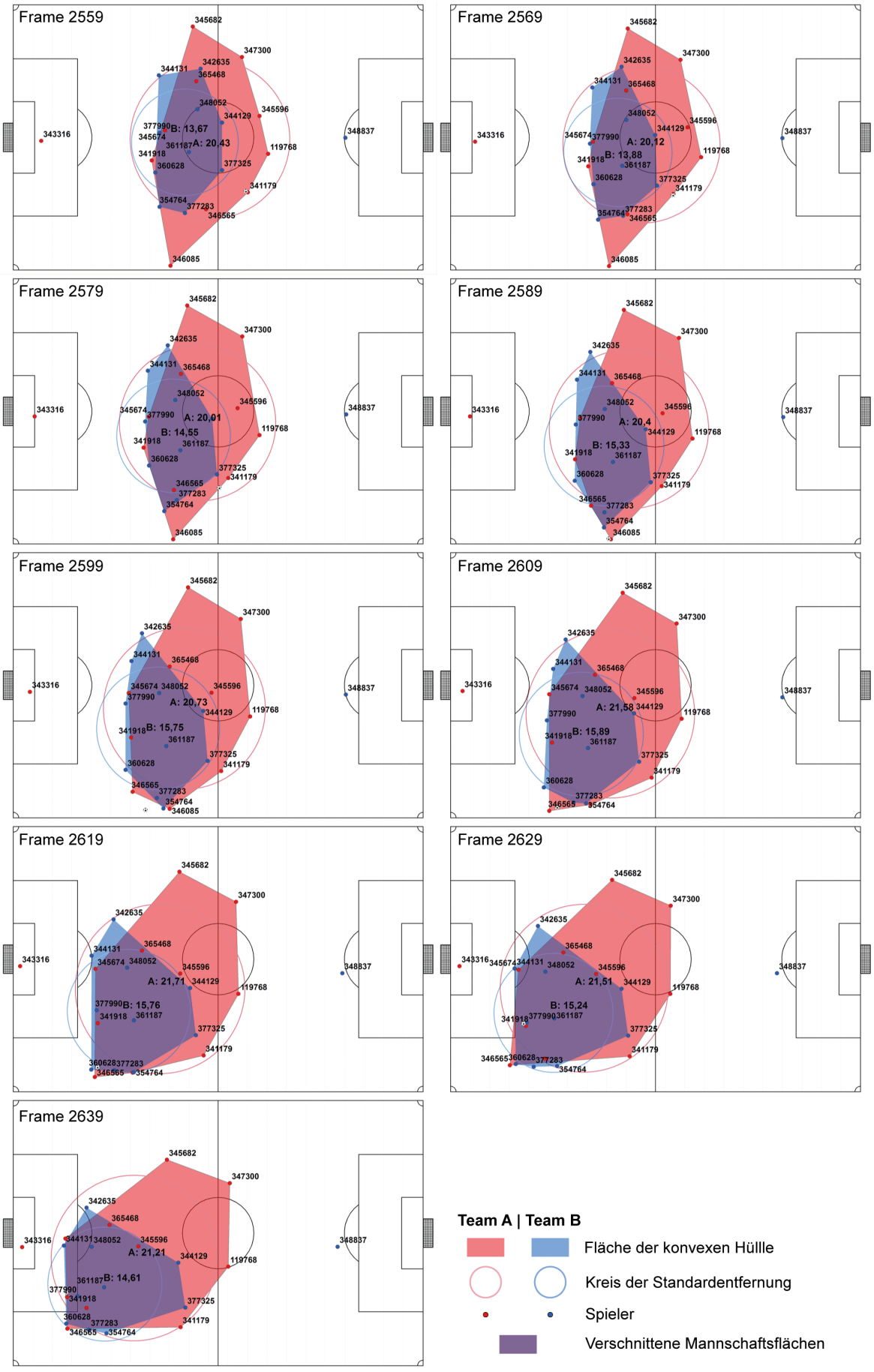


Abb. 116: Abfolge der Kompaktheit beider Mannschaften im Zuge eines Angriffs (Daten: ProzoneSports)

Zwei Sekunden später war bei *Frame* 2589 der Ball unter Kontrolle des linken Außenverteidigers 346085 von Team A. Da sich sowohl der rechte Außenverteidiger 354764, als auch der rechter Flügelspieler 377283 der Gäste zum Ball orientierten, ging die Kompaktheit im Mittelfeld verloren [Anm.: Standardentfernung von Team B bei *Frame 2589* = 15,33 m]. Inzwischen nutzte der linke Flügelspieler 346565 der Gastgeber die Chance, lief in den freien Raum und spielte dort sofort den Ball in die Mitte weiter, wodurch der heraneilende rechte Innenverteidiger 360628 überspielt wurde. Bei *Frame* 2629 nahm der Stürmer 341918 den Ball an und setzte sich dabei gegen den ebenfalls herbeigeeilten linken Innenverteidiger 377990 durch. Im nächsten Augenblick war er bei *Frame* 2639 bereits alleine vor dem Tor war, wo er aus spitzem Winkel unter einer in Abschnitt 9.4 ausgewiesenen reellen Erfolgswahrscheinlichkeit von 45,46 % zur 1:0 Führung einschoss.

Die Graphiken im Zeitraffer zeigen, dass die Gäste zwar anfangs kompakt, jedoch nicht gut verteilt waren. Zudem liegt es nahe, dass mehrere individuelle Fehler gemacht wurden. Dies kann jedoch ohne Kenntnis über die taktischen Vorgaben des Trainers nicht bestätigt werden. Ungeachtet dessen konnte die Heimmannschaft ihren Angriff beinahe ohne Gegenwehr über die linke Außenbahn aufziehen. Dabei wurden gleich mehrere Spieler nach außen gezogen, wodurch die innere Stabilität im Zentrum von Team B zerfiel. Im Allgemeinen ist es im Zuge der Interpretation des Spielgeschehens erforderlich, dessen jeweiligen Kontext zu berücksichtigen ([MOU-12]). Die Notwendigkeit dazu wird durch den Inhalt von Tab. 17 verdeutlicht. Darin sind die Standardentfernungen beider Mannschaften stellvertretend für die Kompaktheit zu den Zeitpunkten von Torabschlüssen der ersten Halbzeit aufgelistet.

Frame	Event	Angriff	Abwehr	Kompaktheit		Resultat	Situation
				Angriff	Abwehr		
2649	Shot on Target	A	B	20,75	14,71	Tor	laufendes Spiel
6993	Shot not on Target	B	A	17,88	13,63	kein Tor	laufendes Spiel
7597	Shot on Target	B	A	20,5	18,11	kein Tor	laufendes Spiel
8418	Shot not on Target	B	A	17,85	18,14	kein Tor	laufendes Spiel
8605	Shot on Target	A	B	19,44	13,28	kein Tor	laufendes Spiel
9421	Shot not on Target	B	A	20,26	14,23	kein Tor	laufendes Spiel
11567	Shot not on Target	B	A	18,09	11,09	kein Tor	laufendes Spiel
14432	Shot on Target	B	A	17,23	15,27	kein Tor	laufendes Spiel
15309	Shot not on Target	B	A	19,14	13,35	kein Tor	laufendes Spiel
18317	Shot on Target	A	B	17,07	9,47	Tor	Eckball
21215	Shot on Target	A	B	13,88	8,7	Tor	Freistoß
24869	Shot not on Target	A	B	22,15	20,76	kein Tor	laufendes Spiel
26491	Shot on Target	B	A	18,56	18,33	kein Tor	laufendes Spiel
26983	Shot not on Target	B	A	16,89	15,06	kein Tor	laufendes Spiel

Tab. 17: Angaben zur Kompaktheit bei Torabschlüssen innerhalb der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Hinsichtlich der Kompaktheit der verteidigenden Mannschaft sind der Eckball und der Freistoß bei *Frame* 18317 bzw. 21215 hervorzuheben, da deren Werte mit 9,47 m bzw. 8,7 m im Vergleich am kleinsten sind. Das kann darauf zurückführt werden, dass bei Eckbällen innerhalb des Strafraums eine hohe Spielerkonzentration vorliegt und bei Freistößen in

aussichtsreichen Positionen Mauern gebildet werden. Konträr dazu sind die Kompaktheitswerte bei Torabschlüssen aus dem laufenden Spiel deutlich höher und variabler. Allerdings weichen die Durchschnittwerte für die Events *Shots on Target* und *Shots not on Target* mit 15,94 m bzw. 15,18 m nur marginal voneinander ab und zeigen keine Auffälligkeiten. An dieser Stelle muss jedoch auf die Stichprobengröße verwiesen werden, die stichhaltige Schlussfolgerungen nicht zulässt. Sofern künftig eine größere Datenbasis zur Verfügung gestellt wird, ist eine Untersuchung etwaiger Zusammenhänge nachzuholen. Ungeachtet dessen sind kontextbezogene Analysen unumgänglich, weshalb zumindest Standardsituationen gesondert auszuwerten sind.

Die Ausführungen dieses Abschnittes zeigen, dass mit dem *Analyse Compactness* Tool die innere Stabilität der raumzeitlichen Gefüge beider Mannschaften untersucht werden kann. Hierzu wurde exemplarisch auf Basis der Standardentfernung, graphisch unterstützt durch konvexe Hüllen der Verlauf einer Angriffsszene charakterisiert. Die Aussagekraft der Standardentfernung als Maß der Kompaktheit ist jedoch diskutabel und ist daher im Rahmen der zweiten Expertenbefragung zu thematisieren.

10.3.4 Generalisierung kollektiver Bewegungen mittels Spielerzentroide

Aufgrund der Fülle an Informationen ist es oftmals schwierig, bedeutende Einzelheiten oder elementare Zusammenhänge zu erkennen. In diesem Sinne werden u.a. Generalisierungen als probates Mittel betrachtet, um bestimmten Sachverhalten nachzugehen. Hierzu werden in diesem Abschnitt für festgelegte Zeitspannen Zentroide von Trajektorien abgeleitet. Damit werden u.a. durchschnittliche Abstände zwischen Spielern untersucht sowie Drangphasen anhand vertikaler Bewegungen und Unterschiede im Offensiv/Defensivverhalten aufgedeckt. Ergänzend dazu ist eine frei wählbare temporale Segmentierung beider Halbzeiten vorgesehen, um damit bei Bedarf die Chronologie des Spielgeschehens abbilden zu können. Für etwaige weiterführende zonenspezifische Analysen, werden die Zentroide außerdem exemplarisch mit Zonierungsvariante II [Anm.: = Mehrfachunterteilung in Anlehnung an die Spielfeldmarkierungen, siehe Abb. 48] räumlich verschnitten.

Für diesen Anwendungsbereich wurde der räumliche Median zur Berechnung der Zentroide ausgewählt, der z.B. auch bei X. WEI et al. ([WEIb-13]) zur rollenspezifischen Positionierung zum Einsatz kam. A. MITCHELL empfiehlt die Verwendung des Medians dann *„... if you need to find the best location for something that needs to be centrally located."* ([MIT-09]). Da der Median den Einfluss statistischer Ausreißer mildert, wird dieser hierbei dem räumlichen Mittelwert und dem zentralen Feature vorgezogen. Es wurde bereits mehrfach darauf hingewiesen, dass Standardsituationen gesondert betrachtet werden müssen. Bspw. stellen Eckbälle bezogen auf die Laufwege eines kopfballstarken Innenverteidigers Anomalien dar, da dabei der Spieler seinen angestammten Aktionsraum kurzeitig verlässt. Daher wird der räumliche Median robuster gegenüber von Standardsituationen hervorgerufenen räumlichen Abweichungen der Laufwege angesehen.

Im Rahmen dieser Fallstudie wurde das *Analyse Centroids* Tool entwickelt, dessen TDB in Abb. 117 dargestellt ist. Darin sind sämtliche in Tab. 11 aufgelisteten obligatorischen Eingabeparameter enthalten. Des Weiteren kann mittels Boolescher Abfragen ausgewählt werden, ob analog zu den Teams auch die Trajektorie des Balls verarbeitet oder zwischen Brutto- und Netto-Spielzeit unterscheiden werden soll. Ferner kann optional der Fokus auf *Goal* Events gerichtet werden, d.h., dass Zentroide für einen frei wählbaren Zeitraum vor und nach Toren berechnet werden. Hierzu sind standardmäßig fünf Minuten voreingestellt.

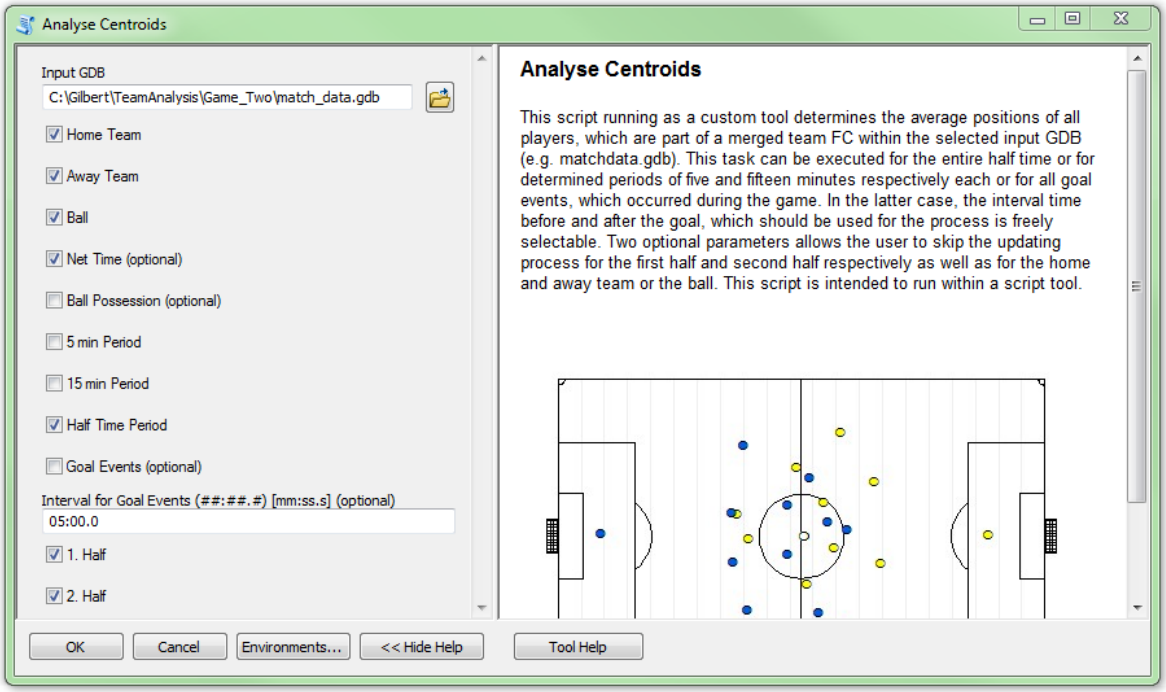


Abb. 117: Tool Dialog Box des Analyse Centroids Tools

Die benötigte Durchführungszeit des Tools variiert stark je nach dessen Konfiguration. Der Grund dafür liegt darin, dass für jede zusätzliche Analyseperiode, Mannschaft oder Ballbesitzsituation der Verarbeitungsprozess wiederholt werden muss. Bspw. erfordert die Erzeugung der Zentroide beider Teams und des Balls für ganze Halbzeiten ohne Berücksichtigung der Ballbesitzverhältnisse fünf Minuten und 14 Sekunden. Unter gleichen Einstellungen, jedoch für Abschnitte von jeweils fünf Minuten, nimmt der Prozess hingegen 15 Minuten und 33 Sekunden in Anspruch.

Noch während den vorbereitenden Maßnahmen wird in Abhängigkeit der Eingabeparameter eine Liste mit den Zeichenketten *A_Merge*, *B_Merge* und/oder *Ball* befüllt [Anm.: = *object_list*]. Die Einträge dienen zur Extraktion der Pfade der benötigten FC aus der Input GDB, die in weiterer Folge in eine Datenliste abgelegt werden [Anm.: = *datalist*]. Sofern ausgewählt, handelt es sich dabei um die Trajektorie des Balls sowie um die zu Mannschaften zusammengefassten FC [Anm.: = Ausgabe des *Team Merge* Tools]. Beim Durchlaufen von *datalist* werden die Trajektorien zunächst in das Output FDS kopiert [Anm.: = */centroids.gdb/{Half_ID}{/_goals/_period_5/_period_15}*]. Danach teilt sich der Analyseprozess in zwei unabhängige Stränge auf.

Wurde eine festgelegte temporale Segmentierung der Halbzeiten ausgewählt, wird zu Beginn eine Periodenliste erstellt [Anm.: = *periodlist*, vgl. Abschnitt 9.5]. Konträr dazu wird im Falle der Analyse vor und nach *Goal* Events das entsprechende Event FDS auf das Vorhandensein der FC *{Half_ID}_Goal* überprüft [Anm.: = *goal_fc*, siehe Abschnitt 6.5.2.3]. Wurde *goal_fc* detektiert, werden deren einzelnen Datensätze durchlaufen und dabei die Felder *Frame* und *Score* als *Key* bzw. *Value* eines neuen *Dictionary* herangezogen [Anm.: = *goal_dict*]. Darauffolgend wird *goal_dict* durchlaufen. Dabei werden anhand der *Keys* und der gewählten Zeitspanne zwei Queries zur Eingrenzung der Untersuchungszeiträume vor und nach dem *Goal* Event generiert und in *periodlist* abgelegt.

Während spielerbezogene Trajektorien durch das *Case Field* voneinander unterschieden werden [Anm.: = *Player_ID*], ist zur zeitlichen Eingrenzung der Datensätze eine *Where Clause* notwendig. Diese berücksichtigt neben den Schleifenvariablen der *periodlist*, optional auch Differenzierungen nach Brutto/Netto-Spielzeit. Darauf basierend wird mit dem *ArcGIS System Tool Select* eine periodenspezifische FC erzeugt [Anm.: = *select_fc*]. Soll außerdem eine Unterscheidung nach Ballbesitzverhältnissen vorgenommen werden, wird eine weitere Liste durchlaufen [Anm.: = *bp_queries*], aus der teamspezifische Queries ausgelesen und womit Feature Layer von *select_fc* abgeleitet werden. Je nach Einstellung bildet entweder *select_fc* oder ein davon abstrahierter Feature Layer unter Angabe des *Case Fields* die Grundlage zur Berechnung der Zentroide mit dem *ArcGIS System Tool Median Center* [Anm.: = *median_fc*]. Danach wird *median_fc* von framespezifischen Feldern bereinigt, da diese aufgrund der Generalisierung fortan ungültig sind. Abschließend werden die Zentroide mit der ausgewählten Zonierungsvariante räumlich verschnitten [Anm.: = *int_fc*]. Die Bezeichnungen der ausgewiesenen teamspezifischen FC weisen auf deren Inhalte hin [Anm.: = */{Half_ID}_{Objekt_ID}_{_NT/_GT}{_S_#:#}_{_a/_b}_C*].

Das Ergebnis des *Analyse Centroids* Tool ist in Abb. 118 dessen Eingabedaten gegenübergestellt. Dafür wurden beispielhaft die Trajektorien beider Teams und des Balls für die gesamte erste Halbzeit herangezogen. Bei eingehender Betrachtung der Zentroide kann die taktische Formation beider Mannschaften eindeutig bestimmt werden. Während Team A mit einem 4-4-2 auflief, spielte Team B hingegen mit einem 4-4-1-1.

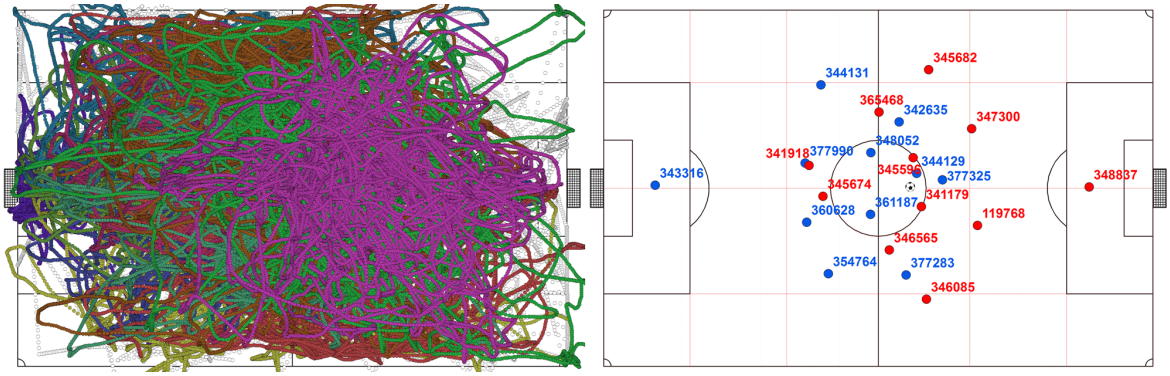


Abb. 118: Gegenüberstellung der Eingabedaten und des Ergebnisses des Analyse Centroids Tools (Daten: ProzoneSports)

Für eine bessere visuelle Vergleichsmöglichkeit wurde das *Normalise Centroids* Tool, dessen TDB Abb. 119 zu sehen ist, als Erweiterung des *Analyse Centroids* Tools entwickelt. Hierfür sind zwei Eingabeparameter erforderlich. Neben der Pfadangabe eines Input FDS, ist außerdem die Mannschaft auszuwählen, deren Zentroide normalisiert werden sollen. Normalisierung bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Spielrichtungen beider Teams gleichgestellt werden. Dadurch können mannschaftsübergreifend einzelne Positionen und Abstände in Spielrichtung visuell rascher erfasst und verglichen werden. Da innerhalb eines FDS mehrere FC eines Teams abgelegt sein können, variiert die Durchführungszeit des Tools in Abhängigkeit der zu normalisierenden FC. Während zur Normalisierung einer FC durchschnittlich 6,21 Sekunden benötigt werden, nimmt vergleichsweise dazu die Umwandlung von vier FC 15,32 Sekunden in Anspruch.

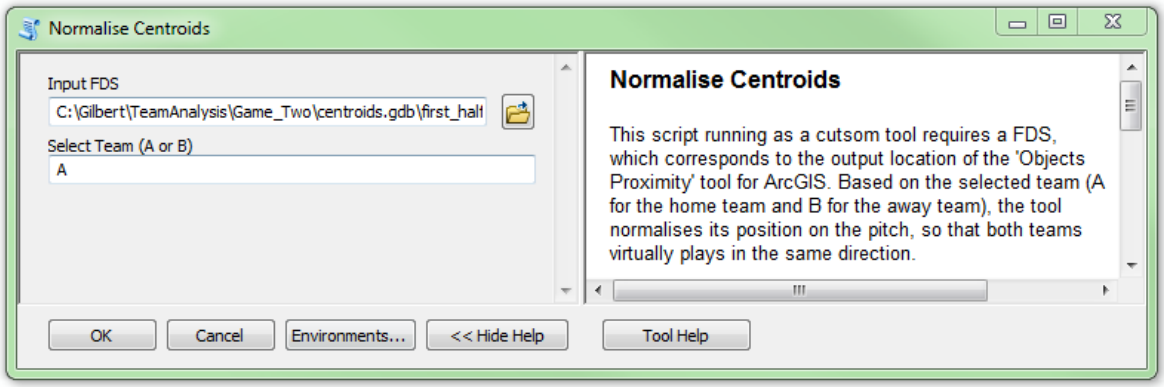


Abb. 119: Tool Dialog Box des Normalise Centroids Tool

Nach Überprüfung der Eingabeparameter wird eine Datenliste erzeugt, die in Abhängigkeit der angegebenen *Team_ID* mit allen dazugehörigen FC aus dem Input FDS befüllt wird [Anm.: = *datalist*]. Die Zuweisung erfolgt über die *Team_ID*, die als *Objekt_ID* Teil der FC-Bezeichnungen ist. Das Ausgabeverzeichnis entspricht dem Input FDS. Im Zuge der Iteration durch *datalist* werden nacheinander allen punkthaften FC [Anm.: = *fc*] mit dem *ArcGIS System Tool AddXYCoordinates* zwei neue Felder mit den X/Y-Koordinaten der einzelnen Datensätze angehängt [Anm.: = *POINT_X* u. *POINT_Y*]. Danach werden zwei Felder namens *X_norm* und *Y_norm* hinzugefügt, die mit dem *Field Calculator* gemäß Formel 19 berechnet werden.

$$X_{norm} = POINT_X * (-1) \qquad Y_{norm} = POINT_Y * (-1)$$

Formel 19: Berechnung normalisierter Koordinaten

Daraufhin wird eine *Table View* von *fc* abgeleitet, die in weiterer Folge in ein temporäres *dBase-File* konvertiert wird. Basierend darauf wird abschließend ein *XY Event Layer* generiert und in das Input FDS kopiert. Die Bezeichnungen der normalisierten FC sind mit jenen ihrer Input FC ident, jedoch um den Zusatz *_n* erweitert. Das Ergebnis des Normalisierungsprozesses ist in Abb. 120 dargestellt (vgl. Abb. 118). Die Graphik zeigt nicht nur die realtaktischen Formationen beider Mannschaften, sondern ermöglicht auch die Bestimmung der Abstände zwischen positionsgleichen Spielern. Hierzu ist die Verwendung des

interaktiven *ArcGIS Measure Tools* empfehlenswert, das der visuellen Einschätzung vorzuziehen ist. Während die Abwehrreihe der Gastgeber eine Länge von 49,03 m aufweist, ist die Viererkette des Auswärtsteams nur 36,93 m lang. Hierbei ist vor allem die Position des Außenverteidigers 354764 der Gästemannschaft auffällig, der im Vergleich zu seinem Pendant 344131 auf der anderen Seite um 3,5 m zentrumsnaher agierte. Sein Gegenüber 345682 war hingegen durchschnittlich 6,2 m weiter außen positioniert. Im Vergleich beider Teams ist ebenfalls erkennbar, dass die Innenverteidigung und das Mittelfeld der Gäste vertikal deutlich höher bzw. offensiver positioniert waren. Gleichzeitig war der gemittelte Abstand der Innenverteidiger zum Tormann um 7,1 m größer als bei den Gastgebern.

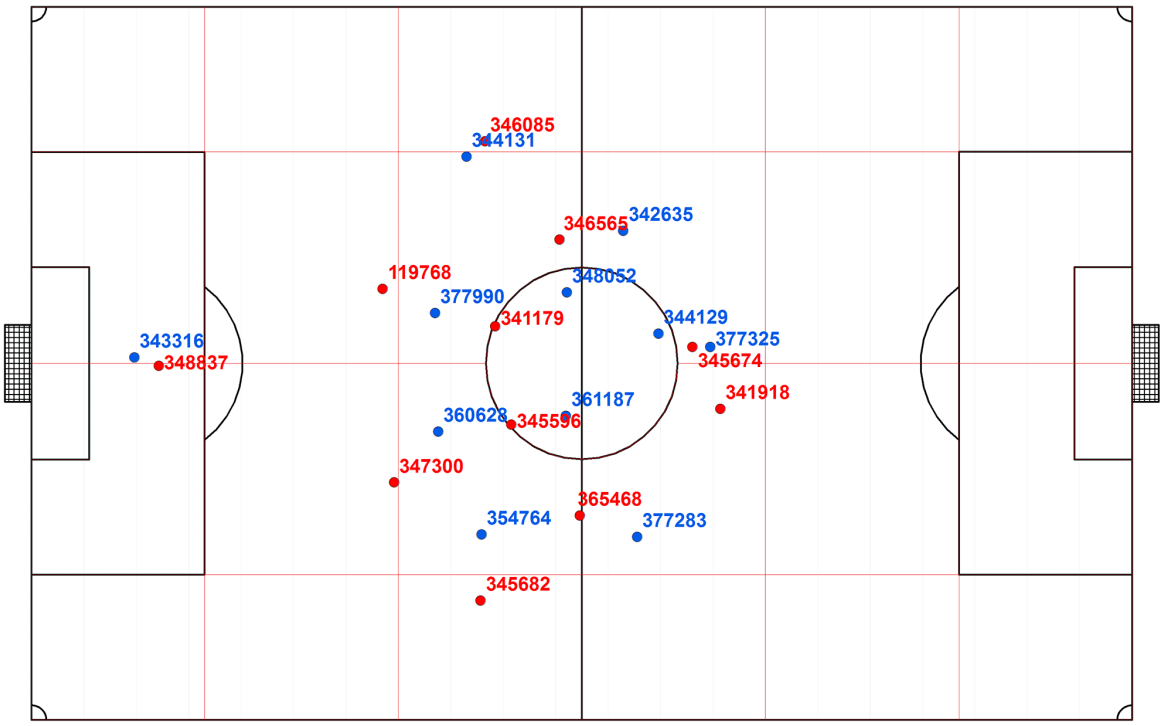


Abb. 120: Gegenüberstellung normalisierter Zentroide der Heimmannschaft mit Zentroiden des Auswärtsteams für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Die Ausführungen zeigen, dass anhand von Spielerzentroiden Aussagen im Kontext der Raumverteilung getroffen werden können. Allerdings ist es ohne entsprechender Expertise schwierig, stichhaltige Schlussfolgerungen zu ziehen oder etwaige Zusammenhänge herzustellen. Womöglich siehe der Laie Verbindungen zwischen der generalisierten räumlichen Spielerverteilung und dem Ergebnis der ersten Halbzeit. Immerhin kassierte jene Mannschaft deren Verteidigung horizontal weniger Raum abdeckte und deren Innenverteidigung und Mittelfeld offensiver ausgerichtet war, in dieser Spielhälfte drei Gegentore. Die Frage, ob es sich dabei um eine fehlerhafte Annahme, Zufall o.dgl. handelt, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Ungeachtet dessen bieten das *Analyse Centroids* Tool und dessen Erweiterung in Form des *Normalise Centroids* Tools die Möglichkeit, die kollektive Raumverteilung parametrisch zu charakterisieren. Nachfolgend soll mit zwei weiteren Beispielen die Beschreibung des Funktionalitätsumfangs des *Analyse Centroids* Tools abgeschlossen werden.

Beginnend mit Abb. 121 werden Spielerzentroide in Abhängigkeit der Ballbesitzverhältnisse für den Zeitraum des ersten Durchgangs gegenübergestellt. Hierfür wurde eine graphische Differenzierung mittels zweier verschiedener Punktsignaturen vorgenommen. Ferner sind zur raschen visuellen Zuordnung jeweils die beiden Zentroide eines Spielers mit einer Linie verbunden.

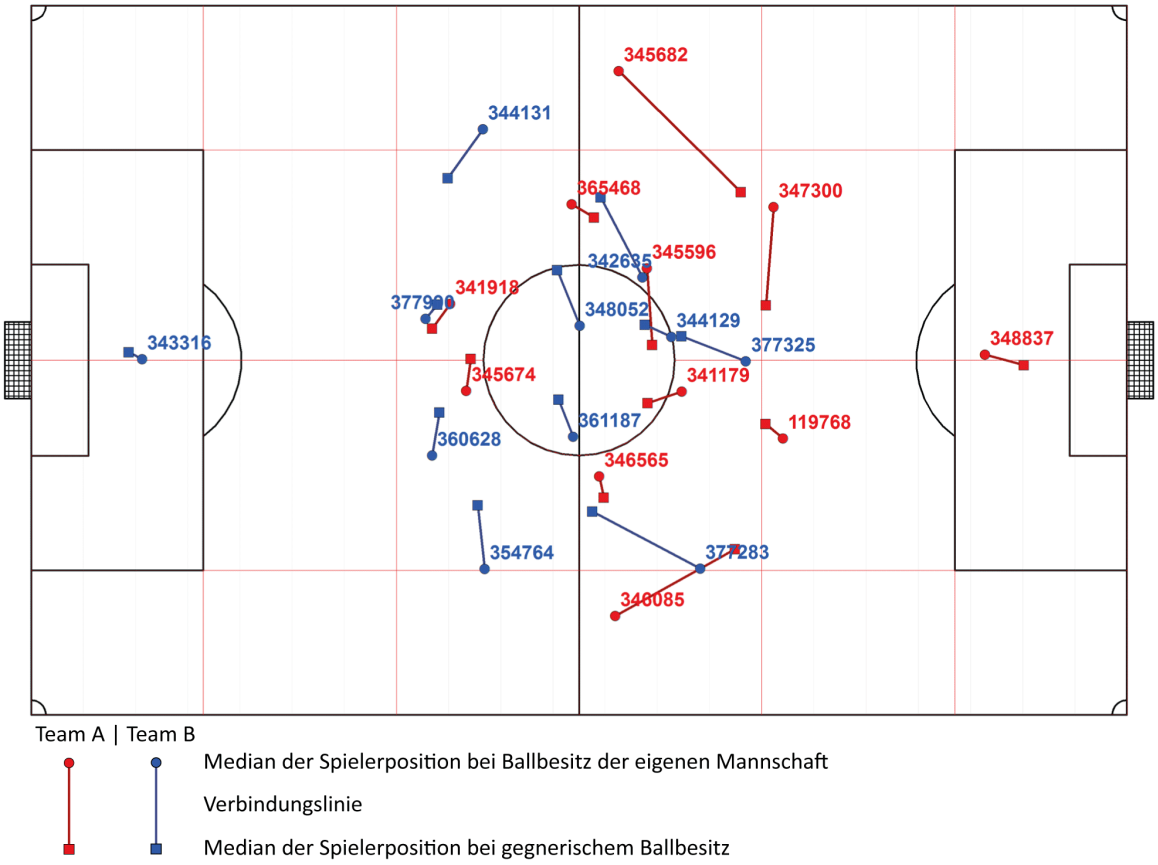


Abb. 121: Gegenüberstellung der Spielerzentroide differenziert nach Ballbesitzverhältnissen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Hinsichtlich der Angriffsabteilung der Heimmannschaft ist erkennbar, dass sich beide Stürmer in Verteidigung zum Zentrum orientieren und sich dabei Spieler 345674 etwas zurückfallen lässt. Konträr dazu ließ sich der Angreifer 377325 des Auswärtsteams um rund 6,5 m bei gegnerischem Ballbesitz zurückfallen. Angesichts der Zentroide kann außerdem die in Abschnitt 10.3.3 aufgegriffene These, wonach sich die Mannschaften in Offensive räumlich ausdehnen und umgekehrt in Defensive zusammenziehen, bekräftigt werden. Des Weiteren sind die beiden Außenverteidiger der Gastgeber auffallend. Hierbei betragen die euklidischen Distanzen zwischen den Zentroiden 13,31 m und 16,28 m für die Spieler 346085 bzw. 345682. Diese Werte legen nahe, dass sich beide Spieler neben ihren defensiven Aufgaben auch fortlaufend in das Offensivspiel ihres Teams einschalteten. Diese Annahme wird durch die Resultate der Tools *Analyse Spheres of Action* und *Analyse Running Performance* bekräftigt (vgl. Abb. 111 bzw. Abb. 89). Der Vergleich der beiden Innenverteidiger von Team A zeigt hingegen ein diametrales Bild. Während Spieler 119768 seine Position unabhängig der Spielsituation nahezu konstant einhielt, rückte hingegen Spieler

347300 im Angriff nach außen, um möglicherweise die von Spieler 345682 aufgerissene Lücke zu schließen. Gleichzeitig ließ sich der zentrale Mittelfeldspieler 341179 zurückfallen. Dass es sich hierbei um eine taktische Vorgabe handelt, kann zwar vermutet, jedoch nicht bestätigt werden. Allerdings kann damit gezeigt werden, dass Taktikvorgaben evaluiert werden können.

Im letzten Beispiel zeigt Abb. 122 die Chronologie der räumlichen Verteilung der Spielerzentroide für den Zeitraum der ersten Halbzeit in Abständen von jeweils fünf Minuten. Zu sehen ist, dass die Auswärtsmannschaft während den ersten fünf Spielminuten besonders offensiv agierte. Indizien hierfür liefern die vertikale Höhe der Viererkette sowie die knapp über der Mittellinie liegenden Positionen der beiden gegnerischen Stürmer. In der 5. Spielminute fiel jedoch das 1:0 für die Gastgeber (siehe Tab. 7), wodurch der Vorwärtsdrang der Gäste sichtlich gestoppt wurde. Vor allem zwischen der 10. und 15. Spielminute konnte Team A das Spiel nach vorne verlagern. Auffallend ist auch, dass das Zentroid des Balls lediglich zwischen Spielminute 20 und 25 in der Spielhälfte von Team B war. Ungeachtet dessen konnten die Gastgeber ihre Führung in der 31. und 36. Spielminute weiter ausbauen (siehe Tab. 7). Insbesondere im Zeitraum zwischen Spielminute 30 und 35 agierte Team A sehr offensiv, was u.a. an den hochstehenden Positionen beider Außenverteidiger 345682 und 346085 deutlich zu erkennen ist. Danach zog sich die Heimmannschaft zurück und verwaltete die Führung. Ein Anzeichen dafür ist, dass sich in den letzten fünf Minuten dieser Spielhälfte kein einziges Spielerzentroid in den Außenzonen befand.

Der letzte Absatz beschreibt inhaltlich nahezu ident eines der Resultate der Ballbesitzanalyse (vgl. Abschnitt 10.3.1.1). Welche Schlussfolgerungen daraus zu ziehen sind, ist allerdings unklar. U.U. handelt es sich hierbei um einen Zufall oder um Fehleinschätzungen. Demzufolge ist nicht auszuschließen, dass die Ergebnisse bspw. von Spieleanalysten anders gedeutet werden würden. Ungeachtet dessen werden raumzeitbezogene Daten generiert, von denen zusätzliche Informationen abgeleitet werden können. Diese können entweder zur Klärung unterschiedlicher Sachverhalte beitragen oder Anstöße für vertiefende Analysen sein.

Ferner sei darauf hingewiesen, dass die optionale Auswertung der Zeiträume unmittelbar vor und nach Toren bewusst ausgespart wurde. Der Grund dafür liegt in der Torabfolge des Spiels (siehe Tab. 7). Daher fallen die standardmäßig voreingestellten Zeitspannen mit den frei wählbaren Analyseperioden von jeweils fünf Minuten unter Berücksichtigung eines Toleranzbereiches von einer Minute zusammen.

Abschließend ist bezüglich zukünftiger Adaptionen anzumerken, dass eine Verschmelzung der Tools *Analyse Centroids* und *Normalise Centroids* beabsichtigt ist. Weitere Revision technischer Art sind toolübergreifend in Abschnitt 11.1 thematisiert. Fragen den Inhalt betreffend sind hingegen im Zuge der Gespräche mit den Experten zu klären (siehe Abschnitt 12.2.2). Basierend darauf sind entsprechende Maßnahmen in die Wege zu leiten.

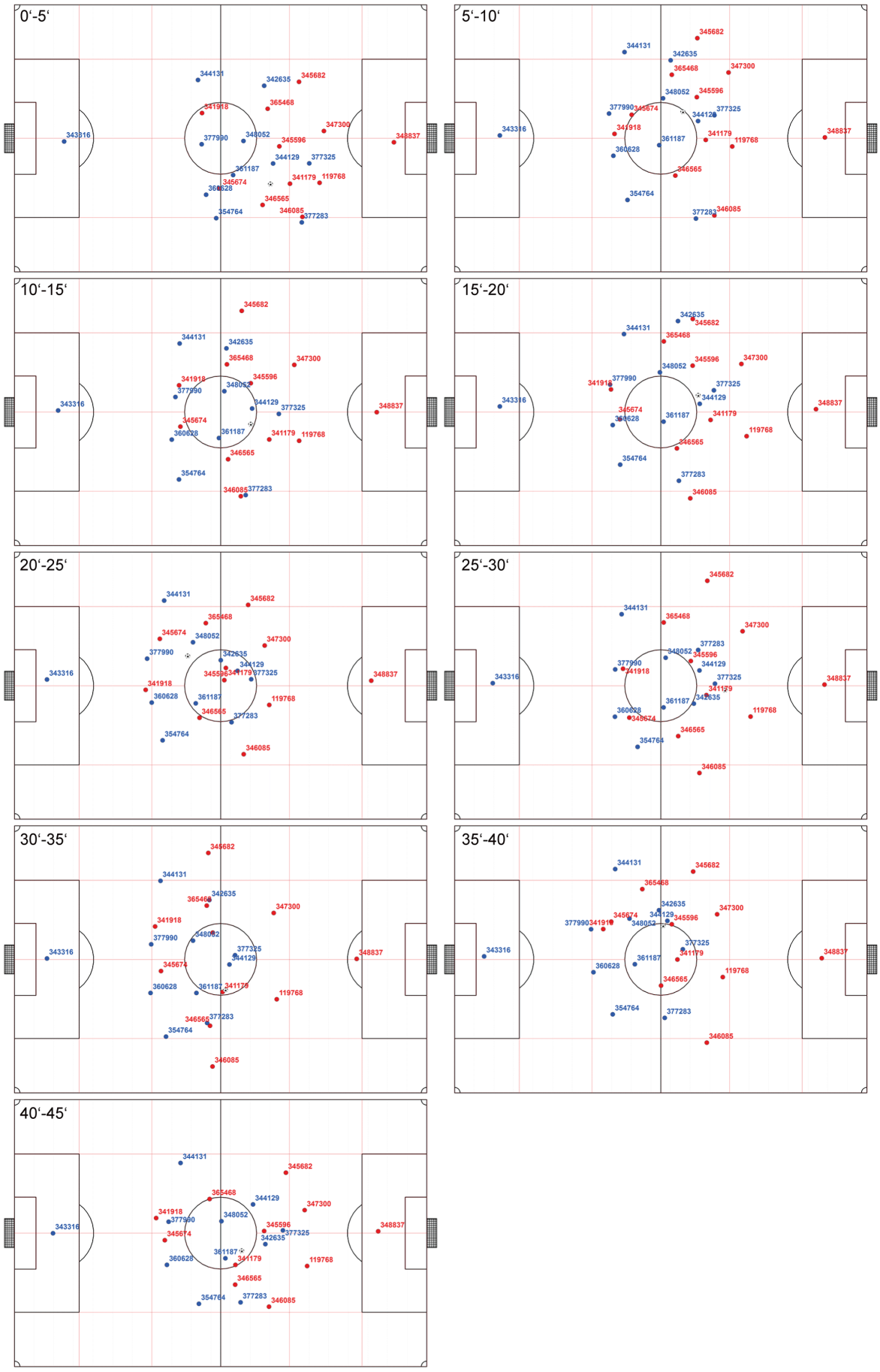


Abb. 122: Räumliche Verteilung der Spielerzentroide für Zeitspannen von jeweils fünf Minuten für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

10.3.5 Dynamische Spielfeldzonierung als Alternative zu statischen Segmentierungsvarianten?

Spielfeldzonierungen sind ein gängiges und geeignetes Mittel zur Verortung, Bewertung und Vergleich unterschiedlicher Aktionen am Feld (siehe Abschnitt 4.4 u. 7.2.2 bzw. Anhang II). Der gemeinsame Nenner gebräuchlicher Zonierungsvarianten ist ihre statische Abgrenzung (vgl. Abb. 48 u. Abb. 49). Allerdings ist konträr dem Spielfeld, das Fußballspiel räumlich dynamisch (siehe Kapitel 5). Dies führt dazu, dass sich Spieler ständig in festgelegten Zonen bewegen, jedoch auch gleichzeitig im Kollektiv mannschaftsspezifische Zonen schaffen. Diese Gegebenheit wird in diesem Abschnitt zum Anlass genommen, dynamische Zonierungen in Abhängigkeit des sich ständig verändernden raumzeitlichen Spielgefüges zu thematisieren. Dadurch wird ein weiterer und bislang wenig beachteter Aspekt der *Raumverteilung und –nutzung* beleuchtet.

Die Auswertung der ersten Expertenbefragung lieferte keine Anzeichen dafür, dass aktuell dynamische Zonierungen im Bereich der Spieleanalyse eingesetzt werden (siehe Abschnitt 7.2.2). Zwar schließt dies die Anwendung derartiger Methoden kategorisch nicht aus, die Dominanz statisch festgelegter Spielfeldzonen ist dennoch erkennbar. Ein Blick in die Literatur zeigt ein ähnliches Bild. Hierzu bietet Abb. 123 anhand sechs beispielhaft ausgewählter statischer Zonierungsvarianten, einen Überblick über gängige Verfahren. *Variante b* ist hierbei hervorzuheben, da die dargestellten Zonengrenzen weder einem gleichmäßigen Schema folgen, noch sich an Spielfeldlinien orientieren. Stattdessen definierten V. DI SALVO et al. ([DISb-07]) damit rollenspezifische Bereiche taktischer Positionen. *Variante a* ([POL-97]) und *d* ([CLA-13]) gliedern hingegen das Spielfeld mehrfach vertikal entlang der X-Achse, wodurch eine Verfeinerung von Zonierungsvariante IV (siehe Abb. 48) entsteht. Damit können insbesondere die Vertikalbewegungen beider Mannschaften untersucht werden. Ergänzend dazu zog R. B. CLAYTON (ebd.) in seiner Studie zur Effektivität des Angriffsspiels *Variante f* heran, um Torschusspositionen innerhalb des Strafraumes kleinräumiger zu kategorisieren. Demgegenüber unterteilt *Variante c* das Spielfeld in gleich große Bereiche, auf Basis derer P. LUCEY et al. ([LUCa-12]) das Mannschaftsverhalten anhand der Trajektorie des Balls analysierten. Hierbei besteht eine Ähnlichkeit zu Zonierungsvariante II (siehe Abb. 48), die jedoch stärker an den Spielfeldlinien ausgerichtet ist. Darüber hinaus setzten C. COTTA et al. ([COT-13]) *Variante e* zur Analyse von Passnetzwerken ein.

Inhaltlich konträr zu den in Abb. 123 gezeigten Varianten konnte nur ein Artikel recherchiert werden, in dem eine dynamische Zonierung beschrieben ist (siehe Abschnitt 4.4 u. [VIL-13]). Allerdings segmentierten L. VILAR et al. (ebd.) konvexe Hüllen rund um Feldspieler zur Bestimmung numerischer Dominanz. In Bezug auf die räumliche Domäne der Spielanalyse (siehe Abschnitt 6.1) handelt es sich somit um eine lokale Zonierung. Dagegen ist in diesem Abschnitt eine spielfeldumfassende dynamische Zonierung vorgesehen.

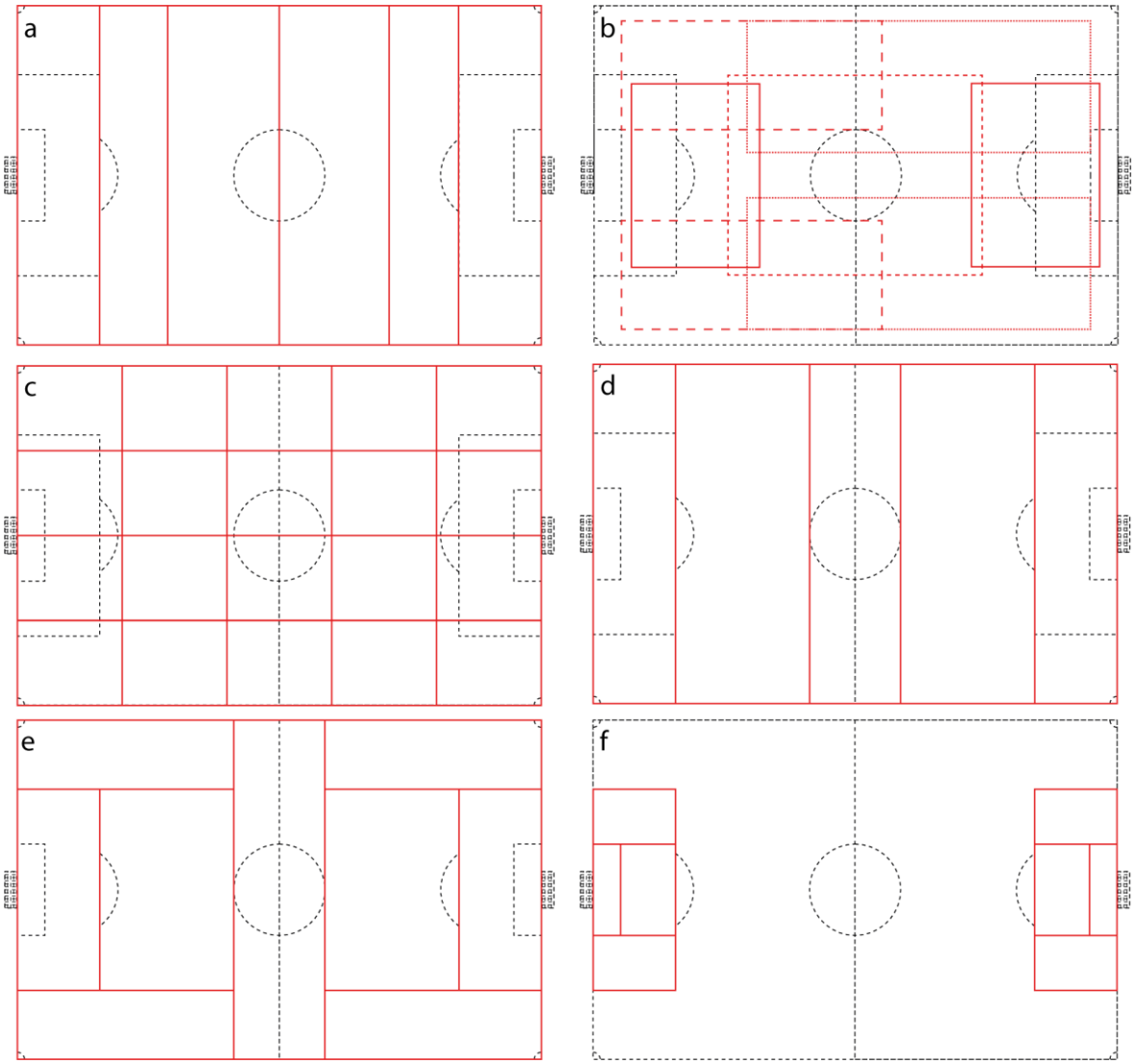


Abb. 123: Beispielhafte statische Zonierungsvarianten: a [POL-97], b [DISb-07], c [LUCa-12], d [CLA-13], e [COT-13], f [CLA-13] (modifiziert)

Die Erläuterung zu Abb. 123 verdeutlicht die Zweckgebundenheit gängiger Zonierungsvarianten. Dabei handelt es sich nicht um eine Einschränkung auf bestimmte Analyseverfahren, sondern um eine Abhängigkeit von der Fragestellung, die ggf. räumlich vertikale und/oder horizontale Auswertungen erfordert. In diesem Zusammenhang sollen dynamische Spielfeldzonierungen neue Fragestellungen aufwerfen, deren Beantwortung zur Vertiefung des Spielverständnisses beitragen. Die Idee dazu entstand in Gesprächen mit Herrn Dr. R. LESER, der u.a. darüber im Rahmen des Projektes *WiMoiS* [Anm.: = Wissensbasierte Modellierung der individuellen Spielleistung von LeistungssportlerInnen in Mannschaftssportarten ([URL-73]).] am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien, forscht.

Während dieser Abschnitt die technische Realisierung dynamischer Zonierungen behandelt, wird darauf aufbauend in Abschnitt 10.4.1 ein Anwendungsbeispiel präsentiert. Die Konzeption dynamischer Zonen ist in Abb. 124 schematisch dargestellt. Demnach soll das Spielfeld mannschaftsspezifisch anhand der sich fortlaufend verändernden Spielerpositionen in Spielrichtung bzw. vertikal entlang der X-Achse in eine Defensiv-, Mittelfeld-

und Angriffszone dreigeteilt werden. Zur Abgrenzung dieser Zonen ist die Berechnung der durchschnittlichen X-Koordinaten der Abwehrreihe und der nominellen Stürmer vorgesehen. Die Grundidee dahinter ist, die Veränderung der kollektiven *Raumverteilung und -nutzung* kontinuierlich zu erfassen.

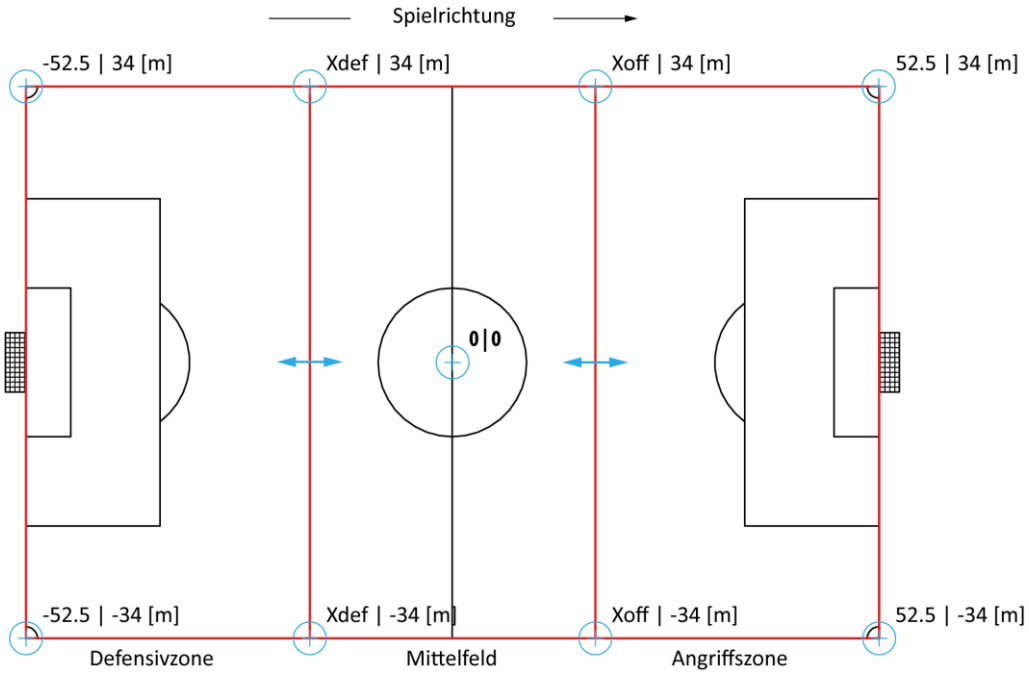


Abb. 124: Prinzip der dynamischen Zonierung: Räumlich variable Angriffs- und Abwehrlinien

Hierzu wurde das *Dynamic Zoning* Tool entwickelt, dessen TDB in Abb. 125 zu sehen ist. Neben der obligatorischen Angabe einer Input GDB kann der Zonierungsprozess optional mittels Boolescher Abfragen auf ein Team oder eine Halbzeit beschränkt werden. Da das Tool vorläufig zur Aufbereitung von Momentaufnahmen entworfen wurde, ist außerdem die Angabe eines bestimmten Zeitpunktes erforderlich. Der dynamische Zonierungsprozess nimmt für beide Mannschaften durchschnittlich 27,48 Sekunden in Anspruch.

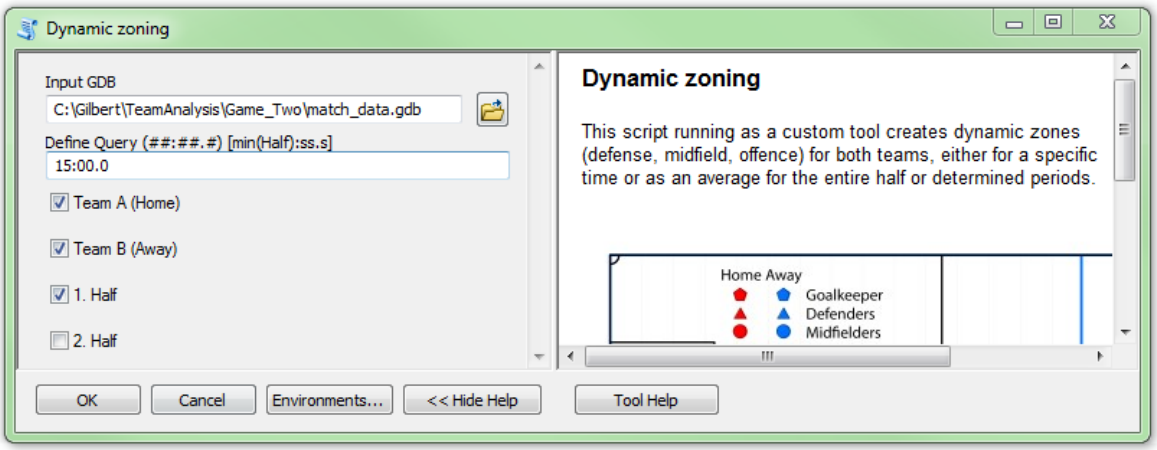


Abb. 125: Tool Dialog Box des Dynamic Zoning Tools

Die Datengrundlage des Tools bilden die zu Mannschaften zusammengefassten FC der ausgewählten Halbzeiten [Anm.: = Ausgabe des *Team Merge* Tools]. Deren Pfade werden im Zuge der vorbereitenden Maßnahmen in eine Datenliste gespeichert [Anm.: = *datalist*].

Wichtig ist, dass die FC mit dem Feld *Formation* ausgestattet sind [Anm.: = Ausgabe des *Add Formation Index* Tools], da damit die Gruppenzuweisung vorgenommen wird. Nach Konvertierung der Zeitangabe in einen *Frame* wird *datalist* iteriert. Nach Bestimmung der Spielrichtung (vgl. Abschnitt 9.2) wird aus den Feldern *Frame* und *Formation* eine *Where Clause* gebildet, auf Basis derer die Datensätze mit einem *SearchCursor* durchlaufen werden. Dabei werden für den ausgewählten Moment die X-Koordinaten der nominellen Verteidiger ausgelesen in eine Koordinatenliste gespeichert [Anm.: = *X_def_list*]. Danach werden die Summe und Länge von *X_def_list* mit den *Python* Funktionen *sum* und *len* bestimmt und daraus das arithmetische Mittel der Koordinaten ermittelt. Dieser Prozess wird im Anschluss daran für die X-Koordinaten der Angreifer wiederholt.

Dadurch wurden in Anlehnung an Abb. 124 die Koordinaten X_{def} und X_{off} berechnet. Im Übrigen sind auch die Spielfeldecken aufgrund der determinierten räumlichen Domäne (siehe Abb. 31) koordinativ bekannt. Basierend darauf werden in Abhängigkeit der Spielrichtung die Koordinatenpaare der Zoneneckpunkte in separate Koordinatenzonenlisten abgelegt [Anm.: = *{zone}_zone_coords*, *zone = {def/mid/off}*].

Nachfolgend wird eine Zonenliste [Anm.: =*zones*] durchlaufen, anhand deren Schleifenvariablen neben der entsprechenden *{zone}_zone_coords* [Anm.: = *coords_list*] weitere zonenspezifische Variablen bestimmt werden. Daraufhin wird eine leere Polygon FC als Container für die Zonen erstellt [Anm.: = *out_file_{zone}* u. als Schleifenvariable *out_file*]. Im Zuge einer Iteration durch *coords_list* werden pro Zone die vier Koordinatenpaare als *Point Array* einem *Polygon Array* übergeben. Auf Basis dieses Vorgangs wird *out_file* unter Einsatz eines *InsertCursor* mit einem neuen Polygon befüllt. Außerdem wird *out_file* zur eindeutigen Identifizierung der Zonen ein neues Feld namens *Zone* hinzugefügt, dass in Abhängigkeit der Schleifenvariablen aktualisiert wird [Anm.: Feld *Zone = {Defence/Midfield/Attacking}*]. Nach vollständigem Durchlauf durch *zones* liegen drei separate FC vor, die mit dem *ArcGIS System Tool Union* zu einer flächenhaften FC vereinigt werden [Anm.: = *union_out*]. Die separaten FC *out_file_{zone}* werden daraufhin gelöscht.

Abschließend werden *union_out* Informationen über Länge und Breite der Zonen entnommen [Anm.: = *extent.height* u. *extent.width*], woraus deren Flächen berechnet werden. Neben der Ausgabe dieser Zonenparameter über das *Results Window* bilden die teamspezifischen, vereinigten Polygon FC das Ergebnis des *Dynamic Zoning* Tools [Anm.: = */dynamic_zones.gdb/{Half_ID}/{Half_ID}_{Team_ID}_Zones_{Frame}*].

Hierzu zeigt Abb. 126 exemplarisch die dynamische Zonierung des Spielfeldes während einer Eckballsituation im ersten Spieldurchgang. Die Spielerpositionen sind hierbei graphisch gemäß ihrer Gruppenzugehörigkeit mittels verschiedener Punktsignaturen kategorisiert. Dadurch kann die konzipierte Zonenabgrenzung visuell verifiziert werden. Das Ergebnis ist ein Beweis dafür, dass anhand spielerspezifischer Trajektorien das Spielfeld dynamisch zoniert werden kann.

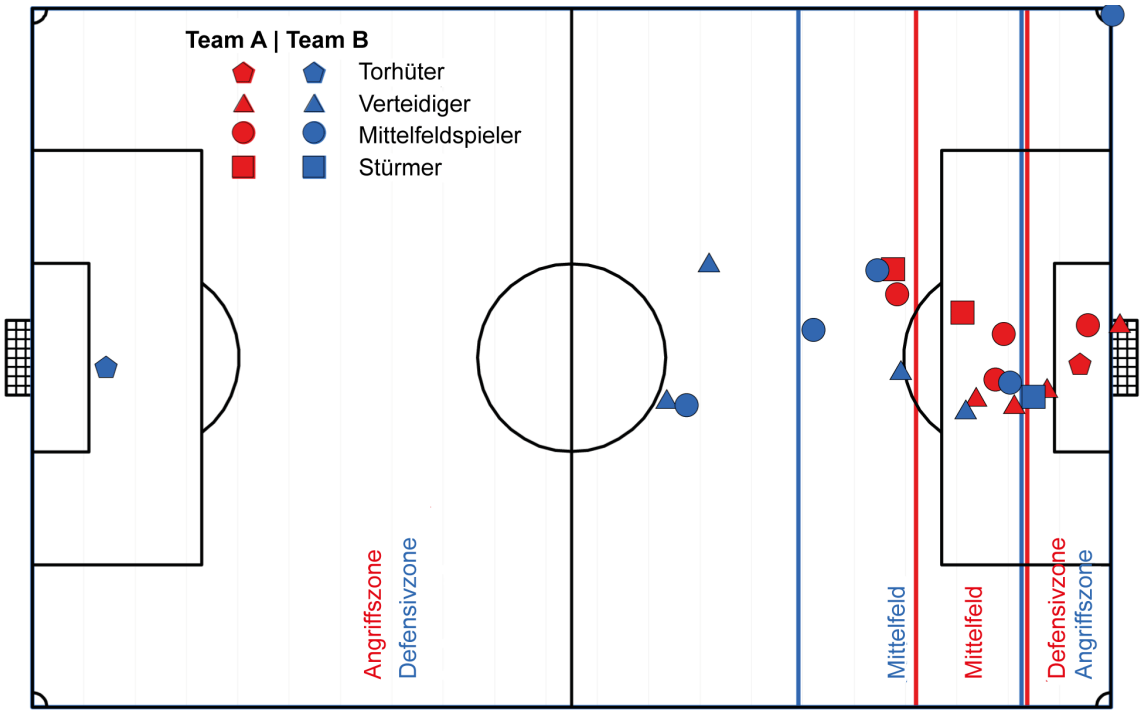


Abb. 126: Dynamische Zonierung des Spielfeldes für eine Momentaufnahme (Daten: ProzoneSports)

Sofern die Zweckmäßigkeit dieser Methode von den Experten bestätigt wird (siehe Abschnitt 12.2.2), ist das Tool entsprechend zu adaptieren. In diesem Fall ist es beabsichtigt, nicht nur eine fortlaufende Zonierung für alle Frames, sondern auch zeitlich generalisierte Zonierungen für frei wählbare Zeitabschnitte zu implementieren. Ferner können in diesem Kontext auch kleinräumigere Segmentierungen entlang der vertikalen und horizontalen Achse angedacht werden. Darüber hinaus ist der Nutzen nicht orthogonaler Zonierungsvarianten zu prüfen. Das *Dynamic Zoning* Tool kann in diesem Sinne als Basis für weiterführende Studien angesehen werden.

Zusätzlich zu inhaltlichen sind abschließend auch technische Adaptionen abseits jener in Abschnitt 11.1 zu thematisieren. Bspw. erfordert die TDB des *Dynamic Zoning* Tools (siehe Abb. 125) neben der Angabe des exakten Zeitpunkts, auch die Auswahl einer Halbzeit. Alternativ dazu könnte die Spielhälfte automatisch aus der Zeitangabe abgeleitet werden. Allerdings ist dies in Hinblick auf fortlaufende Zonierungen obsolet, da dabei festgelegte und/oder variable Zeiträume ausgewertet werden würden. Ferner werden aktuell die Zonen getrennt voneinander auf Basis der *{zone}_zone_coords* mit einem *InsertCursor* erstellt. Dieser Prozess könnte jedoch genauso auf einer einzigen Koordinatenliste beruhen. Ungeachtet dessen könnte ebenso anstelle des *InsertCursor* zunächst eine punkthafte FC erstellt werden, die als Eingabe des *ArcGIS System Tools MinimumBoundingGeometry* zur Erzeugung der Zonen herangezogen wird. Während hierfür in Anbetracht dynamischer Zonierungen von Momentaufnahmen zwar kein unmittelbarer Bedarf gesehen wird, könnte damit u.U. im Kontext fortlaufender Zonierungen über große Zeitspannen eine signifikante Steigerung der Performanz erzielt werden. Für Folgestudien gilt es daher, unterschiedliche Lösungswege zu überprüfen.

10.4 Themenbereich III: Spielstil

Ähnlich der *Raumverteilung und –nutzung* ist der Anwendungsbereich *Spielstil* zu facettenreich, als dass hierzu ein einzelner Themenschwerpunkt konkretisiert werden könnte. Daher werden dazu drei Fallbeispiele aufgegriffen, die die Analyse der offensiven Ausrichtung, des gruppentaktischen räumlichen Verhaltens sowie von Angriffsszenen behandeln. Da der *Spielstil* einer Mannschaft sich aus unterschiedlichen Aspekten zusammensetzt, gibt es direkte und indirekte Querverbindungen zur bisher durchgeführten GIS-gestützten Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse. *Direkt* angesichts der Analyseergebnisse, wie im Falle der Charakterisierung des gruppentaktischen Verhaltens auf Basis von Spielerzentroiden. *Indirekt* hingegen nicht nur aufgrund der weitestgehend identen vorbereitenden Maßnahmen, sondern auch durch bereits entwickelte Analyseroutinen. Bspw. beruht die Quantifizierung der offensiven Ausrichtung auf dynamischen Zonierungen. Ferner fließen Elemente des *Analyse Shots* Tools in die Untersuchung von Angriffssituationen ein. Die Interdependenz des Fußballspiels ist jedoch zugleich die Ursache dessen Komplexität, die es im Folgenden gilt zu entschlüsseln, um damit tiefere Einblicke in das Spielgeschehen zu erlangen.

10.4.1 Quantifizierung der offensiven Ausrichtung

In diesem Fallbeispiel wird aufbauend auf dem Konzept *dynamischer Zonierungen* (siehe Abschnitt 10.3.5) anhand der vertikalen Ausdehnung der Defensivzone die offensive Ausrichtung von Mannschaften bestimmt. *Vertikal* bezieht sich in diesem Kontext auf die Spielrichtung bzw. auf die X-Achse. Dahinter steckt die Annahme ist, dass je breiter die zu verteidigende Zone ist, desto offensiver ist das Spiel. Die Ergebnisse sollen Anhaltspunkte über etwaige Drangphasen liefern und Aussagen über den Spielstil ermöglichen. Gleichzeitig soll die offensive Ausrichtung klassifiziert werden. Diesbezüglich wurde mangels Erfahrungswerten ein pragmatischer Lösungsweg eingeschlagen. Unter dem Gesichtspunkt, dass eine Mannschaft in drei taktische Gruppen eingeteilt [Anm.: = Defensive, Mittelfeld, Offensive] und in der Praxis das Spielfeld häufig gedrittelt wird (siehe Abschnitt 7.2.2), wurde die Dreiteilung in die Überlegungen zu diesem Themenbereich übernommen. Ein Drittel der internationalen Normlänge des Spielfeldes von insgesamt 105 m (siehe Abb. 28) beträgt 35 m. Diese Zahl wurde vorläufig bezogen auf den Abstand der durchschnittlichen Verteidigungslinie zur Torlinie als Trennwert zwischen *geringer* und *starker* offensiver Ausrichtung festgesetzt. Zur Schaffung einer mittleren Ausprägung wurde ein Toleranzbereich von jeweils fünf Metern gewählt, wodurch mit 30 m und 40 m standardmäßig zwei Schwellenwerte zur Klassifizierung herangezogen werden. Da es sich jedoch hierbei um eine willkürliche Festlegung handelt, ist es vorgesehen, dass diese Parameter frei gewählt werden können.

Hierfür wurde das *Analyse Offensive Qualities* Tool entwickelt, dessen TDB in Abb. 127 zu sehen ist. Außer der optionalen Abfrage zur Differenzierung nach Ballbesitzverhältnissen sind alle in Tab. 11 aufgelisteten obligatorischen Eingabeparameter erforderlich. Ähnlich

bisher präsentierter Analysetools ist die Durchführungszeit im Wesentlichen von den selektierten Analyseperioden abhängig. Während für ganze Halbzeiten durchschnittlich drei Minuten und 56 Sekunden benötigt werden, nehmen Zeitabschnitte von jeweils fünf Minuten rund acht Minuten und fünf Sekunden in Anspruch. Dazwischen beträgt die Ausführungszeit für Zeitspannen von je 15 Minuten durchschnittlich vier Minuten und 45 Sekunden.

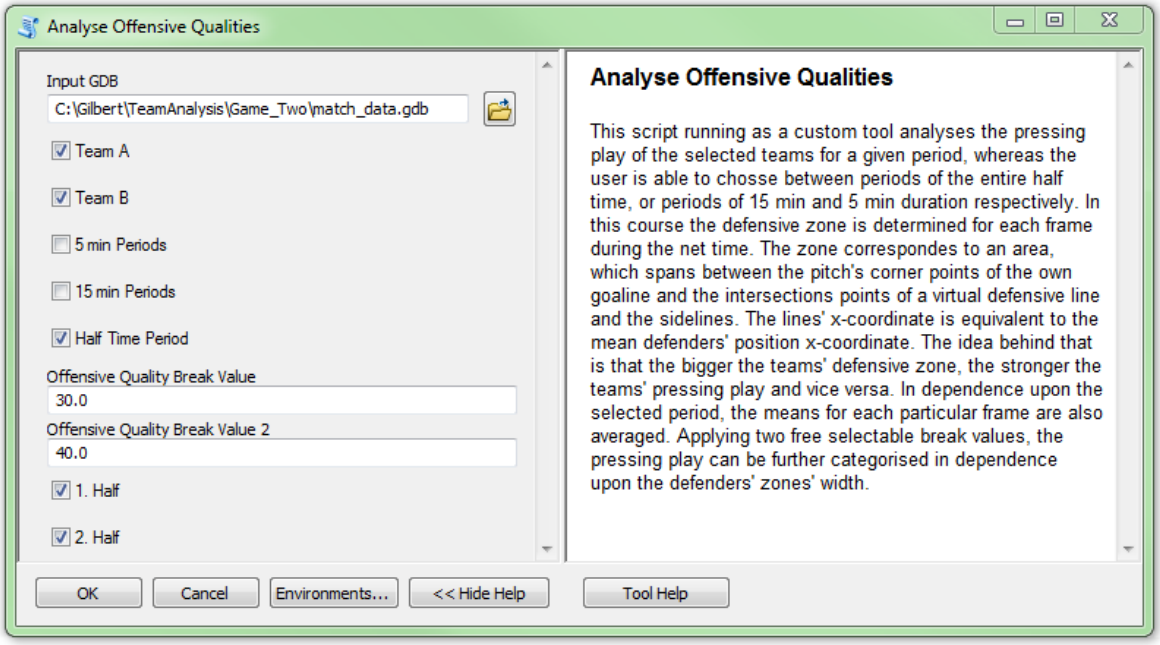


Abb. 127: Tool Dialog Box des Analyse Offensive Qualities Tools

Der iterative Verarbeitungsprozess des *Analyse Offensive Qualities* Tools ist nahezu ident zu jenem des *Dynamic Zoning* Tools, weshalb an dieser Stelle lediglich die wesentlichsten Unterschiede thematisiert werden. Der größte Gegensatz zwischen beiden Tools besteht darin, dass für diese Problemstellung ausschließlich die Defensivzone benötigt wird. Daher entfällt hierbei die Zonierung für das Mittelfeld und den Angriff. Des Weiteren werden keine Momentaufnahmen analysiert, sondern je nach Konfiguration unterschiedliche Zeitabschnitte.

Nachdem die Input FC zu Beginn der Iteration durch *datalist* in das Output FDS [Anm.: = */offensive_quality.gdb/{Half_ID}*] kopiert wurde [Anm.: = *copy_file*], wird diese von irrelevanten Datensätzen bereinigt. Dabei werden Features während Spielunterbrechungen sowie jene die nicht der Formationsgruppe Verteidigung zuzuordnen sind, gelöscht [Anm.: = *Time == „IT“ OR Formation != 2*]. Dadurch wird garantiert, dass ausschließlich die Positionen der Abwehrkette während der Netto-Spielzeit zur Zonierung herangezogen werden.

Analog zu anderen Analysetools wird in Anlehnung an die Ausführungen in Abschnitt 9.5 *periodlist* generiert und iteriert. Dabei werden die Datensätze weiter eingegrenzt [Anm.: = *select_fc*]. Im nächsten Schritt wird das *ArcGIS System Tool Dissolve* verwendet, mit dem die Features anhand einer gemeinsamen Attributausprägung innerhalb des Feldes *Frame* zusammengeführt werden [Anm.: = *diss_feat*]. Der Vorteil dieses Werkzeuges besteht darin, dass gleichzeitig das arithmetische Mittel der X-Koordinaten der Abwehrreihe

pro *Frame* bestimmt werden kann [Anm.: = Feld *Mean_X_cal*]. Daraufhin wird *diss_feat* mit einem *SearchCursor* durchlaufen, wobei die Features gezählt und aufsummiert werden. Auf Basis dieses Prozesses wird gemäß Formel 6 der arithmetische Mittelwert aller zuvor gemittelten abwehrreihenspezifischen X-Koordinaten pro Analyseperiode berechnet. Das Ergebnis wird alsdann in Abhängigkeit der Spielrichtung zur Erstellung der Verteidigungszone in Form einer Polygon FC herangezogen [Anm.: = *out_file*].

Abschließend werden jedem periodenspezifischen Defensivpolygon zwei neue Felder mit den Bezeichnungen *Length* und *Off_Quality* hinzugefügt. Zuvor wurde bereits mittels *extent.width* die Länge der Polygone ermittelt, die nun dem neuen Feld *Length* übergeben werden. Basierend darauf sowie in Abhängigkeit der ausgewählten Schwellenwerte erfolgt mit einem *UpdateCursor* die Klassifizierung der offensiven Ausrichtung in *low*, *medium* und *strong* [Anm.: = Feld *Off_Quality*]. Fortan werden *copy_file*, *select_fc* und *diss_feat* nicht mehr benötigt und daher gelöscht. Im Output FDS ist dann nur noch *out_file* übrig [Anm.: = */{Half_ID}_{Team_ID}_{def/mid/off}_{period}*]. Das Resultat des Analyseprozesses ist exemplarisch anhand der Defensivzonen beider Mannschaften für beide Halbzeiten in Abb. 128 dargestellt.

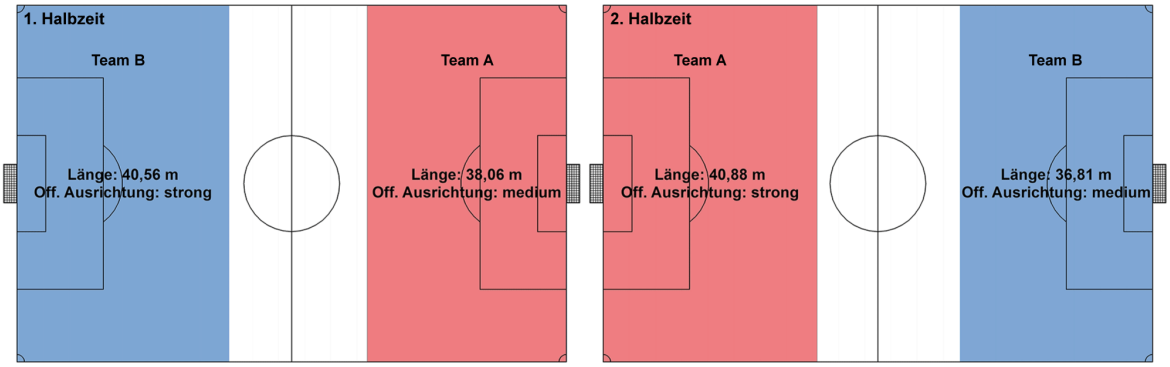


Abb. 128: Gegenüberstellung der offensiven Ausrichtung beider Mannschaften (Daten: ProzoneSports)

Der Vergleich beider Teams in beiden Spielhälften zeigt ein entgegengesetztes Bild. Während die in Rot dargestellten Gastgeber im ersten Spieldurchgang weniger offensiv auftraten, trifft dies in der zweiten Halbzeit auf die Auswärtsmannschaft zu. Dass offensives Spiel nicht unmittelbar zu Toren führt, spiegelt die Torfolge dieses Spiels wieder [Anm.: Endstand 3:1 (3:0), siehe Tab. 7].

Ungeachtet dessen ist die Auswertung ganzer Halbzeiten diskutabel. Die ausgewiesenen Werte liegen eng beieinander und sind schwer zu interpretieren. Daher ist es empfehlenswert kürzere Analyseperioden zu untersuchen. Hierzu zeigt Abb. 129 die offensive Ausrichtung beider Teams für Zeitabschnitte von jeweils fünf Minuten der ersten Halbzeit. Pro Spieldurchgang werden für beide Mannschaften jeweils neun Polygone erzeugt, deren Außenlinien in den Teamfarben Rot und Blau in Abhängigkeit der Chronologie von hell nach dunkel abgestuft sind. Konträr zu Abb. 128 können damit Drangphasen detektiert werden. Da Defensive und Offensive korrelieren zeigt sich in den einzelnen Zeitabschnitten im Vergleich beider Mannschaften ein diametrales Bild.

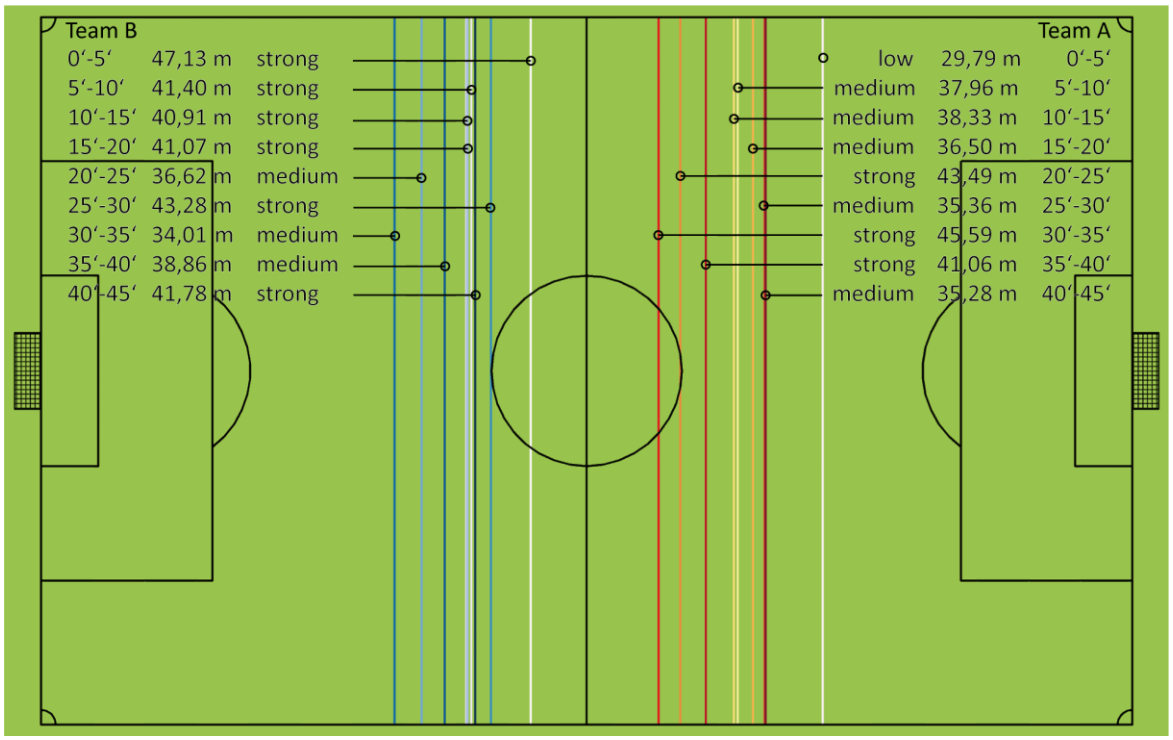


Abb. 129: Vergleich der offensiven Ausrichtung beider Teams für Perioden von jeweils fünf Minuten für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

In Abschnitt 10.3.4 wurde bereits der Versuch unternommen, auf Basis von Spielerzentroiden Drangphasen zu ermitteln (siehe Abb. 122). Dabei kam die Auswertung zum vorläufigen Ergebnis, dass insbesondere die Gäste in den ersten fünf Spielminuten, die Gastgeber hingegen zwischen der 30. und 35. Spielminute das Spiel dominierten. Ferner zog sich die Heimmannschaft nach dem 3:0 in der 36. Spielminute tief in die eigene Spielfeldhälfte zurück. Obwohl diese Aussagen auf Abb. 122 basieren, könnte die Quelle dafür genauso Abb. 129 sein. Auffallend ist außerdem der Zeitraum zwischen der 20. und 25. Spielminute, in dem Team A ebenfalls stark offensiv ausgerichtet war. Hierzu wurde bezugnehmend auf Abb. 122 lediglich festgehalten, dass dies die einzige Zeitspanne während der gesamten ersten Halbzeit war, in der die gemittelte Position des Balls in der Spielfeldhälfte von Team B verortet wurde. Dieses Beispiel zeigt, dass es von außerordentlicher Bedeutung ist, idente Sachverhalte von unterschiedlichen Blickwinkeln aus zu betrachten, da dadurch ein vollständigeres Bild des Spielgeschehens gezeichnet werden kann.

Die Ausführungen zeigen, dass mit dem *Analyse Offensive Qualities* Tool das kollektive Offensivspiel quantifiziert und damit Drangphasen chronologisch verzeichnet werden können. In diesem Sinne wäre die Auswertung einer größeren Datenbasis von Interesse, um etwaige Muster im Angriffsspiel zu detektieren. Z.B. könnte der Frage nachgegangen werden, ob Teams nach Führungen dazu neigen sich zurückzuziehen oder weiter nach vorne drängen. Diese Untersuchung könnte zudem auf verschiedene Spielsituationen in Abhängigkeit von Ballbesitzverhältnissen, des Zwischenstandes, der Spielminute oder des Wettbewerbs erweitert werden. Ferner ist im Dialog mit den Experten zu klären, ob ggf. weitere Parameter zur Quantifizierung der offensiven Ausrichtung miteinbezogen werden müssen.

10.4.2 Charakterisierung von gruppentaktischem räumlichen Verhalten

Während in Abschnitt 10.3.4 Spielerzentroide basierend auf dem räumlichen Median zur Generalisierung kollektiver Bewegungen verwendet wurden, werden diese in dieser Fallstudie zur Charakterisierung von gruppentaktischem räumlichen Verhalten herangezogen [Anm.: Im weiteren Verlauf in allen Zeitformen mit dem Akronym GRV bezeichnet. Des Weiteren sind in diesem Abschnitt die Begriffe *Verhalten* und *Auftreten* stets als *räumliche Handlungen* bzw. *Bewegungen* am Spielfeld zu interpretieren.]. Die Bezeichnung *gruppentaktisch* bezieht sich hierbei auf die drei taktischen Mannschaftsbereiche, Verteidigung, Mittelfeld und Angriff. Individuelles Auftreten wird als Teil des kollektiven Verhaltens verstanden. In diesem Kontext wird das Verhalten innerhalb der Taktikreihen in Abhängigkeit der gruppentaktischen Positionen zueinander bestimmt. Die Grenzen zwischen Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse sind hierbei fließend. Die Untersuchung basiert auf einer Klassifikation in *aggressives*, *normales* und *verhaltenes* Auftreten. Bspw. wird das Verhalten eines hochstehenden Innenverteidigers als aggressiv bewertet, wenn der Rest der Abwehrreihe zurückgezogen ist. Hinsichtlich der Kategorisierung ist *aggressiv* als offensiv, *verhalten* hingegen als passiv bzw. defensiv zu verstehen. Ferner wird das Verhalten bezogen auf die taktische Position als *normal* bezeichnet, wenn keine nennenswerte vertikale Verschiebung zu beobachten ist.

Während die realtaktische Formation eines Teams von der Spielsituation abhängig und infolgedessen einem fortlaufenden Wandel unterworfen ist, bleibt die Grundformationen in ihren Grundzügen erhalten (vgl. Abb. 118). Daher sind gemittelte Spielerpositionen für Verhaltensanalysen geeignet. Allerdings ist hierfür ein einheitlicher räumlich lokaler Bezugsrahmen erforderlich, innerhalb dessen die Spielerzentroide zueinander sowie unabhängig vom übergeordneten Koordinatensystem des Spielfelds in Beziehung gebracht werden. Hierbei handelt es sich um eine lokale dynamische räumliche Zonierung. L. VILAR et al. ([VIL-13]) verwendeten hierzu konvexe Hüllen, allerdings für eine andere Fragestellung (siehe Abb. 18). Diese sind jedoch aufgrund ihrer instabilen Grundform in Anbetracht der geplanten Untersuchung ungeeignet. Exemplarisch dazu entsprechen die von Spielerpositionen abgeleiteten konvexen Hüllen im Extremfall entweder einer Linie, sofern alle Spieler exakt eine Reihe bilden oder einem Hendekagon bzw. ein Dekagon, falls die Torhüterposition vernachlässigt wird. Konträr dazu sind Rechtecke in Hinblick auf die Problemstellung zweckmäßig. Trotz fortlaufender Veränderung und Verschiebung der Seitenlängen bzw. des Zentrums, bleibt die Grundform erhalten, weswegen Vergleiche zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Spielsituationen möglich sind. Die Konzeption sieht vor, dass unabhängig davon innerhalb der Rechtrecke eine dynamische Zonierung in Form einer gleichmäßigen vertikalen und horizontalen Fünfteilung vorgenommen wird. Dadurch entsteht ein Raster, bestehend aus 25 Zellen, deren räumliche Anordnung und Parameter in Abb. 130 dargestellt sind. Dieses so genannte *Taktikraster* bildet die Grundlage zur Untersuchung des GRV.

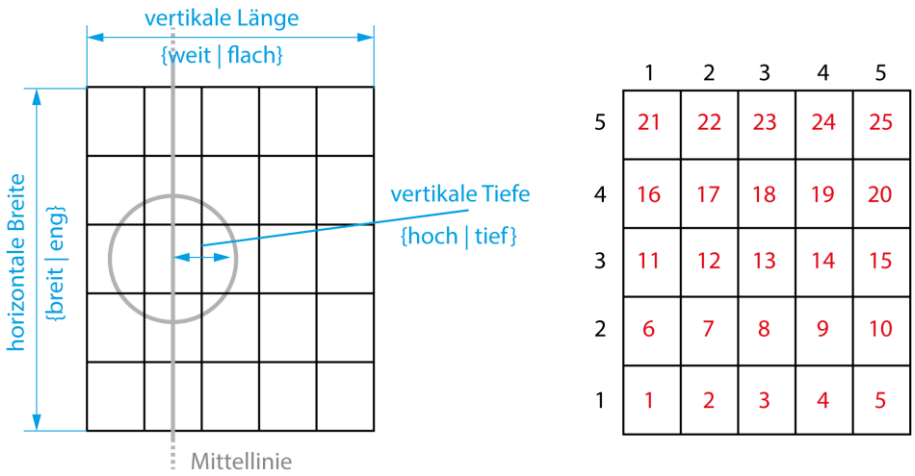


Abb. 130: Schema des lokalen räumlichen Bezugsrahmens zur Untersuchung des GRV

Während Taktikgruppen das Mannschaftsgefüge vertikal in Spielrichtung unterteilen, wird dieses durch das *Taktikraster* auch horizontal differenziert. Neben der Klassifizierung des GRV wird zudem in Relation zur räumlichen Domäne des Spielfeldes (siehe Abb. 31), die Lage und Größe des *Taktikrasters* hinsichtlich horizontaler Breite sowie vertikaler Länge und Tiefe der Mannschaft bestimmt. Die Klassifizierung dieser Parameter basiert auf einer Drittelung der Spielfeldlänge und -breite. Demnach ist das Mannschaftsgefüge vertikal *weit* bzw. *flach*, wenn die Länge des *Taktikrasters* ein Drittel der Spielfeldlänge [Anm.: = 35 m] über- bzw. unterschreitet. Dagegen ist die Formation horizontal *breit* bzw. *eng*, wenn die Breite des *Taktikrasters* zwei Drittel der Spielfeldbreite [Anm.: = 45,33 m] über- bzw. unterschreitet. Zur Einordnung der vertikalen Tiefe wird hingegen die Mittellinie verwendet, wobei bezogen auf den Abszissenwert des Rasterzentrums zwischen *hoch* in der gegnerischen sowie *tief* in der eigenen Spielfeldhälfte unterschieden wird.

Nach der Charakterisierung des Taktikrasters ist zu klären, welche Rasterzellen welchen Verhaltensformen zuzuweisen sind. Entscheidend hierfür sind konstante Bezeichnungen der Zeilen, Spalten und Zonen sowie die Unterscheidung nach Taktikgruppen und Spielrichtung. Abb. 131 bietet hierzu einen Überblick über die standardmäßige Zuteilung, die im Bedarfsfall im Skript adaptiert werden kann.

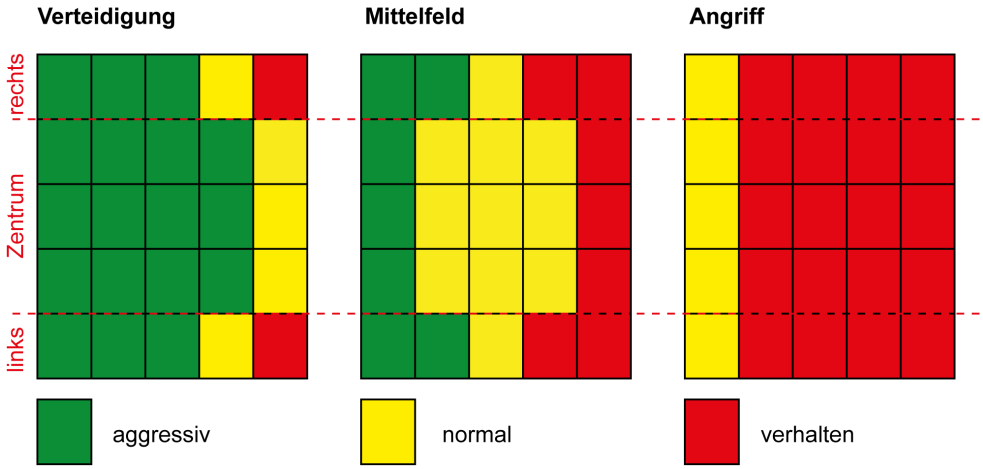


Abb. 131: Zuweisung des GRV auf Basis des Taktikrasters bezogen auf die Spielrichtung von rechts nach links

Das Taktikraster unterscheidet in Abhängigkeit der Spielrichtung eine breite Zentrumszone sowie eine linke und rechte Außenbahn. Für die Offensivabteilung ist keine Zone für *aggressives* Verhalten vorgesehen, da es für einen Stürmer *normal* ist, im Vergleich zu seinen Mitspielern an vorderster Stelle zu agieren. Im Gegensatz dazu ist es für Innenverteidiger *normal*, an hinterster Stelle positioniert zu sein, weswegen hierfür keine Zone für *verhaltenes* Auftreten eingeplant ist.

Zur Untersuchung des GRV auf Basis von Spielerzentroiden (siehe Abschnitt 10.3.4) wurde das *Analyse Tactical Behaviour* Tool entwickelt. Fehlerfreie Resultate können damit jedoch nur dann gewährleistet werden, wenn sich die Teams pro Analyseperiode jeweils aus maximal elf Spielerzentroiden zusammensetzen. Dies ist zwar für Momentaufnahmen durch das Regelwerk garantiert, innerhalb von Zeitspannen sind jedoch Ein/Auswechslungen zu berücksichtigen. Andernfalls könnten aufgrund der Generalisierung von Trajektorien bis zu 14 Zentroide pro Mannschaft und Periode vorliegen, wodurch die Auswertung des GRV verfälscht werden würde. Um derartigen Problemen vorzubeugen, wurde das *Adjust Centroids* Tool entwickelt, dessen TDB in Abb. 132 dargestellt ist.

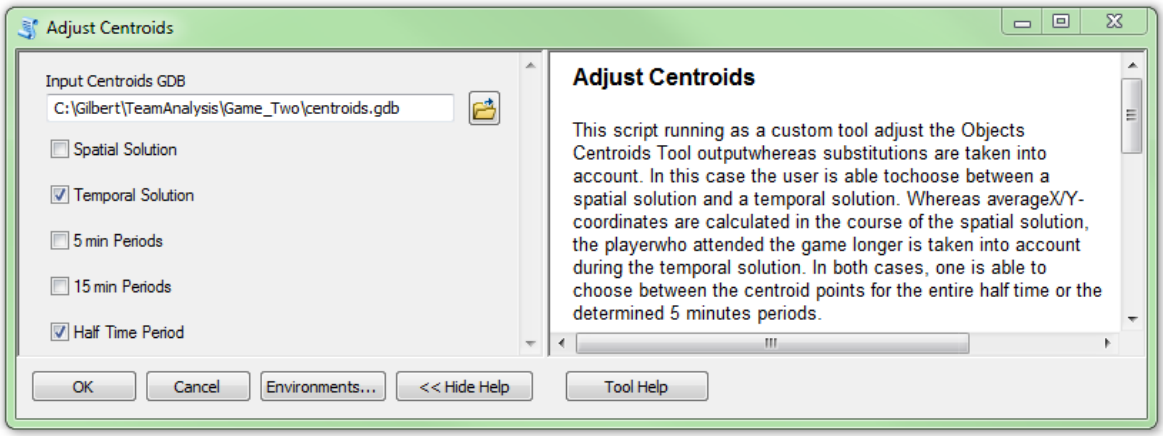


Abb. 132: Tool Dialog Box des Adjust Centroids Tools

Als Input GDB ist hierbei der Pfad zur *centroids.gdb* anzugeben [Anm.: = Output GDB des *Analyse Centroids* Tools]. Mittels Boolescher Abfragen können außerdem die Analyseperioden bestimmt werden. Voraussetzung dafür ist, dass für die ausgewählten Zeitspannen das *Analyse Centroids* Tool ausgeführt wurde. Ferner kann der Anwender zwischen zwei Lösungswegen wählen. Bei der *Spatial Solution* wird der arithmetische Mittelwert der X/Y-Koordinaten des Ein- und Auswechselspielers berechnet. Hingegen wird bei der *Temporal Solution* jenes Zentroid von der Auswertung ausgeschlossen, dessen abgebildeter Spieler innerhalb der jeweiligen Analyseperiode kürzer im Spiel war. Abb. 133 stellt hierzu die Ergebnisse beider Lösungswege gegenüber. Bei Vergleich mit Tab. 7 fällt auf, dass nur zwei der drei Ein/Auswechslungen der Gastgeber im zweiten Spieldurchgang zu sehen sind. Der Grund dafür ist, dass der erste Spielerwechsel während der Halbzeitpause durchgeführt wurde und daher für diesen Zeitraum keine Trajektorie des ausgewechselten Spielers vorliegt.

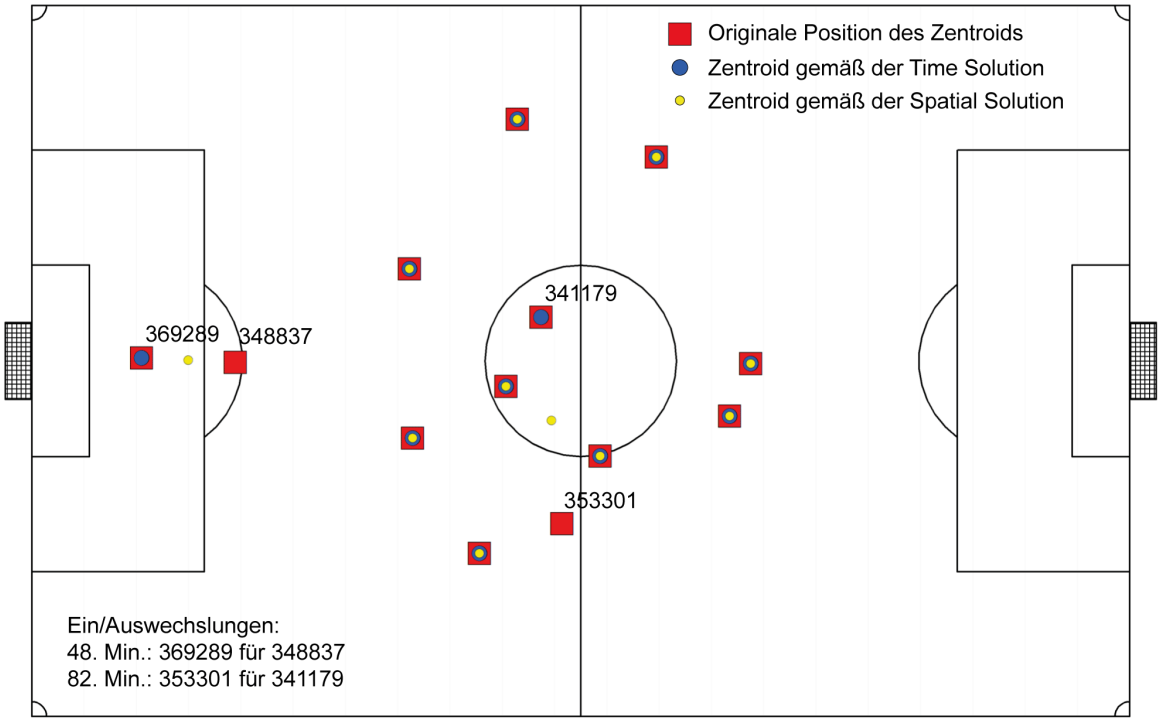


Abb. 133: Vergleich der Ergebnisse der Spatial Solution und Temporal Solution anhand der Heimmannschaft für den Zeitraum der zweiten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Die Auswahl einer der beiden Lösungsvarianten hat nur marginale Auswirkungen auf die benötigte Durchführungszeit des Tools. Bezogen auf jeweils sechs Ein/Auswechslungen nimmt das Tool unter Anwendung der *Spatial Solution* 18,59 Sekunden für ganze Halbzeiten bzw. 57,33 Sekunden für Zeitabschnitte von jeweils fünf Minuten in Anspruch. Konträr dazu benötigt die *Temporal Solution* für die gleichen Rahmenbedingungen 12,64 Sekunden bzw. 44,64 Sekunden.

Obwohl das Ergebnis des *Adjust Centroids* Tools vorweggenommen wurde, soll dennoch als Nächstes dessen Ablauf dargelegt werden. Anhand des Pfades der *centroids.gdb* wird dessen Arbeitsverzeichnis lokalisiert, in dem sich standardmäßig auch die *match_data.gdb* befindet. Darin wird in den Event FDS nach der FC *{Half_ID}_Substitution* [Anm.: = *sub*] gesucht. Sofern die Suche erfolgreich war, wird der Pfad von *sub* in eine Liste gespeichert [Anm.: = *sub_list*]. Andernfalls ist die Ausführung des Tools nicht erforderlich und endet an dieser Stelle. Konträr dazu wird eine nicht leere *sub_list* durchlaufen. Dabei werden bei Bedarf pro Halbzeit zwei leere *Dictionaries* für Ein- und Auswechselspieler erzeugt [Anm.: = *{Half_ID}_{in/out}_player*]. Danach wird *sub* mit einem *SearchCursor* durchlaufen, wobei die *Dictionaries* mit den *Player_IDs* der Ein/Auswechselspieler als *Keys* und den *Frames* der Spielwechsel als *Values* aktualisiert werden.

Anschließend werden die FDS der ausgewählten Analyseperioden aus der Input GDB ausgelesen und in eine Datenliste [Anm.: = *input_datalist*] gespeichert. Daraufhin folgt ein dreistufiger Iterationsprozess zur Ermittlung der betroffenen FC. Zunächst wird *input_datalist* durchlaufen, wobei mit dem *ArcGIS System Tool ListFeatureClasses* eine Liste aller im jeweiligen FDS befindlichen FC erstellt wird [Anm.: = *fclist*]. Diese wird unmittelbar

darauf ebenfalls durchlaufen und im Zuge dieses Prozesses werden die Bezeichnungen der FC auf das Vorhandensein der Zeichenketten *_SA* und *_TA* [Anm.: SA =Spatial Adjustment, TA = Temporal Adjustment] überprüft. Weisen FC diesen Zusatz auf, ist das ein Kennzeichen dafür, dass bereits eine Überarbeitung vorgenommen wurde. Basierend darauf können FC vom nachfolgenden Prozess ausgeschlossen werden. Abschließend werden die Datensätze innerhalb der in Frage kommenden FC unter Einsatz eines *SearchCursor* gezählt. Ist die Anzahl der Features größer elf, wird die FC in eine Liste gespeichert [Anm.: = *affected_fcs*], die die Grundlage des iterativen Adaptionsprozesses bildet. Darin wird zunächst aus der Bezeichnung der FC die Halbzeit abgeleitet, auf Basis derer den Dictionaries *{Half_ID}_{in/out}_player* zwei neue Variablen zugeordnet werden [Anm.: = *in_dict* u. *out_dict*]. Danach spaltet sich das Skript in Abhängigkeit des gewählten Lösungsweges auf.

Fiel die Wahl auf die *Spatial Solution* werden zunächst die Grenzwerte der jeweiligen Analyseperioden in *Frames* umgewandelt. Bspw. betragen diese für die ersten fünf Spielminuten *0* und *3.000* [Anm.: = *range_1* bzw. *range_2*; 3.000 *Frames* entsprechen bei einer konstanten Aufnahmerate von 10 fps fünf Minuten.]. Nachfolgend wird einer Kopie der Input FC nicht nur in ihrer Bezeichnung die Zeichenkette *_SA* angehängt [Anm.: = *SA_FC*], sondern auch fünf neue Felder hinzugefügt. Während die Attribute *in_sub* und *out_sub* für die *Player_IDs* der Ein- bzw. Auswechselspieler vorgesehen sind, dienen *X_Cal* und *Y_Cal* für deren Koordinaten. *Subs* hingegen soll die *Player_IDs* beider Spieler beinhalten. Mit Ausnahme des Feldes *Subs*, werden die Attribute mit einem *UpdateCursor* aktualisiert. Dabei werden die *Values* aus *in_dict* und *out_dict* unter Angabe der *Player_ID* übernommen.

Ab diesem Zeitpunkt enthält *SA_FC* alle notwendigen Informationen zur Bestimmung der gemittelten Positionen. Dazu werden die X/Y-Koordinaten der Zentroide ausgelesen und getrennt voneinander sowie separat für Ein- und Auswechslungen in dafür zuvor erstelle *Dictionaries* gespeichert [Anm.: = *{X /Y}_sub_{in/out}_dict*]. Als *Key* fungiert hierbei der *Frame*, der eine Verbindung zwischen den vier *Dictionaries* herstellt. Das arithmetische Mittel wird getrennt nach X/Y-Koordinaten gebildet und separat unter Angabe des *Frames* als *Key* in zwei neue *Dictionaries* gespeichert [Anm.: = {*X/Y_avg_dict*].

Daraufhin folgt eine zweifache Iteration mit *SearchCursor*, bei der der *Frame* des Spielerwechsels als *Key* und die beiden mit einem Unterstrich getrennten *Player_IDs* als *Value* in eine neues *Dictionary* gespeichert werden [Anm.: = *subs_dict*]. Fortan liegen alle erforderlichen Informationen zur Erstellung neuer Features vor. Da diese jedoch in drei verschiedenen *Dictionaries* temporär zwischengespeichert sind, werden diese abschließend unter Angabe der übereinstimmenden *Frames* extrahiert und in eine neue Liste abgelegt [Anm.: = *new_rows*]. Ferner ist es notwendig, die Features der Ein- und Auswechselspieler zu löschen, ehe mit einem *InsertCursor* auf Basis von *new_rows* neue Features erzeugt werden. In der Attributtabelle von *SA_FC* sind die gemittelten Positionen anhand der Attributausprägungen im Feld *Subs* zu erkennen.

Im Vergleich zur *Spatial Solution* ist der Rechenaufwand der *Temporal Solution* geringer, da keine neuen Punkte berechnet werden. Außerdem ist für jede Analyseperiode nur ein Schwellenwert [Anm.: = *threshold*] vonnöten. Für die ersten fünf Spielminuten ist dieser bspw. *Frame 1.500*. Danach werden die von Spielerwechseln betroffenen FC kopiert sowie deren Bezeichnungen mit der Zeichenkette *_TA* erweitert [Anm.: = *TA_FC*]. Darauffolgend sind *TA_FC* lediglich die Felder *out_sub* und *in_sub* hinzuzufügen, die mit den Informationen aus *in_dict* und *out_dict* befüllt werden. Abschließend erfolgt ein Abgleich mit *threshold*, woraufhin entweder das Zentroid des Ein- oder des Auswechselspielers gelöscht wird.

Bezogen auf die beiden Lösungsvarianten ist es diskutabel, welche davon besser geeignet ist. Hierzu muss von Fall zu Fall abgewogen werden. Das *Analyse Tactical Behaviour* Tool, dessen TDB in Abb. 134 dargestellt ist, unterstützt beide Varianten, deren Ergebnisse mittels Boolescher Abfrage für die Untersuchung ausgewählt werden können. Das Tool umfasst sämtliche in Tab. 11 aufgelisteten obligatorischen Eingabeparameter. Daneben besteht die Möglichkeit die Schwellenwerte zur Charakterisierung des Mannschaftsgefüges frei zu wählen sowie optional eine schriftliche Zusammenfassung erstellen zu lassen.

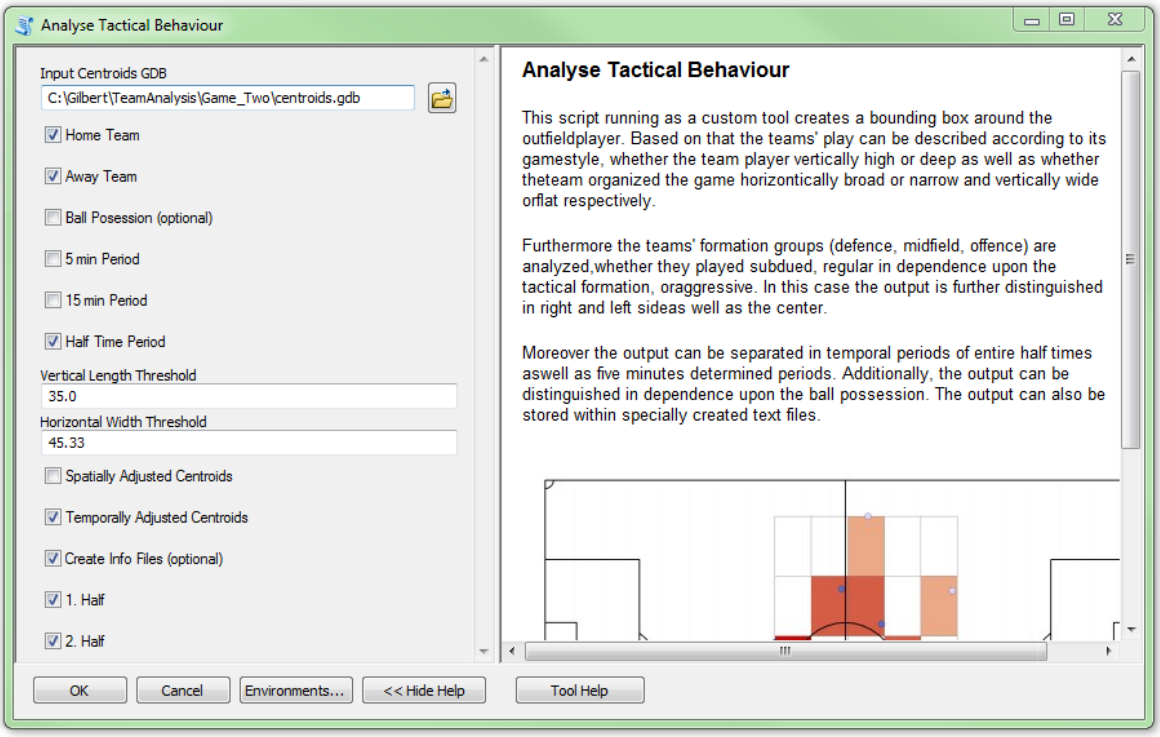


Abb. 134: Tool Dialogue Box des Analyse Tactical Behaviour Tools

Zur Durchführung des Tools wird knapp eine Minute benötigt, sofern die Halbzeiten nicht weiter unterteilt sind. Die zusätzliche Differenzierung nach Ballbesitzverhältnissen verlangsamt den Prozess nur marginal und auch die Auswertung von Analyseperioden von jeweils 15 Minuten ist mit einer Dauer von 82 Sekunden nur unwesentlich langsamer. Hingegen beansprucht die Untersuchung für Zeitabschnitte von jeweils fünf Minuten durchschnittlich sieben Minuten und 40 Sekunden.

Die vorbereitenden Maßnahmen des *Analyse Tactical Behaviour* Tools unterscheiden sich nur geringfügig von den anderen in Kapitel 10 präsentierten Tools. Allerdings sind zusätzlich die in Abb. 131 dargestellten räumlichen Verhaltensschemen parametrisch zu bestimmen sowie Formationsgruppen gemäß Tab. 2 festzulegen (vgl. Abschnitt 8.7). In beiden Fällen werden Listen erstellt, die sich verhaltens- und gruppenspezifisch auf die Zonen des *Taktikrasters* sowie rein gruppenspezifisch auf Mannschaftspositionen beziehen.

Je nach Konfiguration werden die entsprechenden FC in eine Datenliste gespeichert [Anm.: = *datalist*]. Anschließend werden die Features der FC gezählt und die Anpassungsmethode überprüft. Dadurch soll garantiert werden, dass die FC nicht mehr als elf Datensätze aufweisen und nach dem ausgewählten Verfahren überarbeitet wurden. Daraufhin wird *datalist* durchlaufen, wobei zunächst die *Half_ID* und *Team_ID* sowie die Spielrichtung und Analyseperioden anhand der FC-Bezeichnung bestimmt werden. Die Input FC [Anm.: = *in_file*] wird danach auf die Existenz des Feldes *Formation* überprüft. Ist dieses nicht vorhanden, wird *in_file* als Variable *in_file_copy* in das Output FDS kopiert [Anm.: = */tactical_behavciour.gdb/{Half_ID}{_Period}*], wo die Kopie mit dem *PIdBF* über die *Player_ID* attributiv verknüpft wird [Anm.: = *out_file*]. Analog dem *Add Formation Index* Tool wird dann *out_file* ein neues Feld namens *Formation* hinzugefügt, das anhand der Informationen aus Tab. 2 aktualisiert wird.

Fortan sind die Zentroide Taktikgruppen zugeordnet [Anm.: Torhüter = 1, Verteidigung = 2, Mittelfeld = 3 u. Angriff = 4], woraufhin jenes des Tormanns gelöscht wird. Die Zentroide der Feldspieler bilden hingegen die Datengrundlage für *das ArcGIS System Tool MinimumBoundingGeometry*, mit dem nicht nur konvexe Hüllen (siehe Abschnitt 9.4 u. 10.3.3), sondern auch Rechtecke [Anm.: = Parameter *Envelop*] in Form flächenhafter FC um Punkteverteilungen erstellt werden können [Anm.: = *output*]. In diesem Kontext ist *output* die flächenhafte Erscheinung des Mannschaftsgefüges, innerhalb dessen das *Taktikraster* generiert wird. Zuvor sind jedoch die Ausmaße von *output* zu bestimmen, wozu die *Arcpy Function Describe* verwendet wird, um auf die Eigenschaften der FC *extent.lowerLeft*, *extent.XMin*, *extent.YMax* und *extent.upperRight* zuzugreifen. Diese Informationen sind zur Erstellung des Rasters exakt innerhalb des *Envelop* notwendig. Hierzu wird das *ArcGIS System Tool CreateFishnet* eingesetzt, das gemäß den Angaben eine gleichmäßige 5 x 5 Rasterung vornimmt [Anm.: = *fishnet*].

Zur Charakterisierung des Mannschaftsgefüges werden die X/Y-Koordinaten des Zentrums sowie die Breite und Höhe von *output* bestimmt [Anm.: = *extent.XMin* u. *extent.XMax* bzw. *extent.width* u. *extent.height*]. Anhand dessen wird zusätzlich die Fläche von *output* berechnet. In Abhängigkeit der Eingabeparameter wird anschließend die Klassifizierung der vertikalen Länge, der horizontalen Breite sowie der vertikalen Tiefe in Bezug auf die Spielrichtung vorgenommen. Das Flächenzentrum wird zudem temporär als punkthafte FC ausgegeben, wozu das *ArcGIS System Tool FeatureToPoint* mit dem Parameter *CENTROID*

verwendet wird [Anm.: = *centre*]. Im Anschluss daran werden die Zwischenergebnisse im *Results Window* präsentiert sowie im Bedarfsfall in ein *Text-File* geschrieben. Die FC *output* und *centre* werden danach nicht mehr benötigt und deshalb gelöscht.

Zur Untersuchung des GRV werden *fishnet* zwei neue Felder namens *row_ID* und *column_ID* hinzugefügt. Darin werden gemäß dem vordefinierten Schema (siehe Abb. 130) mittels *UpdateCursor* jeder Rasterzelle eine Zeilen- und Spaltennummer zugewiesen. Das *Taktikraster* wird daraufhin mit den Zentroiden der Feldspieler unter Angabe der Option *Join_One_To_Many* räumlich verknüpft [Anm.: = *out_join*]. Als Nächstes werden acht leere Listen erstellt, die später als Container für die extrahierten Informationen herangezogen werden [Anm.: = *{beh/foc}_{def/mid/off}_{l/c/r}_list*]. Für die Verteidigung und das Mittelfeld sind je drei Listen vorgesehen, durch diese das räumliche Verhalten horizontal differenziert wird [Anm.: = linke und rechte Außenbahn sowie Zentrumszone]. Für die Offensive wurden hingegen zwei Listen angelegt, die das Verhalten und den Fokus des Angriffs abbilden. Abschließend werden die Inhalte von *out_join* getrennt nach Taktikgruppen ausgelesen und unter Berücksichtigung der Spielrichtung mit den eingangs parametrisch definierten räumlichen Verhaltensschemen abgeglichen. Dabei werden die daraus abgeleiteten Informationen in die zuvor erstellten Listen übertragen. Von dort erfolgt die Extraktion zur Erstellung der schriftlichen Zusammenfassung, die ggf. in das *Text-File* einfließt [Anm.: = */Tactical_Behaviour/{Half_ID}_{Team_ID}_{Period}_{SA/TA}_{in_BP/no_BP}.txt*]. Das Ergebnis des *Analyse Tactical Behaviour* Tools ist exemplarisch in Abb. 135 dargestellt und umfasst neben dem *Taktikraster* auch die Zentroide der Feldspieler. Ähnlich bisher präsentierter Tools, weisen die Bezeichnungen der Output FC auf ihren Inhalt hin. [Anm.: = *{Half_ID}_{Team_ID}_{Time_ID}_{Period}_C_{BP_ID}_int{/fishnet_{SA/TA}}*].

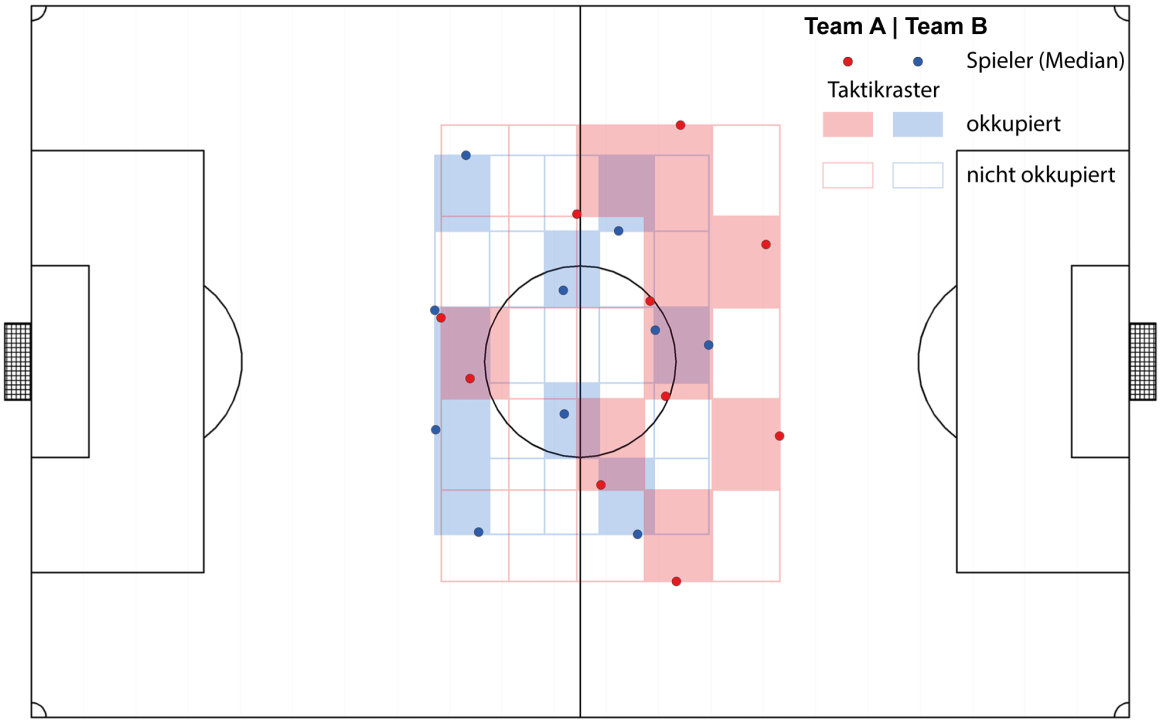


Abb. 135: Taktikraster beider Mannschaften für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Die Abbildung zeigt die *Taktikraster* beider Mannschaften für den Zeitraum der ersten Halbzeit. Die eingenommenen Rasterzellen sind gemäß den Teamfarben eingefärbt, wodurch Muster visuell rasch erkennbar sind. Diese werden als Ausdruck des Mannschaftsgefüges verstanden. Im Vergleich beider Teams nahmen die Gastgeber während dieses Zeitraums eine deutlich größere Fläche innerhalb des Spielfeldes in Anspruch. Details darüber können den schriftlichen Zusammenfassungen entnommen werden (siehe Abb. 136). Alternativ dazu könnte das Kartenfeld ergänzt werden durch weitere Informationen, bspw. in Form von Namengut und/oder Diagrammen. Dadurch würde nicht nur die Aussagekraft der Graphik erhöht, sondern auch deren freie Räume besser genutzt werden.

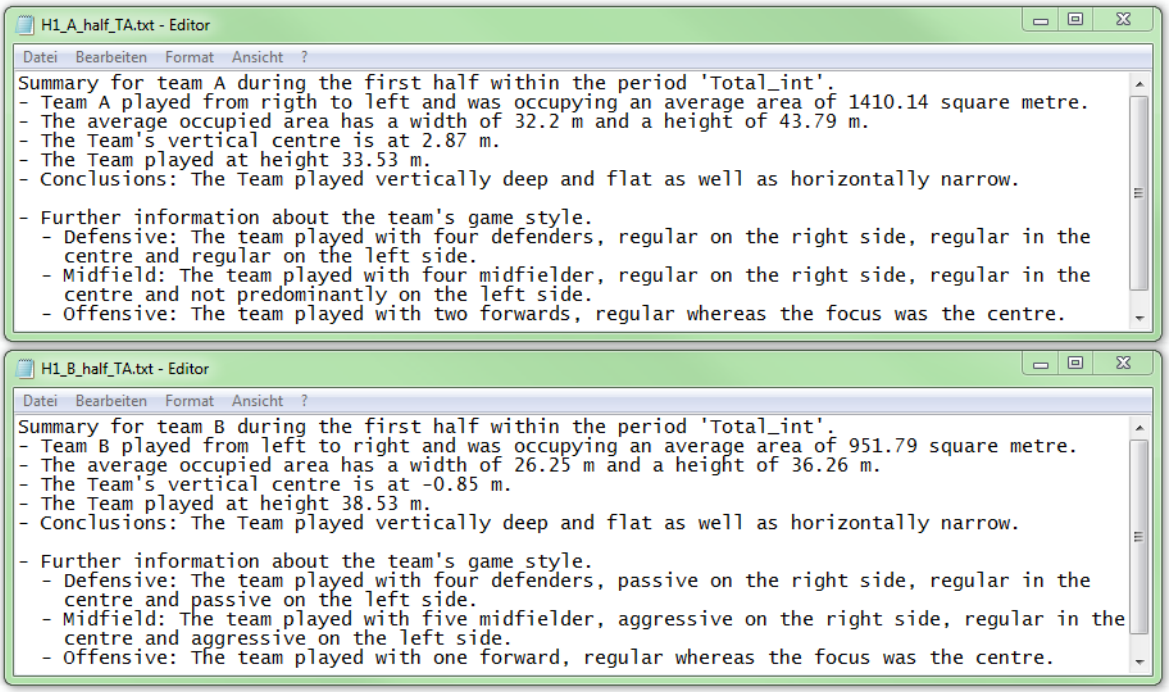


Abb. 136: Schriftliche Auswertung beider Mannschaften hinsichtlich deren GRV für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Der Größenunterschied zwischen beiden gemittelten Teamflächen beträgt 458,35 m². Gemäß den Eingabeparametern schließen die Längen und Breiten der *Taktikraster* daraufhin, dass beide Mannschaften vertikal *flach* und horizontal *eng* spielten. Des Weiteren waren beide in Bezug auf ihre Zentrumsfläche in Relation zum Spielfeld vertikal *tief* positioniert. Beide Teams spielten mit einer Viererkette in der Abwehr, deren Innenverteidigung *normal* agierte [Anm.: = *regular*]. Wäre hierbei innerhalb der Rasterzeilen *2*, *3* und *4* (siehe Abb. 130) keiner oder nur ein Verteidiger positioniert, würde die Innenverteidigung als *unterbesetzt* [Anm.: = *short-staffed*] beschrieben werden. Gegensätze gibt es hingegen bei den Außenverteidigern, die bei den Gästen *verhalten* [Anm.: = *passive*], bei der Heimmannschaft hingegen *normal* agierten. Im Mittelfeld spielten Team A und Team B mit vier bzw. fünf Spielern. Während die Gastgeber auf der rechten Seite und im Zentrum *normal* spielten, war die linke Außenbahn unterbesetzt [Anm.: = *not predominantly*], da der nominelle Flügelspieler zentrumsnah agierte. Das Auswärtsteam spielte hingegen *normal* mit drei

Spielern im Zentrum sowie *aggressiv* [Anm.: = *aggressive*] auf beiden Außenbahnen. Die Offensivabteilung der Heimmannschaft wurde von zwei Stürmern gebildet, deren Fokus im Zentrum lag. Konträr dazu spielten die Gäste mit nur einer Sturmspitze, die sich ebenfalls auf das Zentrum fokussierte. Demgegenüber kann die bevorzugte Angriffsseite in Abhängigkeit der Spielerpositionen auch als *rechtszentriert*, *linkszentriert* sowie *nicht eindeutig* [Anm.: = *centre-right*, *centre-left*, *not obvious*] beschrieben werden.

Im Vergleich dazu sind in Abb. 137 die *Taktikraster* der Heimmannschaft, differenziert nach Ballbesitzverhältnissen dargestellt. Analog bisheriger Ergebnisse ist zu sehen, dass das Mannschaftsgefüge unter Ballkontrolle deutlich breiter ist, als bei gegnerischem Ballbesitz (vgl. Abschnitt 10.3.2 u. 10.3.4). Allerdings war Team A entgegen den Erwartungen im Angriff vertikal tiefer positioniert, als in Verteidigung. Dies ist womöglich ein Indiz dafür, dass die Gastgeber hohes Pressing spielten und dabei versuchten den Ball noch in der gegnerischen Spielfeldhälfte zurückzuerobern. Anhand der vorliegenden Informationen kann diese These jedoch nicht verifiziert werden.

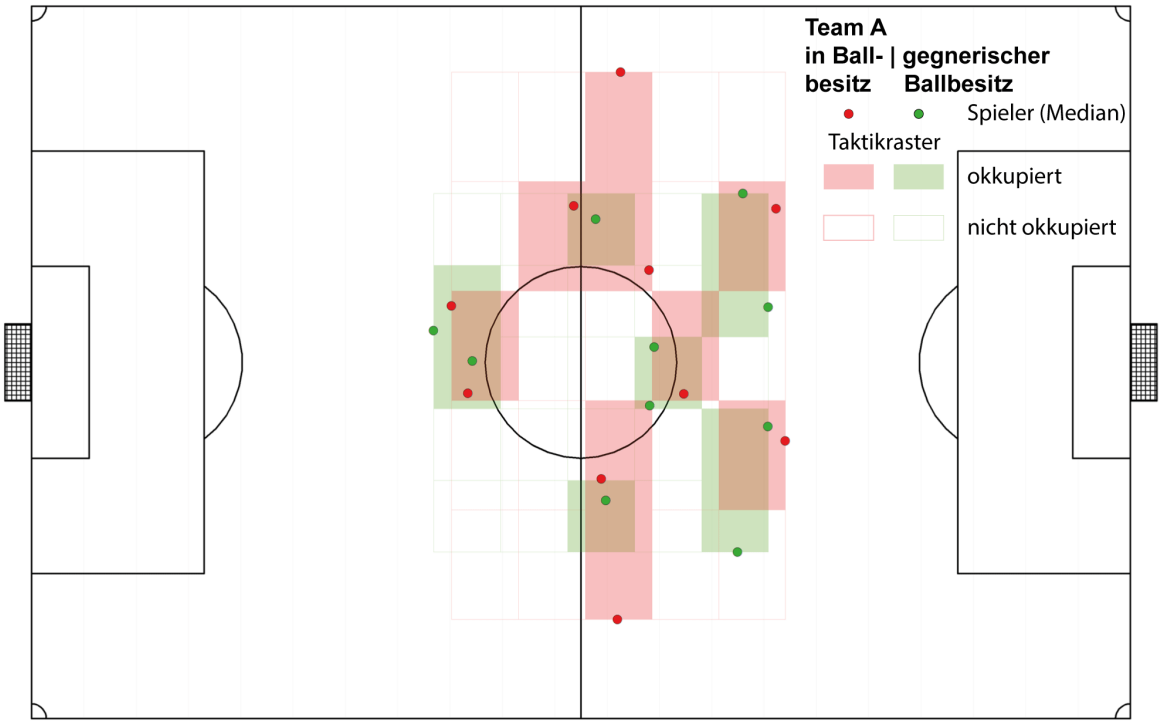


Abb. 137: Taktikraster der Heimmannschaft, differenziert nach Ballbesitzverhältnissen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Exakte Daten dazu liefern die beigefügten schriftlichen Zusammenfassungen (siehe Abb. 138). Während die Differenz zwischen den vertikalen Längen mit 10 cm belanglos ist, ist die Abweichung zwischen den horizontalen Breiten mit 18,01 m beachtlich. Dadurch resultiert ein Größenunterschied zwischen beiden *Taktikrastern* von 570,90 m². Ferner beträgt der Diskrepanz bei den vertikalen Tiefen 1,68 m. Entsprechend der Klassifikation spielte Team A unabhängig der Ballbesitzverhältnisse vertikal *flach* und stand horizontal in Angriff *weit*, in Verteidigung hingegen *eng*. Des Weiteren ist in der Graphik die offensive Ausrichtung beider Außenverteidiger gut erkennbar. Dies bestätigt die Auswertung des

GRV, wonach beide in Angriffssituationen *aggressiv*, in Verteidigung hingegen *verhalten* agierten. Konträr dazu weisen die restlichen Positionen keine parametrischen Abweichungen auf. Der Abbildung ist jedoch außerdem ein Formationswechsel von einem 4-4-2 in Verteidigung auf ein 2-2-4-2 in Offensive zu entnehmen. Dieses Beispiel zeigt, dass sich Graphik und schriftliche Zusammenfassung einander ergänzen und daher beide für die Interpretation der Ergebnisse heranzuziehen sind.

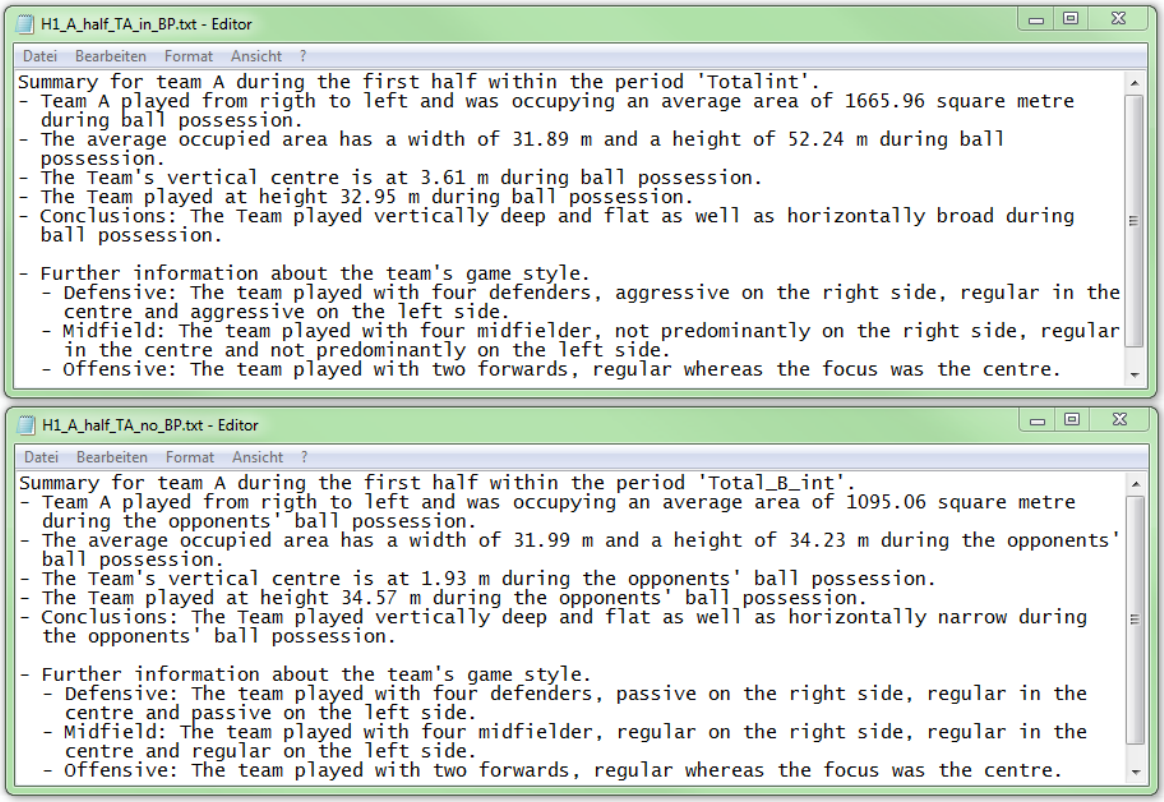


Abb. 138: Schriftliche Auswertung der Heimmannschaft hinsichtlich deren GRV für den Zeitraum der ersten Halbzeit, differenziert nach Ballbesitzverhältnisse (Daten: ProzoneSports)

Abgesehen von den bisher präsentierten Graphiken ist das Tool auch für andere Analyseperioden anwendbar, wie etwa in Abb. 139 am Beispiel der *Taktikraster* beider Teams für Zeitspannen von jeweils 15 Minuten in der ersten Halbzeit dargestellt ist. Analog anderer Tools, die ebenso diese Option anbieten, kann damit ein zeitlich differenzierteres Bild des Spielgeschehens abgebildet werden. Dahingehend zeigen die Ausführungen dieses Abschnitts, dass mit dem *Analyse Tactical Behaviour* Tool, das GRV und damit indirekt der *Spielstil* von Mannschaften charakterisiert werden kann. Ungeachtet dessen ist die Methodik des Tools diskutabel und daher die Aussagekraft dessen Ergebnisse in Frage zu stellen. Bspw. ist zu klären, ob hierfür rechteckige Mannschaftsflächen und deren dynamische Zonierung zielführend sind. Ferner ist die Zweckmäßigkeit andersförmiger Zonen, wie z.B. Penta- oder Hexagone zu überprüfen. Des Weiteren zeigen die präsentierten Abbildungen, dass Spielerzentroide oftmals in den Randbereichen der Zonen bzw. Zellen des *Taktikrasters* liegen. Daher sind Gewichtungen von Innen- und Außenbereichen überlegenswert. U.U. könnte hierzu auch *Fuzzy Logic* sinnvoll eingesetzt werden. Die Theorie so genannter

unscharfer Mengen ([BOT-95]) wurde immerhin bereits von J. WIEMEYER zur Identifikation taktischer Positionen im Fußball angewandt ([WIE-99], [WIE-00]). In diesem Sinne gilt es im Rahmen von Folgestudien unterschiedliche Option auszuloten. Da das Tool ein Prototyp ist, sind verbleibende Fragen unvermeidlich. Diese und andere Aspekte sind in der zweiten Befragungsrunde zu thematisieren.

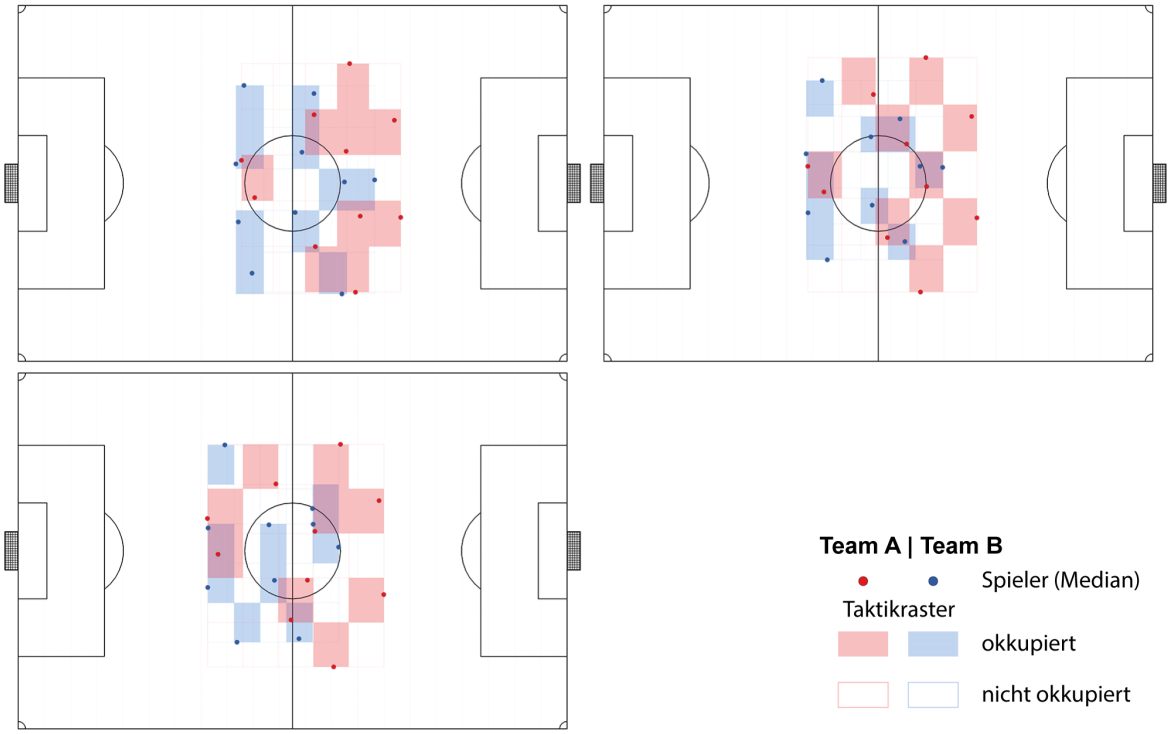


Abb. 139: Taktikraster beider Mannschaften für den Zeitraum der ersten Halbzeit in Zeitabschnitten von jeweils 15 Minuten (Daten: ProzoneSports)

10.4.3 Analyse der Genese von Torabschlüssen

Aufbauend auf dem *Analyse Shots* Tool (siehe Abschnitt 9.4) werden in diesem Fallbeispiel Torschüsse nicht als eigenständige Events, sondern als Konsequenz von Angriffssequenzen untersucht. Dabei wird neben der Berechnung der reellen Erfolgsaussicht (siehe Formel 13), die dem Torversuch vorausgehende Angriffskette deskriptiv analysiert. Dies umfasst u.a. die Bestimmung der Dauer und räumlichen Länge der Angriffe sowie die Anzahl der daran beteiligten Spieler. Gemäß M. HUGHES u. I. FRANKS ([HUGb-05]) ist es damit möglich, Aussagen über den *Spielstil* eines Teams abzuleiten. Außerdem sollen jene Spielfeldzonen, aus denen die Attacken starteten vertikal und horizontal klassifiziert werden. Hierfür ist eine räumliche Verschneidung mit Zonierungsvariante III vorgesehen [Anm.: = Variable *sides*, siehe Abb. 48].

Zu diesem Zweck wurde das *Analyse Score Attempts* Tool entwickelt. Die zu analysierenden Angriffsketten sind Abschnitten der Trajektorie des Balls gleichzusetzen, die mit Event-Daten verknüpft sind. Sie beginnen mit einer Balleroberung oder einem Initialmoment [Anm.: = Abstoß, Anstoß, Einwurf, Eckball, etc., siehe Tab. 5] und enden mit einem Torversuch [Anm.: = Events *Shot on target* u. *Shot not on target*]. Die TDB ist in Abb. 140

dargestellt und umfasst 17 Eingabeparameter, wovon fünf in Bezug auf Tab. 11 obligatorisch sind. Der Rest dient hingegen, analog zu jenen des *Analyse Shots* Tools, zur Berechnung des Schussrisikos und zur Klassifizierung der reellen Erfolgsaussicht (vgl. Abb. 81). Die Auswertung des ausgewählten Spiels, in dem 32 Torversuche verzeichnet wurden, nahm vier Minuten und 12 Sekunden in Anspruch. Da die vorbereitenden Maßnahmen und der iterative Analyseprozess weitestgehend ident jenen bzw. jenem des *Analyse Shots Tools* sind, wird im Folgenden mit Verweis auf Abschnitt 9.4 auf eine allumfassende Beschreibung verzichtet. Stattdessen werden lediglich die Erweiterungen im Detail geschildert.

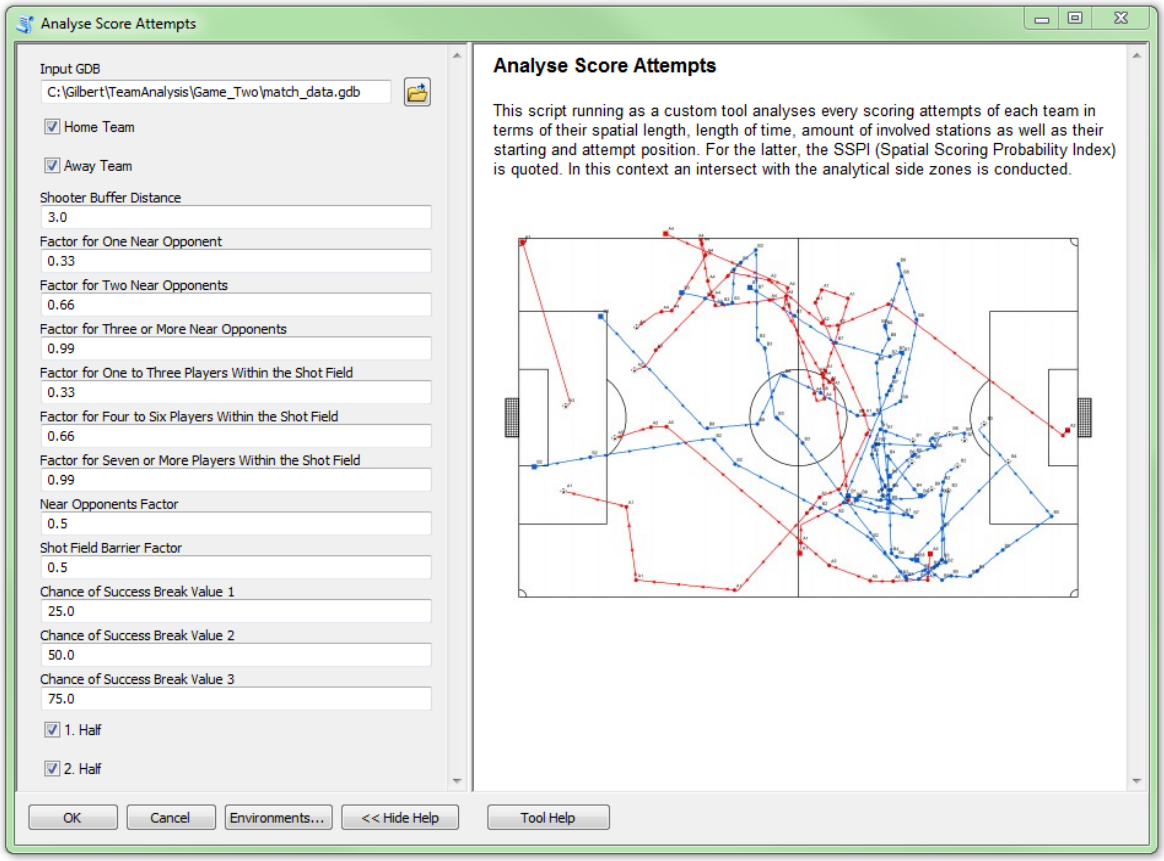


Abb. 140: Tool Dialog Box des Analyse Score Attempts Tool

Vor der Detektion der *Frames* einzelner Torversuche sowie deren Ablage in einer Liste und einem *Dictionary* [Anm.: = *attempt_list* bzw. *attempt_dict*, inkl. dem Wert des Feldes *BP* als *Value*.], wird eine Liste aller Ballbesitzwechsel erstellt [Anm.: = *change_list*]. In beiden Fällen beruht die Datenextraktion auf der FC *new_file*, die eine Kopie der Trajektorie des Balls ist und zuvor mit der FC *all_events* mit der Option *KEEP_COMMON* über das Feld *Frame* attributiv verknüpft wurde. Im Vorfeld wurde *new_file* zudem von Features während Spielunterbrechungen bereinigt [Anm.: *BP* = *„IT“ OR BP* = *„PG“*] und ein neues Attribut namens *Attack* angehängt. Im Verlauf einer zweifachen Iteration mit einem *UpdateCursor* wurden außerdem die *Team_IDs* von aufeinanderfolgenden Punkten abgeglichen. Die dabei ausfindig gemachten Ballbesitzwechsel wurden anschließend im Feld *Attack* mit der Zeichenkette *{Team_ID}_change* festgehalten sowie unter Angabe ihrer *Frames* als *Keys* in ein *Dictionary* gespeichert [Anm.: = *change_dict*].

Im nächsten Schritt werden jene Balleroberungen ermittelt, die zu Torversuchen führten. Hierzu werden *attempt_list* und *change_list* anhand ihrer *Keys* sortiert. Daraufhin wird *attempt_list* durchlaufen, wobei pro Angriff ein leeres *Dictionary* erstellt wird [Anm.: = *diff_dict*]. Noch in derselben Schleife folgen zwei weitere Iterationen, beginnend mit einem Durchlauf durch *change_list*. Hierbei werden die *Frames* der Balleroberungen jenem des aktuell extrahierten Torversuchs gegenübergestellt. Sind diese kleiner, wird *diff_dict* mit der Differenz der beiden *Frames* als *Keys* und einer zusammengesetzten Zeichenkette der ausgelesenen *Team_IDs* als *Values* aktualisiert. Von *diff_dict* wird anschließend eine Liste aller *Keys* abgeleitet [Anm.: = *keylist*]. Nach deren Sortierung wird darin über den Index *0* der kleinste Differenzwert ermittelt [Anm.: = *min*]. Zur Überprüfung der Eigenständigkeit der *Start*-Events wird *keylist* durchlaufen. Dies ist notwendig, da *Start*- und *Attempt*-Events bspw. bei Freistößen oder Direktabnahmen nach missglückten Abwehrversuchen zusammenfallen. Sind der *Key* der *keylist* und *min* ident, wird der *Value* des *diff_dict* unter Angabe des *Keys* ausgelesen. Bei Übereinstimmung beider *Team_IDs*, wird der *Start-Frame* durch Subtraktion von *min* vom *Attempt-Frame* berechnet. Andernfalls wird für den *Start-Frame* der *Attempt-Frame* übernommen. In beiden Fällen wird eine Liste aller *Start-Frames* [Anm.: = *start_list*] generiert sowie ein zuvor erstelltes *Dictionary* [Anm.: = *attacks*] mit dem *Attempt-Frame* als *Key* und dem *Start-Frame* als *Value* befüllt.

Im Anschluss an diesen dreistufigen Iterationsprozess wird das Feld *Attack* in *new_file* anhand von *start_list* aktualisiert [Anm.: Attributwerte = *{Team_ID}_start*]. Daneben bildet *attacks* die Grundlage zur Zusammenstellung angriffsspezifischer *Where Clauses*, die in eine Liste gespeichert werden [Anm.: = *where_list*]. Daraus ausgelesen dienen die Bedingungen zur Einschränkung eines *UpdateCursor*, um allen Angriffsszenen eine *Team_ID* im Feld *Attack* zuzuordnen. Nach Bereinigung jener Features, die nicht einem Angriff zugeordnet werden können, werden die Angriffe pro Mannschaft gezählt und im Feld *Attack* nummeriert. Danach wird *new_file* ein neues Feld namens *Attack_ID* hinzugefügt, das mit den ersten beiden Indizes der Zeichenkette des Attributs *Attack* befüllt wird.

Folgend werden die Zählergebnisse in Listen abgelegt [Anm.: = *{Team_ID}_count_list* bzw. als dynamische Variable *count_list*.], woraufhin eine Mannschaftsliste durchlaufen wird [Anm.: = *team_list*]. Nach Zuweisung dynamischer Variablen wird *count_list* durchlaufen, wobei die Zählvariable *count* zusammen mit der *Attack_ID Where Clauses* bilden. Mit diesen werden die Datensätze von *new_file* durchforstet. Hierbei werden die einzelnen Features pro Angriff gezählt und als *Values* in *Dictionaries* abgelegt [Anm.: = *{Team_ID}_dict* bzw. als dynamische Variable *count_dict*.]. Zugriff darauf bietet *count* als *Key*. Zum Abschluss der Iteration durch *team_list* wird *count_dict* durchlaufen und dabei eine Key-Liste befüllt [Anm.: = *{Team_ID}_key* bzw. als dynamische Variable *key_list*.].

Anschließend werden mit dem *ArcGIS System Tool PointsToLine* Linien zwischen den Ballstationen der Angriffe erzeugt [Anm.:= *out_file*]. Hierfür dienen die *Attack_ID* und der

Frame als *Line Field* bzw. *Sort Field*. Analog dem *Analyse Shots* Tools wird zudem *new_file* ein neues Feld mit der Bezeichnung *Outcome* hinzugefügt und aktualisiert. Daraufhin werden teamspezifische Feature Layer von *new_file* und *out_file* abgeleitet [Anm.: = *{Team_ID}_att_{points/lines}* bzw. als dynamische Variable *att_{points/lines}*.]. Nachdem diese in das Output FDS kopiert wurden [Anm.: = */score_attempts.gdb/{Half_ID}/{Half_ID}_{Team_ID}_attempts{/_l}*], werden *new_file* und *out_file* nicht mehr benötigt und daher gelöscht.

Abschließend wird *team_list* erneut durchlaufen, wo zu Beginn eine Reihe dynamischer Variablen zugewiesen werden. In weiterer Folge wird zur Extraktion angriffsspezifischer Informationen *count_list* dreimal durchlaufen. Die dabei ausgelesenen Schleifenvariablen bilden zusammen mit der *Attack_ID Where Clauses* zur Einschränkung der Datensatzsuche mittels *SearchCursor*. Während basierend auf *att_points* Ballstationen pro Angriff gezählt und die Dauer anhand der *Start-* und *Attempt-Frames* berechnet werden, dient *att_lines* zur Auslese und Aufsummierung der Längen der Multilines. Sämtliche Informationen werden unter Angabe der *Attack_ID* als *Key* in entsprechende *Dictionaries* gespeichert [Anm.: = *attacks_dict*, *length_dict* u. *duration*]. Ferner wird ein Feature Layer von *att_points* abgeleitet, der mit einer *Where Clause* auf *Start*-Events beschränkt wurde und mit *sides* räumlich verschnitten wird [Anm.: = *out_feat_sta*]. Unter Berücksichtigung der Spielrichtung werden die vertikale und horizontale Zuweisung in die *Dictionaries start_dict* bzw. *pos_dict* abgelegt, wobei die Zählvariable *count* als *Key* fungiert. Die Klassifikation wird danach *att_points* als neues Feld namens *Start_Half* und *Start_Position* hinzugefügt, woraufhin *out_feat_sta* gelöscht wird. Ab dieser Stelle folgt das Skript dem weiteren Verlauf des *Analyse Shots* Tools, beginnend mit der räumlichen Verschneidung von *att_points* mit *score_zones* [Anm.: = Zonierungsvariante V, siehe Abb. 49]. Daraufhin folgen die Berechnungen des Schussrisikos und der reellen Erfolgsaussicht.

Das Ergebnis des *Analyse Score Attempts* Tools ist beispielhaft in Abb. 141 für den Zeitraum der ersten Halbzeit dargestellt. Zu sehen ist ein nur schwer zu entschlüsselnder Wirrwarr aus Punkten und Linien, weswegen die Abbildung aller Angriffsszenen beider Mannschaften für längere Zeitspannen diskutabel ist. Allerdings ist dadurch erkennbar, dass während die Torversuche der Gastgeber räumlich in und um den Strafraum verteilt sind, bei den Gästen hingegen eine Clusterung auf der rechten Angriffsseite außerhalb des Strafraumes vorliegt. Zu beachten ist außerdem, dass nicht alle Events entlang einer Angriffskette als Ballstationen zu interpretieren sind, sondern auch Aktionen wie *Reception*, *Running with Ball*, *Pass*, etc. eines Spielers sein können. Um Missverständnissen vorzubeugen, könnte alternativ dazu eine graphische Differenzierung der Events durchgeführt oder etwa die *Player_ID* bei neuen Ballstationen angeführt werden. Ferner ist in diesem Kontext die Aufbereitung von Animationen überlegenswert (vgl. Kapitel 11.2). Damit könnte angriffsspezifisch ebenso das räumliche Gefüge des Spiels dynamisch visualisiert werden. In der

Graphik ist jeder Torversuch durch dessen *Attack_ID* eindeutig gekennzeichnet, die an den *Start*- und *Attempt*-Events sowie entlang der Angriffspfade angegeben ist. Die Spielrichtung des Balls ist zudem der linienhaften Pfeilsignatur zu entnehmen. Die Größe der Kreissignaturen am Ende jeder Angriffskette spiegelt die reelle Erfolgsaussicht wider.

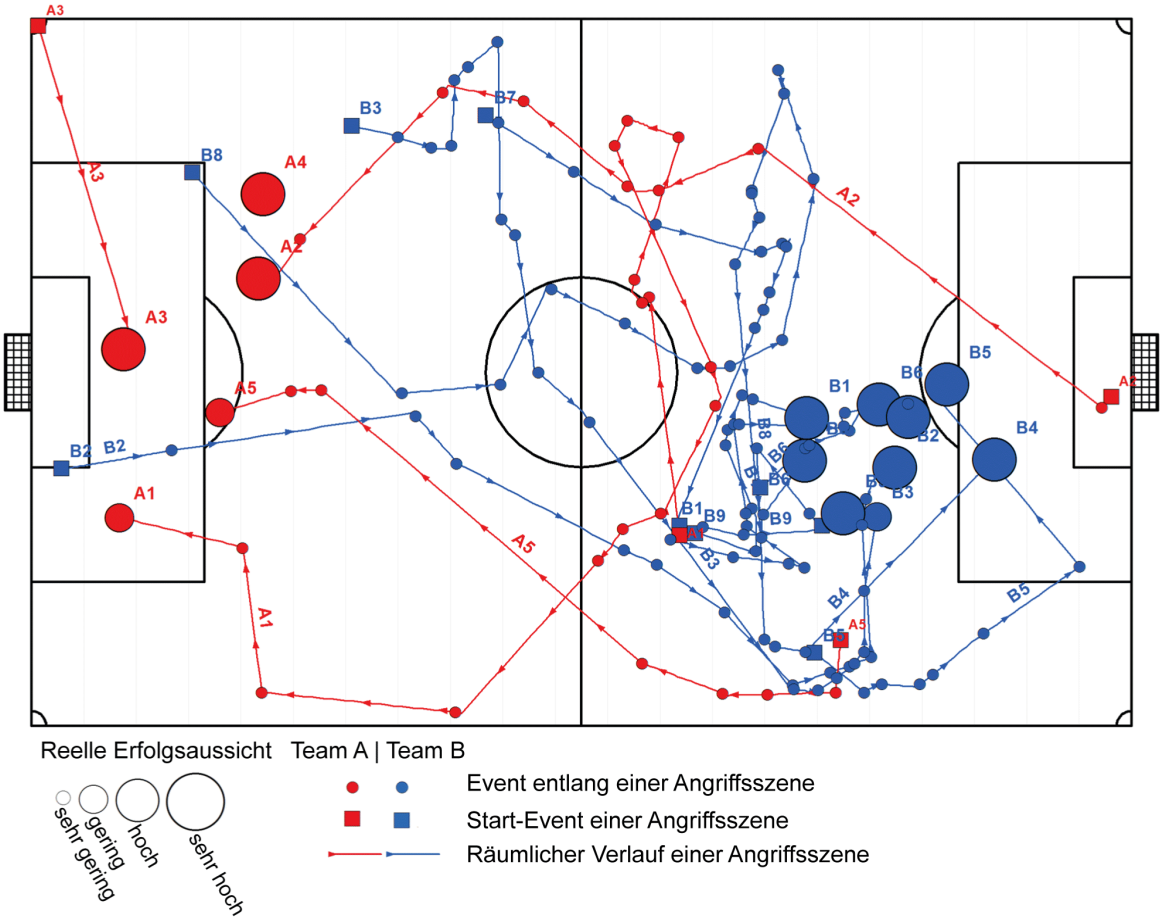
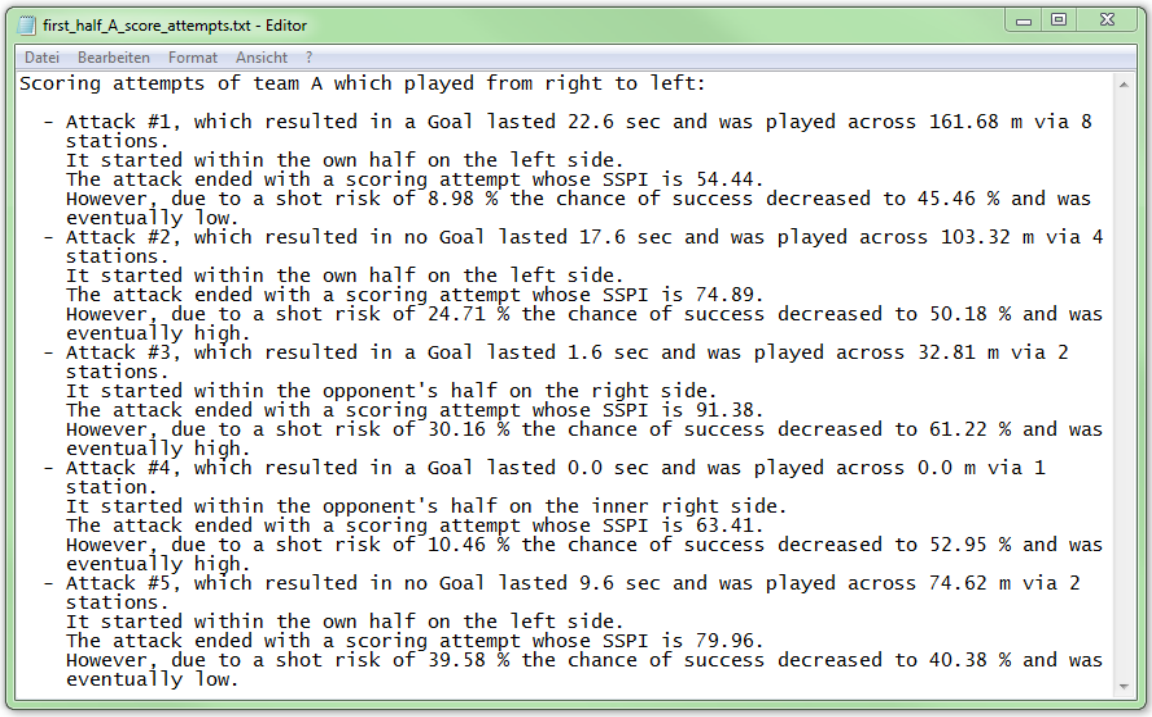


Abb. 141: Angriffsszenen beider Mannschaften für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Da Torversuch A4 einen direkten Freistoß infolge eines Fouls repräsentiert, sind dessen *Start*- und *Attempt*-Events ident. Aufgrund der neuen Spielsituation ist die Darstellung der vorausgehenden Angriffskette obsolet. Sofern Standardsituationen nicht gesondert betrachtet werden, könnten Schlussfolgerungen über den Spielstil verfälscht werden. Zusätzliche Informationen zu den abgebildeten Angriffen sind in der schriftlichen Zusammenfassung (siehe Abb. 142) einsehbar. Diese werden standardgemäß als *Text-Files* in das Ausgabeverzeichnis gespeichert [Anm.: = */Score_Attempts/{Half_ID}_{Team_ID}_score_attempts.txt*]. Exemplarisch dazu werden im Folgenden lediglich die Angriffe der Gastgeber beleuchtet [Anm.: Ausgenommen sind die Standardsituationen *Attack # 3* u. *# 4*.]. Angaben zu *SSPI*, Schussrisiko und reeller Erfolgsaussicht werden dabei mit Verweis auf Abschnitt 9.4 ausgespart. Stattdessen wird der Fokus auf jene Parameter gerichtet, die Aussagen über den Spielstil zulassen.

Attack #1 wurde in der eigenen Spielfeldhälfte auf der linken Seite eingeleitet. Nachdem der Ball zweimal horizontal in den eigenen Reihen gespielt wurde, tat sich schließlich eine Lücke auf der linken Seite auf. Diese Szene endet mit dem Führungstreffer zum 1:0

(siehe Tab. 7). Angesichts der Parameter ist dieser Angriff als Ergebnis kontrollierten Aufbauspiels zu werten [Anm.: Siehe Abb. 116 für die Untersuchung dieses Angriffs unter dem Aspekt der Kompaktheit.]. *Attack #2* ist hingegen als schneller Angriff zu deuten, da ausgehend vom Tormann der Ball innerhalb von 17,6 s über drei Zwischenstationen zur Position des Torversuchs gelangte. Aus den Daten geht jedoch nicht hervor, ob bspw. der Torwart nach der Ballannahme am Boden lag und sich zunächst aufrichten musste oder ob er sich beim Abspiel Zeit ließ. Des Weiteren entspricht *Attack #5* einem Konterspiel aus der eigenen Spielfeldhälfte. Nach der Balleroberung lief ein Spieler mit dem Ball bis kurz vor die Mittelinie, wo er einen langen Pass ins Zentrum schlug. Dort nahm ein Stürmer den Ball an, dribbelte weiter und schoss schlussendlich aus ca. 17 m Entfernung auf das Tor. Dieser Angriff über zwei Stationen verlief über 74,62 m und dauerte 9,6 s. In diesem Sinne kann mit dem Tool auch die Einhaltung der vereinsinternen Spielphilosophie überprüft werden. Die Expertenbefragung zeigte, dass darin u.U. eine Zeitspanne festgelegt ist, in der nach Balleroberungen ein Schuss aufs Tor abzugeben ist (siehe Anhang II).


first_half_A_score_attempts.txt - Editor

Datei Bearbeiten Format Ansicht ?

```
Scoring attempts of team A which played from right to left:

  - Attack #1, which resulted in a Goal lasted 22.6 sec and was played across 161.68 m via 8
    stations.
    It started within the own half on the left side.
    The attack ended with a scoring attempt whose SSPI is 54.44.
    However, due to a shot risk of 8.98 % the chance of success decreased to 45.46 % and was
    eventually low.
  - Attack #2, which resulted in no Goal lasted 17.6 sec and was played across 103.32 m via 4
    stations.
    It started within the own half on the left side.
    The attack ended with a scoring attempt whose SSPI is 74.89.
    However, due to a shot risk of 24.71 % the chance of success decreased to 50.18 % and was
    eventually high.
  - Attack #3, which resulted in a Goal lasted 1.6 sec and was played across 32.81 m via 2
    stations.
    It started within the opponent's half on the right side.
    The attack ended with a scoring attempt whose SSPI is 91.38.
    However, due to a shot risk of 30.16 % the chance of success decreased to 61.22 % and was
    eventually high.
  - Attack #4, which resulted in a Goal lasted 0.0 sec and was played across 0.0 m via 1
    station.
    It started within the opponent's half on the inner right side.
    The attack ended with a scoring attempt whose SSPI is 63.41.
    However, due to a shot risk of 10.46 % the chance of success decreased to 52.95 % and was
    eventually high.
  - Attack #5, which resulted in no Goal lasted 9.6 sec and was played across 74.62 m via 2
    stations.
    It started within the own half on the left side.
    The attack ended with a scoring attempt whose SSPI is 79.96.
    However, due to a shot risk of 39.58 % the chance of success decreased to 40.38 % and was
    eventually low.
```

Abb. 142: Auswertung der Angriffe von Team A für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports)

Dieser Abschnitt umfasste die Charakterisierung von Angriffsketten nach quantitativen Aspekten mit dem *Analyse Score Attempts* Tool. Daraus können u.a. die angewandten Angriffsarten abgeleitet werden. In Hinblick auf Adaptionen ist jedoch diesbezüglich eine automatische Klassifizierung anhand vordefinierter Angriffsschemen in Erwägung zu ziehen. Zur Entwicklung und Validierung derartiger Muster sind allerdings eine größere Datenbasis notwendig sowie eine Videoanalyse durchzuführen. Ferner sind im Rahmen der zweiten Expertenbefragung Rückmeldungen zu den angewandten Parametern sowie Ratschläge zur Verbesserung des Tools einzuholen. Diesbezüglich ist es möglicherweise ratsam, auch jene Angriffe zu berücksichtigen, die vor dem Torabschluss unterbunden wurden.

10.5 Fazit in Bezug auf die dritte Forschungsfrage

Im Rahmen der GIS-gestützten Mannschaftsanalyse wurden insgesamt zehn Analysetools entwickelt. Hierbei galt es gemäß des inhaltlich-methodischen Aufbaus dieser Dissertation (siehe Abb. 3) GIS-basierte Analysemethoden zur Untersuchung kollektiver raumzeitlicher Phänomene in Form von *Passnetzwerken*, *Raumverteilung und –nutzung* sowie *Spielstil* zu ermitteln. Die quantitative Diskrepanz zwischen Analysetools und bearbeiteter Themenbereiche ist der Komplexität und der Vielfalt des Fußballspiels geschuldet. Zur größtmöglichen Abdeckung der Rubriken *Raumverteilung und –nutzung* sowie *Spielstil* war es daher notwendig, unterschiedliche Aspekte in Form von Fallbeispielen aufzugreifen und dafür maßgeschneiderte Analysetools zu entwickeln. Einen Gesamtüberblick darüber bietet die nachfolgende Zusammenfassung.

Konträr der beiden anderen Themenbereiche, wurde im Kontext der *Passnetzwerke* mit dem *Analyse Passing Networks* Tool nur ein Analysewerkzeug entwickelt (siehe Abschnitt 10.2.2). Damit kann das kollektive Passspiel teamintern in Form eines Interaktionsnetzwerkes hinsichtlich Spielachsen, Passhäufigkeit und –genauigkeit sowie Zentralität der Spieler quantifiziert werden. Der Netzwerkaufbau besteht aus den gemittelten Passpositionen der Spieler sowie räumlich fiktiven Passlinien zwischen einzelnen Spielerpaaren. Fehlerhafte Zuspiele werden dagegen als Kanten zwischen den Spielerknoten und einem fiktiven Fehlpassknoten dargestellt. Das Ergebnis des Tools kann außerdem in Verbindung mit jenem des *Analyse Passes* Tools (siehe Abschnitt 9.3) gebracht werden, womit ein umfassendes Bild des Passspiels auf unterschiedlichen Mannschaftsebenen skizziert werden kann. Abgesehen davon wurden hierüber alternative Analyseansätze thematisiert, wonach *Linear Referencing* im Gegensatz zu *Network Datasets* oder *Geometric Networks* erfolgsversprechend sind (siehe Abschnitt 10.2.1).

Zur Charakterisierung von Ballbesitzverhältnissen wurde u.a. das *Analyse Ball Possession* Tool entwickelt, das raumzeitbezogene Daten auf Mannschaftsebene aus den Eigenschaften der Trajektorie des Balls extrahiert (siehe Abschnitt 10.3.1.1). Ferner kann mit dem *Analyse Ball Contacts* Tool (siehe Abschnitt 10.3.1.2) der Ballbesitz indirekt über die Häufigkeit und räumliche Verteilung von Ballkontakten einzelner Spieler, taktischer Gruppen oder des gesamten Teams ausgewertet werden. Beide Werkzeuge verfolgen deskriptive Analyseansätze, die auf frei wählbaren Spielfeldzonierungen und Analyseperioden beruhen, auf Basis deren Ergebnisse Aussagen über die *Raumverteilung und –nutzung* abgeleitet werden können.

Zur Ermittlung von spieler-, gruppen- und mannschaftsspezifischen Aktionsräumen wurden hingegen Standardabweichungsellipsen berechnet. Hierzu wurde das *Analyse Spheres of Action* Tool entworfen, das neben der Auswertung unterschiedlicher Analyseobjekte optional auch Vergleiche nach Ballbesitzverhältnissen und Analyseperioden zulässt (siehe Abschnitt 10.3.2). Größe und Ausrichtung der Ellipsen sind Ausdruck der räumlichen

Verteilung und Orientierung, wodurch auf das räumliche Verhalten in bestimmten Situationen und Zeitspannen geschlossen werden kann. Zusätzlich können anhand des Abszissenwertes des Ellipsenzentrums Rückschlüsse auf das vertikale Spielverhalten gezogen werden. Mangels Expertise handelt es sich hierbei ausschließlich um einen deskriptiven Analyseansatz.

Das raumzeitliche Gefüge beider Teams wurde hinsichtlich ihrer räumlichen Kompaktheit nach deskriptiven Gesichtspunkten analysiert, wofür das *Analyse Compactness* Tool entwickelt wurde (siehe Abschnitt 10.3.3). Während für Momentaufnahmen die Kompaktheit der Standardentfernung teamspezifischer Punktwolken entspricht, dienen konvexe Hülle um die Positionen der Feldspieler zur Visualisierung der Mannschaftsflächen. Obwohl hierfür standardmäßig ausgeschlossen, kann in beiden Fällen optional die Torhüterposition miteinbezogen werden. Zudem ist der Analysezeitraum ausgehend von einem beliebigen Zeitpunkt frei wählbar. Durch situationsbezogene Analysen wie diese, können Aussagen über teamspezifische Charakteristika getroffen werden.

Des Weiteren wurden mit dem räumlichen Median Spielerzentroide für verschiedene Analyseperioden berechnet. Für diese Generalisierung kollektiver Bewegungen wurde das *Analyse Centroids* Tool entwickelt (siehe Abschnitt 10.3.4). Hierbei besteht die Option, die deskriptive Auswertung getrennt nach Ballbesitzverhältnissen und/oder Brutto/Netto-Spielzeit durchzuführen. Damit können Rückschlüsse auf kollektive Bewegungsmuster gezogen sowie u.a. Drangphasen detektiert werden. Ferner wurde dazu mit dem *Normalise Centroids* Tool eine Erweiterung geschaffen, mit der die Spielrichtungen beider Teams gleichgestellt werden. Dadurch werden die Spielerzentroide beider Mannschaften direkt gegenübergestellt, wodurch erste visuelle Eindrücke geschärft sowie interaktive Auswertungen mit dem *ArcGIS Measure Tool* erleichtert werden. Diesbezüglich wurde im Zuge der Untersuchung, der Fokus auf Distanzen innerhalb der Abwehrkette sowie die Entfernung vom letzten Verteidiger zum Torwart gerichtet.

Zum Abschluss des Themenbereiches *Raumverteilung und –nutzung* wurden eine Methode zur dynamischen Zonierung des Spielfeldes präsentiert und deren Vorzüge gegenüber statistischen Zonierungsvarianten thematisiert. In diesem Kontext wurde das *Dynamic Zoning* Tool entwickelt, das basierend auf dem arithmetischen Mittel der Abszissenwerte der Abwehr- und Angriffsreihe eine vertikale Dreiteilung des Spielfeldes vornimmt (siehe Abschnitt 10.3.5). Dabei werden Länge und Breite sowie die daraus resultierende Fläche der drei Zonen bestimmt.

Der Entwurf dynamischer Zonen wurde ebenso im Themenbereich *Spielstil* im Rahmen eines Fallbeispiels aufgegriffen. Gemäß der Annahme, dass je größer die Verteidigungszone, desto stärker ist die offensive Ausrichtung, wurden mit dem *Analyse Offensive Qualities* Tool die gemittelten Längen der Defensivzonen beider Mannschaften für ausgewählte Analyseperioden bestimmt (siehe Abschnitt 10.4.1). Mittels zweier frei wählbarer

Schwellenwerte wird dabei außerdem eine Klassifizierung vorgenommen, auf Basis derer Drangphasen ermittelt werden können.

Mit dem *Analyse Tactical Behaviour* Tool wurde das GRV beider Mannschaften untersucht (siehe Abschnitt 25510.4.2). Dazu wurden Verhaltensschemen für Verteidigung, Mittelfeld und Angriff für einen flächenmäßig variables 5 x 5 *Taktikraster* konzipiert. Hiermit wird das kollektive Verhalten auf beiden Angriffsseiten sowie im Zentrum in *aggressives*, *normales* oder *verhaltenes* Auftreten klassifiziert. Die Zuordnung erfolgt innerhalb der Taktikreihen in Abhängigkeit der gruppentaktischen Positionen zueinander. Gleichzeitig liefern Größe und Lage des *Taktikrasters* Angaben über die horizontale Breite sowie vertikale Länge und Tiefe des räumlichen Mannschaftsgefüges. Um fehlerhaften Auswertungen vorzubeugen sind hierzu Spielerwechsel zwingend zu berücksichtigen. Hierfür wurde das *Adjust Centroids* Tool entwickelt, mit dessen Ausführung sichergestellt wird, dass je Analyseperiode maximal elf Spielerzentroide pro Team für weiterführende Analysen vorliegen. Zur Auswahl stehen dafür eine räumliche und eine temporale Lösungsvariante.

Darüber hinaus wurden aufbauend auf den Ergebnissen des *Analyse Shots* Tools (siehe Abschnitt 9.4) neben Torabschlüssen, auch die dazu führenden Angriffsketten untersucht. Hierzu wurde das *Analyse Score Attempts* Tool entwickelt, mit dem die räumliche Länge und Dauer, die Anzahl an Ballstationen sowie der Ausgangspunkt der Offensivaktionen bestimmt werden (siehe Abschnitt 10.4.3). Die Ergebnisse bilden die Grundlage zur Klassifizierung des praktizierten *Spielstil*s hinsichtlich einzelner Angriffssituationen von der Balleroberung bis zum Torabschluss. Gleichzeitig wird analog dem *Analyse Shots* Tool die reelle Erfolgsaussicht aller Torversuche berechnet.

Sofern möglich, wurde stets versucht analytisch vorzugehen, wie etwa bei der Quantifizierung mannschaftsinterner Interaktionen anhand des Passspiels, der Bestimmung der offensiven Ausrichtung oder der Charakterisierung des GRV. Ferner weisen die Untersuchungen der räumlichen Kompaktheit und der Genese von Torversuchen deskriptive und analytische Züge auf. Bei allen anderen Fallbeispielen waren hingegen aufgrund fehlender Expertise und einer zu kleinen Datengrundlage ausschließlich deskriptive Auswertungen möglich.

Zwar sind die präsentierten Analyseergebnisse diskutabel, spiegeln jedoch nicht nur erste Erfahrungen im mit fußballspezifischen Geodaten wider, sondern bieten auch einen Überblick über die Funktionalität und das Potenzial von GIS im Bereich der Spielanalyse. Des Weiteren bilden die einzelnen Resultate die thematische Grundlage der zweiten Expertenbefragung, die den teilnehmenden Spieleanalysten vorgelegt werden (siehe Kapitel 12 u. Anhang V). Es wäre vermessen anzunehmen, dass die entwickelten Analysetools bereits im Rahmen der Spielanalyse voll einsatzfähig sind. Da es sich um Prototypen handelt sind deren Analysedesigns kritisch zu hinterfragen. Während dazu inhaltliche Adaptionen bereits stellenweise in den Abschnitten dieses Kapitels thematisiert wurden, sei an dieser Stelle

außerdem auf Abschnitt 11.1 verwiesen, wo toolübergreifend alternative Implementierungsformen aufgegriffen werden. Große Bedeutung wird zudem den Reaktionen und Ratschlägen der Experten beigemessen, deren Kommentare zu den Tools in Abschnitt 12.2.2 zusammengefasst sind und u.a. auf deren Basis die zentrale Forschungsfrage beantwortet wird.

Abschließend ist in Bezug auf die dritte Forschungsfrage festzuhalten, dass zur Analyse kollektiver raumzeitlicher Phänomene auf Mannschaftsebene alle in diesem Kapitel angeführten Tools verwendet werden können. Analog zu jenen der Einzelspieleranalyse (siehe Kapitel 9) sind darin u.a. auch *ArcGIS System Tools* implementiert. Zu betonen ist, dass es sich hierbei allerdings nicht um eine bloße Aneinanderreihung systemeigener Werkzeuge handelt. Vielmehr entsprechen die entworfenen Prototypen Konstrukten, die sich aus selbst entwickelten Routinen und Operationen sowie bereits existierender Tools zusammensetzen. Derartige Fusionen sind zur gezielten Verknüpfung, Extraktion, Erzeugung und Auswertung fußballspezifischer Geodaten notwendig.

Das Resümee zur GIS-gestützten Mannschaftsanalyse gleicht in Grundzügen jenem der GIS-gestützten Einzelspieleranalyse (siehe Abschnitt 9.6). Im Kontext von Forschungsprojekten oder Studien, die eventuell an die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit anschließen, sind enge Kooperationen mit professionellen Spieleanalysten wünschenswert und für zielgerichtete Entwicklungen unumgänglich. Ob jedoch weiterführende Schritte gerechtfertigt sind, zeigt sich im Ergebnis der zweiten Expertenbefragung (siehe Abschnitt 12.2.2).

11 Kommentar zur GIS-gestützten Spielanalyse

Nach Abschluss der Analysetätigkeit auf individueller und kollektiver Ebene im Zuge derer bereits inhaltliche Adaptionen zu den einzelnen Analysetools thematisiert wurden, werden im nächsten Abschnitt etwaige Modifikationen technischer Natur behandelt. Anschließend werden die Vor- und Nachteile dynamische Präsentationsformen im Kontext fußballspezifischer Geodaten diskutiert.

11.1 Alternative Implementierungsformen GIS-gestützter Analysewerkzeuge

Hinsichtlich vollends ausgereifter Analysetools ist zu bedenken, dass diese nur in enger Zusammenarbeit mit professionellen Spieleanalysten entwickelt werden können, da deren Ansprüche und Bedürfnisse zu berücksichtigen sind. Ungeachtet dessen sollen diesbezüglich an dieser Stelle Anregungen aufgeworfen werden. Aufgrund des Raumbezugs der Daten eignen sich Karten und kartenverwandte Ausdrucksformen zur Darstellung der Analyseergebnisse ([ZEI-10]). In Folgestudien gilt zu klären, welche Visualisierungsformen den Anforderungen der Thematik gerecht werden. In Anlehnung an Abb. 4 sind derartige Fragen dem Forschungsbereich *Geovisualisierung* zuzuordnen.

Die entwickelten Tools erzeugen neben raumbezogenen Daten bei Bedarf auch schriftliche und/oder tabellarische Zusammenfassungen in Form von *Text-* bzw. *dBase-Files*. Konträr der unerlässlichen Geovisualisierung ist diese Ausgabeart allerdings diskutabel. Bspw. könnten alternativ dazu auf Basis der Ergebnisse Diagramme abgeleitet und ggf. zusammen mit Text und Tabellen in einen Bericht eingebettet werden, der als *pdf-File* oder *HTML* ([URL-74]) exportiert wird. Hierzu gibt es zahlreiche *Python* Module und Bibliotheken, wie etwa die *Plotly Python Library* ([URL-75]) zur Anfertigung von Diagrammen und Graphiken, die *PDF Library* von *ReportLab* ([URL-76]) zur Erzeugung und Adaptionen von *pdf-Files* oder das *sphc*-Modul ([URL-77]) zur Erstellung von *HTML*-Dokumenten. Die Ausgabe als *HTML-File* hätte den Vorteil, dass einzelne Graphiken u.dgl. interaktiv gestaltet und gleichzeitig in eine *ArcGIS Online*-Anwendung ([URL-78]) implementiert werden könnten. Dabei handelt es sich um *„… ein umfassendes Cloud-basiertes Geo-Content-Management-System für Daten, Dienste, Karten und Anwendungen“* (ebd.)

Ungeachtet dessen könnte zusammen mit Softwareentwicklern eine von *ArcGIS* unabhängige und maßgeschneiderte Analyseoberfläche geschaffen werden. Dabei sind die Möglichkeiten zur Datenausgabe vielfältig, weswegen Abwägungen unter Einbeziehung der Endanwender sowie in Abhängigkeit des Anwendungszwecks vorzunehmen sind. Da jedoch die zentrale Forschungsfrage dieser Dissertation die Zweckmäßigkeit von GIS im Bereich der Spielanalyse hinterfragt, ist es zu diesem Zeitpunkt des Forschungsprozesses noch zu früh, um über konkrete Ausgabeformen zu diskutieren.

Angesichts der in Tab. 18 aufgelisteten durchschnittlichen Bearbeitungszeiten, ist es in Hinblick auf die Performanz der Analysetools ebenfalls empfehlenswert, Programmierer zu konsultieren. Zu beachten ist, dass diese Richtwerte in Bezug auf die software- und hardwarespezifischen Charakteristika des verwendeten Rechnersystems zu interpretieren sind (siehe Abschnitt 6.5.2.3). Die benötigte Zeit variiert zudem stark in Abhängigkeit der der ausgewählten Analysezeiträume sowie der Anzahl untersuchter Features. Sofern nicht anders vermerkt, beziehen sich die Zeitangaben auf die Auswertung beider Halbzeiten.

Bereich	Tool	Durchschnittliche Bearbeitungszeit		Einstufung	Anmerkung
		[min]	[sec]		
Datenaufbereitung	Match Data Preparation	13	10		
	Net Time Definition	0	2		
	Add Time Index	4	47		
	Speed Calculator	12	24		
	Add Line Index	1	34		
	Add Possession Index	6	43		
	Distance to Ball	49	30		
	Path Preparation	58	3		
	Team Merge	2	40		
	Add Formation Index	13	37		
Einzelspieleranalyse	Analyse Passes	3	40		I
	Analyse Shots	1	23		II
	Analyse Running Performance	3	45		III
Mannschaftsanalyse	Analyse Passing Networks	17	30		IV
	Analyse Ball Possession	1	7		III
	Analyse Ball Contacts	13	55		III
	Analyse Spheres of Action	6	20		III
	Analyse Compactness	3	36		
	Analyse Centroids	10	24		III
	Normalise Centroids	0	6		V
	Dynamic Zoning	0	27		VI
	Analyse Offensive Qualities	6	1		III
	Analyse Tactical Behaviour	4	20		III
	Adjust Centroids	0	34		VII
	Analyse Score Attempts	4	12		IV

Einstufung		
	Sehr gut	< 1 min
	Gut	≥ 1 min - < 2,5 min
	Akzeptabel	≥ 2,5 min - < 5 min
	Unzureichend	≥ 5 min - < 15 min
	Inakzeptabel	≥ 15 min

Anmerkung	
I	Variabel in Abhängigkeit der Passanzahl. Mittelwert der Angaben aus Abschnitt 9.3
II	Variabel in Abhängigkeit der Schussanzahl. Mittelwert der Angaben aus Abschnitt 9.4
III	Mittelwert der Angaben zur Analyse ganzer Halbzeiten und Abschnitten zu je fünf Minuten
IV	Variabel in Abhängigkeit der Pass/Schussanzahl
V	Standardeinstellung für eine ausgewählte Periode
VI	Standardeinstellung für eine Momentaufnahme
VII	Mittelwert der Angaben zur Analyse ganzer Halbzeiten und Abschnitten zu je fünf Minuten sowie beider Anpassungsvarianten

Tab. 18: Richtwerte zur Performanz der entwickelten Tools

Ferner sind auf Basis der Angaben aus Tab. 18 ausschließlich Vergleiche zwischen den einzelnen Tools zulässig. Betreffend den Codes muss außerdem angemerkt werden, dass im Zuge deren Entwicklung Verständlichkeit und Funktionalität im Vordergrund standen. Optimierungen sind daher in der nächsten Entwicklungsstufe vorzunehmen. Vor Ausprogrammierung von Codes und Algorithmen sind jedoch der endgültige Funktionalitätsumfang der Tools sowie die erforderlichen Ausgabeformen festzulegen. Hierzu ist zwischen Vor- und Nachteilen sowie der Zweckmäßigkeit einzelner Maßnahmen abzuwägen.

Die entwickelten Werkzeuge sind allesamt für Fußballspiele von einer Länge von zwei Halbzeiten zu je 45 Minuten konzipiert. In Hinblick auf zukünftige Revisionen sind sämtliche Datenaufbereitungs- und Analysetools dahingehend zu erweitert, sodass etwaige Spielverlängerungen miteinbezogen werden. Dadurch würde die Anwendbarkeit der Tools unweigerlich erhöht werden, da Bewerbsspiele aller Art analysiert werden können. Da die von *ProzoneSports* zur Verfügung gestellten Daten Spiele repräsentieren, in denen keine Verlängerungen vorkamen, war es im Rahmen der Forschungsarbeit nicht notwendig, Verlängerungen zu berücksichtigen.

Im Bereich der Einzelspieleranalyse sind hingegen Änderungen der Tools dahingehend zu empfehlen, die iterativen Analyseprozesse auf alle am Spiel beteiligten Spieler auszuweiten. Optional dazu könnte die Möglichkeit geschaffen werden, durch Angabe von zwei oder mehreren *Player_ID*, automatisch spielerspezifische Werte miteinander zu vergleichen.

Des Weiteren sind aktuell sämtliche Analyseergebnisse nach Halbzeiten nicht nur inhaltlich, sondern auch physisch getrennt. Diese Speicherstruktur ist auf die zugrundeliegende Datenbasis zurückzuführen, deren Erfassung standardmäßig separat nach Spielabschnitten vorgenommen wird (siehe Abschnitt 6.3). Ungeachtet dessen sind optional wählbare Fusionen der erhobenen und/oder ausgewerteten Daten diskutabel.

Die Mehrzahl der entwickelten Analysetools ermöglicht es, temporale Klassifizierungen nach fixen Zeitspannen von jeweils fünf, 15 oder 45 Minuten vorzunehmen. Unabhängig davon ist die Option, frei wählbarer Analysezeiträume hinsichtlich deren Start- und Endzeit zu prüfen. Demgegenüber ist bis auf eine Ausnahme [Anm.: = *Analyse Ball Contacts* Tool, siehe Abschnitt 10.3.1.2], bereits eine der in Abb. 48 und Abb. 49 dargestellten Zonierungsvarianten vorgegeben. Um den Analyseprozess flexibler zu gestalten ist es empfehlenswert, frei wählbare Spielfeldsegmentierungen zu implementieren. Dafür ist eine Beurteilung der Zweckdienlichkeit unterschiedlicher Zonierungsvarianten in Abhängigkeit der jeweiligen Thematik notwendig. Basierend darauf sind die Skripte entsprechend zu aktualisieren.

Jene Werkzeuge, die einem analytischen oder deskriptiv-analytischen Konzept folgen, berechnen Parameter und klassifizieren diese ggf. anhand der Eingabeparameter. Während mit frei wählbaren Schwellen- und Faktorenwerten, einem zentralen Anliegen der Experten nachgekommen wurde (siehe Anhang II), ist zu überprüfen, ob auch die zugrundeliegenden Berechnungsformen z.B. in Form einer Zeichenkette flexibel implementiert werden können

bzw. sollen. Da jedoch u.U. mathematische Gleichungen zu komplex für diese spezielle Eingabeart sind, sind womöglich Alternativen zu suchen.

Die Ausführungen dieses Abschnitts verdeutlichen, dass die entwickelten Tools allesamt als Prototypen zu bezeichnen sind. Möglichkeiten zur Optimierung gibt es nicht nur bezogen auf den Inhalt, sondern auch hinsichtlich der Implementierung. In diesem Kontext sei auf die zweite Expertenbefragung (siehe Abschnitt 12.2.2) sowie auf Abschnitt 13.3 zu verweisen, wo u.a. potenzielle Entwicklungsrichtungen GIS-gestützter Spielanalysen aufgezeigt werden.

11.2 Dynamische Präsentationsformen im Kontext fußballspezifischer Geodaten

Im Zuge der GIS-gestützten Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse (siehe Kapitel 9 u. 10) zeigte sich, dass Animationen stellenweise besser geeignet sind, als analoge Karten bzw. kartenverwandten Darstellungen. Hierbei werden Animationen als zweidimensionale, dynamische Visualisierungen angesehen, die das gesamte Spielfeld im Grundriss umfassen. Deren Vorteile werden vor allem bei der Untersuchung chronologischer Abläufe gesehen. Während statische Ausdrucksformen ausschließlich Momentaufnahmen oder temporale Generalisierungen und Klassifikationen widerspiegeln, bleibt die Dynamik des Spiels durch Animationen erhalten. Obwohl diese dem Forschungsbereich *Geovisualisierung* angehören und somit nicht in die Domäne dieser Forschungsarbeit fallen (vgl. Abschnitt 2.3), sollen dennoch im Folgenden die technischen Möglichkeiten von *ArcGIS* zur Erzeugung dynamischer Präsentationsformen im Kontext GIS-gestützter Spielanalysen thematisiert werden.

Esri bietet mit der Werkzeugleiste *Animation* ([URL-79]) ein Umfeld zur Anfertigung von Animationen basierend auf Zeitdaten, zu denen auch Tracking- und Event-Daten zählen. Dabei können Anpassungen hinsichtlich der Kartenfeldansicht, thematischen Ebenen und Szeneneigenschaften vorgenommen werden. Wie Kapitel 6 zu entnehmen ist, weisen fußballspezifische Geodaten zwei Zeitbezüge auf, die zur Erstellung von Animationen verwendet werden können. Diese sind der Zeitstempel [Anm.: = Feld *Time_Stamp* mit der Struktur *YYYY/MM/DD hh/mm/ss.s*.], der einer exakten Zeitangabe entspricht und der *Frame*, einer fortlaufenden Nummerierung aller Features.

Des Weiteren können mit der *ArcGIS* Erweiterung *Tracking Analyst* ([URL-80]) nicht nur dynamische Visualisierungen erstellt, sondern diese auch nach unterschiedlichen Gesichtspunkten analysiert werden. In Anbetracht der aufgegriffenen Forschungsbereiche ist *Tracking Analyst* jedoch vorwiegend für die Erzeugung von Animationen von Interesse. Analog zur Werkzeugleiste *Animation* können auch hierbei die Felder *Time_Stamp* und *Frame* als Animationsgrundlage herangezogen werden.

Bezogen auf die Daten von *ProzoneSports* zeigte sich allerdings, dass Theorie und Praxis z.T. auseinanderklaffen. Mitunter wird dabei viel Geduld vom Analysten eingefordert.

Daher werden im Folgenden die gesammelten Erfahrungen im Bereich dynamischer Visualisierungen fußballspezifischer Geodaten geteilt. Bereits vorweggenommen werden kann, dass die Werkzeugleiste *Animation* im Kontext der in Abschnitt 2.3 konzipierten GIS-gestützten Spielanalyse, zumindest unter Einsatz des in Abschnitt 6.5.2.3 beschriebenen Rechnersystems, ungeeignet ist.

Zur Erstellung von Animationen sind innerhalb der Ebeneneigenschaften der einzelnen FC unter der Registerkarte *Time* die Zeiteigenschaft des Layers zu aktivieren, das Zeitfeld *Frame* oder *Time_Stamp* auszuwählen sowie die Intervallzeit einzustellen. Auf Basis dieser Auswahl können entweder Animationen direkt in *ArcGIS* abgespielt oder als Videodatei exportiert werden. Da für jeden Frame ein neues Kartenfeld gerendert wird, ist die Aufbereitungszeit entsprechend lang. Bspw. nahm die Erzeugung einer Animation, in der ein Angriff anhand der Spielerbewegungen und des Verlaufs des Balls über einen Zeitraum von 130 Frames bzw. 13 Sekunden im HD-Format dargestellt wurde, mehr als 20 Minuten in Anspruch. Unterschiede bezüglich der Performanz in Abhängigkeit der Auswahl eines der beiden Zeitfelder wurden nicht beobachtet. Des Weiteren neigte das System dazu, bei längeren Untersuchungsperioden abzustürzen. Somit kann unter diesen Gesichtspunkten die Verwendung der Werkzeugleiste *Animation* nicht empfohlen werden.

Konträr dazu bietet *Tracking Analyst* zwar keine ideale, aber akzeptable Möglichkeit, Animationen im Rahmen der Spielanalyse einzusetzen. Hierzu sind zunächst ein oder mehrere Zeitlayer basierend auf importierte FC zu erstellen. Dabei kann nicht nur das Zeitfeld ausgewählt, sondern auch bei Bedarf ein Attribut zur Differenzierung verschiedener Pfade angegeben werden. Dadurch kann bspw. eine aus mehreren Trajektorien bestehende und zu einer Mannschaft fusionierte FC herangezogen werden. Ferner kann der Zeitlayer mittels Definitionsabfrage thematisch und zeitlich begrenzt werden.

Im direkten Vergleich weisen Frames gegenüber dem Zeitstempel einen entscheidenden Nachteil auf. Während die Attributausprägung des Feldes *Time_Stamp* einer vorgegebenen Datums- und Zeitangabe folgt, kann im Falle des Attributs *Frame* mangels Alternativen ausschließlich das Datumsformat *YYYY* verwendet werden. Dieses ist jedoch auf einen Zeitraum der Jahre von *1601* bis *9999* begrenzt. Bezogen auf die erste Halbzeit umfasst somit der mögliche Animationszeitraum die Spielminuten 2:40,1 bis 16:39,9. Da damit lediglich knapp 14 Spielminuten ohne Unterbrechung animiert werden können, sind zeitliche Segmentierungen unumgänglich. Denkbar ist bspw. die Auswertung für Analyseperioden von jeweils fünf Minuten [Anm.: = *3.000* Frames.]. Hierzu ist es empfehlenswert, eine neue Spalte mit fiktiven Animationsframes etwa von 2.000 bis 5.000 anzulegen.

Demgegenüber kann unter Einsatz des Zeitstempels die gesamte Halbzeit animiert werden. Allerdings werden im Zuge des Exports lediglich Keyframes in Sekundenschritte generiert. Dies hat zur Folge, dass die Bewegungen im Video ruckartig sind. Wird hingegen ein Export basierend auf *Frames* vorgenommen, stimmt die Wiedergabegeschwindigkeit

nicht mit der korrekten Einstellung von einem Jahr pro Zehntelsekunde [Anm.: = 10 fps] überein. Im Vergleich zur Werkzeugleiste *Animation* ist jedoch angesichts der Aufbereitungszeit einer Animation positiv hervorzuheben, dass diese kürzer ist und pro *Frame* etwas weniger als eine Sekunde benötigt. Indessen treten Verzögerungen insbesondere bei Anzeige zusätzlicher Feature Labels, wie z.B. der *Player_ID* der Spieler u.dgl. auf.

Während in beiden Anwendungsfällen Probleme beim Export animierter fußballspezifischer Geodaten beobachtet wurden, eignet sich hingegen der manuell zu bedienende Zeitschieber des *Tracking Analyst* zur dynamischen Visualisierung des Spielgeschehens. Im so genannten *Playback Manager* (siehe Abb. 143) können Animationen zudem problemlos sowohl auf Basis des Zeitstempels, als auch der Frames automatisch abgespielt werden. Es ist jedoch anzumerken, dass bei Verwendung der Frames die Wiedergabe etwas flüssiger erscheint. Der Unterschied ist auf die Zusammensetzung der Attributausprägung zurückzuführen, da der *Frame* ähnlich einem Index lediglich einer Zahl entspricht, währenddessen der Zeitstempel einer zu entschlüsselnden Zeichenkette gleicht.



Abb. 143: Interaktive Animation mit Hilfe des Playback Managers der ArcGIS Erweiterung Tracking Analyst (Daten: ProzoneSports)

Die Attribute *Frame* und *Time_Stamp* weisen angewandt durch *Tracking Analyst* Vor- und Nachteile auf. Daher ist von Fall zu Fall abzuwägen, welches Zeitfeld zur Animation verwendet wird. Auf Basis der gesammelten Erfahrungen ist die manuelle Steuerung unter Verwendung des Zeitstempels zu empfehlen. Interaktiv und unmittelbar kann dabei das Spielgeschehen, ggf. unter Einbeziehung der Analyseergebnisse über den gesamten Untersuchungszeitraum einer Halbzeit hinweg, dynamisch visualisiert werden. Ob die animierten Trajektorien zuvor in zusammengefasster Form oder separat importiert wurden, spielt hinsichtlich der Performanz keine Rolle. Des Weiteren bietet *Tracking Analyst* die Möglichkeit, vergangene Bewegungsabläufe zu verfolgen. Soll hingegen ausschließlich das jeweils aktuelle raumzeitliche Gefüge dargestellt werden, ist in den Ebeneneigenschaften der Parameter *Display only the most current events in the layer* zu aktivieren.

Die Ausführungen dieses Abschnittes zeigen, dass *ArcGIS* zwar Werkzeuge zur dynamischen Präsentation und Analyse zeitbezogener Daten bereitstellt, diese allerdings im Kontext fußballspezifischer Geodaten nur bedingt zufriedenstellend sind. Während interaktive Animationen über den *Playback Manager* zweckmäßig sind, erscheint der Zeitaufwand zur Erzeugung von Analysevideos zu groß. Sofern Animationen regelmäßig im Rahmen der Spielanalyse benötigt werden, ist es unter den aktuellen Voraussetzungen empfehlenswert, ein eigenes Visualisierungstool zu entwickeln. Bspw. kann hierfür die Programmierbibliothek *OpenCV* für Bildverarbeitung und maschinelles Sehen ([URL-81]) in *Python* integriert werden. Damit können u.a. einzelne Frames gerendert und zu einer Animation zusammengesetzt werden. Durch Animationen wird die Möglichkeit geboten, das dynamische Spielgeschehen mit Analyseergebnissen zu verschmelzen. Dahingehend sind zukünftige Studien darüber im Forschungsbereich der Geovisualisierung fußballspezifischer Geodaten sinnvoll und notwendig.

12 Evaluation GIS-gestützter Spielanalysen

Zur Beantwortung der vierten Forschungsfrage ist eine Evaluation der in Kapitel 9 und 10 beschriebenen GIS-gestützten Einzelspieler- und Mannschaftsanalysen notwendig. Es konnte zwar gezeigt werden, dass Fußballspiele unter Einsatz von GIS-Technologie analysiert und beschrieben werden können, der praktische Nutzen dieser Methoden ist allerdings diskutabel. Daher sollen in diesem Abschnitt gemäß den Ausführungen in Abschnitt 2.3 die bisher gewonnenen Erkenntnisse während der Analysetätigkeit sowie die Resultate der Evaluation zusammengefasst werden. Darauf aufbauend sind Schlussfolgerungen für zukünftige Entwicklungen zu ziehen. Da sich die entwickelten Datenaufbereitungs- und Analysetools in einem frühen Entwicklungsstadium befinden, ist das Evaluationsergebnis als vorläufige Einschätzung und nicht als endgültige Bewertung aufzufassen. Das Resultat ist für die Legitimierung weiterführender Studien zu diesem Thema ausschlaggebend. Wegen fehlender Expertise des Autors im Bereich der Spielanalyse, ist es unabdingbar Personen der potenziellen Endbenutzergruppe, d.h. professionelle Spieleanalysten, erneut im Rahmen von Experteninterviews zu befragen (siehe Abschnitt 12.1.1). Dazu werden zunächst das Analysedesign der zweiten Befragungsrunde sowie die Methodik zur Auswertung der Interviews auf Basis einer qualitativen Inhaltsinhaltsanalyse erläutert, ehe die Ergebnisse (siehe Abschnitt 12.2.2) präsentiert werden.

12.1 Anmerkungen zur zweiten Befragungsrunde

Wissenschaftliche Grundlagen über Experteninterviews im Allgemeinen sowie über sowohl die Erstellung und Nutzen von Leitfäden im Speziellen, als auch über Möglichkeiten zur Verarbeitung der gesammelten Informationen, können in Abschnitt 7.1 nachgelesen werden. Aufgrund methodischer Überschneidungen zur ersten Befragungsrunde, werden in diesem Abschnitt ausschließlich Spezifikationen und inhaltliche Abweichungen thematisiert. Da die Experten i.d.R. keinerlei Erfahrung im Umgang mit GIS haben, sind die entwickelten Analysetools als neuartig zu bezeichnen, weswegen eine Präsentation dieser Anwendungen im Zuge der Befragung erforderlich ist (siehe Abschnitt 12.1.2). Es handelt sich dabei um eine Verschmelzung zwischen Vortrag und Interview, bei der die Wortwechsel fortlaufend akustisch aufgezeichnet werden. Die teilnehmenden Experten (siehe Abschnitt 12.1.1) sind dazu angehalten, die Analyseergebnisse toolspezifisch kritisch zu bewerten und zusätzlich potenzielle Adaptionsmöglichkeiten zu thematisieren.

Gemäß der Klassifikation von A. BOGNER et al. ([BOG-14]) zielen die konzipierten Befragungen auf das Deutungswissen der Spieleanalysten ab. In Hinblick auf die Interviews werden somit *Sichtweisen*, *Interpretationen* und *Deutungen* der Experten zum Thema GIS-gestützte Spielanalysen erfasst. Anstelle sachlichen Wissens steht hierbei die subjektive Perspektive der Befragten im Fokus der Erhebung. Dieses explizit perspektivische Wissen

ist jedoch nicht ausschließlich an Individuen gebunden, sondern kann auch kollektiv geteilt werden. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn die ausgewählte Expertengruppe möglichst homogene Charakterzüge aufweist (vgl. ebd., siehe Abschnitt 12.1.1).

In Anlehnung an A. BOGNER et al. (ebd.) sind die geplanten Befragungen als *Experteninterviews zur Exploration von Deutungswissen* anzusehen, die weitestgehend offen geführt werden. Diesbezüglich halten die Autoren fest: *„Auf Vergleichbarkeit, Vollständigkeit und Standardisierbarkeit der Daten wird in diesem Fall wenig Wert gelegt. Ziel ist eine allgemeine Sondierung im empirischen Feld."* (ebd.) Ungeachtet dessen wird der Versuch unternommen, eine kollektive Expertenmeinung anhand der einzelnen Befragungen zu extrahieren (siehe Abschnitt 12.2.1). Die zugrundeliegende Forschungsfrage lautet: *Welche Erkenntnisse können aus einer Evaluierung der Ergebnisse GIS-gestützter Spielanalysen gewonnen werden?* Die Konzeption der Interviews sieht vor, dass die Experten im Rahmen des Gesprächs zur Funktionalität der Tools und deren Ergebnisse Stellung nehmen. Ein teilstandardisierter Leitfaden gewährleistet dabei die Vollständigkeit der inhaltlichen Rückmeldungen (siehe Abschnitt 12.1.4 u. Anhang IV).

Nachdem sämtliche Analysetools präsentiert und von den Spieleanalysten bewertet wurden, liefern drei Abschlussfragen Rückschlüsse auf die Einschätzung der Experten über die Zweckmäßigkeit von GIS im Bereich der Spielanalyse (siehe Abschnitt 12.2). Daneben werden die potenzielle Rolle von GIS im Rahmen mannschaftsinterner Spielanalysen hinterfragt sowie die Meinung der Experten über eine engere Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Experten eingeholt (siehe Abschnitt 12.1.4).

12.1.1 Die teilnehmende Expertengruppe

Die relevante Expertengruppe umfasst die teilnehmenden Spieleanalysten der ersten Befragungsrunde (siehe Abschnitt 7.1.2). Diese Einschränkung ist notwendig, da durch Auswertung der ersten Befragung eine Notwendigkeit alternativer Wege zur Analyse und Beschreibung des Fußballspiels unter besonderer Berücksichtigung raumzeitlicher Gesichtspunkte postuliert wurde. Gleichzeitig wurde damit die Forschungstätigkeit im Bereich der Spielanalyse gerechtfertigt. Eine Neuzusammenstellung der Expertengruppe ist außerdem im Sinne der Repräsentativität unzulässig.

Aufgrund unvermeidlicher Verzögerungen im Forschungszeitplan überlagerte sich der Zeitraum der zweiten Befragungsrunde mit jenem der Europameisterschaft 2016 in Frankreich. Gleichzeitig waren wegen der spielfreien Sommerpause einige Spieleanalysten entweder noch im Urlaub oder bereits mit ihren Mannschaften auf Trainingslager bzw. mit der Saisonvorbereitung beschäftigt. Diese Umstände führten zu einem signifikanten Rückgang der Interviewpartner, weswegen der Befragungszeitraum um zwei Wochen verlängert wurde. Dadurch konnte die Anzahl der Interviewzusagen verdoppelt und zugleich auf ein akzeptables Niveau gehoben werden. Zur Einhaltung festgelegter Abgabefristen konnte der Zeitrahmen nicht weiter verlängert oder verschoben werden. Außerdem ist es fraglich, ob

durch diese Maßnahmen weitere bzw. alle Experten der ersten Interviewrunde erreicht werden hätten können. Insgesamt wurden acht Experten bzw. rund 61,5 % der ursprünglichen Teilnehmergruppe erneut befragt. Während fünf der acht Experten zum Zeitpunkt der Interviews nach wie vor innerhalb ihres Vereins im Bereich der Spielanalyse tätig waren, wechselte einer in die Analyseabteilung von *ProzoneSports*. Ein Anderer wechselte hingegen in die Scouting-Abteilung eines nationalen Verbandes und arbeitete zugleich an seiner UEFA-Pro Trainerlizenz. Ein Anderer wiederum ist nicht mehr für seinen früheren Verein tätig, sondern führt sein eigenes Unternehmen, das Vereinen Unterstützung im Rahmen der Spielbeobachtung und Videoanalyse anbietet. Es ist zu betonen, dass die beruflichen Veränderungen der Experten keinerlei Auswirkungen auf die grundlegende Stichprobenzusammensetzung haben, die somit ident mit jener der ersten Befragungsrunde ist.

12.1.2 Präsentation des aktuellen Forschungsstandes

Die Präsentation der ausgeführten Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse dient im Wesentlichen dazu, den Experten ein möglichst umfangreiches Bild GIS-gestützter Spielanalysen zu vermitteln. Es sollen Einschätzungen über die Zweckmäßigkeit dieser Methoden im Speziellen bzw. Technologie im Allgemeinen ermöglicht und zugleich eine Grundlage zur Bewertung der Funktionalität der vorgestellten Tools geboten werden.

Es handelt sich dabei um eine Demonstration des aktuellen Forschungsstandes im Bereich GIS-gestützter Spieleanalysen, im Zuge dessen den Experten insgesamt 16 Graphiken gezeigt und erläutert werden. Die einzelnen Abbildungen sind in Anhang V einsehbar und umfassen beispielhafte Ergebnisse aller entwickelten Analysetools. Daneben werden exemplarisch die Elemente der Benutzerschnittstellen der *Analyse Passes* und *Analyse Spheres of Action* Tools in Form von deren TDB beschrieben, um die Bedienung der Tools zu veranschaulichen. In diesem Kontext wird zudem auf die Möglichkeit verwiesen, bei Bedarf eigene graphische Benutzerschnittstellen zu entwickeln (siehe Abschnitt 11.1).

Bezogen auf die entwickelten Werkzeuge werden nicht nur deren Funktionalität hinsichtlich der inhaltlichen und raumzeitlichen Variabilität [Anm.: = Auswahlmöglichkeit diverser räumlicher Zonierungsvarianten und temporalen Untersuchungsperioden sowie Filterung anhand spielrelevanter Ereignisse und Phasen.], sondern auch potenzielle Adaptionsmöglichkeiten thematisiert. Es wird außerdem darauf hingewiesen, dass neben statischen Abbildungen in Form von Tabellen, Diagrammen oder kartenverwandten Darstellungen, zusätzliche Informationen auch interaktiv erhoben werden können, wie etwa durch Abstandsmessungen, und/oder durch Auslese aus den generierten Analyseergebnissen. Ferner wird auf die Möglichkeit der Animation, inkl. der vorliegenden Probleme verwiesen.

12.1.3 Kommentar zur Durchführung der Befragungen

Der Befragungszeitraum erstreckte sich von 09.06.2016 bis 04.07.2016. Drei der insgesamt acht Interviews wurden persönlich, die restlichen via *Skype* geführt. Die akustische Aufzeichnung der Gespräche wurde von allen Experten genehmigt. Praktisch wurde diese Form

der Archivierung mit dem *Free Video Call Recorder for Skype* bzw. der Android App *Smart Voice Recorder* umgesetzt.

Konträr den Ausführungen in Abschnitt 7.1.3 ist eine Unterscheidung zwischen Brutto- und Nettozeit im Falle der zweiten Interviewrunde nicht notwendig, da keinerlei Vorinformationen erforderlich waren und keine Nachbesprechungen stattfanden, weswegen die Bruttozeiten den Nettozeiten gleichzusetzen sind. Insgesamt wurden rund 17 Stunden Interviewmaterial aufgezeichnet, wobei die durchschnittliche Gesprächszeit rund 127 Minuten betrug. Die Spannweite reicht dabei von rund 102 bis 199 Minuten und kann in erster Linie auf die unterschiedlich stark ausgeprägte Auskunftsfreudigkeit und Wissbegierde der Experten zurückgeführt werden.

Zur Sicherstellung inhaltlicher Vollständigkeit wurde ein teilstandardisierter Leitfaden verwendet, dessen Aufbau im nächsten Abschnitt erläutert wird. Ähnlich der ersten Befragungsrunde wurden alle Experten mit einem anonymisierten Kürzel versehen, das zusammen mit dem vollständigen Namen, Datums- und Zeitangaben sowie der Durchführungsart und der Benennung der Audiodatei für Auswertungszwecke notiert wurde.

Die aufbereiteten Informationsmaterialen (siehe Anhang V) wurden den Teilnehmern im Rahmen der persönlichen Interviews in analoger Form vorgelegt bzw. digital via *Skype* als Bilddateien übermittelt. In Übereinstimmung mit A. BOGNER et al. (ebd.) konnte beobachtet werden, dass während der online-geführten Interviews aufgrund der rein akustischen Erklärung mehr Zeit zur Präsentation der Analyseergebnisse aufgewandt werden musste.

12.1.4 Aufbau des Interview-Leitfadens

Der in Anhang IV einsehbare Leitfaden der zweiten Befragungsrunde besteht aus zwei Frageblöcken. Analog zur ersten Befragungsrunde, wurde auch der zweite Leitfaden Herrn Dr. R. LESER vom Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien vorgelegt, um etwaige notwendige Umformulierungen vorzunehmen.

Die Fragen des ersten Blocks beziehen sich auf die einzelnen Analysetools und müssen demnach bei Bedarf dreizehnmal gestellt werden. Erfordernis dazu besteht dann, wenn während der Präsentation der Experte nicht bereits von sich aus Stellung zu bestimmten Aspekten des Tools nimmt. Wie eingangs erwähnt sollen die Teilnehmer anhand der erzielten Ergebnisse die Funktionalität der entwickelten Analysewerkzeuge bewerten. Dies erfordert zudem in Abhängigkeit der Tools ggf. Rückmeldungen über die Zusammensetzung ausgearbeiteter Parameter, wie etwa das Pass- und Schussrisiko. Die Experten werden außerdem dazu aufgefordert, potenzielle inhaltliche Adaptionen zu kommentieren, die in den Abschnitten der Kapitel 9 und 10 thematisiert wurden. Die übergeordnete Frage nach der Funktionalität umfasst auch die Beurteilung des konkreten Nutzens der einzelnen Tools im Rahmen der Spielanalyse. Darüber hinaus werden toolübergreifend sowohl alternative räumliche Zonierungsvarianten, als auch temporale Segmentierungen diskutiert.

Der zweite Frageblock deckt nach den toolspezifischen Präsentationen und Befragungen übergeordnete Themen der GIS-gestützten Spielanalyse ab. Dazu werden den Experten drei konkrete Fragen gestellt. Zum einen wie die Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse eingeschätzt und zum anderen, ob in diesem Kontext eine engere Zusammenarbeit zwischen professionellen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten für sinnvoll gehalten wird und daher zu befürworten ist. Darüber hinaus wird die mögliche Rolle GIS-gestützter Ansätze innerhalb methodisch breit gefächerter, umfangreicher Spielanalysen hinterfragt. Abschließend wird um etwaige Ergänzungen gebeten, die für die Experten persönlich wichtig sind, jedoch im Zuge des Gesprächs nicht oder nicht hinlänglich diskutiert wurden.

12.1.5 Verarbeitung der gesammelten Informationen

Auf Basis des archivierten Rohmaterials [Anm.: = Audioaufzeichnungen im mp3- wav-Format] werden analog zur ersten Befragungsrunde Interviewprotokolle erstellt, worin die Kommentare der Experten separat für jedes Tool sinngemäß zusammengefasst sind. Während alle acht Protokolle in Anhang VI einsehbar sind, können methodische Grundlagen dieses Ansatzes in Abschnitt 7.1.5 nachgelesen werden. Da die Daten bereits nach Tools und somit zugleich inhaltlich gruppiert sind, bilden die Interviewprotokolle die Basis für die geplante qualitative Inhaltsanalyse.

Es ist zu erwähnen, dass im Verlauf zweier online durchgeführter Befragungen technische Probleme hinsichtlich der Audioaufzeichnung auftraten, die erst nach Beendigung der Interviews erkannt wurden. Davon betroffen sind die Interview-Protokolle *04* und *07*. Da der Aufnahmefehler in der Datei *E04.mp3* unmittelbar nach der Befragung wahrgenommen wurde, konnten die Rückmeldungen des Experten zu den Tools *Analyse Compactness*, *Analyse Centroids*, *Dynamic Zoning*, *Analyse Offensive Qualities*, *Analyse Tactical Behaviour* und *Analyse Scoring Attempts* sowie zu den drei abschließenden allgemeinen Fragen aus dem Gedächtnis sinngemäß rekonstruiert und in das Protokoll übernommen werden. Hingegen fiel der Fehler in der Datei *E07.mp3* erst Tage nach dem Interview auf, weshalb eine Rekonstruktion ausgeschlossen war. Daher wurde der betreffende Experte gebeten, noch einmal die Fragen zu den Tools *Analyse Passing Networks* und *Analyse Ball Possession* in schriftlicher Form zu beantworten, auf Basis dessen das Protokoll ergänzt wurde. Obwohl die Audioaufzeichnung in zwei Fällen Lücken aufweist, sind die Antworten der Experten vollständig und sinngemäß in den Interviewprotokollen enthalten.

12.2 Auswertung der Interviewprotokolle

Dieser Abschnitt beinhaltet eingangs Informationen über die konzipierte qualitative Inhaltsanalyse zur Auswertung der Interviewprotokolle (siehe Abschnitt 12.1.5 u. Anhang VI). Grundlagen zur gewählten Methodik nach P. MAYRING ([MAY-10]) können in Abschnitt 7.2.1 nachgelesen werden. Darin wurde bereits auf die Problematik einer allgemein gültigen Definition des Begriffs *qualitative Inhaltsanalyse* verwiesen. Da zweckdienliche

Adaptionen dieses Ansatzes unumgänglich sind ([GLÄ-04], [MAY-10], [BOG-14]), werden im nächsten Abschnitt vorrangig die Spezifikationen des Auswertekonzeptes thematisiert. Danach wird das Ergebnis präsentiert, auf Basis dessen in Kombination mit den gewonnenen Erkenntnissen aus Kapitel 9 und 10 die vierte Forschungsfrage beantwortet wird.

12.2.1 Struktur der konzipierten qualitativen Inhaltsanalyse

Basierend auf dem Konzept von P. MAYRING ([MAY-10]) sowie in Anbetracht der zugrundeliegenden Forschungsfrage (siehe Abschnitt 12.1 u. Abb. 145) entspricht die verwendete Interpretationsform einer *inhaltlichen Strukturierung* (vgl. Abschnitt 7.2.1). Hierbei werden die Aussagen der Experten nach Relevanz gefiltert und zusammengefasst. Das Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse dient in Abschnitt 12.3 in Kombination mit den gewonnenen Erkenntnissen der Analysetätigkeit (siehe Kapitel 9 u. 10) zur Beantwortung der vierten Forschungsfrage der vorliegenden Dissertation (siehe Abschnitt 2.3).

In Anlehnung an den Entwurf von J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04]) stellt Abb. 144 das konzipierte Auswertekonzept graphisch in Pyramidenform dar, dessen Ablauf von unten nach oben verläuft. Zum Nachschlagen empfiehlt sich neben der Abhandlung von J. GLÄSER u. G. LAUDEL (ebd.), das Werk von A. BOGNER et al. ([BOG-14]), in dem eine prägnante Zusammenfassung des originären fünfstufigen Entwurfes enthalten ist. Ein ähnliches Konzept kann zudem bei P. MAYRING ([MAY-10]) nachgelesen werden.

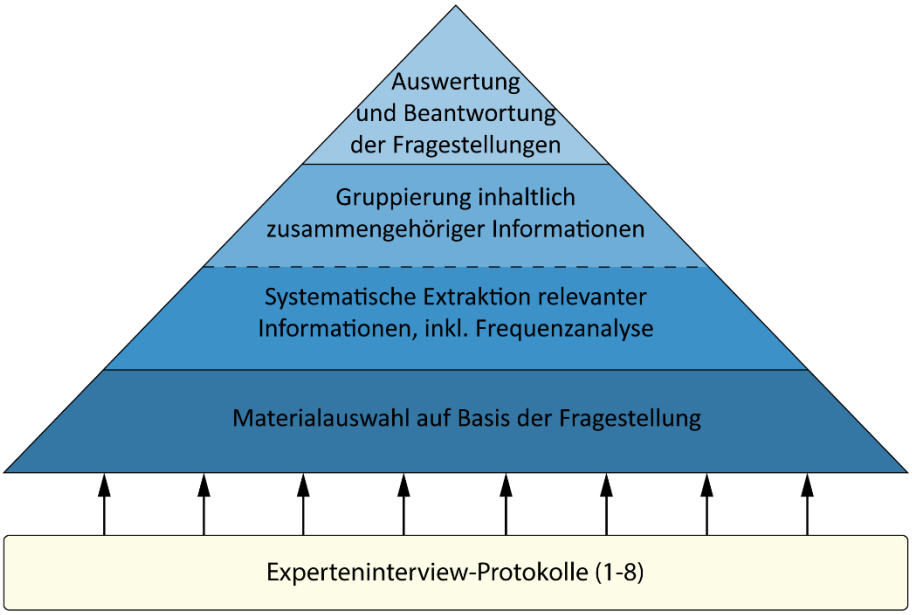


Abb. 144: Schematische Darstellung des mehrstufigen Auswertekonzeptes der qualitativen Inhaltsanalyse (2. Befragungsrunde)

Wie bereits erwähnt ist die Struktur des Konzeptes vom Zweck der Auswertung bzw. von der Forschungsfrage abhängig. Bemühungen diese Methode zu standardisieren sind daher unmöglich, weswegen Modifikationen des Ablaufschemas unvermeidbar und erforderlich sind ([GLÄ-04], [MAY-10], [BOG-14]). Dies zeigt sich im Vergleich mit den Konzepten von J. GLÄSER u. G. LAUDEL ([GLÄ-04]) und P MAYRING ([MAY-10]). Ebenso weisen die

qualitativen Inhaltsanalysen beider Befragungsrunden zwar dieselben methodischen Charakteristika auf, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer Ablaufmodelle (vgl. Abb. 54). Die Diskrepanz liegt primär darin, dass die Auswertung der zweiten Befragung keiner separaten Kategorienbildung bedarf, da dies bereits bei Erstellung der Interviewprotokolle erfolgt. Ermöglicht wird dies dadurch, dass die einzelnen Fragen Ausdruck eigenständiger Kategorien sind. Konträr dazu wurden im Rahmen der ersten Befragung Kategorien von mehreren Hauptfragen abgedeckt. Theoretische Grundlagen zu den einzelnen Auswertestufen können in Abschnitt 7.2.1 nachgelesen werden. Trotz fehlender Standardisierung folgt das Ablaufmodell bestimmten Regeln, weshalb intersubjektive Überprüfungen der Analyse möglich sind. Ein Überblick über die thematischen Verflechtungen zwischen Leitfaden, Fragestellungen und Kategorien ist in Abb. 145 dargestellt.

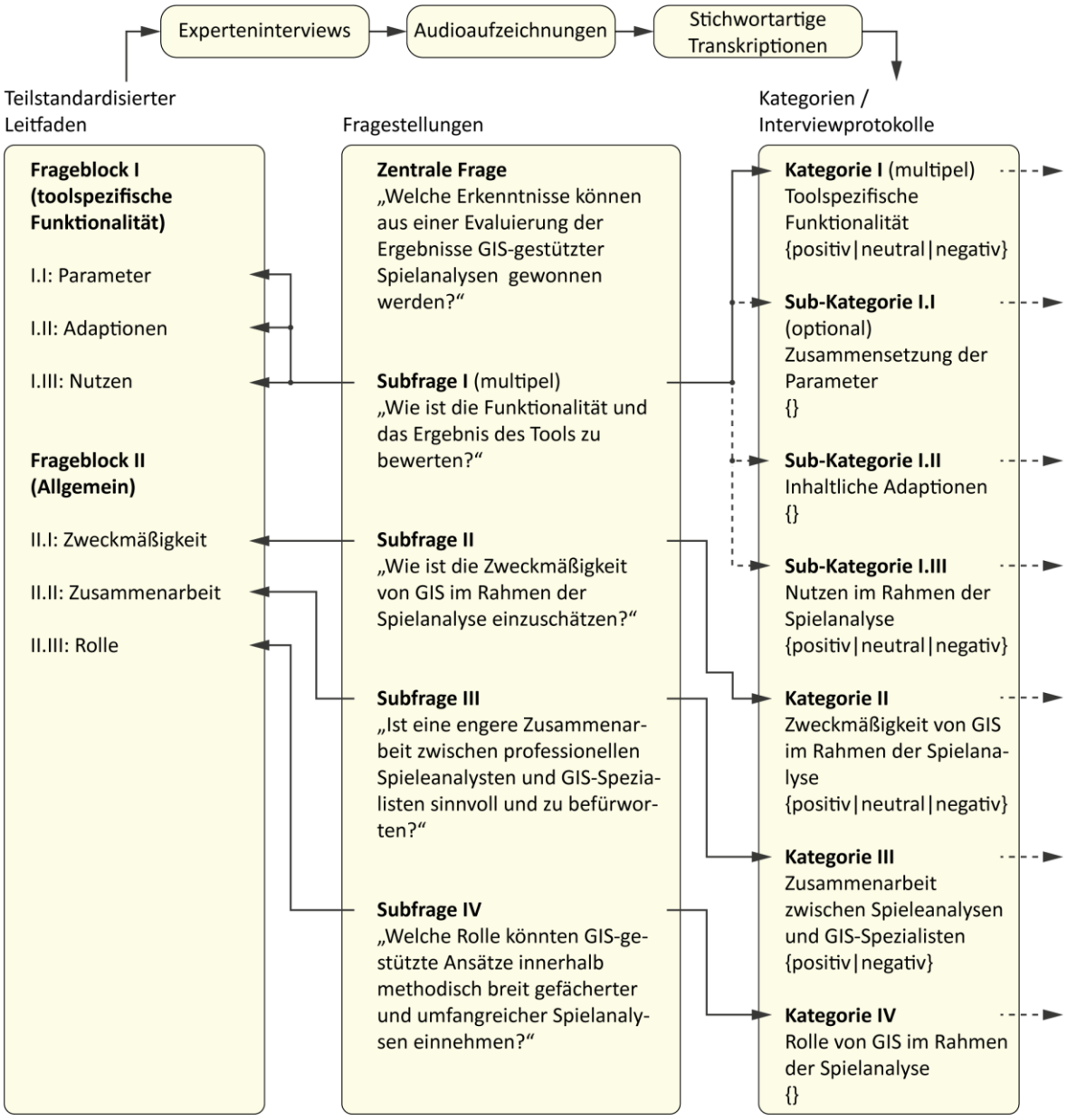


Abb. 145: Verflechtungen zwischen dem teilstandardisierten Leitfaden, den zugrundeliegenden Fragestellungen und Kategorien der qualitativen Inhaltsanalyse (2. Befragungsrunde)

Zur Beantwortung der zentralen Fragestellung sind die Rückmeldungen der Experten zu insgesamt vier Subfragen auszuwerten. Diese spiegeln sich in den Frageblöcken des teilstandardisierten Leitfadens (siehe Anhang IV) wider. Die erste Unterfrage umfasst den toolspezifischen Frageblock. Zu beachten ist, dass zwar die im Leitfaden angeführten Ergänzungsfragen als Bestandteile der Hauptfrage [Anm.: = Subfrage I in Abb. 145] anzusehen sind, jedoch gleichzeitig eigene Subkategorien der übergeordneten ersten Kategorie [Anm.: = Toolspezifische Funktionalität] darstellen. Der in runden Klammeren eingeschlossene Zusatz *multipel* weist darauf hin, dass pro Analysewerkzeug Informationen zu dieser Kategorie erhoben werden. Konträr dazu sind zwar die restlichen drei Subfragen allesamt dem zweiten Frageblock zuzuordnen, jedoch als eigenständige Kategorien zu verstehen. Die vierte Frage des zweiten Frageblocks ist hingegen als Ergänzungsfrage anzusehen, weswegen daraus keine autonome Kategorie gebildet wird (vgl. Anhang IV u. Abb. 145).

Die Auswertung sieht außerdem eine qualitative Einstufung der Rückmeldungen innerhalb einzelner Kategorien vor. [Anm.: In Abb. 145 sind die Bewertungsklassen jeweils in geschwungenen Klammern angeführt.] Während für die Kategorien I.I, I.II und IV aufgrund der Fragestellung keine Bewertung vorgesehen ist, wird Kategorie III in Abhängigkeit der Rückmeldungen als *positiv* oder *negativ* bewertet. Zusätzlich können Kategorie I und I.III als *neutral* klassifiziert werden. Die Evaluation erfolgt auf Basis einer Gegenüberstellung aller positiven und negativen Reaktionen innerhalb der jeweiligen Kategorien. Das Ergebnis fließt in Abschnitt 12.3 direkt in die Beantwortung der vierten Forschungsfrage (siehe Abschnitt 2.3) ein.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse auf Basis des oben beschriebenen Konzeptes präsentiert. Allgemeine Anmerkungen über die Güte von Experteninterviews und deren Auswertung in Form qualitativer Inhaltsanalysen, können in Abschnitt 7.3 nachgelesen werden. Die Materialien zur zweiten Befragungsrunde sind in Anhang IV, V, VI und VII [Anm.: = Teilstandardisierter Leitfaden, Informationsmaterial, Interviewprotokolle sowie Extraktionstabelle und Ergebnis der Frequenzanalyse.] einsehbar.

12.2.2 Ergebnis der qualitativen Inhaltsanalyse

Die Auswertung der Experteninterviews erfolgte auf Basis von insgesamt 741 Reaktionen (siehe Anhang VII), die aus den Interviewprotokollen (siehe Anhang VI) extrahiert und einer Frequenzanalyse unterzogen wurden. Dahingehend ist dieser Abschnitt in toolspezifische Teilbereiche gegliedert, in denen die Rückmeldungen der Experten über Funktionalität, Zweckmäßigkeit und potenzielle Adaptionsmöglichkeiten der einzelnen Tools sinngemäß zusammengefasst sind. Abschließend sind die gebündelten Kommentare über Zweckmäßigkeit und die potenzielle Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse sowie über etwaige Kooperationen zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten präsentiert. Zu beachten ist, dass sämtliche Angaben über Konfigurationen einzelner Parameter im Speziellen oder Weiterentwicklungen der Tools im Allgemeinen, Empfehlungen der Experten darstellen.

Trotz stellenweiser inhaltlicher Übereinstimmung einzelner Anregungen, können jedoch deren Beweggründe unterschiedlich sein. Sofern diese für die Zusammenfassung der Reaktionen nicht zwingend sind, werden diese mit Verweis auf Anhang VI ausgespart. In Hinblick auf die nachfolgenden Ausführungen ist es empfehlenswert, begleitend die Extraktionstabelle in Anhang VII heranzuziehen.

- Analyse Passes Tool

Die Reaktionen zum Tool sind ausnahmslos positiv. Demnach handelt es sich hierbei um eine graphisch gut aufbereitete, detail- und sinnvolle sowie praktikable Erweiterung der Passanalyse auf Einzelspielerebene. Die Möglichkeit bei Bedarf Pässe individuell zu betrachten sowie optional das raumzeitliche Gefüge zum Zeitpunkt des Abspiels anzeigen zu können, ist positiv zu beurteilen. Mit Hilfe des Tools können die gestellten Anforderungen bzw. Vorgaben des Trainers sowie die Einhaltung der teaminternen Spielphilosophie überprüft werden. Des Weiteren sind nicht nur Rückschlüsse auf den primären Wirkungskreis der Spieler möglich, sondern auch auf deren Stärken und Schwächen. Ferner sind vorhandene Passschemen ablesbar.

Darüber hinaus sind vor allem die Parameter *Passrisiko* und *Passqualität* von großem Interesse. Vor allem deren frei wählbare Konfiguration ist positiv hervorzuheben. Obwohl dadurch existierende Maßzahlen aufgewertet werden, ist dennoch eine Überprüfung der Parameterzusammensetzung notwendig. Vier der acht Befragten sind der Meinung, dass die Variable *Packing* bereits indirekt berücksichtigt wird. Dahingehend ist eine parametrische Integration empfehlenswert. Des Weiteren sind sowohl scharf geschossene, als auch längere Pässe höher zu bewerten. Darüber hinaus sind zusätzliche Klassifizierungen in Betracht zu ziehen, wie etwa in Hilfs- und Konstruktivpässe, sowie in Abhängigkeit des Körperteils, mit dem der Pass gespielt wurde. Obwohl die Anzahl von Gegnern innerhalb des Passkorridors auf die Passrichtung schließen lässt, ist es empfehlenswert, diese zu parametrisieren. Auch wurde der Einsatz von Multiringpuffern einstimmig befürwortet. Hierbei ist zu beachten, dass positionsspezifische Klassifizierungen vorzunehmen sind. Daneben empfahl die überwiegende Mehrheit der Experten die Berücksichtigung der Geschwindigkeit und Laufrichtung der Spieler.

Wünschenswert ist zudem die parametrische Bewertung der Intention der Spieler hinter den Pässen. Dies gilt jedoch als besondere Herausforderung. Ferner ist es nicht nur interessant zu wissen, was nach dem Pass folgte, sondern auch alternative Pässe aufzuzeigen. Abgesehen davon könnte die spielerspezifische Passqualität als Grundlage zur Bildung eines Teamparameters dienen.

- Analyse Shots Tool

Sieben der acht Befragten sahen darin einen guten und interessanten Ansatz, der nützliche Zusatzinformationen liefert und zur Quantifizierung des Schussverhaltens eingesetzt werden kann. Analog dem *Analyse Passes* Tool ist die Möglichkeit zur isolierten Betrachtung

einzelner Torschüsse sowie die optionale Anzeige des raumzeitlichen Gefüges zum Zeitpunkt des Torabschlusses, positiv zu beurteilen. Hierbei ist zu beachten, dass die Darstellungen einzelner Spieler streng maßstabsbezogen sind.

Aufgrund der überschaubaren Anzahl von Torschüssen pro Spieler und Spiel, sind Bewertungen schwierig, weswegen ein Experte den konkreten Nutzen im Rahmen der Post-Match Spielanalyse auf Einzelspielerebene bezweifelte. Eine größere Datenbasis, die bspw. die Daten einer gesamten Saison enthält, könnte hingegen vielseitig eingesetzt werden. Z.B. könnten Spieler miteinander verglichen oder ein mannschaftsspezifisches räumliches Muster aller Torversuche abgeleitet werden. Basierend darauf ist es nicht nur möglich die Einhaltung der Spielphilosophie zu überprüfen, sondern auch anhand von Durchschnittswerten individuelle Schwächen aufzuzeigen. In diesem Sinne wird die Einsatzmöglichkeit vor allem in der Trainingsarbeit gesehen. Konträr dazu gäbe es nach Meinung eines Experten im Bereich der Spielanalyse dann einen konkreten Mehrwert, wenn mit Hilfe des Tools auch alternative Schusspositionen untersucht werden könnten.

Während ein Experte keinen Bedarf zur Neukonzeption der Parameter sieht, befürworten zwei andere eine zusätzliche Klassifizierung der Torschussart angesichts des jeweiligen Körperteils, mit dem der Schuss abgegeben wurde. Es wird außerdem empfohlen, auch unmittelbar vorangegangene Aktionen parametrisch zu erfassen sowie das Blickfeld des Torwarts zu evaluieren. Des Weiteren besteht weitgehend Konsens darüber, die Geschwindigkeit und Laufrichtung der Spieler zu berücksichtigen, Multiringpuffer zu verwenden sowie Standardsituationen gesondert zu behandeln.

Während Adaptionen der entwickelten Maßzahlen wünschenswert, jedoch nicht zwingend sind, ist die die Zusammensetzung des SSPI kontrovers. Für die Hälfte der Expertengruppe ist die Konzeption des SSPI zweckdienlich. Daneben wird dessen Aussagekraft bezweifelt und eine Kalibrierung empfohlen. Bspw. wird zumindest eine stärkere Gewichtung innerhalb des Strafraums bzw. eine Zusammenfassung zentraler Zonen befürwortet. In diesem Sinne ist eine frei wählbare mathematische Zusammensetzung des SSPI vorteilhaft.

Darüber hinaus ist eine Verknüpfung zu Videoaufzeichnungen zu empfehlen. Ferner ist die graphische Nachführung der Schusslinie für sieben der acht Befragten wünschenswert. Hierzu merkte ein Experte ergänzend an, dass anstelle einer fiktiven Linie zwischen Schussposition und dem darauffolgenden Event, die reale Flugbahn des Balls präsentiert werden sollte.

- Analyse Running Performance Tool

Weitestgehend Einigkeit besteht darüber, dass das Hauptanwendung dieses Tools nicht im Bereich der Spielanalyse, sondern innerhalb der vereinsinternen Fitnessabteilungen liegt. Die aus den Rohdaten extrahierten quantitativen Informationen können zur Beurteilung der individuellen Spielvorbereitung sowie zur Erstellung eines Regenerationsplans verwendet werden. Dahingehend ist es empfehlenswert, ebenso die Anzahl von (gebündelten)

Sprints und scharfer Richtungswechsel zu erheben sowie ggf. hochintensive Läufe und Sprints zu gewichten. Des Weiteren ist die Erfassung positiver und negativer Beschleunigungen sowie das Zählen kurzer Bewegungen zu befürworten, da damit die Belastungsintensität ausgewertet werden kann. Diese Maßnahmen könnten eine Aufwertung bestehender physiologischer Parameter bedeuten.

Jeweils ein Experte sieht außerdem die Möglichkeit, das Tool im Rahmen des Scouting sowie der Spielanalyse einzusetzen. In diesem Kontext sollen die Evaluation der Umsetzung taktischer Vorgaben, die Detektion von Pressingphasen sowie die Auswertung der Spielweise möglich sein. Außerdem werden die temporale Segmentierung in Abschnitten von je fünf Minuten sowie die Differenzierung in Offensiv- und Defensivläufe positiv hervorzuheben. Allerdings erfordern qualitative Analysen nicht nur eine Verknüpfung mit technisch-taktischen Daten, sondern auch feinere kontextbezogene Unterteilungen. Diese Maßnahmen würden Filterungen begünstigen und neue Analysemöglichkeiten eröffnen. In diesem Sinne befürworten drei der acht Befragten, neben einer vertikalen, auch eine horizontale Spielfeldzonierung.

Im Allgemeinen gilt der Parameter Laufleistung als diskutabel, da zwar Spieler beobachtet, jedoch anhand dieser Maßzahl nicht qualitativ bewertet werden können. Gemäß eines Experten liegt der Grund dafür in der Komplexität des Spiels, die er als Folge der sich ständig ändernden Spielsituationen sieht. Die Reaktionen der Spieler sind somit nicht vorhersehbar, weswegen Abweichungen vom Spielplan auftreten können. Ein weiterer Experte gibt zu bedenken, dass eine Bewertung der Laufleistung ausschließlich in Kombination mit dem Ballbesitz möglich ist.

- Analyse Passing Networks Tool

Konträr der Reaktion eines Experten, sieht die Hälfte der Befragten in dem Tool einen konkreten Mehrwert im Rahmen der Spielanalyse. Demnach handelt es sich hierbei um einen interessanten Ansatz, mit dem Aussagen über bevorzugte Angriffsseiten, Schlüsselspieler und dominante Spielachsen möglich sind. Ungeachtet dessen ist es notwendig, die Aussagekraft des Zentralitätsparameters zu verifizieren. Gleichzeitig sind die Angabe der Passquote sowie die graphische Berücksichtigung von Fehlpässen positiv zu bewerten, da dadurch ein ganzheitliches Bild des mannschaftsinternen Passspiels skizziert wird. Aus der detailreichen Graphik sind zudem die räumliche Verteilung der Spieler, Passmuster und damit auch die Spielweise der beobachteten Mannschaft klar erkennbar. Dahingehend ist das Tool vor allem im Bereich der Gegnervorbereitung zweckdienlich.

Die Positionierungsvariante der Netzwerkknoten ist grundsätzlich zweckdienlich und gemäß eines Experten aussagekräftiger als eine Heatmap. Für einen anderen ist es hingegen wünschenswert, wenn Heatmaps interaktiv ein- bzw. ausgeblendet werden könnten. Diesbezüglich gehen die Meinungen auseinander, ob daraus realtaktische Formationen abgelesen werden können.

Besonders wünschenswert wäre eine Verbindung zum *Analyse Passes* Tool sowie eine Koppelung mit Videoaufnahmen. Des Weiteren ist die graphische Berücksichtigung der Passrichtung zu befürworten, um ein vollständiges Passnetzwerk zu erzeugen. Ferner wäre es nicht nur interessant und daher empfehlenswert, im Falle von Fehlpässen, die eigentlichen Passadressaten anzuzeigen, sondern auch optional das Tool in Abhängigkeit der drei Spielfelddrittel durchzuführen.

- Analyse Ball Possession Tool

Das Tool bietet zwar einen neuartigen und interessanten Ansatz, lässt jedoch viele Fragen offen. Zudem gehen die Meinungen über dessen Zweckmäßigkeit auseinander. Beschrieben wird die Zirkulation des Balls, wodurch zusätzliche Informationen für etwaige Filterungen bereitgestellt werden. Ein Experte sieht anhand der erhobenen Werte außerdem die Möglichkeit Drangphasen zu ermitteln.

Für die Befürworter des Tools ist jedoch die Angabe von Absolutwerten unbedeutend, weswegen Relativwerte berechnet werden sollten. Diesbezüglich ist die tabellarische Ausgabe der Daten zwar in Ordnung, dennoch wäre eine Karte wünschenswert. Obwohl die Zonierungsvariante im Allgemeinen angemessen ist, sind Alternativen in Abhängigkeit konkreter Fragestellung abzuwägen. U.U. sind auch Außenzonen zu berücksichtigen.

Jene Experten, die dem Nutzen des Tools skeptisch gegenüberstehen geben zu bedenken, dass die Analyse des Ballbesitzes grundsätzlich schwierig ist. In diesem Sinne ist das Tool lediglich für Statistiker interessant. Da dem Tool keine konkrete Fragestellung zugrunde liegt, ist es unklar, ob verwertbare Werte extrahiert werden. Ballbesitz alleine sei zudem, gemäß eines Experten, unbedeutend, weswegen die Funktionalität des Tools nur auf Einzelspielerebene oder für Formationsgruppen gegeben ist.

- Analyse Ball Contacts Tool

Die Rückmeldungen zu diesem Tool sind durchwegs positiv. Während in diesem Kontext ein Experte die Analyse eines Passnetzwerkes als sachdienlicher einschätzte, sah darin die Mehrheit der Befragten einen guten und interessanten Ansatz, mit dem die räumliche Verteilung der Ballkontakte gut erkennbar ist. In diesem Zusammenhang ist die gewählte Methode zur Zuweisung der Spieler zu Formationsgruppen zwar nicht optimal, jedoch aufgrund der Komplexität dieser Aufgabe, vertretbar. Obwohl ungewöhnlich, ist die Graphik verständlich. Ungeachtet dessen sind alternative Darstellungsweisen diskutabel. Das Tool dient außerdem zur Charakterisierung eines Teams in Bezug auf dessen Raumverteilung und –nutzung und ermöglicht zugleich Rückschlüsse auf etwaige Spielverlagerungen. Basierend darauf kann zudem die Einhaltung taktischer Vorgaben evaluiert werden. Das Ergebnis ist ein Spiegelbild der Spielweise einer Mannschaft und bietet eine Grundlage für deren Bewertung.

Die hierfür standardmäßig vorgesehene Zonierungsvariante ist zwar praktikabel, eine freie Auswahl ist hingegen dennoch zu empfehlen. Wünschenswert ist hingegen eine feinere

kontextbezogene Unterteilung der Daten. Nach Meinung eines Experten wird ein Summenparameter kreiert, der auch im Bereich der Einzelspieleranalyse, womöglich zur Erstellung von Spielerprofilen herangezogen werden kann. Ein konkreter Mehrwert ist durch eine Verknüpfung mit anderen Daten zu erwarten. Diese Vermutung ist jedoch zu verifizieren. Es ist allerdings anzunehmen, dass eine Kombination mit dem *Analyse Passing Networks* Tool wertvolle Zusatzinformation liefert.

- Analyse Spheres of Action Tool

Die Hälfte der Experten sieht darin einen innovativen, interessanten bzw. guten Ansatz, mit dem kontextbezogene Veränderungen der Raumverteilung klar erkennbar sind. Dahingehend wurde die Methode von drei der acht Befragten als zweckdienlich zur Darstellung von Aktionsräumen bewertet. Des Weiteren liefert das Tool, nach Meinung eines Experten, zusätzliche Informationen, die aus anderen Graphiken nicht extrahiert werden können.

Trotz alledem ist die Zweckmäßigkeit des Tools schwer einschätzbar, was mitunter ein Grund dafür ist, dass die Mehrheit der Befragten den konkreten Nutzen des Tools bezweifelt. Dies liegt zum einen daran, dass es an konkreten Fragestellungen fehlt, weshalb die Hauptaussage des Tools zu allgemein bzw. limitiert ist. Dahingehend werden weitere Forschungen befürwortet. Zum anderen können ähnliche Informationen auch aus anderen Quellen entnommen werden. Bspw. ist für einen Experten hierzu die Analyse von Ballkontakten stichhaltiger.

Da die Unterschiede zwischen den präsentierten Ellipsen marginal sind, sind zusätzliche thematische Filterungen oder Klassifizierungen empfehlenswert. Außerdem ist davon auszugehen, dass eine Auswertung in Abständen von jeweils fünf Minuten aussagekräftigere Ergebnisse liefert. Vorzugsweise sollte das Ergebnis als Animation ausgegeben werden. Darüber hinaus ist ein Mehrwert zu erwarten, wenn die Definition der Aktionsräume nicht auf Laufdaten, sondern auf Aktionsdaten beruht. In diesem Kontext wird eine aktionsspezifische Betrachtungsweise von einem Experten als unumgänglich angesehen.

- Analyse Compactness Tool

Die Rückmeldungen zu diesem Tool zeigen hinsichtlich dessen Funktionalität ein gespaltenes Bild. Während die Standardentfernung als Parameter für die Kompaktheit, aufgrund mangelnder bzw. trügerischer Aussagekraft, mehrheitlich abgelehnt wird, werden konvexe Hüllen zur Darstellung der Kompaktheit als zweckdienlich angesehen. Trotz Vorbehalte gegenüber der Standardentfernung ist eine Überprüfung bzw. Überarbeitung der Parameterzusammensetzung sowie die Weiterentwicklung des Tools im Allgemeinen wünschenswert. Dies sei zur Einschätzung des wahren Wertes des Tools erforderlich. In diesem Kontext sind außerdem eine Verknüpfung mit Videoaufzeichnungen sowie die Ergebnisausgabe als Animation empfehlenswert.

Das Tool basiert auf einem interessanten und guten Ansatz, bei dem mit Hilfe konvexer Hüllen die Raumverteilung und –abdeckung gut erkennbar ist. Dahingehend sind gemäß

sechs der acht Befragten Informationen über die Kompaktheit aus der präsentierten Graphik ableitbar. Im Rahmen der Mannschaftsanalyse kann das Tool bspw. zur Detektion neuralgischer Situationen eingesetzt werden. Ferner bietet das Tool nach Meinung eines Experten, das Tool neue Sichtweisen auf das Spielgeschehen und somit eine Grundlage für theoretische Diskussionen. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass Standardsituationen stets gesondert behandelt werden müssen. Demgegenüber war es für einen Experten schwierig, auf Basis der Graphik Rückschlüsse zu ziehen.

- Analyse Centroids Tool

Das Tool wurde überwiegend positiv bewertet. So waren Spielmuster sowie die Organisation bzw. der Spielstil für sieben der acht Befragten klar erkennbar. Des Weiteren konnte die Hälfte der Experten Rückschlüsse auf die zugrundliegende Formation ziehen. Demnach handelt es sich hierbei um einen interessanten und guten Ansatz, der zum einen zur Charakterisierung des Spielgeschehens und zur Evaluation der Raumverteilung dienlich ist sowie zum anderen Rückschlüsse auf individuelle Fähigkeiten und Kompaktheit zulässt. Ferner ist das Tool zur Überprüfung der Einhaltung taktischer Vorgaben geeignet und liefert außerdem Hinweise auf schlechtes Stellungsspiel sowie Anhaltspunkte für vertiefende Analysen über die gegnerische und eigene Mannschaft. Darüber hinaus wurde das graphische Ergebnis von einem Experten als ansprechend und verständlich bezeichnet.

Für einen Befragten ist ein konkreter Mehrwert vor allem dann gegeben, wenn nicht das Spiel live verfolgt oder bereits anhand von Videos ausgewertet wurde. Zudem wurde die Möglichkeit zur interaktiven Distanzmessung von der überwiegenden Mehrheit positiv hervorgehoben. Dahingehend ist die Weiterentwicklung des Tools zur automatischen Detektion von Abwehr- bzw. Formationslücken wünschenswert. Diesbezüglich sind außerdem die Ausgabe des Ergebnisses in Form einer Animation sowie eine Verknüpfung des Tools mit Videoaufnahmen zu empfehlen. Darüber hinaus böte eine feinere thematische Aufgliederung ein breiteres Spektrum an Analysemöglichkeiten.

- Dynamic Zoning Tool

Die Mehrheit der Experten sieht in dynamischen Zonierungen einen interessanten und guten Ansatz. Uneingeschränkte Überstimmung besteht darin, dass auch horizontale Zonen zur Abgrenzung von Außenzonen implementiert werden sollten. Weiterentwicklungen des Tools sind wünschenswert, da das gewählte Abgrenzungskriterium als problematisch und diskutabel zu bezeichnen ist. Anstelle von Durchschnittswerten befürwortet die Mehrzahl der Befragten die Verwendung der vordersten bzw. hintersten Spielerpositionen. In diesem Kontext sind frei wählbare Abgrenzungskriterien empfehlenswert, die allerdings zuvor Praxistests unterzogen werden müssen.

Alternative Zonierungsvarianten sind hingegen in Abhängigkeit der Aufgabenstellung abzuwägen. In diesem Kontext sehen zwei Experten weiteren Forschungs- und Diskussionsbedarf, um konkrete Fragestellungen zu definieren. Während ein Experte den primären

Anwendungsbereich dieses Tools innerhalb der Medienberichterstattung sieht, sind dynamische Zonierungen für zwei der acht Befragten zur Darstellung und Analyse der räumlichen Kompaktheit geeignet. Darüber hinaus liefern die funktionalen Trennlinien Hinweise auf Ungleichgewichte innerhalb der Mannschaftsreihen. Die Auswertung zeigt, dass die zugrundliegende Methode, trotz erforderlicher Adaptionen, zwar funktional, jedoch aufgrund der fehlenden Fragestellung der konkrete Nutzen im Rahmen der Spielanalyse aktuell nicht gegeben ist.

- Analyse Offensive Qualities Tool

Die Methodik dieses Tools wird mehrheitlich als gut, innovativ und interessant bezeichnet. Der Ansatz ist der Ermittlung von Drangphasen und der Untersuchung des Pressingspiels zweckdienlich. Dahingehend können die Einhaltung taktischer Vorgaben überprüft und Rückschlüsse auf den Spielstil gezogen werden. Des Weiteren werden Zusatzinformationen zur Auswertung der Kompaktheit bereitgestellt sowie Eindrücke über den Spielverlauf vermittelt, die auf spielerische Dominanz schließen lassen.

Allerdings ist zu beachten, dass das Ableiten kausaler Zusammenhänge umstritten ist. In diesem Sinne gehen die Meinungen über den konkreten Nutzen des Tools auseinander. Für drei der acht Befragten ist ein Mehrwert dann gegeben, wenn das Spiel nicht live verfolgt oder mittels Videos ausgewertet wurde. Hingegen ist für einen anderen Experten der Mehrwert der aktuellen Version gering.

Vielfältig sind die Vorschläge für potenzielle Adaptionen. Wünschenswert wären bspw. frei wählbare Schwellenwerte, eine analoge Auswertung der Offensivzone sowie die Definition von Pressingparametern. Ferner ist ein Experte der Meinung, dass zur Bestimmung der Dominanz neben den Eigenschaften der Defensivzone, die höchste Verteidigungslinie einen zusätzlichen Indikator darstellt. Des Weiteren sind zur Analyse der Dynamik des Spielflusses kontextbezogene Klassifizierungen sowie frei wählbare Referenzaktionen und Analysezeiträume empfehlenswert. In diesem Zusammenhang ist ebenso die Verwendung zusätzlicher horizontaler Zonen eine Überlegung wert.

- Analyse Tactical Behaviour Tool

Die Mehrheit der Experten sieht darin einen interessanten, innovativen bzw. richtungsweisenden Ansatz. Nichtsdestotrotz verdeutlicht ein Blick auf die Extraktionstabelle (siehe Anhang VII), dass die Meinungen zur Anwendung und Verbesserung des Tools auseinandergehen. Ungeachtet dessen wurde das Tool insgesamt positiv bewertet.

Hervorzuheben ist, dass Unterschiede im Offensiv- und Defensivspiel klar erkennbar und dadurch Auswertungen der taktischen Grundordnung möglich sind. Der *Taktikraster* bietet hierzu eine zusätzliche Hilfestellung zur Auswertung der Spielerzentroide. Analog zum *Analyse Centroids* Tool ist die Anzeige von Verbindungslinien zwischen spielergleichen Zentroiden wünschenswert. Die anschauliche Graphik spiegelt u.a. die räumliche Dominanz wider und kann zur Erstellung eines Mannschaftsprofils herangezogen werden.

Dieses wiederum kann im Zuge der Gegnervorbereitung, zur Taktikfindung oder zum Auffinden taktischer Fehler verwendet werden. Des Weiteren ist das Tool zum Vergleich positionsgleicher Spieler, bspw. im Bereich des Scouting, zur Verifizierung der Umsetzung der teameigenen Spielphilosophie und zur Bewertung der kollektiven Kompaktheit geeignet. Abgesehen davon kann eine Zuweisung von Spielern zu Formationsgruppen vorgenommen werden. Ein konkreter Mehrwert wird darin gesehen, zusätzliche optionale Filtermöglichkeiten durch Verknüpfung der Daten mit Event-Daten zu schaffen.

Konträr der positiven Rückmeldungen bestand auch Zweifel über die Aussagekraft des Tools. Hierzu ist zu betonen, dass grundsätzlich aufgrund der Komplexität des Spiels die Analyse des taktischen Verhaltens schwierig ist. In diesem Zusammenhang ist die Verwendung von Verhaltensschablonen kontrovers. Bspw. sah ein Experte keinen Mehrwert zur Entschlüsselung des Spiels, weswegen für ihn konkrete Einsatzmöglichkeiten unklar waren. Während zwei der acht Befragten die Struktur des *Taktikrasters* als passend betrachteten, sind zwei andere der Meinung, dass dieser hinsichtlich seiner Granularität überarbeitet werden muss. Andere wiederum sehen die Aufgliederung und Struktur des *Taktikrasters* in Abhängigkeit der Fragestellung. Daher sind nicht nur frei wählbare Verhaltensschablonen, sondern auch optionale Analysezeiträume und Referenzaktionen empfehlenswert. Diesbezüglich ist ebenfalls die Implementierung dynamischer Analysezeiträume wünschenswert. Unabhängig davon werden mehrheitlich Folgestudien befürwortet, in denen u.a. Praxistests vorgenommen werden müssen.

- Analyse Scoring Attempts Tool

Ein Experte war hinsichtlich des unmittelbaren Nutzens für Trainer und Spieleanalyst skeptisch und sah darin eher eine Anwendung für Statistiker. Mehrheitlich wurde hingegen der Ansatz als gut und interessant beschrieben. Demnach eignet sich das Tool u.a. zur Darstellung der Genese von Angriffen sowie zur automatischen Klassifizierung von Angriffsszenen. Diesbezüglich ist die Implementierung frei wählbarer Klassifikationsparameter wünschenswert. Des Weiteren ist positiv hervorzuheben, dass einzelne Angriffe separat und interaktiv betrachtet bzw. ausgewertet werden können. Obwohl die parallele Darstellung der Angriffe beider Mannschaften nicht zu empfehlen ist, ist die räumliche Verteilung der Torversuche gut erkennbar. Gemäß eines Experten ist dies ein Indikator für die Güte des Spiels im Angriffsdrittel. Zusätzlich ist in diesem Kontext auch das Ableiten eines Referenzmusters anhand einer größeren Datenbasis empfehlenswert. Das Tool liefert zudem wertvolle Informationen, die die Grundlage weiterer Analysen, wie etwa im Bereich der Spielvorbereitung, bilden.

Hinsichtlich der graphischen Aufbereitung des Ergebnisses ist zu empfehlen, eine Differenzierung zwischen Ballstationen und Events vorzunehmen sowie nicht zentrale Events auszusparen. Des Weiteren ist die Aufbereitung von Animationen und Koppelungen zu Videoaufnahmen wünschenswert.

Darüber hinaus besteht weitestgehend Einigkeit darüber, dass Standardsituationen gesondert behandelt werden müssen. Ferner sind ausnahmslos alle Experten der Meinung, dass zur Abbildung eines ganzheitlichen Bildes von Angriffsszenen, auch jene Attacken zu berücksichtigen sind, die vorzeitig unterbrochen wurden. Hierzu ist die Implementierung frei wählbarer Parameter zur räumlich/thematischen Einschränkung unvollendeter Angriffe empfehlenswert. In diesem Kontext ist die Anzeige von Passoptionen wünschenswert, die vor dem Ballverlust den Angriff in eine andere Richtung lenken hätten können.

- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse

Sieben der acht Befragten bewerteten die präsentierten Ansätze abschließend mit den Prädikaten *sehr gut*, *richtig gut*, *zweckmäßig* und *zukunftsträchtig*. Besonders hervorgehoben wurden die Tools *Analyse Passes*, *Analyse Passing Networks* und *Analyse Centroids*. Die Zweckmäßigkeit der Tools wurde in vier Fällen bestätigt. Obwohl nur von drei Experten ausdrücklich gefordert, ist davon auszugehen, dass es im Sinne aller Gesprächspartner ist, eine vertiefende Auseinandersetzung zur Einschätzung der Tauglichkeit der präsentierten Tools vorzunehmen. Zu beachten ist, dass die Eignung stets in Abhängigkeit des Anwendungszweckes gesehen werden muss. Ferner ist es wichtig zu erkennen, dass zwar Einblicke in das Spielgeschehen möglich sind, ein ganzheitliches Bild hingegen verborgen bleibt. Die parallele Betrachtung von Videoaufnahmen im Zuge der Spielanalyse ist somit unumgänglich. Dahingehend sind weitere Forschungen auf diesem Gebiet sowie Weiterentwicklungen der Tools zu befürworten. Die Konzeption eines zentralen GUI ist in diesem Kontext empfehlenswert. Die weitere Vorgehensweise ist anhand von Erfahrungswerten zu optimieren.

Während ein Experte nur bedingte Einsatzmöglichkeiten sah, waren die restlichen Rückmeldungen weitaus positiver. Bspw. wurde vermerkt, dass es mit Hilfe von GIS möglich ist, die Komplexität des Spiels ordnungsgemäß darzustellen und trotz der frühen Entwicklungsphase viele interessante Hypothesen aufgestellt wurden. Raumbezogene Daten werden in diesem Zusammenhang als Wegweiser zukünftiger Entwicklungsrichtungen angesehen. Diesbezüglich vertritt ein Experte die Meinung, dass GIS das tatsächliche Potenzial der Rohdaten offenbaren. Positiv hervorgehoben wurde außerdem, dass nicht nur quantitative Analysen durchgeführt wurden, sondern auch dem Anwender z.T. raumzeitliche bzw. thematische Filterungen sowie frei wählbare Paramater zur Verfügung stehen. Ferner schätzte ein Experte GIS als Bereicherung für Vereine ein und war zugleich überrascht über den hohen Detailgrad der entwickelten Anwendungen. Des Weiteren werden abgesehen vom Bereich der Spielanalyse, ebenso Einsatzmöglichkeiten in den Fitness- und Scouting-Abteilungen gesehen.

- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten

Enge Kooperationen zwischen beiden Akteursgruppen wurden ausnahmslos von allen teilnehmenden Experten befürwortet. Dabei geht es vor allem darum, relevante, aussagekräftige und maßgeschneiderte Anwendungen zu entwickeln. Hierzu sind die Umsetzung einer

simpel zu bedienenden Schnittstelle sowie die Beachtung spezieller Anforderungen der Benutzer, zwingend. Gleichzeitig ist die sinnvolle Auswertung der zur Verfügung stehenden Daten sicherzustellen. Die Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis bzw. die Kombination zweier Expertisen wird auch in Hinsicht der Weiterentwicklung der Spieleanalysten als unvermeidlich angesehen. Des Weiteren erfordern gezielte Maßnahmen zunächst die Überprüfung der Zweckmäßigkeit der einzelnen Tools.

- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

GIS wurde ohne Ausnahme als Ergänzungsmethode mit den Prädikaten *sehr gut*, *sinnvoll*, *probat* und *nützlich* beschrieben. Im Rahmen einer methodisch breit gefächerten Spielanalyse ist die Schaffung einer Schnittstelle zur Videoanalyse unumgänglich, da eine vollständige Loslösung davon unmöglich ist. Dies liegt zum einen daran, dass Auswertungen von Videos nicht ausreichend sind sowie zum anderen GIS zur Überprüfung subjektiver Eindrücke und zum Untermauern der Videoanalyse eingesetzt werden können. Des Weiteren bietet GIS eine technologische Alternative, mit der nicht nur spieler- und mannschaftsbezogene Profile erstellt, sondern auch die räumliche Komponente des Spiels abdeckt wird. Dadurch wird eine neue Sichtweise auf das Spiel geboten. Gleichzeitig ist für ein besseres Verständnis des Spielgeschehens eine Fusion verschiedener Analyseaspekte notwendig. Ferner weisen GIS Vorteile bei der graphischen Aufbereitung und Präsentation der Analyseergebnisse auf. Gemäß eines Experten könnte GIS sogar eine Schlüsselrolle einnehmen, da die Möglichkeit zur Vorklassifikation und Analyse relevanter Spielabläufen besteht. In diesem Sinne ergänzen GIS-gestützte Ansätze und Videoanalysen einander.

12.3 Fazit in Bezug auf die vierte Forschungsfrage

Die abschließende Evaluation der durchgeführten GIS-gestützten Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse (siehe Kapitel 9 u. 10) lieferte wertvolle Erkenntnisse über die Funktionalität der entwickelten Analysetools. Neben einer Bewertung der Tools konnten außerdem nützliche Verbesserungsvorschläge eingeholt werden. Einen Überblick dazu bieten die Ausführungen in Abschnitt 12.2.2. Details sind hingegen in Anhang VII nachzuschlagen.

Während die in Kapitel 7 beschriebene Expertenbefragung zur Orientierung im fachunvertrautem Anwendungsbereich der Sportspielanalyse diente und dabei einseitig Informationen übermittelt wurden, kann die zweite Befragungsrunde bereits als wechselseitiger, interdisziplinärer Austausch gewertet werden. Die bisher geführte Kommunikation zwischen GIS-Spezialisten und Spieleanalysten befindet sich jedoch weiterhin in einer ersten Annäherungsphase, bildet jedoch zugleich den Grundstein für weitere Zusammenarbeit. Dass dies nicht nur aus der Sicht der Kartographie und Geoinformation gewünscht ist, zeigt die Einschätzung der konsultierten Experten über die Zweckmäßigkeit GIS-gestützter Anwendungen im Bereich der Spielanalyse. Tab. 19 bietet dazu einen zusammenfassenden Überblick über die qualitative Einstufung der einzelnen Bewertungskategorien (vgl. Abb. 145).

Tool	Kategorie	Kategorisierte Rückmeldung der Experten							
		E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08
Analyse Passes	I								
	I.III								
Analyse Shots	I								
	I.III								
Analyse Running Performance	I								
	I.III								
Analyse Passing Networks	I								
	I.III								
Analyse Ball Possession	I								
	I.III								
Analyse Ball Contacts	I								
	I.III								
Analyse Spheres of Action	I								
	I.III								
Analyse Compactness	I								
	I.III								
Analyse Centroids	I								
	I.III								
Dynamic Zoning	I								
	I.III								
Analyse Offensive Qualities	I								
	I.III								
Analyse Tactical Behaviour	I								
	I.III								
Analyse Scoring Attempts	I								
	I.III								
Toolübergreifend	II								
	III								

positiv neutral negativ

Tab. 19: Qualitative Bewertung der in Abb. 145 aufgelisteten Kategorien

Bezogen auf die einzelnen Analysetools ist zu beachten, dass divergente Bewertungen nicht auf eine inhomogene Expertengruppe schließen lassen, sondern vielmehr Ausdruck jener Tatsache ist, dass es *die* Spielanalyse eigentlich nicht gibt (siehe Abschnitt 3.7). Obwohl unterschiedliche Herangehensweisen existieren, ist das Ergebnis überwiegend von übereinstimmenden Rückmeldungen gekennzeichnet. Sofern an dieser Stelle ein persönlicher Kommentar erlaubt ist, waren die Reaktionen der Experten z.T. überraschend. Bspw. wurden bestimmte Ansätze, denen eher eine untergeordnete Rolle zugeschrieben wurde, äußerst positiv angenommen. Hierbei handelt es sich vor allem um jene Tools, deren methodische Grundlagen vergleichsweise simpel sind. Diese Fehleinschätzung verdeutlicht die Notwendigkeit einer engeren Kooperation zwischen GIS-Spezialisten und Spieleanalysten. Der Austausch zwischen beiden Gruppen ist zwingend zur Gewährleistung zielgerichteter Forschung und Weiterentwicklungen.

Im Allgemeinen wird GIS als sinnvolle Ergänzung innerhalb einer zwar methodisch breit gefächerten, jedoch von der Videoauswertung dominierten Spielanalyse, angesehen. Die Reaktionen der Experten zeigen, dass den Tools mehrheitlich interessante Ansätze zugrunde liegen, die es wert sind weiter verfolgt zu werden. In diesem Sinne ist es notwendig,

die eingeholten Verbesserungsvorschläge einzuarbeiten und fortlaufend dazu Rückmeldungen der Experten einzuholen. Einigen Tools wurde bereits Zweckmäßigkeit bescheinigt, dennoch sind auch hier methodisch-inhaltliche Adaptionen zu befürworten. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass der zukünftige Einsatz und Erfolg von GIS im Wesentlichen von zwei Faktoren abhängen wird. Zum einen spielt die Benutzerschnittstelle eine entscheidende Rolle, die idealerweise alle entwickelten Tools umfasst und intuitiv zu bedienen ist. Zum anderen ist eine direkte Verknüpfung zur Videoanalyse herzustellen. Da Videos mit so genannten *Time Tags* versehen sind, die im Grunde den Zeitstempeln der Tracking- und Event-Daten entsprechen, ist die Möglichkeit dazu gegeben. Angesichts dieser Herausforderungen kann die Zukunft von GIS im Rahmen der Spielanalyse positiv bewertet werden.

13 Conclusio

Das letzte Kapitel der vorliegenden Doktorarbeit beinhaltet eingangs eine prägnante Zusammenfassung der erzielten Forschungsergebnisse und der daraus gewonnenen Erkenntnisse. Details dazu sind in den angegebenen Kapiteln und Abschnitten nachzulesen. Darauf aufbauend wird in Abschnitt 13.2 die zentrale Forschungsfrage beantwortet. Außerdem werden persönliche Empfehlungen über notwendige Maßnahmen zur Weiterentwicklung GIS-gestützter Methoden der Spielanalyse gegeben. Die Conclusio endet schließlich mit einer Diskussion über offene Forschungsfelder, die im Kontext der Forschungsarbeit nicht aufgegriffen wurden, nicht vollständig behandelt werden konnten oder die sich erst im Zuge der bisherigen Forschungstätigkeit eröffneten.

13.1 Zusammenfassung der Ergebnisse und Erkenntnisse auf Basis der Beantwortung der vier Forschungsfragen

Im Zuge der ersten Expertenbefragung gewährten die teilnehmenden Spieleanalysten Einblicke in ihre alltägliche Arbeit (siehe Kapitel 7). Dadurch konnte ein facettenreiches Bild der nicht standardisierten mannschaftsinternen Spielanalyse gezeichnet werden. Während der Faktor Zeit für die Experten marginal ist, ist es positiv hervorzuheben, dass der räumlichen Komponente ausnahmslos eine elementare Bedeutung beigemessen wird. Allerdings sind die geschilderten Analyseprozesse u.a. mangels Kenntnisse über adäquate raumbezogene Auswerteverfahren von einem hohen Maß an Subjektivität gekennzeichnet. Die von H.-C. KIM et al. ([KIM-11]) beschriebene Ignoranz gegenüber Raum und Zeit kann zumindest für die praktische Durchführung der Spielanalyse bestätigt werden. Trotz der weiten Verbreitung fußballspezifischer Geodaten (siehe Kapitel 6) werden bspw. Spielfeldzonierungen sowie räumliche Gewichtungen und Klassifizierungen von Parametern vorrangig auf Basis subjektiver Wahrnehmungen während der Videoanalyse vorgenommen. Diese als unzulänglich zu bezeichnende Arbeitsweise beruht gleichfalls auf einer tiefgreifenden Skepsis gegenüber der Genauigkeit, Reliabilität und Validität von Tracking- und Event-Daten, die von externen Datenanbietern bereitgestellt werden.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurden die Daten von *ProzoneSports* nicht nur für die konzipierten GIS-gestützten Analysen herangezogen, sondern auch eingehend charakterisiert. Dabei wurden u.a. die Studien von V. DI SALVO et al. ([DISa-06], [DISd-09]), P. O'DONOGHUE u. G. ROBINSON ([ODO-09]) und P. BRADLEY et al. ([BRAc-07]) aufgegriffen, wonach die Daten von *ProzoneSports* gleichermaßen ausreichend genau und verlässlich für wissenschaftliche Anwendungen sowie für die Trainings- und Analysearbeit sind (siehe Abschnitt 6.3.1 u. 6.3.2). Allerdings zu bedenken, dass auf Basis dieser Ausführungen Pauschalaussagen über fußballspezifische Geodaten im Allgemeinen nicht zulässig sind. Zumindest wird dadurch die Praktikabilität der Daten von *ProzoneSports* bestätigt.

Das nachvollziehbare Misstrauen gegenüber den von externen Anbietern zur Verfügung gestellten Daten rührt auch daher, dass Genauigkeitsangaben bezweifelt und parametrische Zusammensetzungen bestimmter Maßzahlen oftmals unbekannt sind. Folglich werden quantitative und qualitative Daten allenfalls ergänzend zur vorherrschenden Videoanalyse verwendet. Allerdings ist es empfehlenswert auch unabhängige wissenschaftliche Arbeiten als zusätzliche Informationsquelle über die Eigenschaften der Daten heranzuziehen. Zu beachten ist, dass es den *korrekten* oder *ultimativen* Analyseansatz nicht gibt. Daher sind unterschiedliche Aspekte und Methoden sinnvoll miteinander zu kombinieren, um in der Gesamtheit ein vollständigeres Bild des Spielverlaufs zeichnen zu können. Das Maß an Subjektivität gängiger Praktiken der Spielanalyse führt aus Sicht des Forschungsvorhabens zur Notwendigkeit, raumzeitbezogene Auswerteverfahren in bestehende Prozesse zu implementieren. Dahingehend galt es im weiteren Verlauf dieser Arbeit herauszufinden, inwiefern GIS-gestützte Analyseansätze dazu geeignet sind, die Ergebnisse der Spielanalyse zu objektivieren und deren Aussagekraft zu steigern.

Es konnte nachgewiesen werden, dass fußballspezifische Geodaten, nicht nur von *ProzoneSports*, sondern auch von *Opta Sports* und von *Impire* bzw. der *Deltatre A*G GIS-gerecht aufbereitet werden können (siehe Abschnitt 6.2). Im Falle der primär genutzten Datenbasis von *ProzoneSports* wurde dies mit der Entwicklung des auf *Python* basierenden *ArcGIS Custom Tools Match Data Preparation* realisiert (siehe Abschnitt 6.5). Die als *xml-Files* bereitgestellten originären Tracking- und Event-Daten werden dabei als FC in eine entworfene GDB-Struktur integriert. Optional dazu können unter Einsatz der in Kapitel 8 beschriebenen und im Rahmen dieser Forschungsarbeit ebenfalls entwickelten *ArcGIS Custom Tools*, zusätzliche Informationen extrahiert oder durch attributive Verknüpfungen der Daten generiert werden.

Gemäß des inhaltlich-methodischen Aufbaus der vorliegenden Dissertation (siehe Abschnitt 2.3 u. Abb. 3) wurde nach geeigneten GIS-basierte Analysemethoden gesucht, mit denen auf Einzelspielerebene ausgewählte Maßzahlen objektiviert sowie kollektive raumzeitliche Phänomene untersucht werden können (siehe Kapitel 9 bzw. 10). Hierzu wurde gleichermaßen eine Reihe von *Custom Tools* für *ArcGIS* basierend auf *Python* entwickelt. Diese Tools sind Zeugnisse dafür, dass Fußballspiele unter Einsatz von GIS nach raumzeitlichen Gesichtspunkten analysiert werden können.

Auf Einzelspielerebene wurden drei Tools geschaffen, die durch Relativierung zur Objektivierung ausgewählter Parameter beitragen. Bezogen auf das Passspiel wurde auf Basis einer räumlichen Auswertung des raumzeitlichen Gefüges das Passrisiko quantifiziert. In Kombination mit der Passquote ergibt sich daraus die Passqualität (siehe Abschnitt 9.3). Hinsichtlich der Schussquote wurde die theoretische Wahrscheinlichkeit von einem Punkt aus das Tor zu treffen, der reellen Erfolgsaussicht dieser Position gegenübergestellt. Dabei wurde pro Torversuch die Schussposition relativ zum Tor analysiert sowie das Schussrisiko

in Abhängigkeit des raumzeitlichen Gefüges ermittelt (siehe Abschnitt 9.4). Aufgrund fehlender Angaben über taktische Vorgaben des Trainers war eine analytische Auswertung individueller Laufleistungen nicht möglich. Stattdessen wurde eine umfangreiche deskriptive Untersuchung der Trajektorien, im Zuge derer nicht nur Differenzierungen nach raumzeitlichen Aspekten vorgenommen, sondern auch insgesamt 86 Attribute zur Charakterisierung der Laufwege erhoben wurden (siehe Abschnitt 9.5).

Betreffend der Mannschaftsanalyse wurden zehn Tools, inkl. zwei Erweiterungen ausgearbeitet. Damit können wechselseitige Beziehungen zwischen Spielern, Aspekte der Raumverteilung und –nutzung sowie des Spielstils untersucht werden. Bspw. wurde in Anlehnung an Passnetzwerke, ein mannschaftsinternes Interaktionsnetzwerk entworfen, womit u.a. Schlüsselspieler anhand eines Zentralitätswertes sowie dominante Spielachsen ermittelt werden können (siehe Abschnitt 10.2.2).

Ferner wurden Ballbesitzverhältnisse sowohl durch Informationsextraktion aus der Trajektorie des Balls, als auch auf Basis der Häufigkeit und räumlichen Verteilung von Ballkontakten, charakterisiert (siehe Abschnitt 10.3.1). Da der Zusammenhang zwischen Raumverteilung und Aktionsräumen offenkundig ist wurden dahingehend mit Hilfe von Standardabweichungsellipsen entsprechende Abgrenzungen auf Spieler-, Gruppen- und Mannschaftsebene durchgeführt (siehe Abschnitt 10.3.2). Die räumliche Kompaktheit wurde hingegen mittels Standardentfernung quantifiziert und mit konvexen Hüllen um die Feldspieler dargestellt (siehe Abschnitt 10.3.3). Des Weiteren wurde für bestimmte Zeitspannen der räumliche Median zur Ableitung von Spielerzentroiden herangezogen. Differenziert nach Ballbesitzverhältnissen können damit Unterschiede im Offensiv- und Defensivverhalten aufgezeigt werden (siehe Abschnitt 10.3.4). Darüber hinaus wurde in Abschnitt 10.3.5 eine vertikal dreiteilige, dynamische Spielfeldzonierung anhand gemittelter Spielerpositionen entworfen. Hierzu ist davon auszugehen, dass Alternativen zu statischen Spielfeldzonen neue Analysemöglichkeiten eröffnen.

Exemplarisch dazu wurde basierend auf diesem Konzept die durchschnittliche Höhe der nominellen Verteidiger zur Quantifizierung der offensiven Ausrichtung der Mannschaften verwendet (siehe Abschnitt 10.4.1). Außerdem wurde aufbauend auf dem Prinzip der Spielerzentroiden mit Hilfe einer minimalen Begrenzungsgeometrie in Form eines Rechtecks ein *Taktikraster* konzipiert. Die darin eingeschlossenen Zentroide werden mit Verhaltensschablonen abgeglichen, woraus Aussagen über das gruppentaktische räumliche Verhalten abgeleitet werden (siehe Abschnitt 10.4.2). Abschließend wurde die Genese von Angriffsszenen von der Balleroberung bis zum Torabschluss anhand unterschiedlicher Parameter untersucht. Damit kann eine Klassifizierung der Angriffe vorgenommen bzw. Aussagen über die Spielweise eines Teams getroffen werden (siehe Abschnitt 10.4.3).

Da herkömmliche Analysewerkzeuge anwendungsspezifische Fragestellungen nicht beantworten können, war die Entwicklung maßgeschneiderter *Custom Tools* erforderlich.

Diese setzen sich u.a. aus *ArcGIS System Tools* zusammen, führen jedoch auch unabhängig davon Operationen durch. Es handelt sich somit nicht um eine bloße Aneinanderreihung bereits existierender Werkzeuge. Ein kollektives Bedürfnis der Experten war es außerdem, hinsichtlich der Tools eigenständig Konfigurationen vornehmen zu können. Diesem Anliegen wurde durch die Implementierung von frei wählbaren Schwellenwerten, Gewichtungen, etc. über die TDB nachgekommen. Ungeachtet dessen, sind alle im Rahmen dieser Forschungsarbeit entworfenen Tools Prototypen. Adaptionen technischer und inhaltlicher Natur sind daher in Abhängigkeit der Expertenmeinungen abzuwägen und bei Bedarf umzusetzen. Übrige Anmerkungen über alternative Implementierungs- und dynamischen Präsentationsformen können in Kapitel 11 nachgelesen werden.

Eine Übersicht über alle entwickelten Tools bietet Abb. 146. Die Tools zur Datenaufbereitung und –analyse sind in einer *ArcToolbox* mit der Bezeichnung *Football Game Analysis* zusammengefasst. Bei Weitergabe des *script packages* in Form eines *ZIP-* oder *gpk-Files* ist die *ArcToolbox* hinzuzufügen. In Anlehnung an Abb. 2, wo eine Toolbox sinnbildlich als zentrales Bindeglied zwischen fußballspezifischen Geodaten und GIS-Technologie dargestellt ist, schließt sich mit Abb. 146 der symbolhafte Kreis dieser Doktorarbeit.

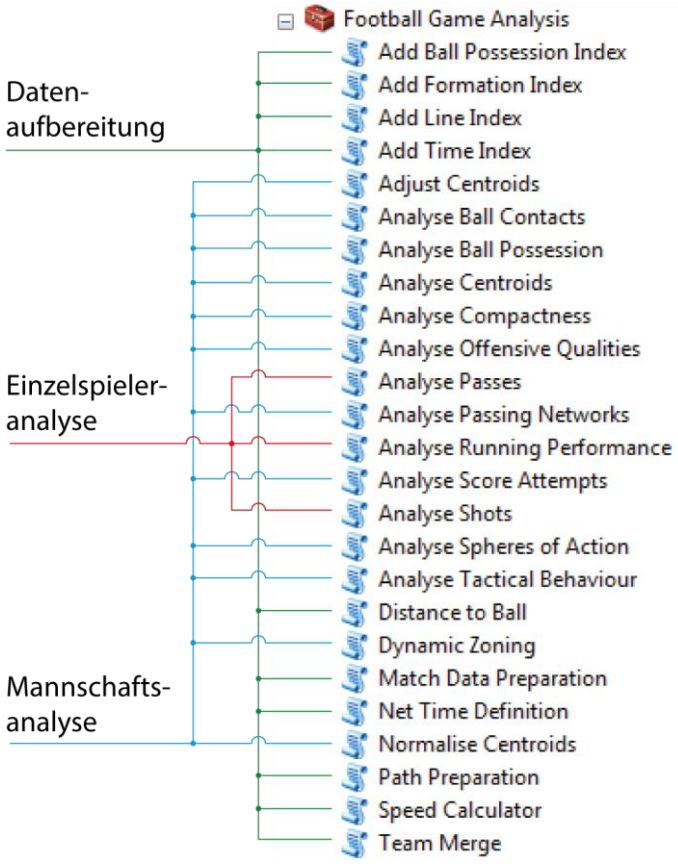


Abb. 146: Inhalt der entwickelten ArcToolbox Football Game Analysis

Die Ausführungen in Kapitel 9 und 10 verdeutlichen die Notwendigkeit des Aufbaus von Kooperationen und Netzwerken zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten. Zwar wurden im Zuge der ersten Befragungsrunde wertvolle Informationen und Empfehlungen eingeholt, dennoch wäre ein begleitender Austausch bei der Konzeption der Tools hilfreich

gewesen. In diesem Sinne sind multidisziplinäre Ansätze entschieden abzulehnen und die vorliegende Dissertation als Grundlage für zukünftige interdisziplinäre Zusammenarbeit anzusehen.

In Hinblick auf die zentrale Forschungsfrage sowie mangels persönlicher Expertise, war eine Evaluation der entwickelten Analysetools durch Spieleanalysten notwendig (siehe Kapitel 12). Dabei wurde primär das Ziel verfolgt, die Funktionalität der Tools sowie deren Zweckmäßigkeit zu bewerten. Anders als die erste Befragungsrunde, kann die zweite als erster wechselseitig, interdisziplinärer Austausch zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten angesehen werden. Dabei konnten zahlreiche toolspezifische Verbesserungsvorschläge eingeholt werden, die in Folgestudien oder Adaptionen zu berücksichtigen sind. Während in Bezug auf einzelne Tools Meinungsverschiedenheiten zu Tage traten, waren hingegen die toolübergreifenden Reaktionen ausnahmslos positiv (siehe Abschnitt 12.2.2 u. Anhang VI). So wurde die allgemeine Zweckmäßigkeit sowie der Nutzen GIS-gestützter Methoden im Bereich der Spielanalyse von allen teilnehmenden Experten bestätigt. Dessen ungeachtet sind sämtliche Tools einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Die Befragten sahen in GIS vor allem eine sinnvolle Ergänzung zur dominierenden Videoanalyse. In diesem Sinne sind nicht nur Kooperationen, sondern auch Weiterentwicklungen der Ansätze sowie die Implementierung der Tools in bestehende Strukturen zu befürworten.

13.2 Stellungnahme zur zentralen Forschungsfrage und abschließende Empfehlungen

Bezugnehmend auf die Ausführungen in den Abschnitten 7.4, 9.6, 10.5 sowie 12.3, deren Inhalte im letzten Abschnitt prägnant zusammengefasst wurden, kann folgende Schlussfolgerung hinsichtlich der zentralen Forschungsfrage (siehe Abschnitt 2.3) getroffen werden: Die Zweckmäßigkeit von GIS im Umfeld der mannschaftsinternen Spielanalyse ist gegeben. Vorteile werden von professionellen Spieleanalysten vor allem in der Möglichkeit zur adäquaten Analyse und Visualisierung raumzeitlicher Daten des Spielgeschehens gesehen. In Anbetracht der entwickelten Tools wurden von den Experten die Möglichkeiten zur freien Konfiguration sowie zur interaktiven Informationsauslese positiv hervorgehoben. Des Weiteren kam die Untersuchung zum Ergebnis, dass GIS zur Evaluierung subjektiver Eindrücke bei der Auswertung von Videoaufzeichnungen sowie zur Detektion von Anomalien und Mustern herangezogen werden kann.

Es ist ausdrücklich festzuhalten, dass GIS-gestützte Methoden nicht vollständig von der Videoanalyse losgelöst werden können. Da beiden Ansätzen Grenzen gesetzt sind, sind diese zu kombinieren, um deren Unzulänglichkeiten auszugleichen. Dadurch würde nicht nur ein konkreter Mehrwert entstehen, sondern auch eine detailliertere Beobachtung des Spielgeschehens möglich sein. Es ist davon auszugehen, dass dadurch langfristig ein besseres bzw. umfassenderes Spielverständnis entwickelt werden kann.

Der Einsatz von GIS im Rahmen einer methodisch breit gefächert konzipierten Spielanalyse ist anhand der gewonnenen Erkenntnisse im Wesentlichen davon abhängig, inwieweit die GIS-gestützte Datenanalyse und die Videoauswertung gekoppelt werden können. Da inhaltlich kompatible *Time Tags* auf der einen und *Time Stamps* auf der anderen Seite erfasst werden, liegt die Herausforderung nicht in der attributiven Verknüpfung der beiden Datenquellen, sondern in der technischen Umsetzung einer geeigneten graphischen Nutzeroberfläche. Diese ist für die Akzeptanz der Spieleanalysten gegenüber neuen Tools essenziell. Die Miteinbeziehung der Endbenutzer während der Entwurfsphase ist hierbei unumgänglich.

Konkret bezogen auf die konzipierten Analysetools müssen die Empfehlungen der befragten Spieleanalysten berücksichtigt und eingearbeitet werden. Zur Gewährleistung zielgerichteter Entwicklungen sind begleitend dazu fortlaufend Rückmeldungen von den Experten einzuholen. Ferner sind die Ergebnisse der Tools zu validieren. Dies verlangt die Analyse nichtanonymisierter Datensätze mehrerer Spiele, vorzugsweise einer Mannschaft über den Zeitraum von mindestens einer Saison. Gleichzeitig sind die Ergebnisse mit den Videoaufzeichnungen der Spiele abzugleichen. Sind Validität und Reliabilität gesichert, gilt es gemäß den Vorstellungen der Spieleanalysten, Prozeduren zur automatischen Detektion von Anomalien und Mustern zu entwickeln.

Die Abhandlungen der Kapitel 9 u. 10 belegen die Eignung von *ArcGIS* im Bereich der Spielanalyse. Allerdings ist zu bedenken, dass es sich dabei um eine proprietäre Software handelt und daher Lizenzkosten anfallen. Nicht nur um finanzschwächeren Vereinen entgegenzukommen ist es empfehlenswert, alternative Anwendungen auf Basis freier Softwareprodukte zu konzipieren. In diesem Kontext wird *QGIS* eine Schlüsselrolle zugeschrieben, aufgrund der weiten Verbreitung und großen Gemeinschaft dieser Software, die zur Weiterentwicklung der Funktionalität beiträgt und entsprechende Handbücher veröffentlicht. Zudem ist analog zu *ArcGIS*, eine direkte Schnittstelle zu *Python* in Form eines Plugins vorhanden. Des Weiteren erfüllt *QGIS* alle funktionalen Anforderungen der im Umfeld dieser Forschungsarbeit entwickelten Datenaufbereitungs- und Analysetools.

Die größte Bedeutung im Kontext zukünftiger Maßnahmen zur Weiterentwicklung und –verbreitung GIS-gestützter Methoden der Spielanalyse wird im wechselseitigen, interdisziplinären Austausch gesehen. Dabei sollten idealerweise sowohl Spieleanalysten und GIS-Spezialisten teilnehmen, als auch Sportwissenschaftler und all jene, die sich abseits der Geoinformatik mit raumbezogenen Spielanalysen auseinandersetzen. Diesbezüglich ist anzunehmen, dass Synergien unterschiedlicher Perspektiven und Expertisen zusätzliche Erkenntnisse über das Spielgeschehen liefern.

Darüber hinaus ist auch innerhalb unserer Fachdisziplin aktiv Werbung zu betreiben. Dabei geht es primär nicht darum, Fußball im Speziellen in den Fokus raumzeitlicher Anwendungen zu rücken, sondern vielmehr den sportlichen Wettkampf im Allgemeinen. Es

ist davon auszugehen, dass gesammelte Erfahrungen und Erkenntnisse in allen Bereichen der Sportspielanalyse verwertbar sind und u.U. durch entsprechende Adaptionen Prozeduren auf andere Sportarten übertragen werden können. In diesem Sinne ist es wünschenswert, die wissenschaftliche Auseinandersetzung in diesem noch weitgehend unbeachteten Forschungsbereich weiterzuführen und zu forcieren.

13.3 Offene Forschungsfelder

Die im Rahmen dieser Forschungsarbeit propagierte *GIS-gestützte Spielanalyse* ist weit davon entfernt, als Sammlung elaborierter Methoden der mannschaftsinternen Spielanalyse zu gelten. Konträr manch anderer Sportart fanden raumzeitbezogene Analysen im Fußball erst spät Einzug in gängige Praktiken der Spielanalyse. Während im englischen Sprachraum vergleichsweise früh neben der traditionellen Videoanalyse, Tracking- und Event-Daten ausgewertet wurden (vgl. [URL-82]), kann selbst heute im deutschsprachigen Raum und darüber hinaus von einer Durchdringung derartiger Analysen nicht die Rede sein (siehe Abschnitt 7.2.2 u. Anhang II). In diesem Zusammenhang sind GIS als Technologie zu verstehen, mit denen raumzeitliche Analyseansätze im Umfeld der Spielanalyse sowohl inhaltlicher, als auch technischer Natur forciert werden können.

Die vorliegende Doktorarbeit beschränkt sich zwar gemäß ihres inhaltich-methodischen Aufbaus (siehe Abschnitt 2.3) auf bestimmte Anwendungsbereiche der Spielanalyse, grenzt diese jedoch aufgrund deren thematischen Vielfältigkeit vage ab. Allerdings kam es diesbezüglich in den Kapiteln 9 und 10 zu einer Konkretisierung. Offene Forschungsfelder liegen indes nicht nur außerhalb dieser Bereiche vor, sondern auch innerhalb. Dahingehend stellt sich bei allen Tools die grundlegende Frage: *Sind womöglich alternative GIS-basierte Methoden besser geeignet?* [Anm.: Je nach Anwendungsgebiet ist eine Präzisierung der Fragestellung vorzunehmen.] Darauf aufbauend ist zu klären: *Mit welchen Methoden kann die Funktionalität der Tools erweitert werden?* Thematische Anhaltspunkte hierzu bieten u.a. die Erkenntnisse der zweiten Befragungsrunde (siehe Abschnitt 12.2.2 u. Anhang VI). In Abhängigkeit der jeweiligen Problemstellung stellt sich außerdem unter kartographischen Gesichtspunkten die essenzielle Frage: *Welche Darstellungsformen und Visualisierungstechniken eignen sich unter Berücksichtigung kartographischer Richtlinien zur Präsentation der Ergebnisse GIS-gestützter Spielanalysen?* Da stellenweise die Aufbereitung der Analyseergebnisse als 2D-Animationen von den Experten als wünschenswert bezeichnet wurde, gilt es in diesem Sinne zukünftig Forschungen über deren Potenziale und Einsatzmöglichkeiten zu intensivieren.

Abgesehen davon sind in Anbetracht der Expertenrückmeldungen weitere Forschungen in drei konkreten Fällen erforderlich. Bezogen auf die individuelle Laufleistung folgende Frage zu beantworten: *Können mit Hilfe GIS-gestützter Methoden anhand bekannter taktischer Angaben Laufwege hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit evaluiert werden?*

Zudem drängt sich aufgrund der verhaltenen Reaktionen der Experten in Bezug auf das *Analyse Spheres of Action* Tool die Frage auf: *Können individuelle, gruppentaktische sowie mannschaftsbezogene Aktionsräume angemessen unter Einsatz GIS-gestützter Methoden charakterisiert und ausgewertet werden?* Ferner ist der Entwurf dynamischer Zonierungen weiterzuführen. Hierzu ist vorrangig herauszufinden: *Welche Kriterien sind zur Abgrenzung vertikaler und horizontaler dynamischer Zonen geeignet?* Darauf aufbauend ist zu klären: *Wie ist die Zweckmäßigkeit der Morphologie der Zonen zu bewerten?* Beide Fragen sind jeweils im Kontext des Verwendungszwecks zu beantworten.

Darüber hinaus sind die Entwicklungen in den Bereichen der Datenerfassung und GIS intensiv zu beobachten. Dies ist notwendig, um etwaige Alternativen abzuwägen oder innovative Ansätze zu konzipieren. Bspw. erfasst die *Deltatre AG* bereits, anders als aktuell *ProzoneSports,* dreidimensionale Koordinaten des Balls. U.U. könnten in diesem Zusammenhang 3D/4D-GIS-Analysen neue Forschungsfelder eröffnen. Sofern an dieser Stelle ein Gedankenspiel erlaubt ist, könnte z.B. in Zukunft eine zusätzliche attributive Verknüpfung mit spielerbezogenen physischen Daten vorgenommen werden. Unter Berücksichtigung der Körpergrößen könnten bspw. Standardsituationen wie Freistöße und Eckebälle dreidimensional ausgewertet werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass trotz des Umfangs dieser Doktorarbeit, lediglich ein Bruchteil des potenziellen Anwendungsspektrums *GIS-gestützter Spielanalysen* behandelt werden konnte. Mit dem erbrachten Nachweis der Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der mannschaftsinternen Spielanalyse, konnte eines der ersten Kapitel dieses Forschungsbereiches abgeschlossen werden. Zugleich wurden Weitere aufgeschlagen, die es zu füllen gilt.

Quellen-und Literaturverzeichnis

Verwendete Literatur:

[AKI-12] AKIYAMA H. u. S. ARAMAKI, T. NAKASHIMA, 2012: *Team Formation Estimation using Cluster Analysis and Triangulation Model*. In: Proceedings of 2012 Joint 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 13th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS), November 20-24, 2012, Kobe, Japan, S. 956-959

[ALA-12] ALAM F. u. H. CHOWDHURY, M. STEMMER, Z. WANG, J. YANG, 2012: *Effects of surface structure on soccer ball aerodynamics*. In: Procedia Engineering, 2012, 34, S. 146-151

[ALL-14] ALLEN D. W., 2014: *GIS Tutorial for Python Scripting*. Esri Press, Redlands

[ARM-09] ARMATAS V. u. A. VIANNAKOS, G. ZAGGELIDIS, S. PAPADOPOULOU, N. FRAGKOS, 2009: *Goal Scoring Patterns in Greek Top Leveled Soccer Matches*. In: Journal of Physical Education and Sport, 2009, 23(2), S. 1-5

[ARN-97] ARNBERGER E., 1997: *Thematische Kartographie*. 4. Aufl., Westermann, Braunschweig

[BAL-03] BALE J., 2003: *Sports Geography*. 2. Aufl., Routledge, London

[BARa-00] BARTELME N., 2000: *Geoinformatik. Modelle • Strukturen • Funktionen*, 3. Aufl., Springer, Berlin u.a.

[BARb-12] BARTLETT R. u. C. BUTTON, M. ROBINS, A. DUTT-MAZUMDER, G. KENNEDY, 2012: *Analysing Team Coordination Patterns from Player Movement Trajectories in Soccer - Methodological Considerations*. In: International Journal of Performance Analysis in Sport, 2012, 12, S. 398-424

[BARc-06] BAR-ELI M. u. G. TENENBAUM, S. GEISTER, 2006: *Consequences of players' dismissal in professional soccer*: A crisis-related analysis of group-size effects. In: Journal of Sports Sciences, 2006, 24(10), S. 1083-1097

[BEB-98] BEBIE T. u. H. BIERI, 1998: *SoccerMan – Reconstructing Soccer Games from Video Sequences*. In: Proceedings of 1998 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 98), October 7, 1998, Chicago, USA, S. 898-902

[BEE-05] BEETZ M. u. B. KIRCHLECHNER, M. LAMES, 2005: *Computerized Real-Time Analysis of Football Games*. In: Pervasive Computing, 2005, 4(3), S. 33-39

[BIAa-14a] BIALKOWKSI A. u. P. LUCEY, P. CARR, Y. YUE, S. SRIDHARAN u. I. MATTHEWS, 2014: *Identifying Team Style in Soccer using Formations from Spatiotemporal Tracking Data*. Workshop Paper, International Workshop on Spatial and Spatiotemporal Data Mining, December 13, 2014, Shenzhen, PR China, 6 S.

[BIAa-14b] BIALKOWKSI A. u. P. LUCEY, P. CARR, Y. YUE, S. SRIDHARAN u. I. MATTHEWS, 2014: *Large Scale Analysis of Soccer Matches using Spatiotemporal Tracking Data*. Conference Paper, International Conference on Data Mining (ICDM), December 14-17, 2014, Shenzhen, PR China, 6 S.

[BIAb-14] BIALKOWSKI A. u. P. LUCEY, P. CARR, Y. YUE, I. MATTHEWS, 2014: *"Win at Home and Draw Away": Automatic Formation Analysis Highlighting the Differences in Home and Away Team Behaviors*. Conference Paper, 8th MIT Sloan Sports Analytics Conference, February 28 – March 1, 2014, Boston, USA, 7 S.

[BIL-99] BILL R., 1999: *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*. Bd. 1: *Hardware, Software und Daten*. 4. Aufl., Wichmann, Karlsruhe

[BLE-07] BLECHART J. u. M. SIEKAŃSKA, 2007: *Temperament structure and ways of coping of stress among professional soccer and basketball players*. In: Biology of Sport, 2007, 24(2), S. 143-156

[BOG-14] BOGNER A. u. B. LITTIG, W. MENZ, 2014: *Interview mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung*. Aus der Reihe: BOHNSACK R. u. U. FLICK, C. LÜDERS, J. REICHERTZ (Hrsg.): *Qualitative Sozialforschung. Praktiken – Methodologien – Anwendungsfelder*. Springer, Wiesbaden

[BOT-95] BOTHE H.-F., 1995: *Fuzzy Logic: Einführung in Theorie und Anwendungen*. 2. Aufl., Springer, Berlin u.a.

[BRAa-13] BRADLEY P. S. u. T. D. NOAKES, 2013: *Match running performance fluctuations in elite soccer: Indicative of fatigue, pacing or situational influences?* In: Journal of Sports Science, 2013, 13(15), S. 1627-1638

[BRAb-14] BRADLEY P. S. u. A. DELLAL, M. MOHR, J. CASTELLANO, A. WILKIE, 2014: *Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League*. In: Human Movement Science, 2014, 33, S. 159-171

[BRAc-07] BRADLEY P. u. P. G. O'DONOGHUE, B. WOOSTER, P. TORDOFF, 2007: *The reliability of ProzoneSports MatchViewer: a video-based technical performance analysis system*. In: International Journal of Performance Analysis in Sport, 2007, 7(3), S. 117-129

[BRI-07] BRILLINGER D. R., 2007: *A Potential Function Approach to the Flow of Play in Soccer*. In: Journal of Quantitative Analysis in Sports, 2007, 3(1:3), Research paper online (letzter Zugriff: 26.08.2016): https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/jqas.2007.3.1/jqas.2007.3.1.1048/jqas.2007.3.1.1048.xml

[BRO-15] BROCHERIE F. u. O. GIRAD, A. FAROOQ, G. P. MILLET, 2015: *Influence of Weather, Rank, and Home Advantage on Football Outcomes in the Gulf Region*. In: Medicine & Science in Sports & Exercise, 2015, 47(2), S. 401-410

[BUR-09] BURAIMO B. u. D. FORREST, D. SIMMONS, 2009: *Insights for clubs from modelling match attendance in football*. In: Journal of the Operational Research Society, 2009, 60, S. 147-155

[CARa-05] CARMICHAL F. u. D. THOMAS, 2005: *Home-Field Effect and Team Performance: Evidence From English Premiership Football*. In: Journal of Sports Economics, 2005, 6, S. 264-281

[CARb-08] CARLING C. u. J. BLOOMFIELD, L. NELSON, T. REILLY, 2008: *The Role of Motion Analysis in Elite Soccer. Contemporary Performance Measurement Techniques and Work Rate Data*. In: International Journal of Sports Medicine, 2008, 38(10), S. 839-862

[CARc-10] CARLING C., 2010: *Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team*. In: Journal of Sports Sciences, 2010, 28(3), S. 319-326

[CARd-05] CARLING C. u. A. M. WILLIAMS, T. REILLY, 2005: *Handbook of Soccer Match Analysis. A Systematic Approach to Improving Performance*. Routledge, London – New York

[CAS-14] CASTELLANO J. u. D. ALVAREZ-PASTOR, P. S. BRADLEY, 2014: *Evaluation of Research Using Computerized Tracking Systems (Amisco® and Prozone®) to Analyse Physical Performance in Elite Soccer: A Systematic Review*. In: International Journal of Sports Medicine, 2014, 44(5), S. 701-712

[CAU-13] CAUSER J. u. A. P. MCROBERT, A. M. WILLIAMS, 2013: *The effect of stimulus intensity on respsonse time and accuracy in dynamic, temporally constrained environments*. In: Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2013, 23, S. 627-634

[CHE-12] CHENG D. u. Y. ZHANG, 2012: *GIS Based Large Game Crisis Management Researchs*. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control, December 8-10, 2012, Harbin, PR China, S. 976-980

[CHO-11] CHOI K. u. Y. SEO, 2011: *Automatic initialization for 3D soccer player tracking*. In: Pattern Recognition Letters, 2011, 32, S. 1274-1282

[CLA-13] CLAYTON R. B., 2013: *Profiling the Effectiveness of Attacking Play Leading to a Goal Attempt, in Men's Under 21 Elite Academy Level Soccer*. In: Journal of Loudghborough College Research, 2013, 1, S. 001-043

[COO-14] COOK C. u. L. CRUST, M. LITTLEWOOD, M. NESTI, J. ALLEN-COLLINSON, 2014: *'What it takes': perceptions of mental thoughness and its development in an English Premier League Soccer Academy*. In: Qualitative Research in Sport, Exercise and Health, 2014. 6(3), S. 329-347

[COT-13] COTTA C. u. A. M. MORA, J. J. Merelo, C. Merelo-Molina, 2013: *A Network Analysis of the 2010 FIFA World Cup Champion Team Play*. In: Journal of Systems Science and Complexity, 2013, 26, S. 21-42

[CZW-76] CZWALINA C., 1976: *Systematische Spielerbeobachtung in den Sportspielen. Zur Beobachtung sportspielspezifischer motorischer Qualifikationen in Basketball, Hallenhandball, Fußball, Volleyball sowie Tennis und Tischtennis*. = Schriftenreihe zur Praxis der Leibeserziehung und des Sports, Bd. 101. Hofmann, Schorndorf

[DAC-11] DA CUNHA ABREU P. M. H., 2011: *Artificial Intelligence Methodologies Applied to the Analysis and Optimization of Soccer Teams' Performance*. = Doktorarbeit an der Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[DAN-92] DANGERMOND J., 1992: *What is a Geographic Information System (GIS)?* In: JOHNSON A. I. u. C. B. PETTERSON, J. L. FULTON (Hrsg.), 1992: *Geographic Information Systems (GIS) and Mapping – Practices and Standards*, S. 11-16

[DAR-15] DARREN j. P. u. P. S. BRADLEY, G. P. NASSIS, 2015: *Factors Affecting Match Running Performance of Elite Soccer Players: Shedding Some Light on the Complexity*. In: International Journal of Sports Physiology and Performance, 2015, 10, S. 516-519

[DEBa-00a] DE BY R. A. (Hrsg.), 2000: *Principles of Geographic Information Systems. An introductory textbook*. The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation - Enschede

[DEBa-00b] DE BY R. A., 2000: *A gentle introduction to GIS*. In: DE BY R. A. (Hrsg.), 2000: *Principles of Geographic Information Systems. An introductory textbook*, S. 19-36

[DEC-14] DE CLERCQ D. u. G. DEBUYCK, J. GERLO, S. RAMBOUR, V. SEGERS, I. VAN CAEKENBERGHE, 2014: *Cutting Performance wearing different studded soccer shoes on dry and wet artificial turf*. In: Footwear Science, 2014, 6(2), S. 81-87

[DEMa-13] DEMAJ D., 2013: *Geovisualizing spatio-temporal patterns in tennis: An alternative approach to post-match analysis*. Conference Paper. 26th International Cartographic Conference, August 25-30, 2013, Dresden, Germany, S. 1-8

[DEMb-15] DEMŠAR U. u. K. BUCHIN, F. CAGNACCI, K. SAFI, B. SPECKMANN, N. VAN DE WEGHE, D. WEISKOPF, R. WEIBEL, 2015: *Analysis and visualisation of movement: an interdisciplinary review*. In: Movement ecology, 2015, 3(5), Research paper online (letzter Zugriff: 26.08.2016): https://movementecologyjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40462-015-0032-y

[DISa-06] DI SALVO V. u. A. COLLINS, B. MCNEILL, M. CARDINALE, 2006: *Validation of Prozone®: A new video-based performance analysis system*. In: International Journal of Performance Analysis in Sports, 2006, 6, S. 108-119

[DISb-07] DI SALVO V. u. R. BARON, H. TSCHAN, F. J. CALDERON MONTERO, N. BACHL, F. PIGOZZI, 2007: *Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer*. In: International Journal of Sports Medicine, 2007, 28, S. 222-227

[DISc-10] DI SALVO V. u. R. BARON, C. GONZÁLEZ-HARO, C. GORMASZ, F. PIGOZZI, N. BACHL, 2010: *Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches*. In: Journal of Sports Sciences, 2010, 28(14), S. 1489-1494

[DISd-09] DI SALVO V. u. W. GREGSON, G. ATKINSON, P. TORDOFF, D. DRUST, 2009: *Analysis of high intensity activity in Premier League soccer*. In: International Journal of Sports Medicine, 2009, 30(3), S. 205-212

[DOD-08] DODGE S. u. R. WEIBEL, A.-K. LAUTENSCHÜTZ, 2008: *Towards a taxonomy of movement patterns*. In: Information Visualization, 2008, 7, S. 240-252

[DORa-09] D'ORAZIO T. u. M. LEO, P. SPAGNOLO, M. NITTI, N. MOSCA, A. DISTANTE, 2009: *A visual system for real time detection of goal events during soccer matches*. In: Computer Vision and Image Understanding, 2009, 113, S. 622-632

[DORb-10] D'ORAZIO T. u. M. Leo, 2010: *A review of vision-based systems for soccer video analysis*. In: Pattern Recognition, 2010, 43, S. 2911-2926

[DUC-10] DUCH J. u. J. S. WAITZMAN, L. A. NUNES AMARAL, 2010: *Quantifying the Performance of Individual Players in a Team Activity*. In: PLoS ONE, 2010, 5(6), S. 1-7

[EDG-06] EDGECOMB S. J. u. K. I. NORTON, 2006: *Comparison of global positioning computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian Football*. In: Journal of Science and Medicine in Sport, 2006, 9, S. 25-32

[EKI-03] EKIN A. u. TEKALP A. M., R. MEHROTRA, 2003*: Automatic Soccer Video Analysis and Summarization*. In: IEEE Transactions on Image Processing, 2003, 12(7), S. 796-807

[FAL-11] FALLY C., 2011: *Validierung eines automatischen Positionserfassungssystem zur Spielanalyse im Fußball*. = Magisterarbeit zur Erlangung des akademischen Titels Magister der Naturwissenschaften an der Universität Wien

[FER-00] FERGER K. u. N. GISSEL, J. SCHWIER (Hrsg.), 2000: *Sportspiele erleben, vermitteln, trainieren. 2. Sportspiel-Symposium der dvs vom 4.-6.10.2000 in Gießen*. = Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Bd. 124. Czwalina. Hamburg

[FEU-13] FEUERHAKE U. u. M. SESTER, 2013: *Mining Group Movement Patterns*. In: Proceedings of the 21st ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, November 5-8 2013, Orlando, USA, S. 530-533

[FLI-07] FLICK U., 2007: *Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung*. Rowohlt – Reinbek bei Hamburg

[FRE-11] FRENCKEN W. u. K. LEMMINK, N. DELLEMAN, C. VISSCHER, 2011: *Oscillations of centroid position and surface area of soccer teams in small-sided games*. In: European Journal of Sport Science, 2011, 11:4, S. 215-223

[GAR-14] GARVICAN L. A. u. K. HAMMONG, M. C. VARLEY, C. J. GORE, F. BILLAUT, R. J. AUGHEY, 2014: *Lower Running Performance and Excerbated Fatigue in Soccer Played at 1600 m*. In: International Journal of Sports Physiology and Performance, 2014, 9, S. 397-404

[GAT-79] GATRELL A. u. P. GOULD, 1979: *A micro-geography of team games: graphical explorations of structural relations*. In: Area, 1979, 11(4), S. 275-278

[GLÄ-04] GLÄSER J. u. G. LAUDEL, 2004: *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierter Untersuchungen*. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden

[GOLa-12] GOLDSBERRY K., 2012: *CourtVision: New Visual and Spatial Analytics for the NBA*. Conference Paper. 6th MIT Sloan Analytics Conference, March 2-3, 2012, Boston, USA, 7 S.

[GOLb-13] GOLDSBERRY K. u. E. WEISS, 2013: *The Dwight Effect: A New Esemble of Interior Defense Analystics for the NBA*. Conference Paper. 7th MIT Sloan Analytics Conference March 1-2, 2013, Boston, USA, 11 S.

[GÓM-09] GÓMEZ M. u. J. ALVARO, M. BARRIOPEDRO, 2009: *Behaviour of finishing plays in female and male soccer*. Research paper online (letzter Zugriff: 15.11.2014): http://oa.upm.es/2971/3/INVE_MEM_2008_60733.pdf

[GÖP-87] GÖPFERT W., 1987: *Raumbezogene Informationssysteme. Datenerfassung – Verarbeitung – Integration – Ausgabe auf der Grundlage digitaler Bild- und Kartenverarbeitung*. Wichmann, Karlsruhe

[GRE-97] GREHAIGNE J.-F. u. D. BOUTHIER, B. DAVID, 1997: *Dynamic-system analysis of opponent relationships in collective actions in soccer*. In: Journal of Sports Sciences, 1997, 15, S. 137-149

[GUDa-12] GUDMUNDSSON J. u. T. WOLLE, 2010: *Football analysis using spatio-temporal tools*. In: Proceedings of the ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, November 6-9, 2012, Redondo Beach, USA, S. 566-569

[GUDb-12] GUDMUNDSSON J. u. P. LAUBE, T. WOLLE, 2012: *Computational Movement Analysis*. In: KRESSE W. u. D. M. DANKO (Hrsg.), 2012: *Springer Handbook of Geographic Information*, S. 725-741

[HAK-02] HAKE G. u. D. GRÜNREICH, L. MENG, 2002: *Kartographie. Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*. 8. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin – New York

[HÄG-70] HÄGERSTRAND T., 1970: *What about people in regional science?* In: Papers of the Regional Science Association, 1970, Bd. 24, S. 7-21

[HAN-01] HANSEN G. u. M. LAMES, 2001: *Die Qualitative Spielbeobachtung. Eine Beobachtungsvariante zur Trainings- und Wettkampfsteuerung im Spitzensport*. In: Leistungssport, 2001, 31(1), S. 63-69

[HAR-13] HARDER C. u. T. ORMSBY, T. BALSTRØM, 2013: *Understanding GIS. An ArcGIS® Project Workbook*. 2. Aufl., Esri Press, Redlands

[HEU-09] HEUER A. u. O. RUBNER, 2009: *Fittnes, chance, and mytchs: an objective view on soccer results*. In: The European Physical Journal, 2009, 67, S. 445-458

[HOH-94] HOHMANN A. u. G. ROMMEL, 1994: *Spielbeobachtung im Fußball*. In: Leistungssport, 1994, 24(6), S. 41-46

[HRU-08] HRUBY F. u. R. MIRANDA GUERRERO, 2008: *Kartographie im Spannungsfeld expliziter und impliziter Forschung*. In: Journal for Theoretical Cartography, 2008, 1, Research paper online (letzter Zugriff: 26.08.2016) http://meta-carto-semiotics.org/uploads/mcs_vol1_2008/mcs_2008_1_hruby_miranda.pdf

[HUGa-02] HUGHES M. u. R. M. BARTLETT, 2002: *The use of performance indicators in performance analysis*. In: Journal of Sports Sciences, 2002, 20, S. 739-754

[HUGb-97] HUGHES M. u. I. FRANKS, 1997: *Notational Analysis of Sport*. Taylor & Francis, London

[HUGb-05] HUGHES M. u. I. FRANKS, 2005: *Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer*. In: Journal of Sports Sciences, 2005, 23(5), S. 509-514

[HUGc-12] HUGHES M. u. T. CAUDRELIER, N. JAMES, A. REDWOOD-BROWN, I. DONNELLY, A. KIRKBRIDE, C. DUSCHENSE, 2012: *Moneyball and soccer – an analysis of the key performance indicators of elite male soccer players by position*. In: Journal of Human Sport & Exercise,2012, 7(2), S. 402-412

[HVA-15] HVATTUM L. M., 2015: *Playing on artificial turf may be an advantage for Norwegian soccer teams*. In: Journal of Quantitative Analysis in Sports, 2015, 11(3), S. 183-192

[IAI-15] IAIA F. M. u. M. FIORENZA, E. PERRI, G. ALBERTI, G. MILLET, J. BANGSBO, 2015: *The Effect of Two Speed Endurance Training Regimes on Performance of Soccer Players*. In: PLoS ONE, 2015, 10(9), 16. S.

[ITO-15] ITO R. u. N. YAMASHITA, E. SUZUKI, T. MATSUMOTO, 2015: *Rain influences the physiological and metabolic responses to exercise in hot conditions*. In: Journal of Sports Sciences, 2015, 33(9), S. 892-898

[JEN-14] JENSEN D., 2014; *Spatial Analysis and Visualization in the NBA Using GIS Applications*. = Masterarbeit an der California State University, Long Beach zur Erlangung des akademischen Titels Master of Arts in Geography

[JOH-92] JOHNSON A. I. u. C. B. PETTERSON, J. L. FULTON (Hrsg.), 1992: *Geographic Information Systems (GIS) and Mapping – Practices and Standards*. ASTM, Philadelphia

[KAN-06] KANG C.-H. u. J.-R. HWANG, K.-J. LI, 2006: *Trajcetory Analysis for Soccer Players*. In: Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Data Mining – Workshops (ICDMW'06), Hong Kong, PR China, S. 377-381

[KHA-09] KHATOONABADI S. H. u. M. RAHMATI, 2009: *Automatic soccer players tracking in goal scenes by camera motion elimination*. In: Image and Vision Compution, 2009, 27, S. 469-479

[KIM-11] KIM H.-C. u. O. KWON, K.-J. LI, 2011: *Spatial and Spatiotemporal Analysis of Soccer*. In: Proceedings of the 19th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information System, November 1-4, 2011, Chicago, USA, S. 385-388

[KLE-97] KLEIN R., 1997: *Algorithmische Geometrie*. 1. Aufl., Addison-Wesley, Bonn u.a.

[KOH-10] KOHLSTOCK P., 2010: *Kartographie. Eine Einführung*. 2. Aufl., Ferdinand Schöningh, Paderborn

[KOL-97] KOLBJØRN R. u. H. ZOGLOWEK, 1997: *Der norwegische Spielstil – Erfolg dank Computereinsatz?* In: In: WINKLER W. u. A. REUTER (Hrsg.), 1997: *Computer- und Medieneinsatz im Fußball. Beiträge und Analysen zum Fußballsport X, 13. Jahrestagung der dvs-Kommission Fußball vom 20.-22.11.1997 in Barsinghausen*, S. 127-142

[KOT-14] KOTZBEK G. u. W. KAINZ, 2014: *Football Game Analysis: A New Application Area for Cartographers and GI-Scientists?* In: Proceedings of the 5th International Conference on Cartography and GIS, June 15-20, 2014, Riviera, Bulgaria, S. 299-306

[KOT-15a] KOTZBEK G. u. W. KAINZ, 2014: *Das Runde muss ins GIS. Neue Wege im Bereich der Fußball-Spielanalyse*. In: gis.Science – Die Zeitschrift für Geoinformatik, 2015, 3, S. 117-124

[KOT-15b] KOTZBEK G. u. W. KAINZ, 2015: *GIS-based Football Game Analysis – A Brief Introduction to the Applied Data Base and a Guideline on How to Utilise It*. Conference Paper. 27th International Cartographic Conference, August 23-28, 2015, Rio de Janeiro, Brazil, 15 S.

[KOT-16] KOTZBEK G. u. W. KAINZ, 2016: *Towards Automated GIS-based Analysis of Scoring Attempt Patterns in Association Football*. In: Electronic Proceedings of the 19th AGILE Conference on Geographic Information Science, 14-17 June, Helsinki, Finland, 5 S.

[KRE-12] KRESSE W. u. D. M. DANKO (Hrsg.), 2012: *Springer Handbook of Geographic Information*. Springer, Berlin - Heidelberg

[LAM-94] LAMES M., 1994: *Systematische Spielbeobachtung*. = Trainerbibliothek Bd. 31. Philippka-Verlag Honig, Münster

[LAN-13] LANDRY R. u. L. GAGNON, D. LAURENDEAU, 2013: *A GIS-Centric Optical Tracking System and Lap Simulator for Short Track Speed Skating*. In: Proceedings of the International Conference on Computer and Robot Vision, May 28-31, 2013, Regina, Canada, S. 288-294

[LAW-15] LAW M. u. A. COLLINS, 2015: *Getting to Know ArcGIS®*. 2. Aufl., Esri Press, Redlands

[LES-01] LESER R., 2001: *Computergestützte Sportspielanalyse im Fußball*. = Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Titels Magister der Naturwissenschaften an der Universität Wien

[LI-14] LI H., 2014: *Research on WebGIS-Based Sport Games Information System*. In: Advanced Materials Research, 2014, 926-930, S. 2726-2729

[LIUa-06] LIU Y. u. D. LIANG, Q. HUANG, W. GAO, 2006: *Extracting 3D information from broadcast soccer video*. In: Image and Vision Computing, 2006, 24, S. 1146-1162

[LIUb-12] LIU H. u. Y. ZHANG, Y. XU, X. LI, M. XIAN, 2012: *Evaluation of accessibility to urban public sports facilities: a GIS approach based on network analysis model*. In: Proceedings of the 5th International Conference on Information and Computing Science, December 29-30, 2012, Hong Kong, PR China, S. 52-55

[LON-05] LONGLEY P. A. u. M. F. GOODCHILD, D. J. MAGUIRE, D. W. RHIND, 2005: *Geographical Information Systems and Science*. 2. Aufl., John Wiley & Sons, Chichester

[LUCa-12] LUCEY P. u. A. BIALKOWSKI, P. CARR, E. FOOTE, I. MATTHEWS, 2012: *Characterizing Multi-Agent team Behavior from Partial Team Tracings: Evidence from the English Premier League*. In: Proceedings of the 26th AAAI Conference on Artificial Intelligence, July 22-26, 2012, Toronto, Canada, S. 1387-1393

[LUCb-13] LUCEY P. u. D. OLIVER, P. CARR, J. ROTH, I. MATTHEWS, 2013: *Assessing Team Strategy using Spatiotemporal Data*. Conference Paper. ACM Knowledge Discovery and Data Mining Conference (ACM SIGKDD), August 11-14, 2013, Chicago, USA, 9. S.

[LUCc-14] LUCEY P. u. A. BIAKOWSKI, P. CARR, Y. YUE, I. MattHews, 2014: *"How to Get an Open Shot?": Analyzing Team Movement in Basketball using Tracking Data*. Conference Paper. 8th MIT Sloan Sports Analytics Conference, February 28 – March 1, 2014, Boston, USA, 8 S.

[LUCd-15] LUCEY P. u. A. BIAKOWSKI, M. MONFORT, P. CARR, I. MATTHEWS, 2015: *"Quality vs Quantity": Improved Shot Prediction in Soccer using Strategic Features from Spatiotemporal Data*. Conference Paper. 9th MIT Sloan Sports Analytics Conference, February 27-28, 2015, Boston, USA, 9 S.

[LUCe-86] LUCE R. D., 1986: *Response Times: Their role in Inferring Elementary Mental Organization*. Oxford University Press, New York

[MACa-04] MACEACHREN A. M., 2004: *How Maps Work. Representation, Visualization, and Design*. The Guilford Press, New York - London

[MACb-13] MACKENZIE R. u. C. CUSHION, 2013: *Performance analysis in football - A critical review and implications for future research*. In: Journal of Sports Science, 2013, 31(6), S. 639-679

[MAO-09] MAGOI H. u. W. JINFENG, 2009: *Application of Automated Testing Tool in GIS Modeling*. In: Software Engineering. WCSE '09. WRI World Congress on Software Engineering, 2009, 4, S. 184-188

[MAY-10] MAYRING P., 2010: *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*, 11. Aufl., Beltz, Weinheim - Basel

[MEN-13] MENÉDEZ H. u. G. BELLO-ORGAZ, D. CAMACHO, 2013: *Extracting Behavioural Models from 2010 FIFA World Cup*. In: Journal of System Science and Complexity, 2013, 26, S. 43-61

[MIU-09] MIURA J. u. T. SHIMAWAKI, T. SAKIYAMA, Y. SHIRAI, 2009: *Ball route estimation under heavy occlusion in broadcast soccer video*. In: Computer Vision and Image Understanding, 2009, 113, S. 653-662

[MIT-09] MITCHELL A, 2009: The Esri® Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial Measurements & Statistics. Esri Press, Redlands

[MIT-12] MITCHELL A., 2012: *The Esri® Guide to GIS Analysis, Volume 3: Modeling Suitability, Movement, and Interaction*. Esri Press, Redlands

[MOH-03] MOHR M. u. P. KRUSTRUP, J. BANGSBO, 2003: *Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue*. In: Journal of Sports Science, 2003, 21, S. 519-528

[MOH-05] MOHR M. u. P. KRUSTRUP, J. BANGSBO, 2005: *Fatigue in soccer: A brief review*. In: Journal of Sports Sciences, 2005, 23(6), S. 593-599

[MOU-12] MOURA F. A. u. L. E. B. MARTINS, R. D. ANIDO, R. M. L. DE BARROS, S. A. CUNHA, 2012: *Quantitative analysis of Brazilian football players' organization on the pitch*. In: Sports Biomechanics, 2013, 11(1), S. 85-96

[NAS-14] NASSER H., 2014: *Learning ArcGIS Geodatabases. An all-in-one start up kit to author, manage, and administer ArcGIS geodatabases*. Packt Publishing Birmingham - Mumbai

[ODO-09] O'DONOGHUE P. G. u. G. ROBINSON, 2009: *Validity of the ProZone3® Player Tracking System: A Preliminary Report*. In: International Journal of Computer Science in Sport, 2009, 8(1), S. 38-53

[OHN-00] OHNO Y. u. J. MIURA, Y. SHIRAI, 2000: *Tracking Players and Estimation of the 3D Position of a Ball in Soccer Games*. In: Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition, September 3-7, 2000, Barcelona, Spain, 1, S. 145-148

[OKI-04] OKIHARA K. u. A. KAN, M. SHIOKAWA, C. S. CHOI, T. DEGUCHI, M. MATSUMOTO, Y. HIGASHIKAWA, 2004: *Compactness as a strategy in a soccer match in relation to a change in offence and defense [Communications to the Fifth World Congress on Science and Football]*. In: Journal of Sport Sciences, 2004, 22(6), S. 515

[PIM-13] PIMPLER E., 2013: *Programming ArcGIS 10.0 with Python Cookbook. Over 75 recipes to help you automate geogprocessing tasks, create solutions, and solve problems for ArcGIS with Python*. Packt Publishing Birmingham - Mumbai

[POL-97] POLLARD R. u. C. REEP, 1997: *Measuring the effectiveness of playing strategies at soccer*. In: The Statistican, 1997, 46(4), S. 541-550

[RAM-09] RAMPININI E. u. F. M. IMPELLIZZERI, C. CASTAGNA, A. J. COUTTS, U. WISLØFF, 2009: *Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level*. In: Journal of Science and Medicine in Sport, 2009, 12, S. 227-233

[REA-97] READ. B. u. P. EDWARDS, 1997: *Teaching children to play games*. Sport Council, London

[REE-68] REEP C. u. B. BENJAMIN, 1968: *Skill and Chance in Association Football*. In: Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 1968, 131(4), S. 581-585

[REN-09] REN J. u. J. ORWELL, G. A. JONES, M. XU, 2009: *Tracking the soccer ball using multiple fixed cameras*. In: Computer Vision and Image Understanding, 2009, 113, S. 633-642

[ROT-99] ROTH K. u. T. PAUER, K. REISCHLE (Hrsg.), 1999: *Dimensionen und Visionen des Sports. Evaluation – Profilbildung – Globalisierung. Beiträge zum 14. Sportwissenschaftlichen Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft vom 27.-29.9.1999 in Heidelberg*. = Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Bd. 108. Czwalina, Hamburg

[SAU-14] SAUNDER D., 2014: *Presenting a Diorama of Player Movement in Sport*. In: Sports Performance & Technology, 2014, 5, S. 4-19

[SES-15] SESTER M. u. U. FEUERHAKE, C. KUNTZSCH, S. ZOURLIDOU, 2015*: Interpretation of Moving Point Trajectories*. In: Photogrammetric Week, 2015, 15, S. 329-341

[SET-03] SETTERWALL D., 2003: *Computerised Video Analysi of Football – Technical and Commercial Possibilities for Football Coaching*. = Master's Thesis in computer science, CID, NADA, Universitet Stockholm

[TAK-96] TAKI, T. u. J.-i. HASEGAWA, T. FUKUMURA, 1996: *Development of Motion Analysis System for Quantitative Evaluation of Teamwork in Soccer Games*. In: Proceedings of the International Conference on Image Processing, September 19, 1996, Lausanne, Switzerland, 3, S. 815-818

[TOV-14] TOVAR J., 2014: *Gasping for air: soccer players' passing behavior at high altitude*. In: Journal of Quantitative Analysis in Sports, 2014, 10(4), S. 411-420

[VEC-09] VECER J. u. F. KOPRIVA, T. ICHIBA, 2009: *Estimating the Effect of the Red Card in Soccer. When to Commit an Offense in Exchange for Preventing a Goal Opportunity*. In: Journal of Quantitative Analysis in Sports, 2009, 5(1:8), 20. S.

[VIL-13] VILAR L. u. D. ARAÚJO, K. DAVIDS, Y. BAR-YAM, 2013: *Science of Winning Soccer: Emergent Pattern-Forming Dynamics in Association Football*. In: Journal of System Science and Complexity, 2013, 26, S. 73-84

[WAL-05] WALLACE H. M. u. R. F. BAUMEISTER, K. D. VOHS, 2005: *Audience support and choking under pressure: a home disadvantage?* In: Journal of Sports Science, 2005, 23(4), S. 429-38

[WEIa-13] WEI X. u. P. LUCEY, S. MORGAN, S. SRIDHARAN, 2013: *"Sweet-Spot": Using Spatiotemporal Data to Discover and Predict Shots in Tennis*. Conference Paper. 7th MIT Sloan Analytics Conference 2013, March 1-2, 2013, Boston, USA, 7 S.

[WEIb-13] WEI X. u. P. LUCEY, S. MORGAN, 2013: *Large-Scale Analysis of Formations in Soccer*. Conference Paper. The International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), November 26-28, 2013, Hobart, Australia, 6. S.

[WIE-99] WIEMEYER J., 1999: *Fuzzy-Logik und die Identifikation taktischer Positionen im Fußball*. In: ROTH K. u. T. PAUER, K. REISCHLE (Hrsg.), 1999: *Dimensionen und Visionen des Sports. Evaluation – Profilbildung – Globalisierung. Beiträge zum 14. Sportwissenschaftlichen Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft vom 27.-29.9.1999 in Heidelberg*, S. 132

[WIE-00] WIEMEYER J., 2000: *Wer spielt auf welcher Position? Fuzzy-Logik und die Zuweisung taktischer Positionen im Fußball*. In: FERGER K. u. N. GISSEL, J. SCHWIER (Hrsg.), 2000: *Sportspiele erleben, vermitteln, trainieren. 2. Sportspiel-Symposium der dvs vom 4.-6.10.2000 in Gießen*, S. 283-292

[WINa-97] WINKLER W., 1997: *Analyse von Fußballspielen mit Video- und Computerhilfe*. In: WINKLER W. u. A. REUTER (Hrsg.), 1997: *Computer- und Medieneinsatz im Fußball.*

Beiträge und Analysen zum Fußballsport X, 13. Jahrestagung der dvs-Kommission Fußball vom 20.-22.11.1997 in Barsinghausen, S. 63-76

[WINb-11] WINKLER W. u. K. P. SCHMITZ, 2011: *Spielanalysen im Fußball mit Hilfe aktueller Video- und Computertechnologie*. In: Leistungssport, 2011, 41(6), S. 49-51

[WINc-97] WINKLER W. u. A. REUTER (Hrsg.), 1997: *Computer- und Medieneinsatz im Fußball. Beiträge und Analysen zum Fußballsport X, 13. Jahrestagung der dvs-Kommission Fußball vom 20.-22.11.1997 in Barsinghausen* = Schrift der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Bd. 109. Czwalina, Hamburg

[WIS-10] WISBEY B. u. P. G. MONTGOMERY, D. B. PYNE, B. RATTRAY, 2010: *Quantifying movement demands of AFL football using GPS tracking*. In: Journal of Science and Medicine in Sport, 2010, 13, S. 531-536

[WOO-15] WOOD G. u. G. JORDET, M. R. WILSON, 2015: *On winning the "lottery": psychological preparation for football penalty shoot-outs*. In: Journal of Sports Sciences, 2015, 33:17, S. 1758-1765

[YAM-11] YAMAMOTO Y. u. K. YOKOYAMA, 2011: *Common and Unique Network Dynamics in Football Games*. In: PLoS ONE, 2011, 6(12), Research paper online (letzter Zugriff: 26.08.2016): http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0029638

[YUE-14] YUE Y. u. P. LUCEY, P. CARR, A. BIALKOWSKI, I. MATTHEWS, 2014: *Learning Fine-Grained Spatial Models for Dynamic Sports Play Prediction*. Conference Paper. International Conference on Data Mining (ICDM), December 14-17, 2014, Shenzhen, PR China, 10 S.

[ZAL-12] ZALE J. J. u. B. KAR, 2012: *A GIS-Based Football Stadium Evacuation Model*. In: Southeastern Geographer, 2012, 52(1), S. 70-89

[ZAN-13] ZANDBERGEN P. A., 2013: *Python. Scripting for ArcGIS*. Esri Press, Redlands

[ZEI-10] ZEILER M. u. J. MURPHY, 2010: *Modeling Our World. The Esri® Guide to Geodatabase Concepts*. 2. Aufl., Esri Press, Redlands

[ZHO-11] ZHONG Y. u. W. HU, Q. WU, N. YE, 2011: *Research on WebGIS-based Crisis Management System for Venues of Major Games*. In: Proceedings of the International Conference on Future Computer Science and Education, August 20-21, 2011, Xi'an, PR China, S. 225-228

[ZHU-10] ZHU L., 2010: *The Design of GIS-based Information Database of Sports Competition*. In: Proceedings of the 2012 2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology, July 17-18, 2010, Wuhan, PR China, S. 715-718

Online-Quellen

Letzter Zugriff am 05.07.2016

[URL-01] FIFA (Fédération Internationale de Football Association)
http://www.fifa.com

[URL-02] FIFA-Mitgliederliste
http://de.fifa.com/aboutfifa/organisation/associations.html

[URL-03] Liste der Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen
http://www.un.org/en/members/index.shtml

[URL-04] Der Chef-Analyse des 1. FC Köln. Interview der Kölnischen Rundschau mit B. NOTZON
http://www.rundschau-online.de/euskirchen/boris-notzon-der-chef-analyst-des-1--fc-koeln,15185862,15356232.html

[URL-05] Webseite von Esri
http://www.esri.com

[URL-06] Können Doktoranden aus Versehen plagiieren? Der Promotionsexperte Wolfgang Löwer über gute wissenschaftliche Praxis. Interview auf Zeit Online
http://www.zeit.de/2014/06/promotion-plagiat-versehen

[URL-07] Skurrile Spielentscheider. Artikel auf Süddeutsche.de
http://www.sueddeutsche.de/sport/der-fluegelflitzer-skurrile-spielentscheider-1.46465

[URL-08] Regelwerk des Weltfußballverbandes FIFA
http://de.fifa.com/mm/document/footballdevelopment/refereeing/02/36/01/11/27_06_2014_new--lawsofthegamewebde_german.pdf

[URL-09] Technische Empfehlungen und Anforderungen der FIFA an Fußballstadien
http://de.fifa.com/mm/document/tournament/competition/51/54/02/football_stadiums_technical_recommendations_and_requirements_de_8212.pdf

[URL-10] Immer mehr deutsche Fußballfans sind weiblich. Artikel auf dw.de
http://www.dw.de/immer-mehr-deutsche-fu%C3%9Fballfans-sind-weiblich/a-15127927

[URL-11] Scopus-Datenbank
http://www.scopus.com

[URL-12] Elsevier Verlag
http://www.elsevier.com

[URL-13] ProzoneSports
http://www.prozonesports.com

[URL-14] Game day GIS application improves stadium security at home football games
http://www.vtnews.vt.edu/articles/2011/10/100711-it-gamedaygis.html

[URL-15] Using ArcGIS for sports Analytics
http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2012/09/05/using-arcgis-for-sports-analytics/

[URL-16] Using spatial analytics to study spatio-temporal patterns in sport
http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/02/19/using-spatial-analytics-to-study-spatio-temporal-patterns-in-sport/

[URL-17] Manifold System
http://www.manifold.net

[URL-18] National Basketball Association (NBA)
http://www.nba.com

[URL-19] A Diorama of Player Movement in Sport
http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=c5408248a0a54f6ba5f903b377b63179

[URL-20] Hawk Eye Data
http://www.hawkeyeinnovations.co.uk/
[URL-21] Opta Sports
http://www.optasports.com
[URL-22] Opta Playground
http://www.optasports.com/de/playground-section.aspx
[URL-23] Deutsche Fußball Liga (DFL)
http://www.bundesliga.de
[URL-24] Impire
http://www.bundesliga-datenbank.de
[URL-25] deltatre
http://www.deltatre.com
[URL-26] Bodenverhältnisse bei der Taktik berücksichtigen
http://www.fussballtraining.de/blog/bodenverhaltnisse-bei-der-taktik-berucksichtigen/2519
[URL-27] TRACAB von ChyronHego
http://chyronhego.com/sports-data/player-tracking
[URL-28] VIS.TRACK von Cairos Technologies
http://www.bundesliga-datenbank.de/fileadmin/impire/products/Produktinformat-io-nen/VIS.TRACK_TV_-_Produktionformation.pdf
[URL-29] Daten und Fakten zur Benteler Arena in Paderborn
http://www.scpaderborn07.de/28-Benteler-Arena/448-Daten--Fakten.html
[URL-30] MS Excel von Microsoft
http://office.microsoft.com/de-at/excel/
[URL-31] Weiterführende Informationen zu XML
http://www.w3schools.com/xml/
[URL-32] RFC-Spezifikation des Dateiformates CSV
http://tools.ietf.org/html/rfc4180
[URL-33] Technische Beschreibung des ESRI Shapefiles
http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf
[URL-34] Python
https://www.python.org/
[URL-35] firstobject XML-Editor
http://www.firstobject.com/dn_editor.htm
[URL-36] ArcPy Sitepackage
http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//000v000000v7000000
[URL-37] Xing
https://www.xing.com/de
[URL-38] LinkedIn
https://www.linkedin.com/
[URL-39] UEFA (Union of European Football Association)
http://www.uefa.com
[URL-40] Skype
http://www.skype.com
[URL-41] Free Video Call Recorder for Sykpe
http://www.dvdvideosoft.com/de/products/dvd/Free-Video-Call-Recorder-for-Skype.htm#.VLeKyG-NoCCo
[URL-42] Smart Voice Recorder

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.andrwq.recorder&hl=de

[URL-43] Sky Sports
http://www.skysports.com

[URL-44] SPORTCAST
http://www.sportcast.de#

[URL-45] SportsCode von Sportstec
http://sportstec.com/products/sportscode-10-whats-new

[URL-46] LPM-System von Abatec
https://www.abatec-ag.com/inmotiotec-rtls/lpm-team/motiotrac-team/motiotrac-team-funktionsprin-zip/

[URL-47] InStat Scout
http://www.InStat Scout.com

[URL-48] SoccerLAB
http://www.soccerlab.de

[URL-49] transfermarkt.de
http://www.transfermarkt.de

[URL-50] SAP Sports & Entertainment Solutions
http://go.sap.com/solution/industry/sports-entertainment.html

[URL-51] Die Ligen
http://www.die-liegen.de

[URL-52] Dropbox
http://www.dropbox.com

[URL-53] MyDrive
http://www.mydrive.net

[URL-54] ZIP-File Spezifikation
https://pkware.cachefly.net/webdocs/casestudies/APPNOTE.TXT

[URL-55] Informationen über geoprocessing packages
http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#//00570000004p000000

[URL-56] TV-Zuschauerquoten der Deutschen Bundesliga
http://www.dwdl.de/magazin/45873/bundesligaquoten_sky_legt_zu_sportschau_stabil/

[URL-57] ArcGIS Software von Esri
http://www.arcgis.com

[URL-58] NetCologne GmbH
http://www.netcologne.de

[URL-59] GameSetMap – Rethinking analytics for tennis using Hawk-Eye data
http://gamesetmap.com/

[URL-60] Disney Research
http://www.disneyresearch.com/

[URL-61] Informationen zum GNSS Navstar GPS
http://www.gps.gov/

[URL-62] Informationen zum GNSS GLONASS
https://www.glonass-iac.ru/en/

[URL-63] Informationen zum GNSS Galileo
http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/What_is_Galileo

[URL-64] Inmotiotec LPM System der Abatec AG
https://www.abatec-ag.com/inmotiotec-rtls/

[URL-65] Forschungsposter von U. FEUERHAKE: Ja wo liefen Sie denn? Fußballanalyse am Computer - Datenerzeugung
https://www.ikg.uni-hannover.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/NdW-PosterA0_-_1.pdf

[URL-66] Forschungsposter von U. FEUERHAKE: Ja wo liefen Sie denn? Fußballanalyse am Computer - Datenanalyse
https://www.ikg.uni-hannover.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/NdW-PosterA0_-_2.pdf

[URL-67] Forschungsposter von U. FEUERHAKE: Ja wo liefen Sie denn? Fußballanalyse am Computer - Mustererkennung
https://www.ikg.uni-hannover.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/NdW-PosterA0_-_3.pdf

[URL-68] Forschungsprojekt Spatiotemporal analysis for sport events an der Universiteit Gent
http://geoweb.ugent.be/project-en/56b34b783004c06e6f468c54

[URL-69] QGIS
http://www.qgis.org

[URL-70] Intergraph
http://www.intergraph.com

[URL-71] PDF Spezifikation
http://www.adobe.com/devnet/pdf/pdf_reference.html

[URL-72] Beitrag: Pässe und Passquote 2015/16 auf inside11.de
http://inside11.de/statistik/spieler/paesse-passquote/

[URL-73] Forschungsprojekt WiMoiS, am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien
https://institut-schmelz.univie.ac.at/abt-biomechanik-bewegungswissenschaft-und-sportinformatik/forschungsprojekte/details/article/wimois-wissensbasierte-modellierung-der-individuellen-spielleistung-von-leistungssportlerinnen-i/?tx_ttnews[backPid]=101524&cHash=01011e560a2524e13c93011dd9d4177f

[URL-74] HTML-Spezifikation
http://www.w3.org/html/

[URL-75] Informationen über die Plotly Python Library
https://plot.ly/python/

[URL-76] User Guide der PDF Library von ReportLab
https://www.reportlab.com/docs/reportlab-userguide.pdf

[URL-77] Informationen über das sphc (Simple Pythonic HTML Creator) Modul
https://pypi.python.org/pypi/sphc

[URL-78] Informationen über ArcGIS Online
http://www.mysynergis.com/esri/arcgis-online/

[URL-79] Informationen über die ArcMap Werkzeugleiste Animation
http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/map/animation/the-animation-toolbar.htm

[URL-80] Informationen über ArcGIS-Erweiterung Tracking Analyst
http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/trackinganalyst

[URL-81] OpenCV Tutorials für Python
https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/

[URL-82] Mit High Tech zum EM-Sieg? – Online Artikel der Wirtschaftswoche
http://www.wiwo.de/technologie/fussball-mit-high-tech-zum-em-sieg/5433320.html

Sonstige Quellen und populärwissenschaftliche Literatur

[SQU-01] *Unser Showroom ist der Fußballplatz*. Artikel in: ballesterer, Heft 85: Der digitale Fußball. Wie die Technologie das Spiel verändert. ballesterer Zeitschriften GmbH, Wien

[SQU-02] *Es gibt keine identischen Spielsituationen*. Artikel in: ballesterer, Heft 85: Der digitale Fußball. Wie die Technologie das Spiel verändert. ballesterer Zeitschriften GmbH, Wien

[PWL-01] BIERMANN C., 2013: *Die Fußball-Matrix. Auf der Suche nach dem perfekten Spiel*. 3. Aufl., Kiepenheuer & Witsch, Köln

[PWL-02] BIERMANN C. u. U. FUCHS, 2012: *Der Ball ist rund, damit das Spiel die Richtung ändern kann. Wie moderner Fußball funktioniert*. 7. Aufl., Kiepenheuer & Witsch, Köln

[PWL-03] LOY R., 2010: *Das Lexikon der Fußballirrtümer*. 1. Aufl., Goldmann, München

[PWL-04] ANDERSON C. u. D. SALLY, 2013: *The Numbers Game. Why Everything You Know About Soccer Is Wrong*. Penguin Books, New York

[PWL-05] WILSON J., 2009: *Inverting the Pyramid. The History of Football Tactics*. Orion, London

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Inhaltlicher Aufbau der vorliegenden Doktorarbeit 8

Abb. 2: Symbolhafte Darstellung des propagierten Soll-Zustandes: GIS-Tools & Analysen als Bindeglied zwischen fußballspezifischen Geodaten und GIS-Technologie 14

Abb. 3: Inhaltlich-methodischer Aufbau der vorliegenden Dissertation 16

Abb. 4: Forschungspyramide zur Darstellung der wesentlichen Forschungsbereiche ([KOT-14], modifiziert) 21

Abb. 5: Bereiche der GIS-gestützten Spielanalyse 24

Abb. 6: Ausgang, Zwischen- und Endergebnis des Kalibrierungsprozesses eines optischen Trackingsystems für Eisschnelllaufbahnen ([LAN-13]) 36

Abb. 7: NBA-weite Tendenzen in Bezug auf Wurfposition und Punktgewinne ([GOLa-12]) 37

Abb. 8: Punktgewinne in der NBA in Abhängigkeit der Nähe ausgewählter Verteidiger zum Korb ([GOLb-13]) 38

Abb. 9: Tool Dialog Box des ArcGIS Custom Tool "Basketball Mapper" ([JEN-14]) 39

Abb. 10: Räumliche Verteilung von so genannten Big Points ([DEMa-13]) 40

Abb. 11: Erklärung der Visualisierungselemente einer Spielszene ([URL-15]) 40

Abb. 12: Standbild einer 3D-Animation von Tennisschlägen [URL-16] 41

Abb. 13: Screenshot einer interaktiven 3D-Darstellung in Form eines Raum-Zeit-Würfels des Spielverlaufs eines Tennisspiels ([URL-19]) 42

Abb. 14: Analyse einer Passsequenz anhand einer Potentialfunktion nach D. R. BRILLINGER ([BRI-07]) 46

Abb. 15: Ergebnis einer sozialen Netzwerk-Analyse nach J. DUCH et al. ([DUC-10]) 47

Abb. 16: Ergebnis einer Passnetzwerkanalyse nach C. COTTA et al. ([COT-13]) 48

Abb. 17: Abgrenzung positionsspezifischer Aktionsbereiche nach V. DI SALVO et al. ([DISb-07]) 50

Abb. 18: Dynamische Zonierung der okkupierten Spielfeldfläche nach L. VILAR et al. ([VIL-13]) 51

Abb. 19: Definition der Mannschaftsfläche (Feldspieler), nach R. BARTLETT et al. ([BARb-12]) 53

Abb. 20: Analysebeispiele von U. FEUERHAKE, potenzielle Anspielstationen (links) und Passsequenzmuster (rechts) (modifiziert nach [URL-66] und [URL-67]) 55

Abb. 21: Morphologische Parameter eine Formationsreihe nach H.-C. KIM et al. ([KIM-11]) 56

Abb. 22: Temporale Segmentierung und Verortung des Spielgeschehens nach P. LUCEY et al. ([LUCa-12]) 57

Abb. 23: Parametrischer Fingerabdruck einer Mannschaft bestehend aus Statistiken, räumlichen Ballbesitzes und Formation nach A. BIALKOWSKI et al. ([BIAa-14a]) 58

Abb. 24: Gegenüberstellung positions- und rollenspezifischer räumlicher Mittelwerte nach A. BIALKOWSKI et al. ([BIAa-14b]) 59

Abb. 25: Graphische Gegenüberstellung der Wahrscheinlichkeit aller Torschusspositionen (links) sowie aller Torschusspositionen, die zu einem Tor führen nach P. LUCEY et al. ([LUCd-15]) 60

Abb. 26: Darstellung des variablen Raumes zwischen Schussposition und Tor sowie der darin befindlichen Mit- und Gegenspieler nach P. LUCEY et al. ([LUCd-15]) 61

Abb. 27: Objekthierarchie des Fußballspiels (in Anlehnung an [DAC-11], modifiziert) 66

Abb. 28: Graphische Darstellung der räumlichen Restriktionen des Fußballspiels sowie der darin befindlichen Zonen (eigener Entwurf nach [URL-08]) 67

Abb. 29: Die Interdependenz von Aktionen im Fußball 69

Abb. 30: Positionen der Tracking-Kameras im Grundriss des Old Trafford Stadions in Manchester ([DISa-06]) 82

Abb. 31: Räumliche Domäne und lokaler Koordinatenursprung von *Prozone3* ([KOT-15b]) 84

Abb. 32: Ausschnitt einer Darstellung der Bewegung des Balls: Originale Punktdaten (links) sowie Punktdaten und auf Basis derer generiertes Line Feature (rechts) 92

Abb. 33: Momentaufnahme aller Spielerpositionen: Originale Punktdaten (links) sowie inkl. daraus interpolierter Mannschaftsflächen (rechts) 93

Abb. 34: Schematische Darstellung der Beziehung zwischen Tracking- und Event-Daten 96

Abb. 35: Entwurf der Datenstruktur basierend auf *Esri File Geodatabases* 97

Abb. 36: Schematische Darstellung des GIS-gerechten Datenaufbereitungsprozesses von Tracking- und Event-Daten von *ProzoneSports* ([KOT-15b], modifiziert) 99

Abb. 37: Tool Dialog Box des *Match Data Preparation* Tools 100

Abb. 38: Definition des Raumbezugs: Ausschnitt aus dem *Match Data Preparation* Skriptcode . 101

Abb. 39: Integration von Tracking-Daten, exemplarisch dargestellt anhand von Bewegungsabläufen eines Stürmers und Tormanns (blau bzw. gelb, rechts) sowie der Positionen des Balls (links) (Daten: ProzoneSports) 105

Abb. 40: Darstellung des räumlichen Gefüges zu einem ausgewählten Zeitpunkt des Spiels basierend auf Tracking-Daten (Daten: ProzoneSports) 106

Abb. 41: Integration von Event-Daten, exemplarisch dargestellt anhand aller Events einer Halbzeit mittels willkürlicher Farbgebung differenziert nach Event-Typ (Daten: ProzoneSports) 106

Abb. 42: Attributiv verknüpfte Tracking- und Event-Daten für einen Zeitraum von zehn Sekunden (Daten: ProzoneSports) 107

Abb. 43: Räumliche Diskrepanz [m] zwischen Abszisse und Ordinate sowie euklidische Distanz [m] zwischen Tracking- und ballbezogenen Event-Daten (Daten: ProzoneSports) 108

Abb. 44: Darstellung der räumlichen Diskrepanz zwischen Tracking-, Event- und Event-Position-Daten auf einem gleichförmigen 1 m x 1 m Raster (Daten: ProzoneSports) 109

Abb. 45: Darstellung der automatisch generierten Datenbankstruktur 110

Abb. 46: Darstellung der Punkte auf Basis der Koordinateninformationen aus Tab. 4, inkl. geographischem (rot) und metrischem (grün) Gradnetz 112

Abb. 47: Ein nach internationaler Norm in ArcGIS10.2/3 modelliertes Fußballfeld, dargestellt nach zwei potenziellen Visualisierungsvarianten, inkl. Kartenlayout 113

Abb. 48: Zonierungsvarianten: I - Gleichmäßiges Grid auf Basis einer 1 m x 1 m Rasterung; II - Mehrfachunterteilung in Anlehndung an die Spielfeldmarkierungen; III - Vertikale Unterteilung beider Spielfeldhälften in Außen- und Zentrumszonen; IV - Vertikale Dreiteilung 114

Abb. 49: Zonierungsvariante V: Lokale Unterteilung des Spielfelds in Tornähe in Abhängigkeit der Distanz und des Winkels zum Tor (adaptiert nach [KOT-16]) 115

Abb. 50: Verteilung der Zonenwerte basierend auf der Distanz und dem Winkel zum Tor 115

Abb. 51: Klassifikation unberücksichtigter Analyseparameter 123

Abb. 52: Absoluter Rücklauf und verwertbare Experteninterviews 129

Abb. 53: Kumulierte Erfahrung der teilnehmenden Experten im Bereich der Spielanalyse bei professionellen Vereinen bzw. nationalen Verbänden, angegeben in Monaten und differenziert nach Leistungsklasse 130

Abb. 54: Schematische Darstellung des mehrstufigen Auswertekonzeptes der qualitativen Inhaltsanalyse (1. Befragungsrunde) 135

Abb. 55: Verflechtungen zwischen dem teilstandardisierten Leitfaden, den zugrundeliegenden Fragestellungen und Kategorien der qualitativen Inhaltsanalyse (1. Befragungsrunde) 136

Abb. 56: Übersicht über die entwickelten Datenaufbereitungstools 148

Abb. 57: Tool Dialog Box des Net Time Definition Tools 149

Abb. 58: Ausgabe des Net Time Definition Tools – Brutto/Netto-Spielzeit (oben), SQL-Queries zur Extraktion der Unterbrechungszeit der ersten (Mitte) und zweiten Halbzeit (unten) 151

Abb. 59: Tool Dialog Box des Add Time Index Tools 152

Abb. 60: Exemplarische Zuweisung der Geschwindigkeitsinformation pro Frame 153

Abb. 61: Tool Dialog Box des Speed Calculator Tools 153

Abb. 62: Tool Dialog Box des Add Line Index Tools 154

Abb. 63: Darstellung der Notwendigkeit einer eigenständigen Line ID anhand einer fiktiven Trajektorie in Raum und Zeit [X|Y|Z] 155

Abb. 64: Attributive Diskrepanz zwischen linearen und punkthaften Elemente 155

Abb. 65: Tool Dialog Box des Add Ball Possession Index Tools 156

Abb. 66: Tool Dialog Box des Distance to Ball Tool 157

Abb. 67: Schematische Darstellung der berechneten Distanzen zwischen den Positionen der Spieler und des Balls gemäß dem Distance to Ball Tool 158

Abb. 68: Tool Dialog Box des Team Merge Tools 158

Abb. 69: Tool Dialog Box des Add Formation Index Tools 159

Abb. 70: Tool Dialog Box des Path Preparation Tools 161

Abb. 71: Attributive Differenz zwischen punkt- und linienhafter FC aufgrund eines Stillstandes des Tracking-Objektes 162

Abb. 72: Fehlerhafte Zuweisung taktischer Positionen im Zuge der Datenerhebung? 166

Abb. 73: Tool Dialog Box des Analyse Passes Tools 172

Abb. 74: Schematische Darstellung der unmittelbaren Nachbarschaft des Passgebers und -empfängers sowie des Passkorridors 174

Abb. 75: Untersuchung aller Pässe eines Mittelfeldspielers [Player ID 345596, Team A] für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 176

Abb. 76: Untersuchung aller Pässe eines Mittelfeldspielers [Player ID 345596, Team A] in der zweiten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 177

Abb. 77: Vergleich der Pässe eines Mittelfeldspielers [Player ID 345596, Team A] während der beiden Halbzeiten (Daten: ProzoneSports) 178

Abb. 78: Gegenüberstellung der Passqualität eines Mittelfeldspielers [Player ID 345596, Team A], getrennt nach Halbzeiten (Daten: ProzoneSports) 178

Abb. 79: Vergleich der Pässe von Spielern unterschiedlicher taktischer Positionen (Daten: ProzoneSports) 179

Abb. 80: Gegenüberstellung der Passqualität von vier Spielern unterschiedlicher taktischer Positionen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 179

Abb. 81: Tool Dialog Box des Analyse Shots Tools 182

Abb. 82: Schematische Darstellung der unmittelbaren Nachbarschaft des Schützen und des Schussfeldes 185

Abb. 83: Untersuchung aller Torabschlüsse eines Stürmers (Team A, Player_ID 341918) für den Zeitraum beider Halbzeiten (Daten: ProzoneSports) 186

Abb. 84: Untersuchung aller Torabschlüsse eines Stürmers (Team A, Player_ID 341918) für den Zeitraum beider Halbzeiten (Daten: ProzoneSports) 187

Abb. 85: Detaillierte Betrachtung der Freistoßszene H1-2 bezogen auf Abb. 83 (Daten: ProzoneSports) 188

Abb. 86: Tool Dialog Box des Analyse Running Performance Tools 190

Abb. 87: Aufbau und Reihenfolge der ineinander verschachtelten iterativen Prozesse des Analyse Running Performance Tools 191

Abb. 88: Nach Ballbesitzverhältnissen differenzierter Laufweg des Spielers 341179, Team A für den Zeitraum der ersten Halbzeit, aufbereitet mit dem Analyse Running Performance Tool (Daten: ProzoneSports) 192

Abb. 89: Positionsspezifische Gegenüberstellung des Laufpensums [m] der Spieler von Team A bezogen auf Spielfeldzonen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 195

Abb. 90: Positionsspezifische Gegenüberstellung der Dauer [s] der Spieler von Team A bezogen auf Geschwindigkeitsklassen und der Netto-Spielzeit für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 197

Abb. 91: Positionsspezifische Gegenüberstellung der Laufleistung der Spieler von Team A, dargestellt an den relativen Anteilen der vier höchsten Geschwindigkeitsklassen in Bezug auf die zurückgelegten Distanzen innerhalb dieser Klassen während der Netto-Spielzeit der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 198

Abb. 92: Vereinfachte Struktur eines Passnetzwerkes (Daten: ProzoneSports) 205

Abb. 93: Tool Dialog Box des Analyse Passing Networks 208

Abb. 94: Interaktionsnetzwerk des Gästeteams für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 211

Abb. 95: Graphische Verdrängung von Kreissignaturen im Interaktionsnetzwerk (Daten: ProzoneSports) 212

Abb. 96: Interaktionsnetzwerk des Gästeteams für den Zeitraum der zweiten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 213

Abb. 97: Tool Dialog Box des Analyse Ball Possession Tools 214

Abb. 98: Exemplarische schriftliche Ausgabe des Analyse Ball Possession Tools (Daten: ProzoneSports) 215

Abb. 99: Zonenspezifische Länge in Ballbesitz während der ersten Halbzeit auf Basis des Analyse Ball Possession Tools (Daten: ProzoneSports) 216

Abb. 100: Ballbesitzverhältnisse nach Zonen gemessen an der Distanz [m] und Dauer [s] im Ballbesitz für den Zeitraum der ersten Halbzeit in Spielabschnitten von je 15 Minuten (Daten: ProzoneSports) 218

Abb. 101.: Ballbesitzverhältnisse nach Zonen gemessen an der Distanz [m] und Dauer [s] im Ballbesitz für den Zeitraum der ersten Halbzeit in Spielabschnitten von je 5 Minuten (Daten: ProzoneSports) 219

Abb. 102: Tool Dialog Box des Analyse Ball Contacts Tools 220

Abb. 103: Darstellung der räumlichen Verteilung der Ballkontakte der Heimmannschaft für den Zeitraum der ersten Halbzeit bezogen auf Spielfeldzonen und Formationsgruppen (Daten: ProzoneSports) 222

Abb. 104: Gegenüberstellung der räumlichen Verteilung der Ballkontakte der Spieler 347300, 341918 und 345596 für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 223

Abb. 105: Ballkontakte beider Teams für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 223

Abb. 106: Tool Dialog Box des Analyse Spheres of Action Tools 225

Abb. 107: Mannschaftsbezogene Aktionsräume, differenziert nach Ballbesitzverhältnissen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 226

Abb. 108: Mannschaftsbezogene Aktionsräume für Abschnitte von je 15 Minuten für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 228

Abb. 109: Aktionsräume der Heimmannschaft differenziert nach Ballbesitzverhältnissen für Abschnitten von je 15 Minuten für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 228

Abb. 110: Gruppenspezifische Aktionsräume für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 229

Abb. 111: Spielerspezifische Aktionsräume für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 230

Abb. 112: Räumliche Gegenüberstellung der Standardabweichungsellipsen mit potenziellen Aktionsraumindikatoren (Daten: ProzoneSports) 231

Abb. 113: Tool Dialog Box des Analyse Compactness Tools 232

Abb. 114: Kompaktheit beider Mannschaften zum Zeitpunkt eines Torschusses (Daten: ProzoneSports) 235

Abb. 115: Ausgabetabelle des Analyse Compactness Tools bezogen auf Abb. 116 (Daten: ProzoneSports) 235

Abb. 116: Abfolge der Kompaktheit beider Mannschaften im Zuge eines Angriffs (Daten: ProzoneSports) 236

Abb. 117: Tool Dialog Box des Analyse Centroids Tools 239

Abb. 118: Gegenüberstellung der Eingabedaten und des Ergebnisses des Analyse Centroids Tools (Daten: ProzoneSports) 240

Abb. 119: Tool Dialog Box des Normalise Centroids Tool 241

Abb. 120: Gegenüberstellung normalisierter Zentroide der Heimmannschaft mit Zentroiden des Auswärtsteams für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 242

Abb. 121: Gegenüberstellung der Spielerzentroide differenziert nach Ballbesitzverhältnissen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 243

Abb. 122: Räumliche Verteilung der Spielerzentroide für Zeitspannen von jeweils fünf Minuten für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 245

Abb. 123: Beispielhafte statische Zonierungsvarianten: a [POL-97], b [DISb-07], c [LUCa-12], d [CLA-13], e [COT-13], f [CLA-13] (modifiziert) 247

Abb. 124: Prinzip der dynamischen Zonierung: Räumlich variable Angriffs- und Abwehrlinien .. 248

Abb. 125: Tool Dialog Box des Dynamic Zoning Tools 248

Abb. 126: Dynamische Zonierung des Spielfeldes für eine Momentaufnahme (Daten: ProzoneSports) 250

Abb. 127: Tool Dialog Box des Analyse Offensive Qualities Tools 252

Abb. 128: Gegenüberstellung der offensiven Ausrichtung beider Mannschaften (Daten: ProzoneSports) 253

Abb. 129: Vergleich der offensiven Ausrichtung beider Teams für Perioden von jeweils fünf Minuten für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 254

Abb. 130: Schema des lokalen räumlichen Bezugsrahmens zur Untersuchung des GRV 256

Abb. 131: Zuweisung des GRV auf Basis des Taktikrasters bezogen auf die Spielrichtung von rechts nach links 256

Abb. 132: Tool Dialog Box des Adjust Centroids Tools 257

Abb. 133: Vergleich der Ergebnisse der Spatial Solution und Temporal Solution anhand der Heimmannschaft für den Zeitraum der zweiten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 258

Abb. 134: Tool Dialogue Box des Analyse Tactical Behaviour Tools 260

Abb. 135: Taktikraster beider Mannschaften für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 262

Abb. 136: Schriftliche Auswertung beider Mannschaften hinsichtlich deren GRV für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 263

Abb. 137: Taktikraster der Heimmannschaft, differenziert nach Ballbesitzverhältnissen für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 264

Abb. 138: Schriftliche Auswertung der Heimmannschaft hinsichtlich deren GRV für den Zeitraum der ersten Halbzeit, differenziert nach Ballbesitzverhältnisse (Daten: ProzoneSports) 265

Abb. 139: Taktikraster beider Mannschaften für den Zeitraum der ersten Halbzeit in Zeitabschnitten von jeweils 15 Minuten (Daten: ProzoneSports) 266

Abb. 140: Tool Dialog Box des Analyse Score Attempts Tool 267

Abb. 141: Angriffsszenen beider Mannschaften für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 270

Abb. 142: Auswertung der Angriffe von Team A für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 271

Abb. 143: Interaktive Animation mit Hilfe des Playback Managers der ArcGIS Erweiterung Tracking Analyst (Daten: ProzoneSports) 281

Abb. 144: Schematische Darstellung des mehrstufigen Auswertekonzeptes der qualitativen Inhaltsanalyse (2. Befragungsrunde) 288

Abb. 145: Verflechtungen zwischen dem teilstandardisierten Leitfaden, den zugrundeliegenden Fragestellungen und Kategorien der qualitativen Inhaltsanalyse (2. Befragungsrunde) 289

Abb. 146: Inhalt der entwickelten ArcToolbox Football Game Analysis 306

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Charakteristika von Tracking- und Event-Daten 74
Tab. 2: Taktische Positionen und deren Zugehörigkeit zu Formationsgruppen 103
Tab. 3: Extrahierte (Basis)Attribute der GIS-gerecht aufbereiteten Tracking- und Event-Daten 104
Tab. 4: Koordinatenliste des international genormten Fußballfeldes 111
Tab. 5: Gegenüberstellung spielrelevanter Aktionen und erfassten raumzeitlichen Events (* ... Annahme aufgrund fehlender Informationen) 117
Tab. 6: Spielerliste des verwendeten Datensatzes 165
Tab. 7: Allgemeine Informationen über den ausgewählten Spieldatensatz 166
Tab. 8: Benötigte Attribute des Analyse Passes Tools 173
Tab. 9: Benötigte Attribute des Analyse Shots Tools 183
Tab. 10: Exemplarischer Auszug aus den Trajektorien extrahierten Daten über die Laufleistung eines Spielers [Player ID 341179] für den Zeitraum der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 193
Tab. 11: Obligatorische und ubiquitäre Eingabeparameter der mannschaftsspezifischen Analysetools 203
Tab. 12: Benötige Attribute des Analyse Passing Networks Tools 208
Tab. 13: Darstellung einer Passmatrix eines Teams für den Zeitraum einer Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 209
Tab. 14: Länge und Dauer in Ballbesitz während der ersten Halbzeit auf Basis des Analyse Ball Possession Tools (Daten: ProzoneSports) 217
Tab. 15: Parameter der in Abb. 109 dargestellten Standardabweichungsellipsen 229
Tab. 16: Benötigte Attribute des Analyse Compactness Tools 233
Tab. 17: Angaben zur Kompaktheit bei Torabschlüssen innerhalb der ersten Halbzeit (Daten: ProzoneSports) 237
Tab. 18: Richtwerte zur Performanz der entwickelten Tools 277
Tab. 19: Qualitative Bewertung der in Abb. 145 aufgelisteten Kategorien 301

Formelverzeichnis

Formel 1: Lineare Interpolation nach I. NEWTON 74
Formel 2: Geschwindigkeit für einen linearen Streckenabschnitt 74
Formel 3: Berechnung der zur Verfügung stehenden Tracking-Datenpunkte 86
Formel 4: Berechnung der gesamten Spielzeit auf Basis der zur Verfügung stehenden Tracking-Datenpunkte 86
Formel 5: Berechnung der euklidischen Distanz zwischen zwei Punkten in der Ebene 107
Formel 6: Berechnung des arithmetischen Mittelwerts 108
Formel 7: Berechnung des Median 108
Formel 8: Berechnung des SSPI auf Basis gewichteter Distanz- und Winkelwerten 114
Formel 9: Berechnung der Passquote 170
Formel 10: Berechnung des Passrisikos 171
Formel 11: Berechnung der Torschussquote 180
Formel 12: Berechnung des Schussrisikos 181
Formel 13: Berechnung der reellen Erfolgsaussicht eines Torabschlusses 181
Formel 14: Allgemeine mathematische Definition der konvexen Hülle, nach [KLE-97] 184
Formel 15: Berechnung einer konvexen Hülle für drei Punkte, nach [KLE-97] 184
Formel 16: Berechnung der Zentralität eines Spielers 207
Formel 17: Längenbestimmung (Standardentfernungen) beider Halbachsen einer Standardabweichungsellipse ([MIT-09]) 224
Formel 18: Berechnung der Standardentfernung ([MIT-09]) 232
Formel 19: Berechnung normalisierter Koordinaten 241

Abkürzungsverzeichnis

Allgemeine Begrifflichkeiten

CSV	Comma-separated values
DFB	Deutscher Fußballbund
DFL	Deutsche Fußballliga
DLT	Direct Linear Transformation
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAW	Football Association of Wales
FIFA	Fédération Internationale de Football Association
GIS	Geographisches Informationssystem
GLONASS	Globalnaja nawigazionnaja sputnikowaja sistema
GNSS	Globales Navigationsatellitensystem
GPS	Global positioning system
GUI	Graphical User Interface
HTML	Hypertext Markup Language
LPM	Local Position Measurement
MDS	Multidimensional Scaling
NBA	National Basketball Association
ÖFB	Österreichischer Fußballbund
PDF	Portable Document Format
RMS	Root Mean Square
SSSG	Small sided soccer games
UEFA	Union of European Football Associations
XML	Extensible Markup Language

Termini im Kontext der GIS-gestützten Spielanalyse

FC	Feature Class
FDS	Feature Dataset
GDB	Geo Database
GRV	Gruppentaktisches räumliches Verhalten
MPO	Moving Point Object
PIdBF	Player Info dBase-File
SSPI	Spatial Scoring Probability Index
TDB	Tool Dialog Box

Abkürzungen in FC-Bezeichnungen

_{*Frame*}	Frame
_##_##	Analysezeitraum: von bis in Abständen von fünf oder 15 Minuten

_A##	Team A / Jersey Number
_a	After (scoring event)
_B##	Team B / Jersey Number
_b	Before (scoring event)
_{bp_}A	Ballbesitz Team A
_{bp_}B	Ballbesitz Team B
_BC	Ball Contact
_C	Centroids
_CAP	Captures
_DD	Directional Distribution
_def	Defense
_FG	Formation Groups
_GR	Grid
_GT	Gross Time
_int	Intersect
_l	Line Features
_MZ	Multi Zones
_n	Normalised
_NG	No Goalkeeper
_NT	Net Time
_p{Part}	Analysis Part – Nr. der Momentaufnahme
_PL	Single Player
_S_#_#	Score
_SA	Spatial Adjustment
_ST	Starter True
_t{Frame}	Target Frame
_TA	Time Adjustment
_TH	Thirds
_Total	Analysezeitraum: 45 min
H1	First Half
H2	Second Half

Anhang I: 1. Befragungsrunde – Teilstandardisierter Leitfaden

Teilstandardisierter Leitfaden zum Experteninterview:

Experte: ……..

Kürzel: ……

Datum: ……

Uhrzeit: ……...

Durchführungsart: ……

Audio-Filename: ……

Umfragedesign:

- Symbiose von zwei Arten des Experteninterviews:
  - Experteninterview zur explorativen Datensammlung in Form von Betriebswissen (Technisches Wissen)
  - Systematisierendes Experteninterview zur Erhebung von Prozesswissen
- Sampling: Experten entsprechen eine der Zielgruppe (Personen, die Erfahrung im Bereich der Spiel/Video-analyse im Profifußball nachweisen können)
- Praktische Durchführung: Persönlich / Telefonie / IP-(Video)Telefonie, inkl. Audio-Aufzeichnung

☐ **Frageblock I:** Allgemeines

☐ **Frageblock I.I:** Aktuelle Tätigkeit

- Gemäß meiner Recherche *stehen/standen* Sie in einem **Angestelltenverhältnis** bei einem professionellen Fußballverein und *sind/waren* dort im Bereich der Spielanalyse tätig.
  - ☐ Trifft dies **aktuell** noch zu?
  - ☐ Falls ja, **wie viele Mitarbeiter** sind ebenfalls in diesem Bereich tätig?

☐ **Frageblock I.II:** Erfahrung

- Sie wurden aufgrund Ihrer **Erfahrung** im Bereich der Fußball-Spielanalyse für dieses Experteninterview ausgewählt.
  - ☐ In diesem Zusammenhang würde mich interessieren, **wie lange** Sie bereits in diesem Bereich tätig sind?
  - ☐ Zudem wäre es interessant zu wissen, ob Sie bereits für **mehrere Vereine** in diesem Bereich gearbeitet haben?
  - ☐ Falls ja, welche **Liga-Zugehörigkeit** hatten diese Vereine?

☐ **Frageblock II:** Datengrundlage, Analyse- und Visualisierungstechniken

- Im Rahmen meiner Forschungsarbeit interessiere ich mich u.a. dafür, wie innerhalb professioneller Vereine im Bereich der Post-Match Analyse gearbeitet wird.

☐ **Frageblock II.I:** Datengrundlage

- ☐ Könnten Sie bitte in diesem Zusammenhang die **Datengrundlage** für Ihre Analyse beschreiben?
  (Bspw. Videos, Event- bzw. Trackingdaten (Laufwegbestimmungen))
  - ☐ Werden diese Daten eigenständig erhoben, gekauft oder von der Liga zur Verfügung gestellt?
    (Hinsichtlich Videoanalysen: Werden eigene Videos oder TV-Übertragungen herangezogen)

☐ Handelt es sich dabei um **raumbezogene Daten** in Form von Tracking- und Event-Daten?
(Unter raumbezogene Daten verstehe ich sämtliche Daten bzw. Maßzahlen, die räumlich auf dem Spielfeld verortet werden, d.h. mit Koordinatenangaben versehen sind.

☐ **Frageblock II.II:** Analyse

☐ Mit welchen **Methoden** analysieren Sie Spiele und welche **Ziele** verfolgen Sie damit?
(D.h.: Wie analysieren Sie die von Ihnen beschriebenen Daten und was möchten Sie damit erreichen?)

☐ Für welche **vereinsinternen Bereiche** werden Ihre **Analyseergebnisse** verwendet?
(Bspw. Scouting, Spielvorbereitung, Taktikschulungen, etc.)

☐ Führen Sie **Einzelspieleranalysen** getrennt von **Mannschaftsanalysen** durch?

☐ Definieren Sie im Zuge der Analyse selbst **Schlüsselparameter**?
(Unter Schlüsselparameter verstehe ich, Parameter, die für Ihre Analysezwecke von herausragender Bedeutung sind)

☐ **Analysieren** Sie einzelne Aktionen, wie bspw. Torversuche, **getrennt** von anderen Aktionen am Feld, die gleichzeitig stattfinden?
(D.h.: Kombinieren Sie die Analysen des Spiels mit dem Ball mit jenem Spiel ohne Ball Ihrer eigenen Mannschaft?)

☐ Bestimmen Sie im Rahmen der Analyse **Analyseketten**?
(Bsp. Zweikämpfe: Analysieren Sie nur das direkte Ereignis des Zweikampfes oder berücksichtigen Sie auch das, was unmittelbar darauf geschah, bspw. welche Aktionen konnte der Gegner dank des Ballverlustes der eigenen Mannschaft in die Wege leiten?)

☐ Gibt es quantitative **Parameter**, die Ihrer Meinung nach **aussagekräftig** für die Beurteilung der Leistung eines Spielers bzw. der Mannschaft als Kollektiv sind?

  ☐ Wird dabei auch der jeweilige **Kontext** des Spiels berücksichtigt?
  (Unter Kontext des Spiels meine ich bspw. eine Angriffssituation der eigenen Mannschaft, etc.)

☐ Gibt es hinsichtlich der Einzelspieleranalyse **positionsbedingte Unterschiede** bezüglich der Aussagekraft der Parameter?
(Mit positionsbedingt meine ich die taktische Position der Spieler. Analysieren bzw. Interpretieren Sie bestimmte Parameter für bspw. Stürmer anders als vergleichsweise für Verteidiger?

☐ Hinsichtlich der Einzelspieleranalyse, konzentrieren Sie sich dabei ausschließlich auf den ballführenden Spieler oder **berücksichtigen** Sie das komplette **raumzeitliche Gefüge**, d.h. die Anordnung der einzelnen Spieler auf dem Spielfeld?

  ☐ Wird auch dabei der jeweilige **Kontext** des Spiels berücksichtigt?
  (Unter Kontext des Spiels meine ich bspw. eine Angriffssituation der eigenen Mannschaft, etc.)

☐ Berücksichtigen Sie die Komponenten **Raum und Zeit** im Zuge Ihrer Analyse? Wenn ja, wie?

☐ **Gewichten/Klassifizieren** Sie einzelne Aktionen bzw. die Geschehnisse am Feld in Abhängigkeit deren **räumlichen Position** bzw. anhand des **taktischen Kontexts**? Bspw. anhand einer Spielfeld-**Zonierung**?
(D.h.: Bewerten Sie bspw. Fehlpässe innerhalb des Strafraumes anders als jene entlang der Mittellinie?

☐ **Gewichten/Klassifizieren** Sie die ermittelten Aktionen auf Basis der **Spielzeit**?
(D.h.: Schätzen Sie bspw. ein Tor kurz vor der Halbzeit wertvoller ein als ein Tor zwischen der 20. und 30. Minute? Spielt der Zeitpunkt an dem bestimmte Ereignisse vorkommen eine Rolle? Berücksichtigen Sie das?)

☐ Angenommen Sie hätten im Rahmen Ihres Vereins unbegrenzte (finanzielle & technische) Mittel zur Verfügung, wie würden Sie den Analyseprozess gestalten? (**Idealzustand**)

☐ **Frageblock II.III:** Visualisierung

- ☐ Hinsichtlich **Visualisierung** bzw. Präsentation Ihrer Analyseergebnisse würde mich interessieren, welche **Kommunikationsmittel** und **–formen** eingesetzt werden.
  - ☐ Verwenden Sie dabei auch **Karten** oder andere maßstabsgerechte Darstellungen?
    (Unter Karten oder Plänen fallen in diesem Kontext auch bspw. Flipcharts oder Magnettafeln, auf denen das Spielfeld eingezeichnet ist.)
  - ☐ Werden in diesem Zusammenhang auch **interaktive Präsentationsformen** eingesetzt?
  - ☐ Welche vereinsinternen Personen sind die **direkten Empfänger** Ihrer Analyseergebnisse?
    - ☐ Gibt es **unterschiedliche Empfänger**, bei denen sich eventuell die Aufbereitungsart unterscheidet?
      (Bspw. Spieler, Trainer, etc.)

☐ **Frageblock III:** Prozedur

- Abschließend interessiert mich das zugrundeliegende **Prozedere** rund um die Themenbereiche Datenerfassung, Analyse und Visualisierung
  - ☐ **Wie oft** erheben Sie selbst **Daten**?
  - ☐ **Analysieren** Sie nur **ausgewählte oder alle Spiele** Ihrer Mannschaft?
  - ☐ **Wie lange** benötigen Sie für die **Analyse** eines Spiels?
  - ☐ **Wie lange** benötigen Sie für die **Aufbereitung der Präsentation** der Analyseergebnisse?
  - ☐ Handelt es sich bei der **Präsentation** um eine **standardisierte Prozedur**?
    - ☐ Gibt es **festgelegte Zeitpunkte**?
    - ☐ Werden die **Ergebnisse** der gesamten Mannschaft präsentiert oder bestimmter Mannschaftsteile (Abwehr, Mittelfeld, Angriff) oder gar individuell für jeden Einzelspieler?

Anhang II: 1. Befragungsrunde - Interviewprotokolle

Anm.: Auf Basis der während der Interviews aufgezeichneten Tonspuren wurden im Zuge der Informationsaufbereitung zunächst stichwortartige Transkriptionen erstellt, die in weiterer Folge als Quellmaterial für die Anfertigung der nachfolgenden Interview-Protokolle herangezogen wurden. Die Inhalte entsprechen somit ausschließlich den Meinungen bzw. Aussagen der Experten, die in keinerlei Weise ergänzt oder gedeutet wurden. Stellenweise auftretende, sonstige Anmerkungen sind im Text gesondert gekennzeichnet.

Sämtliche Interview-Protokolle wurden anonymisiert, weswegen an geeigneten Stellen weder die Experten, noch deren Vereine bzw. Verbände namentlich genannt werden. Die Angaben zur Uhrzeit beziehen sich jeweils auf die Mitteleuropäische Zeitzone (MEZ) und spiegelt somit die Zeit des Interviewers wider, die nicht zwingend ident mit der Zeit des Interviewpartners sein muss.

Die Interview-Protokolle sind des Weiteren standardisiert, d.h., dass diese in bestimmte Themenbereiche aufgegliedert sind, wodurch die Inhalte zueinander in Beziehung gesetzt werden können. Folgende Bereiche werden unterschieden:

- Hintergrundinformationen
- Datengrundlage der Spielanalyse
- Angewandte Methoden der Spielanalyse
- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse
- Methoden zur Visualisierung und Präsentation
- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Interview-Protokoll 01

Expertenkürzel: E01
Durchführungsdatum: 11.12.2014
Uhrzeit: 21:47 – 22:17
Durchführungsart: via Skype

- Hintergrundinformationen

Der Experte war Teil einer rund 40-köpfigen Analystengruppe, die im Auftrag eines nationalen Fußballverbandes, nicht nur die Spiele der eigenen Nationalmannschaft, sondern auch die Partien deren Gegner analysierte. Dabei wurden sowohl Vorbereitungs- als auch Qualifikationsspiele zur FIFA-Weltmeisterschaft 2014 in Brasilien und deren Endrundenspiele, in Kleingruppen, analysiert.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Als Datengrundlage standen dem Analysten primär Videos zur Verfügung, die von einem externen Datenanbieter über eine Online-Plattform bereitgestellt wurden. Ferner konnte auf Tracking- und Eventdaten der Spiele zurückgegriffen werden, die jedoch nicht im Fokus der Analyse standen.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Hinsichtlich der zugrundeliegenden Methodik der Spielanalyse gab der Experte an, dass der nationale Verband den Analysten ein bereits ausgearbeitetes Konzept vorlegte, das u.a. einen Analyse-Leitfaden zur Orientierung beinhaltete. Die Gestaltung des tatsächlichen Analyseprozesses war jedoch den einzelnen Analysten, gemäß ihren eigenen Stärken und Schwächen, selbst überlassen. Während hierbei den Experten großzügige Freiheiten eingeräumt wurden, musste hingegen das Endprodukt der Analyse, das einer Zusammenfassung aller Teilberichte entsprach, einheitlich sein. Praktisch gesehen wurde ein Spiel innerhalb von Kleingruppen zunächst retrospektiv beobachtet und daran anschließend Aufgaben an die Gruppenmitglieder verteilt. Am Ende der Analyse wurden die einzelnen Ergebnisse zusammengefasst sowie mehrmals überprüft, um somit subjektive Einflüsse größtenteils auszuschließen.

Bei der Gegner- und Eigenspieleranalyse sollten vor allem auffällige Muster im Spielgeschehen erkannt werden, wobei des Weiteren versucht wurde, die Analyseergebnisse *„visueller“* darzustellen bzw. zu präsentieren. Hierbei sollten die Analysten versuchen, sich selbst in die Spieler hineinzuversetzen. Die Fokussierung auf die Einzelspieler steht dabei im Einklang mit dem Primärziel der durchgeführten Spielanalysen, da den Nationalspielern bei ihrer Vorbereitung ihre individuellen Stärken und Schwächen veranschaulicht werden sollten. Darüber hinaus sollten die Spieler für Statistiken bzw. deren Nutzen sensibilisiert werden.

Die aggregierten Analyseergebnisse wurden direkt an höhere Verbandsebenen weitergeleitet, weswegen der Experte über die expliziten Anwendungsbereiche der Ergebnisse innerhalb des Verbandes nur spekulieren kann. Er geht jedoch davon aus, dass die gewonnenen Erkenntnisse in erster Linie für die Spielvorbereitung herangezogen wurden.

Der Experte vertritt die Meinung, dass die Einzelspieleranalyse *„Hand in Hand“* mit der Mannschaftsanalyse einhergeht, wobei die beiden Bereiche jedoch klar voneinander differenziert werden können. Konkrete Anwendungsfälle müssen allerdings in Bezug auf die spezifischen Aufgabenbereiche des Analysten betrachtet werden. Fällt ein Spieler bei der Analyse der Abwehrkette auf, muss dieser auch gesondert beobachtet werden.

Das Konzept enthielt definierte Schlüsselparameter, die in mehreren Kategorien aufgegliedert wurden. Die Unterteilung basierte im Wesentlichen auf Unterschiede zwischen Offensive und Defensive sowie zwischen Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse. Dabei wurden einzelne Parameter, wie *„Fehlpässe“*, zu übergeordneten Indikatoren zusammengesetzt.

Die Differenzierung zwischen Angriffs- und Verteidigungssituationen verdeutlicht, dass der Kontext des Spiels berücksichtigt wurde. Es wurde sowohl der ballführende Spieler, als auch das Verhalten der Spieler ohne Ball analysiert. Hierfür wurden Analyseketten bestimmt. Diesbezüglich gab der Experte an, dass alles, was mit der Aktion zu tun haben könnte, mit einbezogen wurde.

Der Experte bejahte des Weiteren, dass es quantitative Parameter gibt, die aussagekräftig für die Leistungsbeurteilung eines Spielers bzw. einer ganzen Mannschaft sind, betonte dabei auch, dass eine differenzierte Betrachtung unumgänglich ist. Bspw. wird der *„Ballbesitz"* eines Teams bzw. deren *„Torversuche"* als grundlegende Faktoren angesehen, da diese die *„Gefährlichkeit"* bzw. den *„Grad der Spielbestimmung"* einer Mannschaft widerspiegeln können. Konträr dazu hat, laut Meinung des Experten, die Vergangenheit jedoch gezeigt, dass auch Kontermannschaften erfolgreich Fußball spielen können. Des Weiteren betrachtet der Experte die *„Zweikampfquote"* als einen bedeutenden Indikator. Diesbezüglich merkte der Experte an, dass die Schnelligkeit eines Angriffs kaum analysiert wird. Untersuchungen müssten die *„Passanzahl im letzten Spielfelddrittel"* mit einbeziehen, wobei kurze, lange sowie hohe Pässe voneinander differenziert werden müssen. Ähnliche Auswertungen wären, gemäß der Meinung des Experten, auch für den Defensivbereich interessant.

Positionsbedingte Unterschiede der Parameter werden vom Experten anerkannt, da ein Angreifer andere Zweikampfwerte aufweist, als vergleichsweise ein Verteidiger. Zwar gibt es, seiner Meinung nach, auch positionsspezifische Indikatoren, die Mehrheit an Maßzahlen kann jedoch positionsübergreifend verwendet werden.

Bezogen auf die Berücksichtigung von Raum und Zeit gab der Experte an, dass diese zwei Komponenten während der gesamten Analyse berücksichtigt wurden, wobei das ganzheitliche raumzeitliche Gefüge an Spielern beobachtet wurde. Die Komponente Raum war, gemäß dem Experten, von außerordentlicher Bedeutung. Im Vergleich dazu hatte die Komponente Zeit hingegen einen geringeren Stellenwert. Der Raum wurde als *„das Wichtigste"* angesehen, da es, nach Meinung des Experten, im Fußball vorzugsweise darum geht, *„Räume zu schaffen"*, *„Lücken zu reißen"* usw. Zur besseren Veranschaulichung räumlicher Spielaspekte wurde das Spielfeld klassisch in ein Abwehr-, Mittel- und Angriffsdrittel unterteilt. Zusätzlich wurden noch weitere Zonierungsvarianten verwendet. Das exakt räumlich verortete Auftreten bestimmter Aktionen wurde hingegen nicht berücksichtigt. Vielmehr waren Analyseketten interessant, um z.B. der Frage nachzugehen, wie es überhaupt zu einem bestimmen Ereignis kommen konnte? Der Faktor Zeit wurde, obwohl dieser als bedeutsam erachtet wird, bei Analysen nicht explizit berücksichtigt.

- „Die" ideale Fußball-Spielanalyse

Bezogen auf diesen Themenbereich merkte der Experte zunächst an, dass hierbei eine Differenzierung zwischen einer Nationalmannschaft und eines Vereins notwendig ist, da sich vor allem die Spielvorbereitung in den beiden Bereichen stark voneinander unterscheidet. In beiden Fällen muss allerdings „die" Spielanalyse so detailreich wie möglich gestaltet sein. Dabei muss jedoch akzeptiert werden, dass bestimmte Faktoren, wie der „Zufall" oder etwaige „Fehlentscheidungen des Unparteiischen" nicht berücksichtigt werden können. Aus diesem Grund ist es wichtig, mehr Daten zu sammeln, um die bestehenden Statistiken zu erweiterten sowie auf Basis dessen neue Parameter zu definieren. Exemplarisch nannte der Experte hierfür positionsspezifische „Laufwege" und das „Verhalten von Spielern nach bestimmten Aktionen", möglicherweise in Kombination mit Eye-Tracking Studien.

Des Weiteren merkte der Experte an, dass unabhängig von der Analysetechnik, die direkte Kommunikation mit den Spielern essenziell ist. Bspw. im Verlauf von Gesprächen über Themen, wie sich die Spieler in bestimmten Situationen verhalten würden, wie sie es gelernt haben usw.? Der Experte vertrat die Meinung, dass Methodik und Technik der Spielanalyse noch nicht ausgereizt

sind, da sich der Fußball, aufgrund des technologischen Fortschritts, ständig weiterentwickeln wird. Aus diesem Grund werden engere Kooperationen mit Unternehmen als sehr fruchtbar angesehen.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Die mehrfach kontrollierten Analyseergebnisse wurden zunächst dem Gruppenchef übergeben, der die ausgearbeiteten Endberichte innerhalb des Verbandes an den Führungsstab weiterleitete. Ohne weiter ins Detail zu gehen, gab der Experte an, dass die Analyseergebnisse auf unterschiedliche Art und Weise visualisiert wurden.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Die effektive Dauer des Analyseprozesses ist, laut dem Experten, nicht nur von den spezifisch zugeteilten Aufgaben, sondern auch von der Gruppengröße abhängig, weswegen diesbezüglich keine Pauschalaussagen getroffen werden können. Zeitliche Differenzen konnte der Experte zwischen Vorbereitungs- und Turnierspielen sowie zwischen Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse beobachten. Nach Einschätzung des Experten betrug der Zeitaufwand für die Analyse eines Spiels ein paar Tage.

Abschließend gab der Experte an, dass die Ergebnisse allen Spielern der Nationalmannschaft sowohl individuell, als auch als Team vorgelegt wurden. Ferner betrafen Teile der Analyse nur bestimmte Mannschaftsteile, wie etwa die Abwehrreihe.

Interview-Protokoll 02

Expertenkürzel: E02
Durchführungsdatum: 04.12.2014
Uhrzeit: 09:30 – 10:08
Durchführungsart: via Skype (zu Festnetz)

- Hintergrundinformationen

Zum Zeitpunkt des Interviews konnte der Experte bereits auf eine langjährige Erfahrung im Bereich der Spielanalyse bei mehreren Vereinen im In- und Ausland zurückblicken. Bei seinem aktuellen Verein teilt sich der Experte vereinsintern die Arbeit im Bereich der Spielanalyse mit einem weiteren Kollegen. Es wurde hierzu erwähnt, dass die Spiel- von der Spieleranalyse, dem Scouting, unterschieden werden muss.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Vereinsintern basiert die Analysetätigkeit, gemäß dem Experten, auf drei wesentlichen Datenquellen: Videomaterial, Scouting-Daten, wie *„Passwerte“*, *„Zweikampfwerte“*, etc. [Anm.: = Event-Daten] sowie Tracking-Daten. Die raumbezogenen Daten werden dabei von der Liga allen teilnehmenden Vereinen zur Verfügung gestellt. Hierbei merkte der Experte an, dass innerhalb der Vereine entweder eine clubinterne Software verwendet oder mit einem externen Dienstleister zusammengearbeitet wird.

Das verwendete Videomaterial kann auf Basis der zugrundliegenden Datenquelle in drei verschiedene Kategorien unterteilt werden. Einerseits werden TV-Aufnahmen von *Sky* ([URL-43]) verwendet sowie andererseits das so genannte *Scouting Feed* von *SPORTCAST* ([URL-44]). Bei letzterem handelt es sich um ein spezielles Analysevideo, das mit einer Weitwinkelkamera aufgenommen wird, damit alle Spieler gleichzeitig beobachtet werden können. Diese Videos werden von der Liga erworben und in weiterer Folge den Vereinen zur Verfügung gestellt. Daneben steht das Bildmaterial der Tracking-Kameras zur Verfügung, wobei die zusammengefügten Aufnahmen ein Panoramabild ergeben. Im praktischen Einsatz wird, nach Aussage des Experten, jedoch hauptsächlich das *Scouting Feed* verwendet bzw. bei strittigen Situationen auch das TV-Bild herangezogen.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Hinsichtlich der Analysemethodik gab der Experte an, dass diese in erster Linie von der Datengrundlage abhängt. Grundsätzlich wird eine Analyse vom Gegner sowie von der eigenen Mannschaft gemacht, die es zu unterscheiden gilt.

Hinsichtlich der Gegneranalyse werden die ermittelten Ergebnisse in erster Linie an den Trainerstab und somit indirekt an die Mannschaft weitergeleitet. Bei der Analyse der eigenen Mannschaft werden hingegen die Spiele nach bestimmten Grundlagen ausgewertet, wobei die Ergebnisse in vollem Umfang an das Trainerteam und in Einzelfällen den Spielern in reduzierter Form übermittelt werden.

Der Experte sieht die Einzelspieleranalyse nicht als Teil der Mannschaftsanalyse, da vor allem innerhalb der Liga die Gegner bekannt sind und deshalb für die Gegnervorbereitung eine Einzelspieleranalyse nicht notwendig ist. Vielmehr liegt hierbei der Fokus auf mannschafts- bzw. gruppentaktischen Analysen. Allerdings, so räumte der Experte ein, kann bei Bedarf auch im Zuge einer Gegneranalyse eine klassische Einzelspieleranalyse durchgeführt werden. Dies betrifft jedoch i.d.R. nur Neuverpflichtungen des Gegners, wobei Spielercharakterisierungen erstellt und anhand von bis zu fünf Videozusammenschnitten veranschaulicht werden.

Qualitative Schlüsselparameter werden vorrangig im Zusammenhang mit dem Spielaufbau, Offensiv- und Defensivaktionen sowie Standards definiert. Gemäß den Aussagen des Experten ebnen

diese vier Hauptbereiche den Weg zu weiteren detailreichen Analysen. Dabei wird versucht, folgende Fragen zu beantworten: *„Wie spielt der Gegner gegen den Ball?“*, *„Wie ist der Gegner gestaffelt?“* oder *„Wo ergeben sich Räume?“*

Scouting- und Tracking-Daten, die quantitativen Werten entsprechen, wurden bei der Spielanalyse berücksichtigt, da diese Rückschlüsse, z.B. auf die Spielerentwicklung, ermöglichen. Diesbezüglich merkte der Experte jedoch an, dass derartige Untersuchungen ausschließlich für die eigene Mannschaft betrieben werden. Allerdings muss gleichzeitig auch bedacht werden, dass quantitative Parameter, wie die *„Laufdistanz“* keinerlei Hinweise auf die Qualität einer Mannschaft liefern. Es ist, nach Meinung des Experten, irrelevant, wie viele Angriffe über die linke oder rechte Seite stattfanden. Deshalb ist eine qualitative Spielauswertung, die ergänzend quantitative Parameter verwendet, zu bevorzugen.

Der Experte gab an, dass für die Spielauswertung die gesamte Mannschaft interessant ist, d.h., dass auch das Stellungsspiel des Torwarts beobachtet werden muss. Eine isolierte Beobachtung des ballführenden Spielers ist, laut Aussage des Experten, nicht zielführend. Es wurde angemerkt, dass es die Pflicht eines jeden Analysten sei, alles in Betracht zu ziehen. Dies beinhaltet Fragen wie etwa: *„Rückt die Mannschaft richtig ein?“*, *„Funktioniert das Nachschieben?“*, etc. Zur Beantwortung derartiger Fragen ist es daher notwendig, das Gesamtgefüge zu beobachten, wobei zusätzlich mannschafts-, gruppen- und individualtaktische Aspekte unterschieden werden müssen.

Die Berücksichtigung des Kontexts des Spiels wird vom Experten als enorm wichtig angesehen, da Pauschalaussagen unzulässig sind. Aus diesem Grund müssen auch Analyseketten in den Fokus der Analyse gerückt werden. Bei der Auswertung ist es, laut des Experten, auch bedeutsam, die taktische Ausrichtung zu beachten, da nicht nur positionsbedingte Unterschiede, bezogen auf quantitative Parameter, vorliegen.

Der Experte betonte, dass zwischen der Brutto- und der Netto-Spielzeit unterschieden werden muss. Letztere entspricht jener Zeit, innerhalb derer der Ball im Spiel ist und beträgt, laut Aussage des Experten, in der Deutschen Bundesliga zwischen 55 und 65 Minuten. Aufgrund dieser großen Diskrepanz zwischen Brutto- und Netto-Spielzeit ist es notwendig, z.B. die Laufdaten in Relation zu setzen. Auf die Bruttozeit bezogene Laufdaten sind für den Analysten uninteressant. Der Experte bedauerte hierbei, dass derartigen Parametern in den Medien oftmals zu viel Bedeutung beigemessen wird. Quantitative Parameter sind für ihn, nach eigener Erklärung, nur dann aufschlussreich, wenn mehrere Spiele von der gleichen Mannschaft beobachtet und zueinander in Beziehung gesetzt werden, um auf Basis dessen Trends abzuleiten. Der Experte kritisierte die Verwendung von Heatmaps, da diese *„wenig hilfreich“* sind und er keinen Kollegen aus der ersten oder zweiten deutschen Bundesliga kenne, der tatsächlich mit Heatmaps arbeitet. *„Es ist zwar gut für das Fernsehen, nett anzusehen, aber es versteht ohnehin niemand von den Leuten.“*

Auf die Frage nach der Berücksichtigung der Komponenten Raum und Zeit, antwortete der Experte, dass eine Drittelung entlang der Seitenlinie im Profi-Fußball gängig ist. Anhand dessen gewichtet der Experte einzelne Parameter, da bspw. im Angriffsdrittel mehr Risiko eingegangen werden kann und somit Zweikampfwerte niedriger sein können. Jedoch werden hierbei nur Videoanalysen durchgeführt, weswegen eine zusätzliche vertikale Zonierung, aufgrund der subjektiven Wahrnehmung, schwierig ist. Der Experte gab hierzu an, dass hierfür keine raumbezogenen Tracking-Daten verwendet werden. Visuell erkennbare vertikale Zonierungen sind nur im Training möglich, indem der Trainingsplatz schachbrettartig gemäht wird. Bezüglich des Faktors Zeit, wird das temporale Auftreten von Aktionen nicht berücksichtigt, da hierfür der Mehrwert bezweifelt wird. Ergänzend wurde angemerkt, dass *„Zufall“* und *„Glück“* eine Rolle spielen, jedoch nicht quantifiziert werden können.

- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse

Für den Experten umfasst „die“ ideale Fußball-Spielanalyse regelmäßige Halbzeitanalysen, die auf Live-Analysen des Spiels basieren. Des Weiteren wäre es interessant, wenn das Trainerteam bereits während des Spiels über zusätzliches Videomaterial verfügen könnte, um auf Basis dessen, Live-Interventionen durchzuführen. Dies sei jedoch, laut Experten, zurzeit noch von den Ligen verboten. Bezogen auf das Schlagwort „Big Data“ räumte der Experte ein, dass die Vereine vor großen Herausforderungen stehen, vor allem was die Filterung der größer werdenden Datenmengen betrifft.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Die direkten Empfänger der Analyseergebnisse sind primär das Trainerteam, jedoch vereinzelt auch die Spieler selbst. Während der Chef-Trainer das umfassendste Material zur Verfügung gestellt bekommt, wird dem Torwarttrainer nur eine erweiterte Einzelspieleranalyse weitergeleitet. Zudem bekommen auf Anfrage die Vorstände und der Sportdirekter Zugang zu den Analyseergebnissen.

Die Präsentation erfolgt, nach Aussage des Experten, hauptsächlich videobasiert, wobei zusätzlich Parameter, wie Laufdaten (Start/Stop/Bewegung, Sprintwerte) besprochen werden. Hierbei besteht, nach Meinung des Experten, die Pflicht in jederlei Hinsicht Feedback über Stärken und Schwächen zu liefern. Der Umfang des Videomaterials beträgt für das Trainerteam rund 20 Minuten, die finale Version für die Spieler hingegen nur noch rund zehn Minuten.

In Abhängigkeit der Gegebenheiten werden der gesamten Mannschaft die selektierten Szenen mittels Laptop und Beamer präsentiert. Dies ist jedoch insbesondere bei Auswärtsspielen sehr aufwendig, da die räumlichen Rahmenbedingungen innerhalb der gegnerischen Kabinen nicht beeinflusst werden können. Gelegentlich werden aber auch interaktive Whiteboards, Touchscreens sowie Flipcharts und Magnetwände verwendet.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Der Experte gab an, dass zwei- bis dreimal pro Woche zusätzlich zu den Bewerbsspiele auch die Trainingseinheiten getrackt und ausgewertet werden. Im Zuge einer Spielanalyse werden 80 bis 110 Videoszenen ausgewählt und in einer Datenbank archiviert. Dieser Prozess nimmt in zwei bis drei Stunden in Anspruch, wobei gleichzeitig eine kontext- und ballgebundene Klassifizierung der einzelnen Szenen erfolgt.

Hingegen bedarf die Gegneranalyse, bei der nicht nur Videos zusammengeschnitten werden, sondern auch Daten ausgewertet und ein schriftlicher Bericht angefertigt wird, rund zwei bis drei Tage. Dabei werden sukzessive Informationen, sobald diese bereitstehen, der Mannschaft weitergeleitet. Hierbei gibt es eine klare Diskrepanz zwischen der Gegneranalyse und der Analyse der eigenen Mannschaft, die innerhalb eines Tages durchgeführt werden muss.

Findet ein Spiel am Samstagnachmittag statt, bekommen die Spieler bis spätestens Dienstag eine Rückmeldung, wobei u.a. Gruppensitzungen (z.B. nur Mittelfeldspieler) oder Individualanalysen zusammen mit dem Analysten abgehalten werden.

Interview-Protokoll 03

Expertenkürzel: E03
Durchführungsdatum: 21.11.2014
Uhrzeit: 09:59 – 10:47
Durchführungsart: via Skype (zu Festnetz)

- Hintergrundinformationen

Der Experte teilt sich mit einem weiteren Kollegen vereinsintern die Arbeit in der Abteilung Spielanalyse, die ausschließlich für die Kampfmannschaft zuständig ist. In den Jugendabteilungen des Vereins wird dieser Aufgabenbereich meist von den Co-Trainern übernommen.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Hinsichtlich der Datengrundlage gab der Experte an, dass u.a. Videos sowie Scouting/Event- und Tracking-Daten für die Spielanalyse verwendet werden. Die raumbezogenen Daten, die von der Liga bereitgestellt werden, stammen ursprünglich von *ChyronHego* ([URL-27]) bzw. *Opta* ([URL-21]). Zusätzlich werden weitere Daten in Zusammenarbeit mit einem Datenanbieter selbst erhoben.

Bezogen auf die Videos werden sowohl TV-Übertragungen, als auch eigene Aufnahmen verwendet. In Abhängigkeit der Situation kann auf Videomaterial zurückgegriffen werden. Für Liga-Spiele steht das *Scouting Feed* von *SPORTCAST* ([URL-44]) für Analysezwecke zur Verfügung, das, laut Aussage des Experten, in 70 % aller Fälle verwendet wird. Der Rest entfällt zu 20 % auf eigene Aufnahmen, vor allem bei Test- und Vorbereitungsspielen sowie 10 % auf die TV-Bilder von *Sky* ([URL-43]).

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Der Experte vermerkte, dass es unterschiedliche Kategorien gibt, nach dem ein Spiel analysiert werden kann. Bezogen auf die Event- und Trackingdaten geht es in erster Linie darum, diese zu filtern und den Trainern zur Verfügung zu stellen. Anhand dieser Daten sollen, in Kombination mit Empfehlungen der Analysten, Rückschlüsse auf das Spielgeschehen gemacht werden können. Hingegen wird das Videomaterial geschnitten und zusammengefasst, um wesentliche Elemente des eigenen Spiels herauszukristallisieren. Dabei sollen zusätzlich sowohl positive, als auch negative Szenen einzelner Spieler präsentiert werden.

Die Analyseergebnisse werden vereinsintern für taktische Schulungen sowie für die Spielvor- und –nachbereitung verwendet. In diesen Prozessen stellt der Experte lediglich das Ausgangsmaterial für die Analyse, die das Trainerteam vornimmt, bereit.

Die gesamte Mannschaft wird als Kollektiv analysiert, es sei denn, wenn einzelne Spieler sich besonders aus der Masse hervorheben. In derartigen Fällen wird versucht, gute bzw. schlechte Spielszenen mit Hilfe der quantitativen Daten zu belegen. Der Experte erwähnte hierzu, dass Schlüsselparameter zwar vereinsintern definiert werden, Details dazu jedoch nicht geteilt werden können. Des Weiteren wurde angegeben, dass gelegentlich das Spiel mit dem Ball in Kombination mit jenem Spiel ohne Ball analysiert wird, wobei u.U. auch Analyseketten berücksichtigt werden.

Der Experte betonte, dass bestimmte Spielerpositionen Qualifikationen mit sich bringen, weshalb Parameter in Hinblick auf die taktische Spielerposition zu interpretieren sind. *„Es nützt nichts, wenn ein schneller Spieler auf die Sechser-Position gestellt wird, der jedoch im Umschaltspiel Schwächen aufweist und die Lücken nicht schnell schließen kann."* Gleichzeitig müssen, nach Meinung des Experten, die aktuelle taktische Ausrichtung der gesamten Mannschaft sowie der Kontext des Spiels, für die zu analysierenden Spielsituation berücksichtigt werden.

Betreffend quantitativen Parametern mahnt der Experte zur Vorsicht, da es *„Eckdaten und Felder"* gibt, zwischen denen sich Mannschaften bewegen, diese jedoch vom Spiel abhängig sind. Die

gegnerische Mannschaft wird hierbei als unbekannter Faktor angesehen, da diese die taktische Ausrichtung beider Teams dynamisch beeinflusst. Zusammenfassend hielt der Experte fest, dass sich der Spielplan bzw. die Matchidee aufgrund der Ausrichtung auf den Gegner ständig ändert.

Der Experte betonte, dass das gesamte raumzeitliche Gefüge beobachtet wird, wobei unterschiedliche Perspektiven zu unterscheiden sind. Bspw. kann ein Spieler isoliert von seiner Mannschaft oder als dessen Teil betrachtet werden.

Konkret bezogen auf die räumliche Komponente gab der Experte an, dass eine Drittelung des Spielfeldes vorgenommen wird sowie weitere Zonierungsvarianten bei Bedarf vorgenommen werden. Das zeitliche Auftreten einzelner Aktionen wird hingegen nicht berücksichtigt. Allerdings verdeutlichte der Experte, dass *„In erster Linie […] taktische Maßnahmen in Abhängigkeit der Zeit analysiert.“ werden.*

- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse

Für den Experten besteht ein wesentlicher Gewinn darin, wenn ein Spiel *„relativ zeitnah“*, d.h. alsbald nach dem Spiel anhand des Videomaterials *„analytisch zerlegt“* wird. Zusammenschnitte bedeutender Spielszenen sollten noch am selben Tag dem Trainerteam zur Verfügung stehen. Hinsichtlich der Event- und Tracking-Daten gab der Experte an, dass diese aktuell parallel zum Spiel geliefert werden, womit diese Aufgabe bereits gut gelöst wird.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Der Experte ist, laut eigener Aussage, primär für die Aufbereitung aussagekräftiger Spielszenen zuständig, die anschließend via Tablet, Laptop oder einem interaktiven Whiteboard präsentiert werden. Gelegentlich werden zusätzliche Hilfsmittel, wie z.B. Flipcharts, Magnettafeln, etc. verwendet. Hierzu deutete der Experte an, dass sich hierbei hauptsächlich um nicht interaktive Präsentationsformen handelt.

Die direkten Empfänger der Analyseergebnisse sind die Mitglieder des Trainerteams, die allesamt das gleiche Analysematerial zur Verfügung gestellt bekommen.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Laut Aussage des Experten werden sämtliche Spiele der Kampfmannschaft analysiert, wofür pro Spiel durchschnittlich zwei Stunden aufgewandt werden müssen. Für den Zusammenschnitt der einzelnen Spielszenen müssen weitere 45 bis 60 Minuten investiert werden. Hierbei unterscheidet sich die Aufbereitungsweise von der Zielgruppe, die entweder die gesamte Mannschaft bzw. Teile davon, wie bspw. die Abwehrreihe oder Einzelspieler entsprechen kann.

Interview-Protokoll 04

Expertenkürzel: E06
Durchführungsdatum: 18.11.2014
Uhrzeit: 09:00 – 09:45
Durchführungsart: via Skype (zu Mobilnetz)

- Hintergrundinformationen

Zum Zeitpunkt des Interviews konnte der Experte bereits bei zwei Vereinen Erfahrung im Bereich der Spielanalyse sammeln. Bei seinem aktuellen Arbeitgeber sind insgesamt fünf Personen in diesem Bereich tätig, wobei diese Angabe sämtliche Altersklasse umfasst.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Laut Aussage des Experten werden innerhalb der vereinsinternen Analyseabteilung in erster Linie Videoaufnahmen herangezogen, da sich dieses Datenmaterial exzellent für die Darstellung bestimmter Spielszenen eignet. Event- und Trackingdaten, die von einem externen Datenanbieter bezogen werden, werden hingegen primär im Fitnessbereich verwendet und nicht explizit für die Spielanalyse. Obwohl diese Daten mit Hilfe von *SportsCode* von *Sportstec* ([URL-45]) in die Videoaufnahmen eingebettet werden könnten, wird dies, laut Experten, deswegen nicht gemacht, da eigene Datenkategorien codiert werden.

Speziell bezogen auf Tracking-Daten gibt der Experte an, dass für die Kampfmannschaft die Daten von *Impire* ([URL-24]) und für Nachwuchsmannschaften die Daten von *Abatec* ([URL-46]) geliefert werden. Da diese Daten allerdings nur graphisch bereitgestellt werden, können keine Beschleunigungsdaten auf Basis von exakten Koordinateninformationen berechnet werden.

Zusätzlich werden für alle Liga-Spiele der Kampfmannschaft eigene Videos aufgenommen und nur bei Bedarf auf TV-Aufnahmen, die von *InStat Scout* ([URL-47]) bereitgestellt werden, zurückgegriffen. Die eigenen Aufzeichnungen liefert eine 360° Kamera, womit das gesamte Spielfeld beobachtet werden kann. Nach Aussage des Experten werden die Trainingseinheiten ebenfalls gefilmt.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Der Experte gab an, dass die zur Verfügung gestellten Daten graphisch in Form von Heatmaps, in Kombination mit der taktischen Position der Spieler, dargestellt werden. Die Erstellung dieser Abbildungen erfolgt mit Hilfe einer eigens programmierten Software, wobei zusätzlich bestimmte Situationen wie *„Zweikämpfe“*, *„Ballaktionen“*, *„Sprints“* usw. aufgezeichnet werden.

„Sprints“ bzw. der *„intensive Laufanteil“* sowie *„Abbremsen“* und *„Beschleunigungen“* werden, laut Aussage des Experten, als sehr wichtig erachtet, weswegen vereinsintern Definitionen aufgestellt wurden. Laut dem Experten stellen Stop-and-Go-Bewegungen enorme Belastungen für die Muskeln der Spieler dar, weshalb diese Faktoren für die Fitnessabteilung des Vereins von besonderem Interesse sind. Gleichzeitig bedauerte der Experte, dass Daten aktuell nur in Trainingseinheiten erhoben werden können.

Für die gesamte Mannschaft wurde, laut Angabe des Experten, ein Indexwert erstellt, der in erster Linie für das Scouting von Interesse ist, um zu prüfen, ob ein Spieler zur Mannschaft passt oder nicht. Des Weiteren dient die Analyse im Wesentlichen zur Spielvor- und -nachbereitung. Der Experte gab an, dass im Zuge der Analyse Schlüsselparameter definiert werden, die vorrangig technisch/taktischer Natur sind, wie etwa *„Ballbesitz“*. Hierbei sind jene Zonen interessant, innerhalb derer Ballgewinne erzielt wurden. Ein weiterer bedeutender Parameter spiegelt die *„Dauer von der Balleroberung bis zum Torabschluss“* wider.

Die Einzelspieleranalyse wird getrennt von der Mannschaftsanalyse durchgeführt. Dabei wird, gemäß dem Experten, sowohl auf das Spiel mit dem Ball, als auch jenem Spiel ohne Ball. In diesem

Kontext ergeben sich Fragen, wie etwa: *„Wie viele km werden bei gegnerischem Ballbesitz gelaufen?"* Diesbezüglich verdeutlichte der Experte, dass der Kontext des Spiels berücksichtigt werden muss.

Da die zur Verfügung gestellten raumbezogenen Event-Daten auf nicht einsehbaren firmeninternen Definitionen basieren, müssen die einzelnen Events mit den vereinsinternen Definitionen gegenübergestellt werden, um diese zu evaluieren. Bspw. entspricht ein Ballgewinn mit anschließendem Fehlpass vereinsintern einer negativen Ballführung, wobei in diesem Sinne auch Analyseketten berücksichtigt werden.

Der Experte benannte aussagekräftige quantitative Parameter, die sich auf Einzelspieler beziehen, wie etwa der *„intensive Anteil der Laufleistung"* oder die *„Zweikampfstärke"*. Bezogen auf die Mannschaft sind insbesondere die *„Abstände zwischen den Spielern"* bzw. die *„Abstände zwischen den einzelnen taktischen Reihen"* zu nennen. Zudem ist der *„gesamte Abstand zwischen dem vordersten Stürmer und dem letzten Verteidiger"* vor allem für die Analyse der ballorientierten Raumdeckung von herausragendem Interesse.

Die Analysten versuchten, nach Angabe des Experten, für alle taktischen Positionen bestimmte Richtwerte zu setzen, da bspw. Innen- im Unterschied zu Außenverteidigern andere Spielerprofile aufweisen. Derartige Benchmarks werden jedoch hauptsächlich für das Scouting verwendet. Nichtsdestotrotz werden, bezogen auf bestimmte Parameter, positionsbedingte Unterschiede berücksichtigt.

Für den Experten ist die räumliche Komponente sehr interessant [Anm.: siehe Verwendung von Heatmaps und die Analyse bestimmter Spielerabstände], weswegen auch eine Zonierung des Spielfeldes vorgenommen wird. Dabei wird das räumliche Auftreten bestimmter Aktionen auf dem Spielfeld, auf Basis einer Einschätzung des Analysten, vermerkt. Hierbei wird bei vertikalem Spiel versucht, den Raumgewinn bzw. -verlust zu quantifizieren, wobei jedoch nicht die zur Verfügung stehenden raumbezogenen Daten verwendet werden, sondern ausschließlich auf die subjektive visuelle Wahrnehmung vertraut wird.

Bezogen auf die zeitliche Komponente, gab der Experte an, dass das temporale Auftreten von Ereignissen zwar vermerkt, jedoch nicht ausgewertet wird.

- „Die" ideale Fußball-Spielanalyse

Der Experte vertrat die Meinung, dass „die" ideale Spielanalyse unabhängig zu anderen Systemen sein muss und innerhalb eines Vereins ein einheitliches System implementiert werden müsste. Dieses sollte in der Lage sein, Daten selbstständig aufzuzeichnen. Zudem sollte die gleiche Hardware für Trainingseinheiten und Wettkampfspiele verwendet werden.

Nach Meinung des Experten, ist die Erstellung eines Übungskataloges, auf Basis der gewonnenen Daten unerlässlich. Darin sollten sämtliche festgelegten Übungen mit einem Faktor versehen werden, der die Anstrengung der Übung widerspiegelt. Mit Hilfe dieser Maßnahme sollte es möglich sein, das Training in Hinblick auf die Spielvorbereitung ideal zu steuern. Im Anschluss an das Spiel müsste eine Gegenüberstellung der Daten erfolgen, um somit eine Evaluierung der Spielerleistung zu ermöglichen.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Gemäß des Experten werden primär bereits selektierte Spielszenen mittels *SportsCode* präsentiert, die im Vorhinein mit dem Trainerteam abgesprochen wurden. Im Zuge der Präsentation kommt es zu einem Vergleich der Szenen mit dem Matchplan. Dabei kann zusätzlich auf eine vereinsinterne Datenbank, in der aktuelle Trainings- und Spieldaten aller Vereinsspieler gespeichert sind, zurückgegriffen werden. Basierend darauf können Trends abgeleitet und graphisch dargestellt werden.

Der Experte gab an, dass die Präsentationsform stark in Abhängigkeit des Trainers variiert, was insbesondere die Einbindung der Spieler in den Analyse- bzw. Auswerteprozess betrifft. Die Analyseergebnisse werden in Form von Animationen präsentiert, wobei aber auch Magnettafeln u.dgl. verwendet werden.

Die direkten Empfänger der Analyseergebnisse sind in erster Linie Mitglieder des Trainerstabs, bestehend aus Chef-, Co- und Athletiktrainer sowie der Sportdirektor, wobei die Verteilung des Analysematerials via *Dropbox* ([URL-52]) erfolgt. Während der Chef-Trainer eine auf den taktischen Bereich komprimierte Fassung des Analyseergebnisses bekommt, wird dem Co-Trainer das gesamte ausgewertete Videomaterial weitergeleitet. Hingegen werden dem Athletiktrainer sämtliche Datensätze vollständig zur Verfügung gestellt, da für ihn maßgeblich die Laufdistanzen der Spieler interessant sind.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Mannschaftsbesprechungen finden unmittelbar nach einem Spiel bzw. spätestens am Tag danach statt, wobei Stärken und Schwächen, bezogen auf den Matchplan, besprochen werden. Einzelgespräche werden hingegen nur dann abgehalten, wenn der Trainerstab mit der Leistung eines Spielers unzufrieden ist.

Die auf Basis der Videos codierten Event-Daten werden nicht nur für jedes Spiel, sondern auch für sämtliche Training aufgezeichnet. Tracking-Daten können hingegen nur für Heimspiele erfasst werden. Die anschließende Datenanalyse nimmt zusammen mit der Videoanalyse in etwa drei Stunden in Anspruch. Für die finale graphische Aufbereitung müssen durchschnittlich zwei weitere Stunden eingeplant werden.

Der Experte erwähnte, dass alle Spiele analysiert werden und auf Basis dessen zwei bis drei Videositzungen pro Woche mit der Mannschaft stattfinden. Die Analyseergebnisse werden dabei sowohl der gesamten Mannschaft bzw. Mannschaftsteilen, als auch Einzelspielern präsentiert.

Interview-Protokoll 05

Expertenkürzel: E07
Durchführungsdatum: 26.11.2014
Uhrzeit: 17:35 – 18:40
Durchführungsart: persönlich

- Hintergrundinformationen

Der Experte konnte bereits sowohl in der zweiten Liga, als auch in den Nachwuchsabteilungen der Nationalmannschaft Erfahrung im Bereich der Spielanalyse sammeln. Aktuell ist er innerhalb seines Vereins als Co-Trainer auch für den Bereich der Spielanalyse zuständig. Diesbezüglich wurde angedeutet, dass im Analyseprozess auch der Chef-Trainer mit einbezogen wird sowie der Torwarttrainer einen positionsspezifischen Einfluss auf die Analyse hat.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Bezogen auf die Datengrundlage, gab der Experte an, dass sein aktueller Verein von einem externen Unternehmen bereits ausgewertete, spielerbezogene Leistungsdaten aus den Bereichen Fitness und Taktik bezieht. Die Spielanalyse basiert allerdings primär auf einer reinen Videoauswertung, wobei für Heimspiele eigenständig von drei Standorten aus (Hintertorkamera in Vogelperspektive sowie zweimal entlang der Seitenlinie) das Spiel aufgezeichnet wird. Diesbezüglich merkte der Experte jedoch an, dass sich bereits in naher Zukunft die Zahl der Kameras auf insgesamt sechs erhöhen soll. Bei Auswärtsspielen werden hingegen hauptsächlich TV-Aufnahmen von *Sky* ([URL-43]) verwendet.

Die Tatsache, dass quantitative Werte in Form von Event-Daten auf Basis von nicht einsehbaren Kriterien definiert sind, ist für den Experten ein entscheidender Nachteil dieser Datenquelle. Wie externe Datenanbieter z.B. Dribblings definieren ist unklar. Zudem scheint es wesentliche Unterschiede zwischen vereinsinternen und –externen Spezifikationen zu geben.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Für den Experten ist insbesondere die visuelle und subjektive Mustererkennung bedeutend. Dabei sollen primär Schlüsselelemente erkannt und im Anschluss daran den Spielern erklärt werden. Es handelt sich hierbei um einen iterativen Analyseprozess, bei dem anfänglich Schlüsselszenen, wie etwa *„Tore“*, *„Großchancen“*, *„Standardsituationen“*, bestimmte *„Fehlpasssituationen“* sowie *„positive und negative Szenen“* beobachtet werden. Um derartige Situationen im Nachhinein rasch identifiziert zu können, werden deren Zeitpunkte bereits während des Spiels notiert.

In weiterer Folge werden einzelne Spielszenen noch einmal subjektiv beurteilt, wobei der taktische Spielplan für die Interpretation berücksichtigt wird. Exemplarisch stellen sich dabei Fragen, wie etwa: *„Was hatten wir vor?“*, *„Wie hatten wir uns das Spiel bzw. den Spielaufbau des Gegners vorgestellt?“*, *„Haben wir uns bei unseren Annahmen getäuscht?“*, etc. Basierend darauf werden mannschafts- und gruppentaktische sowie auch individualtaktische Aspekte des Spiels untersucht.

Ob richtig oder falsch kann, laut Meinung des Experten, ohne Betrachtung der Spielsituation nicht einwandfrei beantwortet werden, da das Fußballspiel dynamisch ist. Aus diesem Grund steht die Mannschaft ständig neuen Anforderungen gegenüber, weshalb ein taktischer Matchplan, der mehrere Lösungen für spezifische Situationen bereithält, unerlässlich für den Erfolg ist. Die Ergebnisse der Spielanalyse werden u.a. für die Spielvor- und –nachbereitung sowie für (individuelle) Taktikschulungen verwendet. Scouting ist diesbezüglich, laut Aussage des Experten, kein Teil der Spielanalyse, da dafür vereinsintern ein eigenes videobasiertes Scouting-Tool verwendet wird.

Der Experte betrachtet die Einzelspieleranalyse als Teil der Mannschaftsanalyse. Allerdings werden diese zwei Bereiche, physisch betrachtet, getrennt voneinander durchgeführt. In diesem

Zusammenhang ist für den Experten auch die Rolle des Torwartes und dessen Beteiligung am Spielaufbau interessant. Für die Mannschaftsanalyse muss das gesamte raumzeitliche Gefüge beobachtet werden. Die Analyse entspricht dabei, nach Meinung des Experten, der direkten Kommunikation mit der Mannschaft oder den Einzelspielern.

Bezüglich Schlüsselparameter führte der Experte folgende Maßzahlen an: *„Passgenauigkeit“*, *„Anzahl der Pässe“* und *„Durchschnittliche Ballbesitzzeit“*. Damit können nach Meinung des Experten Rückschlüsse einerseits auf die Reaktionszeit sowie andererseits auf die Durchschlagskraft des gesamten Teams gezogen werden – *„Wie schnell können Lösungen kreiert werden?“ „Wenn ein Spieler nur kurz am Ball ist, bedeutet dies, dass dieser rasch eine Lösung parat hat“*. In derartigen Fällen sind für den Experten auch die *„durchschnittlichen Passgeschwindigkeiten*“ aufschlussreich, die jedoch dem Verein nicht zur Verfügung stehen. Die Zweikampfstatistiken werden als informativ angesehen, wobei allerdings die räumliche Komponente berücksichtigt werden muss, wie etwa *„Wie viele Zweikämpfe konnten in der gegnerischen Hälfte gewonnen werden?“*.

Der Experte versucht nicht nur den ballführenden Spieler zu beobachten. Stattdessen ist es für ihn wichtig einzuschätzen, welche Spieler in bestimmten Situationen eingreifen hätten können. Hierbei sind sowohl die Beobachtung der Gegenspieler, als auch die Berücksichtigung von Analyseketten essenziell. Dabei ergeben sich Fragen, wie bspw.: *„Wie lange dauert es vom Ballverlust bis zum Abschluss des Gegners?“* oder *„Welche Spieler hätten in dieser Zeit noch eingreifen können?“*. Der Experte betonte ausdrücklich, dass dies keine Suche nach Schuldigen sei. Vielmehr sollen Antworten auf folgende Fragen gefunden werden: *„Wie hätte die Situation noch gerettet werden können?“*, *„Wie können freie Räume genutzt werden?“* oder *„Wie kann der Ball in diese Räume transportiert werden?“*. Gleichzeitig ist es, nach Meinung des Experten, durchaus bedeutsam einzuschätzen, welche Möglichkeiten sich aufgrund der räumlichen Position eines Spielers ergeben? Analyseketten weisen in diesem Zusammenhang eine grundlegende Bedeutung auf.

Bezogen auf den Kontext des Spiels, erwähnte der Experte, dass unterschiedliche Spielsituationen berücksichtigt werden müssen, wie bspw. Über/Unterzahl oder Heim/Auswärtsspiel. Hierbei spielt die Erwartungshaltung eine entscheidende Rolle. Der Experte gab an, dass zusätzlich positionsbedingte Diskrepanzen hinsichtlich der beobachteten Parameter berücksichtigt werden.

Hinsichtlich der räumlichen Komponente räumte der Experte ein, dass das Gewicht einer Handlung in Abhängigkeit deren räumlichen Auftretens am Spielfeld zu- oder abnimmt. *„Raum ist im Angriff mein bester Freund, in der Abwehr mein größter Feind.“ „Raum ist überall, lässt sich nicht decken, schießt keine Tore ist aber trotzdem gefährlich.“* Bspw. ist es, laut dem Experten, von Interesse zu wissen, wie und wo Seitenwechsel initiiert werden konnten? Derartige Untersuchungen beruhen, nach Angabe des Experten, jedoch ausschließlich auf subjektiven Wahrnehmungen auf Basis der Videoanalyse. *„Die räumliche Komponente ist sehr wichtig, was auch immer häufiger in den Medien erkannt wird.“* Allerdings betonte diesbezüglich der Experte, dass die *„medial beliebten Heatmaps“* zwar journalistisch brauchbar, praktisch betrachtet jedoch nutzlos sind.

Während die Bedeutung des Raums weitestgehend anerkannt wird, wird die zeitliche Komponente bestimmter Aktionen hingegen nicht berücksichtigt, da diese, nach Meinung des Experten, nicht sonderlich aussagekräftig ist. Allerdings wäre es interessant, wenn bestimmte Systematiken abgeleitet werden könnten. Diesbezüglich hielt der Experte fest, dass solange dies nicht der Fall ist, der zeitliche Faktor keine nennenswerte Rolle spielt.

- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse

Der Experte unterstrich, dass es wünschenswert wäre, wenn sowohl für das Spiel, als auch für das Training georeferenzierte Daten zur Verfügung stehen würden. Dies würde Messungen erlauben, die Antworten auf folgende Fragen liefern könnten: *„Wie eng bzw. tief steht ein taktischer Block*

zusammen?", *„Wie weit ist der Abstand der Abwehrreihe zum offensivsten Stürmer?"*, *„Wie weit sind die Linien auseinander?"*, *„Wie eng stehen die Spieler in bestimmten Situationen beim Gegenspieler?"*, *„Wie eng wird gedeckt? – Ist dahinter ein bestimmtes System auszumachen?"* Der Experte gab hierbei zu bedenken, dass derartige Situationen nur dann auffallen, *„wenn etwas passiert"*, jedoch ohne Konsequenzen keine weiteren Untersuchungen unternommen werden.

Nach Meinung des Experten wären mit Lagekoordinaten versehene Parameter von besonderem Interesse, die die physische Leistung einzelner Spieler widerspiegeln. Ein graphisch-interaktives Visualisierungstool wäre wünschenswert, um potenziell gefährliche Räume darzustellen. Das interaktive Versetzen von Spielern auf andere Positionen wird als didaktisch wertvoll angesehen, um Spielern zu zeigen, wo sie in bestimmten Situationen hätten stehen müssen. Der Experte betonte dabei, dass es vor alledem wichtig ist, *„… richtige Beispiele aufzuzeigen und nicht immer nur zu demonstrieren was falsch war, da das Richtige zur richtigen Zeit erkannt werden muss."*

Das ideale Analysesystem sollte *„Lauf- und Passwege"* dynamisch in bewegten Bildern anzeigen können sowie unterschiedliche Perspektiven anbieten. Bspw. sollte es möglich sein, zwischen einer Übersicht und verschiedenen Einzelspielerperspektiven zu wechseln. *„Grundsätzlich geht es darum, Prinzipien herauszuarbeiten, zu verstehen wie etwas funktioniert, wie das Prinzip des Verschiebens, Absicherns, Durchstecken durch eine Kette usw."*

Des Weiteren sollte, nach Meinung des Experte, zur Unterstützung der subjektiven Wahrnehmung des Analysten zwischen unterschiedlichen Zonierungsvarianten gewählt werden können, wie etwa Spielfeldhälften und -drittel, Strafräume, etc. *„Eine Zonierung müsste auf jeden Fall implementiert sein, da bspw. bei Seitenwechsel im eigenen Drittel wenig interessant sind, da diese zumindest im Zusammenspiel mit dem Tormann keine Probleme bereiten sollten."* Hingegen sind Seitenwechsel im Mitteldrittel interessanter, wobei sich die Frage stellt, ob auch hier ein Ball ohne Risiko die Seite wechseln kann?

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Zuvor selektierte und entsprechend aufbereitete Videosequenzen werden vom Experten als die beste Möglichkeit angesehen, um den Spielern ein Feedback zu geben. Da dabei das Spielgeschehen praktisch unverzerrt und objektiv dargestellt wird, ist das persönliche Gespräch mit den Akteuren auch relativ emotionslos.

Primär soll bei der Präsentation, nach Meinung des Experten, gemeinsam mit den Spielern versucht werden, Muster zu erkennen. Diesbezüglich betonte der Experte, dass Ausführungsfehler von Spielern nicht kommentiert werden, sondern vielmehr im Gespräch die Wahl der richtigen Lösung im Vordergrund steht. *„War es die optimalste Lösung hinsichtlich der taktischen Ausrichtung der Mannschaft?"*

Zur Darstellung der Spielpläne werden u.a. Flipcharts verwendet, worauf bestimmte Bereiche wie der Strafraum usw. eingezeichnet sind. Die Besprechung findet hingegen meist über Laptop und Beamer statt, wobei die zusammengeschnittenen Videos besprochen werden. Interaktives Editieren ist dabei jedoch nur bei angehaltenen Aufnahmen möglich.

Da der Experte als Spieleanalyst und Co-Trainer eine duale Rolle im Verein einnimmt ist er selbst, neben dem Chef-Trainer und den Spielern als direkte Empfänger der Analyseergebnisse anzusehen. Hierzu gab der Experte an, dass sich die Aufbereitungsart für die einzelnen Abnehmer im Wesentlichen nicht unterscheidet.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Pro Woche werden mehrmals mannschafts-, gruppen- sowie individualtaktische bzw. positionsspezifische Gespräche geführt, wobei Einzelgespräche durchschnittlich 15 bis 20 Minuten dauern. Für

die Analyse eines Spiels muss, aufgrund der Doppelfunktion des Experten, rund ein ganzer Tag in Anspruch genommen werden. Die Länge der Präsentation hängt dabei von der Anzahl der relevanten Szenen ab. Mannschaftsbesprechungen finden einen Tag vor bzw. nach einem Spiel statt. Hingegen können die dazugehörigen Einzelbesprechungen über die Woche hinweg verteilt werden. Es handelt sich hierbei um eine weitestgehend standardisierte Prozedur.

Abschließend betonte der Experte, dass es im Wesentlichen darum geht, *„… wiederholt gut zu spielen und zu gewinnen."* Um dies zu erreichen, müssen vereinsintern entsprechende Maßnahmen gesetzt werden.

Interview-Protokoll 06

Expertenkürzel: E08
Durchführungsdatum: 28.11.2014
Uhrzeit: 13:58 – 14:39
Durchführungsart: via Skype (zu Festnetz)

- Hintergrundinformationen

Der Experte war zum Zeitpunkt des Interviews, zusammen mit drei weiteren Personen, seit bereits mehreren Jahren freiberuflich bei seinem aktuellen Verein im Bereich der Spielanalyse tätig. Es handelt sich dabei um eine Kooperation des Vereins mit der örtlichen Universität.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Der Experte gab hinsichtlich der Datengrundlage an, dass zu Beginn seiner vereinsinternen Analysetätigkeit lediglich TV-Aufnahmen von *Sky* ([URL-43]) zur Verfügung standen, die von *SoccerLab* ([URL-48]) bereitgestellt wurden. Das Videomaterial wurde dabei mit Hilfe einer Software bearbeitet, mit der es lediglich möglich war, bestimmte Anker einzufügen, um somit einerseits relevante Spielszenen zu markieren und andererseits, diese in Offensiv- und Defensivsituationen zu unterteilen. Auf diese Art und Weise wurde bereits rund zwei Wochen vor einem Spiel der Gegner analysiert.

Da, nach Angaben des Experten, bei *SoccerLab* keine signifikante Weiterentwicklung zu beobachten war, erfolgte ein Wechsel auf *InStat Scout* ([URL-47]). Mit dem neuen System ist es, nach Aussage des Experten, möglich, weltweit sämtliche Fußballspiele bis teilweise in die nationalen dritten Leistungsklassen bis auf das Jahr 2011 zurückgehend, einzusehen. Darüber hinaus können spezifische Spielerabfragen gestellt werden, weswegen diese Plattform vom Experten als *„wahrhafte Revolution“* bezeichnet wird. Gleichzeitig ging er davon aus, dass in den kommenden Jahren die gesamte Analyse- sowie der Scouting-Bereich nur noch mit dieser Plattform bearbeitet werden. Die Datenbank von *InStat Scout* beinhaltet, laut Aussagen des Experten, keine TV-Aufnahmen, sondern eigene Aufnahmen, die bereits rund fünf Stunden nach Spielende bereitstehen. Zudem werden Event- und Tracking Daten in bereits aufbereiteter Form angeboten.

Aufgrund der neuen Datenquelle verzichtete die Analyseabteilung des Vereins seither auf qualitativen Analysen jeglicher Art und führt nur noch ausschließlich quantitative Analysen durch. Daher werden, nach Angabe des Experten, seit der Systemumstellung eigenständig auch keine Daten mehr erhoben.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Bezogen auf die zuvor verwendeten TV-Aufnahmen von *Sky*, führte der Experte an, dass diese lediglich im Nachhinein angesehen und daraus anschließend interessante Szenen zusammengeschnitten wurden, wie bspw. *„Angriffssituationen über die Flügel bzw. durch die Mitte“*, *„Standardsituationen über die Flügel bzw. Mitte“*, *„Eckbälle“*, *„Spielaufbau“*, *„Chancen“* und *„Tore“*. Dieser Prozess wurde für die Gegneranalyse durchgeführt. Die ausgewählten Szenen dienten in weiterer Folge als Grundlage für die Erstellung eines 17 bis 18 seitigen Berichts bzw. einer PowerPoint Präsentation, worin auch die gegnerischen Spieler, auf Basis deren Stärken und Schwächen, charakterisiert wurden. Zusätzlich wurde das offensive und defensive Spielerverhalten analysiert. Speziell bezogen auf die Standardsituationen wurden jeweils drei Standaufnahmen in den Bericht eingefügt, die die *„Grundaufstellung“*, *„Laufwege“* und *„Endposition“* der Situation darstellten. Leistungsdaten, wie etwa *„Einsätze“* und *„Tore“*, wurden von der Plattform transfermarkt.de ([URL-49]) von allen Spielern kopiert und in die Zusammenfassung eingefügt.

Hingegen verfügen die Analysten fortan über *InStat Scout* bereits über ausgewählte Highlightszenen sowie über ein *„Ball-im-Spiel-Video“* (ohne Unterbrechungen). Darüber hinaus steht ein Video aller erzielten Tore zur Verfügung. Der Experte gab diesbezüglich an, dass für jedes Spiel Abfragen gestellt werden können, bspw. über: *„Alle Chancen“*, *„Alle schnellen Angriffe (Kontor)“*, *„Alle Schüsse“*, *„Alle Ecken“*, *„Alle Freistöße“*, *„Alle Strafstöße“* und *„Alle Tore“*. Zusätzlich können, umfangreiche Statistiken über z.B. *„Ballbesitz“*, *„Pässe in Prozent“*, *„Vorlagen“*, *„Schüsse“*, *„Fouls“* sowie *„Zweikämpfe“*, etc. eingesehen werden. Optional dazu können sämtliche Sprintdaten, Laufwege usw. ebenfalls bezogen werden.

Vereinssintern wird, nach Angabe des Experten, die Datenauswertung zum einen für die Spielvorbereitung auf den kommenden Gegner sowie zum anderen für die Spielnachbereitung herangezogen. In beiden Fällen werden zentrale Spielszenen selektiert und zusammengeschnitten. Neben der Anwendung im Bereich der Spielanalysen wird *InStat Scout* auch in der Scouting-Abteilung des Vereins eingesetzt.

Der Experte berichtete, dass die Einzelspieleranalyse des eigenen Teams separat zur Mannschaftanalyse durchgeführt wird. Dies sei notwendig, da im Vorfeld eines Spiels der Gegner als Mannschaft analysiert wird und auf Basis dessen Vergleiche zur eigenen Mannschaft gezogen werden sollen. Seit der Umstellung auf *InStat Scout* werden vereinsintern keine Schlüsselparameter mehr definiert. Zudem werden, nach Aussage des Experten, einzelne ballbezogene Aktionen isoliert voneinander betrachtet, wobei besonders darauf geachtet, wie sich die Spieler ohne Ball verhalten. Der Experte merkte diesbezüglich an, dass ganze Spielabschnitte und nicht nur einzelne Szenen analysiert werden [Anm.: Widerspruch zur isolierten Betrachtungsweise einzelner Aktionen]. Für den Experten sind insbesondere das Spiel gegen den Ball bzw. das *„Pressing“*, wie auch die *„Anzahl an Chancen“* interessant. Diesbezüglich gilt es quantitative Parameter zu finden, die die individuelle bzw. kollektive Stärke einer Mannschaft auszeichnen.

Im Übrigen gab der Experte an, dass der Kontext des Spiels berücksichtigt wird, wobei positionsbedingte Unterschiede hinsichtlich der Aussagekraft bestimmter quantitativer Parameter berücksichtigt werden. Nach Angaben des Experten wird jedoch weder die räumliche Komponente von z.B. Laufwegen, noch die zeitliche Komponente beachtet. Allerdings bestätigte der Experte, dass bei der Abschlussbetrachtung das Ergebnis bzw. die einzelnen Maßzahlen in Relation zum zeitlichen Auftreten bestimmter Aktionen, wie etwa einer frühen roten Karte gesetzt werden müssen.

Abschließend erwähnte der Experte, dass vor der Verwendung von *InStat Scout* eine zeitliche Charakterisierung der Parameter vorgenommen wurde, dies aber aktuell keine Rolle mehr spielt.

- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse

„Die“ ideale Spielanalyse verlangt, gemäß dem Experten, das Vorhandensein einer vereinsinternen Analyseabteilung, da es nur dann möglich ist, auch die Trainingseinheiten zu analysieren. Auf Basis dessen sollte es möglich sein, etwaige Schwächephasen einzelner Spieler frühzeitig zu erkennen. Es müsste außerdem eine aktive Spielanalyse bereits während des Spiels durchgeführt werden.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Laut Angaben des Experten enthalten die angefertigten schriftlichen Berichte, auch maßstabsgetreue Abbildungen des Spielfelds als Visualisierungsgrundlage. Der Report wird sowohl dem gesamten Trainerstab (Chef-, Co- und Torwarttrainer), als auch dem Sportdirektor weitergeleitet, die allesamt das gleiche Analysematetrial bekommen. Die Ergebnisse umfassen mittlerweile nur noch ausschließlich Informationen von *InStat Scout*. Zusätzlich werden jedoch persönliche Empfehlungen abgegeben sowie Videozusammenschnitte bereitgestellt. Die Präsentation obliegt dem Co-Trainer, der zumeist die Inhalte über ein interaktives Whiteboard präsentiert.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Abschließend gab der Experte an, dass ausnahmslos Liga-Spiele analysiert werden. Es konnte durch die Verwendung von *InStat Scout* nicht nur die Analysearbeit, sondern auch die dafür aufzuwendende Zeit stark reduziert werden. So konnte, nach Angaben des Experten, der Zeitaufwand des kompletten Arbeitsprozesses, beginnend mit der Spielanalyse bis hin zur Fertigstellung der Präsentation, von rund zwölf auf sechs Arbeitsstunden verkürzt werden.

Da die Präsentationen der Analyseergebnisse nicht von den Analysten selbst abgehalten werden, konnte der Experte diesbezüglich keine weiteren Auskünfte liefern.

Interview-Protokoll 07

Expertenkürzel: E09
Durchführungsdatum: 18.11.2014
Uhrzeit: 10:59 – 11:33
Durchführungsart: via Skype (zu Mobilnetz)

- Hintergrundinformationen

Der Experte gab an, dass er innerhalb seines Vereins, in dem er bereits seit mehreren Jahren tätig ist, alleine für den Bereich der Spielanalyse der Kampfmannschaft verantwortlich ist.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Tracking-Daten von *Impire* ([URL-24]) stehen, nach Angabe des Experten, ausschließlich für Trainingseinheiten zur Verfügung, die jedoch hauptsächlich von den Fitness- und Athletiktrainern verwendet werden. [Anm.: Hierbei handelt es sich um eine Fehlinformation, da für die Trainingseinheiten das *LPM-System* von *Abatec* ([URL-46]) verwendet wird] Für die Spielanalyse, werden hingegen lediglich Videoaufnahmen herangezogen. Zu diesem Zweck wurden im Stadion Kameras installiert, die alle Spieler, mit Ausnahme beider Tormänner gleichzeitig erfassen. Dieses Videomaterial wird vorrangig für taktische Analysen verwendet. Bei Auswärtsspielen werden konträr dazu nur unter bestimmten Umständen eigene Videoaufnahmen gemacht. Ferner kann ggf. auf TV-Aufnahmen, die mittels *SportsCode* von *Sportstec* ([URL-45]) bereitgestellt werden, zurückgegriffen werde.

Des Weiteren stehen Tracking-Daten von *Impire* ([URL-24]) und Event/Scouting-Daten von *Opta* ([URL-21]) zur Verfügung, die jedoch maßgeblich für die Leistungsanalyse, die als Teil der Post-Match-Analyse gilt, herangezogen wird. Die räumliche Komponente der Daten spielt hierbei nur eine untergeordnete Rolle, da hauptsächlich individuellen Belastungen untersucht werden.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Der Experte gab an, dass für die Spiel- bzw. Videoanalyse raumbezogene Daten nicht verwendet werden. Hingegen werden mit Hilfe von *SportsCode* relevante Aktionen getaggt [Anm.: Setzen von Lesezeichen im Video], die im Zuge der Auswertung über das Videobild gelegt werden können.

Vor jedem Spiel wird ein Matchplan erstellt, worauf im Anschluss daran die gesamte Analyse aufgebaut wird. In diesem Kontext werden unterschiedliche Spielphasen bzw. –situationen, wie bei gegnerischem Ballbesitz, berücksichtigt. Dabei stellen sich dem Experten u.a. folgende Fragen: *„Wie verhalten wir uns?“*, *„Was machen wir, wenn wir den Ball verlieren?“*, *„Wie ist die Situation beim Gegenpressing?“*, *„Lässt man sich fallen und wartet ab?“*, *„Wie sieht die Situation beim Spielaufbau aus“* oder *„Wie ist das Verhalten bei Standardsituationen zu bewerten?“*.

Bei der Post-Match-Analyse wird versucht, herauszufinden, ob der zuvor festgelegte Spielplan eingehalten werden konnte oder nicht. Die dabei gewonnenen Analyseergebnisse werden nicht nur für die Spielvor- und –nachbereitung, sondern auch für das Scouting verwendet. Außerdem wird innerhalb des Vereins leistungsklassenübergreifend eine einheitliche Spielphilosophie verfolgt.

Bezogen auf etwaige Schlüsselparameter, merkte der Experte an, dass das Augenmerk auf das Spiel gegen den Ball liegt. *„Wo, wie oft und wie weit vorne erobern wir Bälle?“* Diese Fragen stehen in unmittelbaren Einklang mit der zugrundeliegenden Spielphilosophie, gemäß derer Bälle relativ früh erobert und danach rasch der Abschluss gesucht werden soll. In diesem Sinne ist es, nach Meinung des Experten, unerlässlich, nicht nur den ballführenden Spieler zu beobachten, da ständig Ballbesitzwechsel auftreten. Analyseketten zu definieren wird als bedeutend angesehen. Das Ergebnis eines bestimmten Ereignisses ist, isoliert betrachtet, wenig aussagekräftig, da insbesondere das konkrete mannschaftliche Verhalten zu untersuchen ist. Diesbezüglich ist es vor allem bedeutsam, welche Situationen aus bestimmten Ereignissen entstanden sind. *„Bspw. ist es in Ballbesitz*

wichtig in Ballnähe numerische Überzahl zu erzeugen." Der Experte betrachtete die *„Laufdistanz"* und *„Laufintensität"* als quantitative Parameter, die aussagekräftig für die Beurteilung der Spielerleistung sind. Derartige Parameter eröffnen demnach neue Sichtweisen, wobei jedoch die Werte in Relation zur taktischen Spielerposition interpretiert werden müssen.

Anhand einer räumlichen Zonierung des Spielfeldes werden, gemäß dem Experten, einzelne Aktionen auf Basis ihres räumlichen Auftretens gewichtet bzw. klassifiziert. Gemäß der Spielphilosophie sollen sich die Spieler im Kollektiv gleichmäßig, ähnlich eines Schwarms, über das Feld bewegen. Praktisch gesehen bedeutet dies, dass die Abstände zwischen den taktischen Reihen bei Verschiebungen nahezu einheitlich sein sollten. Allerdings basiert diese räumliche Auswertung ausschließlich auf der subjektiven Wahrnehmung der Experten, ohne dabei die vorhandenen raumbezogenen Daten zu Hilfe zunehmen. Der Experte betonte jedoch auch, dass eine Unterscheidung zwischen horizontaler und vertikaler Spielweise unternommen werden muss.

Bezogen auf die Zeit wird, laut Angaben des Experten, keine Gewichtung einzelner Parameter durchgeführt. Der Faktor Zeit tritt hingegen nur als Kriterium für bestimmte Parameter, wie etwa die *„Zeit vom Ballgewinn bis zum Abschluss."*, in Erscheinung. Hinsichtlich dieses konkreten Falls, soll, gemäß der vereinsinternen Vorgabe, innerhalb von zehn Sekunden der Torabschluss gesucht werden. Konträr dazu sollte der Ball, nach dessen Verlust, innerhalb von fünf Sekunden zurückerobert werden.

- „Die" ideale Fußball-Spielanalyse

Bezugnehmend auf diese Frage unterstrich der Experte, dass der von ihm geschilderte Analyse schon sehr nahe am *„Optimum"* ist und somit als ideale Fußball-Spielanalyse zu bezeichnen sei.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Die Präsentation der Analyseergebnisse umfasst, laut Angaben des Experten, im Wesentlichen ausgewählte Videozusammenschnitte, da diese als geeignete Anschauungsmaterialen angesehen werden. Hinsichtlich der Interaktivität kann der Trainer im Zuge der Besprechung, Inhalte in die Videos hineinzeichnen, was vom Experten als Methode am letzten Stand der Technik bezeichnet wird. Der Experte erwähnte auch, dass es zwar immer wieder neue Analysesysteme am Markt gäbe, jedoch die aktuell verwendete Software reibungslos und schnell funktioniert, weswegen nicht allen technischen Neuerungen nachgejagt wird. Flipcharts sowie Animationen werden verwendet, mit deren Hilfe das Verhalten bzw. Aktionen von Spielern in bestimmten Situationen veranschaulicht wird.

Der Experte wies daraufhin, dass der Trainer für die Präsentation des Analyseergebnisses zuständig ist, jedoch bei Bedarf auch der Experte selbst, der Co- oder Athletiktrainer bestimmte Bereiche übernehmen können. In derartigen Fällen unterscheidet sich die Aufbereitungsart der Analysematerialien in Abhängigkeit vom Vortragenden.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Laut Angaben des Experten werden sämtliche Spiele mit eigenen Kameras aufgezeichnet und auf Basis dessen analysiert. Besprechungen werden jeweils vor und nach dem Spiel abgehalten, wobei zusätzlich pro Woche drei bis vier Videobesprechungen stattfinden. Diese können entweder die gesamte Mannschaft bzw. Teile davon oder auch nur Einzelspieler betreffen.

Da während des Spiels bereits einzelne Aktionen getaggt werden, kann die Analysedauer bedeutend limitiert werden. Nach dem Spiel werden die Schwerpunkte zusammen mit dem Trainerteam bestimmt, was zwei bis drei Stunden, inkl. der finalen Aufbereitung, in Anspruch nimmt. Die fertige Präsentation umfasst durchschnittlich 50 relevante Spielszenen, wobei allerdings anlassbezogen nur rund 20 davon tatsächlich vor der Mannschaft präsentiert und besprochen werden.

Interview-Protokoll 08

Expertenkürzel: E10
Durchführungsdatum: 20.11.2014
Uhrzeit: 08:58 – 09:43
Durchführungsart: via Skype

- Hintergrundinformationen

Der Experte war zum Zeitpunkt des Interviews bereits seit mehreren Jahren innerhalb seines Vereins in unterschiedlichsten Alters- bzw. Leistungsklassen im Bereich der Spielanalyse tätig. Insgesamt sind bei seinem aktuellen Verein zehn Analysten angestellt, die jeweils eine Mannschaft betreuen.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Bezogen auf die Datengrundlage gab der Experte an, dass zunächst in Kooperation mit *Amisco/ProzoneSports* ([URL-13]) in erster Linie Videomaterial ausgewertet wurde. Aktuell wird die Software *SportsCode* von *Sportstec* ([URL-45]) verwendet, das, nach Angaben des Experten, einem Post-Match-Videoanalysetool entspricht. Zusätzlich wird mit *InStat Scout* ([URL-47]) gearbeitet, wodurch auf Basis von Videoauswertungen quantitative raumbezogene Daten, wie *„Passrichtungen“*, *„Passhäufigkeiten“*, *„Aktionshäufigkeiten“* usw. zur Verfügung stehen. Allerdings ist dabei, nach Meinung des Experten, die räumliche Genauigkeit nur mit Vorsicht zu genießen, weswegen diese Daten in erster Linie nur als unterstützendes Datenmaterial angesehen werden, um Muster zu erkennen. Tracking-Daten werden hingegen nicht eingesetzt. Außerdem besteht eine Kooperation mit der Plattform *Die Ligen* ([URL-51]), über die TV-Aufnahmen von sämtlichen nationalen Spielen zur Verfügung stehen. Basierend auf dieser Datengrundlage können nicht nur die eigenen Spiele, sondern auch die der gegnerischen Mannschaften untersucht werden. Bei Bedarf werden zusätzlich Aufzeichnungen eigener Spiele gemacht.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Der Experte betonte hierbei, dass die Spielanalyse in vier Bereiche unterteilt werden muss: 1) die Gegneranalyse bzw. die Gegnervorbereitung, wobei anhand eines bestimmten Musters die Stärken und Schwächen der kommenden Gegner ermittelt werden. Auf Basis dessen sollen die eigenen Stärken mit den Schwächen des Gegners kombiniert werden. 2) die eigene Spielanalyse, bei der ein anderes Muster, bezogen auf die eigene Spielphilosophie verwendet wird. Hierbei soll herausgefunden werden, was im Spiel gut und was eher schlecht gelöst wurde. 3) die individuelle Analyse, im Zuge derer einzelne Spielerszenen getaggt werden. Dabei wird primär versucht, sowohl Trends abzuleiten, als auch individuelle technische Defizite aufzuzeigen. Auf Basis dessen sollen im Rahmen von Einzelgesprächen gemeinsam mit den Spielern Lösungswege gefunden werden. 4) erwähnte der Experte, dass er TV-Aufnahmen von internationalen Spielen zum Zwecke des Eigenstudiums analysiert, um sich dabei an den weltbesten Mannschaften zu orientieren sowie neue Entwicklungen, wie etwa neue Angriffsmodelle, zu beobachten.

Diese vier Bereiche sind, gemäß dem Experten, der Post-Match-Spielanalyse zuzuordnen, die allesamt auf einer Videoanalyse basieren. Die Gegneranalyse kommt dabei im Zuge der Spielvorbereitung sowie für Taktikschulungen zum Einsatz. Scouting spielt zwar auch eine bedeutende Rolle, unterliegt dieser spezielle Aufgabenbereich einer eigenen Scouting-Abteilung.

Des Weiteren verdeutlichte der Experte, dass es sich bei der Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse genau genommen um zwei getrennte Bereiche handelt, diese jedoch nur gelegentlich separat voneinander ausgeführt werden. Die Spielanalyse wird als direkte Kommunikation mit den Spielern angesehen. Bei der Einzelspieleranalyse werden dabei überwiegend taktische, mentale

und technische Aspekte besprochen, währenddessen im Zuge der Mannschaftsanalyse vor allem mannschaftstaktische Aspekte thematisiert werden.

Schlüsselparameter werden in Hinsicht auf das Analysemuster definiert und im Anschluss daran im Video getaggt. Das Hauptaugenmerk liegt somit auf bestimmte Parameter, wie etwa: *„Spielverhalten mit/ohne Ball“*, *„Umschaltverhalten“* sowie auf individuelle Indikatoren, wie z.B. *„mentale Fähigkeit“*, *„Laufbereitschaft“*, *„Mut/Risiko“*, *„Laufverhalten“* oder *„Kreativität“*. Ferner werden taktische Einzelheiten untersucht, wie *„Kettenverhalten“*, *„Laufwege der Stürmer“*, *„Spielaufbau“* u.v.m. Es handelt sich dabei überwiegend um qualitative Parameter. Zusätzlich werden jedoch auch quantitative Daten verwendet, um Hinweisen bezüglich bestimmter Sachverhalte nachzugehen. Wiederholt betonte der Experte, dass die Genauigkeit dieser Werte, nur mit Vorsicht zu genießen sei. Nichtsdestotrotz handelt es sich, nach Meinung des Experten, hierbei um eine wertvolle, ergänzende Informationsquelle.

Im Verlauf der Spielanalyse wird nicht nur der ballführende Spieler, sondern das gesamte raumzeitliche Gefüge am Spielfeld beobachtet. Dies ist für den Experten sehr bedeutend, da Fußball ganzheitlich betrachtet werden soll: *„Wie steht die Verteidigung?“*, *„Wie ist man in diese Situation geraten und wie reagierte der Gegner?“*, *„Wie steht man nach dem Torabschluss und wie funktionierte danach das Umschaltspiel?“* usw. Bezugnehmend darauf ist es entscheidend, den Gegner zu beobachten, um herauszufinden, wie dieser den Raum nutzt. Dabei muss in Abhängigkeit der Einzelspieler- oder Mannschaftsanalyse der Kontext des Spiels berücksichtigt werden. Gleichzeitig ist es wesentlich, Analyseketten zu berücksichtigen: *„Warum wurde der Zweikampf verloren?“*, *„Wie hat sich die Mannschaft nach dem Ballverlust verhalten?“*, etc. Bezugnehmend auf den Kontext des Spiels, merkte der Experte allerdings an, dass dieser bei rein technischen Besprechungen vernachlässigt werden kann.

Bezogen auf quantitative Daten, gab der Experte an, dass *InStat* aus mehreren Parametern einen Index kreiert, der die Leistung eines Spielers widerspiegelt. Wie dieser Wert jedoch zusammengesetzt wird ist unbekannt. Dabei stellt sich dem Experten die Frage, inwieweit derartigen Indikatoren Vertrauen geschenkt werden kann. Der Experte verlässt sich mehr auf sein qualitatives Auge. Quantitative Daten werden somit nur ergänzend verwendet, um bestimmte Situationen besser einzuschätzen, wie bspw. *„Warum spielt ein Spieler ständig Rück- oder Querpässe?“* Quantitative Parameter ermöglichen somit, nach Meinung des Experten, Rückschlüsse auf qualitative Beobachtungen. Des Weiteren können z.B. auch Zweikampfwerte Hinweise auf vertiefende Untersuchungen geben: *„Wie viel läuft der Spieler?“*, *„Wo läuft er hin?“*, *„Wie sind die Abstände?“*. Die Antworten auf diese Fragen können, nach Meinung des Experten, qualitativ nicht genau eingeschätzt werden, u.a. aufgrund der Kameraperspektive, weshalb hierbei quantitative Daten hilfreich sein können. Abschließend betonte der Experte abermals, dass nur ein Zusammenspiel zwischen quantitativen und qualitativen Daten dem Analysten weiterhelfen kann.

Der Experte gab zu bedenken, dass einzelne quantitative Parameter in Relation zu, sowohl taktischen Spielerpositionen, als auch den tatsächlichen Positionen am Spielfeld gesehen werden. Bspw. kann ein Stürmer im Angriffsdrittel, aufgrund des dort vorherrschenden höheren Risikos, deutlich geringere Zweikampfwerte aufweisen, als ein Verteidiger im Abwehrdrittel. Auch beim Passspiel sieht der Experten, z.T. signifikante Unterschiede, wobei z.B. aus dem eigenen Drittel heraus die *„Passgenauigkeit“* bzw. *„–sicherheit“* höher sein sollte, als vergleichsweise im Angriffsdrittel oder im gegnerischen Strafraum.

Der Raum wird dahingehend berücksichtigt, in dem einerseits das Spielfeld zoniert und andererseits die Abstände zwischen den Spielern beobachtet werden. Dabei wird eine Gewichtung bzw. Klassifizierung einzelner Parameter in Abhängigkeit deren räumlichen Auftretens vorgenommen,

allerdings basierend auf der qualitativen Videoauswertung. Gemäß dem Experten muss jedoch auch hierbei die zugrundeliegende Spielidee berücksichtigt werden, da bspw. beim Konterspiel einer Mannschaft die Passgenauigkeit aus dem eigenen Drittel wesentlich kleiner sein kann, als vergleichsweise bei einem kontrollierten Spielaufbau über mehrere Stationen.

Bezogen auf die Zonierung kann, laut Aussage des Experten, die Drittelung als gängige Methode angesehen werden. Zusätzlich kann das Feld auch vertikal gedrittelt werden, wodurch zusätzlich zwei Außen- sowie eine Mittelzone entstehen. Das Spielfeld kann auch in ein Schachbrettmuster fragmentiert werden. Die Wahl der Zonierungsvariante ist, nach Meinung des Experten, vor allem von den Erwartungen des Trainers abhängig, weswegen pauschale Aussagen über die Eignung bestimmter Unterteilungen nicht aussagekräftig sind.

Während die räumliche Komponente einzelner Ereignisse auf dem Spielfeld berücksichtigt wird, gab der Experte abschließend an, dass einzelne Aktionen in keinerlei Art und Weise aufgrund ihrer zeitlichen Erscheinung gewichtet bzw. klassifiziert werden.

- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse

Der Experte stellte klar, dass die Machbarkeit jeglicher Ideen zunächst überprüft werden muss. Weiterentwicklungsbedarf sieht er in vielen Bereichen der Spielanalyse. In diesem Kontext wurde ein System von *SAP* ([URL-50]) erwähnt, mit dessen Hilfe einerseits das Spiel getrackt sowie andererseits eine 3D-Animation erstellt wird. Dies wäre, laut Meinung des Experten, für den Analysebereich sehr hilfreich. Allerdings gab er zu bedenken, dass dieses System aktuell nur für Trainingseinheiten verwendet werden kann, da die Datenerfassung mittels Mikrochips im Ball bzw. in den Schienbeinschonern erfolgt und dies nicht regelkonform ist.

Zusätzlich sollten interaktive Analysetools zur Verfügung stehen, wobei Neupositionierungen einzelner Spielern interessant wären. Nach Aussage des Experten müssen die technischen Weiterentwicklungen im Kontext mit der Zweckmäßigkeit gesehen werden. *„Was ist sinnvoll für meine Zwecke? Nur quantitative Daten sind sinn- und nutzlos.“*

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Der Experte gab an, dass häufig Keynote-Präsentationen, bestehend aus Videomaterial und Schaubilder, erstellt werden. Außerdem wird mittels maßstabsgerechten Taktiktafeln gearbeitet, um bestimmte Spielsituationen zu besprechen. Bei Bedarf werden die Materialien der Individualanalysen den Spielern über *MyDrive* ([URL-53]) oder *Dropbox* ([URL-52]) zur Verfügung gestellt.

Im Bereich der Kampfmannschaft versorgen zwei Videoanalysten den Chef- und Co-Trainer mit Analyseergebnissen. Der Experte hielt diesbezüglich fest, dass es sich hierbei, in Abhängigkeit der Zuhörergruppe, um eine interaktive Präsentationsform handelt oder nicht. Während es sich bei der Mannschafts- oder Gruppenanalyse hauptsächlich um einen Vortrag bzw. Frontalunterricht handelt, entspricht die Einzelspieleranalyse eher einer Diskussion.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Hierbei gab der Experte an, dass Daten für jedes Spiel erhoben werden und die anschließende Analyse rund vier Stunden in Anspruch nimmt. Für die finale Aufbereitung der Ergebnisse muss in weiterer Folge zusätzlich eine weitere Stunde investiert werden. Aufgrund einer bereits vorhandenen Schablone kann, so der Experte, hierfür der zeitliche Aufwand wesentlich gesenkt werden.

Die Spielnachbesprechung erfolgt zumeist in der nächsten Trainingseinheit, währenddessen die Gegneranalyse ein oder zwei Tage vor dem Spiel stattfindet. Grundsätzlich werden Mannschafts- und (positionsspezifische oder positionsunabhängige) Gruppenanalysen bzw. -sitzungen sowie Einzelspieleranalysen durchgeführt.

Interview-Protokoll 09

Expertenkürzel: E11
Durchführungsdatum: 27.11.2014
Uhrzeit: 14:59 – 15:24
Durchführungsart: via Skype (zu Festnetz)

- Hintergrundinformationen

Der Experte arbeitete, zum Zeitpunkt des Interviews, bereits seit mehreren Jahren freiberuflich für einen nationalen Verband im Bereich der Spielanalyse, innerhalb dessen zehn weitere Freiberufler sowie ein Festangestellter tätig sind.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Gemäß dem Experten werden zum einen quantitative Daten (Positionsdaten bzw. Tracking-Daten sowie Technisch/Taktische Daten bzw. Event-Daten), die von einem Datenprovider geliefert werden, verwendet. Dabei handelt es sich jedoch nur um zusätzlich Informationen, da überwiegend selbstständig erhobene, qualitative Daten, in die Analyse einfließen. Auch Videos spielen eine bedeutende Rolle, um damit sämtliche Fakten in Form von quantitativen Daten zu belegen.

Bei den Videos handelt es sich sowohl um TV-Aufzeichnungen, als auch um eigene Aufnahmen, die allerdings von einem beauftragten externen Datenanbieter produziert werden. Der Experte betonte hierbei, dass die Vorteile der TV-Bilder einerseits die Nahaufnahmen sowie andererseits die Zeitlupeneinstellungen sind. Hingegen können die eigenen Aufnahmen auf spezielle Analysezwecke gerichtet werden.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Methodisch gesehen werden, nach Angaben des Experten, einerseits Live- und andererseits Post-Match-Analysen durchgeführt. Bezogen auf das Datenniveau werden sowohl qualitative (PC/video-gebunden), als auch quantitative Daten (Statistik) verwendet. Die daraus gewonnenen Analyseergebnisse werden für mehrere verbandsinterne Bereiche verwendet, wie etwa: Gegnervorbereitung, Nachbereitung der eigenen Mannschaft sowie Analyse der einzelnen Spieler. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen zur Kreation einer zugrundeliegenden Spielidee bzw. -philosophie. Die Ergebnisse werden u.a. für Ausbildungszwecke bzw. Taktikschulungen im Bereich der individuellen Spielerentwicklung verwendet.

Der Experte gab an, dass die Einzelspieleranalyse getrennt von der Mannschaftsanalyse (Mannschafts-/Gruppentaktik) durchgeführt wird. Erstgenannte Analyse ist vergleichsweise erheblich zeitintensiver, da u.a. biomechanische Analysen durchgeführt werden. Der Experte räumte diesbezüglich ein, dass zwar das Individuum im Bereich der Mannschaftsanalyse eine herausragende Rolle einnimmt, aber im Wesentlichen die beiden Analysebereiche voneinander getrennt werden.

Bezogen auf die zugrundeliegende Spielphilosophie wurden verbandsintern qualitative Parameter, wovon die meisten, laut Experten, quantitativ nicht abbildbar sind, kreiert. Hierzu wurde exemplarisch der Parameter *„Pressing“* genannt. Des Weiteren merkte der Experte an, dass der Interaktionskontext eine wesentliche Rolle spielt. Aktionen mit dem Ball sind in Relation mit Aktionen ohne direkter Ballbeteiligung zu interpretieren. Eine isolierte Betrachtungsweise sei, nach Meinung des Experten, deshalb auf jeden Fall zu vermeiden. Es ist schwer komplexe Interaktionsprozesse quantitativ abzubilden, weswegen in erster Linie nur qualitative Parameter eingesetzt werden.

Hinsichtlich Analyseketten hielt der Experte fest, dass diese selbstverständlich berücksichtigt werden. Bspw. spielt angesichts der *„Zweikampfstärke"* vor allem die *„Qualität der Zweikampfführung"* eine entscheidende Rolle. Zwar ist das unmittelbare Ergebnis einer bestimmten Aktion nicht unwesentlich, allerdings ist, nach Meinung des Experten, das Spielverhalten in der betreffenden Situation bedeutsamer. Diesbezüglich muss herausgefunden werden, ob die Spieler bestimmte Situationen optimal gelöst haben?

Der Experte vertritt die Auffassung, dass die aktuell zur Verfügung stehenden quantitativen Parameter nicht ausreichend aussagekräftig für eine valide Beurteilung der Spielerleistung bzw. der Leistung einer ganzen Mannschaft sind. *„Rein quantitativ gesehen ist es somit schwierig valide die Leistung abzubilden."* Wiederholt betonte der Experte allerdings, dass bestimmte Indikatoren bzw. Parameter als zusätzliche Hilfsmittel, z.B. in Kombination mit qualitativen Daten, zweckdienlich sein können. Hierbei müssen jedoch auch positionsbedingte Unterschiede derartiger Parameter berücksichtigt werden.

„Raum und Zeit sind die Basis der Analyse." Der Raum spielt, laut Aussage des Experten, eine wesentliche Rolle, vor allem in Verbindung mit der Zeit, da sich der Raum dynamisch verändert. Innerhalb dieses raumzeitlichen Gefüges entstehen Interaktionen, was hinsichtlich der Beurteilung von bestimmten Spielszenen essenziell ist. Derartige raumbezogene Zusammenhänge können mit Hilfe von quantitativen Parametern meist nicht abgebildet werden. Abermals betonte der Experte an dieser Stelle, den Mehrwert von qualitativen Parametern.

Aufgrund der immensen Bedeutung der räumlichen Komponente wird sowohl eine horizontale, als auch vertikale Dreiteilung des Spielfeldes vorgenommen. Diesbezüglich merkte der Experte an, dass das Erkennen von Räumen sehr variabel und somit sehr schwierig sei. Nichtsdestotrotz spielen Zonen eine herausragende Rolle, da sich bspw. die Laufwege im Abwehrdrittel von jenen im Angriffsdrittel bzw. zwischen dem zentralen und den Außenbereichen unterscheiden.

Zeitlich gesehen wird hingegen, gemäß den Angaben des Experten, keine Gewichtung oder Klassifizierung vorgenommen. Allerdings spielt der Faktor Zeit, in Bezug auf einzelne Aktionen eine bedeutende Rolle. In diesem Kontext ist es interessant, wie viel Zeit ein Spieler in einer bestimmten Situation hatte? Im Gegenzug soll die Handlungszeit des Gegners durch effektives Pressing verkürzt werden.

- „Die" ideale Fußball-Spielanalyse

Da das Erkennen von taktischen Mustern nach wie vor subjektiven Eindrücken des Analysten unterliegt, müssen, laut Meinung des Experten, automatisierte, valide Detektionsverfahren entwickelt werden. Des Weiteren müssen leitungsrelevante Faktoren automatisch erkannt werden. Die vorhandenen Daten müssen außerdem besser interpretiert werden. Hinzu muss es zu einem Wandel der Perspektive kommen, von der Kameraposition hin zur Spielersicht, um damit ein besseres Gefühl für bestimmte Situationen zu bekommen. Dies würde, so der Experte, einen bedeutenden *„Transfer"* darstellen, der in Zukunft zwangsläufig gemacht werden muss. Diese Ausführungen sind, gemäß dem Experten, die wesentlichsten Meilensteine, die in naher oder mittlerer Zukunft erreicht werden müssen, um den Analysebereich noch weiter zu optimieren.

Gegenüber einer Live-Steuerung ist der Experte hingegen eher skeptisch eingestellt, wobei er auch zu bedenken gab, dass Regeln zu diesem Thema den Handlungsspielraum zurzeit ohnehin stark einschränken. Im Grunde steht neben Aus- und Einwechslungen nur die Halbzeit zur Verfügung, in denen spielsteuernde Maßnahmen des Trainers ergriffen werden können. Das Ändern der Spielidee ist während des Spiels nicht einfach, weshalb Live-Analysen sicherlich optimiert werden können. Dies setzt jedoch, laut Experten, validere Daten voraus, die in noch kürzerer Zeit zur Verfügung stehen müssen.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Die direkte Kommunikation mit den Spielern erfolgt zurzeit mittels mobiler Endgeräte sowie anhand stationärer Touchscreens, an denen sich die Spieler selbst bedienen können. Trotz der modernen Technik, wird die klassische Methode des Meetings (Frontalunterricht), weiterhin eingesetzt. Mit Hilfe der klassischen sowie der interaktiven Methoden soll, nach Angaben des Experten, explizites und implizites Lernen gefördert werden.

Maßstabsgerechte Darstellungen des Spielfeldes werden ebenso verwendet. Diesbezüglich gab der Experte jedoch zu bedenken, dass die Spieler, die bspw. als Magneten auf einer Magnettafel repräsentiert werden, in Relation zum Spielfeld überproportional dargestellt werden. Es handelt sich somit um eine Verzerrung, die laut dem Experten, zwar im Allgemeinen berücksichtigt werden muss, aber zur Erklärung grober Spielmuster vernachlässigt werden kann.

Die direkten Empfänger der Analyseergebnisse sind, laut Angaben des Experten, die sportlichen Leiter, Trainer und Scouts, wobei sich die Aufbereitungsart des Analysematerials dementsprechend voneinander unterscheidet.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Grundsätzlich werden für sämtliche Spiele der eigenen Mannschaft Daten erhoben und ausgewertet. Zudem werden die Trainingseinheiten analysiert. Bezogen auf die Gegneranalyse werden durchschnittlich dessen letzten vier bis sechs Spiele genauer unter die Lupe genommen.

Für die Analyse eines einzigen Spiels müssen, laut Experten, in zweieinhalb bis drei Stunden investiert werden. Die darauf aufbauende Aufbereitung der Präsentation nimmt zusätzlich im Schnitt eineinhalb Stunden in Anspruch.

Der Experte betonte abschließend, dass es sich hierbei bum standardisierte Abläufe handelt, wobei die finale Präsentation im Rahmen von Mannschaftssitzungen, Gruppen- oder Einzelgesprächen durchgeführt wird.

Interview-Protokoll 10

Expertenkürzel: E13
Durchführungsdatum: 20.11.2014
Uhrzeit: 17:02 – 17:45
Durchführungsart: via Skype (zu Mobilnetz)

- Hintergrundinformationen

Der Experte ist innerhalb seines Vereins alleine für den Bereich der Spielanalyse der Kampfmannschaft zuständig. Es handelt sich dabei um seine erste Station in diesem Tätigkeitsfeld.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Der Experte gab an, dass unabhängig davon, ob es sich um eine Spielvor- oder –nachbereitung handelt, getaggte Videos verwendet werden. Konkret handelt es sich dabei um Aufnahmen, die mit einem Zeitcode versehen sind, weswegen dieses Datenmaterial auch als Tagging-Data oder Zeitcode-Daten bezeichnet werden kann. Über die einzelnen Tags [Anm.: Kennzeichnung] können gezielt einzelne Aktionen im Video eingesehen oder gefiltert werden, wodurch spezifische Abfrage bzw. Zusammenschnitte erstellt werden können.

Bei Heimspielen werden Tracking-Daten erhoben, die als 2D-Animation des Spielverlaufs bereitstehen und in erster Linie für taktische Analysen verwendet werden. Hinzu kommen diverse statistische Daten, wie bspw. über *„Zweikampfwerte“* usw. Darüber hinaus erhalten sämtliche Ligavereine, über ein von der Liga verwaltetes onlinebasiertes Clubportal Eventdatensätze von *Opta* ([URL-21]). Hierbei besteht die Möglichkeit nicht nur TV-Bilder und Heatmaps, sondern auch individuelle Spieldaten zu beziehen.

Der Experte hielt diesbezüglich fest, dass die grundlegende Videoanalyse, auf Basis von TV-Aufnahmen, mit *InStat Scout* ([URL-47]) erfolgt. Da für Auswärtsspiele keine Tracking-Daten zur Verfügung stehen, werden gelegentlich eigene Videoaufzeichnungen angefertigt, die mit den TV-Aufnahmen synchronisiert werden, um zu beobachten, was sich auf dem gesamten Spielfeld während bestimmter Aktionen zugetragen hat. Dies sei, nach Angabe des Experten, notwendig, da TV-Bilder nur selten das gesamte Spielfeld abbilden. Im Gegensatz dazu erfassen die eigenen Kameras den Bereich zwischen der eigenen und der gegnerischen Viererkette.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Nach Aussage des Experten wird, für die Spielanalyse die Software von *InStat* verwendet, die sowohl webbasiert, als auch als Java-Applikation zur Verfügung steht. Über letztere kann zusätzlich auf die 2D-Animationen zurückgegriffen werden.

Außerdem wurde innerhalb des Vereins eine auf der zugrundeliegenden Spielphilosophie basierende Analysevorlage entwickelt. Auf Basis dessen werden bereits im Vorfeld eines Spiels aussagekräftige Events definiert, damit während des Spiels zeitcodierte Informationen, ähnlich wie bei einem Fragebogen, abgearbeitet werden können. Diesbezüglich hielt der Experte fest, dass dadurch quantitative Daten qualifiziert werden. Bspw. werden die Häufigkeiten bestimmter Events untersucht, um herauszufinden, was an einer bestimmten Situation wesentlich ist. Exemplarisch dazu stellen sich bei einem Eckball folgende Fragen: *„Wie sieht die Positionierung aus?“*, *„Wie sieht das Verhalten aus, wenn jemand aus dem Strafraum oder dem Torraum zuläuft?“* oder *„Wird Mann- oder Raumdeckung betrieben?“* Für den Spielaufbau, Standardsituationen, Defensivformationen usw. gibt es ähnliche Listen, die abgearbeitet werden. Die fertige Auswertung beinhaltet neben Videozusammenschnitten auch eine schriftliche Notation, die dem Trainerteam sowie bei Bedarf den Spielern übergeben wird.

Innerhalb der Profimannschaft werden die Analyseergebnisse sowohl für die Spielvor- und -nachbereitung, als auch für individuell- und gruppen- bzw. mannschaftstaktische Schulungen verwendet, um hierbei in erster Linie neue Spielsysteme zu erlernen. Mit Hilfe der Analysen werden bestimmte Trainingsinhalte abgebildet. Der Experte gab zu Protokoll, dass die Analyseergebnisse auch in das Scouting einfließen, wobei auf Basis positionsspezifischer Events Stärken-/Schwächenprofile erstellt werden. Die Videoanalyse dient zur Vorselektion bestimmter Spieler. Des Weiteren dient das Bildmaterial nicht nur für die Kampfmannschaft, sondern auch für sämtliche Jugendabteilungen, zur Festigung bzw. Darstellung der vereinsinternen Spielphilosophie.

Der Experte berichtete, dass zur Spielvorbereitung ausschließlich eine Mannschaftsanalyse des Gegners durchgeführt wird, währenddessen im Zuge der Spielnachbereitung eine gruppentaktische Unterteilung in Offensive und Defensive erfolgt. Zu unterschiedlichen Zeitpunkten werden Einzelspieleranalysen, basierend auf der Auswertung mehrerer Spiele, vorgenommen, um Stärken und Schwächen herauszuarbeiteten.

Der Experte gab ab, dass Schlüsselparameter im Bereich der Spielanalyse definiert werden, insbesondere jedoch dann, wenn explizit statistische Werte in die Analyse miteinfließen sollen. Bezugnehmend darauf werden zunächst statistische Auffälligkeiten untersucht, wobei anhand der Videoauswertung Rückschlüsse gezogen werden. Derartige Parameter liefern Antworten auf folgende Fragen: *„Wie viele Pässe werden von wem in den Strafraum gespielt?“*, *„Wer spielt in der Viererkette die langen Bälle?“* oder *„Wie hoch ist der Prozentsatz der langen Pässe, die ein Torwart des Gegners spielt?“*. Anhand des letzten Parameters kann z.B. darauf geschlossen werden, inwiefern der gegnerische Spielaufbau kontinuierlich verläuft. Der Experte betonte, dass der spielaufbauenden Spieler ausfindig gemacht werden soll, um diesen nicht ins Spiel kommen zu lassen. Diesbezüglich spielen Parameter, wie die *„Passquote“*, die *„Art der Pässe“* usw. eine bedeutende Rolle, um Schwächen zu eruieren. Ein weiterer nennenswerter Parameter ist, nach Angabe des Experten, die *„Kopfballquote im defensiven Bereich“*, die vor allem dann aussagekräftig ist, wenn im Spiel vorrangig lange Bälle gespielt werden. Hierbei gilt es herauszufinden, wo es am wahrscheinlichsten ist, ein Kopfballduell zu gewinnen. Der Experte vertritt die Meinung, dass nach den richtigen bzw. zweckmäßigen Parametern gesucht werden muss, um Antworten auf bestimmte Fragen zu finden.

In Zuge der Spielnachbereitung wird überwiegend bei der Untersuchung der *„Staffelung in der Offensivbewegung“* das gesamte raumzeitliche Gefüge beobachtet. Hier gibt es vereinsintern klare Vorstellungen davon, wie nicht-ballführende Spieler in bestimmten Situationen positioniert sein sollten. Der Experte gab hierzu an, dass insbesondere die 2D-Animation aufschlussreich sind. Gleichzeitig werden bei Einzelspieleranalysen auch Analyse-Folgeketten berücksichtigt, bspw. bei *„Zweikämpfen“*.

Bezogen auf quantitative Parameter erwähnte der Experte den *InStat*-Index, dessen Formel jedoch geheim gehalten wird. Dieser Index umfasst eine Reihe von positionsspezifischen Durchschnittswerten, die mit der tatsächlichen Spielerleistung verglichen wird. Der Experte gab hierzu an, dass auch er auf der Suche nach einer geeigneten Maßzahl für eine valide Bezifferung der Spielerleistung ist. Begleitend muss dies jedoch in Relation zur Spielphilosophie gesetzt werden, weswegen z.B. *„Ballbesitzwerte“* stark variieren können. Weitere Indikatoren betreffen u.a. die: *„Anzahl der abgegebenen Schüsse aufs Tor“*, *„Sprinthäufigkeit im Vergleich zum Gegner“* etc. Dabei ergeben sich einige Fragen, wie etwa: *„War unser Spiel intensiv?“*, *„Ist unser Spiel auf den Endzweck ausgerichtet?“* (Parameter: *„Schüsse“*) oder *„Dominieren wir den Gegner?“* (Parameter: *„Ballbesitz“*). Hierbei ist es, laut Experten, besonders bedeutsam, den Kontext des Spiels zu berücksichtigen, da nicht jedes Spiel gleich ist und die Stärke der gegnerischen Mannschaft ein wesentlicher, unbekannter Einflussfaktor ist.

Des Weiteren gab der Experte zu bedenken, dass es nicht nur positionsbedingte Unterschiede, hinsichtlich der Aussagekraft bestimmter Parameter gibt, sondern auch positionsspezifische Schlüsselparameter. Bspw. ist bei einem Innenverteidiger die *„Zweikampfquote“*, hingegen bei einem Stürmer die *„Anzahl der Zweikämpfe“* entscheidend. Wie oft ein Stürmer den Gegner stören kann ist somit sehr wichtig. Hierzu berichtete der Experte. Dass Studien belegen, dass je höher die Spielintensität, desto höher die Qualität eines Spielers ist. Aus diesem Grund ist für Außenbahnspieler speziell die *„Anzahl der Sprints“* entscheidend, bei defensiven Mittelfeldspielern hingegen die *„High Intensity Läufe“*, da dieser Lücken schließen muss. Weitere Schlüsselparameter beziehen sich, nach Angaben des Experten, auf die Positionen 10, 7 und 11, die innerhalb einer 4-3-2-1 Aufstellung die offensiven Mittelfeldspieler kennzeichnen. Dabei ergeben sich u.a. folgende Fragen: *„Wie viele Pässe bringen diese Spieler in den Strafraum?“*, *„Wie viele Schüsse bringt ein Stürmer auf das Tor“* oder *„Wie hoch ist die Torschussquote bei offensiven Mittelfeldspielern?“* Erneut bezogen auf die Innenverteidigung ist es interessant, wie viele *„Kopfbälle“* gewonnen werden. Hingegen sind, nach Meinung des Experten, insbesondere auf den zentralen Positionen 6, 8 und 10 die Ballsicherungen (*„Eroberung“* oder *„Loose Balls“*) von herausragender Bedeutung.

Der Experte gab an, dass das Spielfeld gedrittelt wird. Gemäß der Spielphilosophie soll versucht werden, das Spiel in das Angriffsdrittel zu verlagern. Es werden sowohl *„Zweikämpfe“*, als auch *„Ballgewinne“* in den einzelnen Dritteln untersucht. Es ist wichtig vor allem im Angriffsdrittel viele Ballgewinne zu erzielen, weswegen diese Aktionen stärker gewichtet werden. Das verwendete Videoanalysetool bietet hierbei die Möglichkeit einzelne Aktionen in bestimmten Bereichen zu analysieren, wie bspw. in der *„Origin Zone“* bzw. in der *„Destination Zone“* des jeweiligen Events. Es handelt sich dabei, nach Aussage des Experten, um eine aktionsbezogene, jedoch nicht vergleichbare, dynamische Zonierung des Spielfeldes.

Eine temporale Klassifizierung einzelner Events wird hingegen nicht vorgenommen. Allerdings werden bei der Spielvorbereitung bzw. der Gegneranalyse späte Standardsituationen weniger stark berücksichtigt. Der Grund dafür ist, dass sich die aktuelle taktische Ausrichtung einer Mannschaft gegen Ende des Spiels, in Abhängigkeit des bisherigen Spielverlaufs, von der ursprünglichen Taktik stark unterscheiden kann.

- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse

Bezogen auf „die“ ideale Spielanalyse hielt der Experte fest, dass die 2D-Animationen weiter optimiert werden müssten, da diese nicht immer mit den Videoaufnahmen synchron sind. Des Weiteren wären auch Tracking-Daten von Auswärtsspielen von besonderem Interesse, was jedoch von den Stadionkonstruktionen abhängig ist. Ferner wären Videoaufzeichnungen in Vogelperspektive und Live-Modus sehr interessant, womit mit Hilfe einer Weitwinkelkamera (Taktikkamera) das gesamte Spielfeld von der Seitenlinie aufgenommen werden könnte.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Die Videoanalyse erfolgt, nach Angaben des Experten, meist in der Spielerkabine, wo die Mannschaft die Ausführungen über vier Fernsehern verfolgen kann. Dabei werden Videomitschnitte präsentiert, in denen auch interaktiv bei angehaltenem Bild hineingezeichnet werden kann. Bei Bedarf wird hierbei die Mannschaft aktiv in die Besprechung eingebunden. Im Rahmen der Spielvor- und –nachbereitung finden vor allem Gruppenbesprechungen statt, wobei eine höhere Interaktivität im Vergleich zur Mannschaftsbesprechung zu beobachten ist. Zusätzlich wird Dropbox ([URL-52]) benutzt, um die videobasierten Analyseergebnisse mit den einzelnen Spielern zu teilen. Allfällige maßstabsgerechte Darstellungen des Spielfeldes, bspw. auf Magnettafeln, Flipcharts usw. werden hingegen hauptsächlich vom Trainer verwendet.

Laut Angaben des Experten sind der Chef- und Co-Trainer sowie die gesamte Mannschaft als direkte Empfängergruppe der Analyseergebnisse anzusehen, wobei das Trainerteam im Vergleich zu den Spielern detailreichere Ausführungen bekommen. Gleichzeitig kann der Trainer zusätzliche Informationsanfragen an den Experten stellen. Auf Anfrage werden den Sportdirektor entsprechende Informationen übermittelt.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Eigene Videoaufnahmen, vorrangig von Auswärtsspielen, werden nur auf Anfrage des Trainers erstellt, was in etwa jedes vierte Spiel der Fall ist. Unabhängig vom Wettbewerb wird für jedes Spiel eine vollständige Vor- und Nachbereitung durchgeführt. Laut Angaben des Experten nimmt die Spielvorbereitung, inkl. der graphischen Aufbereitung in etwa elf Stunden in Anspruch, wobei die Dauer für die Analyse auf rund vier bis fünf Stunden beträgt. Die Nachbesprechung ist hingegen meist gruppentaktischer Natur, weshalb bestimmte Spielsituationen unterschiedlich aufbereitet werden müssen. Vereinsintern wird dabei Flexibilität großgeschrieben, weswegen die Präsentation von Analyseergebnissen keiner standardisierten Prozedur entspricht. Die Ergebnisse werden der gesamten Mannschaft, einzelnen Spielern oder bestimmten Gruppen, wie bspw. der Offensivabteilung, präsentiert.

Interview-Protokoll 11

Expertenkürzel: E14
Durchführungsdatum: 27.11.2014
Uhrzeit: 16:58 – 17:34
Durchführungsart: via Skype (zu Festnetz)

- Hintergrundinformationen

Der Experte war zum Zeitpunkt des Interviews nicht mehr innerhalb eines Vereins tätig, erfüllte jedoch die Anforderung der Expertenauswahl. Zu seiner aktiven Vereinszeit waren insgesamt vier Personen in der vereinsinternen Analyseabteilung tätig.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Bezogen auf die Datengrundlage gab der Experte an, dass zum einen Videos (komplette Aufzeichnungen und Highlights) und zum anderen Tracking-Daten verwendet wurden. Letztere stammten zur aktiven Zeit des Experten von *Impire* ([URL-24]) und wurden von der Liga zur Verfügung gestellt. Des Weiteren wurden insbesondere bei Testspielen gelegentlich eigene Videos produziert. Zusätzlich bauten die Analysten mit Hilfe von *SoccerLab* ([URL-48]) eine eigene Scouting-Datenbank auf.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Der Experte berichtete, dass während der Spielvorbereitung in erster Linie der kommende Gegner beobachtet wurde. Dabei wurden Zusammenschnitte markanter Spielszenen aus den letzten Partien des Gegners der gesamten Mannschaft präsentiert. Konträr dazu wurde im Rahmen der Spielnachbereitung sowohl eine Gegner-, als auch Eigenspielanalyse durchgeführt. Zudem forderte die Scouting-Abteilung Videos an, um auf Basis dessen Spielerprofile zu erstellen. Ferner wurden die Analyseergebnisse auch für Taktikschulungen und gelegentlich für Demonstrationen bei Sponsorenevents herangezogen.

Bezogen auf den Analyseschwerpunkt gab der Experte an, dass dieser für das kommende Spiel vom Trainer vorgegeben wurde. Allerdings spielten dabei, aufgrund limitierter finanzieller Möglichkeiten, die zur Verfügung stehenden Tracking-Daten keine nennenswerte Rolle. Stattdessen waren diese Daten ausschließlich für die Fitnesstrainer interessant. Aus diesem Grund wurden die Spiele ausnahmslos mittels *SoccerLab* analysiert, womit gleichzeitig die Videos geschnitten wurden.

Der Experte betonte, dass die Spielanalyse zum einen als unumgänglich angesehen und zum anderen dabei der technologische Fortschritt bzw. das Angebot bestimmter Dienstleister ausgenutzt werden muss.

Vereinsintern wurde nach Angaben des Experten, die Einzelspieler- getrennt von der Mannschaftsanalyse durchgeführt. Schlüsselparameter konnten hierfür aufgrund der fehlenden finanziellen und personellen Ressourcen nicht definiert werden. Hinsichtlich der grundlegenden Analysemethodik, gab der Experte zu bedenken, dass innerhalb des Vereins keine allgemeinen Richtlinien bestimmt wurden, weswegen die Analysten nicht immer gleich arbeiteten. Nach eigenen Angaben, versuchte der Experte jedoch alle Spieler zu beobachten, da für ihn eine isolierte Betrachtung des ballführenden Spielers nicht zielführend sein kann. Nach Meinung des Experten muss auch der Kontext des Spiels berücksichtigt werden, weswegen zusätzlich eine Kategorisierung in Offensiv- und Defensivaktionen mit Hilfe von *SoccerLab* erfolgte. Gleichzeitig muss im Falle von Analyseketten vor allem das Verhalten aller beteiligten Spieler beobachtet werden, da die Spielanalyse keiner Suche nach einem *„Schuldigen“* entspricht.

Laut Meinung des Experten entsprechen Statistiken nur Indikatoren, die ihre Grenzen haben und positionsspezifisch betrachtet werden müssen. Nichtsdestotrotz wird die *„Zweikampfquote“* als zentraler Indikator angesehen. Diesbezüglich hielt der Experte jedoch fest, dass das gesamte

Gefüge bzw. das Kollektiv *„harmonieren“* muss und sich daher der Analyst nicht ausschließlich auf Statistiken verlassen kann bzw. eine derartige Arbeitsweise fahrlässig wäre.

Da die Vorgaben des Trainers, laut Aussage des Experten, keine spezifischen raumzeitlichen Analysen beinhalteten, wurden entsprechende Fragestellungen nicht nachgegangen. Gewichtungen bzw. Klassifizierungen bestimmter Parameter auf Basis deren raumzeitlichen Auftretens wurden daher nicht durchgeführt. Allerdings wurden Untersuchungen, basierend auf Spielfeldzonierungen, zumindest bei Bedarf bzw. auf Wunsch des Trainers unternommen.

Zusammenfassend charakterisierte der Experte die angewandte Analysemethodik als reine Selektion von Videoszenen, die in weiterer Folge zusammengestellt und dem Trainerteam weitergeleitet wurde.

- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse

Bezogen auf diese spezielle Frage antwortete Experte knapp, dass sämtliche technischen Möglichkeiten voll ausgeschöpft werden müssen. Dies beinhaltet die Installation von Kamerasystemen sowohl im Stadion, als auch auf allen Trainingsplätzen. Ein weiterer wesentlicher Punkt für den Experten ist hierbei, dass alle Mitarbeiter der Analyseabteilung, den Anforderungen einer modernen Spielanalyse entsprechend, angemessen geschult sein müssen.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Die Präsentation der Analyseergebnisse erfolgte im Rahmen einer vom Trainer geleiteten Besprechung mit der Mannschaft. Dabei wurde bei Heimspielen ein interaktives Whiteboard eingesetzt. Hingegen wurden bei Auswärtsfahrten alle Spieler mit Tablets ausgestattet, um sich unmittelbar vor dem Spiel noch Szenen vom Gegner anzusehen.

Der Experte gab an, dass sich die Analysen in erster Linie an das Funktionsteam (Chef-, Co- und Fitnesstrainer) richteten, weshalb, im Vergleich zu den Spielern, den betreffenden Personen mehr Informationen zugänglich gemacht wurden. Da sich das physische Ergebnis der Analyse maßgeblich auf Videozusammenschnitte beschränkte, wurden keinerlei maßstabsgerechte Darstellungen des Spielfeldes o.dgl. verwendet bzw. produziert.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Die Videoanalyse eines einzelnen Spiels benötige, inkl. Auswahl von Szenen sowie Zusammenschnitt bzw. Aufbereitung, nach Angaben des Experten, durchschnittlich zwei bis drei Stunden. Grundsätzlich wurden alle Spiele, sowohl Pflicht-, als auch Testspiele der Kampfmannschaft analysiert, wobei die Vorbereitung meistens einen Tag vor dem Spiel und die Nachbereitung i.d.R. nach der nächsten Trainingseinheit stattfand. Dabei wurden vom Trainer Mannschafts-, Gruppen- sowie Individualanalysen bzw. -besprechungen abgehalten.

Interview-Protokoll 12

Expertenkürzel: E16
Durchführungsdatum: 18.11.2014
Uhrzeit: 17:58 – 18:44
Durchführungsart: via Skype (zu Festnetz)

- Hintergrundinformationen

Der Experte war zum Zeitpunkt des Interviews für einen nationalen Verband tätig und konnte bereits eine mehrjährige Erfahrung auf Vereinsebene bei unterschiedlichen Clubs nachweisen. Bei seinem aktuellen Arbeitgeber sind im Bereich der Spielanalyse insgesamt vier Personen tätig.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Zu Beginn des Interviews sprach der Experte kurz über die Datengrundlage, mit der er auf Vereinsebene in Kontakt kam. Dabei handelte es sich dabei einerseits um kombinierte Event- und Tracking-Daten von *ProzoneSports* ([URL-13]) sowie andererseits um Event-Daten von *Opta* ([URL-21]) und Tracking-Daten von *Impire* ([URL-24]). Diesbezüglich gab der Experte zu bedenken, dass Vereine auf externe Datenanbieter angewiesen sind, da für eine eigenständige Datenerhebung in diesem Umfang schlichtweg keine Zeit vorhanden ist. Zur Bekräftigung dieses Arguments führte er an, dass in Kombination mit internationalen Pokalspielen pro Woche zwei bis drei Spiele stattfinden und eine Post-Match-Analyse zeitaufwendig sei. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn zusätzlich auch noch andere Aufgabenbereiche, wie die Spielvorbereitung abgearbeitet werden müssen. Der Experte merkte an, dass die Analyseabteilungen mit den verfügbaren quantitativen Daten nie zufrieden waren, da die Definitionen einzelner Events z.T. sehr unklar waren bzw. sind. *„Aufgrund eines fehlenden Definitionskataloges waren bestimmte Ereignisse nicht klar nachvollziehbar."*

Beim aktuellen Arbeitgeber des Experten, werden hingegen alle Event-Daten selbst erhoben. Hierfür wurde ein eigener Definitionskatalog entwickelt, auf Basis dessen nicht nur sämtliche Spiele der Nationalmannschaft, sondern auch alle Partien der verschiedenen Jugendauswahlen, einheitlich codiert werden. Gleichzeitig stehen Tracking-Daten von *ProzoneSports* zur Verfügung, die jedoch in erster Linie für die Beurteilung der physischen Spielerleistung, auf Basis der *„Laufdistanz"* und *„Intensivläufe"*, herangezogen werden. In den Trainingslagern werden alle Trainingseinheiten von unterschiedlichen Standorten aus gefilmt, wobei allerdings keine Codierung stattfindet.

Der Experte betonte, dass der Vorteil auf Verbandsebene im Wesentlichen darin besteht, dass mehr Zeit für die Analysen zwischen den einzelnen Spielen vorhanden ist. Des Weiteren gab er an, dass im Moment an der Verknüpfung der eigens codierten Event- mit den zur Verfügung gestellten Tracking-Daten gearbeitet wird.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Die Event-Daten werden, laut Aussage des Experten, mit Hilfe von *SportsCode* von *Sportstec* ([URL-45]) analysiert, wobei das Match unter verschiedenen Gesichtspunkten beobachtet wird, wie etwa *„gegnerischer und eigener Ballbesitz in unterschiedlichen Spieldritteln"*, *„Passmatrix"* usw. Das Spiel wird i.d.R. viermal vollständig durchlaufen und dabei codiert sowie die bisherige Datenaufnahme kontrolliert.

Die Analyseergebnisse werden primär für das Trainerteam erstellt, wobei die Art und Weise der Spielanalysen von den Vorstellungen des Trainers abhängig ist. Diesbezüglich hielt der Experte fest, dass dies die Aufgabe nicht unbedingt leichter macht, insbesondere dann, wenn die Trainer gegenüber neuen Methoden bzw. Technologien eventuell verhalten sind.

Auf Basis der erhobenen Daten wird, nach Angaben des Experten, ein ausführlicher Spielbericht erstellt, der zwischen den Länderspielen im Rahmen der Spielvorbereitung mit dem Trainerteam besprochen wird. In Kombination mit Videomaterial wird dabei versucht, eine Brücke zwischen quantitativer und qualitativer Analyse zu schlagen. Hierfür sollen Daten intelligent selektiert, damit die Trainer nicht mit einer Unmenge an Daten überflutet werden. Bezugnehmend darauf betonte der Experte, dass nach markanten, wesentlichen Aspekten des Spiels gesucht wird. Die Analyseergebnisse bzw. die Daten werden auch im Bereich der Trainingsausbildung herangezogen.

Der Experte betrachtet, nach eigenen Angaben, die Einzelspieleranalyse als einen Teil der Mannschaftsanalyse, wobei der Schwerpunkt allerdings im Bereich der Mannschaft liegt. Schlüsselparameter werden z.B. für *„erfolgreiche Pässe in verschiedenen Spielfeldzonen"* oder für den *„Ballbesitz in den Spielfelddritteln"* definiert. Bei letzterem ist der Ballbesitz besonders im Angriffsdrittel relevant. Zusätzlich werden andere Aktionen am Ball unterteilt in *„Flanken"* (erfolgreich/nicht erfolgreich/geblockt), *„Torschüsse"* (geblockt/neben das Tor/usw.) etc. Es handelt sich dabei um ähnliche Kategorien, die auch von externen Datenanbietern angeboten werden, allerdings auf Basis einer verbandsinternen Definition, die zu jeder Zeit nachvollziehbar ist. Es muss, nach Aussage des Experten, der Kriterienkatalog jedoch als dynamisch angesehen werden, da dieser bei Bedarf erweitert bzw. adaptiert werden kann. Somit kann die Erstellung des Katalogs als ein iterativer Prozess bezeichnet werden, der noch nicht abgeschlossen ist.

Der Experte betonte, dass versucht wird, diese so objektiv wie möglich zu gestalten, wobei die Codierung unabhängig vom Kontext des Spiels erfolgt. Bezogen auf die Codierung liegt der Fokus auf den ballführenden Spieler bzw. auf ballbezogene Events. Darüber hinaus werden Defensivaktionen sowie Aktionen ohne Ball auf Basis der Videoauswertung qualitativ bewertet, ohne diese eigens zu codieren.

Hinsichtlich Analyseketten werden diese sowohl qualitativ bewertet, als auch analysiert. Aktuell gibt es, laut dem Experten, Bestrebungen dies verstärkt in den quantitativen Analyseprozess zu integrieren. Diese Maßnahme soll dazu beitragen herauszufinden, welche Aktionen für andere Aktionen ausschlaggebend sein können.

Des Weiteren vertrat der Experte die Meinung, dass quantitative Parameter, die die Leistung der gesamten Mannschaft widerspiegeln schwierig zu erheben sind, da das Spiel schlichtweg zu komplex ist. Diesbezüglich wäre eventuell der *„Ballbesitz in den verschiedenen Dritteln"* zu als aussagekräftiger Parameter nennen. Bezogen auf die Leistung der Einzelspieler, hielt der Experte fest, dass vieles aus den Daten herausgelesen werden kann, bspw. anhand der *„Passmatrix"*. Derartige Informationen können zwar für die Einschätzung aller Spieler herangezogen werden, was allerdings für zentrale Spieler besser als vergleichsweise für Außenspieler funktioniert. Unabhängig von der Spielerposition muss der Kontext des Spiels berücksichtigt werden. Individuell betrachtet sind die Passdaten eines Spielers besonders interessant, wobei jedoch zusätzlich das Video herangezogen werden muss. *„Kein Trainer beurteilt einen Spieler ausschließlich auf Basis der quantitativen, statistischen Parameter."* Einzelne Parameter können jedoch Anlass dafür geben, bestimmte Szenen noch einmal genauer zu betrachten, womit eventuell Rückschlüsse auf bestimmte Fragen oder Auffälligkeiten getroffen werden können.

In Anbetracht der Aussagekraft der Parameter werden nicht nur positionsbedingte Unterschiede, sondern auch das gesamte raumzeitliche Gefüge berücksichtigt. Diesbezüglich liegt der Schwerpunkt der Analyse von Spielfelddrittel. Darüber hinaus werden weitere Zonen, bspw. innerhalb des Angriffsdrittels unterschieden, wobei der Fokus der Analyse auf jene Bereiche liegt, von denen die meisten Torchancen ausgehen. Auf Basis dessen ist es das mannschaftliche Ziel möglichst viele Torabschlüsse innerhalb dieser Zonen zu suchen.

Eine Gewichtung bzw. Klassifizierung einzelner Parameter auf Basis deren raumzeitlichen Auftretens wird, laut Auskunft des Experten, im Grunde nicht vorgenommen, da kein Bewertungssystem für die Spieler aufgestellt werden soll. Vielmehr soll im Zuge der Datenerfassung versucht werden, einzelne Aktionen objektiv zu codieren.

- „Die“ ideale Fußball-Spielanalyse

Der Experte vertrat die Meinung, dass sämtliche Trainingsplätze mit Tracking-Kameras, die von den Büros aus gesteuert werden können, ausgestattet werden müssten. Dabei sieht er es als essenziell an, dass die erhobenen Tracking-Daten mit den eigenständig codierten Event-Daten kompatibel sind. Das System sollte nach den eigenen Wünschen bzw. Zwecken modifiziert werden können, da dies eine enorme Zeitersparnis bedeuten würde.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Gelegentlich kommt es, nach Aussage des Experten, vor, dass einzelne Spieler gerne ihre Daten einsehen möchten, die dann in weiterer Folge wunschgemäß weitergeleitet werden. Es werden jedoch umfangreiche Berichte erstellt, die sich aus verschiedenen Diagrammen, Tabellen sowie einer kurzen Zusammenfassung der Spiele zusammensetzen. Nach Fertigstellung eines Berichts wird dieser dem Chef- sowie den Co-Trainern weitergeleitet und durchschnittlich ein bis zwei Wochen nach dem betreffenden Spiel gemeinsam besprochen. Trotz unterschiedlicher direkter Empfänger unterscheidet sich die grundlegende Aufbereitungsart bzw. der Umfang des Berichts nicht.

Ferner werden gemeinsam ausgewählte Videoausschnitte betrachtet und besprochen. Als interaktiv bezeichnet der Experte die Präsentation dahingehend, dass die Videos gestoppt und im statischen Bild z.B. Laufwege u.dgl. eingezeichnet werden können.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Der Experte gab an, dass ausnahmslos für jedes Spiel Event-Daten selbstständig erhoben bzw. codiert werden. Die anschließende Analyse nimmt für ein einziges Spiel, inkl. der Codierung, i.d.R. drei Arbeitstage in Anspruch. Der Experte gab zu bedenken, dass es schwierig sei zwischen unmittelbar aufeinanderfolgenden Länderspielen Gegner- und Postmach-Analysen in vollem Umfang durchzuführen, da diese schlichtweg zu umfassend sind. Präsentationstermine hängen im Wesentlichen von den Terminkalendern der Nationalelf und des Nationaltrainers ab. Es wird jedoch versucht, alsbald nach den Spielen eine gemeinsame Besprechung abzuhalten.

Des Weiteren werden der Mannschaft im Trainingslager Szenen aus den vorangegangen Spielen gezeigt, wobei zusätzlich Besprechungen mit einzelnen Positionsgruppen, wie etwa der Abwehrspieler, abgehalten werden. Hingegen werden in Einzelbesprechungen weniger die Ergebnisse der Datenauswertung noch Videoszenen präsentiert, sondern hauptsächlich andere Bereiche thematisiert.

Interview-Protokoll 13

Expertenkürzel: E17
Durchführungsdatum: 19.12.2014
Uhrzeit: 10:59 – 11:45
Durchführungsart: via Skype

- Hintergrundinformationen

Der Experte berichtete über seiner mehrjährigen vereinsinternen Tätigkeit als Spieleanalyst. Aktuell ist er als Berater bei einem nationalen Verband tätig. Während seiner vereinsinternen Arbeit waren, nach eigenen Angaben, im weiteren Sinne rund 20 Personen im Bereich der Spielanalyse tätig. Dieses breite Aufgabenfeld umfasste vier eigenständige Abteilungen für die *„Eigene Spielanalyse“*, *„Gegnervorbereitung“* sowie das *„Scouting“* und *„Leistungsdiagnostik“*. Mit Ausnahme der Abteilung für Leistungsdiagnostik wurden videobasierte Analysen durchgeführt.

- Datengrundlage der Spielanalyse

Hinsichtlich der Datengrundlage betonte der Experte, dass mit Videos gearbeitet wurde, wobei für die Akquirierung von TV-Aufnahmen *„ein eigenes Satelliten-Aufnahmesystem“* verwendet wurde. Diesbezüglich gab der Experte zu bedenken, dass auf Basis von TV-Aufzeichnungen selten das gesamte raumzeitliche Gefüge am Spielfeld beobachtet werden kann. Um diesen essenziellen Nachteil zu kompensieren, wurden zusätzlich eigene Aufnahmen mit Hilfe eines Weitwinkelobjektivs produziert.

- Angewandte Methoden der Spielanalyse

Die Spiele wurden, nach Angabe des Experten, mit Hilfe der Videoanalysesoftware SoccerLab ([URL-48]) analysiert. Dabei wurden, in Abhängigkeit des Anwendungsbereiches, die Ziele verfolgt, einerseits Spieler zu scouten sowie andererseits Highlight-Clips zusammenzustellen. In beiden Fällen wurden Stärken/Schwächen-Profile erstellt. Bezogen auf die eigene Mannschaft mussten nicht nur die Schwächen aus den vorangegangenen Spielen aufgedeckt, sondern auch gelungene Spielszenen ermittelt werden. Hierzu wurden individuelle Feedbacks abgegeben. Der Experte gab an, dass im Zuge der Spielvorbereitung versucht wurde bestimmte Spielmuster des Gegners im Spielaufbau zu erkennen, bspw. *„Welche Formationen werden verwendet?“* oder *„Auf welchen taktischen Mitteln basiert der Grundaufbau?“* Darüber hinaus wurden Schlüsselparameter analysiert und anhand von Videozusammenschnitten präsentiert. Bereichsübergreifend kann, gemäß dem Experten, die Taktikschulung als weiterer Anwendungsbereich der durchgeführten Spielanalyse angesehen werden.

Die Einzelspieleranalyse wurde in Kombination bzw. im Zuge der Mannschaftsanalyse durchgeführt. Dabei wurde darauf geachtet, Szenen einzelner Spieler zu clippen und dabei gleichzeitig eine Mannschaftsanalyse zu erstellen. Außerdem konnten aufgrund des großen Analyseteams unterschiedliche Analysebereiche intern aufgeteilt werden.

Der Experte berichtete des Weiteren, dass qualitative Schlüsselparameter insbesondere bei Standardsituationen festgelegt wurden, die u.a. folgende Fragen beantworten sollten: *„Wie stehen die Spieler?“* oder *„Wie greifen sie an bzw. wie verteidigen sie?“* Im Falle der Einzelspieleranalyse wurden hingegen einzelne Parameter zusätzlich in Kategorien unterteilt, wie etwa: *„Defensivaktionen“*, *„Dribblings“*, *„Flanken“*, *„Pässe“*, *„Torabschlüsse“*, *„Tore“*, *„Vorlagen“*, *„Chancen“*, *„Standardsituationen“* – aufgeteilt in *„Ecken“*, *„Freistöße“*, *„Strafstöße“* usw. Um hierbei eine einheitliche Datengrundlage zu gewährleisten, wurde ein vereinsinterner Kriterienkatalog angelegt. Der Experte gab hierüber allerdings zu bedenken, dass es sich bei der Eventbestimmung, trotz der Verwendung

eines Kriterienkataloges um einen subjektiven Datenerhebungsprozess handelt, wobei jedoch versucht wurde, die Verzerrungen möglichst gering zu halten.

Neben den soeben aufgelisteten qualitativen Parametern wurden auch quantitative Parameter in Form von Statistiken erstellt, die von *Opta* ([URL-21]) über die Liga zur Verfügung gestellt wurden. Bezogen auf diese Datenquelle gab der Experte allerdings an, dass alleine auf Basis der Zahlen keine Aussagen über die Qualität eines Spielers oder einer gesamten Mannschaft getroffen werden können. Vielmehr ist es speziell bei Schlüsselszenen bedeutend, dass der gesamte Kontext betrachtet wird. *„Ein Spieler kann bspw. eine sehr schlechte Zweikampfquote haben, allerdings kann er, wenn er die kritischen Zweikämpfe gewonnen hat, in Summe eine gute Leistung aufweisen."*

Der Experte betonte, dass die Aktion im Rahmen der Einzelspieleranalyse im Vordergrund steht, wobei das Umschaltverhalten nicht untersucht wurde, sondern dies erst bei der Mannschaftsanalyse erfolgte. Bezogen auf das gesamte Team ist es, nach Meinung des Experten, wesentlich zu untersuchen, wie die Spieler im Kollektiv auf verändernde Spielsituationen reagierten. Eine ausnahmslose Fokussierung auf den ballführenden Spieler ist somit unzulässig. Es ist des Weiteren wichtig parameterbezogene Positionsprofile im Verlauf der Auswertung zu berücksichtigen.

Um die räumliche Komponente ausreichend zu berücksichtigen wurde das Spielfeld, laut Angaben des Experten, in einzelne Sektoren aufgeteilt, wobei in Abhängigkeit des räumlichen Auftretens bestimmter Aktionen, diese in Abhängigkeit der Zonen bewertet wurden. Gleichzeitig musste dabei der Kontext des Spiels berücksichtigt werden. Z.B. wurde ein Fehlpass in der Vorwärtsbewegung in der eigenen Spielhälfte als schwerwiegender betrachtet, als vergleichsweise ein Fehlpass im Angriffsdrittel. Bezogen auf die gegnerische Taktik wurden Angriffsseiten unterschieden. Zusätzliche wurde neben der horizontalen Dreiteilung des Spielfeldes auch eine vertikale Drei- oder auch Vierteilung vorgenommen.

Während die räumliche Komponente im Wesentlichen berücksichtigt wurde, wurde hinsichtlich des Faktors Zeit keine Gewichtung bzw. Klassifizierung einzelner Aktionen oder Parameter durchgeführt. Allerdings wurde, nach Aussage des Experten, nach auffälligen *„Zeitkorridoren"* gesucht, in denen bspw. eine Mannschaft überdurchschnittlich mehr Tore erzielt oder für Gegentore statistisch betrachtet anfälliger ist. Diese Maßnahme diente jedoch in erster Linie als Motivationszweck für die eigene Mannschaft.

- „Die" ideale Fußball-Spielanalyse

Der Experte hatte zu diesem Thema konkrete Vorstellungen. Zunächst sollte die Datenmenge ausgeweitet werden, wobei zusätzlich zum Videobild leistungsbezogene Daten erhoben werden sollten, was mittlerweile, nach Angabe des Experten, bereits möglich ist. Auf Basis dieser Daten müssten geeignete Algorithmen konzipiert werden, um damit mehr Informationen, die oberflächlich nicht oder nur schwer ersichtlich sind, herauszulesen. *„Im Grunde geht es darum, den Datensatz bzw. die dahinterstehenden Informationen besser zu verstehen."*

Die Datenerhebung sollte bis in die Jugendabteilungen ausgebaut werden. Konkret sollten sämtliche Spiele mit zumindest zwei Kameras aufgezeichnet und auf Basis dessen ein Scouting Feed erstellt werden. Um dies jedoch realisieren zu können, ist, nach Meinung des Experten, der Aufbau eines großen und gut geschulten Analyseteams unumgänglich. *„Auch die Quantität des Analyseteams muss konkurrenzfähig sein. Ein Analyst alleine ist für einen Bundesligisten eindeutig zu wenig."* Des Weiteren müssen hierbei Analysten für bestimmte Bereiche spezialisiert werden, um somit innerhalb eines kurzen Zeitraums mehr Informationen aus dem Datenmaterial zu gewinnen.

- Methoden zur Visualisierung und Präsentation

Abgesehen von einer Präsentation, in der die wesentlichsten Informationen in komprimierte Form dem Trainerteam zur Verfügung gestellt wurden, wurden auch Videoclips markanter Spielszenen sowie Motivationsvideos produziert. Außerdem wurde eine Halbzeitanalyse durchgeführt, im Vorfeld dessen der Analyst bereits von der Tribüne aus, Szenen aufarbeitete und deren Inhalte noch in der Kabine über ein interaktives Whiteboard den Spielern vermittelt wurden. Dabei handelte es sich, nach Angaben des Experten, um eine interaktive Präsentation, wobei u.a. Laufwege u.dgl. im angehaltenen Bild eingezeichnet werden konnten. Stand hingegen kein interaktives Whiteboard zur Verfügung wurde mittels Laptop und Beamer gearbeitet.

Gelegentlich wurden im Rahmen der Spielvorbereitung die Spieler für taktische Schulungen miteingebunden. Die Verwendung von maßstabsgerechten Darstellungen des Spielfeldes wurde dabei nur bei Bedarf bzw. auf Wunsch des Trainers verwendet.

Die direkte Empfängergruppe der Analyseergebnisse umfasste sämtliche Mitglieder des Trainerstabes sowie im Bereich des Scouting, den Chefscout. Zudem wurde der Sportdirektor mit entsprechenden Informationen versorgt. Unabhängig der Zielperson unterschied sich die Aufbereitungsart des Analysematerials im Grunde nicht.

- Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse

Videos wurden, laut dem Experten, ausnahmslos für alle Spiele der eigenen Mannschaft erhoben und analysiert. Eine *„Vollanalyse“* eines Spiels nahm, je nach Umfang und Anforderungen des Trainerteams, in sechs bis acht Stunden in Anspruch.

Die Präsentation setzte sich aus mehreren Teilen zusammen. Generell war die Gegneranalyse drei Tage vor dem betreffenden Spiel fertig und wurde im Anschluss daran bei Bedarf fortlaufend aktualisiert. Hinsichtlich der Präsentationszeitpunkte handelte es sich, nach Angaben des Experten, um eine standardisierte Prozedur. Dabei wurden nicht nur Mannschafts- und Einzelsitzungen, sondern auch (Mannschafts-)Gruppenbesprechungen, wie bspw. mit den offensiven Mittelfeldspielern, abgehalten.

Anhang III: 1. Befragungsrunde – Extraktionstabelle und Ergebnis der Frequenzanalyse

Kategorie	Information	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	Summe
Kategorie II: Datengrundlage der Spielanalyse	Video-Aufnahmen	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13
	Tracking-Daten	•	•	•				•		•		•	•		7
	Event-Daten	•	•	•	•	•		•		•				•	8
	Tracking-Daten - graphisch aufbereitet				•		•				•				3
	Event-Daten - graphisch aufbereitet						•		•		•				3
	TV-Aufnahmen	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	12
	Tracking-Video		•												1
	Eigene Videoaufnahmen			•	•	•		•	•	•	•	•			8
	Scouting Feeds (Video)		•	•			•								3
	Eigene Event-Daten			•	•					•			•		4
	Tagging Data		•		•	•	•	•	•		•				7
	Interne Software		•	•											2
Kategorie III: Angewandte Methoden der Spielanalyse	Anwendungsbereich: Spielvorbereitung / Gegneranalyse	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13
	Anwendungsbereich: Spielnachbereitung		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12
	Anwendungsbereich: Taktikschulungen		•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	11
	Anwendungsbereich: Scouting				•		•	•			•	•		•	6
	Anwendungsbereich: Spielideenentwicklung									•	•				2
	Anwendungsbereich: Eigenstudium								•						1
	Anwendungsbereich: Demonstrationen bei Sponsorenevents											•			1
	Erstellung von Spielerprofilen (Stärken/Schwächen)	•	•	•	•			•	•	•	•	•		•	10
	Verwendung von Heatmaps				•						•				2
	Analysekonzept	•			•			•	•	•	•		•	•	8
	Evaluierung der Analyse	•								•			•		3
	Eigene Analysesoftware				•										1
	Subjektive Mustererkennung	•				•			•					•	4
	Parametrische Mustererkennung														0
	Kommerzielle Analysesoftware	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13
	Getrennte Einzelspieler- und Mannschaftsanalyse		•		•	•	•	•		•	•	•		•	9
	Definition von qualitativen Schlüsselparametern			•				•	•		•			•	5

	Definition von quantitativen Schlüsselparametern	•	•		•	•				•			•	•	**7**
	Fokus auf qualitative Parameter	•	•	•		•		•	•	•	•	•	•	•	**11**
	Fokus auf quantitative Parameter				•	•							•	•	**4**
	Ergänzender Einsatz von Tracking- und / oder Eventdaten		•	•	•				•	•	•			•	**7**
	Ergänzender Einsatz von Videos									•			•		**2**
	Isolierte Interpretation von Parametern						•								**1**
	Bestimmung von Analyseketten (subjektiv)	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	**12**
	Bestimmung von Analyseketten (parametrisch)				•								•		**2**
	Anerkennung aussagekräftiger quantitativer Parameter für Einzelspieler	•	•		•	•	•	•			•	•	•		**9**
	Anerkennung aussagekräftiger quantitativer Parameter für Mannschaften	•			•	•	•								**4**
	Berücksichtigung des Spielkontextes	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	**13**
	Berücksichtigung positionsspezifischer Parameter	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	**13**
	Berücksichtigung des gesamten raumzeitlichen Gefüges (subjektiv)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	**13**
	Berücksichtigung des gesamten raumzeitlichen Gefüges (parametrisch)														**0**
	Räumliche Gewichtung/Klassifizierung von Parametern (subjektiv)	•	•	•	•	•		•	•	•	•			•	**10**
	Räumliche Gewichtung/Klassifizierung von Parametern (parametrisch)														**0**
	Temporale Gewichtung/Klassifizierung von Parametern (subjektiv)														**0**
	Temporale Gewichtung/Klassifizierung von Parametern (parametrisch)														**0**
	Anderswertige Berücksichtigung der zeitlichen Komponente			•				•		•	•			•	**5**
	Unterscheidung von Brutto/Nettozeit		•												**1**
	Zonierung des Spielfeldes (subjektiv)	•	•	•	•	•		•	•		•	•		•	**10**
	Zonierung des Spielfeldes (parametrisch)									•			•		**2**
	Fokus auf datenbasierte Spielanalyse									•			•		**2**
	Fokus auf videobasierte Spielanalyse	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•		•	**11**
	Hybride Spielanalyse		•	•	•				•	•	•		•	•	**8**
Kategorie IV: "Die" ideale Spielanalyse	Detailreichtum	•												•	**2**
	Anerkennung von Zufallsfaktoren	•													**1**
	Erweiterung der Statistik	•	•											•	**3**
	Definition geeigneter Parameter	•			•										**2**
	Direkte Kommunikation mit den Spielern	•													**1**
	Kooperationen mit externen Unternehmen	•							•						**2**
	Halbzeitanalysen / Live-Analysen		•				•			•	•				**4**
	Live-Interventionen		•												**1**
	Entsprechende Filtermethoden für Big Data		•											•	**2**

	Rasche Bereitstellung der Spieldaten			•										•	**2**
	Systemunabhängigkeit				•										**1**
	Eigenständige Datenerhebung				•	•							•		**3**
	Analyse aller Spiele und Trainingseinheiten				•	•	•					•			**4**
	Evaluation der tatsächlichen Spielerleistung anhand von Trainingsdaten				•										**1**
	Geokodierte Leistungsparameter					•									**1**
	Graphisch-interaktives Visualisierungstool					•			•						**2**
	Dynamische Analyse/Visualisierungstools					•			•						**2**
	Unterschiedliche Zonierungsvarianten					•									**1**
	Vereinsinterne Analyseabteilung						•								**1**
	Technologische Weiterentwicklungen								•			•			**2**
	Automatisierte taktische Mustererkennung									•					**1**
	Automatisierte Ableitung leistungsrelevanter Faktoren									•					**1**
	Analysetool mit unterschiedlichen Perspektivwahlen									•					**1**
	Optimierte 2D-Animationen										•				**1**
	Schulungen für Mitarbeiter der Analyseabteilung											•		•	**2**
	Modifikationen bestehender Analysetools												•		**1**
Kategorie V: Methoden zur Visualisierung und Präsentation	Verwendung maßstabsgerechter Darstellungen			•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	**10**
	Animationen				•			•			•				**3**
	Interaktive Präsentationsformen		•	•	•	•		•	•	•		•	•	•	**10**
	Schriftlicher Analysebericht	•					•		•	•	•		•	•	**7**
	Videobasierte Analyseaufbereitung		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	**12**
	Unterschiedliche direkte Empfänger der Analyseergebnisse		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	**12**
	Unterschiedliche Aufbereitungsarten		•		•			•	•	•	•	•			**7**
Kategorie VI: Zugrundeliegende Prozedur der Spielanalyse	Analyse aller Bewerbsspiele	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	**13**
	Analyse aller Spiele (inkl. Testspiele)			•	•			•		•		•	•	•	**7**
	Analyse von Trainingseinheiten		•	•	•	•		•		•			•		**7**
	Festgelegte Präsentationszeitpunkte	k.A.	•	k.A.	•	•	k.A.	•	•	•		•		•	**11**
	Präsentation: Mannschaft	•	•	•	•	•	k.A.	•	•	•	•	•	•	•	**13**
	Präsentation: Einzelspieler	•	•	•	•	•	k.A.	•	•	•	•	•	•	•	**13**
	Präsentation: Gruppen (taktische Positionen / Mannschaftsteile)	•	•	•	•	•	k.A.	•	•	•	•	•	•	•	**13**

Kategorie VI	**E01**	**E02**	**E03**	**E04**	**E05**	**E06**	**E07**	**E08**	**E09**	**E10**	**E11**	**E12**	**E13**
Dauer der Analyse eines Spiels	ein paar Tage	ein Tag	2 h	3 h	ein Tag	6 h	2-3 h	4 h	2-3 h	4-5 h	2-3 h	3 Tage	6-8 h
Dauer der Aufbereitung eines Spiels			< 1 h	2 h				1 h	1-2 h	5-6 h			

Anhang IV: 2. Befragungsrunde – Teilstandardisierter Leitfaden

Teilstandardisierter Leitfaden zum 2. Experteninterview:

Experte: ……..

Kürzel: ……

Datum: ……

Uhrzeit: ……...

Durchführungsart: ……

Audio-Filename: ……

Umfragedesign:

- Experteninterview zur explorativen Datensammlung in Form von Deutungswissen
- Sampling: Experten der ersten Befragungsrunde
- Praktische Durchführung: Persönlich / Telefonie / IP-(Video)Telefonie, inkl. Audio-Aufzeichnung

☐ **Frageblock I:** Toolspezifische Fragestellungen

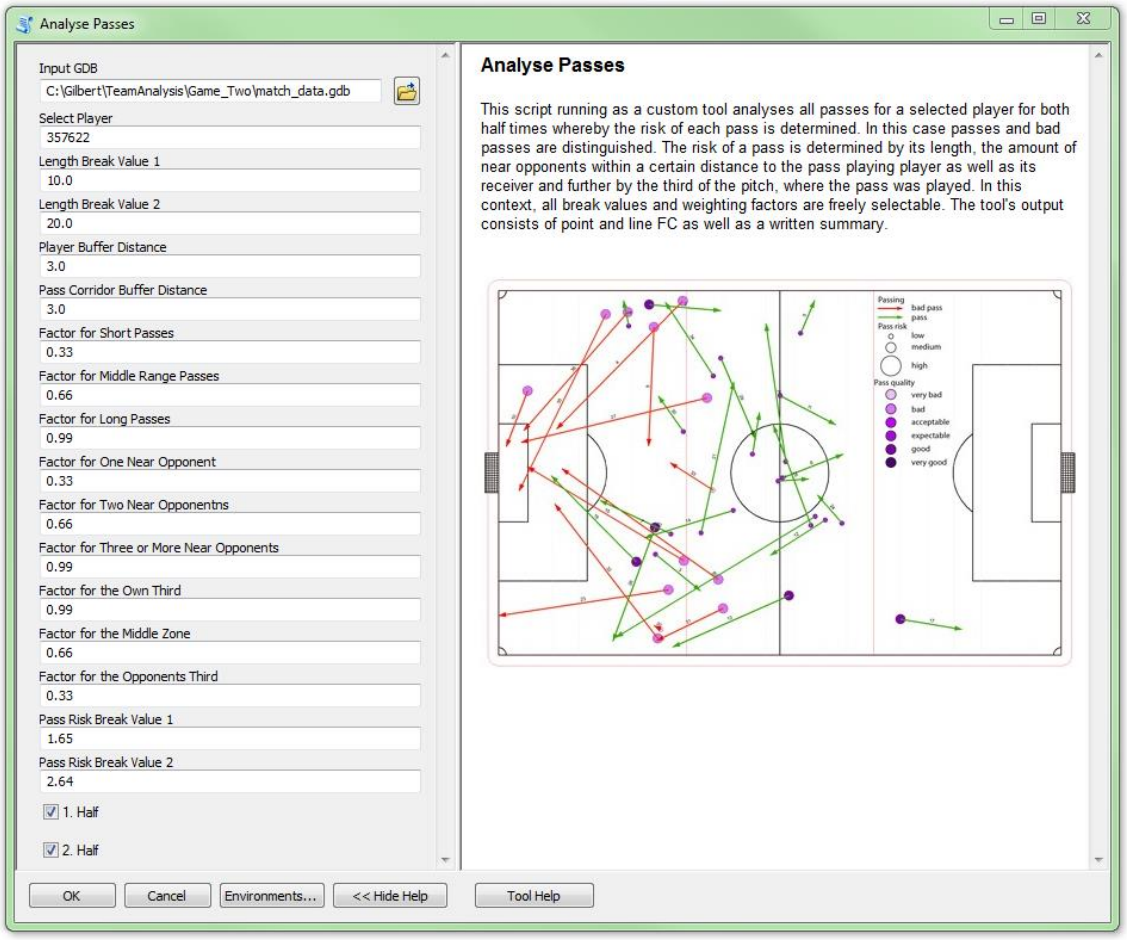
- Nachdem Sie einen Überblick über das {XY}-Tool zur {Analysebereich} bekommen haben, …
  (Die Frage wiederholt sich für jedes präsentierte Analysetool.)
  - ☐ Wie bewerten Sie die **Funktionalität** und **Ergebnisse** dieses Tools?
    - ☐ Wie beurteilen Sie die **Zusammensetzung** der **Parameter**? (falls erforderlich in Abhängigkeit des Tools)
    - ☐ Welche **inhaltlichen Adaptionen** würden Sie in diesem Kontext empfehlen?
    - ☐ Wie beurteilen Sie den **Nutzen** des Tools im Rahmen der Spielanalyse?

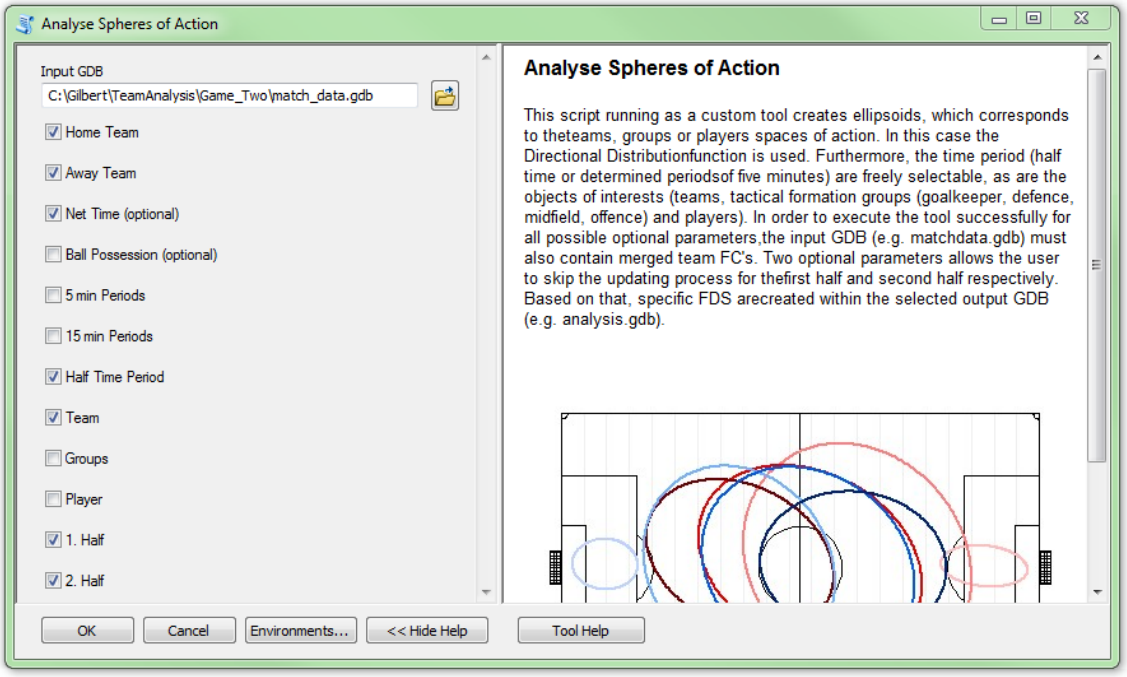
☐ **Frageblock II:** Allgemeine Fragen

- Anhand der soeben präsentierten Analysetools sowie unter Berücksichtigung der Tatsache, dass es sich dabei um Prototypen handelt, ...
  - ☐ Wie schätzen Sie die **Zweckmäßigkeit** geographischer Informationssysteme im Rahmen der Spielanalyse ein?
  - ☐ Würden Sie in diesem Kontext eine engere **Zusammenarbeit** zwischen professionellen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten für sinnvoll halten und daher befürworten?
  - ☐ Welche **Rolle** könnten Ihrer Meinung nach GIS-gestützte Ansätze innerhalb methodisch breit gefächerter und umfangreicher Spielanalyse einnehmen?
  - ☐ Haben Sie abschließend noch etwaige **Ergänzungen**, die für Sie wichtig sind und noch nicht thematisiert wurden?

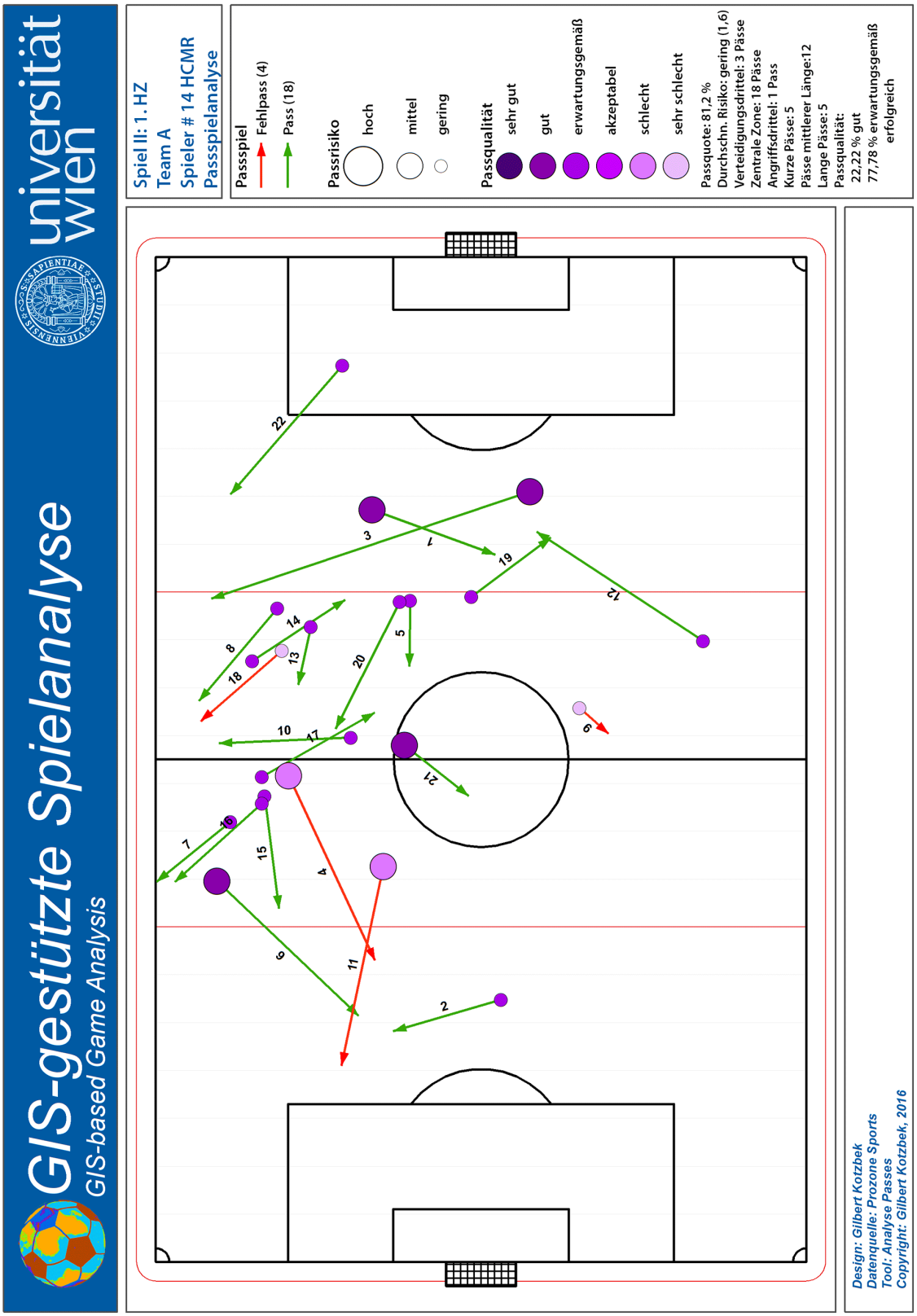
Anhang V: 2. Befragungsrunde - Informationsmaterial

Ad Benutzerschnittstelle:

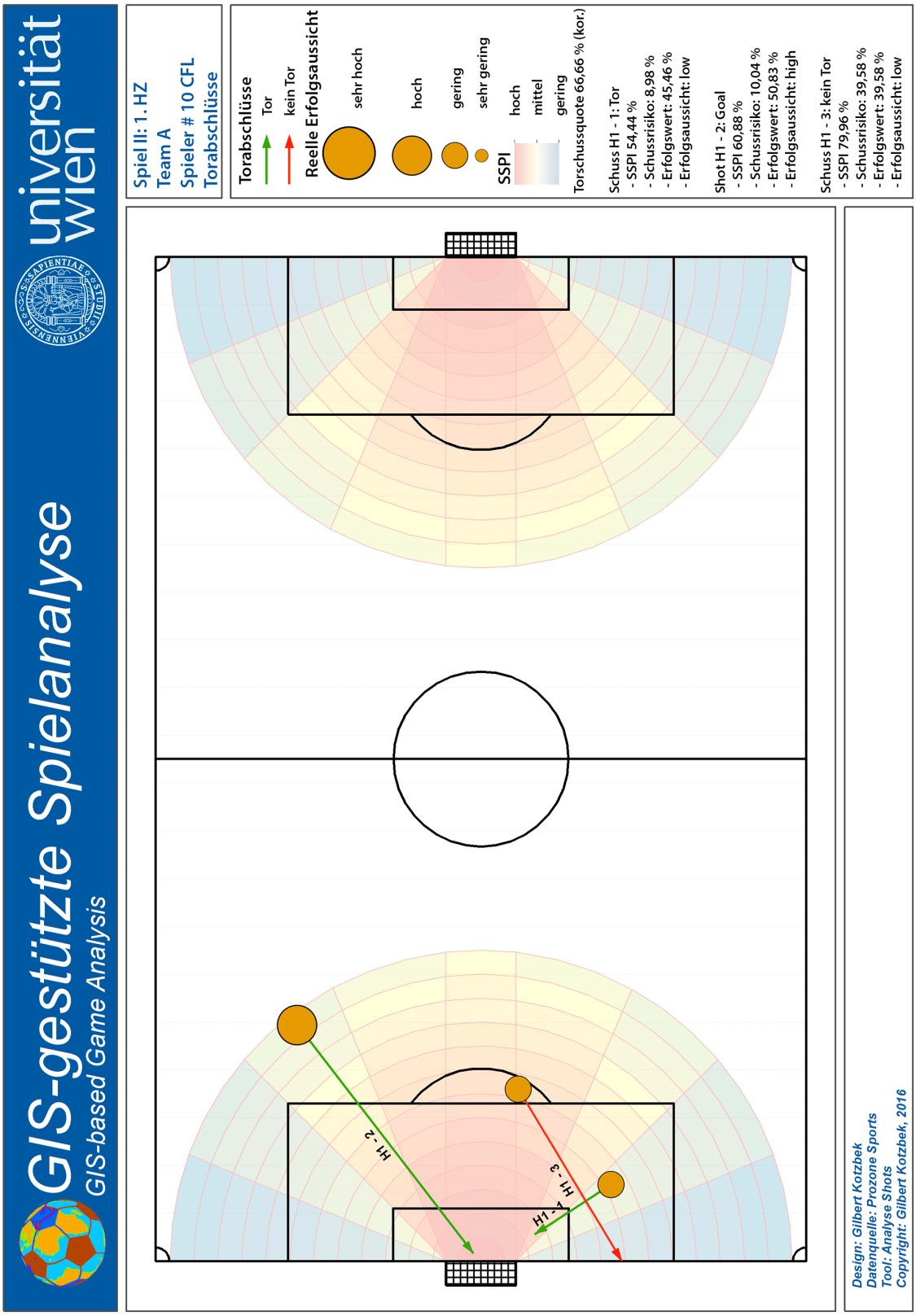




Ad Analyse Passes Tool:


universität wien
GIS-gestützte Spielanalyse
GIS-based Game Analysis
Spiel II: 1. HZ
Team A
Spieler # 14 HCMR
Passspielanalyse
Passspiel
Fehlpass (4)
Pass (18)
Passrisiko
hoch
mittel
gering
Passqualität
sehr gut
gut
erwartungsgemäß
akzeptabel
schlecht
sehr schlecht
Passquote: 81,2 %
Durchschn. Risiko: gering (1,6)
Verteidigungsdrittel: 3 Pässe
Zentrale Zone: 18 Pässe
Angriffsdrittel: 1 Pass
Kurze Pässe: 5
Pässe mittlerer Länge:12
Lange Pässe: 5
Passqualität:
22,22 % gut
77,78 % erwartungsgemäß
erfolgreich
Design: Gilbert Kotzbek
Datenquelle: Prozone Sports
Tool: Analyse Passes
Copyright: Gilbert Kotzbek, 2016

Ad Analyse Shots Tool:



Ad Analyse Running Performance Tool:

Periode	Brutto-Zeit	Netto-Zeit	während Angriff	während Verteidigung
0'-45'	5820,69	4437,75	2375,28	2062,48
0'-5'	561,32	370,80	131,24	239,56
5'-10'	721,60	495,33	273,29	222,03
10'-15'	723,77	618,96	330,27	288,70
15'-20'	628,38	540,03	290,03	250,00
20'-25'	620,50	401,41	197,86	203,55
25'-30'	559,80	471,69	262,16	209,52
30'-35'	577,90	391,40	270,92	120,48
35'-40'	575,00	421,98	252,21	169,77
40'-45'	852,43	726,15	367,29	358,86
0'-15'	2006,69	1485,09	734,80	750,29
15'-30'	1808,68	1413,13	750,05	663,08
30'-45'	2005,32	1539,53	890,42	649,11

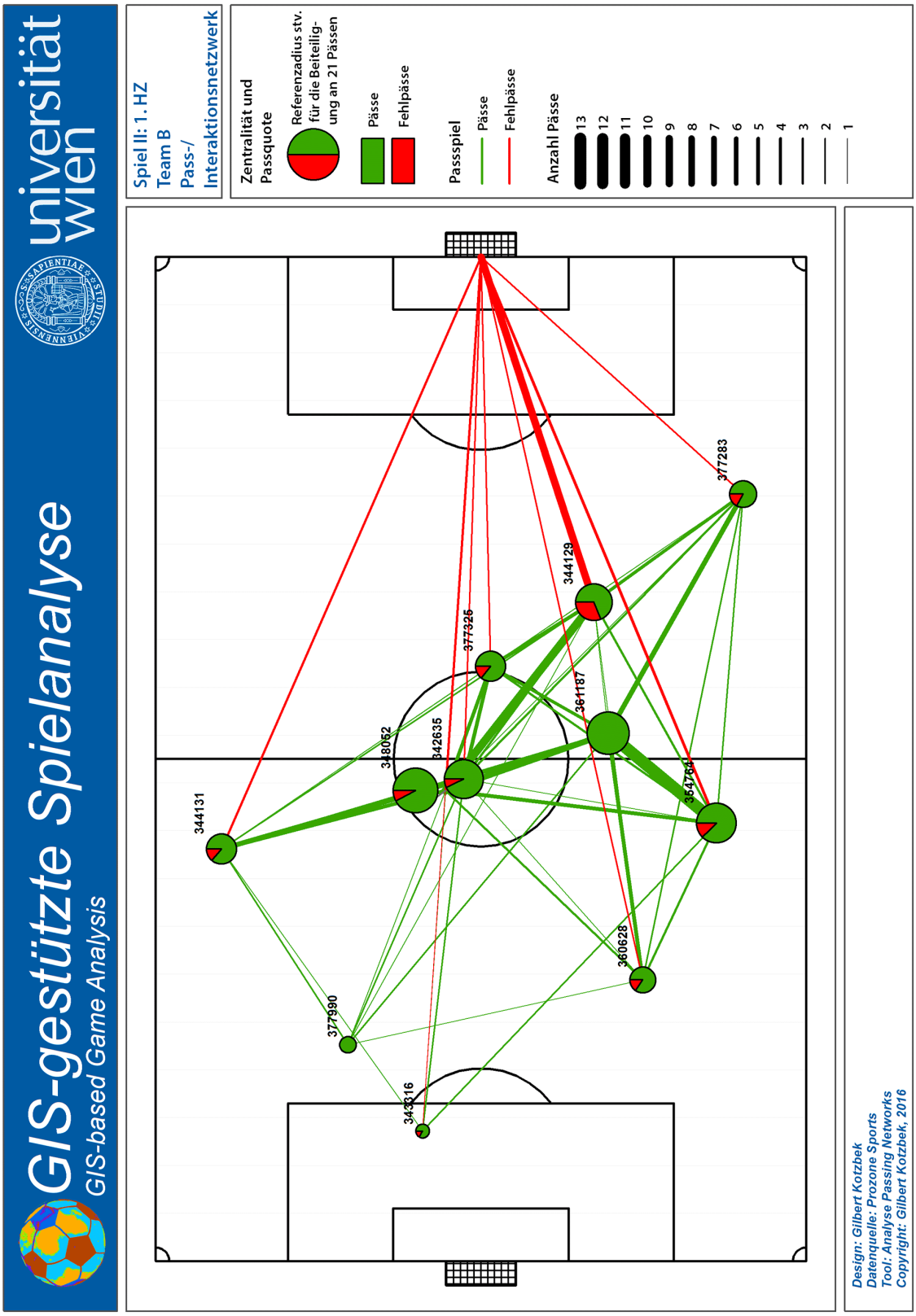
Distanzanalyse [m]

Periode	Zone A	Mittelfeld	Zone B	Zone A	Mittelfeld	Zone B	Zone A	Mittelfeld	Zone B
0'-45'	1279,43	2824,10	327,41	797,92	1363,88	206,67	481,52	1460,22	120,74
0'-5'	179,40	184,40	7,00	100,19	31,05	0,00	79,20	153,35	7,00
5'-10'	170,55	317,97	0,00	138,30	128,18	0,00	32,25	189,79	0,00
10'-15'	271,47	347,49	0,00	195,51	134,76	0,00	75,96	212,73	0,00
15'-20'	181,30	337,50	21,23	103,96	175,13	10,93	77,34	162,37	10,29
20'-25'	42,96	313,20	45,26	23,23	149,11	25,51	19,73	164,08	19,74
25'-30'	140,79	330,90	0,00	73,77	188,40	0,00	67,02	142,51	0,00
30'-35'	16,13	305,08	70,18	3,70	201,10	66,11	12,43	103,98	4,07
35'-40'	99,04	284,17	38,77	69,99	148,85	33,37	29,04	135,33	5,40
40'-45'	177,80	403,38	144,97	89,25	207,30	70,74	88,55	196,08	74,23
0'-15'	621,41	849,86	7,00	434,00	293,99	0,00	187,41	555,87	7,00
15'-30'	365,05	981,60	66,49	200,97	512,64	36,45	164,08	468,96	30,04
30'-45'	292,97	992,63	253,92	162,95	557,25	170,22	130,02	435,39	83,70

Zeitanalyse [min|s]

Periode	Joggen		Laufen		s. Laufen		Sprinten		Joggen		Laufen		s. Laufen		Sprinten		Joggen		Laufen		s. Laufen		Sprinten	
0'-45'	23	46,3	4	37,7	0	40,3	0	10,5	13	46,3	2	4,7	0	25,1	0	6,8	10	0,0	2	33,0	0	15,2	0	3,7
0'-5'	1	34,4	0	31,0	0	3,0	0	0,4	0	36,9	0	11,7	0	0,3	0	0,0	0	57,5	0	19,3	0	2,7	0	0,4
5'-10'	2	26,1	0	22,5	0	6,5	0	4,1	1	21,3	0	12,4	0	3,1	0	1,8	1	4,8	0	10,1	0	3,4	0	2,3
10'-15'	2	57,2	0	47,4	0	3,6	0	0,2	1	40,7	0	21,3	0	2,9	0	0,2	1	16,5	0	26,1	0	0,7	0	0,0
15'-20'	3	20,7	0	27,7	0	4,3	0	0,3	1	57,0	0	10,4	0	2,1	0	0,0	1	23,7	0	17,3	0	2,2	0	0,3
20'-25'	2	2,3	0	24,8	0	6,3	0	1,2	0	47,5	0	14,4	0	5,2	0	1,0	1	14,8	0	10,4	0	1,1	0	0,2
25'-30'	3	3,5	0	27,2	0	1,4	0	0,2	2	20,4	0	5,8	0	0,0	0	0,0	0	43,1	0	21,4	0	1,4	0	0,2
30'-35'	2	45,1	0	14,3	0	3,2	0	0,4	1	54,2	0	10,0	0	2,0	0	0,4	0	50,9	0	4,3	0	1,2	0	0,0
35'-40'	2	10,2	0	28,2	0	1,3	0	0,0	1	14,5	0	18,2	0	1,2	0	0,0	0	55,7	0	10,0	0	0,1	0	0,0
40'-45'	3	26,8	0	54,6	0	10,7	0	3,7	1	53,8	0	20,5	0	8,3	0	3,4	1	33,0	0	34,1	0	2,4	0	0,3
0'-15'	6	57,7	1	40,9	0	13,1	0	4,7	3	38,9	0	45,4	0	6,3	0	2,0	3	18,8	0	55,5	0	6,8	0	2,7
15'-30'	8	26,5	1	19,7	0	12,0	0	1,7	5	4,9	0	30,6	0	7,3	0	1,0	3	21,6	0	49,1	0	4,7	0	0,7
30'-45'	8	22,1	1	37,1	0	15,2	0	4,1	5	2,5	0	48,7	0	11,5	0	3,8	3	19,6	0	48,4	0	3,7	0	0,3

Ad Analyse Passing Networks Tool:



Ad Analyse Ball Possession Tool:

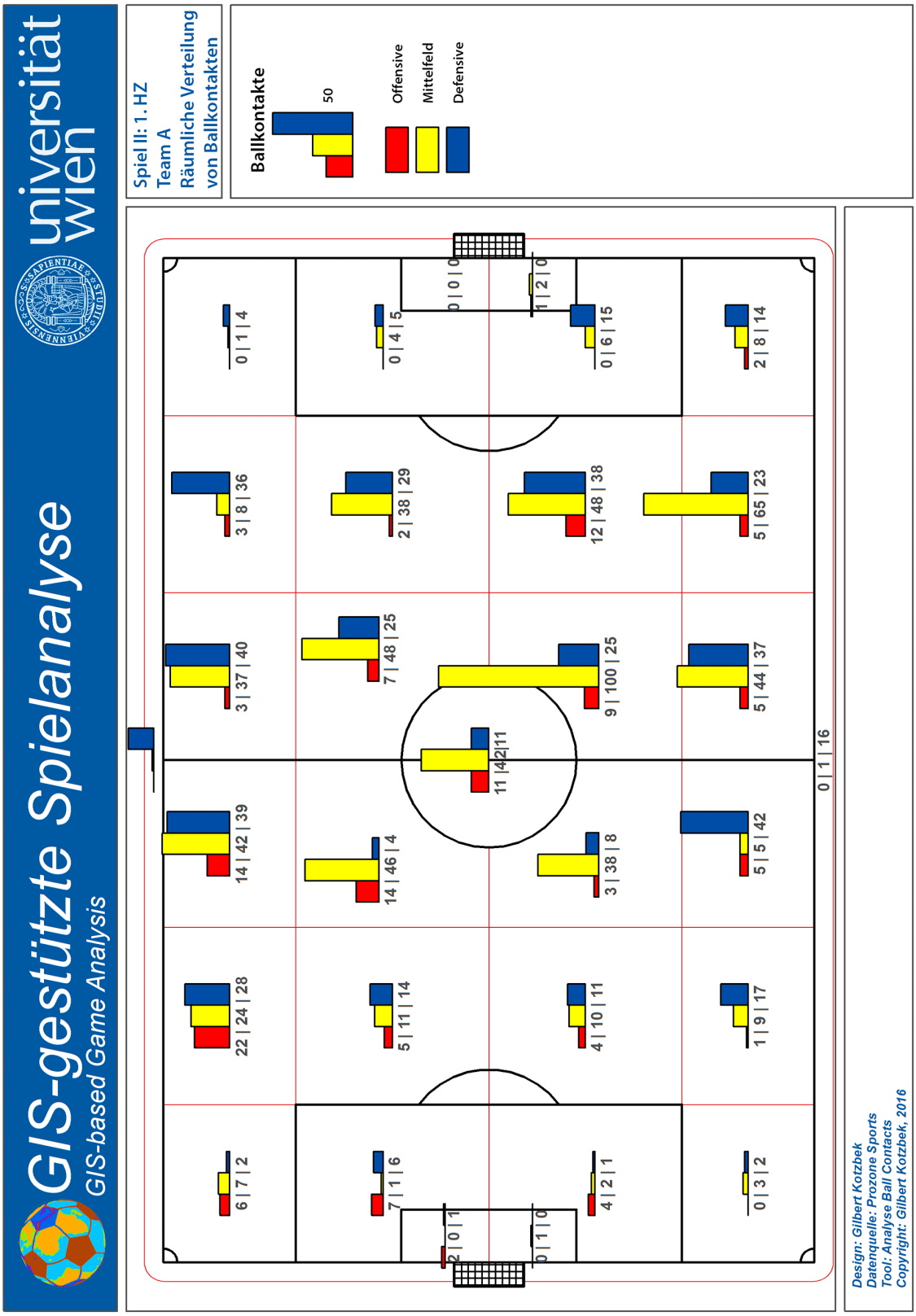
GIS-gestützte Spielanalyse
GIS-based Game Analysis
universität wien

Periode	Distanz Team A [m]				Distanz Team B [m]			
	Spielfeld	Zone A	Mittelfeld	Zone B	Spielfeld	Zone B	Mittelfeld	Zone A
0'-5'	411,88	239,11	131,82	37,69	594,94	111,49	259,81	222,31
5'-10'	713,93	299,12	304,45	108,79	614,46	80,07	464,56	62,47
10'-15'	1062,73	453,75	476,68	129,96	791,56	214,68	372,9	202,57
15'-20'	918,82	427,9	392,37	94,97	678,43	123,52	335,44	214,54
20'-25'	563,66	93,22	317,61	152,84	655,79	253,69	292,81	109,29
25'-30'	925,96	419,32	455,05	46,63	455,87	49,68	315,71	85,86
30'-35'	939,98	118,33	568,02	250,24	421,72	92,65	290,28	36,14
35'-40'	613,52	139,97	340,09	131,35	487,11	32,7	281,68	181,89
40'-45'	853,78	239,67	412,33	198,52	941,02	175,03	396,16	366,23
0'-15'	2188,54	991,99	912,98	276,44	2000,97	406,24	1097,28	487,36
15'-30'	2408,45	940,44	1168,03	294,44	1790,08	426,9	943,96	409,69
30'-45'	2407,29	497,98	1320,44	580,11	1849,85	300,37	968,12	574,27
0'-45'	7004,28	2430,4	3401,45	1150,99	5640,89	1133,51	3009,36	1471,32

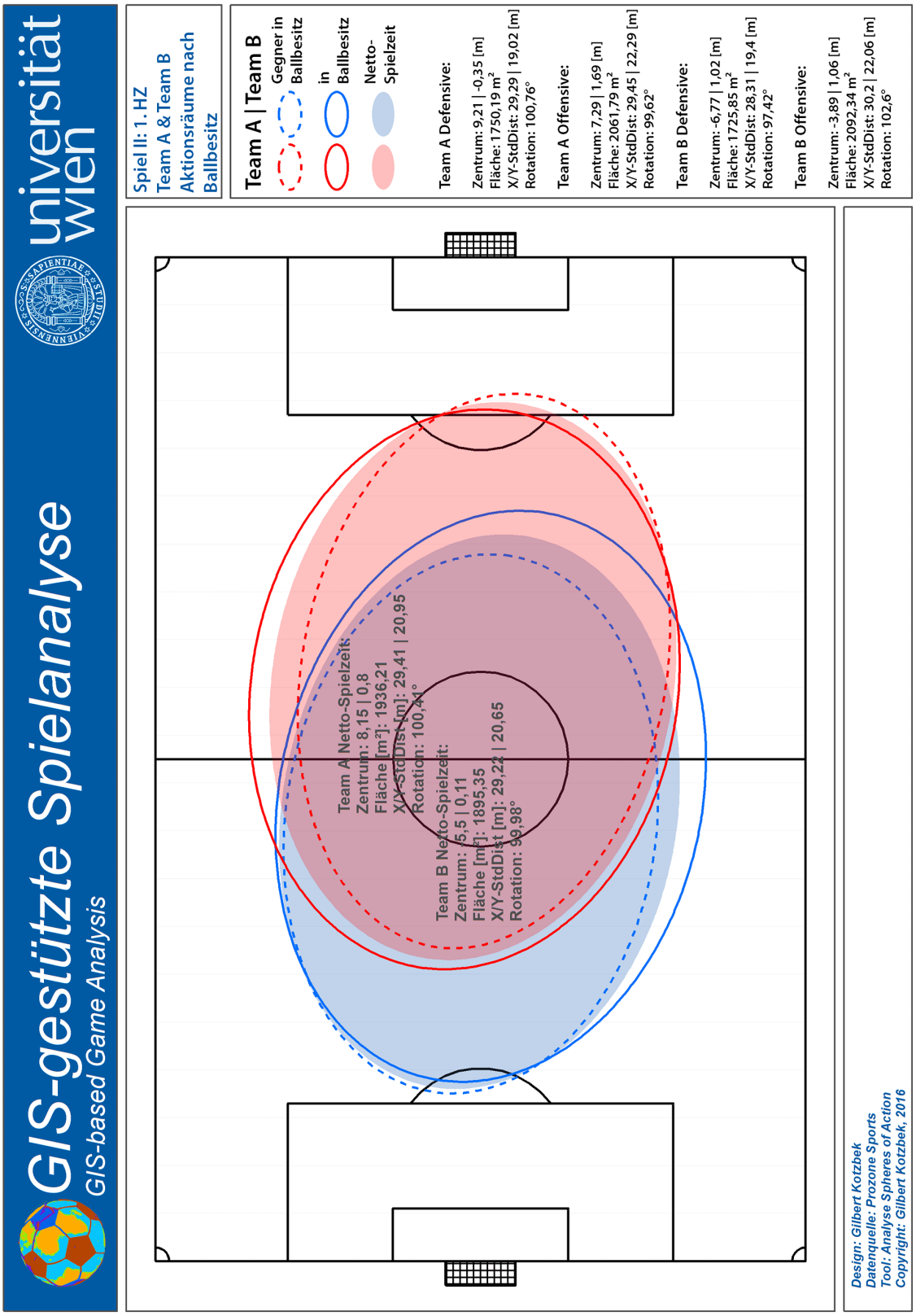
Periode	Dauer Team A [s]				Dauer Team B [s]			
	Spielfeld	Zone A	Mittelfeld	Zone B	Spielfeld	Zone B	Mittelfeld	Zone A
0'-5'	50,3	30,5	14,3	5,1	79,8	16,5	34	28,9
5'-10'	101,9	49	40,2	12,4	82	9,9	63,8	7,5
10'-15'	125,6	59,1	53,1	13,2	104,9	35,3	48,3	21,1
15'-20'	133,3	62,8	60,8	9,4	106	38,2	40,7	26,6
20'-25'	71,5	11,5	42,4	17,5	91,1	40	40,1	10,8
25'-30'	154,8	76,5	72,7	5,1	65,3	6,3	41,7	16,8
30'-35'	132,3	18,9	82,8	30,4	57,3	11,1	42,1	3,4
35'-40'	95,6	22,3	52,2	20,8	68,3	3,2	45,2	19,7
40'-45'	157	43,5	52,5	51,9	133,2	24,4	57,9	50,6
0'-15'	277,8	138,6	107,6	30,7	266,7	61,7	146,1	57,5
15'-30'	359,6	150,8	175,9	32	262,4	84,5	122,5	54,2
30'-45'	384,9	84,7	187,5	103,1	258,8	38,7	145,2	73,7
0'-45'	1022,3	374,1	471	165,8	787,9	184,9	413,8	185,4

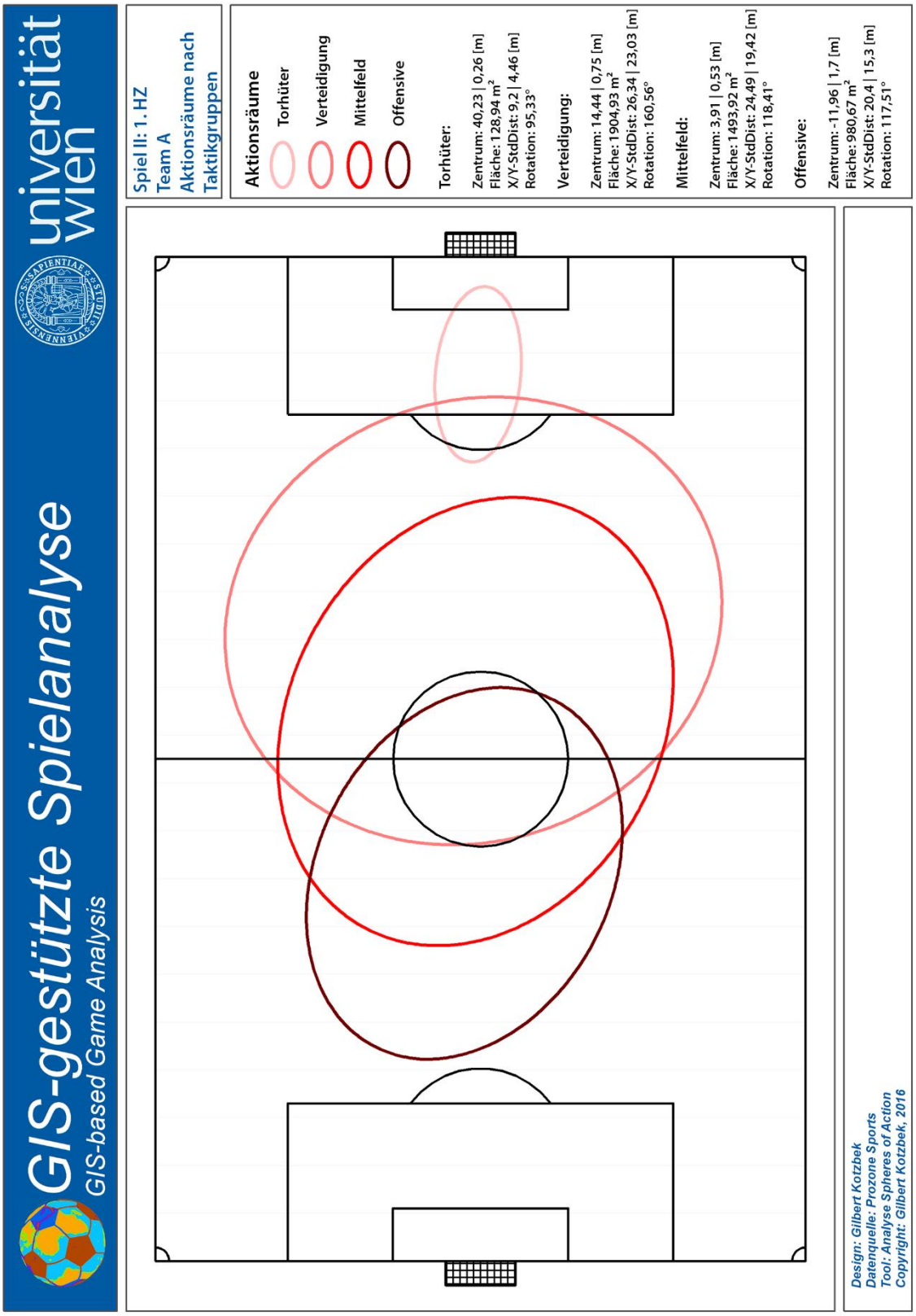
Datenquelle: Prozone Sports Tool: Analyse Ball Possession Copyright: Gilbert Kotzbek, 2016

Ad Analyse Ball Contacts Tool:

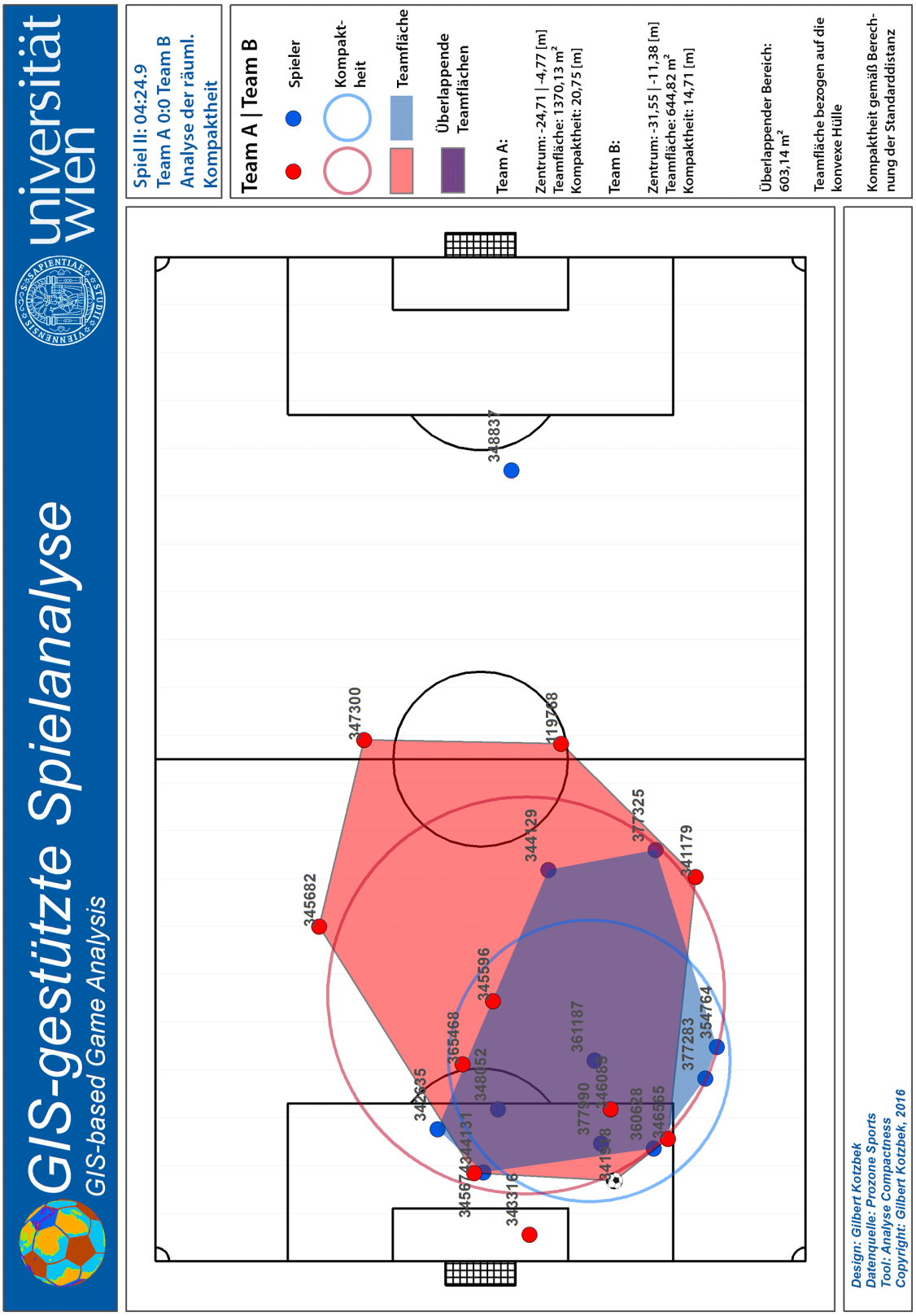


Ad Spheres of Action Tool:

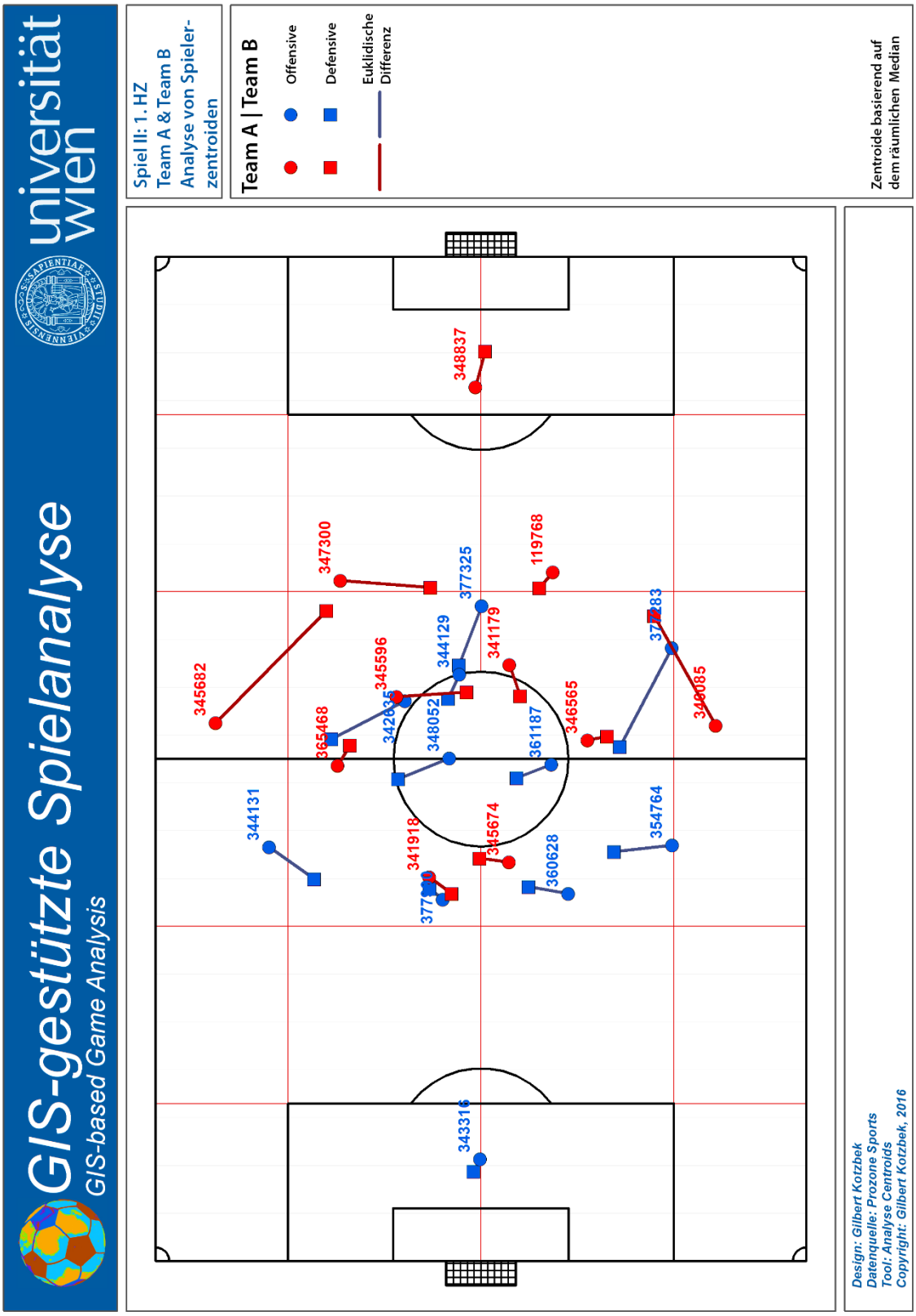



universität wien
GIS-gestützte Spielanalyse
GIS-based Game Analysis
Spiel II: 1. HZ
Team A
Aktionsräume nach Taktikgruppen
Aktionsräume
Torhüter
Verteidigung
Mittelfeld
Offensive
Torhüter:
Zentrum: 40,23 | 0,26 [m]
Fläche: 128,94 m²
X/Y-StdDist: 9,2 | 4,46 [m]
Rotation: 95,33°
Verteidigung:
Zentrum: 14,44 | 0,75 [m]
Fläche: 1904,93 m²
X/Y-StdDist: 26,34 | 23,03 [m]
Rotation: 160,56°
Mittelfeld:
Zentrum: 3,91 | 0,53 [m]
Fläche: 1493,92 m²
X/Y-StdDist: 24,49 | 19,42 [m]
Rotation: 118,41°
Offensive:
Zentrum: -11,96 | 1,7 [m]
Fläche: 980,67 m²
X/Y-StdDist: 20,4 | 15,3 [m]
Rotation: 117,51°
Design: Gilbert Kotzbek
Datenquelle: Prozone Sports
Tool: Analyse Spheres of Action
Copyright: Gilbert Kotzbek, 2016

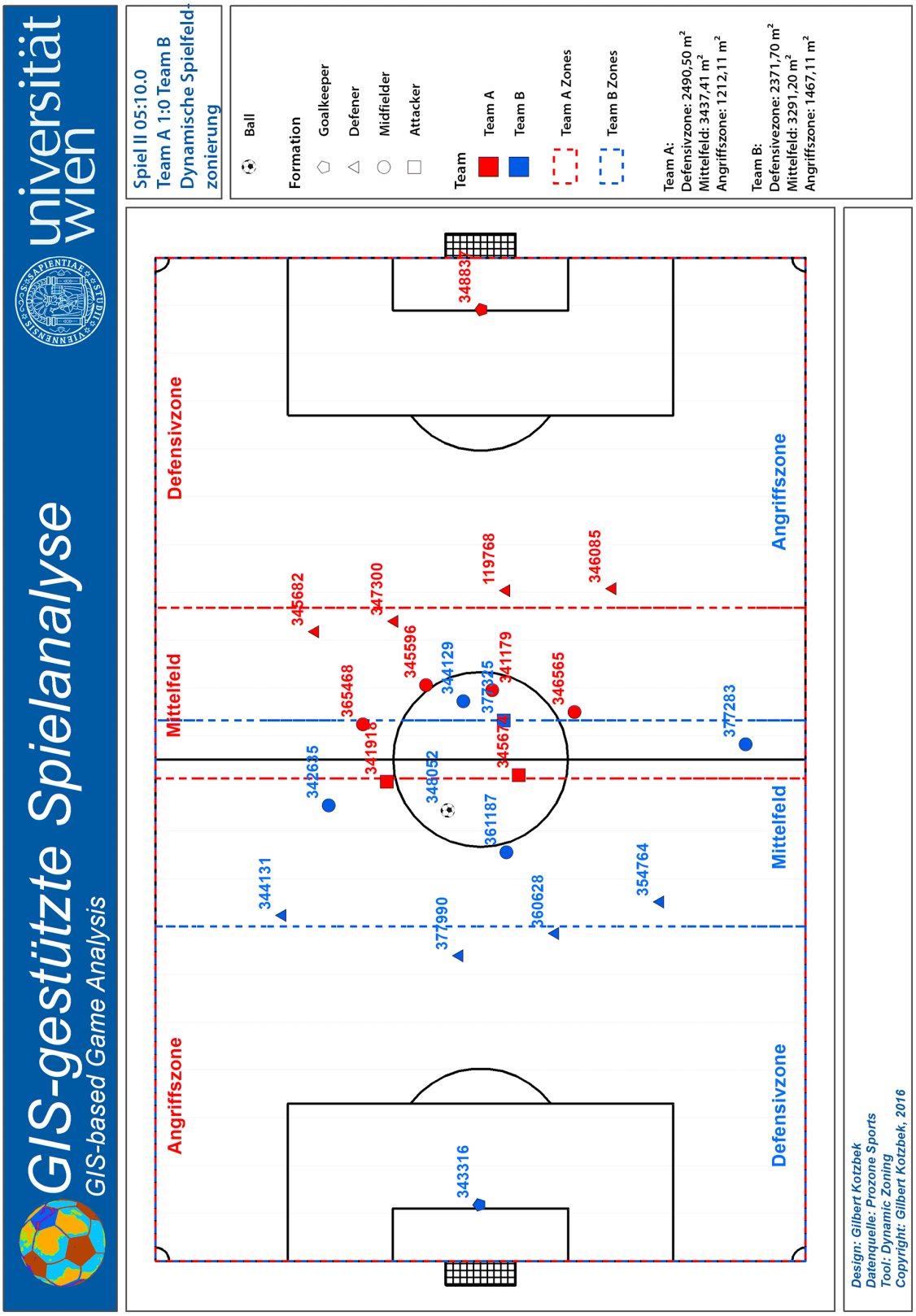
Ad Analyse Compactness Tool:



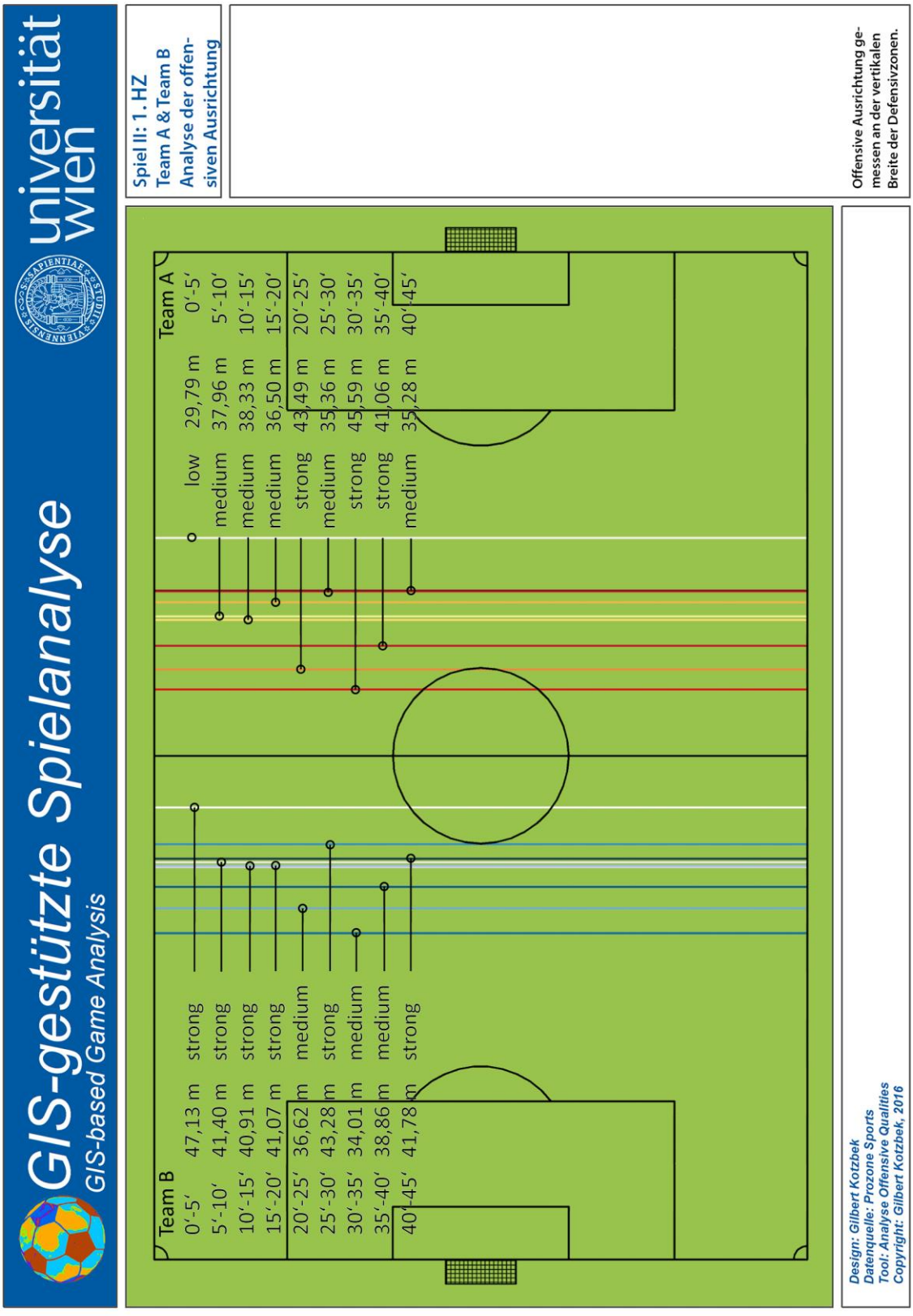
Ad Analyse Centroids Tool:



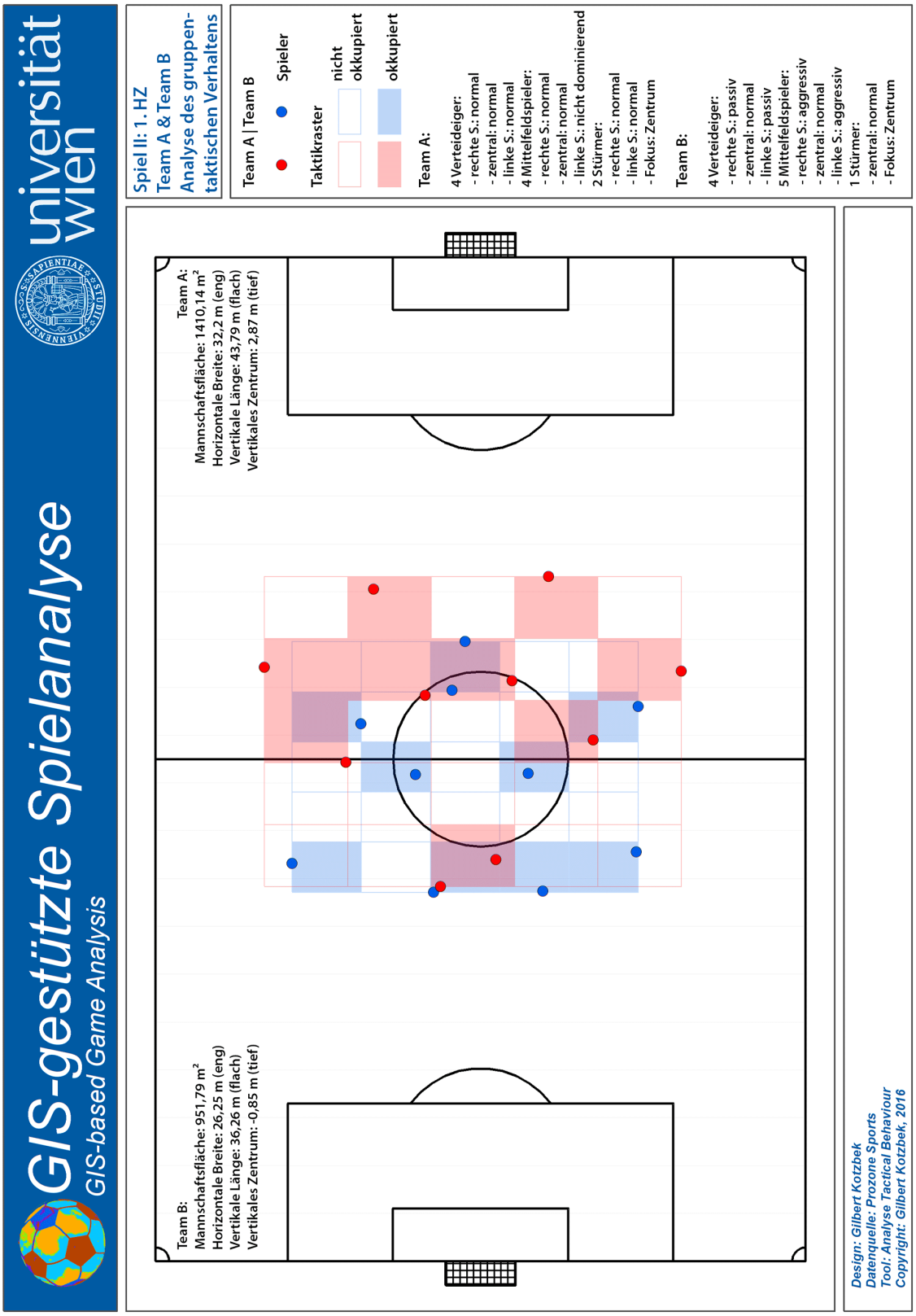
Ad Dynamic Zoning Tool:



Ad Analyse Offensive Qualities Tool:

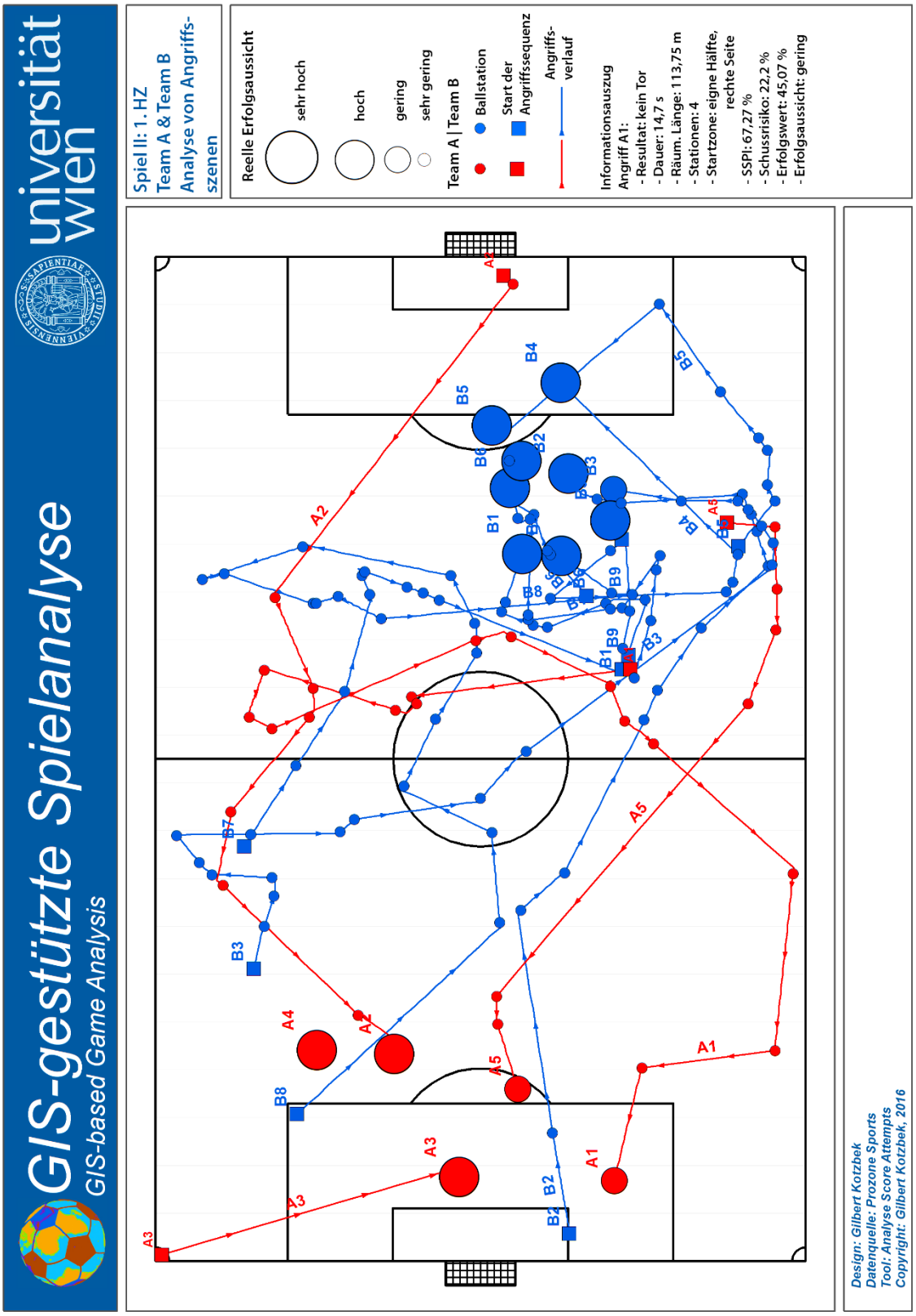


Ad Analyse Tactical Behaviour Tool:



GIS-gestützte Spielanalyse
GIS-based Game Analysis
universität wien
Spiel II: 1. HZ
Team A
Analyse des gruppen-taktischen Verhaltens
In Ball- | Gegnerischer Ballbesitz
Spieler
Taktikraster
nicht okkupiert
okkupiert
Während Angriff:
4 Verteideiger:
- rechte S.: aggressiv
- zentral: normal
- linke S.: aggressiv
4 Mittelfeldspieler:
- rechte S.: nicht dominierend
- zentral: normal
- linke S.: nicht dominierend
2 Stürmer:
- rechte S.: normal
- linke S.: normal
- Fokus: Zentrum
Während Verteidigung:
4 Verteideiger:
- rechte S.: normal
- zentral: normal
- linke S.: normal
4 Mittelfeldspieler:
- rechte S.: normal
- zentral: normal
- linke S.: normal
2 Stürmer:
- rechte S.: normal
- linkte S.: normal
- Fokus: Zentrum
Während Verteidigung
Mannschaftsfläche: 1095,06 m²
Horizontale Breite: 34,23 m (eng)
Vertikale Länge: 31,99 m (flach)
Vertikales Zentrum: 1,93 m (tief)
Während Angriff:
Mannschaftsfläche: 1665,96 m²
Horizontale Breite: 52,24 m (weit)
Vertikale Länge: 31,89 m (flach)
Vertikales Zentrum: 3,61 m (tief)
Design: Gilbert Kotzbek
Datenquelle: Prozone Sports
Tool: Analyse Tactical Behaviour
Copyright: Gilbert Kotzbek, 2016

Ad Analyse Score Attempts Tool:



Anhang VI: 2. Befragungsrunde – Interviewprotokolle

Anm.: Allgemeine Informationen über die Erstellung und Charakteristika der Interview-Protokolle können in Anhang II nachgelesen werden. Analog zur ersten Befragungsrunde sind die Protokolle in bestimmte Themenbereiche aufgeteilt, die den Auswertekategorien der zweiten Befragungsrunde entsprechen (siehe Abschnitt 12.2.1). Folgende Bereiche werden unterschieden:

- Anwendungstool: XY
- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse
- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten
- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

Die Länge der Protokolle beträgt drei bis über fünf Seiten. Ein direkter Zusammenhang mit der Interviewdauer wird ausgeschlossen, da protokollübergreifend die Vorgehensweise zur Erstellung der Mitschriften unverändert blieb. Vielmehr steht die Protokolllänge in Abhängigkeit der individuellen Redseligkeit der Experten.

Interview-Protokoll 01

Expertenkürzel: E01
Durchführungsdatum: 10.06.2016
Uhrzeit: 09:17 – 10:59
Durchführungsart: via Skype

- Anwendungstool: Analyse Passes

Die Anwendung wird als Erweiterung bisheriger Tools angesehen, da ähnliche Graphiken auch von anderen Dienstleistern angeboten werden. Zudem enthalten die Parameter Passrisiko und Passqualität Variablen, die für weiterführende Analysen interessant sein könnten. Allerdings sollte versucht werden, auch die Intention eines Passspiels zu berücksichtigen, da Fehlpässe u.U. im Sinne der Spielintelligenz richtig sein können. Wird bspw. der Versuch unternommen eine Abwehrreihe zu überspielen, ist dies richtig, auch wenn dabei der Ball abgefangen wird. Jedoch sei die Berücksichtigung dieser Komponenten fast unmöglich, da darin viele verborgene Informationen enthalten sind, wie etwa die Spielphilosophie des Trainers und/oder die Kreativität der Spieler. Das graphische Ergebnis des Tools sollte in Kombination mit dem Video betrachtet werden, da es anhand alleiniger Betrachtungen der Graphik schwierig ist, Konsequenzen abzuleiten. Als zusätzliches Infomaterial sind die generierten Informationen sicherlich wertvoll.

Ein größeres Passrisiko besteht ebenfalls in Abhängigkeit der Passrichtung, vor allem, wenn Pässe nach vorne gespielt werden. Der Einfluss der Passrichtung ist jedoch auch von der Position des Passspiels abhängig. Diese Variable sollte daher ggf. quantitativ ergänzt werden. Ansonsten ist die Zusammensetzung dieses Parameters zweckdienlich.

Die Idee, die Passrichtung über Quadranten zu bestimmen, hält der Experte zwar für möglich, jedoch nicht ganz einfach. Grund dafür ist, dass auch ein Rückpass u.U. die einzig richtige Lösung sein kann und daher automatisierte Prozesse ggf. das Ergebnis verfälschen können. Hier wird eine *„Zwickmühle des Analysten“* gesehen. Ferner sollte ebenfalls die Laufrichtung und Geschwindigkeit der am Passspiel beteiligten Spieler und der zum Eingreifen fähigen Gegenspieler berücksichtigt werden. Multiringpuffer werden als sinnvoll eingeschätzt, da Grenzwerte positionsspezifisch betrachtet werden müssen. Bspw. sind in der Verteidigung drei Meter zu eng, da Gegenspieler auch in 15 – 20 m Entfernung im Vollsprint einen Spieler unter Druck setzen können. Als potenzielle Pufferradien wurden 3/5 m und 3/6/7 m genannt. Darüber hinaus sollten die Pufferzonen variabel in Abhängigkeit der Spielfelddrittel sein.

Das Tool ist vor allem eine Erweiterung in der Einzelspieleranalyse, um kann zur Evaluierung der Anforderungen an bestimmte Spieler eingesetzt werden. Die Vorgabe des Trainers, welche Pässe wo gespielt werden sollen, kann damit mit der Realität abgeglichen werden. Dies hängt zwar natürlich mit den Laufwegen anderer Spielern zusammen, aber so genannte Wunschpässe können auf Basis dessen mit den Spielern besprochen werden. Das Passrisiko und die Passqualität stellen gewiss eine Erweiterung bisheriger Passanalysen dar. Allerdings ist eine Einarbeitung in das Tool erforderlich, da die Ergebnisse neuartig sind und Details in Kombination mit Videomitschnitten betrachtet werden müssen. Nichtsdestotrotz bietet das Tool eine Aufwertung bestehender Parameter.

- Anwendungstool: Analyse Shots

Der primäre Anwendungszweck dieses Tools wird darin gesehen, die Daten mehrerer Spieler über mehrere Spiele hinweg miteinander zu vergleichen. Daraus können mannschaftsspezifische räumliche Muster abgeleitet werden, die anzeigen, wo tendenziell die meisten Schüsse abgegeben werden. Es ist bekannt, dass die meisten Tore außerhalb des Torraums, jedoch noch innerhalb des

Strafraums fallen, weswegen Mannschaften versuchen in diese Bereiche vorzudringen. Dahingegend liefert das Tool nützliche Zusatzinformationen. Allerdings sieht der Experte keinen konkreten Nutzen dieses Tools im Rahmen der Post-Matchanalyse, da auf Einzelspielerebene aufgrund der geringen Datenmenge pro Spiel die Aussagekraft des Analyseergebnisses limitiert ist.

Grundsätzlich ist die Zusammensetzung der generierten Parameter in Ordnung. Die Erweiterung des Tools um Multiringpuffer wäre ebenfalls *„nicht verkehrt"*. Die optionale Weiterführung der Schusslinie im Falle von abgeblockten oder abgefälschten Schüssen wird befürwortet, wofür gestrichelte Linien empfohlen werden. Darüber hinaus sollten nicht nur Standardsituationen gesondert behandelt, sondern auch die Spielergeschwindigkeiten und deren Laufrichtungen berücksichtigt werden.

- Anwendungstool: Analyse Running Performance.

Das Tool ist wahrscheinlich für den Trainer wenig interessant und daher im Rahmen der Einzelspieleranalyse ungeeignet. Die Bewertung von Laufwegen wird selbst dann als schwierig bewertet, wenn die Vorgaben des Trainers bekannt sind, da die Spielintelligenz und Intention der Spieler kaum erfasst werden können. Aufgrund der Dynamik des Spiels, ergeben sich ständig neue Situationen. Diese können zwar besprochen oder einstudiert werden, jedoch müssen die Spieler eigenständig Entscheidungen treffen und handeln. Aufgrund dessen können Abweichungen vom Spielplan auftreten, die allerdings auch richtig sein können. Hierzu stellt sich die Frage, wie dies bewertet wird.

Grundsätzlich sind Informationen über die Anzahl der Sprints, Geschwindigkeiten, Gesamtdistanzen, etc. für die Fitnessabteilung von Interesse. Die Unterteilung in Angriffs- und Verteidigungsszenen ist zwar ein guter Ansatz, aber wenig relevant, da Abhängigkeiten zum Spielfluss bestehen. Das Problem rein quantitativer Auswertungen ist, dass qualitative Beurteilungen nicht möglich sind. Sind bspw. zehn scharfe Richtungswechsel besser als nur drei? Vielleicht waren alle zehn unnötig? Die absolute Anzahl bestimmter Aktionen liefert keine Rückschlüsse auf die Intention des Spielers. Dahingehende Untersuchungen bewegen sich somit abseits vom Relevanten, von Ereignissen, die spielentscheidend sind.

- Anwendungstool: Analyse Passing Networks

Das Tool folgt einem interessanten Ansatz. Allerdings muss dessen Aussagekraft anhand einer Analyse einer dem Experten bekannten Mannschaft, verifiziert werden. Grundsätzlich stellen sich die Fragen, warum ein Spieler zentral ist, wie dessen Pässe waren, ob konstruktiv nach vorne gerichtet oder einfach nur quer? Die Beantwortung dieser Fragen erfordert eine detaillierte Betrachtung. Die Graphik eignet sich zur Darstellung der gemittelten Mannschaftsaufstellung. Bspw. sind die Viererkette und eine Rechtsverschiebung gut erkennbar. Das Tool ist gut und bietet nach erster Einschätzung einen konkreten Mehrwert im Rahmen der Spielanalyse. Das Analyseergebnis wird vor allem in Kombination mit der Videoaufnahme des Spiels im Rahmen der Spielanalyse hilfreich sein.

Die Zusammensetzung des Zentralitätsparameters ist grundsätzlich in Ordnung, sollte jedoch anhand der Auswertung mehrerer Spiele überprüft werden. Der Vorschlag, ebenfalls die Dauer der Ballkontrolle zu berücksichtigen, wird abgelehnt, da zum einen die Sinnhaftigkeit dieser Maßnahme bezweifelt wird und zum anderen, da dadurch das Ergebnis möglicherweise verfälscht werden könnte. Im Allgemeinen ist die Parameterzusammensetzung vom Kontext abhängig. Bezogen auf die Ballkontrolle wäre hingegen eine separate Auswertung sinnvoll, um die Frage zu beantworten, ob es Spieler gibt, die relativ lange oder kurz den Ball halten?

Alternative Positionierungsvarianten der Netzwerkknoten werden als unnötig erachtet, da die Positionen der Spieler bekannt sind. Es wäre jedoch interessant, Heatmaps spielerbezogener Laufwege interaktiv einblenden zu können. Dies würde dem Experten eine zusätzliche Hilfestellung bei

der Auswertung geben. Des Weiteren wäre eine direkte Verbindung mit dem *Analyse Passes* Tool wertvoll, da dadurch ein vollständigeres Bild des Passspiels abgebildet werden würde.

- Anwendungstool: Analyse Ball Possession

Die Analyse des Ballbesitzes ist schwierig, da dies stets in Abhängigkeit des Spielverlaufs und der Spielphilosophie zu bewerten ist. Defensiv spielende Mannschaften versuchen in möglichst kurzer Zeit viel Raum zu gewinnen. Hingegen kontrollieren andere Mannschaften den Ball relativ lange und tasten sich von Position zu Position nach vorne. Dabei ist es ist schwierig verwertbare Werte herauszuziehen, da diese in Abhängigkeit vom Spiel und Gegner sowie den Platzverhältnissen variieren. Es könnte jedoch interessant sein herauszufinden, ob eine Mannschaft in kürzerer Zeit mehr Räume gewann und vice versa. Daraus Rückschlüsse zu ziehen ist jedoch schwierig. Das Tool hat demnach wenig Nutzen im praktischen Bereich, da die erhobenen Informationen auch durch Betrachtung einiger Spiele der jeweiligen Mannschaft erfasst werden können. Für Statistiker, die u.U. andere Fragestellungen verfolgen, könnte das Tool jedoch von Interesse sein.

- Anwendungstool: Analyse Ball Contacts

Die Analyse des Pass/Interaktionsnetzwerkes wird in diesem Kontext als sachdienlicher angesehen. Allerdings zeigt das Ergebnis des *Analyse Ball Contacts* Tools horizontale Spielverlagerungen und interne Verschiebungen ist damit ein Spiegelbild der Spielweise dieser Mannschaft. In Kombination mit dem *Analyse Passing Networks* Tool können zusätzliche Informationen generiert werden. Dabei stellt sich jedoch die Frage, was auf Basis dessen gemacht wird? Zwar ist die räumliche Verteilung der Ballkontakte sehr gut erkennbar, der Zusammenhang mit anderen Informationen ist jedoch fraglich. Zur Aufdeckung von Kausalbeziehungen müssen mehrere Spiele analysiert werden. Das Tool ermöglicht eine Charakterisierung der Mannschaft. Ein konkreter Mehrwert ist jedoch dann zu erwarten, wenn die einzelnen Details sinnvoll mit anderen Daten in Beziehung gesetzt werden.

- Anwendungstool: Analyse Spheres of Action

Das Ergebnis zeigt, dass sich die Mannschaften in Offensive ausbreiten und gleichzeitig in Defensive zusammenziehen. Der Grund dafür liegt darin, dass versucht wird über die Außenseiten anzugreifen, um Räume zu öffnen. Allerdings geht der Experte davon aus, dass eine Untersuchung mehrerer Spiele verschiedener Mannschaften nur marginale Unterschiede liefern würde. Da auf Mannschaftsebene keine signifikanten Diskrepanzen der Lage und Größe der Ellipsen zu erwarten sind, wird der konkrete Nutzen des Tools bezweifelt. Während auf kollektiver Ebene Aktionsräume vom Spielfeld geprägt sind, bestehen spielerspezifisch Abhängigkeiten zur Position, weswegen die Aussagekraft des Tools stark limitiert ist. Zwar ist diese Methode zur Darstellung von Aktionsräumen zweckdienlich, jedoch können diese Informationen auch aus anderen Quellen erhoben werden.

- Anwendungstool: Analyse Compactness

Das Ergebnis dieses Tools wäre als Animation sicherlich interessanter, da damit die Veränderung der Kompaktheit besser dargestellt werden könnte. Es stellt sich die Frage, wie kompakt eine Mannschaft eigentlich ist? Hierzu kann bspw. herausgefunden werden, welcher Spieler aus der Formation fiel und dabei die Kompaktheit aufhob. Dies wiederum führt zur Frage, warum wurde die Kompaktheit auseinandergezogen wurde und ob dabei schlecht gehandelt wurde? Einen konkreten Mehrwehrt könnte die Kombination mit Videosequenzen erzielen, da es schwierig ist, ausschließlich auf Basis der Graphik Rückschlüsse abzuleiten. Grundsätzlich kann der wahre Nutzen des Tools erst dann eingeschätzt werden, wenn eine intensive Auseinandersetzung auf Basis mehrerer Datensätze, erfolgt.

- Anwendungstool: Analyse Centroids

Das Ergebnis spiegelt klare Muster wider, wie bspw. in Angriff von einer Vierer- auf eine Dreierkette umgeschaltet wird und sich dabei gleichzeitig der Sechser zurückfallen lässt. Die grundlegende Formation der Mannschaft ist deutlich erkennbar. Bei Betrachtung des Spiels würde jedoch die gleiche Information liefern.

Die interaktive Distanzmessung zwischen dem Torhüter und dem letzten Verteidiger ist fehleranfällig, da dies in Abhängigkeit zur Spielweise des Tormanns steht. In diesem Zusammenhang wird die Messung der Entfernung zur Torlinie empfohlen. Außerdem sind die Abstände in der Abwehrreihe ein Indiz für die Kompaktheit der Verteidigung. Das Ablesen bestimmter Spielerabstände ist sehr interessant, da diese bspw. in der Defensive zwischen acht und zehn Meter liegen sollen. Ein Mittelwert könnte zudem zur Detektion von Lücken eingesetzt werden. Dahingehend sieht der Experte einen sinnvollen Einsatz des Tools im Rahmen der Spielanalyse gegeben.

- Anwendungstool: Dynamic Zoning

Die primäre Anwendung dieses Tools wird vor allem im Medienbereich vermutet. Der Experte würde jedoch nicht das arithmetische Mittel der X-Koordinaten der Offensiv- und Defensivkräfte zur Zonenabgrenzung heranziehen, sondern die Position des vordersten und letzten Spielers. Grundsätzlich stellt sich die Frage, für welchen Zweck dynamische Zonierungen durchführt werden. Die Methode ist zweckdienlich zur Darstellung der räumlichen Kompaktheit. Während vertikal keine kleinräumigere Unterteilung notwendig ist, sollten horizontal zumindest die Außenzonen definiert werden.

Bezüglich alternativer Zonierungsvarianten muss eine Abwägung in Abhängigkeit des Analysezwecks vorgenommen werden, weshalb Pauschalaussagen unzulässig sind. Im Allgemeinen sind rechteckige Zonierungen zweckdienlich, andersförmige Unterteilungen werden hingegen unnötig angesehen.

- Anwendungstool: Analyse Offensive Qualities

Das Tool ist *„deskriptiv sicherlich nicht verwerflich“*, jedoch für Trainer oder Spieleanalysten eher wenig dienlich, da Drangphasen ohnehin durch Betrachtung des Spiels auffallen. Der konkrete Nutzen dieses Tools ergibt sich daher nur dann, wenn das Spiel nicht gesehen wurde. Grundsätzlich ist die gewählte Methode zur Ermittlung von Drangphasen zulässig. Kausale Zusammenhänge zum Ergebnis sind allerdings fraglich, weswegen keine Rückschlüsse auf den Ausgang des Spiels gemacht werden können.

- Anwendungstool: Analyse Tactical Behaviour

Die Analyse des taktischen Verhaltens ist grundsätzlich schwierig. In diesem Zusammenhang bezweifelt der Experte die Aussagekraft des Tools. Nichtsdestotrotz kann dadurch die taktische Grundordnung abgelesen werden. Allerdings ist hierzu die Auswertung von Passmuster womöglich aufschlussreicher. Zur Entschlüsselung des Spiels liefert die Graphik keinen Mehrwert. U.a. deckt sich das Ergebnis nicht unmittelbar mit jenen der Analyse Passnetzwerke und Ballkontakte.

Der Größe und Lage des *Taktikrasters* bietet hingegen eine Erweiterung anderer Tools, wie etwa dem *Analyse Centroids* Tool und bietet somit eine zusätzliche Hilfestellung. Unterschiede zwischen dem Offensiv- und Defensivspiel sind klar erkennbar. Auf Basis dessen das Verhalten zu bewerten ist jedoch schwierig. Der Mehrwert des Tools wird in der Kombination der Zentroide mit dem Taktikraster gesehen, da dadurch Rückschlüsse auf den Spielstil der Mannschaft ermöglicht werden.

- Anwendungstool: Analyse Score Attempts

Während das Tool für Statistiker sicherlich empfehlenswert ist, wird der unmittelbare Nutzen für Trainer oder Analysten in Frage gestellt. Nichtsdestotrotz liefert das Tool wertvolle Informationen, wie etwa die benötigte Zeit bis zum Torabschluss oder etwa über wie viele Ballstationen gespielt wurde. Diese Informationen bilden die Grundlage für weiterführende Analysen. Ein sinnvoller Einsatz dieses Tools erfordert jedoch die Aufbereitung des Analyseergebnisses als 2D-Animationen. Darüber hinaus könnten automatische Angriffsszenen klassifiziert und auf Basis dessen Muster abgeleitet werden. Darauf könnte in weiterer Folge die Spielvorbereitung ausgerichtet werden.

Des Weiteren ist eine Differenzierung zwischen Ballstationen und Events entlang der Trajektorie des Balls wünschenswert, da dadurch die Daten einfacher zu entschlüsseln wären. Ferner sollten Standardsituationen gesondert behandelt werden. Zur Abbildung eines ganzheitlichen Bildes, sollten auch jene Angriffsszenen berücksichtigt werden, die nicht zu Torabschlüssen führten. Andernfalls würde das Ergebnis und die darauf basierende naheliegende Mustererkennung verfälscht werden.

- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse

Die Zweckmäßigkeit muss stets in Abhängigkeit des Anwendungsbereiches betrachtet werden. Für Medien, Statistiken, etc. ist diese sicherlich gegeben, für Trainer und Spieleanalysten hingegen bedingt. Hierbei werden vor allem die Analyse der Passnetzwerke im Allgemeinen sowie des Passspiels im Speziellen als nützlich erachtet. Andere Tools sind hingegen nach einer ersten Einschätzung wenig brauchbar bzw. nicht für den Alltagsgebrauch dienlich. Grundsätzlich wird eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Tools befürwortet, um den konkreten Nutzen und die Tauglichkeit im Rahmen der Post-Match-Spielanalyse abzuwägen.

Es ist im Allgemeinen schwierig, ein Spiel ausschließlich auf Basis einer Datenauswertung zu beurteilen, ohne dabei das Spiel gesehen zu haben. Einblicke in das Spiel sind zwar möglich, ein ganzheitliches Bild bleibt jedoch verborgen. Demzufolge ist praktikables Arbeiten ohne Videomitschnitte nicht möglich. Die erhobenen Zahlen müssen stets in Verbindung mit dem Spielgeschehen gesetzt werden. Die simultane Betrachtung des Videos ermöglicht bestimmte Situationen einzuordnen.

Die Präsentation zeigte u.a. *„sehr gute Ergänzungsansätze“*. Deshalb ist es wichtig, daran weiter zu forschen und vor allem dabei weiterhin Feedback von den Experten einzuholen.

- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten

„Ja absolut.“ In diesem Zusammenhang werden Projekte befürwortet, im Zuge dessen versucht wird, bspw. über eine Saison hinweg gemeinsam mit Videoanalysten die Tools weiterzuentwickeln. Dabei geht es primär darum, die reale Zweckdienlichkeit zu erheben, Theorie mit Praxis zu vereinen und daraus relevante, objektive und aussagekräftige Anwendungen zu konzipieren. Durch enge Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure kann sichergestellt werden, dass eine Unmenge von Daten nicht sinnlos ausgewertet wird.

- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

GIS stellen eine sehr gute Ergänzungsmethode bzw. -medium dar, um bestimmte Sachverhalte auch vor allem visuell vereinfacht aufzubereiten. Hierzu wird eine Schnittstelle zu Videomaterial als unumgänglich angesehen. Eine völlige Loslösung davon wird es niemals geben, da GIS die Videoanalyse nicht ersetzten, sondern nur ergänzen kann.

Interview-Protokoll 02

Expertenkürzel: E02
Durchführungsdatum: 04.07.2016
Uhrzeit: 17:05 – 18:44
Durchführungsart: persönlich

- Anwendungstool: Analyse Passes

Das Tool ist *„richtig gut"* und kann u.a. zur Überprüfung der eigenen Spielphilosophie eingesetzt werden. Aufgrund der chronologischen Ausweisung der Pässe kann eine Zu- oder Abnahme der Passqualität mit fortlaufender Dauer ermittelt werden. Dabei besteht der Anspruch so viele Teilaspekte wie möglich zu erfassen. Im Allgemeinen ist es bedauerlich, dass oftmals die Komplexität des Fußballs ignoriert wird. Da Fußball ein Passspiel ist, ist es *„total interessant"* die Zirkulation des Balls zu untersuchen. Diesbezüglich bietet das Tool einen *„richtig guten Ansatz"*. U.a. deshalb, da auch die Methode *Packing*, womit die Anzahl mit einem Pass überspielten Linien ermittelt wird, indirekt berücksichtigt wird. Ergänzend müsste auch die Schärfe des Zuspiels miteinbezogen werden, da je höher die Geschwindigkeit, desto größer die Passqualität. Dieser Zusammenhang ergibt sich daraus, dass der Ball schwerer abzufangen ist, da der Gegner schneller reagieren und ggf. schneller verschieben muss. Da Pässe zum Überwinden von Räumen wichtig sind, sind längere Pässe besser zu bewerten. Gleichzeitig versucht der Gegner diese Räume zu verdichten, weshalb längere Pässe zur Druckentlastung eingesetzt werden können.

Der Experte betonte, dass hat einen solchen Ansatz noch nie gesehen und wiederholte mehrfach, dass ihm dieses Tool *„richtig gut"* gefällt. Ausschließlich die Passgeschwindigkeit sollte ggf. als weiterer Parameter miteinfließen. Zugleich wäre die Passqualität auch als Teamparameter interessant. Zudem sollte der Passwinkel als eigenständiger Parameter in Erwägung gezogen werden, der bislang nur indirekt erhoben wird. Je weiter der Winkel nach vorne gerichtet ist, desto höher das Risiko, dass der Ball abgefangen wird. Hierzu müsste verifiziert werden, ob die Anzahl der überspielten Spieler mit dem Winkel korreliert. Dabei ist zu bedenken, dass auch Pässe nach hinten richtig sein können, bspw. dann, wenn ein Stürmer den Ball nach hinten klatschen lässt. Die Klassifizierung der Passrichtung anhand von Quadranten wird daher befürwortet. Allerdings müsste überprüft werden, inwiefern die aktuelle Zusammensetzung des Passrisikos die Richtung des Zuspiels bereits indirekt einschließt.

Die Adaption des Tools hinsichtlich Multiringpuffer wird als Notwendigkeit angesehen, da in Abhängigkeit der Passposition unterschiedliche Radien bedeutend sind. Dies erfordert eine Klassifizierung der Pufferdistanzen, bspw. anhand einer Drittelung des Spielfeldes.

Da davon ausgegangen werden kann, dass sich Spieler immer zum Ball orientieren, ist eine Berücksichtigung der Geschwindigkeit und Laufrichtung nicht zwingend. Allerdings dürfen Spieler innerhalb des Passkorridors nicht als Störfaktor gewertet werden, wenn sich deren Mannschaft gerade im Rückzug befindet.

- Anwendungstool: Analyse Shots

„Dem ist nichts hinzuzufügen, das ist ausgezeichnet". Obwohl in diesem Zusammenhang aktuell die Torschussquote am gängigsten ist, werden keinerlei Differenzierungen vorgenommen. Grundsätzlich ist es schwer einzelne Spiele zu bewerten. Das Tool könnte jedoch sehr nützlich zur Auswertung mehrerer Spiele sein, um etwaige spielerspezifische Probleme aufzudecken. Nimmt bspw. ein Spieler Torschussmöglichkeiten wahr, ohne dabei reelle Erfolgsaussichten zu haben? Ist er vielleicht zu weit weg vom Tor oder zu sehr unter Druck? Werden deswegen die Schüsse geblockt? Wird der richtige Moment zum Abschluss gefunden? Der so genannte *„richtige Moment"* ist wesentlich im

Zuge der Analyse des Schussverhaltens. U.U. ist es in der Spielphilosophie eines Vereins verankert, Torschüsse stets zum erst besten Zeitpunkt wahrzunehmen, da es selten bessere Möglichkeiten gibt. Dieses Tool bietet dazu einen Wert, mit dem das Schussverhalten *„gut quantifiziert"* werden kann. Die Überprüfung der eigenen Spielphilosophie bedarf Referenzwerte, wobei die konzipierte reelle Erfolgsaussicht als solcher herangezogen werden kann.

Die SSPI-Zonen sind zweckdienlich. Allerdings sollten Standardsituationen gesondert behandelt werden, da dadurch unabhängige Spielphasen kennzeichnen sind. Des Weiteren wird eine Koppelung mit Videoaufnahmen empfohlen, da i.d.R. die Akzeptanz der Spieler gegenüber Videos größer ist. Ferner ist eine graphische Weiterführung der Trajektorie bei abgefälschten Schüssen nicht erforderlich, sofern das Resultat des Torschusses klar ersichtlich ist.

- Anwendungstool: Analyse Running Performance

Die Aussagekraft der Laufleistung muss grundsätzlich in Frage gestellt werden, da hohe Werte nicht zwangsläufig gutes Spiel repräsentieren. Hierfür ist weniger die Summe der Gesamtdistanz oder der Sprints entscheidend, sondern vielmehr wohin und wann gelaufen wurde. Das Timing der Läufe ist von besonderem Interesse. Die Laufleistung muss generell individuell betrachtet werden, da es bspw. bei Konterspiel oder tiefem Stellungsspiel leichter ist, hohe Laufwerte zu erreichen. Hierbei stellt sich die Frage, ob dies passiert ist oder gewollt war.

Das Tool bildet die Grundlage für Vergleiche unterschiedlicher Spielphasen, in denen der Gegner bspw. mehr lief. Auf Basis dessen kann der Frage nachgegangen werden, ob die eigenen Spieler mithalten konnten. Des Weiteren kann über die Saison hinweg die Laufleistung in Abhängigkeit der Spiele evaluiert werden. Dazu muss allerdings der Ballbesitz berücksichtigt werden.

Der Experte gab zu Protokoll, sich persönlich zunehmend von der Analyse der Laufleistung abzuwenden, da das Spiel zu komplex ist, um die Laufleistung separat von anderen Gegebenheiten zu untersuchen. *„Den Anspruch, den Weisheit letzten Schluss gefunden zu haben, hat noch niemand."* Oftmals erzielen Spieler in schlechten Spielen hohe Laufleistungen. Deshalb stehen derartige Analysen nicht auf der Tagesordnung des Experten stehen. Die Untersuchung der Laufleistung ist ausschließlich für das Monitoring einzelner Spieler empfehlenswert, im Zuge dessen auch biochemische Parameter, das subjektive Befinden, etc. analysiert werden. Auf Basis dessen kann die individuelle Vorbereitung auf ein Spiel evaluiert werden. Aus diesem Grund wird der konkrete Nutzen des Tools eher im Bereich des Fitnessdepartments gesehen. Für den Trainingsbetrieb sind die erhobenen Daten nur bedingt von Interesse, da der Ball im Zentrum der Analyse steht.

- Anwendungstool: Analyse Passing Networks

Passnetzwerke können bestimmte Szenen unterstreichen. Außerdem ist es Aufgabe der Analysten exemplarische Szenen zu ermitteln, die den Stil einer Mannschaft verdeutlichen. Werden bspw. drei oder vier Szenen aus unterschiedlichen Spielen mit dem Passsoziogramm abgeglichen, kann damit herausgefunden werden, ob Situationen zufällig entstanden oder einstudiert waren. Mit Hilfe von Passnetzwerken kann das Muster eins Teams leicht erkannt werden. Es ermöglicht Aussagen über bevorzugte Angriffsseiten, Schlüsselspieler, dominante Spielachsen usw. Gleichzeitig kann dadurch die Auswahl von Videoszenen, die auf den Spielstil hindeuten, bestätigt werden. Wenn eine Szenenauswahl vom Passnetzwerk widergespiegelt wird, kann dies kein Zufall sein.

Das graphische Ergebnis des Tools ist gekennzeichnet von einem hohen Detailgrad. Aufschlussreich ist, dass gleichzeitig die Passquote angezeigt wird. Damit kann im Zuge der Vorbereitung das Team eingestellt werden, um bestehende Achsen zu unterbrechen oder zentrale Spieler aus dem Spiel zu nehmen. Zur Steigerung der Aussagekraft wird eine direkte Verknüpfung mit dem *Analyse Passes* Tool empfohlen.

Die räumliche Anordnung der Netzwerkknoten ist *„sehr gut“* und ist aussagekräftiger als eine Heatmap, da u.a. das System einer Mannschaft erkannt werden kann. Ausgegebene Formationen stimmen nicht zwingend mit den tatsächlichen Spielsystemen überein, weswegen der gewählte Ansatz sinnvoll ist, da damit zusätzliche Informationen vermittelt werden.

- Anwendungstool: Analyse Ball Possession

In Anbetracht der erhobenen Daten fehlt dem Experten eine konkrete Fragestellung, die damit beantwortet werden könnte. Das Tool eignet sich jedoch zur Beschreibung der Zirkulation des Ballbesitzes. Damit kann bspw. herausgefunden werden, ob es einer Mannschaft gelang mit viel Ballbesitz den Ball im Angriffsdrittel zu halten. Die exakte Angabe der Distanz und der Dauer ist eher unbedeutend. Vielmehr ist es interessant, wo die Mannschaften in Ballbesitz waren und ob es ihnen gelang, das Spiel möglichst weit nach vorne zu verlagern. Dieses Szenario ist essenziell, da je weiter der Gegner vom eigenen Tor ferngehalten werden kann, desto geringer dessen Erfolgsaussicht.

Mit Hilfe des Tools könnte der Frage nachgegangen werden, ob der Ballbesitz über mehrere Spiele hinweg im letzten Drittel steigt. Trifft dies zu, wäre dies ein Zeichen für steigende Dominanz. Des Weiteren sind inhaltliche Filterungen diskutabel. Vor allem eine Differenzierung nach dem Spielstand wäre sinnvoll, da auch Führungen in Ballbesitz zu verteidigen sind.

- Anwendungstool: Analyse Ball Contacts

„Find ich gut“. Der Experte sah in der präsentierten Graphik seine eigene Mannschaft. Daraus kann geschlossen werden, dass mit diesem Tool die Raumverteilung und –nutzung einer Mannschaft adäquat beschrieben werden kann. Außerdem bildet es eine zusätzliche Unterstützung zur Interpretation des Interaktionsnetzwerkes. Die graphische Aufbereitung ist sehr interessant, da bspw. die Verschiebungen der Außenverteidiger oder der Stürmer sichtbar sind. Allerdings bedarf das Lesen der Graphik etwas Übung, um Informationen rasch zu extrahieren. Dies liegt darin, dass das Ergebnis für den Experten ungewohnt ist und er diese Thematik noch nie so aufbereitet sah. Die Zonierungsvariante ist praktikabel, eine bloße Drittelung des Spielfeldes wäre hingegen zu wenig.

Bezüglich alternativen Darstellungsweise wären u.U. Kreisdarstellungen vorteilhaft, um damit die Spielanteile der drei Formationsgruppen besser zu visualisieren. Die Größe der Kreise könnte dabei Hinweise auf die absoluten Werte innerhalb der Zonen liefern, währenddessen positionsspezifisch schriftliche Angaben ausreichen. Die aktuelle Darstellung ist zwar gut, könnte jedoch ggf. verbessert werden.

- Anwendungstool: Analyse Spheres of Action

Die Verwendung von Standardabweichungsellipsen zur Bestimmung von Aktionsradien ist für den Experten neu, weswegen deren Zweckmäßigkeit schwer einzuschätzen ist. Die Auswertung auf Einzelspielerebene ist vergleichsweise einfach. Allerdings können derartige Informationen auch aus den Ergebnissen anderer Tools, wie etwa dem *Analyse Ball Contacts* Tool, ausgelesen werden. Obwohl der Ansatz interessant ist, fehlt dem Experten der Zugang zu den Abbildungen. Ferner ist es schwierig die Graphiken zu interpretieren, wenn keinerlei Videomaterialen vorliegen, die ggf. Aussagen unterstreichen könnten.

- Anwendungstool: Analyse Compactness

Da einzelne Szenen mit sehr vielen Graphiken bzw. Tools beschrieben werden können, ist es schwierig den Überblick zu bewahren, weswegen die Tools in erster Linie zur Analyse der eigenen Mannschaft eingesetzt werden können. Das Tool eignet sich zur Detektion *„neuralgischer Situationen“*. Der Ansatz basierend auf konvexen Hüllen ist interessant, da dadurch die Abdeckung essenzieller Räume rasch überprüft werden kann. Das erklärte Ziel in Ballbesitz ist es, den genutzten Raum zu

verdichten, um die Chancen einer schnellen Balleroberung im Falle eines Ballverlustes zu erhöhen. Gleichzeitig gilt es, dem Gegner Räume für etwaige Konter zu nehmen. Hierbei stellt sich die Frage, wie gut die Fläche des Gegners eingeschlossen wird? Hierzu ist ein Parameter zu entwickeln, der die Kompaktheit bzw. Absicherung repräsentiert und zugleich das defensive Denken in Offensivaktionen widerspiegelt.

Während konvexe Hüllen zur Darstellung der Kompaktheit zweckdienlich sind, wird die Aussagekraft der Standardentfernung als unzulänglich betrachtet, da damit womöglich komplexe Situationen nicht adäquat beschrieben werden können. Zugleich ist die räumliche Verschneidung der konvexen Hüllen interessant. Bspw. ist es in Ballbesitz wichtig, die Überlappung in gegnerischer Tornähe gering zu halten und Räume zu öffnen, die genutzt werden können. Der Gegner muss dies verhindern, indem die Räume geschlossen werden. Die Methodik des Tools ist zwar legitim, allerdings fehlen Erfahrungswerte. Nichtsdestotrotz sind konvexe Hüllen auch ohne weitere Parameter praktikabel zu Bewertung der Raumverteilung der eigenen Mannschaft. U.U. können damit Defizite aufgezeigt werden, die im Video nicht hervorstechen.

- Anwendungstool: Analyse Centroids

Das Tool ist interessant und gut, da das Aufrücken einzelner Spieler in Angriffssituationen klar erkennbar ist. Ob jedoch anhand der Defensivpositionen ein Defensivmaß definiert werden kann, ist fraglich, da die gemittelten Positionen vom Gegner abhängig sind. Die Graphik kann zur Beschreibung des Spielgeschehens verwenden werden und liefert zudem Rückschlüsse auf individuelle Fähigkeiten, wie etwa Geschwindigkeit. Technisch versierte und eher langsame Spieler verlagern bspw. ihr Spiel ins Zentrum. Diese Spieler sind i.d.R. in der Lage auch auf engem Raum Lösungen zu finden. Schnelle Außenbahnspieler suchen hingegen ihre Zweikämpfe vorrangig im 1 gegen 1. Das Tool ermöglicht demnach Aussagen über den Spielertypus. Zudem gibt das Ergebnis Auskunft über ballbesitzabhängige Formationen der Mannschaften. Dementsprechend kann versucht werden, positionsbedingt Überzahlsituationen zu schaffen.

Der Abstand zwischen letztem Verteidiger und Torwart ist angesichts des Spielstils des Torhüters zu interpretieren, da je moderner, desto geringer der Abstand. Konträr dazu wird ein Torhüter mit Geschwindigkeitsdefiziten das Spiel passiver gestalten. Ungeachtet dessen kann versucht werden ein Maß für die Offensive der Mannschaft zu entwickeln. Dazu wird jedoch der Torhüter als Störvariable angesehen, weswegen die Grundlinie als Referenz herangezogen werden sollte. Sofern es Vorgaben gibt, kann der Abstand zwischen Tormann und Abwehrkette kann allerdings für den Torwarttrainer interessant sein. Die Distanzen innerhalb der Abwehrkette sind als Maß für die Kompaktheit der Abwehr unzulässig, da diese zu stark situationsabhängig ist. Interessanter sind hingegen die Entfernungen zwischen den theoretischen Positionen 6, 8 und 10, da die Bindung dazwischen immer gegeben sein muss. Hierzu wurde der Vorschlag befürwortet, zwischen diesen Positionen fortlaufend virtuelle Dreiecke aufzuziehen und deren Größe und Morphologie einem Referenzdreieck gegenüberzustellen. Die vorderste Position sollte stets abgesichert sein. Darüber hinaus sollte situationsbedingt ein weiteres Dreieck zwischen den theoretischen Positionen8, 10 und 11 aufgezogen und analysiert werden. Darüber hinaus ist es empfehlenswert das Ergebnis als Animation bereitzustellen, in der zu große Abstände zwischen den Spielern oder zu große Abweichungen von Referenzdreiecken graphisch hervorgehoben werden. Dadurch könnten Hinweise auf schlechtem Stellungsspiels geliefert werden, die es mittels Videoauswertung zu überprüfen gilt.

- Anwendungstool: Dynamic Zoning

Der Ansatz zur Abgrenzung einzelner Zonen ist fragwürdig, da es als Mannschaft niemals möglich ist in die Defensivzone des Gegners einzudringen [Anm.: Aufgrund der Abseitsregel.]. Geeigneter

wären dazu die Positionen der defensiven Mittelfeldspieler, die allerdings nicht in jeder Formation vorkommen. Die gesamte Viererkette ist fehleranfällig, insbesondere bei offensiv ausgerichteten Außenverteidigern. Daher wird die Verwendung der gemittelten Innenverteidigerpositionen oder die Position des letzten Spielers empfohlen.
Abgesehen von ausstehenden Abgrenzungskriterien sind dynamische Zonierungen interessant und sollten auch Außenzonen bzw. eine horizontale Unterteilung umfassen. Dazu könnten die beiden äußersten Spieler herangezogen werden. Die Idee auf Basis der Breite der Außenzonen Spielverlagerungen bzw. dominante Regionen zu definieren wird als interessant bezeichnet. *„Das ist gut. Macht Sinn."*

- Anwendungstool: Analyse Offensive Qualities

„Das ist gut. […] Dies halte ich für einen guten Ansatz." Die Aussage *Je höher die Abwehrreihe, desto höher der Druck* ist zulässig. Zusätzlich ist die vertikale Länge der Mannschaften, bzw. der Abstand zwischen vorderstem und letztem Spieler, interessant, da dies sinnvoll in Relation zur Kompaktheit gesetzt werden könnte.

- Anwendungstool: Analyse Tactical Behaviour

„Schwer, schwer, sprengt im Moment mein Vorstellungsvermögen." Das Tool erscheint sehr komplex, allerdings wird die Auswertung der Größe und Lage des *Taktikrasters* als einleuchtend und interessant beschrieben, da damit Rückschlüsse auf die Taktik zulässig sind. Die Zweckdienlichkeit der Verhaltensschablonen ist hingegen heikel. Die Verwendung der Schablonen ist problematisch, da hinter den dynamischen Formationen auch taktische Vorgaben stecken können. Die Höhe der Spielerpositionen ist am ehesten für die Abwehrreihe zulässig, weswegen Analysen des Abwehrverhaltens möglich erscheinen. Der Experte betonte zwar, dass er die Graphik und die dahinterstehende Theorie versteht, demgegenüber ist deren Einsatzmöglichkeit unklar.

- Anwendungstool: Analyse Score Attempts

Es ist positiv hervorzuheben, dass auch die Startpositionen der Angriffe erhoben werden, da dies für die Klassifizierung von Angriffen ausschlaggebend ist. Bspw. gilt es als klassisches Umschaltspiel, wenn der Ball im Angriffsdrittel erobert wird. Dabei sollte innerhalb von vier bis sechs Sekunden der Abschluss erfolgen. Konträr dazu sollte ein Angriff aus dem eigenen Drittel nicht länger als 15 Sekunden dauern.

Nicht zentrale Events, wie Running with Ball z.B., sollten ausgespart oder zumindest anders dargestellt werden. Zudem sollten ausschließlich Pässe als durchgezogene Linien präsentiert werden. Grundsätzlich ist eine graphische Variation der Angriffselemente empfehlenswert, da dadurch die Eigenschaften der Angriffsszenen schneller wahrgenommen werden können. Bspw. wäre dadurch rasch ersichtlich, ob Gegenangriffe vorzugsweise über lange Pässe oder über das Laufspiel eingeleitet werden.

Neben einer gesonderten Behandlung von Standardsituationen wird außerdem eine Hervorhebung tatsächlicher Ballstationen befürwortet. Angriffe, die zumindest im Angriffsdrittel vorzeitig unterbrochen wurden sollten ebenfalls berücksichtigt werden.

- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse

„Es ist ein richtiger guter Ansatz. […] Grundsätzlich finde ich es sehr zweckmäßig. […] Das ist ein richtiger Schritt in die Richtung, um die Komplexität des Spiels ordnungsgemäß darzustellen und nicht nur die einzelnen Athleten zu prüfen." Besonders hervorgehoben wurde die Analyse des Passspiels sowie der Zentroide. Anhand der präsentierten Beispiele sind weitere Forschungen auf diesem Gebiet gerechtfertigt und wünschenswert. Ob die präsentierten Ansätze im Vergleich zu den

Analysesystemen von *ProzoneSports* ökonomischer, leichter anwendbar oder genauer sind, vermochte der Experte nicht einzuschätzen. Darüber hinaus bietet die erste Entwicklungsstufe bereits sehr viele interessante Hypothesen, auf denen aufgebaut werden kann.

Der Experte sprach zudem vom geordneten Chaos, wonach versucht werden muss, Chaos in den gegnerischen Reihen zu stiften und gleichzeitig die eigene Ordnung permanent aufrechterhält. Dies funktioniert über Verschiebungen, Rotationen, etc. Allerdings sind sowohl die Werte, die dahinterstehen, als auch die geeigneten Auswertemethoden, unklar. Dahingehend wird GIS als Chance angesehen, da damit *„das Spiel sehr gut beleuchtet wird“*. Die Interaktion muss dabei im Vordergrund und über den Werten einzelner Spieler stehen.

- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten

„Ja, kann ich ganz deutlich mit ja beantworten.“, da zielgerichtete Entwicklungen notwendig sind. Spieleanalysten sollten sich ständig weiterentwickeln und dabei ihren Horizont zu erweitern, um auch neue Fragestellungen zu stellen. Hierzu ist es besonders wichtig *„technischen Beistand“* zu haben, um bestehende Möglichkeiten abzuwägen. Die Kombination aus zwei Expertisen ist in diesem konkreten Fall sinnvoll und ist daher absolut wünschenswert.

- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

Die Videoanalyse ist ein geeignetes Präsentationstool. Gleichzeitig soll versucht werden Aussagen auf Basis der Datenauswertung zu untermauern, wie etwa hinsichtlich von Passsoziogramme oder der Passqualität. Eine zusätzliche Quantifizierung und Beobachtung ist sehr wichtig, da dadurch auch Längsschnittanalysen möglich sind. Videos sind dafür nicht ausreichend, weswegen GIS als Ergänzung sinnvoll eingesetzt werden kann, um etwa Bestätigungen einzuholen oder Auffälligkeiten zu ermitteln.

Interview-Protokoll 03

Expertenkürzel: E03
Durchführungsdatum: 09.06.2016
Uhrzeit: 09:00 – 12:05
Durchführungsart: persönlich

- Anwendungstool: Analyse Passes

„Sehr gut […] Das gefällt mir extrem gut." Positiv hervorzuheben ist, dass die Passrichtung indirekt anhand der Spieleranzahl innerhalb des Passkorridors miteinbezogen wird. In diesem Zusammenhang sind vorwärts gerichtete Pässe schwieriger, da dabei mit mehr Gegenspielern zwischen den Passstationen zu rechnen ist. Hierzu wäre eine zusätzliche Klassifizierung in Hilfs- und Konstruktivpässe interessant. Zwar könnte das Tool detaillierter sein, was jedoch nicht zwingend ist. Neben der Passart ist die Qualität der Zuspiele gut erkennbar. Darüber hinaus können Stärken und Schwächen sowie Passschemen abgelesen werden. Die Beantwortung der Frage, ob es bessere Optionen gegeben hat, ist grundsätzlich schwierig, könnte allerdings in Folgestudien aufgegriffen werden. Dies wäre vor allem zur Einschätzung von Fehlpässen vorteilhaft. Hinsichtlich Verwendbarkeit antwortete der Experte: *„Absolut, ich würde mir wünschen so etwas zu haben."*

Die Verwendung von Multiringpuffern wird befürwortet, genauso wie die Parametrisierung der Passrichtung. Zudem muss auch die Ausrichtung der Spieler berücksichtigt werden, da bspw. Hackenpässe entgegen der Laufrichtung gespielt werden. Daher ist es notwendig die Laufrichtung miteinzubeziehen. Optional dazu könnte die Beachtung der Spielergeschwindigkeit neue Analysemöglichkeiten eröffnen.

- Anwendungstool: Analyse Shots

Der Experte bezweifelt die Aussagekraft des SSPI, da die Zonen nicht der Realität entsprächen und sich die Werte im Besten Fall auf ruhende Bälle beziehen. Alternativ zum SSPI wird die Verwendung des *Expected Goal Model* vorgeschlagen. Die Bewertung des Schussrisikos erfordert ebenfalls eine klare kontextbezogene Abgrenzung sowie die Berücksichtigung vorangegangener Aktionen, wie Dribblings oder Zuspiele. Hierbei sind so genannte *Through Balls* als Schlüsselaktionen zu werten, da dadurch gegnerische Reihen ausgeschaltet werden und sich dadurch die Chance auf ein Tor erhöht. Zudem sind Torschüsse doppelt so gefährlich als Kopfbälle.

Das Tool ist *„ganz, ganz wichtig"* und *„absolut notwendig"*. Allerdings muss die Kalibrierung des SSPI auf einer großen Schussdatenbank beruhen, damit die Werte der Realität näherkommen. Die dafür notwendige Datenbasis könnte bspw. während Trainingseinheiten aufgebaut werden. Räumliche Adaptionen der Zonen sind hingegen nicht erforderlich. Der konkrete Nutzen des Tools wird in erster Linie in der Trainingsarbeit gesehen.

Obwohl die genaue Parameterzusammensetzung noch gefunden werden muss, handelt es sich um einen interessanten Ansatz. Außerdem darf im Bereich des Schussfeldes nicht vergessen werden, dass Spieler nicht nur den Ball blocken, sondern auch die Sicht des Tormanns auf den Ball nehmen können. Darüber hinaus wird der Einsatz von Multiringpuffern sowie wie die Berücksichtigung der Spielergeschwindigkeit und Laufrichtung bzw. Blickrichtung/Körperposition befürwortet. Zudem sollte auch der Verlauf von abgeblockten Schüssen graphisch nachgeführt werden. Schüsse sind für den Erfolg essenziell, weswegen Tools, die sich den dahinterstehenden Kausalitäten widmen unentbehrlich sind.

- Anwendungstool: Analyse Running Performance

Das Tool ist vorrangig für die Fitness- und Scouting-Abteilungen interessant, da damit physiologische Parameter aufgewertet werden können. Neben den erhobenen Informationen sollte auch die

Anzahl der Läufe in den zwei höchsten Geschwindigkeitsklassen, die Anzahl gebündelter Sprints sowie die Anzahl kurzer Bewegungen im Radius von bspw. drei Meter erhoben werden. Letztere sind insbesondere für Mittelfeldspieler interessant, die dadurch oftmals Eröffnungen einleiten.

Zur Bestimmung umfangreicher Spielerprofile oder Laufmuster wäre eine zusätzliche horizontale Zonierung sinnvoll. Das Tool ist wichtig zur Auswertung physiologischer Parameter. Der Vorschlag auch scharfe Richtungswechsel zu ermitteln, wird vor allem in Hinblick auf die Auswertung von Beschleunigungen befürwortet.

- Anwendungstool: Analyse Passing Networks

„Super Sache." Ideal wäre eine Kombination dieses Tools mit dem *Analyse Passes* Tool. Aus der präsentierten Graphik wurde abgeleitet, dass die Mannschaft ein sehr vertikales Spiel pflegt und eine starke Spielachse im Mittelfeld hat. Die Darstellung der Passquote erhöht die Aussagekraft des Tools. Dahingehend wird dem Tool ein großer Nutzen im Rahmen der Spielanalyse zugeschrieben, insbesondere zur Vorbereitung auf den kommenden Gegner. Allerdings sollte auch die Passrichtung berücksichtigt werden.

Die Positionierung der Netzwerkknoten nach dem räumlichen Median ist zwar sinnvoll, jedoch u.U. trügerisch, sofern darin die zugrundlegende Formation gesehen wird. Möglicherweise wäre die gemittelte Position aller Spieler zum Zeitpunkt aller Passspiele eine gute Alternative.

- Anwendungstool: Analyse Ball Possession

„Sehr interessant, sehr interessant und ich glaube bis jetzt ein wenig beachteter Parameter. […] Interessante Daten, absolut." Ballbesitzanalysen anhand der Trajektorie des Balls hat der Experte noch nie gesehen. *„Es wäre wirklich interessant mehrere Spiele und unterschiedliche Ligen zu vergleichen. Das sehe ich zum ersten Mal."*

Allerdings stellt sich die Frage, was aus den Werten herausgelesen werden kann. Interessant sind vor allem die Zonenwerte, da dadurch sowohl die Räumlichkeit des Spielgeschehens, als auch Drangphasen abgebildet werden. Diesbezüglich wäre eine gesonderte Berücksichtigung der Außenzonen wünschenswert. Die Daten eigenen sich u.U. auf zur Entwicklung von Definitionen, die der bspw. der Frage nachgehen, was offensiv spielen bedeutet.

- Anwendungstool: Analyse Ball Contacts

Die Auswertung der Ballkontakte wird immer wichtiger, um herauszufinden, wer wo aktiv am Ball war. Das Tool kreiert einen Summenparameter, da bspw. nicht zwischen Offensiv- und Defensivaktionen unterschieden wird. Diesbezüglich sollte unbedingt eine Klassifizierung vorgenommen werden. *„Grundsätzlich interessant, aber würde ich noch unterteilen."* Auf Basis dessen kann die Spieleraktivität den Anweisungen des Trainers gegenübergestellt werden, um bspw. herauszufinden, ob sich offensive Spieler gemäß der Vorgabe bei gegnerischen Ballbesitz zurückfallen ließen. Daher wäre es sinnvoll das Tool auf Einzelspielerebene durchzuführen.

- Anwendungstool: Analyse Spheres of Action

Dem Experten erschließt sich kein konkreter Nutzen dieses Tools, da z.B. die erkennbaren Unterschiede zwischen Angriff- und Defensivverhalten auch bei anderen Tools ersichtlich sind. Allerdings sei es sehr gut, dass neue Wege zur Beschreibung des Spiels gesucht werden, um neue Fragestellungen zu generieren, weswegen weitere Forschungen befürwortet werden. Entscheidend ist, wie die Ellipsen mit anderen Daten sinnvoll in Beziehung gesetzt werden können? Ggf. durch räumliche Verschneidungen mit den gegnerischen Positionen. Wichtig ist, dass keine weiteren Summenparameter entstehen, deren Granularität zu gering ist, um zusätzliche relevante Informationen zu extrahieren.

U.U. eignet sich das Tool zur Analyse von Drucksituationen oder etwa zur automatischen Detektion von Spielformationen. Zur Weiterentwicklung des Tools werden thematische Filterungen bzw. Klassifizierungen nach Ballbesitz, Spielstand etc. empfohlen.

- Anwendungstool: Analyse Compactness

Die Kompaktheit ist ausschließlich über die Distanz zwischen den Spielern unter Berücksichtigung der Ballposition abbildbar, worin das Problem dieser Thematik liegt. Kompaktheit ist stets mit offenen Räumen verbunden. Diese werden bewusst angesteuert, um die gegnerische Kompaktheit aufzulösen. Das Tool ist zwar interessant, liefert jedoch einen Summenparameter, der trügerisch sein kann. Nichtsdestotrotz stellt das Tool die Dynamik bzw. Plastizität einer Mannschaft zweckmäßig als konvexe Hüllen dar und ermöglicht somit deren Auswertung. Die Spieler sind dazu angewiesen sich im Kollektiv zu bewegen und dabei eine möglichst geschlossene Fläche bilden.

Mit Hilfe dieses Tools kann diese Vorgabe überprüft werden. Gleichfalls kann bspw. untersucht werden, wie lange es nach einer Balleroberung dauerte, bis alle Spieler nachrückten. Der ausgewiesene Kompaktheitswert ist hingegen trügerisch und sollte daher nicht zur Bestimmung von Kausalzusammenhängen herangezogen werden.

- Anwendungstool: Analyse Centroids

Dieses deskriptive Tool ermöglicht Rückschlüsse auf die zugrundeliegende Spielformation. Daraus kann die Organisation einer Mannschaft in Offensive und Defensive abgelesen werden. Dies wiederum führt bis zu einem bestimmten Grad zu Aussagen über den Spielstil. Bspw. wurde anhand der präsentierten Graphik erkannt, dass ein defensiver Mittelfeldspieler im Angriff zurückkippte und mit den beiden Innenverteidigern ein Dreieck bildete, während beide Außenverteidiger aufrückten. Dahingegend kann u.a. ermittelt werden, welche Spieler in welchen Situationen gefährlich werden oder wo freie Räume entstehen.

- Anwendungstool: Dynamic Zoning

„Sehr gut, sehr gut." Empfohlen wird zudem eine zusätzliche horizontale Zonierung auf Basis positionsspezifischer Schwellenwerte. Diese könnten bspw. zur Abgrenzung der Verteidigungs- und von der Mittelfeldzone auf Basis der beiden Innenverteidigerpositionen gebildet werden. Die gemittelten X-Koordinaten als Abgrenzungskriterium sind zwar legitim, jedoch nicht praktikabel, da diese imaginären Linien darstellen. Stattdessen wäre es sinnvoll die letzte bzw. vorderste Position heranzuziehen. Rechteckige dynamische Zonierungen sind zwar grundsätzlich in Ordnung, ggf. muss jedoch die Form dem Verwendungszweck angepasst werden.

- Anwendungstool: Analyse Offensive Qualities

Neben der Analyse der Offensivqualitäten eignet sich das Tool zur Untersuchung des Pressingspiels. Dabei kann der Frage nachgegangen werden, wie hoch eine Verteidigung stehen muss, um gegnerischen Angreifern den Zugriff zu entziehen. Da die präsentierte Graphik enthüllt wo verteidigt wurde, kann in diesem Zusammenhang versucht werden, Parameter für unterschiedliche Pressingsituationen zu definieren. Dahingehend ist eine kontextbezogene Klassifizierung zu empfehlen. Gleichzeitig könnte das Defensivverhalten der Angreifer auf Basis der gemittelten Linie der Offensivkräfte analysiert werden. Abgesehen davon eignet sich dieses innovative Tool zur Ermittlung von Drangphasen und stellt somit einen Mehrwert für die Spielanalyse dar.

- Anwendungstool: Analyse Tactical Behaviour

„Spannend, spannend … es ist eine interessante Herangehensweise." Ein potenzieller Mehrwert wird darin gesehen, wenn das Tool zusätzlich mit Event-Daten gespeist wird, wodurch optionale

Filterungen ermöglicht werden. Auf Basis dessen könnte das Umschaltspiel bewertet werden, in dem bspw. untersucht wird, was zehn nach Ballverlusten passierte. Allerdings ist zu bedenken, dass sich die Eignung eines Tools erst in der Praxis zeigt. Grundsätzlich ermöglicht das Tool Einblicke in das situationsabhängige Spielerverhalten, wobei positionsgleiche Spieler bzw. deren Interpretation des Spiels gegenübergestellt werden können. Des Weiteren wird die räumliche Dominanz abgebildet. U.U. ist der Taktikraster hinsichtlich seiner Granularität zu überarbeiten. Ein weiterer Anwendungsbereich dieses innovativen Tools ist womöglich das Scouting. In diesem Kontext kann bewertet werden, inwiefern ein Spieler zum System der Mannschaft passt.

- Anwendungstool: Analyse Score Attempts

Zur Abbildung eines möglichst ganzheitlichen Bildes des Angriffsspiels sollten auch verhinderte Torchancen unbedingt berücksichtigt werden. Zwar ist die Zweckmäßigkeit des Tools im Rahmen der Spielanalyse gegeben, dennoch sollte daran gearbeitet werden, Angriffsszenen besser zu klassifizieren. Dazu könnte eine zusätzliche Verknüpfung mit anderen Event-Daten vorgenommen werden. Zudem ist eine graphische Differenzierung der angezeigten Events sinnvoll. Der Mehrwert des Tools wird darin gesehen, da *„Genese von Angriffen“* beschrieben wird.

Zu beachten ist, dass die Art und Position der Balleroberung Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Torversuchs hat. Bspw. wird bei einem Tackling zumindest ein Spieler ausgeschaltet, währenddessen dies bei einem abgefangenen Pass nicht der Fall ist. Gleichfalls werden die Erfolgschancen erhöht, wenn Bälle zentral innerhalb der gegnerischen Spielfeldhälfte gewonnen werden.

- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse

„Ich finde, das ist das Um und Auf.“ Raumbezogene Daten geben die richtige Entwicklungsrichtung der Fußball-Spielanalyse vor, da es naheliegend ist die Positionen von Spielern und Events zu analysieren. Der konkrete Mehrwert GIS-gestützter Analysen wird darin gesehen, dass auf Basis raum/zeitbezogener Fakten auch qualitative Auswertungen möglich sind. Die präsentierten Tools offenbaren das Potential der Rohdaten, das allerdings noch nicht gänzlich ausgeschöpft wurde. Die Möglichkeit thematisch zu filtern und eigenständig Parameter zu definieren wird als sehr positiv gewertet. Dies könnte jedoch ausgeweitet werden. Dahingehend könnten die Tools in Zukunft nicht nur innerhalb von Analyseabteilungen, sondern auch in den Bereichen Fitness und Scouting eingesetzt werden.

- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten

Eine Zusammenarbeit wird grundsätzlich befürwortet. Wichtig ist, dass die Schnittstelle möglichst simpel gestaltet wird. Dahingehend wird die Konzeption einer eigenen Software oder zumindest einem eigenen GUI empfohlen. Für Weiterentwicklungen in den Bereichen Datenaufbereitung und –analyse wird geraten, auf Vereinsebene Kontakt zu GIS-Experten zu suchen, um gemeinsam maßgeschneiderte Lösungen zu finden.

- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

GIS-gestützte Tools können unterstützend eingesetzt werden, da es wichtig ist unterschiedliche Aspekte des Spiels zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang wird die räumliche Komponente durch GIS abgedeckt. In Kombination verschiedener Analysemethoden kann dazu führen, Schritt für Schritt das Spielverständnis zu steigern. Verschiedenartige Sichtweisen sind sehr nützlich, wenn herausgefunden werden soll, warum etwas passierte. Dahingehend sollte GIS unbedingt in bestehende Strukturen eingearbeitet werden.

Interview-Protokoll 04

Expertenkürzel: E04
Durchführungsdatum: 23.06.2016
Uhrzeit: 20:50 – 22:39
Durchführungsart: via Skype

- Anwendungstool: Analyse Passes

Es wird begrüßt, dass jeder Pass individuell behandelt und zugleich das räumliche Gefüge des Spiels zu diesen Zeitpunkten optional interaktiv angezeigt werden kann. Der Experte erwähnt in diesem *Packing*, das Überspielen gegnerischer Reihen mit einem Pass. Obwohl dies aus der Graphik abgeleitet werden kann, wäre es sinnvoll, dies auch parametrisch zu erheben und in die Passqualität miteinfließen zu lassen. Ferner wäre es interessiert zu wissen, was aus den Pässen gemacht wurde. Wurde weitergespielt oder etwa eine Torchance kreiert? Derartige Informationen sollten für etwaige Filterungen parametrisch erhoben werden. Bezüglich potenzieller Adaptionen wird der Einsatz von Multiringpuffern, die Berücksichtigung der Geschwindigkeit und Laufrichtung sowie die parametrische Erhebung der Passrichtung befürwortet.

Obwohl Adaptionen empfohlen werden, ist sich der Experte sicher, dass das Tool im Rahmen der Spielanalyse sinnvoll eingesetzt werden kann. Es ist wichtig, Pässe stets einzeln zu betrachten, um gezielt Informationen herauszulesen. Zwar ist erkennbar, wie oft, wohin und wie erfolgreich gespielt wurde, zusammenfassende Aussagen vernachlässigen jedoch die aktuelle Spielsituation zum Zeitpunkt der Pässe. Dadurch könnten u.U. wichtige Informationen übersehen werden. Demgegenüber wäre die Evaluierung von Passoptionen möglich.

- Anwendungstool: Analyse Shots

„Find ich gut … kann man sicher verwenden." Der Ansatz ist interessant. Allerdings ist hinsichtlich der Abbildung zu bedenken, dass die spielerdarstellenden Kreissignaturen maßstabsgetreu sein sollten. Analog zum *Analyse Passes* Tool sollten auch hier sie Geschwindigkeit und Laufrichtung der Spieler berücksichtigt sowie Multiringpuffer eingesetzt werden. Zudem ist die graphische Weiterführung abgefälschter Schüsse sinnvoll. Gleichzeitig wäre es interessant zu wissen, ob ein Schuss mit rechts oder links ausgeführt wurde, da sich dadurch der Schusswinkel ändern kann. Diesbezüglich sollte keine fiktive, sondern die reale Flugbahn des Balls angezeigt werden. Ferner ist eine Differenzierung in Abhängigkeit des Spielkontextes unumgänglich. Graphisch gesehen sollte auch die Torschussart [Anm.: Kopfball, Volley, etc.] unterschieden werden.

- Anwendungstool: Analyse Running Performance

Bei Laufwerten ist es bspw. interessant, wie oft Spieler in die Tiefe gingen, wie oft gegnerischen Reihen nachgesprintet wurde, wie oft Sprints zu Balleroberungen führten oder wie oft sich Spieler loslösen und dadurch einen Ball annehmen konnten. Basierend darauf sind qualitative Analysen denkbar, die sich den potenziellen Zusammenhängen zwischen Laufdaten und bestimmter Events widmen. Es könnte versucht werden, herauszufinden, ob durch Laufwege einzelner Spieler Gegenspieler aus ihrem Verbund herausgelöst und dadurch neue Räume geschaffen wurden? Hierzu könnte für die Spielerpositionen vor und nach einem Sprint der kleineste Umkreis, der frei von Gegenspielern ist, berechnet werden. Eine Gegenüberstellung beider Kreisgrößen führt zu dahingehende Schlussfolgerungen.

Das Hauptanwendungsgebiet des Tools in seiner gegenwärtigen Form wird im Bereich der Athletikabteilung gesehen. Dafür wird die zusätzliche Erhebung scharfer Richtungswechsel empfohlen. Ungeachtet dessen stellt die räumliche Komponente der extrahierten Daten einen interessanten Aspekt zur Analyse des Spiels dar.

- Anwendungstool: Analyse Passing Networks

Die Verwendung von Passnetzwerken ist generell sinnvoll. In Hinblick auf das *Analyse Passes* Tool ist eine Fusion dieser beiden Werkzeuge wünschenswert, da dadurch Möglichkeiten zu weiteren Filterungen entstehen. Bezogen auf das präsentierte Interaktionsnetzwerk wurde die Methode zur räumlichen Anordnung der Netzwerkknoten positiv hervorgehoben, da dadurch die räumliche Verteilung der Spieler gut ablesbar ist. Ferner können basierend darauf Rückschlüsse auf bevorzugte Angriffsseiten, etc. gezogen werden. Der Ansatz zur Ermittlung zentraler Schlüsselspieler ist geeignet. *„Ja, wenn man solche qualitativen Parameter hat, kann man schon etwas herauslesen."*

- Anwendungstool: Analyse Ball Possession

„Ja, das kann man sicher verwenden. Ist sicher interessant." Das Tool stellt demnach zusätzliche Informationen für die Analyse des Spiels bereit. In Abhängigkeit der Fragestellung ist abzuwägen, welche Daten sowie auf welcher Weise diese in die Auswertung einfließen.

- Anwendungstool: Analyse Ball Contacts

In Anbetracht der gezeigten Graphik ist zu bedenken, dass die zugrundlegende Spielformation stets berücksichtigt werden muss. Das Tool ermöglicht Aussagen über die Spielweise der Teams und kann daher insbesondere zur Charakterisierung des Spiels verwendet werden. Bspw. sah der Experte in der Abbildung eine kontinuierliche Spielverlagerung beginnend von den Sechsern von der linken Seite der eigenen Spielfeldhälfte bis hin zur rechten Außenbahn in der gegnerischen Hälfte.

- Anwendungstool: Analyse Spheres of Action

Zu bedenken ist, dass es womöglich sinnvoller wäre, Aktionsräume anhand der räumlichen Positionen von Aktionen zu bestimmen, anstelle dafür Laufwege heranzuziehen. Inwiefern das Tool im Rahmen der Spielanalyse eingesetzt werden könnte, ist zudem unklar. Zwar sind mannschaftsspezifische Unterschiede hinsichtlich Höhe und Position der Ellipsen erkennbar, Rückschlüsse auf die relevanten Aktionsräume sind jedoch schwierig. Grundsätzlich ist der Ansatz interessant. Nichtsdestotrotz sind weitere Forschungen darüber sowie Praxistests unumgänglich, um die Zweckmäßigkeit dieser Methode besser einschätzen zu können. Ggf. ist die Bestimmung von Aktionsräumen auf Basis der Positionen von Ballannahmen von Interesse. Folgestudien sollten daher eine Reihe unterschiedlicher Referenzaktionen heranziehen.

- Anwendungstool: Analyse Compactness

Das Ergebnis des Tools ist vor allem deswegen interessant, da Spielszenen in aneinandergefügte Momentaufnahmen zerlegt werden. Hierzu ist die Anfertigung von Animationen empfehlenswert. Neben der Kompaktheit ist die räumliche Verteilung der Spieler gut erkennbar und somit bewertbar. Dies kann als Gesprächsgrundlage im Rahmen der Spielanalyse herangezogen werden. Allerdings ist die parametrische Zusammensetzung des Kompaktheitsmaßes diskutabel, weswegen eine Evaluierung notwendig ist. Positiv hervorgehoben wurden die konvexen Hüllen, die sich zur Beschreibung von Spielszenen gut eignen.

- Anwendungstool: Analyse Centroids

Während die Graphik ansprechend und einfach zu lesen ist, ist eine feinere thematische Aufgliederung wünschenswert. Es ist bspw. sinnvoll Offensiv- und Defensivaktionen weiter in Umschaltverhalten, Pressingsituationen, etc. zu unterteilten. Die Möglichkeit interaktiv frei wählbare Abstände zu messen wird positiv bewertet. U.U. ist es vorteilhaft festgelegte Distanzmessungen zu implementieren, um z.B. zu große Abstände innerhalb der Abwehrreihe anhand von Schwellenwerten [Anm.: 7,5 m] automatisch zu detektieren.

- Anwendungstool: Dynamic Zoning

Der Ansatz ist grundsätzlich interessant, allerdings sollte sowohl eine vertikale, als auch horizontale Zonenabgrenzung anhand der äußersten Spieler vollzogen werden [Anm.: = im Falle der Defensivzone die Abseitslinie.]. Eine verfeinerte Unterteilung ist hingegen nicht notwendig. Hingegen muss der die etwaige Definition schräger Trennlinien in der Praxis genauer untersucht werden.

- Anwendungstool: Analyse Offensive Qualities

Das Tool eignet sich zur Bestimmung der offensiven Ausrichtung sowie von Drangphasen. In Hinblick auf Adaptionen ist es empfehlenswert, auf gleiche Art und Weise den Spielfluss vor und nach bestimmter Events zu untersuchen. Dafür sollten die Art der Aktionen und die Länge der Analysezeiträume frei wählbar sein.

- Anwendungstool: Analyse Tactical Behaviour

Der Ansatz ist sehr interessant und bietet klare Einblicke in das unterschiedliche Offensiv- und Defensivverhalten. In Hinblick auf die Auswertung ist zu befürworten, dass die zugrundeliegenden Verhaltensschablonen eigenständig definiert werden können. Dazu stellt der Taktikraster, basierend auf einer 5 x 5 Matrix ein probates Mittel dar. Allerdings ist eine feinere Aufgliederung u.U. in Abhängigkeit der konkreten Fragestellung zu überdenken. Der Mehrwert des Tools besteht darin, dass damit die Umsetzung der teameigenen Philosophie im Spiel verifiziert werden kann.

- Anwendungstool: Analyse Score Attempts

Der Ansatz ist grundsätzlich gut, allerdings sollten Standardsituationen zwingend separat behandeln werden. Es wurde positiv hervorgehoben, dass interaktiv die Angriffe separat voneinander sowie im Detail unter Rücksichtnahme der räumlichen Spielstruktur analysiert werden können. Graphisch gesehen ist es sinnvoll verschiedene Aktionen bzw. Events unterschiedlich darzustellen.

In Hinblick auf Adaptionen wird empfohlen, die Möglichkeit zu schaffen, eigenständig Parameter zur Klassifizierung der Angriffsszenen zu definieren. Bezüglich der potenziellen Berücksichtigung von unterbrochenen Angriffsszenen, muss hingegen selektiv vorgegangen werden. Z.B. sollten nur jene Sequenzen miteinbezogen werden, die entweder im gegnerischen Strafraum oder zumindest im gegnerischen Drittel endeten. Für derartige Angriffe wäre es außerdem von besonderem Interesse Passoptionen zu analysieren, die einen Ballverlust verhindern hätten können.

- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse

Die Zweckmäßigkeit GIS-gestützter Methoden ist mit Sicherheit gegeben. Grundsätzlich ist es wichtig immer mehr Daten zu analysieren und dabei den Fokus auf qualitative Auswertungen zu richten. Die präsentierten Beispiele zeigen definitiv neuartige und interessante Ansätze zur Analyse und Beschreibung des Spiels.

- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten

Enge Kooperationen zwischen beiden Akteursgruppen sind zu befürworten. Es ist bedauernswert, dass die Datenanbieter oftmals keine Spieleanalysten in ihren Reihen haben und somit die Entwicklung der Analysesoftware kaum nutzerorientiert ist. Gleichzeitig fehlt Spieleanalysten i.d.R. das notwendige Knowhow Analysesysteme eigenständig zu entwickeln. Daher ist eine enge Zusammenarbeit beider Seiten unumgänglich. Dies trifft insbesondere auf qualitative Auswertungen zu, die zusätzlich Definitionen und Parameter der eigenen Spielphilosophie berücksichtigen sollen.

- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

Ausgereifte GIS-gestützte Analysen können eine Schlüsselrolle im Rahmen der Spielanalyse einnehmen, da nicht alles aus Videoaufnahmen entnommen werden kann. Des Weiteren gibt es die Möglichkeit rasche Abfragen an die Datensätze zu stellen. Der Erfolg von GIS wird davon abhängen, ob eine direkte Verbindung zur Videoanalyse über Zeittags geschaffen werden kann. Beide Analyseformen ergänzen einander, weswegen eine Verknüpfung unvermeidbar ist.

Interview-Protokoll 05

Expertenkürzel: E05
Durchführungsdatum: 21.06.2016
Uhrzeit: 10:20 – 12:08
Durchführungsart: persönlich

- Anwendungstool: Analyse Passes

Die Zusammensetzung der Parameter ist nachvollziehbar und das Tool daher zweckdienlich. Eventuell sollte die Passqualität um die Hilfsvariable *Packing* erweitert werden, bei der der Raumgewinn durch überspielte Reihen quantifiziert wird. Allerdings ist zu bedenken, dass das Tool einem Praxistest anhand mehrerer Spiele unterzogen werden muss. Passanalysen sind insbesondere dann interessant, wenn dadurch qualitative Daten erhoben werden. Der präsentierte Ansatz eignet sich primär für Spieleanalysten, hingegen weniger für Trainer, da sich diese meist nicht mit Gewichtungen und Parametern im Detail auseinandersetzen. Besonders positiv wurde hervorgehoben, dass im Falle des Passrisikos der Druck der Gegenspieler berücksichtigt wird. Das Tool ist im Rahmen der Einzelspieleranalyse praktikabel, da anhand der Auswertung auch die individuelle Entwicklung eines Spielers beobachtet und bewertet werden kann. Dies ist wichtig, um feststellen zu können, ob bereits die nächste Stufe erreicht wurde.

Hinsichtlich etwaiger Adaptionen wird die Erfassung der Passrichtung, positionsspezifisch parametrisierte Multiringpuffer sowie die Berücksichtigung der Spielergeschwindigkeit und Laufrichtung befürwortet.

- Anwendungstool: Analyse Shots

Eine vereinsinterne Untersuchung ergab, dass die meisten Tore rund um den Elfmeterpunkt erzielt werden. Allerdings wurde dabei ausschließlich die Distanz als Kriterium herangezogen, weswegen der SSPI, der sich auch aus Winkelwerten zusammensetzt, für gut befunden wird. Ungeachtet dessen stellt sich die Frage, inwieweit das Tool in der Praxis eingesetzt werden kann. In diesem Kontext ist es bereits allgemein bekannt, dass die meisten Tore innerhalb des Strafraumes fallen und dieser als bevorzugtes Ziel für Abschlüsse gilt. Die räumliche Verteilung der halbkreisförmigen SSPI-Zonen ist interessant. Es ist jedoch zu bedenken, dass da je näher dem Tor, desto größer die erwartete Verdichtung des Raumes. Gleichzeitig sollte der Zonen innerhalb des Strafraums stärker gewichtet werden.

Hinsichtlich der Torschüsse ist es wünschenswert, alternative Schusspositionen zu analysieren und aufzuzeigen. In diesem Zusammenhang wird eine graphische Weiterführung abgeblockter Schüsse befürwortet. Ähnlich dem Passrisiko sollten auch zur Bestimmung des Schussrisikos Multiringpuffer eingesetzt sowie die Geschwindigkeit und Laufrichtung der Spieler berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist es unerlässlich eine Differenzierung anhand des Spielkontextes vorzunehmen.

- Anwendungstool: Analyse Running Performance

Neben den Geschwindigkeiten sind auch insbesondere positive, als auch negative Beschleunigungen interessant, da diese die Muskulatur belasten und dahingehend gewichtet werden müssen. Die Unterscheidung in Brutto- und Netto-Spielzeit ist essenziell. Während Unterbrechungen werden im Kollektiv z.T. weite Distanzen zurückgelegt, um sich entsprechend der der Standardsituation neu zu formieren. Die räumliche Differenzierung der Laufwege ist geeignet, um auf Basis dessen offensive von defensiven Sprints zu unterschieden werden kann. Allerdings wäre auch die Mittellinie eine dafür passende Referenz. Da vor allem intensive Läufe und Sprints große Bedeutung beigemessen wird, wäre eine zusätzliche Gewichtung sinnvoll.

Obwohl Distanz und Dauer innerhalb der einzelnen Geschwindigkeitsklassen verwertbare Daten sind, ist es notwendig auch die Häufigkeit von Sprints anzugeben. Es ist außerdem empfehlenswert scharfe Richtungswechsel bzw. so genannte Turns zu erfassen, da diese ebenfalls die Muskulatur stark belasten. Ferner ist eine verfeinerte kontextbezogene Unterteilung der Daten wünschenswert, wie bspw. anhand des Spielstandes. Hierzu kann angenommen werden, dass Mannschaften in Rückstand mehr zu laufen. Eine parametrische Erfassung könnte dies überprüfen.

Der Anwendungsbereich des Tools wird primär innerhalb der Fitnessabteilungen gesehen. Die erhobenen Daten können hierbei vor allem zur Planung der Regeneration verendet werden. Für die Spielanalyse ist hingegen ausschließlich die räumliche Klassifizierung der Daten von Interesse. Allerdings sollten auch hier Außenbahnen berücksichtigt werden.

- Anwendungstool: Analyse Passing Networks

„Sehr interessant." Die Berücksichtigung der Fehlpässe liefert ein ganzheitliches Bild des kollektiven Passspiels. Des Weiteren sind vorhandene Passachsen klar erkennbar, auf Basis dessen taktische Anweisungen im Rahmen der Gegnervorbereitung gegeben werden können. Dadurch eignet sich das Tool bis zu einem gewissen Grad auch für Prognosen, welche Spieler angespielt werden. Daneben liefert das Tool Hinweise auf zentrale Spieler, die ggf. im Zuge der Videoanalyse kaum auffallen. Da die Position der Netzwerkknoten die realtaktische Aufstellung widerspiegelt, ist die gewählte Anordnungsmethode angemessen.

- Anwendungstool: Analyse Ball Possession

„Der Ballbesitz an sich sagt nichts aus, interessant ist der Einzelspieler, was hat der gemacht?" Zudem ist die Dauer des Ballbesitzes sehr stark von der Spielphilosophie abhängig. Das Tool ist zwar funktional, ein praktischer Mehrwert wird jedoch nicht gesehen. In diesem Zusammenhang wird empfohlen, die Funktionalität des Tools auf Einzelspieler oder Formationsgruppen anzuwenden.

- Anwendungstool: Analyse Ball Contacts

„Sehr interessant … find ich gut." Das Tool eignet sich zur Bewertung der eigenen Mannschaft. Informationen über die eigenen Spieler vorliegen, desto besser. Diesbezüglich ist räumliche Verteilung von Ballkontakten ein wesentlicher Aspekt, der in die Evaluierung miteinfließen sollte. Basierend darauf kann ein Abgleich mit den Anforderungen vorgenommen werden. Zudem ermöglicht das Tool räumliche Filterungen, wodurch bspw. die beiden Außenbahnen gegenübergestellt werden können. Im Rahmen der Gegneranalyse kann dies genutzt werden, um Rückschlüsse auf den Spielstil einer Mannschaft zu ziehen. Die präsentierte Graphik ist einfach zu lesen, was jedoch nicht bedeutet, andere Visualisierungsformen automatisch auszuschließen.

- Anwendungstool: Analyse Spheres of Action

Dieses Tool liefert Rückschlüsse auf offensive und defensive Verteilungen, was mit dem Konzept der Kompaktheit in Verbindung gebracht werden kann. Bezogen auf die gesamte Spielzeit, muss allerdings überprüft werden, ob sich die Ellipsen unterschiedlicher Teams signifikant voneinander unterscheiden. Dahingehend ist es wahrscheinlich, dass Auswertungen in jeweils fünfminütigen Abschnitten aussagekräftiger wären. Zudem stellt sich die essenzielle Frage, was tatsächlich herausgelesen werden kann. Ein unmittelbarer Einsatz des Tools in seiner aktuellen Version wir daher bezweifelt. Im Kontext dieser Thematik erscheint die Analyse der Ballkontakte stichhaltiger.

- Anwendungstool: Analyse Compactness

Die Entscheidung, die Torhüter von der Berechnung der Kompaktheit auszuschließen ist richtig. Zur Berechnung der Kompaktheit bietet sich auch der mittlere Abstand der Mannschaft zum Ball oder

zum Gegner an. Diesbezüglich sind weitere Untersuchungen durchzuführen, um herauszufinden, inwiefern die Vergleichswerte der verwendeten Standardentfernung entsprechen. Der gewählte Ansatz ist prinzipiell gut, bedarf allerdings einer Überprüfung basierend auf der Auswertung mehrerer Spiele.

Im Allgemeinen nimmt die Untersuchung der Kompaktheit einen wesentlichen Bereich der Spielanalyse ein, weswegen der Weiterentwicklung des Tools große Priorität beigemessen wird. Zu beachten ist, dass Standardsituationen stets gesondert behandelt werden müssen. Vorrangig ist die Evaluierung der Kompaktheit der eigenen Mannschaft bei gegnerischen Ballbesitz, wobei zu beantworten ist, wie man sich in Abhängigkeit der gegnerischen Aktionen bewegt. Wichtig ist zu bedenken, dass Kompaktheit nicht nur die Mannschaftsfläche umfasst, sondern die Optionen des Gegners, die es zu verhindern gilt.

- Anwendungstool: Analyse Centroids

„Das ist interessant." Es sind deutliche Unterschiede zwischen dem Offensiv- und Defensivspiel zu erkennen. Auf Basis dessen können sowohl Fehler im Stellungsspiel detektiert, als auch die taktische Vorgabe überprüft werden. Das Ergebnis ist allerdings zwingend anhand einer Videoanalyse zu evaluieren. Darüber hinaus wird positiv hervorgehoben, dass Entfernungen zwischen Spielerpaaren interaktiv ausgelesen werden können.

- Anwendungstool: Dynamic Zoning

Im Kontext dieses Tools stellen sich die essenziellen Fragen, was sich durch dynamische Zonierungen ändern könnte und welche konkreten Fragestellungen damit beantwortet werden können. Hinsichtlich der Zonenabgrenzung werden die definierten Grenzwerte als problematisch angesehen, da u.U. die Mittelfeldzone verschwinden kann. Als geeignetere Alternative wird die Verwendung der vordersten und hintersten betrachtet.

Es ist außerdem gut vorstellbar, dass dieses Tool durch räumliche Verschneidungen der Zonen zur Analyse der Kompaktheit eingesetzt werden kann. Dahingehend sollte die Weiterentwicklung dieses Tools auch derartige Aspekte überprüfen. Darüber hinaus wird eine zusätzliche horizontale Unterteilung des Spielfeldes befürwortet.

- Anwendungstool: Analyse Offensive Qualities

Analog zum Dynamic Zoning Tool wird auch hierfür eine zusätzliche horizontale Zonierung empfehlen [Anm.: in Flügel-, Halb- und Centerspur.]. Die Korrelation den Defensivlinien beider Mannschaften ist klar zu erkennen, ob daraus jedoch kausale Zusammenhänge zu Toren konstruiert werden können, ist fraglich. Der Ansatz ist grundsätzlich nicht schlecht, bedarf allerdings entsprechender Adaptionen, die den Mehrwert des Tools steigern.

- Anwendungstool: Analyse Tactical Behaviour

„Finde ich interessant, die Sache ist nur, dass man dies wahrscheinlich nicht über eine ganze Halbzeit drüberlaufen lassen kann." Diesbezüglich wird die Auswahl bestimmter Ereignisse, wie etwa Tore, empfohlen, die als Ausgangspunkt für Untersuchungen der Spielphasen davor und danach dienen. Auch darin wird eine Möglichkeit gesehen, die kollektive Kompaktheit auszuwerten. In diesem Zusammenhang ist es wünschenswert, das Referenzevent sowie die Zeitspanne der Analyse über das GUI des Tools auswählen zu können. Darüber hinaus ist die Implementierung dynamischer Analysezeiträume interessant, wobei ausgehend vom selektierten Event das taktische Verhalten bis zur Balleroberung zurückverfolgt und ausgewertet wird.

Die Praktikabilität des *Taktikrasters* muss hinterfragt werden, da er für eine seriöse Bewertung zunächst mehr Informationen und Erfahrung im Umgang mit den Verhaltensschablonen gesammelt

werden müssen. Das Grundgerüst des Rasters, basierend auf einer 5 x 5 Matrix ist zumindest angemessen. Grundsätzlich ist der Ansatz richtungsweisend, weswegen Folgestudien wünschenswert sind.

- Anwendungstool: Analyse Score Attempts

„Top, kann ich nicht viel dazu sagen, das ist super. […] Find ich gut." Der Ansatz ist sehr interessant, allerdings sollten die Angriffsszenen auf Basis frei wählbarer Klassifizierungsparameter automatisch kategorisiert werden. In der Praxis werden Angriffsklassen gebildet, weswegen entsprechende Klassifizierungen für etwaige Filterungen unumgänglich sind. Standardsituationen sollten dabei auf jeden Fall separat behandelt werden. Hinsichtlich der Visualisierung liegen die Vorteile des Tools vor allem im interaktiven Modus, da dabei über isoliert betrachtete Angriffsszenen zusätzliche Informationen rasch ausgelesen werden können.

Es ist zu wünschen, dass in diesem Bereich weiter geforscht wird. Mit Verweis auf die potenziellen Adaptionen des Analyse Shots Tools sollte auch die Auswertung von Alternativen ins Auge gefasst werden. Für das Gespräch mit der Mannschaft ist es wichtig zu wissen, ob es erfolgversprechendere Abspielmöglichkeiten gegeben hätte. Dazu sollte nicht nur der Zeitpunkt des Torabschlusses, sondern auch der Assist untersucht werden. Zur Abbildung eines möglichst ganzheitlichen Bildes des Offensivspiels, müssen auch abgewehrte Angriffe analysiert werden. Dies sollte jedoch auf jene Offensivaktionen beschränkt sein, die innerhalb des Strafraums unterbunden wurden.

- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse

„Ich glaube, dass man das sicher verwenden kann." GIS sind im Bereich der Spielanalysen sicherlich als zukunftsträchtig zu bezeichnen.

- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten

Eine enge Zusammenarbeit wird befürwortet, da nicht nur die Endbenutzergruppe nicht außer Acht gelassen werden darf, sondern auch die Analysen bis zu einem gewissen Grad auf die speziellen Anforderungen der Vereine zugeschnitten werden müssen. Dahingehend muss das Hauptaugenmerk der Analysen ermittelt werden, da erst dann gemeinsam herausgefunden werden kann, welche Daten überhaupt notwendig sind.

- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

Es ist wichtig, nicht immer nur eine reine Informationsquelle zu haben. Gemäß des Experten umfassen die präsentierten Tools rund 20 % aller Erfolgsaspekte. Die Komplexität des Fußballs verlangt unterschiedliche Quellen zu betrachten und zu untersuchen. Das Beharren auf einer Auswertemethode ist nicht zielführend. GIS sind in diesem Zusammenhang als probates Ergänzungstool angesehen.

Interview-Protokoll 06

Expertenkürzel: E06
Durchführungsdatum: 01.07.2016
Uhrzeit: 14:40 – 16:54
Durchführungsart: via Skype

- Anwendungstool: Analyse Passes

„Ich finde das sehr detailliert auf jeden Fall. […] Das Tool sieht sehr gut aus." Positiv zu bewerten ist, dass einzelne Schwellenwerte, Parameter, etc. frei wählbar sind. Ferner wurde die Erhebung des Passrisikos als *„gut"* bezeichnet. Dem Tool kann die Eignung im Rahmen der Spielanalyse nicht abgesprochen werden. Bedeutend ist zudem, dass auch interaktiv zusätzliche Informationen [Anm.: = Attribute] ausgelesen werden können. Allerdings ist zu bedenken, dass vor allem im deutschsprachigen Raum die Videoanalyse dominiert und daher die Daten mit vorhandenem Videomaterial kombiniert werden müssen.

Es wurde auch *Packing* thematisiert, das die Anzahl der überspielten Gegner repräsentiert und daher ebenfalls Rückschlüsse auf die Passqualität zulässt. In diesem Sinne könnten die kreierten Maßzahlen ggf. ergänzt werden. Jedoch ist zu beachten, dass das Tool nicht zu umfangreich wird. Relativiert werden könnte dies durch frei wählbare Gewichtungen, die als Filtermöglichkeiten aufgefasst werden können. In diesem Kontext werden die parametrische Erfassung sowie Bestimmung der relativen Anteile der Passrichtung befürwortet. Der Einsatz von Multiringpuffen ist des Weiteren sinnvoll, sofern diese positionsspezifisch angepasst werden können. Darüber hinaus sei es nicht verkehrt, auch die Geschwindigkeit und Laufrichtung der Spieler zu berücksichtigen.

- Anwendungstool: Analyse Shots

„An und für sich finde ich das sehr gut. […] Ne, das ist auf jeden Fall sehr gut und auf jeden Fall aufschlussreicher, als wenn man nur eine Schussmappe ohne diese zusätzlichen Informationen hätte." Im Kontext des Schussrisikos wird positiv hervorgehoben, dass alle Spieler bei der Berechnung berücksichtigt werden. Auf jeden Fall müssen Standardsituationen anders behandelt werden, wobei eine graphische Hervorhebung bereits ausreichend ist.

Der Vorschlag, ebenfalls Multiringpuffer einzusetzen sowie die Geschwindigkeit und Laufrichtung der Spieler miteinzubeziehen, wird befürwortet. Ferner wird die graphische Nachführung der Schusslinien im Falle abgeblockter Schüsse mit einer Hervorhebung, z.B. als gerissene Linie, empfohlen. Hinsichtlich des SSPI könnte u.U. eine Zusammenfassung zu einer breiteren zentralen Zone vorgenommen werden.

- Anwendungstool: Analyse Running Performance

Der Einsatzbereich des Tools wird primär in den Fitnessabteilungen gesehen, da anhand der extrahierten Daten die Belastungsintensität einzelner Spieler während eines Spiels nachvollzogen und mit den Trainingswerten gegenübergestellt werden kann. In diesem Zusammenhang wird auch das Zählen scharfer Richtungswechsel und Sprints empfohlen.

Allerdings wäre die Kombination dieser diese physischen Daten mit technisch-taktischen Daten interessant. Bspw. könnte durch die Verknüpfung der hochintensiven Läufe während Verteidigung mit Zweikampfwerten, der Anzahl der Tacklings und gewonnenen Bällen, etc., herausgefunden werden, wie die Offensivbeteiligung der Defensive war. Dies bietet Einblicke in das Umschaltverhalten, womit die eigene Mannschaftsleistung bewertet werden könnte. Die präsentierten Zonen stellen hierzu einen ersten guten Ansatz dar, müssen jedoch auch räumlich entsprechend dargestellt werden [Anm.: z.B. hochintensive Läufe als Pfeilsignaturen.]. Hierbei wird die Möglichkeit, interaktive zwei Spieler gegenüberzustellen, als vorteilhaft beschrieben.

- Anwendungstool: Analyse Passing Networks

„Ne, das find ich auf gut. […] Da würde mir fürs erste auch nichts einfallen, was man noch hinzufügen müsste. […] Ne das ist sehr gut, find ich gut“. Positiv ist, dass zusätzlich die Passquote dargestellt wird, da dadurch ein umfangreiches Bild skizziert wird. U.U. wäre es auch sinnvoll einzelne Diagramme für die drei Spielfelddrittel zu erstellen, da oftmals Mannschaften Probleme im Angriffsdrittel haben. Dahingehend ist eine gesonderte Betrachtung zu wünschenswert, um passspezifische Lösungswege zu suchen. Das es ist interessant zu sehen, wie und welche Spieler beim Passspiel im Angriffsdrittel beteiligt waren, sollten auch die Passrichtungen graphisch berücksichtigt werden.

- Anwendungstool: Analyse Ball Possession

„Das ist gut. […] Ja ne, das ist gut.“ Das Tool stellt vielerlei Informationen bereit, die der Analyst je nach Bedarf herauspicken kann. Die tabellarische Ausgabeform ist zwar grundsätzlich in Ordnung, ein graphisches Ergebnis wäre jedoch wünschenswert. Die Auswertung unterschiedlicher Zeitspannen würde nur dann vorgenommen werden, wenn zuvor Auffälligkeiten beobachtet wurden. Die räumliche Einteilung des Ballbesitzes in die verschiedenen Drittel ist für einen Überblick angemessen. Da das Tool jedoch in erster Linie ergänzend eingesetzt werden kann, sind alternative Zonierungen in Abhängigkeit der Fragestellung abzuwägen.

- Anwendungstool: Analyse Ball Contacts

Zwar ist die Darstellung des Ergebnisses gewöhnungsbedürftig, jedoch nach einer Weile leicht lesbar. Eine derart feine Aufgliederung des Spielfeldes ist jedoch nicht notwendig, weswegen die Zonen in Abhängigkeit des Verwendungszweckes zusammengefasst werden sollten. In Anbetracht der Zuweisung von Formationsgruppen ist zu bedenken, dass dies schwierig sei, ohne das Spiel gesehen zu haben. Vor allem im Mittelfeld ist eine messerscharfe Abgrenzung nahezu unmöglich, weswegen die Verwendung vordefinierter Zuweisungen zwar nicht optimal, aber vertretbar ist. Das Tool erfüllt seinen Zweck, da damit die räumliche Verteilung von Ballkontakten gut beschrieben werden kann.

- Anwendungstool: Analyse Spheres of Action

„Das finde ich schon gut. […] Ich finde es auf jeden Fall sinnvoll für die gesamte Mannschaft und für Positionsgruppen. […] Doch das find ich gut. […] Das find ich gut, ja.“ Die angewandte Methode ist geeignet zur Beschreibung von Aktionsräumen und liefert zusätzliche Informationen, die andere Tools nicht enthüllen können. Bspw. können auf Basis von Passnetzwerken lediglich Vermutungen darüber angestellt werden. In Hinblick auf die Ermittlung von Drangphasen ist es empfehlenswert mannschaftsspezifische Aktionsräume in fünfminütigen Abschnitten auszuwerten. Hierzu begleitend könnte eine Videoanalyse durchgeführt werden. Des Weiteren könnte der Vergleich beider Mittelfeldgruppen Einblicke in unterschiedliche Spielverhalten geben. Hierzu bietet es sich an, die Veränderungen der Ellipsen als Animationen darzustellen, die die Dynamik der Raumverteilung besser einfangen.

- Anwendungstool: Analyse Compactness

Die Standardentfernung und deren Darstellung als Kreise sind verwirrend. *„Ich glaube das braucht man nicht unbedingt, also alleine die Flächen würden schon reichen denk ich mal. […] Die Information, die man aus den beiden Flächen bekommt ist bereits ausreichend.“* Die Darstellung der dynamischen Flächen vermittelt einen guten Eindruck über die Veränderung der Formation und Verschiebung der gesamten Mannschaft. Hierzu wären Animationen wünschenswert, die Einblicke in das mannschaftstaktische Verhalten beider Mannschaften liefern. Konvexe Hüllen spiegeln den räumlichen Mannschaftsverbund sehr gut wider und sind daher ein probates graphisches Mittel zur

Beschreibung der Kompaktheit. Sofern nicht zeitlich vollständige Weitwinkelaufnahmen zur Verfügung stehen, kann dieser Aspekt im Rahmen der Videoanalyse nicht berücksichtigt werden. *„Ne find ich gut und auch schon ohne Standardentfernung nützlich."*

- Anwendungstool: Analyse Centroids

„Ich glaube, das ist sehr nützlich." Das Tool bestätigt bestimmte Aspekte, die anhand der Ergebnisse anderer Tools vermutet wurden. Dazu zählen in etwa die Annahme über die Ausrichtung bzw. Verlagerung des Spiels auf eine Seite. Auf Einzelspielerebene sind zudem Verschiebungen in Abhängigkeit des Ballbesitzes deutlich erkennbar. Diese Informationen sind sowohl für taktische Angaben [Anm.: Wohin muss ein Spieler verschieben?], als auch zur Evaluierung der Raumverteilung dienlich. Der konkrete Mehrwert des Tools liegt darin, dass definitiv Fragen aufgeworfen werden, die eine vertiefende Auswertung des Videomaterials verlangen. Trainern werden damit zusätzliche Informationen geboten, die in Hinblick auf die Aufteilung der Mannschaft oder etwa dem Schließen von Räumen im Video möglichweise übersehen wurden.

Begrüßt wird die Möglichkeit bestimmte Distanzen zwischen Spielerpaaren oder taktischen Reihen interaktiv herauszulesen. Diese Zusatzoption ermöglicht Rückschlüsse auf die zugrundeliegende Kompaktheit. Das Tool regt zu sehr vielen Gedankenspiele an, die nicht nur im Rahmen der Analyse, sondern auch im Zuge der Weiterentwicklung weiterverfolgt werden sollten.

- Anwendungstool: Dynamic Zoning

Dynamische Zonierungen sind grundsätzlich interessant und sinnvoll. Alternative Zonierungsvarianten in Form von z.B. schrägen Abgrenzungen müssen in Abhängigkeit der Fragestellung diskutiert werden. Hingegen wäre die Berücksichtigung von Außenzonen stets wünschenswert.

- Anwendungstool: Analyse Offensive Qualities

„Ne, das finde ich jetzt wirklich interessant, da die man die Dominanz der beiden Teams im Verlauf sehen kann. […] Das finde ich recht gut." „Ne, das finde ich schon interessant, vielleicht jedoch die höchste Verteidigungslinie heranziehen oder mal schauen, ob man dadurch ein anderes Bild bekommt. Man kann das ja vergleichen." .Die höchste Verteidigungslinie würde in diesem Kontext einen zusätzlichen Indikator über die Dominanz liefern. In Anbetracht der Torfolge kann auf deren Entstehung geschlossen werden, bspw. ob eine Mannschaft ausgekontert wurde. Die Graphik liefert weitere Eindrücke über den Spielverlauf, der anhand der bisherigen Ergebnisse [Anm.: insbesondere dem des *Analyse Spaces of Action* Tools.] anders interpretiert worden wäre. Der konkrete Mehrwert des Tools liegt darin, dass Rückschlüsse auf den Spielstil möglich sind.

- Anwendungstool: Analyse Tactical Behaviour

„Doch, das find ich gut. Genau solche Informationen würde ich auch hinzunehmen, um Spielern in Positionsgruppen zu unterteilen. […] Diese Darstellung find ich gut … und auch sinnvoll. […] Find ich verständlich." Im direkten Vergleich mit dem *Analyse Centroids* Tool ist dieses Tool besser einzuschätzen. Zurückzuführen ist dies darauf, dass die Verteilung der Spieler in Abhängigkeit des Ballbesitzes klarer erkennbar ist und gleich die individuelle Interpretation des Spiels herausgelesen werden kann. Ungeachtet dessen wären auch hier Verbindungslinien zwischen spielergleichen Zentroiden wünschenswert. Das Tool kann u.a. dazu verwendet werden, herauszufinden, wie eine Mannschaft gegen den Ball spielte und ob dabei bspw. auf Pressing gesetzt wurde?

- Anwendungstool: Analyse Score Attempts

„Das finde ich auch gut. […] Ja ne, das find ich gut." Die Anzahl der Schüsse innerhalb im Vergleich zu jenen außerhalb des Strafraums ist ein Indikator dafür, wie gut das Spiel einer Mannschaft im

letzten Drittel war. Die Darstellung aller Torversuche einer Halbzeit ist ziemlich unübersichtlich ist, weswegen isolierte Betrachtungen empfohlen werden. Dies würde auch der Forderung nach gesonderten Auswertungen von Standardsituationen nachkommen. Nichtsdestotrotz ist die räumliche Verteilung der Torschüsse gut erkennbar. Dauer und Länge der Angriffe liefern Rückschlüsse auf die Entstehung der Torversuche und können daher für automatische Klassifizierungen herangezogen werden.

In Hinblick auf zukünftige Adaptionen ist es zwingend, auch abgewehrte Angriffe zu berücksichtigen, wobei Einschränkungen in Abhängigkeit der Zielsetzungen zu bedenken sind. In diesem Kontext sind Angriffe, die im Angriffsdrittel starten als Schlüsselszenen zu bezeichnen, weswegen darauf der Fokus gerichtet werden sollte.

- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse

„Ich glaube, dass das auf jeden Fall sehr nützlich wäre und glaube auch vom großen Interesse für die praktische Anwendung innerhalb von Fußballvereinen. […] Ich glaube, dass das auf jeden Fall für viele Vereine eine Bereicherung ist. […] Ich glaube, das ist generell ein gutes Tool und bietet sehr viel Möglichkeiten."

Die Präsentation beinhaltete Ansätze, die in ähnlicher Form zwar bekannt sind, der Detailgrad der Tools war jedoch überraschend hoch. Daher ist davon auszugehen, dass zunächst eine tiefgründige Auseinandersetzung notwendig ist, um den konkreten Mehrwert der Tools zu erkennen. U.U. sollte die Funktionalität der Tools reduziert werden. Ferner werden bereits durch die gruppentaktischen Analysen schon sehr viele Bereiche abgedeckt, weshalb ggf. alle weiteren Tools als Ergänzung betrachtet werden sollten. Besonders positiv hervorzuheben ist die Möglichkeit mit Hilfe von Filterungen die Analysen individuell zu gestalten. Obwohl dies sehr sinnvoll ist, ist dies in Anbetracht gegenwärtiger Analysetools nicht selbstverständlich.

- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten

„Auf jeden Fall. […] Ich persönlich finde das sehr interessant und würde darüber auch gerne mehr erfahren, wie die Gestaltung des ganzen Systems im Hintergrund der geographischen Daten funktioniert. […] Man kann sich hier sicher ganz gut ergänzen. […] Sie haben glaube ich ein gutes Fußballverständnis, was sie gut transportiert haben in die Software."

Um tiefgreifende Verständnis über die Modelle in all ihren Details zu erlangen, ist wahrscheinlich entsprechendes Know-how vorausgesetzt. Die Grundlagen der Tools sollten jedoch auch von Spieleanalysten verstanden werden, weswegen ein intensiver Austausch befürwortet wird. Vor allem das Zustandekommen der *„geographischen Darstellungen"* ist von Interesse, da diesbezüglich sehr viele Überschneidungen gesehen werden. Auf in diesem Sinne wären engere Kooperationen sinnvoll.

- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

GIS ist ein nützliches Ergänzungstool, da zum einen bestimmte Aspekte des Spiels übersehen werden können. Zum anderen gilt es anhand der Datenauswertung subjektive Eindrücke zu überprüfen. Gleichzeitig können Ausprägungen, wie bspw. über die Kompaktheit bestimmt werden. Video und GIS ergänzen somit einander, worin ein konkreter Mehrwert für Trainer und Analysen gesehen wird. Es ist außerdem möglich, relevante Sachverhalte herauszufiltern. Geographische Daten liefern im Allgemeinen sehr nützliche Informationen und können durch GIS graphisch leicht verständlich aufbereitet werden. Methodisch gesehen sind besonders die Filtermöglichkeiten und dynamische Darstellungen, bzw. als Filmstreifen oder Animationen, positiv hervorzuheben.

Interview-Protokoll 07

Expertenkürzel: E07
Durchführungsdatum: 23.06.2016
Uhrzeit: 14:00 – 15:55
Durchführungsart: via Skype

- Anwendungstool: Analyse Passes

„Das ist natürlich super, vielleicht etwas zu technisch für den, sagen wir mal, durchschnittlichen Endbenutzer, aber mit Sicherheit ein sehr gutes Tool, das von eher technikversierten Analysten eingestellt werden kann. […] Besonders gut ist, dass das Durchbrechen der gegnerischen Linien berücksichtigt ist." Es ist grundsätzlich gut, wenn versucht wird, die Qualität bestimmter Aktionen zu bestimmen. Es ist positiv hervorzuheben, dass sowohl die Variable *Packing* indirekt erhoben wird, als auch das Raum- und Druckproblem angemessen berücksichtigt wird. Zudem ist es für die Arbeit des Analysten hilfreich, dass einzelne Parameter bzw. Faktoren eigenständig vergeben werden können und dadurch das Tool sehr variabel konfigurierbar ist. Demzufolge können die eigene Spielphilosophie bzw. die Vorgaben des Trainers im Rahmen der Analyse einbezogen und deren Einhaltung überprüft werden. Zur Beurteilung der Qualität eines Passes ist dies unumgänglich.

Zu bedenken ist, dass ein Pass parametrisch gesehen zwar sehr gut sein kann, jedoch vom taktischen Standpunkt aus, es womöglich bessere Alternativen gegeben hätte. Es ist daher wünschenswert, wenn zusätzlich Passoptionen angezeigt werden könnten. Zur Definition von Analyseketten ist sind die Passoptionen des Passempfängers ebenfalls heranzuziehen. Dadurch würde eine weitere taktische Komponente abgedeckt werden. Ferner ist eine Klassifizierung nach dem Fuß [Anm.: stark oder schwach] überlegenswert. Die parametrische Erfassung der Passrichtung ist positionsbezogen sinnvoll, da dadurch eine Zusatzinformation zur Bewertung eines Spielers erhoben wird. Darüber hinaus werden die vorgeschlagenen Adaptionen, die die Berücksichtigung der Laufrichtung und Geschwindigkeit der Spieler sowie den Einsatz von Multiringpuffern vorsehen, befürwortet, da dadurch das Tool verbessert werden würde.

- Anwendungstool: Analyse Shots

Bezogen auf das Themenfeld, berücksichtigt das Tool zwar die wichtigsten Parameter, allerdings ist die Erfassung der Torhüterposition empfehlenswert. Damit könnte evaluiert werden, ob dieser freie Sicht auf den Schützen hatte. Eine zusätzliche Verknüpfung zum Videomaterial wäre zudem wünschenswert. Des Weiteren sind nicht nur die Laufrichtung und Geschwindigkeit der Spieler in und um das Schussfeld heranzuziehen, sondern auch die Geschwindigkeit des Balls. Je schneller der Ball, desto größer die Erfolgsaussicht. Die Verwendung von Multiringpuffern ist ebenfalls zu befürworten. Ferner sind Standardsituationen auch parametrisch anders zu bewerten, als Torversuche aus dem offenen Spiel. Zudem ist die graphische Weiterführung der Schusslinie abgeblockter Schüsse sinnvoll, da darin Information enthalten sind, die nicht verschwiegen werden sollten. Hinsichtlich des SSPI ist anzumerken, dass die Zonenwerte auf den ersten Blick logisch nachvollziehbar und zweckmäßig sind. Allerdings ist es erforderlich den SSPI reellen Werten gegenüberzustellen, um abzuschätzen, inwiefern die Werte mit der Realität übereinstimmen.

- Anwendungstool: Analyse Running Performance

Das Tool ist mit Sicherheit innerhalb der Fitnessabteilungen interessant und hilfreich. Es is zu empfehlen, auch die Anzahl scharfer Richtungswechsel zu erheben, da dies Rückschlüsse auf die Belastung liefert und Zusammenhänge zu Verletzungen untersucht werden können.

Des Weiteren eignet sich das Tool auch zur taktischen Bewertung eines Spielers, sofern dessen Position bekannt ist. Auf Basis der räumlichen Verschneidung der Laufwege mit den Spielfeldzonen

ist eine Auswertung der Spielweise möglich. Gleichzeitig kann die Einhaltung der taktischen Trainervorgaben evaluiert werden.

- Anwendungstool: Analyse Passing Networks

Positiv hervorzuheben ist die einfache Erkennung von Schaltzentralen im Passspiel einer Mannschaft sowie die Passgenauigkeit eines einzelnen Spielers bzw. im Umkehrschluss selten miteinander agierende Spieler/Netzwerkknoten. Bei Vorliegen einer hinreichenden Anzahl von Spielen lassen sich so schneller Muster untersuchen bzw. verifizieren.

Hilfreich wäre eine Unterscheidung der Passrichtung zwischen beiden Spielern, um weitere taktische Erkenntnisse zu gewinnen. Ebenso interessant wäre eine Zuordnung der Fehlpässe anhand der vorgesehenen Passadressaten, was parametrisch gesehen sicherlich eine Herausforderung ist. Das Tool ist jedoch für Trainer sehr ungewohnt und muss erst Akzeptanz in der Praxis finden.

- Anwendungstool: Analyse Ball Possession

Aus taktischer Sicht ist es kritisch ohne raumzeitlichen Kontext von Ball, Gegen- und Mitspieler das Laufpensum eines Spielers innerhalb einer festgelegten Zone in einem determinierten Zeitfenster zu bewerten. Vorteilhaft ist die freie Konfigurierbarkeit von Parametern, um das Tool auf die spezielle Methodik eines Klubs/Teams anzupassen.

- Anwendungstool: Analyse Ball Contacts

Das Tool ist intuitiv und bietet mit Sicherheit zusätzliche Informationen für bestehende Spielerprofile. Außerdem spiegelt die Graphik die räumliche Verteilung von Ballkontakten gut wider. Allerdings ist es wünschenswert, die Zonierung in Abhängigkeit vom Spielstil einer Mannschaft frei wählen zu können. Dabei sollte bedacht werden, dass sowohl vertikale, als auch horizontale Unterteilungen notwendig sind. Diesbezüglich ist eine 3 x 3 Aufteilung als Standard angesehen. Die regelmäßige Nutzung des Tools, hängt jedoch von der Spielphilosophie bzw. von der sportlichen Führung ab. Die Zweckmäßigkeit des Tools ist gegeben, weswegen es Teil einer Tool-Sammlung sein sollte.

- Anwendungstool: Analyse Spheres of Action

„Man kann durchaus Informationen herauslesen, das ist klar, ich weiß nicht ob ein Gefühl dafür besteht die unterschiedlichen Längen und Breiten der Ellipsen zu deuten." Die Graphik ist zwar verständlich, inwieweit jedoch technisch/mathematisch ungeübte Nutzer diese Parameter verwerten können ist fraglich. Zu bedenken ist, dass die Aussage des Tools auch zu allgemein ist.

Das Hauptanwendungsgebiet dieses Tools wird auf der Einzelspielerebene gesehen, um auf Basis dessen auch Rückschlüsse auf das gruppentaktische Verhalten zu ziehen. Ob diese Informationen jedoch für die Endnutzer mit ausschließlich fußballerischen Hintergrund intuitiv erfassbar sind, ist ungewiss. Trainer sind bspw. oftmals mit Standardabweichungen überfordert, da diese für Sie zu abstrakt sind. Aus diesem Grund werden in diesem Kontext Spielerzentroide bevorzugt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass durch entsprechende Einschulungen in die Funktionsweise des Tools zusätzliche Informationen aus den Daten extrahiert werden können.

- Anwendungstool: Analyse Compactness

„Durchaus Anschauungscharakter für eine Analyse mit der Mannschaft, um zu verdeutlichen, wie man sich als Mannschaftsgefüge verhält und welche Auswirkungen das haben kann." Das Tool bietet vor allem eine Grundlage für theoretische Diskussionen, ob bspw. die Kompaktheit das Resultat des gegnerischen Offensivspiels war oder Fehler gemacht wurden, die es dem Gegner ermöglichten, schnell durch die Reihen zu spielen. Die Kreisdarstellung der Kompaktheit ist sehr anschaulich,

jedoch ist die Maßzahl anhand mehrerer Beispiele zu evaluieren, um Kausalzusammenhänge herzustellen.

Ob eine kompakt stehende Mannschaft auseinandergerissen werden kann, ist auch von der Spielstärke und der Cleverness des Gegners abhängig. Dahingehend kann das Tool ebenfalls zur Auswertung der Taktik bzw. Strategie einer Mannschaft verwendet werden. In diesem Kontext könnte z.B. der Frage nachgegangen werden, wie sich ein Team verhält, das nach außen gedrückt wird. Zwar muss die Aussagekraft des Tools noch bewertet werden, allerdings wird damit mit Sicherheit eine neue Sichtweise auf das Spiel geboten.

- Anwendungstool: Analyse Centroids

Das Tool ermöglicht Einblicke in die individualtaktische Ausrichtung einer Mannschaft. Da daraus zusätzliche Informationen, wie etwa für das vertikale Spiel Ausrichtung, extrahiert werden können, ist die Zweckmäßigkeit gegeben. Die Möglichkeit interaktiv Distanzen zu bestimmen ist bspw. zur Überprüfung der der Abstände innerhalb der Abwehrkette hilfreich. In diesem Kontext sind neben Durchschnittswerten auch Extremwerte interessant, da diese Anhaltspunkte für vertiefende Analysen bieten. Dabei könnte die Definition von Grenzwerten könnte automatische Auswertungen begünstigen. Abstände sind grundsätzlich interessant und können als Indizien für bestimmte Spielsituationen herangezogen werden.

- Anwendungstool: Dynamic Zoning

„Auf den ersten Blick finde ich das eine sehr interessante und innovative Einteilung." U.U. können daraus Abhängigkeiten zu bestimmten Analyseperioden bzw. Spielsituationen situationen abgeleitet werden. Ob Extremwerte, wie bspw. die Abseitslinie, bessere Schwellenwerte darstellen würden oder etwa schräge Abgrenzungen geeigneter sind, ist unklar. Es ist jedoch empfehlenswert unterschiedliche Optionen als frei wählbare Parameter zu implementieren, da die Auswahl wahrscheinlich in Abhängigkeit zur Spielweise des Teams zu treffen.

Es ist davon auszugehen, dass funktionale Trennlinien Hinweise auf Ungleichgewichte innerhalb der Mannschaftsreihen hinweisen. Zu beachten ist, dass dazu auch Außenzonen definiert werden müssen. Auf welcher Grundlage die Abgrenzung gezogen wird ist diskutabel. Bspw. würde die Wahl der Positionen der beiden Außenverteidiger einen eher defensiveren Ansatz zu verfolgen. Hingegen wären die äußeren Mittelfeldspieler für eine offensivere Variante passender. Allerdings ist die Verschmelzung beider Positionspaare genauso vorstellbar. Antworten dazu sind im Rahmen von Praxistests zu finden.

- Anwendungstool: Analyse Offensive Qualities

„Es ist mit Sicherheit ein Tool um die eigene Spielweise zu bewerten und gibt dem Trainer die Möglichkeit die Vorgabe, die getroffen wurde, zu berücksichtigen. […] Das Tool ist vielleicht nicht jedermanns Sache, aber es könnte sich auch als Standard innerhalb eines Vereines durchsetzen." Die Visualisierung ist interessant, da Drangphasen deutlich erkennbar sind. Inwiefern diese jedoch kausal mit der Torfolge zusammenhängen, ist fraglich. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Werte valide sind.

- Anwendungstool: Analyse Tactical Behaviour

„Grundsätzlich ist das ein Weg der automatisierten Spielanalyse mit dem man schnell ein Profil der gegnerischen Mannschaft erstellt. […] Es ist sehr anschaulich dargestellt, was sehr gut ist. […] Das ist ein interessanter Ansatz." Das Tool eignet sich im Kontext der Gegnervorbereitung zur Detektion bestimmter Muster. Es erleichtert dadurch die eigene Taktikfindung bzw. die Einstellung auf den Gegner. Gleichzeitig können eigene taktische Fehler eruiert werden. Die Struktur des *Taktikrasters*

ist grundsätzlich in Ordnung, könnte jedoch bei Bedarf verfeinert [Anm.: bspw. in sechs oder sieben vertikalen Ebenen.] oder sogar hinsichtlich der Grundformen überarbeitet werden. Ungeachtet dessen muss die Praktikabilität sowohl der bestehenden, als auch etwaiger neuer Strukturen überprüft werden. Der zugrundeliegende Ansatz ist hingegen weiter zu verfolgen.

- Anwendungstool: Analyse Score Attempts

„Absolut, das macht sehr viel Sinn." Eine Klassifizierung von Torversuchen ist sicherlich sinnvoll. Diesbezüglich könnten anhand einer größeren Datenmenge, Referenzmuster abgeleitet werden. Da derartige Ansätze aktuell kaum verfolgt werden, ist die Weiterentwicklung an diesem Tool wünschenswert. Die Clusterung der Torabschlüsse ist vor allem aus dem Blickwinkel der gegnerischen Defensive interessant. Die mögliche Vorgabe des Trainers, den Gegner vom Strafraum fernzuhalten, könnte auf Basis dieses Tools überprüft werden.

Hinsichtlich der Visualisierung ist eine andere Linienführung für Dribblings und Pässe sowie eine gesonderte Darstellung spielerbezogener Ballstationen empfehlenswert. Ein konkreter Mehrwert is dann zu erwarten, wenn das Ergebnis als Animation ausgegeben werden könnte. Um ein ganzheitliches Bild des Spielaufbaus zu skizzieren, ist es notwendig nicht vollendete Angriffe zu berücksichtigen, insofern diese z.B. bis ins Angriffsdrittel gelangten. Da jedoch die Einschränkung der Angriffsszenen vom persönlichen Geschmack oder der Spielphilosophie abhängig ist, ist die Implementierung eines optionalen Parameters sinnvoll. Standardsituationen sind hingegen ausnahmslos gesondert darzustellen.

- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse

„Ich fand das sehr interessant. […] Das ist mit Sicherheit ein neuer Weg im Rahmen der Spielanalyse und liefert auch eine Grundlage für weitere wissenschaftliche Auswertungen. […] Durchaus praktikabel, ähm, von der theoretischen Voraussetzung denke ich, dass man das absolut anwenden kann. […] Ich sehe keinen Nachteil oder eine andere Auffälligkeit, ganz im Gegenteil, die technische Komponente um die Daten auszuwerten und Raum, Zeit, Position zu berücksichtigen, das bringt alles mit für die Spielanalyse, das hängt dann alles von den Parametern ab, wie man das weiter ausführt. […] Es ist generell ein guter Ansatz, auch weil nicht alles deskriptiv ist."

Es gilt die konkrete Vorgehensweise anhand von Erfahrungswerten zu optimieren. Gleichzeitig muss herauszufinden, welches Tool sich besonders für die Spielanalyse eignet. Grundsätzlich wäre es vorteilshaft, wenn alle Tools in einem gemeinsamen Userinterface zusammengeführt werden würden. Dabei gilt, je besser diese Oberfläche, desto größer die Akzeptanz der Endbenutzer.

- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten

„Ja ich denke schon, dass das sinnvoll ist, dass man interdisziplinäres Wissen austauscht. […] Es wird grundsätzlich viel zu wenig wissenschaftlich gearbeitet und es werden schnell Stammtischkausalitäten hergestellt." In diesem Zusammenhang ist eine enge Kooperation beider Akteursgruppen unumgänglich für die rasche Weiterentwicklung dieser Tools.

- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

GIS könnte vor allem zur Klassifizierung und automatischen Analyse von Spielabläufen unterstützend eingesetzt werden. Der Vorteil liegt darin, dass der Fokus auf vorklassifizierten Szenen gerichtet werden kann und nicht das gesamte Spiel angesehen werden muss. In diesem Zusammenhang ist die Erstellung spieler- und mannschaftsbezogener Profile essenziell. Darüber hinaus bietet GIS auch eine technologische Alternative zu bestehenden Systemen.

Interview-Protokoll 08

Expertenkürzel: E08
Durchführungsdatum: 27.06.2016
Uhrzeit: 16:26 – 18:25
Durchführungsart: via Skype

- Anwendungstool: Analyse Passes

„Die graphische Darstellung gefällt mir sehr gut. […] Das ist übersichtlich, das ist leicht zu verstehen, das ist klar strukturiert und es ist nicht nur eine quantitative Geschichte, sondern hat auch einen qualitativen Aspekt und das gefällt mir sehr gut, ja." Positiv ist, dass das Tool indirekt die Variable *Packing* miteinschließt und nicht nur Pässe gezählt werden, sondern auch qualitativ ausgewertet werden. Anhand der Daten sind Rückschlüsse auf den primären Wirkungskreis eines Spielers möglich. Zudem ist die Spielweise und Richtung der Pässe ersichtlich, womit die Aufgabenstellung des Trainers überprüft werden können.

Bezüglich der Passrichtung wird empfohlen, diese auch parametrisch zu erfassen, da dadurch weitere Differenzierungsmöglichkeiten entstehen. Allerdings ist zu beachten, dass etwaige Filterungen u.dgl. stets positionsbedingt vorgenommen werden sollten. Dies trifft auch auf die Verwendung etwaiger Multiringpuffer zu, da bspw. für Verteidiger andere Werte gelten, als für Stürmer. Ferner wäre die Berücksichtigung der Geschwindigkeit und der Laufrichtung der Spieler sinnvoll im Zuge der Parametrisierung des Passrisikos.

- Anwendungstool: Analyse Shots

„Ja, das ist alles schlüssig und ist alles erklärbar, das ist verständlich [...] find ich gut." Um direkte Vergleiche zwischen Spielern zu ermöglichen ist es empfehlenswert, wenn anhand der reellen Erfolgsaussicht ein Durchschnittswert abzuleiten. Es wäre außerdem von besonderem Interesse, Auskunft über die räumliche Struktur des Spiels zum Zeitpunkt der Torversuche zu bekommen. In diesem Kontext wird die Möglichkeit einer isolierten Betrachtung der Torversuche inkl. interaktiver Anzeige der Spielerpositionen begrüßt. In diesem Zusammenhang wäre auch eine Koppelung zu Videomitschnitten wünschenswert.

Der mögliche Einsatz von Multiringpuffern wird befürwortet, da vor allem in Tornähe eine Verdichtung der Verteilung zu erwarten ist. Gleichfalls ist die Berücksichtigung der Geschwindigkeit und Laufrichtung aller Spieler zweckdienlich. Wichtig ist, dass im Rahmen der Auswertung der Kontext des Spiels beachtet wird, da sich daran die Interpretation der Ergebnisse orientieren muss. Ferner ist die graphische Weiterführung der Schusslinie abgeblockter Schüsse nicht zwingend, da dies nichts mit der Spielfortsetzung zu tun hat und auch im Video erkennbar ist. Ausreichend ist, wenn das Ergebnis des Schusses klar kommuniziert wird. Darüber hinaus sind etwaige Adaptionen der SSPI-Zonen ebenfalls nicht zwingend.

- Anwendungstool: Analyse Running Performance

Es ist empfehlenswert, die Laufdaten mit einer sowohl vertikalen, als auch horizontalen Zonierung des Spielfeldes räumlich zu verschneiden. Hierzu werden jeweils zweifache vertikale Unterteilungen der Spielfeldhälften sowie eine horizontale Differenzierung in eine Zentrumszone und zwei Außenbahnen, als zweckdienlich angesehen. Die temporale Segmentierung in jeweils fünf Minuten Abschnitte ist hingegen sehr gut. Das Tool eignet sich nicht nur zur Auswertung der Laufwerte, sondern auch von Pressingphasen, im Zuge dessen spielerspezifische Werte verglichen werden. Die extrahierten Daten sollen zudem um die Anzahl der Sprints. Eine feinere kontextbezogene Unterteilung steht hingegen in Abhängigkeit zur konkreten Fragestellung, weswegen etwaige Filterungen über das GUI frei wählbar sein sollten.

- Anwendungstool: Analyse Passing Networks

„Wenn ich so etwas in einem Bericht hätte, würde ich drüberblättern." Die Abbildung ist zwar verständlich, hat jedoch keinen konkreten Mehrwert zur Analyse der eigenen Mannschaft. Allerdings könnte das Tool u.U. für die Gegneranalyse sinnvoll sein, da u.a. die Grundzüge des Spielaufbaus erkennbar sind. Zur Evaluierung der einzelnen Passachsen, müsste hierzu jedoch eine Verbindung mit dem *Analyse Passes Tool* hergestellt werden.

- Anwendungstool: Analyse Ball Possession

„Das ist ein guter Ansatz." Anstelle von Absolutwerten, ist die Ausgabe von Relativwerte zu bevorzugen. Des Weiteren ist auch hier eine vierfach vertikale und dreifach horizontale Zonierungsvariante empfehlenswert.

- Anwendungstool: Analyse Ball Contacts

„Ja doch, ich glaube, dass das schon sinnvoll ist." Die räumliche Verteilung der Ballkontakte wird klar widergespiegelt. Diese Information ist zweckdienlich für einen Abgleich mit den Definitionen der eigenen Spielphilosophie.

- Anwendungstool: Analyse Spheres of Action

Es gibt bereits mehrere Möglichkeiten, Aktionsräume von Spielern oder ganzen Mannschaften darzustellen. Ein Beispiel dafür sind Heatmaps. Da Standardabweichungsellipsen lediglich deskriptive Beschreibungen entsprechen sind in diesem Kontext Heatmaps hilfreicher, da damit die Unschärfe dieser Aktionsräume besser abgebildet wird.

Im Allgemeinen ist es empfehlenswert, Aktionsräume auf Basis kombinierter Laufwegdaten und ballbezogenen Aktionen zu definieren. Diesbezüglich ist die Verknüpfung dieser Daten richtungsweisend. Gleichzeitig ist es ratsam, Positionen mit Verbindungen zu Aktionen, stärker gewichtet werden. Darüber hinaus ist eine aktionsspezifisch differenzierte Betrachtungsweise unumgänglich.

- Anwendungstool: Analyse Compactness

Die Aussagekraft des präsentierten Kompaktheitsmaßes ist diskutabel und muss daher zunächst anhand von Vergleichswerten verifiziert werden. Darüber hinaus stellt sich die Frage, was *„kompakt verteidigen"* eigentlich bedeutet? Hingegen werden in diesem Kontext konvexe Hüllen als geeigneter angesehen. *„Solche Flächendarstellungen machen durchaus Sinn, aber ich glaube, dass man auch ein großes Maß an Erfahrungswerten haben muss."* Grundsätzlich ist für die Auswertung nicht ein einziger Wert, sondern die Positionierung der Spieler bedeutend.

Trotz offener Fragen ist die Weiterentwicklung des Tools zu befürworten. Praxistests sind dabei unabdingbar, da Kompaktheitswerte trügerisch sein können. Bspw. ist es denkbar, dass in Abhängigkeit der Spielsituation gute bzw. hohe Kompaktheitswerte auch bei schlechter Positionierung der Spieler auftreten können.

- Anwendungstool: Analyse Centroids

Das Tool eignet sich aufgrund der präsentierten thematischen Differenzierung zur Untersuchung des Offensiv- und Defensivverhaltens. Derartige Auswertungen sind nicht nur zur Analyse der eigenen Mannschaft sehr nützlich, sondern auch im Rahmen der Gegnervorbereitung. Darüber hinaus wird die Möglichkeit zur interaktiven Distanzmessung begrüßt. Eine Verknüpfung mit Videoaufzeichnungen wäre zudem wünschenswert, da dadurch Spielsituationen vor und nach bestimmten Events auf diese Art untersucht werden könnten.

- Anwendungstool: Dynamic Zoning

„Ne doch, ist ein guter Ansatz." Jedoch sind Mittelwerte zur Abgrenzung der Zonen problematisch. Bspw. können große Verzerrungen bei hohem Aufrücken der Außenverteidiger entstehen. Daher wäre es besser stets den vorderste bzw. hintersten Spieler als Referenz heranzuziehen. Gleichzeitig sollten die beiden Außenbahnen anhand der äußersten Spieler auf der linken und rechten Seite berücksichtigt werden. Eine feingliedrigere Unterteilung ist hingegen nicht notwendig.

- Anwendungstool: Analyse Offensive Qualities

„Das ist interessant." Nichtsdestotrotz sollte in Anlehnung an die Empfehlungen zum *Dynamic Zoning* Tools der letzte Mann bzw. die Abseitslinie zur Abgrenzung verwendet werden. Das Tool ist geeignet zur Bestimmung der offensiven Ausrichtung einer Mannschaft. Allerdings ist es hinsichtlich der Klassifikation wünschenswert, dass die Schwellenwerte über das GUI frei wählbar sind.

- Anwendungstool: Analyse Tactical Behaviour

„Das ist geil, wenn ich das so sagen darf. […] Das ist gut durchdacht." Es ist positiv hervorzuheben, dass das Verhalten der Mannschaft zu unterschiedlichen Zeitpunkten analysiert wird. Während die Untersuchung für ganze Halbzeiten trügerisch sein kann, ist das Verhalten für geringere Zeitspannen gut nachvollziehbar. In diesem Zusammenhang ist ein verfeinertes Taktikraster zu empfehlen [Anm.: z.B. eine 7 x 7 oder 8 x 7 Matrix.] Die Idee, andersförmige Zonierungen zu verwenden ist hingegen nicht notwendig.

- Anwendungstool: Analyse Score Attempts

„Ja doch, das macht Sinn." Das Tool gefällt, obwohl die präsentierte Graphik zu überladen ist. Hierbei wäre es schon ausreichend Abbildungen getrennt nach Mannschaften zu erstellen. Diese Maßnahme würde zudem Raum für nicht vollendete Angriffe bieten, deren Hinzunahme empfohlen wird. Hingegen sollten Standardsituationen gesondert und u.U. mit einem eigenen Tool analysiert werden. Begrüßt wird, dass auch hier Zusatzinformationen zu den einzelnen Events interaktiv ausgelesen werden können. In Hinblick auf Adaptionen wäre eine Verbindung zu Videos sinnvoll. Darüber hinaus eignet sich die Dauer eines Angriffs zur Klassifizierung in Konter, Aufbauspiel, etc. Hierbei ist eine zusätzliche Filterung nach räumlichen Aspekten vorteilhaft.

- Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse

Daten mit Raumbezug stellen einen wichtigen Aspekt gegenwärtiger Analysen dar. In diesem Kontext erwartet der Experte in den kommenden zwei Jahren einen weiteren Aufschwung, der mit der Entwicklung entsprechender Systeme bzw. Tools einhergeht. Hierzu ist es extrem wichtig, nicht nur quantitativ, sondern vor allem auch qualitativ zu arbeiten. In diesem Sinne folgen GIS-gestützte Methoden dem Trend der Zeit und sind somit legitim. Die Zweckmäßigkeit der Ansätze ist gegeben.

- Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten

Kooperationen zwischen Spieleanalysten und Leuten, die das nötige technische Know-how haben sind absolut sinnvoll und notwendig.

- Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse

Es ist davon auszugehen, dass GIS in naher Zukunft Einzug in die Spielanalyse halten wird, da raumbezogene qualitative Untersuchungen zunehmend an Bedeutung gewinnen. GIS stellen eine probate Ergänzung zur Videoanalyse dar. Da sich beide Methoden ergänzen, müssen passende Schnittstellen gefunden werden, wie etwa über Verknüpfungen zwischen dem Zeitstempel der Daten und den Time-Tags der Videos.

Anhang VII: 2. Befragungsrunde – Extraktionstabelle und Ergebnis der Frequenzanalyse

Tool	Reaktionen	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	Summe
Analyse Passes	Erweiterung bisheriger Tools	•								1
	Berücksichtigung der Intention wünschenswert	•								1
	Interessante Parameter / Variablen	•				•	•		•	4
	Kombination mit Videomaterial wünschenswert	•					•			2
	Evaluation, inwiefern Spieler die Anforderungen / Vorgaben / Spielphilosophie erfüllten möglich	•						•	•	3
	Einarbeitung in das Tool erforderlich	•								1
	Aufwertung bestehender Parameter	•								1
	Parametrische Erfassung der Passrichtung empfehlenswert	•	•	•	•	•	•	•	•	8
	Berücksichtigung der Geschwindigkeit/Laufrichtung der Spieler empfehlenswert	•		•	•	•	•	•	•	7
	Einsatz (positionsspezifischer) Multiringpuffer empfehlenswert	•	•	•	•	•	•	•	•	8
	Guter / sinnvoller / zweckdienlicher Ansatz		•	•	•	•	•	•	•	7
	Indirekte Berücksichtigung der Variable Packing		•		•			•	•	4
	Berücksichtigung der Passgeschwindigkeit wünschenswert		•							1
	Höhere Gewichtung längerer Pässe wünschenswert		•							1
	Ableitung eines Teamparameters wünschenswert		•							1
	Indirekte Berücksichtigung der Passrichtung gegeben			•						1
	Klassifikation in Hilfs- und Konstruktivpässe wünschenswert			•						1
	Stärken/Schwächen im Passspiel gut erkennbar			•						1
	Passschemen sind ableitbar			•						1
	Aufzeigen anderer Passoptionen wünschenswert			•	•			•		3
	Parametrische Berücksichtigung der Variable Packing wünschenswert				•	•	•			3
	Anzeige, was nach dem Pass geschah, wünschenswert				•					1
	Vorteil durch Möglichkeit zur isolierten und interaktiven Betrachtung der Pässe				•		•			2
	Überprüfung der der Aussagekraft der Parameter / des Tools erforderlich					•				1
	Berücksichtigung des Drucks zum Zeitpunkt des Abspiels ist positiv zu bewerten					•				1
	Bewertung der individuellen Entwicklung eines Spielers ist möglich					•				1
	Möglichkeit zur freien Konfiguration des Tools ist positiv zu bewerten					•		•		2
	Klassifikation nach Körperteil (Kopf / linker oder rechter Fuß) sinnvoll							•		1
	Gute graphische Darstellung								•	1

	Rückschlüsse auf den primären Wirkungskreis möglich								•	**1**
Analyse Shots	Anwendungszweck, Spieler (auf Basis mehrerer Spiele) miteinander zu vergleichen	•	•							**2**
	Ableitung mannschaftsspezifischer räumlicher Muster möglich	•								**1**
	Tool liefert nützliche Zusatzinformationen	•								**1**
	Kein konkreter Nutzen im Rahmen der Post-Match-Spielanalyse	•								**1**
	Zusammensetzung der Parameter in Ordnung	•						•		**2**
	Befürwortung der graphischen Weiterführung der Schusslinie bei abgeblockten Schüssen	•		•	•	•	•	•		**6**
	Gesonderte Behandlung von Standardsituationen erforderlich	•	•	•	•	•	•	•	•	**8**
	Berücksichtigung der Geschwindigkeit/Laufrichtung der Spieler empfehlenswert	•		•	•	•	•	•	•	**7**
	Guter / interessanter Ansatz		•	•	•	•	•	•	•	**7**
	Probleme bei der Bewertung einzelner Spiele		•							**1**
	Aufdecken spielerspezifischer Probleme möglich		•							**1**
	Quantifizierung des Schussverhaltens möglich		•							**1**
	Evaluation inwiefern Spieler die Anforderungen / Vorgaben / Spielphilosophie erfüllten möglich		•							**1**
	SSPI-Zonen zweckdienlich		•			•		•	•	**4**
	Koppelung mit Videoaufnahmen empfehlenswert		•					•		**2**
	Aussagekraft der SSPI zweifelhaft			•						**1**
	Berücksichtigung vorangegangener Aktionen empfehlenswert			•						**1**
	Klassifikation nach Körperteil (Kopf / linker oder rechter Fuß) sinnvoll			•	•					**2**
	Konkreter Nutzen des Tools im Rahmen der Trainingsarbeit			•						**1**
	Kalibrierung des SSPI empfehlenswert			•		•	•	•		**4**
	Evaluation der Sichtverhältnisse des Torhüters empfehlenswert			•				•		**2**
	Einsatz (positionsspezifischer) Multiringpuffer empfehlenswert			•	•	•	•	•	•	**6**
	Maßstabsgetreue Abbildung notwendig				•					**1**
	Anzeige der realen Flugbahn des Balls, anstelle einer fiktiven Linie				•					**1**
	Graphische Unterscheidung der Torschussart sinnvoll				•					**1**
	Anzeige / Auswertung alternativer Schusspositionen wünschenswert					•				**1**
	Parametrische Berücksichtigung der Geschwindigkeit des Balls empfehlenswert							•		**1**
	Ableitung eines Durchschnittswertes empfehlenswert								•	**1**
	Vorteil durch die Möglichkeit zur isolierten und interaktiven Betrachtung der Schüsse								•	**1**
Analyse Running Performance	Ungeeignet im Rahmen der Einzelspieleranalyse	•								**1**
	Die Bewertung von Laufwegen bzw. der Laufleistung ist schwierig	•	•							**2**
	Hauptanwendungsgebiet innerhalb der Fitness-/Athletikabteilungen	•	•	•	•	•	•	•		**7**
	Angabe der Anzahl von (gebündelten) Sprints bez. höchsten Geschwindigkeitsklassen sinnvoll	•		•		•	•		•	**5**

	Anzahl der Gesamtdistanz sinnvoll	•								**1**
	Unterteilung in Offensive und Defensive ist ein guter Ansatz	•	•			•	•			**4**
	Qualitative Auswertung nicht möglich	•								**1**
	Aussagekraft der Laufleistung muss bezweifelt werden		•							**1**
	Vergleich unterschiedlicher Spielphasen möglich		•							**1**
	Evaluation der Laufleistung über mehrere Spiele hinweg möglich		•							**1**
	Tool ist für das Monitoring der Spieler empfehlenswert		•							**1**
	Evaluation der individuellen Spielvorbereitung möglich		•							**1**
	Tool für die Scouting-Abteilung geeignet			•						**1**
	Aufwertung physiologischer Parameter möglich			•						**1**
	Angabe der Anzahl kurzer Bewegungen sinnvoll			•						**1**
	Bestimmung umfangreicher Spielerprofile oder Laufmuster möglich			•						**1**
	Angabe der Anzahl scharfer Richtungswechsel sinnvoll			•	•	•	•	•		**5**
	Auswertung von (positiven/negativen) Beschleunigungen empfehlenswert			•		•				**2**
	Verknüpfungen mit Event-Daten notwendig im Falle qualitativer Analysen				•		•			**2**
	Die räumliche Komponente der Daten stellt einen interessanten Aspekt dar				•					**1**
	Unterscheidung in Brutto/Netto-Spielzeit ist essenziell					•				**1**
	Gewichtung intensiver Läufe / Sprints empfehlenswert					•				**1**
	Feinere kontextbezogene Unterteilung wünschenswert					•			•	**2**
	Vertikale und horizontale Unterteilung des Spielfeldes empfehlenswert					•			•	**2**
	Geeignet zur Planung von Regenerationsphasen					•				**1**
	Gegenüberstellung der Belastungsintensität mit Trainingswerten möglich						•			**1**
	Interaktive Gegenüberstellung zweier Spieler vorteilhaft						•			**1**
	Möglichkeit zur taktischen Bewertung eines Spielers möglich							•		**1**
	Evaluation der Einhaltung taktischer Trainervorgaben möglich							•		**1**
	Auswertung der Spielweise möglich							•		**1**
	Temporale Segmentierung in Abschnitten von je fünf Minuten geeignet								•	**1**
	Auswertung der Laufwerte möglich								•	**1**
	Ermittlung von Pressingphasen möglich								•	**1**
Analyse Passing Networks	Interessanter Ansatz	•	•	•		•	•			**5**
	Aussagekraft des Tools / Zentralitätsparameters muss überprüft werden	•								**1**
	Geeignet zur Darstellung der gemittelten Mannschaftsaufstellung/formation	•								**1**
	Konkreter Mehrwert im Rahmen der Spielanalyse gegeben	•	•	•			•			**4**
	Koppelung mit Videoaufnahmen empfehlenswert	•								**1**

	Positionierungsvariante ist gut / zweckdienlich, Alternativen sind nicht erforderlich	•	•		•					**3**
	Möglichkeit zum interaktiven Ein/Ausblenden von Heatmaps wünschenswert	•								**1**
	Verbindung zum *Analyse Passes* Tool wünschenswert	•	•	•	•				•	**5**
	Die Graphik verdeutlicht den Spielstil einer Mannschaft		•						•	**2**
	Passmuster sind erkennbar		•					•		**2**
	Aussagen über bevorzugte Angriffsseiten / Schlüsselspieler / dominante Spielachsen möglich		•	•	•	•		•	•	**6**
	Detailreiche graphische Aufbereitung		•							**1**
	Zweckdienlich zur Gegnervorbereitung		•	•		•			•	**4**
	Die Berücksichtigung der Passquote ist positiv zu bewerten		•	•			•			**3**
	Räumliche Anordnung der Netzwerkknoten ist aussagekräftiger als eine Heatmap		•							**1**
	Ausgegebene Formation ist trügerisch		•	•						**2**
	Graphische Berücksichtigung der Passrichtung empfehlenswert			•			•	•		**3**
	Räumliche Verteilung der Spieler gut erkennbar				•					**1**
	Graphische Berücksichtigung der Fehlpässe liefert ganzheitliches Bild					•				**1**
	Gesonderte Behandlung innerhalb der drei Spielfelddrittel empfehlenswert						•			**1**
	Anzeige der Passadressaten bei Fehlpässen empfehlenswert							•		**1**
	Tool muss erst Akzeptanz in der Praxis finden							•		**1**
	Tool liefert keinen konkreten Mehrwert								•	**1**
Analyse Ball Possession	Analyse des Ballbesitzes ist schwierig	•						•		**2**
	Extraktion verwertbarer Werte schwierig / offen	•		•	•					**3**
	Kaum Nutzen im praktischen Bereich	•				•				**2**
	Interessant für Statistiker	•								**1**
	Beschreibung der Zirkulation des Balls / Bereitstellung zusätzlicher Informationen		•		•		•			**3**
	Zusätzliche thematische Filterungen diskutabel		•							**1**
	Angabe von Absolutwerten unbedeutend / Relativ- statt Absolutwerte		•						•	**2**
	Fehlen einer konkreten Fragestellung		•							**1**
	Interessanter / guter Ansatz			•	•		•		•	**4**
	Zonenwerte zur Bestimmung von Drangphasen geeignet			•						**1**
	Berücksichtigung von Außenzonen wünschenswert			•						**1**
	Ballbesitz alleine ist unbedeutend					•				**1**
	Funktionalität nur auf Einzelspielerebene oder für Formationsgruppen gegeben					•				**1**
	Tabellarische Informationsausgabe in Ordnung, Karte jedoch wünschenswert						•			**1**
	Zonierungsvariante angemessen / Alternativen in Abhängigkeit der Fragestellung abzuwägen						•		•	**2**
	Freie Konfigurierung der Parameter vorteilhaft							•		**1**

Analyse Ball Contacts	Analyse eines Passnetzwerkes in diesem Kontext sachdienlicher	•								**1**
	Ergebnis ist ein Spiegelbild der Spielweise einer Mannschaft / Grundlage für Bewertungen	•			•	•			•	**4**
	Ergebnis liefert Rückschlüsse auf Spielverlagerungen	•			•					**2**
	Kombination mit dem *Analyse Passing Networks* Tool würde zusätzliche Informationen generieren	•	•		•					**3**
	Räumliche Verteilung der Ballkontakte gut erkennbar	•				•	•	•	•	**5**
	Zusammenhänge mit anderen Informationen fraglich	•								**1**
	Dienlich zur Charakterisierung einer Mannschaft hinsichtlich Raumverteilung und -nutzung	•	•		•					**3**
	Konkreter Mehrwert durch Verknüpfung mit anderen Informationen / Daten	•								**1**
	Guter / interessanter Ansatz		•	•		•		•	•	**5**
	Alternative Darstellungsweise vorteilhaft		•							**1**
	Lesen der Graphik ungewohnt		•				•			**2**
	Zonierungsvariante praktikabel		•			•	•			**3**
	Das Tool kreiert einen Summenparameter			•						**1**
	Eignung auch im Bereich der Einzelspieleranalyse			•						**1**
	Feinere kontextbezogene Unterteilung wünschenswert			•						**1**
	Evaluation der Einhaltung taktischer Vorgaben möglich			•						**1**
	Graphik ist einfach zu lesen					•	•			**2**
	Zuweisung von Spielern zu Formationsgruppen nicht optimal, aber vertretbar						•			**1**
	Tool bietet zusätzliche Daten zur Erstellung von Spielerprofilen							•		**1**
	Frei wählbare Zonierungsvariante vorteilhaft						•	•		**2**
Analyse Spheres of Action	Räumliche kontextbezogene Veränderungen erkennbar	•			•	•	•	•		**5**
	Unterschiede sind lediglich marginal	•				•				**2**
	Konkreter Nutzen des Tools zweifelhaft / nicht gegeben / unklar	•		•	•	•		•		**5**
	Aussagekraft des Tools stark limitiert	•						•	•	**3**
	Methode zur Darstellung von Aktionsräumen zweckdienlich	•					•	•		**3**
	Ähnliche Informationen können auch aus anderen Quellen entnommen werden	•	•	•		•		•		**5**
	Zweckmäßigkeit schwer einschätzbar		•		•	•		•		**4**
	Interessanter / Neuartiger / Guter Ansatz		•	•	•		•			**4**
	Begleitende Videoanalyse empfehlenswert		•				•			**2**
	Es fehlt an konkreten Fragestellungen / Weitere Forschungen befürwortet			•	•	•				**3**
	Thematische Filterungen / Klassifikationen empfehlenswert			•						**1**
	Analyse der Ballkontakte in diesem Kontext stichhaltiger					•				**1**
	Auswertung von Abschnitten von jeweils fünf Minuten aussagekräftiger					•	•			**2**
	Hauptanwendungsgebiet auf Einzelspielerebene							•		**1**

	Ergebnisausgabe als Animation vorteilshaft						•			**1**
	Liefert zusätzliche Informationen, die aus anderen Tools nicht herausgelesen werden können						•			**1**
	Definition von Aktionsräumen auf Basis von Event-Daten aussagekräftiger				•				•	**2**
	Aktionsspezifische Betrachtungsweise unumgänglich								•	**1**
	Andere Darstellungsmethoden besser geeignet								•	**1**
Analyse Compactness	Darstellung als Animation empfehlenswert	•			•		•			**3**
	Informationen über Kompaktheit ableitbar	•	•	•	•		•	•		**6**
	Verknüpfung mit Videomaterial unabdingbar	•								**1**
	Wahrer Nutzen noch nicht einschätzbar	•	•							**2**
	Rückschlüsse auf Basis der Graphik schwierig	•								**1**
	Geeignet zur Analyse der eigenen Mannschaft		•	•	•			•		**4**
	Detektion neuralgischer Situationen möglich		•							**1**
	Überprüfung der Raumabdeckung mittels konvexer Hüllen möglich		•		•		•	•		**4**
	Konvexe Hüllen zur Darstellung der Kompaktheit zweckdienlich		•	•	•		•	•		**5**
	Aussagekraft der Standardentfernung unzulänglich / trügerisch / diskutabel		•	•	•		•		•	**5**
	Entwicklung eines geeigneten Kompaktheitsparameters erforderlich		•							**1**
	Bewertung der Raumverteilung einer Mannschaft möglich		•	•						**2**
	Interessanter / Guter Ansatz			•		•	•	•		**4**
	Räumliche Verteilung der Spieler gut erkennbar				•		•			**2**
	Evaluation des Kompaktheitsmaßes notwendig				•	•		•	•	**4**
	Weiterentwicklung des Tools wünschenswert					•			•	**2**
	Gesonderte Berücksichtigung von Standardsituationen erforderlich					•				**1**
	Tool bietet eine neue Sichtweise auf das Spiel							•		**1**
	Ergebnisse liefern Grundlage für theoretische Diskussionen							•		**1**
Analyse Centroids	Spielmuster / Organisation / Spielstil klar erkennbar	•	•	•		•	•	•	•	**7**
	Mannschaftsformationen klar erkennbar	•	•	•			•			**4**
	Interaktive Distanzmessung wird als positiv gewertet	•	•		•	•	•	•	•	**7**
	Weiterentwicklung (zur Detektion von Abwehr- / Formationslücken) wünschenswert	•	•		•		•	•		**5**
	Mehrwert, sofern das Spiel nicht betrachtet wurde	•								**1**
	Interessanter / Guter Ansatz		•			•	•	•		**4**
	Geeignet zur Charakterisierung des Spielgeschehens		•							**1**
	Rückschlüsse auf individuelle Fähigkeiten möglich		•							**1**
	Ergebnisausgabe als Animation wünschenswert		•							**1**
	Liefert Hinweise auf schlechtes Stellungsspiel		•			•				**2**

	Feinere thematische Aufgliederung wünschenswert				•					**1**
	Graphik ansprechend und leicht lesbar				•					**1**
	Überprüfung der Einhaltung von taktischen Vorgaben möglich					•	•			**2**
	Dienlich zur Evaluation der Raumverteilung						•			**1**
	Rückschlüsse auf die zugrundeliegende Kompaktheit möglich						•			**1**
	Liefert Anhaltspunkte für vertiefende (Video)Analysen						•	•		**2**
	Geeignet zur Gegnervorbereitung und zur Analyse der eigenen Mannschaft								•	**1**
	Verknüpfung zu Videoaufnahmen empfehlenswert								•	**1**
Dynamic Zoning	Primäre Anwendung im Medienbereich	•								**1**
	Vorderste und hinterste Spielerposition zur Abgrenzung empfehlenswert	•	•	•	•	•			•	**6**
	Zweckdienlich zur Darstellung / Analyse der räumlichen Kompaktheit	•				•				**2**
	Gewähltes Abgrenzungskriterium problematisch / diskutabel	•	•	•		•				**4**
	Konkreter Anwendungszweck dynamischer Zonierungen noch offen	•				•				**2**
	Zusätzliche horizontale Zonen empfehlenswert	•	•	•	•	•	•	•	•	**8**
	Alternative Zonierungsvarianten in Abhängigkeit des Anwendungszweckes abzuwägen	•		•	•	•	•			**5**
	Interessanter / Guter Ansatz		•	•	•		•	•	•	**6**
	Weiterentwicklungen des Tools wünschenswert					•		•		**2**
	Frei wählbare Abgrenzungskriterien empfehlenswert							•		**1**
	Funktionale Trennlinien Hinweise auf Ungleichgewichte innerhalb der Mannschaftsreihen							•		**1**
	Praxistests zur Evaluation unterschiedlicher Abgrenzungskriterien erforderlich							•		**1**
Analyse Offensive Qualities	Mehrwert, sofern das Spiel nicht betrachtet wurde	•								**1**
	Methode zur Ermittlung von Drangphasen / Analyse der offensiven Ausrichtung zulässig	•	•	•	•			•	•	**6**
	Ableiten kausaler Zusammenhänge fraglich	•				•		•		**3**
	Guter / Innovativer / Interessanter Ansatz		•	•		•	•	•	•	**6**
	Liefert Zusatzinformation zur Auswertung der Kompaktheit		•							**1**
	Kontextbezogene Klassifikationen empfehlenswert			•						**1**
	Geeignet zur Untersuchung des Pressingspiels			•						**1**
	Definition von Pressingparametern wünschenswert			•						**1**
	Analog zur Defensivzone, Analyse der Offensivzone wünschenswert			•						**1**
	Liefert einen Mehrwert für die Spielanalyse			•			•			**2**
	Analyse der Dynamik des Spielflusses vor und nach bestimmten Events wünschenswert				•					**1**
	Frei wählbare Referenzaktionen empfehlenswert				•					**1**
	Frei wählbare Analysezeiträume empfehlenswert				•					**1**
	Zusätzliche horizontale Zonen empfehlenswert					•				**1**

	Aktuell geringer Mehrwert für die Spielanalyse					•				**1**
	Dominanz erkennbar						•			**1**
	Höchste Verteidigungslinie als Indikator zur Bestimmung der Dominanz wünschenswert						•			**1**
	Graphik liefert Eindrücke über den Spielverlauf						•			**1**
	Rückschlüsse auf den Spielstil möglich						•			**1**
	Überprüfen der Einhaltung von taktischen Vorgaben möglich							•		**1**
	Frei wählbare Schwellenwerte wünschenswert								•	**1**
Analyse Tactical Behaviour	Aussagekraft des Tools ist zweifelhaft	•								**1**
	Auswertung der taktischen Grundordnung möglich	•	•					•		**3**
	Kein Mehrwert zur Entschlüsselung des Spiels	•								**1**
	Zusätzliche Hilfestellung zur Auswertung der Spielerzentroide auf Basis des Taktikrasters	•	•							**2**
	Unterschiede im Offensiv- und Defensivspiel klar erkennbar	•		•	•		•			**4**
	Mehrwert des Tools durch Kombination der Spielerzentroide mit dem Taktikraster	•								**1**
	Rückschlüsse auf den Spielstil möglich	•					•	•		**3**
	Das taktische Verhalten ist zu komplex und daher Analysen schwierig	•	•							**2**
	Zweckmäßigkeit der Verhaltensschablonen fraglich		•							**1**
	Konkrete Einsatzmöglichkeiten unklar		•							**1**
	Interessanter / Innovativer / Richtungsweisender Ansatz			•	•	•	•		•	**5**
	Mehrwert des Tools durch Verknüpfung von Event-Daten / Schaffung von Filtermöglichkeiten			•						**1**
	Praxistests notwendig			•		•		•		**3**
	Abbildung der räumlichen Dominanz			•						**1**
	Taktikraster ist hinsichtlich der Granularität zu überarbeiten			•					•	**2**
	Vergleich positionsgleicher Spieler möglich			•						**1**
	Anwendung auch im Bereich des Scouting			•						**1**
	Frei wählbare Verhaltensschablonen empfehlenswert				•					**1**
	Feinere Aufgliederung / Struktur des Taktikrasters in Abhängigkeit der Fragestellung abzuwägen				•			•		**2**
	Möglichkeit zur Verifizierung der Umsetzung der teameigenen Spielphilosophie				•					**1**
	Struktur des Taktikrasters passend				•	•				**2**
	Folgestudien wünschenswert					•		•		**2**
	Implementierung dynamischer Analysezeiträume wünschenswert					•				**1**
	Frei wählbare Analysezeiträume wünschenswert					•				**1**
	Frei wählbare Referenzaktionen wünschenswert					•				**1**
	Möglichkeit zur Bewertung der kollektiven Kompaktheit					•				**1**
	Geeignet zur Zuweisung von Spielern zu Formationsgruppen						•			**1**

	Verbindungslinien zwischen den Spielerzentroiden wünschenswert						•			**1**
	Möglichkeit zur Erstellung eines Mannschaftsprofils							•		**1**
	Geeignet zur Gegnervorbereitung / Taktikfindung / Ermittlung taktischer Fehler							•		**1**
	Anschauliche Darstellung des Ergebnisses							•		**1**
	Geeignet für kleine Analysezeiträume								•	**1**
Analyse Scoring Attempts	Empfehlenswert für Statistiker	•								**1**
	Unmittelbarer Nutzen für Trainer / Spieleanalysten fraglich	•								**1**
	Liefert wertvolle Informationen	•								**1**
	Grundlage für weitere Analysen	•								**1**
	Ergebnisaufbereitung als Animation wünschenswert	•						•		**2**
	Automatische Klassifikation von Angriffsszenen / Musterbildung möglich	•	•	•			•		•	**5**
	Geeignet für die Spielvorbereitung	•								**1**
	Graphische Differenzierung zwischen Ballstationen und Events wünschenswert	•	•	•	•			•		**5**
	Gesonderte Behandlung von Standardsituationen erforderlich	•	•		•	•	•	•	•	**7**
	Berücksichtigung auch all jener Angriffsszenen, die nicht mit einem Torversuch endeten	•	•	•	•	•	•	•	•	**8**
	Aussparung nicht zentraler Events empfehlenswert		•							**1**
	Mehrwert durch Darstellung der Genese von Angriffen			•						**1**
	Guter / Interessanter Ansatz				•	•	•	•	•	**5**
	Möglichkeit zur interaktiven und separaten Auswertung von Angriffe ist positiv zu bewerten				•	•	•		•	**4**
	Frei wählbare Klassifikationsparameter wünschenswert				•	•				**2**
	Anzeige von Passoptionen / Angriffsalternativen bei unterbrochenen Angriffen wünschenswert				•	•				**2**
	Weiterentwicklung des Tools wünschenswert					•		•		**2**
	Liefert einen Indikator wie gut das Spiel im Angriffsdrittel war						•			**1**
	Räumliche Verteilung der Torversuche gut erkennbar						•	•		**2**
	Ableitung von Referenzmuster anhand größerer Datenmengen empfehlenswert							•		**1**
	Frei wählbare Kriterien zur Berücksichtigung vorzeitig unterbrochener Angriffe empfehlenswert							•		**1**
	Verknüpfung zu Videomaterial vorteilhaft								•	**1**
	Darstellung getrennt nach Mannschaften empfehlenswert								•	**1**
Zweckmäßigkeit von GIS im Rahmen der Spielanalyse	Zweckmäßigkeit ist stets in Abhängigkeit des Anwendungsbereiches zu sehen	•								**1**
	Zweckmäßigkeit für Medien, Statistiken, etc. gegeben	•								**1**
	Zweckmäßigkeit für Trainer und Spieleanalysten nur bedingt	•								**1**
	Hervorzuheben sind Analyse Passing Networks	•								**1**
	Hervorzuheben sind Analyse Passes	•	•							**2**
	Vertiefende Auseinandersetzungen erforderlich zur Einschätzung der Tauglichkeit	•					•	•		**3**

	Einblicke in das Spiel sind möglich	•	•					•		**3**
	Ganzheitliches Bild bleibt verborgen	•								**1**
	Simultane Betrachtung des Videos unumgänglich	•								**1**
	Sehr gute / Richtig gute / Zweckmäßige / Zukunftsträchtige (Ergänzungs-)Ansätze	•	•	•	•	•	•	•		**7**
	Weiterentwicklungen / Weitere Forschungen wünschenswert	•	•					•		**3**
	Mehrzahl der Tools wenig brauchbar	•								**1**
	Hervorzuheben sind Analyse Centroids		•							**1**
	Ordnungsgemäße Darstellung der Komplexität des Spiels		•							**1**
	Trotz früher Entwicklungsphase viele interessante Hypothesen		•							**1**
	Raumbezogene Daten als Wegweiser zukünftiger Entwicklungsrichtungen			•					•	**2**
	Konkreter Mehrwert durch Möglichkeit qualitativer Analysen			•		•			•	**3**
	Tools offenbaren das Potenzial der Rohdaten			•						**1**
	Thematische Filterungen und frei wählbare Parameter sind positiv hervorzuheben			•			•			**2**
	Anwendungsmöglichkeiten innerhalb der Analyse-, Fitness- und Scouting-Abteilung			•						**1**
	Einsetzbar im Rahmen der Spielanalyse / Zweckmäßigkeit gegeben				•	•	•		•	**4**
	Bereicherung für Vereine						•			**1**
	Hoher Detailgrad, u.U. Einschränken der Funktionalität erforderlich						•			**1**
	Weitere Vorgehensweise ist anhand von Erfahrungswerten zu optimieren							•		**1**
	Entwicklung einer zentralen graphischen Nutzeroberfläche empfehlenswert							•		**1**
Zusammenarbeit zwischen Spieleanalysten und GIS-Spezialisten	Gemeinsame Projekte / Zusammenarbeit mit Video/Spieleanalysten werden befürwortet	•	•	•	•	•	•	•	•	**8**
	Die Zweckdienlichkeit der Tools muss erhoben werden	•								**1**
	Vereinigung von Theorie und Praxis erforderlich	•					•	•		**3**
	Entwicklung von relevanten, objektiven und aussagekräftigen / qualitativen Anwendungen	•		•	•		•	•		**5**
	Sicherstellung, dass die Daten sinnvoll ausgewertet werden.	•								**1**
	Kombination zweier Expertisen wünschenswert		•						•	**2**
	Zielgerichtete Entwicklungen wünschenswert		•	•		•		•		**4**
	Stete Weiterentwicklung der Spieleanalysten erforderlich		•		•		•			**3**
	Gestaltung einer simplen Schnittstelle erforderlich			•						**1**
	Berücksichtigung der Endbenutzergruppe erforderlich					•				**1**
Rolle von GIS im Rahmen der Spielanalyse	Sehr gute / Sinnvolle / Probate / Nützliche Ergänzungsmethode	•	•	•	•	•	•	•	•	**8**
	Vorteile hinsichtlich der graphischen Aufbereitung / Präsentation der Ergebnisse	•	•				•			**3**
	Schnittstelle zum Videomaterial unumgänglich	•	•		•				•	**4**
	Vollständige Loslösung von Videos unmöglich	•								**1**
	Videos alleine nicht ausreichend		•		•	•	•			**4**

	Geeignet zum Untermauern der Videoauswertung		•			•			**2**
	Einarbeitung von GIS in bestehende Strukturen empfehlenswert			•						**1**
	Abdeckung der räumlichen Komponente / Liefert unterschiedliche Aspekte			•					•	**2**
	Unterschiedliche Sichtweisen auf das Spiel erhöhen das Spielverständnis			•		•				**2**
	GIS könnte aufgrund von Filterungen / Klassifikationen / etc. eine Schlüsselrolle einnehmen				•		•			**2**
	GIS zur Überprüfung subjektiver Eindrücke						•			**1**
	GIS zur Erstellung von spieler- und mannschaftsbezogenen Profilen							•		**1**
	GIS als technologische Alternative							•		**1**
	GIS zur Vorklassifizierung und Analyse von Spielabläufen							•		**1**

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit gebe ich die Versicherung ab, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Publikationen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/ einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt.

Ort, Datum Unterschrift