

Was (wird ge)zählt in den Sportspielen?

Quantitative leistungsdiagnostische Spielanalysen

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Akademischen Grades

eines Dr. phil.,

vorgelegt dem Fachbereich 02 Sozialwissenschaften, Medien und Sport

der Johannes Gutenberg-Universität

Mainz

von

Christian Winter

aus Offenbach am Main

Mainz

2019

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Sportspiele	2
2.1 Definitionen.....	2
2.2 Wettkampf.....	3
2.3 Analyse.....	3
3 Die trainingswissenschaftliche Perspektive auf Sportspiele	5
3.1 Training.....	5
3.2 Leistung.....	6
3.3 Leistungsdiagnostik	8
3.4 Spielanalyse.....	10
3.5 Problemfelder der Spielanalyse.....	13
3.6 Tactical Metrics that discriminate winning, drawing and losing teams in UEFA Euro 2012	16
3.6.1 Abstract	16
3.6.2 Introduction.....	17
3.6.3 Methods.....	18
3.6.4 Results.....	22
3.6.5 Discussion	25
3.6.6 Conclusions.....	27
3.7 Linear vs. non-linear classification of winners, drawers and losers at FIFA World Cup 2014	27
3.7.1 Abstract	27
3.7.2 Introduction.....	28
3.7.3 Methods.....	30
3.7.4 Results.....	34
3.7.5 Discussion	37
3.7.6 Conclusions.....	39
3.8 Zusammenfassende Diskussion der Spielanalysen	39

4 Systematisierung quantitativer Ansätze zur Spielanalyse.....	42
4.1 Wildwuchs	42
4.2 Fehlende Struktur.....	44
4.3 Quantitative Spielanalyse - den Überblick bei zunehmender Heterogenität der Ansätze behalten	46
4.3.1 Einleitung.....	46
4.3.2 Die Wahl der Datenerhebungsmethode	49
4.3.3 Registrierung basaler Elemente taktischen Verhaltens.....	51
4.3.4 Aggregation der Daten	54
4.3.4.1 Beziehungen und Relativierung (Datenanalysen).....	54
4.3.4.2 Konstruktion des Leistungsbezugs.....	55
4.3.5 Das Systematisierungsmodell der quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse	56
4.3.6 Fazit.....	58
4.4 Zusammenfassende Diskussion der Systematisierung.....	58
5 Fazit und Ausblick.....	61
Literaturverzeichnis.....	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1. Das Prozessmodell sportlichen Trainings	5
Abbildung 3.2. Illustration des Verhältnisses zwischen Sportspielverhalten und den Leistungsvoraussetzungen.....	6
Abbildung 3.3. Modell der komplexen Sportspielleistung.....	7
Abbildung 3.4. Schematische Darstellung des Diagnostikprozesses	8
Abbildung 3.5. Arbeitsschritte im Prozess der Trainingssteuerung.....	9
Abbildung 3.6. Verortung der Leistungsdiagnostik im Trainingsprozess.....	9
Abbildung 3.7. Der Arbeitsgang der Leistungsdiagnostik in den Sportspielen	11
Abbildung 3.8. Differenziertes Modell des Prozesses der Generierung von Trainingszielen aus dem Wettkampfverhalten.....	12
Abbildung 3.9. Ablauf der Verarbeitung erhobener Daten im Rahmen sportlicher Leistungsdiagnostik.....	13
Figure 3.10. Possible Sequences of Game States Defined by Optikick®	19
Figure 3.11. Possible Sequences of Game States	30
Figure 3.12. Descriptive Statistics of the Examined Metrics	35
Abbildung 4.1. Progression der Spielanalysen.....	45
Abbildung 4.2. Die Problemkreise Beschreibung, Diagnose und trainingspraktische Umsetzung in der Verknüpfung von Wettkampf und Training	47
Abbildung 4.3. Das Systematisierungsmodell der quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse.....	57

Tabellenverzeichnis

Table 3.1.	Contents of the Tactical Metrics Used.....	20
Table 3.2.	Distribution of the National Teams to the Three Groups.....	21
Table 3.3.	Means, Standard Deviations and Ranges of the Tactical Metrics.....	23
Table 3.4.	Rotated Component Matrix.....	24
Table 3.5.	Classification of the Teams by their Results and According to the Values of the Discriminant Functions.....	24
Table 3.6.	Combined Correlations within the Groups between Discriminant Variables and Standardized Coefficients from the Discriminant Analysis.....	25
Table 3.7.	Contents of the Tactical Metrics Used in this Research	31
Table 3.8.	Distribution of the National Teams to the Three Groups.....	32
Table 3.9.	Means, Standard Deviations and Ranges of the Tactical Metrics.....	34
Table 3.10.	Rotated Component Matrix.....	35
Table 3.11.	Classification of the Teams by their Results and According to the Values of the Discriminant Functions.....	36
Table 3.12.	Combined Correlations within the Groups between Discriminant Variables and Standardized Coefficients from the Discriminant Analysis.....	36
Table 3.13.	Mean Classification of 236 Iterations of an Artificial Neural Network	37

1 Einleitung

„Das Spiel stellt ein vielfältiges, widersprüchliches und in unterschiedlichsten Erscheinungsformen auftretendes Phänomen dar, das die Menschheit seit jeher fasziniert und beschäftigt hat. [...] Und nicht zuletzt gibt es noch die Sportspiele [...], die die halbe Menschheit in ihren Bann ziehen können“ (Kolb, 2005, S 17).

Die spannende Sportartengruppe der Sportspiele bildet die inhaltliche Klammer der vorliegenden Arbeit. Seit jeher ist es eine Kunst, das Geschehen auf dem Spielfeld zu verstehen und zugrundeliegende Ideen und Gedanken von Spielern¹ oder Trainern zu rekonstruieren. Durch die weltweite Verbreitung der Sportspiele gepaart mit technologischen Fortschritten ergaben sich in den vergangenen Jahren einige interessante Entwicklungen im Bereich der Spielanalyse.

Versucht man allerdings, sich dem Phänomen der Spielanalyse aus einer sportwissenschaftlichen – oder etwas konkreter einer trainingswissenschaftlichen – Perspektive zu nähern, ist zu konstatieren, dass die entsprechende Grundlagenliteratur nicht mit der technischen Progression der jüngeren Vergangenheit schrittgehalten hat. Im deutschen Sprachraum sind viele wichtige theoretische Arbeiten auf diesem Gebiet im Zeitraum zwischen 1980 und 2005 veröffentlicht worden, auf welche aktuelle Werke und Buchkapitel nach wie vor rekurren. Im englischen Sprachraum hingegen sind gerade im Zeitraum 2010 bis 2019 viele Ideen und Anregungen zu aktuellen Vorgehensweisen bei einer Spielanalyse zu finden. Durch den starken Praxisbezug fehlt allerdings oftmals eine grundlegende theoretische Fundierung entsprechender Ausführungen. Ein expliziter Vergleich beider Sprachräume ist jedoch von vornherein zum Scheitern verurteilt, da es international keine wissenschaftliche Disziplin gibt, die der deutschen Trainingswissenschaft entspricht.

Durch eine Zusammenführung der Grundlagenliteratur aus beiden Sprachräumen zur Spielanalyse wird im Rahmen dieser Arbeit ein aktueller Überblick der trainingswissenschaftlichen Perspektive auf die Analyse von Sportspielen gegeben. So wird der gesamte Prozess einer fundierten Spielanalyse rekonstruiert und sukzessive reflektiert.

Dafür wird der Blick im zweiten Kapitel zunächst auf das Phänomen der Sportspiele gerichtet, denn die Besonderheiten dieser Sportarten-Familie bildet die Grundlage für viele der nachfolgend herausgearbeiteten Problemfelder von Spielanalysen. Anschließend erfolgt in Kapitel 3 eine Verortung in einen trainingswissenschaftlichen bzw. leistungsdiagnostischen Kontext. Hier werden zunächst übergreifende Gedanken zum Nutzen, zu den Chancen und den Grenzen von Spielanalysen allgemein herausgearbeitet und schließlich erfolgen zwei konkrete exemplarische Umsetzungen im Fußball. Das vierte Kapitel bietet eine Orientierung auf dem inzwischen sehr breit und vielfältig aufgestellten Forschungsfeld der Spielanalysen allgemein. Es werden Gründe für eine fortschreitende Diversifizierung angeführt, deren Folgen skizziert und es wird ein Systematisierungsmodell der quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse vorgestellt. Den Abschluss bildet ein kurzes Fazit im fünften Kapitel, das durch einen Ausblick ergänzt wird.

¹ Aus Gründen besserer Lesbarkeit werden ausschließlich maskuline Bezeichnungen verwendet. Diese sind als für sämtliche Formen des Geschlechts repräsentativ zu verstehen.

2 Sportspiele

Sportspiele bilden eine besondere Familie der Sportarten. Sie haben in der Historie der unterschiedlichsten Kulturen und Epochen eine Rolle gespielt und dabei Menschen schon immer fasziniert (Kolb, 2005, S. 18; Pfister, 2005, S. 31). Bemerkenswert ist, dass dabei nicht nur die Spielenden, sondern auch Zuschauer deren Reiz erliegen (Döbler & Döbler, 1996, S. 13; Stiehler, Konzag & Döbler, 1988, S. 14). Die gesellschaftliche Relevanz zeigt sich beispielsweise im Schulsport, in dem die Sportspiele zu den beliebtesten und am häufigsten durchgeführten Sportarten zählen (Trunk, 2013, S. 11f). Auch die Mitgliederzahlen in deutschen Sportvereinen belegen, dass rund die Hälfte aller Mitglieder im organisierten deutschen Sport in Sportspiel-Vereinen angemeldet ist (Deutscher Olympischer Sportbund, 2018, S. 4f). Diese starke Verankerung in der Bevölkerung zeigt sich zuletzt auch an deren außerordentlicher Präsenz in den Medien.

Nachfolgend werden zunächst einige Aspekte zum Phänomen der Sportspiele angeführt, indem diese von anderen Sportarten abgegrenzt werden (Kapitel 2.1) und die besondere Rolle des Wettkampfes näher beleuchtet wird (Kapitel 2.2). Die Auseinandersetzung mit dem Wettkampf in Form einer Analyse bildet den Abschluss des zweiten Kapitels (Kapitel 2.3).

2.1 Definitionen

Im deutschen Sprachraum haben viele Autoren – vor dem Hintergrund divergierender Perspektiven auf das Phänomen Sportspiele – unterschiedliche Definitionen für diese Sportartengruppe vorgeschlagen (Lames, 1991, S. 29–34; Loy, 2006, S. 124–127; Stiehler et al., 1988, S. 13–15). Auch wenn die mannigfaltigen Definitionen die Schwerpunkte jeweils verschieden gelegt haben, so lassen sich dennoch viele Gemeinsamkeiten finden, welche die Natur der Sportspiele übereinstimmend beschreiben: Sie sind gekennzeichnet durch eine Balance zwischen den Spielparteien, zumindest bei vergleichbarem Leistungsniveau. Es existiert ein Regelwerk, das einen Rahmen für die resultierende direkte Auseinandersetzung beider Spielparteien miteinander in Form von Spiel- und Zweikampfsituationen bildet. Die hohe Frequenz von spannenden Situationen führt zu einer situativen und leistungsbestimmten Dynamik, aus welcher ein Wettkampf mit nicht festlegbarem Verlauf resultiert. Diese Konstellation sorgt für die Spannung und die Faszination von Spielern sowie der zuschauenden Personen. Offensichtlich wird, dass sämtliche Definitionen zu Sportspielen im deutschen Sprachraum eine besondere Betonung auf den sportlichen Wettkampf legen. Auch international liegt hier das Zentrum des Aufmerksamkeitsinteresses, weshalb diese besondere Situation nach einer zusammenfassenden Definition eingehender betrachtet wird.

Lames (1991, S. 15) argumentiert, dass jede Definition eines Gegenstandes in Zusammenhang mit deren Verwendung gesehen werden sollte. Da der Kontext der vorliegenden Arbeit im Bereich der trainingswissenschaftlichen Leistungsdiagnostik zu verorten ist, wird nachfolgend die etablierte Definition übernommen:

Sportspiele sind Sportarten

- mit international kodifiziertem Regelwerk,
- bei denen zwei Parteien (Einzel, Doppel oder Mannschaften)
- in einen Interaktionsprozess eintreten,
- der dadurch zustande kommt, daß beide Parteien gleichzeitig ihr eigenes Spielziel anstreben und verhindern wollen, daß die gegnerische Partei ihr Spielziel erreicht;
- das Spielziel der Sportspiele ist eine in den Regeln festgelegt, symbolische Handlung (Lames, 1991, S. 33).

2.2 Wettkampf

Jeder Wettkampf im Sportspiel ist einzigartig und ist aus diesem Grunde weder simuliert- noch vorhersehbar. Im Zusammenspiel beider Spielparteien entsteht im Wettkampf durch die permanente Interaktion eine Spannung und Dynamik, die außergewöhnlich ist (Araújo, 2017a; Garganta, 2009; Lames, 1994; Lames & McGarry, 2007; McGarry, 2009; Passos, 2017a). Gréhaigne und Godbout (2015, S. 103) suchen nach passenden Worten für dieses Phänomen und werden dabei nur in ihrer Muttersprache Französisch fündig, so dass sie diese besondere Situation im Wettkampf mit „Rapport de Forces“ bezeichnen. Die gleichzeitig entgegengesetzte Zielstellung beider Spielparteien – beide streben danach, selbst das Spielziel zu erreichen und zu verhindern, dass dies der gegnerischen Partei gelingt – führt zu einer antagonistischen Verbindung zwischen Spielern oder Gruppen von Spielern. Gesteuert wird die Verbindung durch ein konkretes Regelwerk und führt zu einem sportspielspezifischen und einzigartigen Muster an Interaktionen.

Auch weitere internationale Quellen sehen im Wettkampf die Besonderheit, dass sich beide Parteien eines Spiels mit der Umwelt (z. B. die einschränkende Struktur der spezifischen Regeln jedes Spiels) und den Gegenspielern (je nach Spiel ggf. natürlich auch mit den Mitspielern) situativ auseinandersetzen müssen. Diese Perspektive folgt dem ökologischen Verständnis und führt dazu, dass insbesondere in den Sportspielen von einem Verhalten ausgegangen wird, welches sich in diesem Spannungsfeld situativ konstituiert (Glazier, 2017, S. 142; Gréhaigne & Godbout, 2015, S. 103; Lebed, 2015).

Hier ist ein erheblicher Unterschied zu anderen Sportarten zu konstatieren: Wird die sportliche Leistung metrisch gemessen (mks-Sportarten; z. B. Marathon, Weitsprung, Skispringen, etc.), kann der Wettkampf – beispielsweise für das Training – gut simuliert werden. In den Sportspielen ist dies unmöglich. Daraus folgt, dass die Kopplung von Wettkampf und Training nicht direkt erfolgen kann und der Analyse eines Wettkampfs als singuläre Konfrontation beider Spielparteien zusätzliche Bedeutung zukommt. Auch aus diesem Grund ist in diesem Bereich ein eigenständiges Themenfeld erwachsen ist, das im Folgenden näher beleuchtet werden soll.

2.3 Analyse

Die exponierte Rolle des Wettkampfes in den Sportspielen weckt ein besonderes Interesse unterschiedlichster Akteure daran, das Geschehen in diesem Rahmen besser verstehen zu können oder es durch eine Aufbereitung zusätzlicher Informationen noch attraktiver zu machen (Link, 2018). Da – auch auf Grund der großen Beliebtheit von Sportspielen – viele Menschen

an Analysen von Wettkämpfen interessiert sind, hat sich in den letzten Jahren ein deutliches Wachstum dieses Sektors ergeben. Auch begünstigt durch den technologischen Fortschritt entstand vor allem im englischsprachigen Raum ein großer kommerzieller und eigenständiger Markt rund um die Spielanalyse (Link, 2018; Memmert & Raabe, 2017, S. 24ff). Neben kommerziellen Interessen entwickelte sich aus der Spielanalyse bzw. der Verarbeitung und Interpretation von Spieldaten darüber hinaus ein eigenständiges Forschungsfeld, das sich allmählich auch im deutschen Sprachraum etabliert.

Doch nicht nur für die Unterhaltung der Zuschauer sind die Analysen interessant, sondern insbesondere aus trainingswissenschaftlicher Perspektive ist dieses Feld von enormer Bedeutung. Gerade weil jedes Spiel eine einmalige Situation darstellt, ist eine objektive Erfassung und Interpretation des Spielgeschehens beispielsweise für Spieler und Trainer essentiell. Eine situative Beobachtung und Beurteilung durch die beteiligten Akteure ist zum Scheitern verurteilt, da die menschliche Aufnahmekapazität begrenzt ist und zwangsläufig zu einer selektiven und subjektiv verzerrten Abbildung des Spielgeschehens führt (Franks & Hughes, 2016, S. 10–11). Insbesondere für die trainingswissenschaftliche Leistungsdiagnostik ist eine Analyse der Wettkämpfe elementar, da diese durch ihre besondere Rolle die mit Abstand wichtigste Quelle für die Gewinnung leistungsdiagnostischer Erkenntnisse in sämtlichen Sportspielen darstellen (Hohmann & Lames, 2005b; Lames, 1994; Pfeiffer, 2005; Stiehler et al., 1988). Vor allem diese trainingswissenschaftliche und leistungsdiagnostische Perspektive auf die Sportspiele wird im nachfolgenden dritten Kapitel näher betrachtet, um vor diesem Hintergrund bestimmte Problemfelder der Spielanalysen verstehen zu können.

3 Die trainingswissenschaftliche Perspektive auf Sportspiele

Wurden die Sportspiele einleitend noch allgemein umrissen, so soll nun eine klare Fokussierung auf eine trainingswissenschaftliche Betrachtung der Sportspiele im Allgemeinen und der Spielanalyse im Speziellen folgen. Dafür werden zunächst trainingswissenschaftliche Grundlagen zur Verortung im Trainingsprozess (Kapitel 3.1) und der Struktur der sportlichen Leistung in den Sportspielen (Kapitel 3.2) thematisiert. Diese Ausführungen bilden die Basis für eine Betrachtung der spezifischen Leistungsdiagnostik (Kapitel 3.3), des engeren Themenfelds der quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse (Kapitel 3.4) und immanenter Problematiken (Kapitel 3.5). Aus diesen wird das Vorgehen im Rahmen zweier publizierter konkreter Umsetzungen einer quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse (Kapitel 3.6 und 3.7) hergeleitet und diese abschließend zusammenfassend diskutiert (Kapitel 3.8).

3.1 Training

In den Sportspielen, ebenso wie im Sport allgemein, wird für das Erreichen spezifischer Ziele trainiert. Um Training systematisch und zielführend zu gestalten, bietet die Trainingswissenschaft eine unterstützende Perspektive: „Das Training als Gegenstandsbereich der Trainingslehre und Trainingswissenschaft ist genuin für die Sportwissenschaft. Training ist ein komplexer Handlungsprozess, der auf systematischer Planung, Ausführung und Evaluation von Maßnahmen basiert, um nachhaltige Ziele in den verschiedenen Anwendungsfeldern des Sports zu erreichen“ (Hottenrott, Seidel & Willimczik, 2017, S. 25). Die Unterstützung praktischen Handelns im Sport ist explizit ein Merkmal der modernen Trainingswissenschaft (Hohmann, Lames & Letzelter, 2014, S. 12). Um diesem Ziel nachkommen zu können, ist es wichtig, die Trainingspraxis für die Schritte der Trainingskontrolle bzw. -auswertung mit objektiven Informationen zu versorgen (Abb. 3.1).

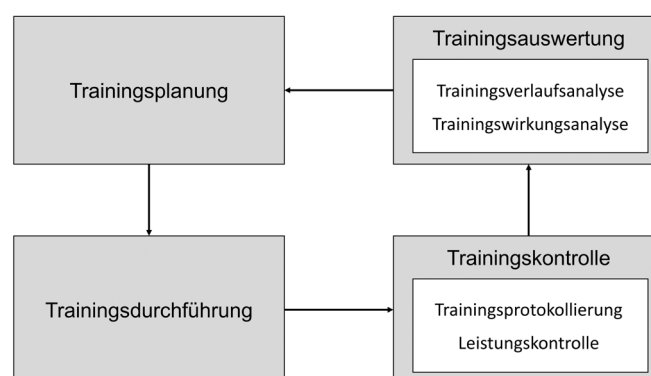


Abbildung 3.1. Das Prozessmodell sportlichen Trainings (mod. nach Hohmann et al., 2014, S. 179).

Die gewonnenen Erkenntnisse können anschließend zur Ableitung künftiger Trainingsziele und -inhalte genutzt werden. Für eine Optimierung des Trainingsprozesses muss eine fundierte Kenntnis des Gegenstandes vorhanden sein. Es muss also identifiziert werden, welche Aspekte für eine Kontrolle und Auswertung des Trainings besonders interessant sind. Soll also eine

leistungsdiagnostische Perspektive eingenommen werden, muss zunächst die Struktur der sportlichen Leistung in dieser Sportartengruppe zunächst betrachtet werden.

3.2 Leistung

Für das Konstrukt der sportlichen Leistung allgemein existiert keine einheitliche Definition. Vielmehr muss sie sowohl als Voraussetzung für Verhalten als auch als Prozess und Ergebnis von Verhalten betrachtet werden (Seidel, 2017, S. 62f). Möchte man sportliche Leistung untersuchen, stellt sich stets die Frage nach der Struktur der einzelnen Komponenten, die einen Einfluss auf diese haben. Die Bestimmung und Ordnung der einzelnen Leistungsfaktoren ist traditionell eine Kernaufgabe der Trainingswissenschaft (Hohmann et al., 2014, S. 147).

Diese strukturierende Aufgabe ist für mks-Sportarten noch gut zu bewältigen, so dass deren Leistungsgefüge fast vollständig aufgeklärt werden kann – ganz im Gegensatz zur Leistung in den Sportspielen (Lames, 1991, S. 11). Wie bereits ausgeführt (Kapitel 2.1 und 2.2), zeichnet sich der Wettkampf in den Sportspielen gerade dadurch aus, dass ein dynamischer und einzigartiger Interaktionsprozess entsteht. Beide Parteien bringen hier ihre Leistungsvoraussetzungen ein (Abb. 3.2). Dadurch rücken nicht primär physiologische Leistungsvoraussetzungen, sondern das situativ angemessene Verhalten in den Vordergrund (Perl & Lames, 2005, S. 189). Dieses ist abhängig von vielen unterschiedlichen Leistungsfaktoren (Lames, 2002, S. 239), was zu einer komplexen und variablen Leistungsstruktur führt.

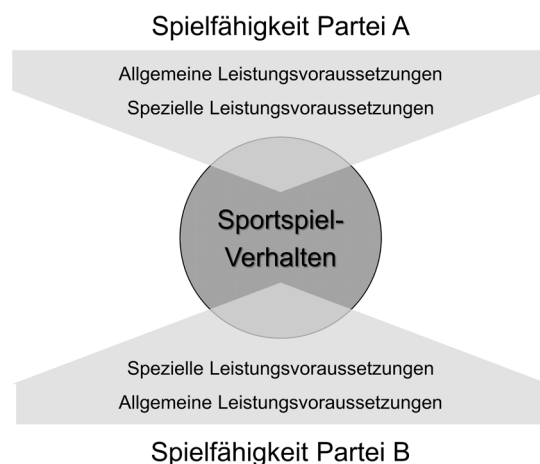


Abbildung 3.2. Illustration des Verhältnisses zwischen Sportspielverhalten und den Leistungsvoraussetzungen (mod. nach Lames, 1994, S. 20).

Als Resultat einer umfassenden Auseinandersetzung mit dem Thema der Leistungsstruktur im deutschsprachigen Raum (Hohmann, 2005; Hohmann & Brack, 1983; Lames, 1991), entstand das pyramidenförmige Strukturmodell zur sportlichen Leistung in den Sportspielen (Abb. 3.3). Im Gegensatz dazu sucht man in englischsprachigen Standardwerken entsprechende Überlegungen zu Leistungsstrukturmodellen vergeblich (McGarry, O'Donoghue & Sampaio, 2015; Passos, Araújo & Volossovitch, 2017).

Das erwähnte pyramidenförmige Strukturmodell zur Leistung in den Sportspielen (Abb. 3.3) ist hierarchisch aufgebaut, so dass die leistungsrelevantesten Komponenten oben stehen,

während jene mit weniger direktem Einfluss auf niedrigeren Ebenen zu finden sind. Weiterhin ist eine Trennung zwischen dem Leistungszustand (zweite und dritte Erklärungsebene) und dem Wettkampfverhalten (erste Erklärungsebene) erkennbar. Hier wird die exponierte Rolle der Wettkämpfe in den Sportspielen abermals offensichtlich: Während im Training lediglich der Leistungszustand verändert werden kann, folgt aus dieser Veränderung nicht zwingender Weise eine Modifikation des Wettkampfverhaltens. Stattdessen wird dieses Verhalten unter die Spielhandlungen gefasst. Sowohl diese als auch das Konstrukt der Spielfähigkeit direkt darunter (Lames, 2002, S. 241) sind als taktische Elemente der Spielleistung zu verstehen. Es werden also Wahrnehmungs-, Entscheidungs- und Handlungsprozesse miteinander gekoppelt, um eine Situation unter Berücksichtigung der umgebenden Bedingungen, den eigenen Fähigkeiten und jenen des Gegners möglichst optimal zu lösen (Lames, 2002, S. 240; Weigel, 2014, S. 23f). Dabei gehören einige Komponenten der Taktik auf die Ebene des Leistungszustands, während andere durch die situativen Entscheidungsprozesse auf der Spielwirksamkeitsebene zu verorten sind (Lames, 1991, S. 25).

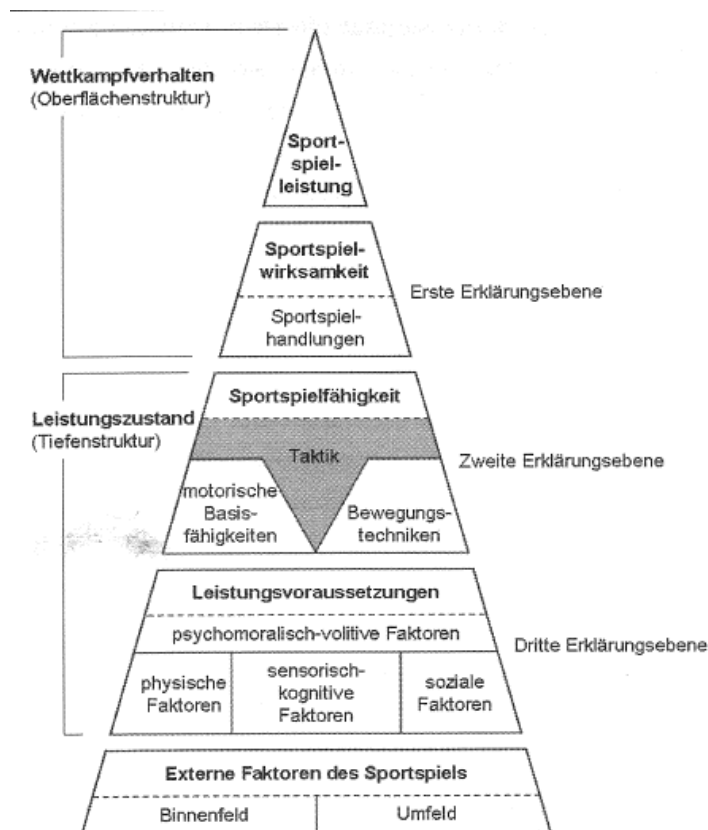


Abbildung 3.3. Modell der komplexen Sportspielleistung (Weigel, 2014, S. 26).

Unstrittig ist die exponierte Stellung der Taktik für die Entstehung der sportlichen Leistung in den Sportspielen, da sie die weiteren Leistungsvoraussetzungen unter sich hierarchisiert (DiSalvo, Gregson, Atkinson, Tordoff & Drust, 2009; Lames, 1998; Loy, 2006, S. 148; Pfeiffer, 2005, S. 112f; Stiehler et al., 1988, S. 46; Weigel, 2014, S. 28). Aus diesem Grunde sind taktische Handlungen als Gegenstand leistungsdiagnostischer Untersuchungen von besonderem Interesse.

3.3 Leistungsdiagnostik

Die Leistungsdiagnostik an sich gehört zu den klassischen Aufgaben der Trainingswissenschaft (Hohmann et al., 2014, S. 146ff). Unterscheidet man dabei zwischen einer trainingswissenschaftlichen und einer trainingspraktischen Leistungsdiagnostik (Hohmann et al., 2014, S. 147; Loy, 2006, S. 94), so liegt das Ziel ersterer darin, das „Bedingungsgefüge der sportlichen Leistung, die Leistungsstruktur“ (Hohmann et al., 2014, S. 146) zu identifizieren (Abb. 3.3). Über die Schritte der Priorisierung und der Klärung interner Ordnung soll die Höhe des Einflusses einzelner Komponenten auf die Leistung aufgeklärt und sollen die bestehenden Zusammenhänge zwischen den Leistungsvoraussetzungen erkannt werden (Pfeiffer, 2005, S. 22). Die trainingspraktische Leistungsdiagnostik hingegen verfolgt das Ziel, die Sportpraxis bei der Identifikation von Stärken und Schwächen zu unterstützen und somit eine konkrete Kontrolle des Trainingserfolges zu ermöglichen (Abb. 3.1).

Betrachtet man das Verständnis der Leistungsdiagnostik (*performance analysis*) im englischen Sprachraum, wird diese beinahe ausschließlich auf die trainingspraktische Zielsetzung bezogen. Ein expliziter Vergleich ist nicht möglich, da es international keine korrespondierende wissenschaftliche Disziplin gibt. Jedoch wird aus praxisorientierter Perspektive das Ziel einer Leistungsdiagnostik in den Sportspielen wie folgt ausgeführt: „The primary goal of performance analysis is to provide information to coaches and players about player and/or team performance in order to plan subsequent practices to improve performance or to support preparation for the next match“ (Lemmink & Frencken, 2015, S. 89). Ebenso bezeichnet Araújo (2017a, S. 3) die Analyse, das Design und die Evaluation von Messsystemen im Sport als Inhalte einer Leistungsdiagnostik, die für eine Rückkopplung in den Trainingsprozess genutzt werden können (Abb. 3.4).

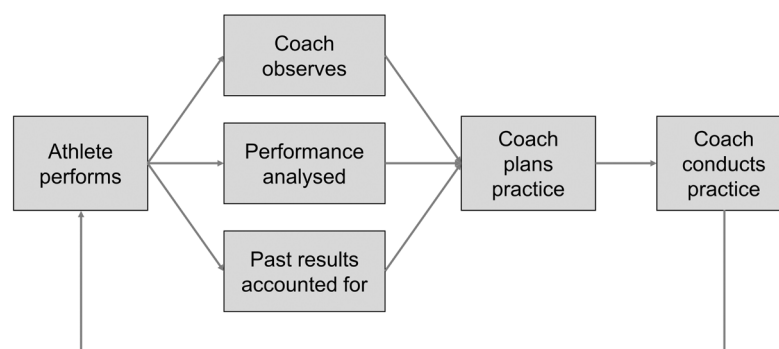


Abbildung 3.4. Schematische Darstellung des Diagnostikprozesses (nach Maslovat & Franks, 2008, S. 4).

Dabei können unter dem Begriff einer leistungsdiagnostischen Untersuchung in den Sportspielen unterschiedliche Vorgänge verstanden werden. So können Leistungsvoraussetzungen – vergleichbar mit dem Vorgehen in anderen Sportartengruppen – überprüft werden (wie z. B. die Bestimmung der Sprintschnelligkeit mithilfe eines motorischen Tests). Im Zusammenhang mit der Leistungsstruktur in den Sportspielen (Abb. 3.3) wird allerdings der Wettkampf zum interessantesten Gegenstand einer Leistungsdiagnostik: Diesem

kommt in seiner Einzigartigkeit die Rolle der mit Abstand wichtigsten Quelle für Informationen zu (Hohmann & Lames, 2005b, S. 376; Lames, 1994, S. 22; Pfeiffer, 2005, S. 16; Stiehler et al., 1988, S. 46). Die Wettkampfdiagnostik (Hohmann et al., 2014, S. 215ff) kann im Kontext des Trainingsprozesses als Messung des Leistungsoutputs verstanden werden (Abb. 3.5).

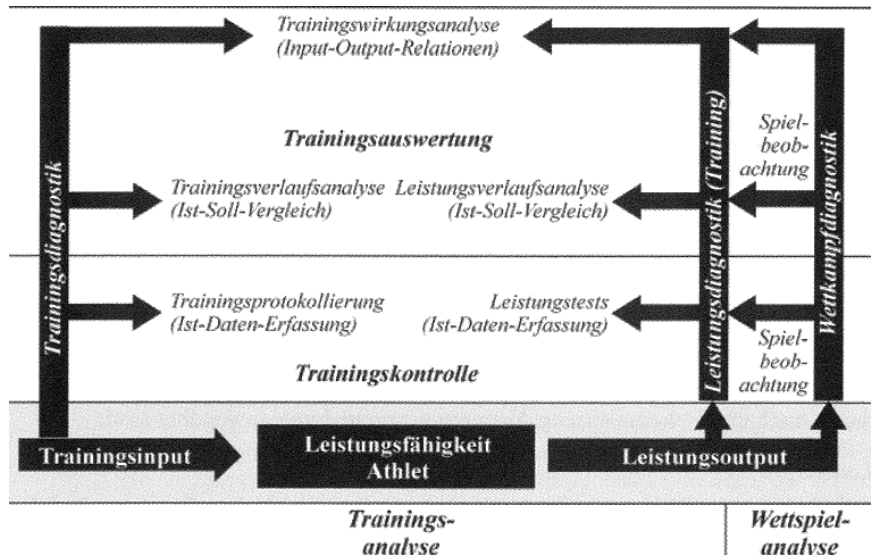


Abbildung 3.5. Arbeitsschritte im Prozess der Trainingssteuerung (Hohmann & Lames, 2005b, S. 377).

Die konkrete Verortung einer Analyse des Wettkampfes im Trainingsprozess erfolgt also nach Trainingsplanung, -durchführung und während bzw. nach der Bewährungssituation im Wettkampf (Abb. 3.6). Sowohl für die Schritte der Trainingsplanung als auch der -evaluation ist dabei in den Sportspielen eine Betrachtung der Leistung im Wettkampf unumgänglich. Während in vielen Sportarten der Wettkampf die Bewährung des Trainings darstellt, so bietet er in den Sportspielen die einzige Quelle zur Bestimmung der sportlichen Leistung (Kapitel 2.2 und Abb. 3.3).

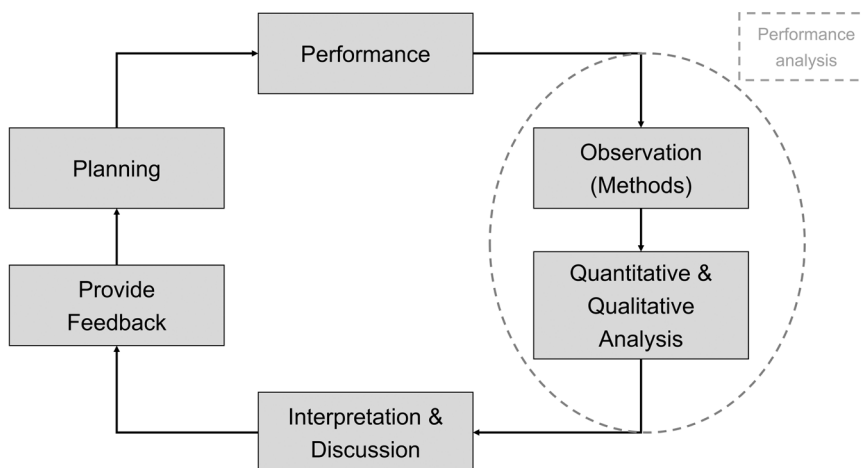


Abbildung 3.6. Verortung der Leistungsdiagnostik im Trainingsprozess (mod. nach Passos, 2017a, S. 27).

Werden mit einer Leistungsdiagnostik verallgemeinerbare Aussagen angestrebt (z. B. für eine trainingswissenschaftliche Form der Diagnostik), muss diese auf quantitative Aussagen über sportliche Leistungen ausgerichtet werden (Lames, 1991, S. 22). Diese können durch die natürliche Limitierung der Wahrnehmung nicht ohne eine systematische, vom subjektiven

Erleben der Situation abgekoppelte Analyse gewonnen werden (Hohmann et al., 2014, S. 204; Maslovat & Franks, 2008, S. 3). Dadurch kann eine objektive Betrachtung deren Ergebnisse in Form von Zahlen ausgedrückt wird intersubjektiv verglichen werden (Loy, 2006, S. 31). Schließlich soll deshalb der Blick nachfolgend auf den Bereich der Spielanalysen gerichtet werden, die genau dieses Ziel verfolgen.

3.4 Spielanalyse

Spielanalysen verfolgen allgemein das Ziel, individuelle und/oder kollektive Spielhandlungen quantitativ oder qualitativ zu bewerten (Stiehler et al., 1988, S. 167). Dazu muss das Verhalten im Wettkampf hinsichtlich der Fragen was, wie, wo und wann erfasst werden (Lemmink & Frencken, 2015, S. 90).

Lange Zeit war im Kontext quantitativer Wettkampfanalysen in den Sportspielen auch in Grundlagenwerken automatisch die Rede von einer konkreten Forschungsmethode und die Spielbeobachtung wurde als zu diesem Themenkomplex zugehörig behandelt (Hohmann et al., 2014, S. 222; Hohmann & Lames, 2005b, S. 381). Jedoch haben sich die technischen Möglichkeiten zur Erfassung des Wettkampfverhaltens in den letzten Jahren erheblich erweitert, so dass diese Methode nicht mehr das einzige Messverfahren ist, das entsprechende Informationen liefern kann.

Diese zum Teil immer noch verbreitete automatische Kopplung von Methode und der Auseinandersetzung mit dem Wettkampf in den Sportspielen führt dazu, dass die Begriffe der Spielanalyse und -beobachtung mitunter synonym verwendet werden. Allerdings soll hier eine klare Trennung der Begriffe vorgenommen werden. Während die Beobachtung lediglich die forschungsmethodische Umsetzung des Registrierungs Vorgangs darstellt, kann unter dem Begriff der Analyse ein umfassender Prozess verstanden werden (Abb. 3.7). Für eine eindeutige Verwendung der Begrifflichkeiten soll die Spielanalyse wie folgt definiert werden: Unter dem Begriff der quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse wird der umfassende Modellbildungs-Prozess verstanden. Dieser umfasst sämtliche Arbeitsschritte von der Datenerhebung, -verarbeitung und Auswertung bis hin zur Überprüfung der Leistungsrelevanz der erhobenen Variablen.

Gerade in den Sportspielen stehen die bislang präsentierten wissenschaftlichen Überlegungen zur Spielanalyse in einem eklatanten Widerspruch zur weit verbreiteten Praxis – selbst im professionellen oder semi-professionellen Kontext. „Dort wird das Wettspiel meist pragmatisch analysiert, d.h. die vorgenommenen Analysen beschreiben lediglich den Spielverlauf oder erschöpfen sich in kruden Spielstatistiken, beispielsweise zum Zweck der Trainer-, Zuschauer- oder Medieninformation“ (Hohmann & Lames, 2005a, S. 145). Diese Formen der Spielanalyse genügen den Anforderungen an eine trainingswissenschaftlich ausgerichtete Analyse jedoch nicht. Unabhängig von der konkreten forschungsmethodischen Herangehensweise an eine Spielanalyse verfolgt diese bei quantitativer leistungsdiagnostischer Ausrichtung das Ziel, das gezeigte Verhalten in einer oder mehreren Zahlen aussagekräftig abzubilden (Hughes & Bartlett, 2008, S. 9). Dafür wird ein bestimmtes Verhalten als relevant definiert und dessen Auftreten anschließend registriert (Passos, 2017b, S. 75). Es muss also der gesamte Vorgang einer Analyse durchlaufen werden.

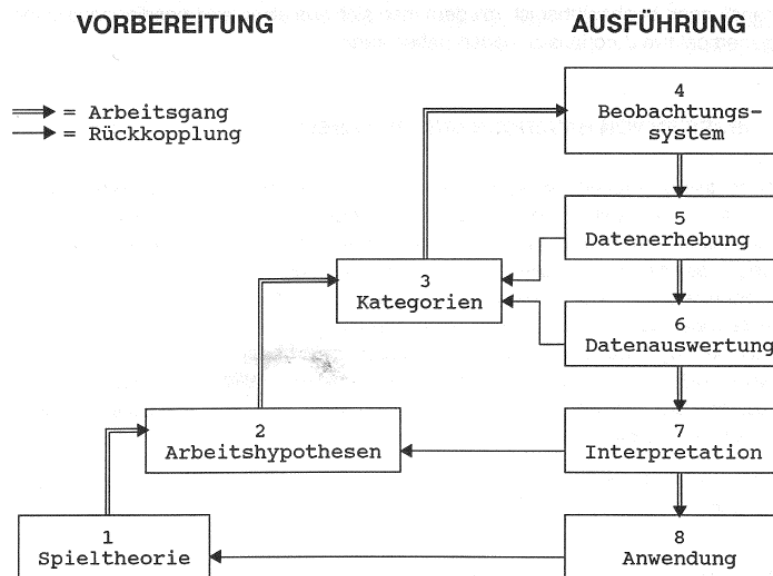


Abbildung 3.7. Der Arbeitsgang der Leistungsdiagnose in den Sportspielen (Hagedorn, 1972 mod. nach Lames, 1991, S. 46).

Dieser Prozess ist als mehrstufige Modellbildung zu verstehen. Jede Form von Messung erfolgt anhand von Modellen (Lames, 1991, S. 68f, 1994, S. 33–36; Perl, Lames & Glitsch, 2002). Es ist wichtig, dass dieser Vorgang bewusst geschieht, denn Modelle sind stets Abbildungen von etwas (Abbildungsmerkmal), erfassen niemals alle Attribute des Originals (Verkürzungsmerkmal) und werden stets für einen bestimmten Zweck entworfen (pragmatisches Merkmal) (Lames, 2002, S. 185–186; Perl, 2002, S. 16; Perl & Uthmann, 1997, S. 44; Stachowiak, 1973, S. 131–133). Die Natur der Sportspiele bietet für den Vorgang der Modellbildung jedoch ein günstiges Feld, da das abzubildende Verhalten stark durch das festgelegte Regelwerk jedes Sportspiels eingeschränkt und zumindest mittelbare Handlungsziele durch die definierten Spielziele zu erahnen sind (Lames, 2002, S. 243). Da Modelle sowohl zur Analyse, zur Prognose von zukünftigem Verhalten und zur Theoriebildung genutzt werden (Glitsch, 2002, S. 112), belegt dies einmal mehr die herausragende Relevanz des Prozesses der Modellbildung für die Aussagekraft einer Spielanalyse.

Vorgänge der Modellbildung erfolgen bei jeder Spielanalyse zwangsweise. Deshalb ist zu empfehlen, dass sie bewusst und kontrolliert statt implizit und unbewusst geschehen, denn nur so können blinde Flecken bei der Analyse reflektiert werden (Araújo, 2017a, S. 4). Weiterhin sollte jedem Analysten bewusst sein, dass diese (bewussten oder unbewussten) Schritte einer Modellbildung nicht nur einmal oder nur an einer Stelle des Analyse-Prozesses verwendet werden, sondern vielmehr getrennt in den einzelnen *Problemkreisen* Beschreibung und Diagnose (Abb. 3.8) in Erscheinung treten. So ergibt sich auch für eine Spielanalyse ein für Modellbildungen üblicher iterativer Prozess, der phasenweise mehrfach durchlaufen werden muss, bis ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht wird (Perl & Lames, 2005, S. 192; Perl & Uthmann, 1997, S. 45). Für ein umfassendes Verständnis ist es essenziell, dass die Schritte der Beschreibung des Sportspiels, der daraus folgenden Diagnose und der wiederum daraus folgenden Ableitung einer möglichen trainingspraktischen Umsetzung getrennt voneinander

betrachtet werden. Ein konstruiertes Beispiel für die Probleme, die mit einer fehlenden Trennung der *Problemkreise* einhergehen wäre ein

spontan angesetztes Sprintausdauertraining nach einem in der Schlußphase verlorenen Spiel (Mängel in der Ausdauer). Bei diesem Vorgehen bleiben viele Fragen unbeantwortet: Sind die Beobachtungen zuverlässig? Liegt tatsächlich eine Ausdauerschwäche vor? Handelt es sich um eine generelle Schwäche oder war sie nur in diesem Spiel zu beobachten? Geht diese eindeutig auf die angenommenen Ursachen (Sprintausdauer) zurück? Welche Priorität hat die Sprintausdauer im Gesamtkontext der Leistungsstruktur? (Lames, 1994, S. 21f)

Die Unterteilung ist bereits in Abbildung 3.7 erkennbar, wird aber insbesondere durch Lames (1994, S. 21f) sehr anschaulich skizziert (Abb. 3.8). Zur disjunkten Unterscheidung zwischen den ersten beiden Problemfeldern (Beschreibung und Diagnose) sei auf Lames (1997, S. 172f) verwiesen.

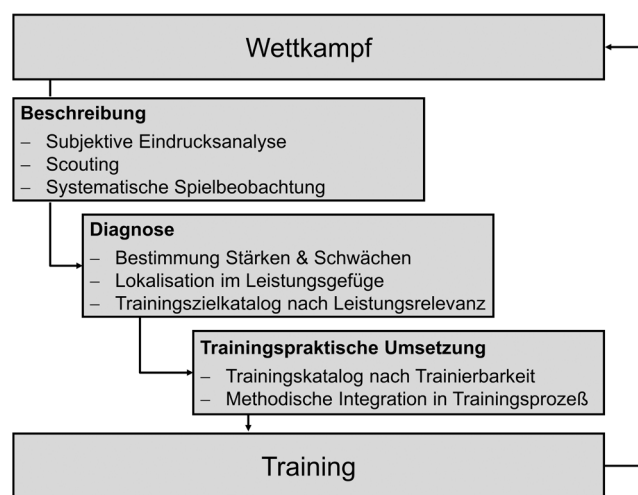


Abbildung 3.8. Differenziertes Modell des Prozesses der Generierung von Trainingszielen aus dem Wettkampfverhalten (mod. nach Lames, 1994, S. 30).

Da quantitative leistungsdiagnostische Spielanalysen das Ziel verfolgen, das Geschehen in Zahlen zu überführen, resultieren aus diesem Vorgang schließlich bestimmte Variablen, die einen nachweisebaren Bezug zur sportlichen Leistung haben und als Leistungsindikatoren bezeichnet werden (im Englischen oft *performance indicators* oder wenn diesen besondere Bedeutung zugeschrieben wird auch *key performance indicators*). Per Definition sind diese eine Auswahl oder Kombination von Verhaltensvariablen, die die sportliche Leistung teilweise oder vollständig beschreiben (Hughes & Bartlett, 2002). Gerade der letzte Punkt ist dabei essentiell, denn nur durch ein konkreter Leistungsbezug unterscheidet zwischen Variablen im Allgemeinen und Leistungsindikatoren im Speziellen (Sampaio & Leite, 2015, S. 115).

Sowohl bei der Erfassung der Leistungsindikatoren als auch bei der Überprüfung eines Zusammenhangs mit der sportlichen Leistung können unterschiedliche Verfahren genutzt werden (Araújo, 2017b, S. 41). Dieser Prozess der quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse wurde implizit bereits erwähnt (Abb. 3.8), kann aber im Hinblick auf den weiteren Umgang mit den Variablen detaillierter dargestellt werden (Abb. 3.9). Auch hier ist der

Rückfluss der Erkenntnisse in die Sportpraxis explizit enthalten (Abb. 3.4, Abb. 3.6, Abb. 3.8 und Abb. 3.9).

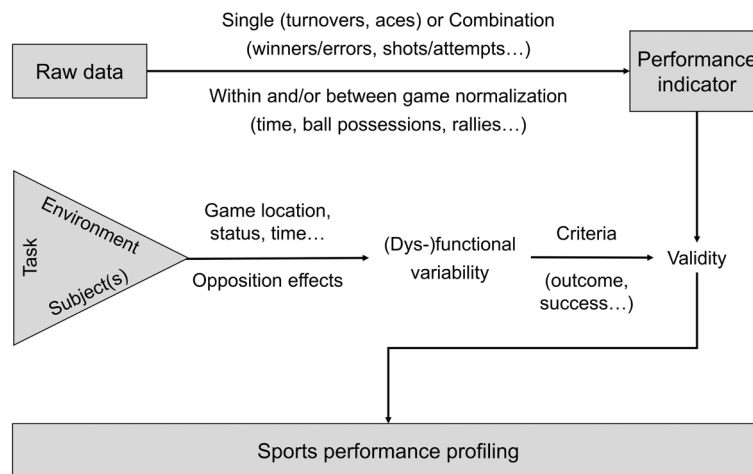


Abbildung 3.9. Ablauf der Verarbeitung erhobener Daten im Rahmen sportlicher Leistungsdiagnostik (mod. nach Sampaio & Leite, 2015, S. 116).

Wie auch immer die konkrete Umsetzung einer Spielanalyse erfolgt, so ist diese stets mit übergreifenden Problemen konfrontiert. Diese resultieren aus der Natur der Sportspiele und den Besonderheiten des Wettkampfes bzw. der Leistungsentstehung dort und werden deshalb übergreifend beleuchtet.

3.5 Problemfelder der Spielanalyse

Hohmann und Lames (2005a, S. 133–134) konstatieren, dass trainingswissenschaftliche Erkenntnisse in den Sportspielen noch nicht die „Durchschlagskraft“ in die Trainingspraxis besitzen wie dies in den mks-Sportarten der Fall ist. Sie begründen dies unter anderem mit einer eher praxisorientierten Ausrichtung der Sportspielforschung, die zu einer Forschungslücke hinsichtlich der relevanten Grundlagen führte. Dabei weist die aktuelle Situation bemerkenswerte Parallelen zu jener in den 90er Jahren auf: Der technologische Fortschritt führt dazu, dass Analysen einfacher und schneller durchgeführt werden können und somit zu einem Anstieg der Anzahl an Analysen, auch wenn dabei häufig grundlegende Problemfelder missachtet werden (Pfeiffer, 2005, S. 17). Eben diese grundlegenden Problemfelder liegen in der Natur der Sportspiele begründet und führen zu wichtigen Erkenntnissen, die für aussagekräftige Ergebnisse unbedingt beachtet werden müssen. Araújo (2017a, S. 5f) kategorisiert in diesem Zusammenhang neun Charakteristika von Sportspielen, die einen direkten Einfluss auf den Prozess der Spielanalyse haben. Er führt dazu aus, dass die Ausprägung der unterschiedlichen Punkte je nach Sportspiel unterschiedlich stark sein kann; jedoch weist jedes Spiel in mindestens einer dieser Dimensionen eine hohe Ausprägung vor. Die Charakteristika lauten:

1. Große Anzahl an Freiheitsgraden (*Large problem spaces*)
Durch die große Anzahl an Einflussfaktoren auf den Verlauf eines Sportspiels ergibt sich eine nahezu unendliche Menge möglicher Leistungsfaktoren, die gegebenenfalls

berücksichtigt werden könnten oder sollten (McGarry, 2009; O'Donoghue, 2015, S. 127; Stiehler et al., 1988, S. 168).

2. Soziale Komplexität (*Social complexity*)

In vielen Sportspielen haben die Handlungen vieler Spieler einen Einfluss auf deren Verlauf, so dass bei einer Betrachtung der Wettkämpfe nicht einfach eine individuelle Fokussierung erfolgen kann. Ribeiro et al. bilanzieren hierzu: „Despite being composed of individual members, sports teams operate as an integrated whole, producing an intertwined and complex set of behaviours that are not entirely predictable at an individual level of analysis” (2019, S. 1338).

3. Mehrperspektivität (*Heterogeneous perspectives*)

Das Geschehen auf dem Spielfeld resultiert aus komplexen Interaktionen vieler Beteiligter, so dass ein umfassendes Verständnis nur erreicht werden kann, wenn dieses aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet wird. Ein Methodenmix bzw. ein Zugang aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen heraus ist aus diesem Grunde zu empfehlen (Garganta, 2009; Ribeiro et al., 2019; Sarmiento, Marcelino et al., 2014).

4. Räumliche Verteilung (*Distributed*)

Die Aktionen von Spielern sind von Informationen über Mit- und Gegenspieler abhängig (siehe Punkte 2 und 7). Die somit benötigten Informationen sind nicht zu jedem Zeitpunkt für alle zugänglich, da eine räumliche Verteilung der beteiligten Personen über das Spielfeld erfolgt (Bourbousson, Deschamps & Travassos, 2014; Clemente, Martins & Mendes, 2016; Duarte, Araújo, Correia & Davids, 2012).

5. Dynamik (*Dynamic*)

Das Verhalten im Wettkampf ändert sich über den Verlauf der Zeit. So ist das, was zu Beginn eines Spiels passiert, oft nicht direkt vergleichbar mit dem Ende einer Partie. Daraus resultiert, dass für das Verständnis eines Spiels der prozessuale Charakter berücksichtigt werden muss (Franks & Hughes, 2016, S. 14; Garganta, 2009; Lames, 2002, S. 240; McGarry, 2009; Passos, 2017a, S. 25).

6. Gefahr (*Hazard*)

Die Folgen von einzelnen Handlungen sind in den Sportspielen nicht vorhersehbar. Araújo (2017a, S. 6) gibt als Beispiel die Geste eines Fußballspielers zu gegnerischen Fans an, die den Verlauf des kompletten Spiels beeinflussen kann. Ebenso kann – je nach konkretem Kontext – eine ähnliche Handlung (z. B. ein Foulspiel) entweder eine positive (Rettungstat) oder eine negative Folge (Hinausstellung) nach sich ziehen. Eine absolute Wertung von Verhalten ist demnach unmöglich.

7. Kopplung (*Coupling*)

Die permanente Interaktion von Mit- und Gegenspielern führt dazu, dass das Verhalten der Parteien, Individuen oder Gruppen vom Verhalten anderer am Spiel beteiligter Personen abhängt. Diese Besonderheit ist für die Sportspiele konstitutiv und sollte deshalb nicht als Störgröße behandelt werden (Lames, 2002, S. 240). Die Bewertung von Verhalten kann aus diesem Grunde nur unter Berücksichtigung des Verhaltens des Gegners erfolgen (Hohmann & Lames, 2005a, S. 140; Lames, 1994, S. 15, 2002, S. 240; Mackenzie & Cushion, 2013; McGarry, 2009)

8. Unsicherheit des Spielausgangs (*Uncertainty*)

In vielen Sportspielen ist der Spielausgang im Vorfeld nicht gut prognostizierbar – vor allem in Spielen, in denen wenige Punkte erzielt werden (prominentes Beispiel: Fußball). Dieser Umstand, dass auch schwächere Parteien ein Spiel gewinnen können, macht natürlich auch den Reiz der Sportspiele aus. Er führt allerdings auch zur doppelten Nicht-Linearität zwischen der Leistungsfähigkeit und der im Wettkampf erbrachten Leistung einerseits und zwischen der erbrachten Wettkampf-Leistung und dem sportlichen Erfolg andererseits (Hohmann et al., 2014, S. 200).

9. Störungen (*Disturbances*)

Das Spiel entwickelt sich dynamisch und unvorhersehbar, so dass die beteiligten Akteure in hohem Maße auch in der Lage sein müssen, adäquat auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren zu können. Das Verhalten muss demnach adaptiv sein (McGarry, 2009; Ribeiro et al., 2019).

Diese neun Aspekte der Komplexität von Sportspielen sind zunächst kritisch zu betrachten. Es werden Phänomene auf unterschiedlichen Ebenen angesprochen und hierarchisch äquivalent dargestellt. Dabei betreffen einige Punkte Anforderungen, die an Spieler gestellt werden (Punkte 4, 6 und 9), während andere die Bewertung durch Beobachter (Punkte 5, 7 und 8) bzw. durch Forscher (Punkte 1, 2 und 3). Dennoch können anhand der aufgelisteten Besonderheiten konkrete Anforderungen an Spielanalysen abgeleitet werden. So müssen – je nach konkretem Erkenntnisinteresse – unterschiedliche Indikatoren berücksichtigt werden (Punkt 1). Die Handlungen einzelner Spieler dürfen nie isoliert betrachtet werden, sondern sind immer im Kontext von Mitspielern, Gegenspielern, Zeit, Ort, Spielstand etc. zu sehen (Punkte 2, 5, 6, 7, 9). Weiterhin sind alle Handlungen nicht als vereinzelt Aktionen zu verstehen, sondern nur im prozessualen Zusammenhang zu bewerten (Punkte 5, 6, 9). Eine Bewertung muss weiterhin reflektiert mit der sportlichen Leistung oder mit dem Spielerfolg in Verbindung gebracht werden (Punkt 8). Schließlich sollte im Rahmen einer Untersuchung ein klarer Fokus gewählt werden, da niemals sämtliche Aspekte eines Sportspiels gleichzeitig erfasst werden können – nur über eine entsprechende Reduktion kann ein Ausschnitt des Spiels angemessen abgebildet werden (Punkte 2, 3).

Weiterhin führt die Komplexität der Leistungsentstehung in den Sportspielen dazu, dass eine Erfassung dieser in einer einzigen Variable nicht realisierbar ist. Deshalb ist es oft ratsam, mehrere Variablen dafür heranzuziehen (O'Donoghue, 2015, S. 127). Doch ist auch eine zu detaillierte Abbildung des Spielgeschehens zu vermeiden, um die Validität und Interpretierbarkeit der einzelnen Indikatoren sicherzustellen. Aus diesem Grunde ist es gegebenenfalls ratsam, einzelne Variablen zusammenzufassen (Sampaio & Leite, 2015, S. 119). Unabhängig davon, ob die Anzahl berücksichtigter Parameter erhöht oder reduziert wird, muss anschließend noch ein Bezug zur sportlichen Leistung hergestellt werden (Kapitel 3.4). Hier führt die komplexe Struktur der Leistung sowie deren Erfassung oftmals dazu, dass fortgeschrittene Methoden zur Auswertung und Interpretation nötig sind und einfachere statistische Verfahren meist nicht ausreichen (Sampaio & Leite, 2015, S. 118).

Perl und Lames fassen zusammen:

Bilanziert man die bisherigen Aussagen, so geht daraus einerseits die Notwendigkeit eines adäquaten Umgangs mit der besonderen Leistungsstruktur der Sportspiele hervor. Die Bedeutung der Verhaltensebene, die geringe Determination durch Leistungsvoraussetzungen und die Spezifika des Wettkampfes indizieren in hohem Maße einen informatik-gestützten Zugang. Andererseits werden auch die Schwierigkeiten deutlich, die ein solcher Zugriff zu lösen hat, bevor man den Gegenstand adäquat behandeln kann. (2005, S. 192–193)

Unstrittig ist somit, dass ein für das spezifische Erkenntnisinteresse adäquates Modell konstruiert werden muss, das die Besonderheiten der Sportspiele berücksichtigt. Diesen Anforderungen wurde im Rahmen zweier leistungsdiagnostischer quantitativer Spielanalysen im Fußball zu entsprechen versucht. Um das Spielverhalten in unterschiedlichen Spielsituationen unter Berücksichtigung des direkten Einflusses des Gegners erfassen zu können, wurde in Kooperation mit Optikick UG ein Zustands-Übergangs-Modell für die Spielbeobachtung definiert und evaluiert. Dafür wurden die UEFA Euro 2012 und der FIFA Worldcup 2014 mit dem Modell analysiert. Der quantitative Leistungsbezug erfolgte anhand zweier unterschiedlicher Verfahren (Diskriminanzanalyse und Klassifizierung mittels Künstlicher Neuronaler Netze), um zu prüfen, ob unterschiedliche Verfahren das Ergebnis der Analyse beeinflussen.

3.6 Tactical Metrics that discriminate winning, drawing and losing teams in UEFA Euro 2012

3.6.1 *Abstract*

The objectives of this paper are twofold: First, an innovative approach to notational analysis in football is outlined. By considering important theoretical requirements for the analysis of sports games (like the interaction between two parties, the procedural sequence of action or the significance of tactical behaviour) the meaning of the introduced parameters, called tactical metrics, is illustrated. In a second step, the validity of this approach is tested using matches of the UEFA Euro 2012® to investigate a connection between these metrics and success. Results show that eleven tactical metrics model tactical behaviour in four different dimensions (game speed, transition play after ball recovery, transition play after ball loss and offence efficiency). Discriminant analysis based on the factor values leads to a correct classification of 64.8% identifying winners, losers and drawers. This successful discrimination reveals a connection between match success and the presented metrics. Especially the transition play after losing the ball and the offence efficiency seem to be factors connected directly with the result of a match, since those were important values for a successful discrimination. Further, the procedural description of tactical behaviour provides the opportunity to conduct meaningful recommendations for the training and coaching process.

3.6.2 Introduction

The UEFA Euro® is one of the most important tournaments for senior men's national football teams in the world: Four out of the last five FIFA World Champions were European teams. With some of the best teams competing, the Euro® is of much interest to several researchers conducting football performance analysis. Leite (2013) analyzed the total of 76 goals scored in all 31 matches of the Euro 2012® by recording the time of the goal (15-minute intervals) as well as a description of the behaviour between winning the ball and scoring. It was found out that almost 60% of the goals were scored in the second half and that in over 70% of the cases the team that scored first won. 53.95% of the goals resulted from offensive play, 17.10% from counter attacks and 28.95% from set play. Mitrotasios and Armatas (2014) examined all 29 of the 31 games of the same tournament where at least one goal was scored, checking numerous aspects related to scoring. The main point of interest was the number of passes that led to a goal. The results showed that 57.9% of the goals were scored in the second half and 75.9% of the teams that scored first won the game at the end. In addition, the authors determined that 72.4 % of the goals were scored from open play situations, 56.6% of the successful attacks started in the opponent's half and 61.84% followed four or less passes (but also 20% resulted from eight and more passes). The situations leading to goals were described in more detail mentioning the direct preparation (for example crossing, short pass, etc.), the scoring player's number of contacts, location of the shot and the role of the successful player. A third analysis of the Euro 2012® was presented by Shafizadeh, Taylor, and Peñas (2013) based on the criticism that former studies did not take the role of the direct opponent into account. The matches of the eight quarterfinalists were examined to check the values of 16 key performance indicators (KPIs). Among these were classical parameters, like shots on goal, corners, etc., and some intended to indicate interactions of both teams, like interceptions, duels won, or pass accuracy. To check the persistence of the KPIs over several matches their autocorrelation was calculated and the relationship between KPIs and the outcome of the match was examined by cross-correlation. It was found that Spain and Italy (as the finalists) showed more stability in their KPIs and that each team showed different strengths to be successful.

Overall, research in the area of observational performance analysis in football has increased significantly in recent years, especially since 2010 (Sarmiento, Marcelino et al., 2014). Nonetheless, the majority of investigations neglect the constituent properties of sports games. Some examples are the reduction of complex situations to a singular value, without awareness of shown behaviour's procedural sequence (Lames & McGarry, 2007), examination of parameters without taking into account the direct opponent or the context for these parameters (e. g. time and place of actions) (McGarry, 2009). The popular examination of events as a result of tactical behaviour (like a red card or a corner kick) is accompanied by the problem that only limited recommendations for coaches and sport practitioners can be made based on this type of data (Mackenzie & Cushion, 2013). The fact that red cards influence the outcome of a match in a negative way, for example, does not lead to helpful conclusions for training. To provide meaningful and useful information for the training and coaching process, a description of tactical behaviour is needed (Sarmiento, Marcelino et al., 2014).

In conclusion, the previous analyses of the UEFA Euro 2012® do not match the demands of a performance analysis. Both the model to map the behaviour on the pitch and the conclusions

that can be drawn from this kind of data are not sufficient. Therefore, the current study was conducted to (a) introduce and outline a new and innovative approach to notational analysis in football, and (b) test the validity of this approach using the UEFA Euro 2012® for a performance analysis. The new, notational system introduced, takes into account most of the issues faced by the performance indicators of past studies. An explicit connection between the observations (behaviours observed within context) and the performance or success of teams can be established through differences between more and less successful parties, which can be found by means of inferential statistics (Lago-Peñas, Lago-Ballesteros, Dellal & Gómez, 2010), as done in the present study. Specifically, a factor analysis of the new parameters was conducted followed by discriminant analysis. Taking into account the relationships (intercorrelations and multicollinearity) among numerous variables, factor analysis helped establish new, overarching variables referred to as factors or, sometimes in measurement theory, dimensions. These factors would be able to discriminate winners, losers and drawers. A successful discrimination supports the validity of these factors and, thus, provides evidence for the validity and usefulness of the parameters.

3.6.3 *Methods*

Procedures

In order to gather meaningful indicators, an observation model developed by the German company Optikick® was used. The main idea of this model is to understand a football match as a system that is always in a certain state (Pfeiffer, Zhang & Hohmann, 2010). The current state depends either on the referees' decisions (like set plays) or on the team possessing the ball. In a procedural way, a team has to solve four tactical objectives (each one modelled in a singular state) with intermediate goals from winning the ball to scoring a goal (see Figure 3.10). The first objective is to win control over the ball (o1) (either from the opponent or after a set play). Following this, a team has to progress spatially (o2) by dribbling or passing the ball towards the opponent's goal. This can happen more than once in a row, for example when a player dribbles the ball, but then finds himself in front of too many opponents, so that the ball has to be passed back to a teammate closer to the own goal. If this player passes or dribbles towards the opponent's goal (attacking a different area), it is a new state of progression (o2). The decision when a new state of o2 is reached depends on the assessment of the situation: A new situation of play can be created by sideways movements as well as by a new penetration after going backwards. After a successful spatial progression, the team has to prepare a goal scoring opportunity (o3). Examples for this state are a final crossing into the penalty area or a player setting up the ball. If the attempt to create an opportunity is not successful, this state can be repeated until the ball is either lost or the final state is reached. After a successful preparation the next task to solve is to score a goal from the opportunity (therefore to finally defeat defending players and the goal keeper) (o4). Possible outcomes of this state can be a goal (r1), a turnover (d1) or another scoring opportunity (o4) (e.g. if the first shot is blocked by the keeper and another attacker gets the ball with another direct scoring opportunity). The second state, the spatial progression (o2), can be reached from every offence state, because the need for a new setup can always occur when the defence acts successfully.

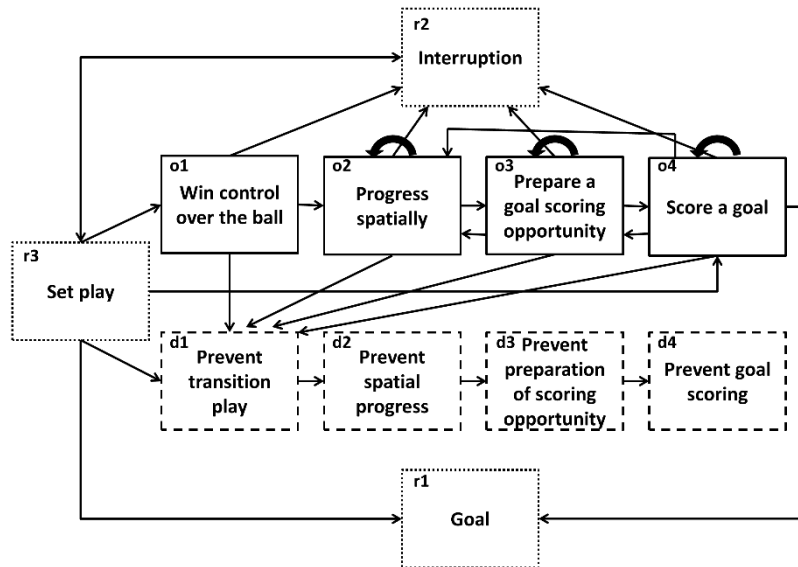


Figure 3.10. Possible Sequences of Game States Defined by Optikick®
(solid lines = team in possession of the ball; dashed lines = team without ball; dotted lines = referee's decisions).

From each of the four described states three to four other states can follow: The next state can be reached, an objective was not achieved and a second try is necessary, or there can be an interruption (r2) of the game by the referee, which is always followed by a set play (r3). Finally, the possession of the ball can be lost (d1) from every offence state and then the other team tries to progress towards a goal. The behaviour of either team depends on whether it controls the ball or not (Bourbousson, Sève & McGarry, 2010). Hence, the team in possession of the ball influences the behaviour of the defending team (Clemente, Couceiro, Martins, Mendes & Figueiredo, 2013). Depending on the current objective (state) of the attacking team, defined by the state diagram in Figure 3.10, the defending team's state is implicitly defined by the aim to prevent the opponent from progressing to a state closer to scoring a goal and to gain possession of the ball themselves (Tenga, Kanstad, Ronglan & Bahr, 2009). The corresponding four defence states (d1-4) are shown alongside the offence states in Figure 3.10.

During the analysis of a match a timestamp is recorded for each state transition. Thus, the behaviour on the pitch is collected as a procedural sequence that can be reconstructed. Based on this information, a new type of indicators, from now on referred to as tactical metrics (Mackenzie & Cushion, 2013), are collected. They describe the different intermediate goals that a whole team or parts of it try to reach (Tenga, Holme, Ronglan & Bahr, 2010a), rather than focusing on singular actions assigned to singular players.

Tactical metrics

Eleven tactical metrics, defined by Optikick®, were calculated based on the procedural nature of the data collected (see Table 3.1). In order to grant meaningful results that are not trivial (Lames & McGarry, 2007), the goals scored only influence one of these metrics, the Goal Scoring Index. Although the importance of set plays in football is well studied (Plummer, 2013), the tactical behaviour after set plays differs from the one in the flow of play. For this reason set plays were not included in the analysis. The new type of data presented by the tactical metrics above is a description of a whole team's behaviour during a match instead of focusing on the performance of single players or isolated situations. Moreover, instead of results of certain behaviour (like a corner kick) the procedural description of the tactical behaviour itself is recorded. Therefore, tactical metrics may provide important and valuable information not gleaned before (Mackenzie & Cushion, 2013; McGarry, 2009).

Table 3.1. Contents of the Tactical Metrics Used. The Quoted States are from Figure 3.10.

Tactical Metric	Content
Goal Scoring Index (GSI)	$\frac{\text{Goals scored (r1)}}{\text{Goal scoring opportunities (o4)}}$
Ball Recovery Index (BRI)	$\frac{\text{Direct recoveries of the ball after losing it (transition d1 to o1)}}{\text{Lost possessions (d1)}}$
Successful Transition Index (STI)	$\frac{\text{Successful of fensive transition plays (transition o1 to o2)}}{\text{Won possessions (o1)}}$
Ball Recovery Time (BRT)	Mean Duration of direct recovery of the ball (transition d1 to o1)
Ball Loss Index (BLI)	$\frac{\text{Direct losses of the ball after winning it (transition o1 to d1)}}{\text{Won possessions (o1)}}$
Prevented Transition Index (PTI)	$1 - \frac{\text{Opponent's successful transition plays (transition d1 to d2)}}{\text{Lost possessions (d1)}}$
Ball Loss Time (BLT)	Mean duration of direct loss of the ball (transition o1 to d1)
Offence Efficiency (OE)	$\frac{\text{scoring opportunities from open play (o4)}}{\text{Won possessions (o1)}}$
Offence Time (OT)	Mean duration of offence plays from open play (transition o1 to o4)
Defence Efficiency (DE)	$1 - \frac{\text{Opponent's scoring opportunities from open play (d4)}}{\text{Lost possessions (d1)}}$
Defence Time (DT)	Mean duration of defence plays from open play (transition d1 to d4)

Sample

27 of the 31 games played by the 16 teams of the UEFA Euro 2012® were analysed using the TV broadcasting recordings, resulting in 54 data sets. Only the regular playing time was examined, because of the different nature and meaning of overtime play. That is why the result based on 90 minutes was used to build three groups indicating match success (winner, drawer and loser). Two trained observers recorded the defined game events via Dartfish® Software and the notational analysis system described previously. Four games were not taken into consideration because of insufficient quality of the observations leading to missing values. The missing games included games from the preliminary as well as from the final round of the tournament and different teams were affected, so that a systematic and, therefore, misleading error is not expected (see Table 3.2 for a detailed distribution of the teams). As shown in Table 3.2, some teams contribute more to some groups than others – for example GER and ESP influence the values of the winning group considerably. This fact is intended, since the aim of the study is to test if the new metrics are suitable to differentiate more from less successful teams (like it is desired in performance analysis).

Table 3.2. *Distribution of the National Teams to the Three Groups.*

Team	N	Winner	Drawer	Loser
CZE	4	2	0	2
POL	3	0	2	1
GRE	3	0	1	2
RUS	2	1	1	0
DEN	3	1	0	2
POR	4	3	0	1
GER	5	4	0	1
NED	3	0	0	3
CRO	3	1	1	1
ESP	5	4	1	0
IRL	3	0	0	3
ITA	6	2	3	1
FRA	4	1	1	2
ENG	3	1	2	0
SWE	2	1	0	1
UKR	1	0	0	1
SUM	54	21	12	21

Data Analysis

To test the objectivity of the defined states, a video of ten random games (preliminary as well as final round) of the Euro 2012® was created. From these games different sequences of 12-minute duration were cut out to ensure that each of the 90 minutes was covered by at least one sequence. This edited video was watched by two independent trained observers. Cohen's Kappa then was calculated to check the degree of agreement between them. Lacking a model of possible connections between the examined indicators, an exploratory factor analysis (via IBM SPSS®) was conducted to examine the correlations among the metrics and determine their factor structure. In order to examine the possible differences between teams that were successful and those which were not, a discriminant analysis was calculated subsequently using IBM SPSS®. Because of the small sample size, a (leave-one-out) cross-validated discriminant analysis was calculated to reduce the influence of a single case on the classification. The factor values of the factors identified above were used as independent variables. Success was defined by the outcome of every single match, whether a team won, lost or drew. Therefore, a connection between the tactical metrics and match success is tested to conclude suitability for performance analysis. Because the discriminant analysis provides the opportunity to take a closer look at the two discriminating functions used to separate the three groups, it can be determined, which of the independent variables is important to discriminate the groups. This step holds the information that is crucial for coaches: Where are the tactical differences between teams that win a game and those who do not.

3.6.4 Results

Objectivity of the observation model

Inter-rater reliability showed excellent results (Cohens Kappa = .89; $p < .05$) (Robson, 2011) for recognizing the current state of the match. Based on this result, further investigation is permissible.

Descriptive statistics of the tactical metrics

Table 3.3 shows the values of the examined metrics separated in three groups of teams based on the result of the match. As expected, the means of some of the metrics ascend or descend from winner over draw to loser (like GSI and DE). Other values do not seem to have such a direct link, but differences between the three groups can be recorded for almost every metric. The standard deviations show a great variability in tactical metrics.

Table 3.3. Means, Standard Deviations and Ranges of the Tactical Metrics.

Group Tactical Metric	Winner			Drawer			Loser		
	M	SD	Range	M	SD	Range	M	SD	Range
GSI [%]	21.33	12.89	6.00 - 50.00	9.42	5.93	0.00 - 20.00	6.71	9.57	0.00 - 33.00
BRI [%]	10.81	7.08	2.00 - 28.00	12.42	5.38	4.00 - 22.00	10.14	6.15	1.00 - 23.00
STI [%]	72.52	10.73	51.00 - 86.00	69.17	9.28	54.00 - 84.00	70.19	10.38	49.00 - 85.00
BRT [sec]	4.68	2.32	0.00 - 9.85	3.98	4.44	0.00 - 13.27	4.65	3.78	0.00 - 16.00
BLI [%]	10.14	6.15	1.00 - 23.00	12.42	5.38	4.00 - 22.00	10.81	7.08	2.00 - 28.00
PTI [%]	29.81	10.38	15.00 - 51.00	30.83	9.28	16.00 - 46.00	27.48	10.77	14.00 - 49.00
BLT [sec]	4.63	3.78	0.00 - 16.00	3.98	4.44	0.00 - 13.27	4.68	2.32	0.00 - 9.85
OE [%]	2.14	1.01	1.00 - 4.00	0.67	0.49	0.00 - 1.00	0.43	0.60	0.00 - 2.00
OT [sec]	8.74	7.60	0.00 - 25.00	6.69	9.77	0.00 - 29.80	5.51	6.42	0.00 - 22.00
DE [%]	99.57	0.60	98.00 - 100.00	99.33	0.49	99.00 - 100.00	97.86	1.01	96.00 - 99.00
DT [sec]	5.51	6.42	0.00 - 22.00	6.69	9.77	0.00 - 29.80	8.74	7.60	0.00 - 25.00

Factor analysis

To take into account possible intercorrelations or dependencies between the new variables, an exploratory factor analysis with varimax rotation was calculated. Thus, the eleven tactical metrics were reduced to a smaller number of meaningful dimensions (Robson, 2011). Both, the inspection of the screeplot as well as the Kaiser criterion led to a total number of four semantically explainable factors that explain 75.55% of the total variance (see Table 3.4). Summing up the results presented in Table 3.4, the four factors are explained as follows:

1. Game speed in different situations (24.46% of variance)
2. Transition play after losing possession over the ball (20.05% of variance)
3. Transition play after winning possession over the ball (16.84% of variance)
4. Efficiency in open (offence) play (14.19% of variance)

Table 3.4. Rotated Component Matrix.

Tactical Metric	Factor			
	1	2	3	4
GSI	.23	.16	.13	.84
BRI	-.03	-.93	.17	-.04
STI	.03	.09	-.95	.04
BRT	.84	-.22	-.08	.01
BLI	-.03	-.17	.92	.01
PTI	.03	.95	-.09	-.02
BLT	.84	.07	.21	.06
OE	-.02	-.09	.06	.92
OT	.65	.01	-.35	.23
DE	.08	.04	.19	-.56
DT	.69	.33	-.02	-.19

Discriminant analysis

Table 3.5. Classification of the Teams by their Results and According to the Values of the Discriminant Functions.

Original Group	Predicted Group Membership		
	Winner	Drawer	Loser
Winner	66.67%	33.33%	0.0%
Drawer	25.00%	41.67%	33.33%
Loser	4.76%	19.05%	76.19%

The results of the analysis revealed that 64.81% of the cases were classified correctly (see Table 3.5). Classification was predominantly successful for winning and losing teams, no winner was mistaken as loser and almost no loser was grouped as a winner. The group of the drawing teams was recognized less clearly. The two factors that discriminate best between the three defined groups are the transition play after losing possession over the ball and the efficiency in open (offence) play. Corresponding to Table 3.4, the tactical metrics that distinguished more or less successful teams in Euro 2012® were the Ball Recovery Index and the Prevented Transition Index (represented by the second factor) and the Goal Scoring Index and the Offence Efficiency (represented by the fourth factor).

Table 3.6. Combined Correlations within the Groups between Discriminant Variables and Standardized Coefficients from the Discriminant Analysis.

Component	Function	
	1	2
1 Game speed in different situations	-0.03	0.56
2 Transition play after losing possession over the ball	-0.07	0.79
3 Transition play after winning possession over the ball	-0.08	-0.22
4 Efficiency in open (offence) play	0.95	0.15

3.6.5 Discussion

Since the aim of this study was twofold (presenting a new approach for performance analysis and testing its validity), the discussion of the results is divided into two parts: First, the findings are discussed in the context of prior research concerning top-level football in general. Afterwards, methodological aspects are discussed and compared to studies with a similar design. It should be noted that every comparison has to be made carefully, because the tactical metrics presented in this study are of a different nature than the indicators used predominantly.

Content Discussion

The results of the present study indicate the importance of the solution of two different tactical situations: Transition play after losing possession over the ball and the general efficiency in offence play. The importance of transition play in general is also reported by several other studies that examined top-level football (Hughes & Franks, 2005; Tenga, Ronglan & Bahr, 2010). One explanation is that offence play seems to be more efficient against a disordered defence (Tenga et al., 2010a, 2010b). Since the best opportunity to reach this situation is a successful offence transition play, the significance of defence transition is thus evident. It is remarkable that more and less successful teams competing in Euro 2012® do not differ regarding the behaviour after ball recovery, but they do regarding ball loss. In contrast to the majority of the cited studies, the presented observation model is a procedural one. In that way the constant stream of behaviour is modelled. The high importance of defence transition play, for example, is emphasized through the values themselves and not resulting from an interpretation of parameters and therefore, providing a higher degree of objectivity.

Wallace and Norton (2014) pointed out the ascending speed of football matches over the past decades (ball speed as well as passing rate). They discussed that the observed acceleration might be because of an advantage for playing with high speed in invasion games. The results of our study allow an additional view on game speed. Density of actions (like passes) and the speed of the ball increased over time, but taking an explicit connection to game success into account, no crucial advantage can be found in solving a tactical objective as fast as possible. Due to the nature of the observed metrics, it might be that successful teams do play faster (like ball speed or number of passes per minute) in a certain state, but they do not progress to new tactical

objectives significantly faster. It has to be noted, however, that the observation model used in the present study relied on mean durations between the transitions of the different states.

The superiority in offence of successful teams has been established by Lago-Peñas, Lago-Ballesteros and Rey (2011) and Shafizadeh et al. (2013). The data presented by Shafizadeh et al. (2013) also holds a possible explanation, why the average durations in different situations do not discriminate between more or less successful teams: Different national teams use different styles of play to create their scoring opportunities. The group of winning teams considered in this study comprises several nations and each of them prefers a different tactical organization. For example, Spain used predominantly long possessions to prepare scoring opportunities, while other teams prefer a more direct way of attacking (like England), but both teams influence the average durations in the winners' group.

A discriminant analysis of matches of the Spanish League led to 55.1% correct classifications (Lago-Peñas et al., 2010) and a similar procedure for Champions League matches classified 79.7% of the cases correctly (Lago-Peñas et al., 2011). The higher discriminations for the matches of the Champions League and for the Euro 2012® in the present study indicate that the three groups (winner, drawer and loser) can be classified better, if the importance of every single match played is higher. One possible interpretation is that the consequence of a match's outcome is final and therefore a good team cannot underperform (for example by not nominating their best players) in knockout matches.

Methodological Discussion

Factor analysis uncovered that the eleven tactical metrics represent four semantically explainable factors. Each tested metric exhibited a strong correlation to only one of the four factors, highlighting the selectivity of these factors that are able to explain 75.55 % of the total variance. Discriminant analysis was able to classify 64.81% of the cases correctly, which is almost twice as good as random (chance of guessing is 33.33%). It should be highlighted that a wrong classification between winners and losers was very unlikely to occur (0.00% respectively 4.76%), while the discrimination of drawers was more complicated, as expected. Lago-Peñas et al. (2010; 2011) calculated a discriminant analysis to find differences between more or less successful football teams regarding game related statistics. Examination of a great amount of match statistics from the Spanish League led to 55.1% correct classifications (Lago-Peñas et al., 2010), whereas success in Champions League matches could be discriminated better (79.7%, Lago-Peñas et al., 2011).

The parameters with the highest impact on discriminating the three groups by Lago-Peñas et al. (2011) were predominantly connected to goals scored or scoring opportunities. This fact is trivial, because the different number of goals scored between the two teams is the criterion for these groups' separation (Lames & McGarry, 2007). In order to generate new information for the training and coaching process, it is more appropriate to look for differences in behaviours not directly connected to the number of goals scored. Only one of the tactical metrics (GSI) has a direct connection to the number of goals, so the discriminating power of the different factors results in interesting information for coaches. For example, the results of the present study propose that the behaviour after ball loss should be an important issue for training. Such a conclusion cannot be drawn from the finding that winners receive less red cards than losers. In

general, game related statistics usually count the results of tactical behaviour (like a yellow card, the number of corner kicks received, etc.). Tactical parameters, like the metrics in this paper, do not represent the results of behaviour, they describe different types of it. This difference raises the importance of the new metrics for coaches and scouts as shown above.

The combination of factor and discriminant analysis revealed some information concerning the connections between the presented tactical metrics as well as their suitability to discriminate between successful and unsuccessful teams. All metrics that represent mean durations (BRT, BLT, OT, DT) constitute the first factor with limited power for discrimination. Therefore, all mean durations are connected, but successful teams do not solve the defined tactical objectives neither faster nor slower than unsuccessful ones on average. The second factor (Transition play after losing possession over the ball) contains BRI and PTI in opposing direction, both being represented well by the factor. Regarding the high discriminating power of the second factor, the behaviour after losing the ball is an important factor for successful play. The two metrics (also in opposing direction) describing the behaviour after winning the ball constitute the third factor. But more and less successful teams do not differ from each other regarding offence transition play. The last factor consists of the metrics GSI, OE and DE, but the latter is not represented well, which indicates lesser importance. The efficiency, especially in offence, shows the highest impact on the discrimination between winners, drawers and losers. Closing the methodological discussion, future research concerning tactical metrics should take the location on the pitch into account. Therefore, a zone model representing different areas could be used to note the location of state transitions.

3.6.6 *Conclusions*

The tactical metrics presented can be summarized in four factors (Game speed, Transition play after ball loss, Transition play after ball recovery and Efficiency in open (offence) play). These factors are suited to discriminate winners, losers and drawers with 64.81% correct classifications. Furthermore, this data do not only represent the results of behaviour, but rather reflect the course of tactical behaviour of a team in an attacking as well as a defending dimension and, therefore, depend on the interaction with the direct opponent. Many of the theoretical requirements for a sound research concerning performance in sports games suggested by several authors are met. Based on this, a more meaningful transfer of the results to sports practice is possible.

3.7 Linear vs. non-linear classification of winners, drawers and losers at FIFA World Cup 2014

3.7.1 *Abstract*

Tactical analyses to distinguish between football teams that were more or less successful have been conducted up to now only by means of linear methods (like discriminant analysis). Concerning the non-linear relationships between performance related conditions, performance and success in sports games, a non-linear method could be more appropriate. Therefore, all knockout matches played during FIFA World Cup 2014 were analysed using tactical metrics. Results lead to 4 different dimensions (Transition play, Creating scoring opportunities, Defense

and Scoring) from which especially the latter was essential to differentiate between winners, drawers and losers. Linear discriminant analysis identified 43.30% of the cases correctly whereas a non-linear artificial neural network (ANN) lead to a successful classification of 57.85% all together. Considering that the differences concerning the tactical behaviour between more and less successful teams were small due to the homogeneous level of performance, the results of the discrimination by means of artificial neural networks indicate non-linear to be more adequate compared to linear methods for future analyses of sports games.

3.7.2 Introduction

For sport scientists as well as for football coaches, it is important to gain a deeper understanding of the relevance of tactical behaviour on the pitch (DiSalvo et al., 2009). Therefore, data modelling the behaviour during a competition has to be tested for the relation to performance or success. Thus, a relevance can be quantified and meaningful contents for the training- and coaching processes can be deduced.

A prominent source for the latest data on behaviour in elite male football is the FIFA World Cup 2014 in Brazil. As the most important tournament in football, several research studies have addressed this tournament. Published findings concerning tactical behaviour are: Each of the four semi-finalists had similar distribution of ball possession in three horizontal zones (Göral, 2015). Teams that had a high percentage of ball possession played more passes and spent more time in the opponent's half (da Mota, Thiengo, Gimenes & Bradley, 2015). Germany reached a higher value for the Rhythm of Ball Transmission (the ratio between balls received and the number of ball contacts during possession) compared with Brazil (Mantovani, Santos & da Costa, 2015). Additionally, the German team also played more passes than the other three semi-finalists (Vianna, Santos & da Costa, 2015). The parameters shot, shot on target, shot from counter attack, shot from inside area, ball possession, pass, short pass, average pass streak, and tackle had a positive correlation with the outcome of a match in the group stage. Negative correlations were found for cross and yellow card counts (Liu & Gomez, 2014).

In order to examine the meaning of several key performance indicators (KPIs) for performance discriminately and quantifiably, Liu, Gomez, Lago-Peñas and Sampaio (2015) subdivided the matches of the group stage into all games and close ones. Results showed that for all games, nine match statistics had clearly positive effects on the probability of winning (Shot, Shot on Target, Shot from Counter Attack, Shot from Inside Area, Ball Possession, Short Pass, Average Pass Streak, Aerial Advantage, and Tackle). On the other hand, four had clearly negative effects (Shot Blocked, Cross, Dribble, and Red Card) and 12 other statistics had no significant effects. When looking at close games only, two parameters showed different influence: Aerial advantage becomes irrelevant and yellow cards do have a negative influence on match outcome.

All these studies neglect constituent properties of sports games by reducing the behaviour on the pitch to isolated statistical values without temporal and situational context. Moreover, the permanent interaction of two teams is not taken into consideration and, therefore, the findings of these studies are of limited value for coaches (Mackenzie & Cushion, 2013).

Clemente, Martins, Kalamaras, Oliveira et al. (2015) chose a different approach to analyse the matches of the FIFA World Cup, using parameters from network analysis. The players (or the

roles of players) are the nodes of the network whereas the passes are the edges. Thus, the variables model the interaction in a procedural way (Clemente, Martins, Kalamaras, Wong & Mendes, 2015) leading to the following results:

The importance of midfielders for the attacking process (they received and played the most passes) was shown for the Swiss national team (Clemente, Martins, Kalamaras, Oliveira et al., 2015) as well as for Portugal (Mendes, Clemente & Martins, 2015) and Germany (Clemente, Silva, Martins, Kalamaras & Mendes, 2015). Additionally, it was possible to characterize that the German national soccer team's attacking process as being based on positional attack instead of counter-attack, using short passes and involving almost every player in the passing process. A closer look at all matches played in the tournament revealed that central midfielders were the most prominent players in most formations. Central and external defenders took this role in some systems (Clemente, Martins, Wong, Kalamaras & Mendes, 2015).

The network parameters are suited for the analysis of sports games, because the permanent process of interaction is taken into account. Nevertheless, the studies mentioned only describe the behaviour on the pitch and do not allow a conclusion to be drawn concerning the relevance of these parameters for performance or success (Sarmiento, Marcelino et al., 2014). This issue is additionally illustrated by an analysis of Clemente, Martins, Kalamaras, Wong et al. (2015), who examined all matches of the World Cup 2014. The presented results indicate that the values of the network parameters depend on the playing style of a team instead on the successful outcome. The values of the Spanish team, for example, were pretty similar for all 3 games played – even though two matches were lost (1 of them clearly) and one was won (Clemente, Martins & Mendes, 2014). Variables, as for example the density of a network, do not seem to have a direct impact on match success (Clemente, Martins, Kalamaras, Oliveira et al., 2015). To summarize these findings, network parameters do not seem to be suited for explaining the success of a soccer team.

An alternative approach to analyse football matches was presented by Winter and Pfeiffer (2015). A notational analysis based on the tactical objectives a team has to solve from winning the ball to scoring a goal was conducted and led to interesting performance-related results. However, all matches of the whole tournament were considered equally in the analysis. This may impair the accuracy of analysis results, because the games of the group stage do not have the same final meaning as the knockout-matches, where no match loss can be compensated for. So there is reason to believe that the behaviour of teams depend on the stage of the tournament (Cotta, Mora, Merelo & Merelo-Molina, 2013; Mackenzie & Cushion, 2013) and, therefore, should be examined separately. This idea is also supported by the finding that the relevance of some game-related statistics change dependent on whether a match is close or not (Liu et al., 2015). Further, it is not clear whether a discriminant analysis is a proper way of examining possible differences between more or less successful teams. Even though this course of action has been conducted several times (Lago-Peñas et al., 2010; Lago-Peñas et al., 2011; Winter & Pfeiffer, 2015), the link between performance indicators and success may be non-linear. Therefore, a non-linear statistical test may lead to better results.

Based on the discussion above, the objectives of this study are threefold: a) The results of the analysis of the Euro 2012 (Winter & Pfeiffer, 2015) are compared to data from the most recent

event (FIFA World Cup 2014), b) the knockout-matches are examined separately to take into account the different meaning of these matches, and c) the discrimination between winners, drawers and losers through a linear model is compared to the non-linear classification of these groups using an ANN analysis.

3.7.3 Methods

Procedures

According to the observation model used, a football game is a system that is always in a certain state (Pfeiffer et al., 2010) and the course of a match can be described by the transitions between these states over time. The states are defined by either referee's decisions (goals – r1, interruptions – r2 and set plays – r3), or by tactical objectives the team in possession of the ball has to solve (Winter & Pfeiffer, 2015). First, the ball has to be controlled (o1) – from the opponent or after a set play. The spatial progression (o2) comes second (not dependent on how the space is covered), so the team has to come closer to the goal in order to create a promising scoring opportunity. The creation of the opportunity to score (o3) follows third. Possible actions in this state are a final pass or crossing, a dribbling or just putting the ball to the strong foot. The scoring itself (an action intended to get the ball over the scoring line) comes fourth and last for the attacking team. In contrast, the defending team has always two tasks: To win control over the ball (o1) and to prevent that the attacking team solves their current objective (d1-d4) and therefore proceeds towards scoring. Thus, there is a dependency between defense and the opponent's offense (Clemente et al., 2013). The possible transitions from certain states to others can be seen in Figure 3.11 and are further described by Winter and Pfeiffer (2015).

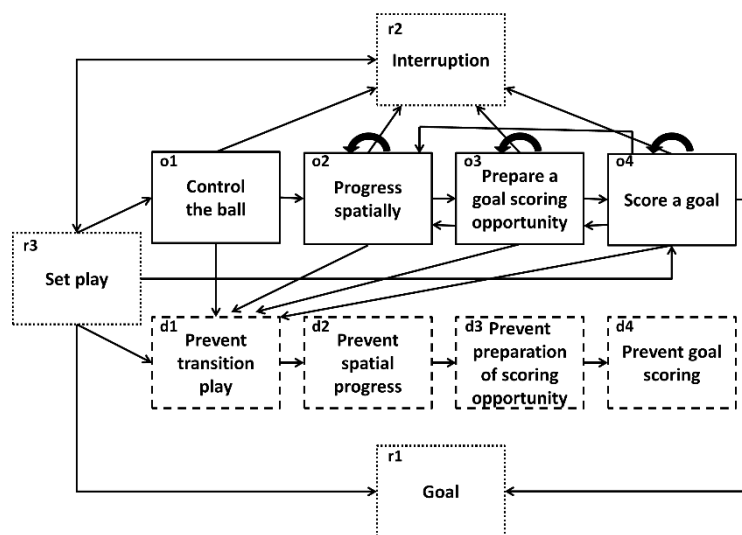


Figure 3.11. Possible Sequences of Game States

(solid lines = team in possession of the ball; dashed lines = team without ball; dotted lines = referee's decisions).

By observing objectives of both teams over time, many requirements to get meaningful parameters for analyzing sports games are met (Mackenzie & Cushion, 2013; McGarry, 2009). These variables can be used to calculate indicators that quantify spatiotemporal relationships of

teammates or opponents and are therefore considered tactical metrics (Clemente, Martins, Wong et al., 2015; Vilar, Araujo, Davids & Button, 2012).

Table 3.7. Contents of the Tactical Metrics Used in this Research. The Quoted States are from Figure 3.11.

Tactical Metric	Content
Goal Scoring Index (GSI)	$\frac{\text{Goals scored (r1)}}{\text{Goal scoring opportunities (o4)}}$
Ball Recovery Index (BRI)	$\frac{\text{Direct recoveries of the ball after losing it (transition d1 to o1)}}{\text{Lost possessions (d1)}}$
Successful Transition Index (STI)	$\frac{\text{Successful of offensive transition plays (transition o1 to o2)}}{\text{Won possessions (o1)}}$
Ball Loss Index (BLI)	$\frac{\text{Direct losses of the ball after winning it (transition o1 to d1)}}{\text{Won possessions (o1)}}$
Prevented Transition Index (PTI)	$1 - \frac{\text{Opponent's successful transition plays (transition d1 to d2)}}{\text{Lost possessions (d1)}}$
Offence Efficiency (OE)	$\frac{\text{Scoring opportunities from open play (o4)}}{\text{Won possessions (o1)}}$
Defence Efficiency (DE)	$1 - \frac{\text{Opponent's scoring opportunities from open play (d4)}}{\text{Lost possessions (d1)}}$
Ball Loss O1 (BL_O1)	$\frac{\text{transitions o1 to d1}}{\text{all transitions to d1}}$
Ball Loss O2 (BL_O2)	$\frac{\text{transitions o2 to d1}}{\text{all transitions to d1}}$
Ball Loss O3 (BL_O3)	$\frac{\text{transitions o3 to d1}}{\text{all transitions to d1}}$
Ball Loss O4 (BL_O4)	$\frac{\text{transitions o4 to d1}}{\text{all transitions to d1}}$

Seven of the eleven tactical metrics introduced by Winter and Pfeiffer (2015) were used. The four metrics consisting of mean durations were left out, because of their low meaning

concerning match success. The remaining parameters are Goal scoring index (GSI), Ball recovery index (BRI), Successful transition index (STI), Ball loss index (BLI), Prevented transition index (PTI), Offence efficiency (OE), and Defence efficiency (DE). Since the behaviour after losing ball possession was found to be important to be successful (Winter & Pfeiffer, 2015) four additional tactical metrics were evaluated to record how all losses of the ball are distributed on the four states (see Table 3.7 for the definition of the parameters).

Sample

All 15 matches played during the knockout rounds of the FIFA World Cup 2014 were analyzed (see Table 3.8 for a detailed distribution of the teams). Conclusions about playing behaviour in knockout games can only be drawn when separating preliminary from knockout matches (Carling, Wright, Nelson & Bradley, 2014). Only the regular playing time was examined, because of the different nature and meaning of overtime play. That is why the result based on 90 min was used to build three groups indicating match success (winner, drawer and loser).

Table 3.8. Distribution of the National Teams to the Three Groups.

Team	N	Winner	Drawer	Loser
BRA	3	1	1	1
CHI	1	0	1	0
COL	2	1	0	1
URU	1	0	0	1
FRA	2	1	0	1
NGA	1	0	0	1
GER	4	2	2	0
ALG	1	0	1	0
NED	3	1	2	0
MEX	1	0	0	1
CRC	2	0	2	0
GRE	1	0	1	0
ARG	4	1	3	0
SUI	1	0	1	0
BEL	2	0	1	1
USA	1	0	1	0
SUM	30	7	16	7

Data Analysis

For testing the objectivity of the presented observation model, a video consisting of ten 12-min duration sequences of random games (preliminary as well as final round) of the examined tournament was created. In that way, it could be made sure, that each of the 90 min played was covered at least by one sequence. Two independent trained observers watched and coded the video, and Cohen's kappa was calculated to measure the inter-rater reliability.

To examine the interdependencies between the tactical metrics, an exploratory factor analysis with varimax rotation was conducted (via IBM SPSS) to examine correlations among them and to determine their factor structure. Winter and Pfeiffer (2015) did a similar analysis for their metrics, but it is not permissible to draw conclusions for the present study for two reasons: First, some metrics were replaced and second, it is not clear if the structure is stable over different tournaments.

Subsequently, to test possible differences between winners, drawers and losers, a discriminant analysis was conducted via IBM SPSS. Because of the small sample size, a (leave one out) discriminant analysis with cross validation was performed to reduce the influence of a single case on the classification. In order to further analyse the influence of each factor on the differences between the different classes of success, a closer look at the discriminant functions was taken.

Considering the complex connections of actions and success in sports games, it is reasonable to presume that the connection between the values of tactical metrics and the outcome of a match are non-linear, too. Therefore, ANN, a data-processing method that models connections and dependencies between defined input and output variables non-linearly by training a network of artificial neurons based on previous known connections, was used for a second classification via IBM SPSS. The result of a match for each team (winner, drawer and loser) was taken as output and the values of the identified factors built the input (without rescaling). One hidden layer was chosen with an automatic choice of net architecture, which is an appropriate choice for the classification scenario. The chosen settings for the training were a batch processing with a scaled conjugated gradient. To build a setting comparable to the discriminant analysis, the sample was divided randomly into 3 groups: 80% for training the net, 17% for testing (to prevent an overfitting of the net) and 3% for hold-out (the data set that did not influence the building of the net and that should be classified), which correspond with 1 data set. This whole process was repeated 236 times, so that 236 different ANNs were built to reduce the probability below 1% that a data set was not used as hold-out. This kind of classification enables to examine the relevance of the used input variables for the identification process. Since the relevance of each covariate is presented relative to the most important factor (100%), the mean importance over all 236 iterations is calculated to give an idea of the mean relevance of a factor.

3.7.4 Results

Objectivity of the observation model and descriptive statistics

The testing showed very good results concerning the inter-rater reliability (Cohen's Kappa > 0.8; $p > .05$) (O'Donoghue, 2012) for independently recognising the current state of the match. Based on this result, further investigation is permissible.

Table 3.9. Means, Standard Deviations and Ranges of the Tactical Metrics.

Group Tactical Metric	Winner			Drawer			Loser		
	M	SD	Range	M	SD	Range	M	SD	Range
GSI [%]	24.37	16.21	10 - 58.33	2.69	5.27	0.00 - 16.67	4.21	5.31	0.00 - 11.11
BRI [%]	11.76	6.12	1.90 - 20.00	11.98	5.02	3.33 - 23.96	15.26	10.39	5.00 - 34.65
STI [%]	70.42	16.10	39.60 - 88.13	74.97	9.49	56.25 - 88.33	71.59	13.59	46.96 - 89.24
BLI [%]	15.26	10.39	5.00 - 34.65	11.98	5.02	3.33 - 23.96	11.76	6.12	1.90 - 20.00
PTI [%]	28.41	13.59	10.76 - 53.04	25.03	9.49	11.67 - 43.75	29.58	16.10	11.88 - 60.40
OE [%]	8.17	4.61	3.13 - 16.67	10.12	5.08	3.23 - 20.00	10.10	4.67	3.16 - 16.07
DE [%]	89.90	4.67	83.93 - 96.84	89.88	5.08	80.00 - 96.77	91.83	4.61	83.33 - 96.88
BL_O1 [%]	25.21	14.62	12.24 - 53.19	19.72	7.38	8.68 - 31.96	20.56	9.75	8.45 - 38.14
BL_O2 [%]	47.58	14.72	23.40 - 76.06	47.22	8.65	33.00 - 58.70	49.22	14.51	37.25 - 78.87
BL_O3 [%]	5.76	4.67	0.00 - 11.76	11.91	5.28	3.90 - 24.68	7.39	5.07	0.00 - 14.81
BL_O4 [%]	6.50	3.46	2.21 - 12.24	8.76	4.62	3.08 - 17.44	8.81	4.23	2.82 - 13.73

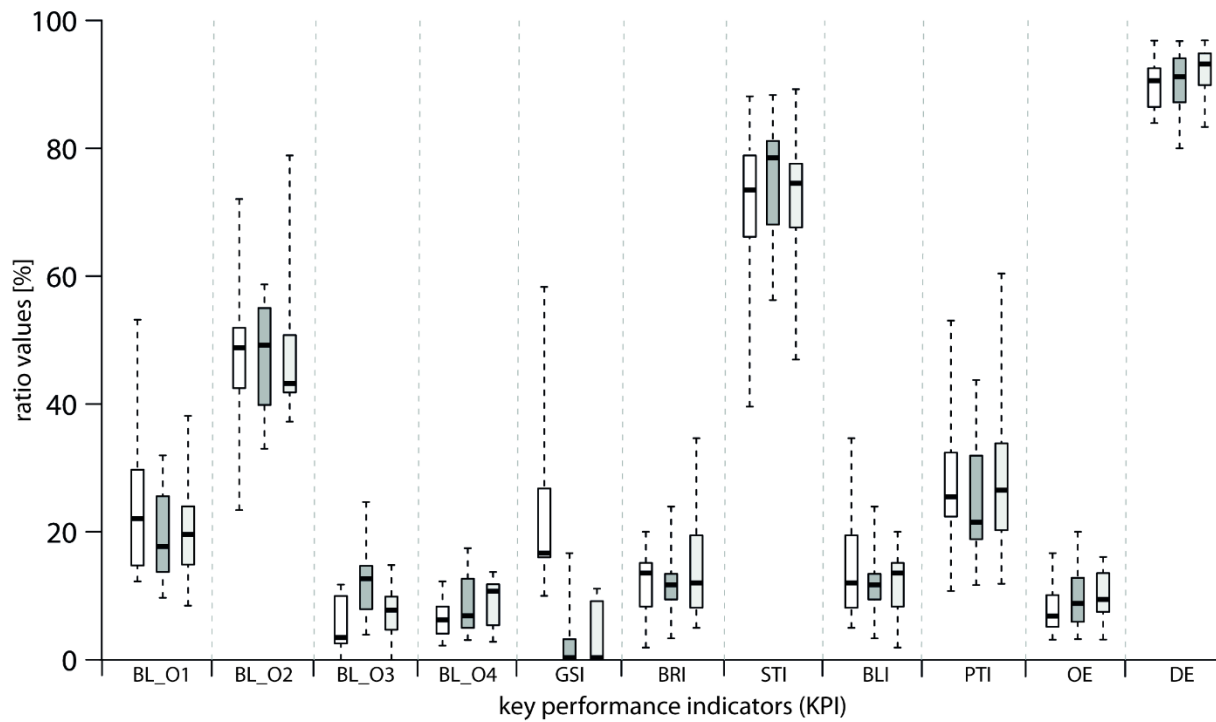


Figure 3.12. Descriptive Statistics of the Examined Metrics
(white = winners; dark grey = drawers; light grey = losers).

Table 3.9 and Figure 3.12 present the descriptive statistics of the examined metrics separated based on the result of the match. It is conspicuous that, once again, tactical metrics show great variability.

Factor Analysis

Table 3.10. Rotated Component Matrix.

Tactical Metric	Factor			
	1	2	3	4
GSI	0.073	-0.149	-0.030	0.967
BRI	0.710	0.199	0.519	-0.065
STI	-0.962	0.155	0.113	-0.060
BLI	0.905	-0.165	-0.185	0.164
PTI	0.816	0.188	0.433	-0.065
OE	0.010	0.954	-0.024	-0.080
DE	-0.124	-0.066	0.859	-0.038
BL_O1	0.923	-0.160	-0.065	0.164
BL_O2	-0.788	-0.452	0.267	0.017
BL_O3	-0.422	0.407	0.286	-0.354
BL_O4	-0.031	0.962	0.013	-0.134

An exploratory factor analysis reduced the 11 tactical metrics to 4 dimensions that were defined in accordance with the screeplot. These 4 factors explain 86.56% of the total variance (see Table 3.10). The semantical interpretation of the factors lead to the following explanation:

1. Transition play (42.32% of variance)
2. Creating scoring opportunities (24.15% of variance)
3. Defense (12.75% of variance)
4. Scoring (7.34% of variance)

Discriminant Analysis

Table 3.11. Classification of the Teams by their Results and According to the Values of the Discriminant Functions.

Original Group	Predicted Group Membership		
	Winner	Drawer	Loser
Winner	57.14%	14.29%	28.57%
Drawer	43.75%	6.25%	50.00%
Loser	0.00%	71.43%	28.57%

Discriminant analysis was able to classify 43.30% of the cases correctly (see Table 3.11), when using cross-validated leave-one-out classification. Most winning teams were classified correctly, but problems occurred when classifying the group of drawers. The two factors that were most important for classification were Scoring and Defense (see Table 3.12). Corresponding to Table 3.10, the tactical metrics that distinguished the teams based on the result after 90 minutes of play were GSI (Factor 4) and DE and further BRI and PTI (Factor 3).

Table 3.12. Combined Correlations within the Groups between Discriminant Variables and Standardized Coefficients from the Discriminant Analysis.

Component	Function	
	1	2
1 Behaviour during transition play	0.09	0.36
2 Behaviour in creating scoring opportunities	-0.12	-0.10
3 Defensive behaviour	0.01	0.92
4 Success in using scoring opportunities	0.94	-0.13

Artificial Neural Network

Table 3.13. Mean Classification of 236 Iterations of an Artificial Neural Network.

Original Group	Predicted Group Membership		
	Winner	Drawer	Loser
Winner	58.33%	23.96%	17.71%
Drawer	10.00%	82.35%	7.65%
Loser	10.90%	85.26%	3.85%

The non-linear ANN classified 57.85% of the cases correctly on average (see Table 3.13). It is remarkable that the biggest group of the sample (drawers) is predicted best by far. The two factors that were responsible for the classification were Scoring with a mean relevance of 97.76% and Transition play with 38.89%. As seen in Table 3.10, the corresponding tactical metrics are GSI (Factor 4) and BRI, BLI, PTI, BL_O1 in a positive and STI and BL_O2 in a negative way.

3.7.5 Discussion

The discussion is divided into two parts, following the different aims of the study: First, the findings are discussed in the context of current research. Second, methodological aspects are discussed (including the comparison of the different classification methods).

Content Discussion – Comparison to former research

A closer look at Table 3.9 and Figure 3.12 shows the great variability of the tactical metrics from match to match. Since many players (team mates and opponents) are involved, this is not surprising (Gregson, Drust, Atkinson & Salvo, 2010) and in line with former research (Winter & Pfeiffer, 2015).

The discriminant analysis was able to classify 43.30% of the cases correctly, predominantly due to differences concerning Scoring and Defense. This led to a good recognition for winning teams and a poor one for drawers (see Table 3.11). This fact is a contrast to classification by means of ANN (57.85% correct classifications in total) which was based mainly on different values for Scoring and Transition play. The latter approach allowed a nearly optimal identification of drawing teams and the worst for losing ones (see Table 3.13).

A major aim of the study was to examine if there were certain kinds of tactical behaviour at the FIFA World Cup 2014 that were more important for the successful outcome of a match than others. In that way, the impact of these behaviours on performance was tested. One result that is verified by both ways of classification is that the process of scoring is important to differentiate between more and less successful teams. This is in line with current research (Lago-Peñas et al., 2010; Lago-Peñas et al., 2011; Liu et al., 2015; Yue, Broich & Mester, 2014).

A good ratio between goals and scoring opportunities (that is factor 4 and therefore GSI) can either be reached by gaining more goals from an equal amount of scoring opportunities (for

example by competent strikers) or by avoiding shooting from situations that do not seem very promising. Especially the latter assumption is supported by Collet (2013) who claims that the quality of actions is far more important than the quantity to predict a successful outcome of a match.

The finding that success in scoring differentiates between more and less successful teams seems trivial at first sight. Nonetheless, it is remarkable that other behaviours did not have a greater impact on the discrimination. This means that there seemed to be no tactical orientation (for example to create much pressure on the opponent after losing the ball) that led to success for each winning team. Moreover different teams seemed to be equally successful in creating scoring opportunities through different actions (above all in the early states of an attack). However, independent from how an opportunity was reached, it was essential that this situation of the game was solved successfully.

Even though success in scoring was by far the most important variable to identify results correctly, other additional factors supported the differentiation. For the linear discrimination this factor was the behaviour of the team not in possession of the ball (first preventing progression of the attacking team over all states and second directly after ball loss). The actions that followed a change of ball possession were relevant for the ANN, too. There seems to be some interesting information in those situations (especially after ball loss), because they influence both classification routines. However, the conducted analyses of the FIFA World Cup 2014 do not support the clear importance of transition play after losing the ball that was found for UEFA Euro 2012 (Winter & Pfeiffer, 2015) with equal strength.

Methodological Discussion – Comparison of classification methods

It should be mentioned that the small size of the sample is a severe problem to build a successful classification model. Nevertheless, this disadvantage is inherent in the object of investigation: There were no more knockout games at the FIFA World Cup 2014 and the extension to knockout games from different tournaments would have meant a loss of the specific aspects of the one event of interest (Carling et al., 2014).

The results of both classification processes based on tactical metrics do not seem satisfying and, therefore, are in contrast to former research (Winter & Pfeiffer, 2015). But the results are in line with other analysis of the same tournament: The differences between winners, losers and drawers were only found in few parameters (total links, and density) (Clemente, Martins, Kalamaras, Wong et al., 2015) at least with regard to tactical behaviour. It seems that differences regarding performance between more and less successful teams in the knockout stage of the most prominent tournament of the world are small (an obvious indicator for that is that 7 out of 15 matches ended as a draw after regular time). This is an important aspect, because possible distinctions between different teams become more obvious by far if their level is heterogeneous (Collet, 2013). Regarding the immense density of performance in the knockout stage of the FIFA World Cup 2014, a correct classification of 57.85% seems acceptable (random classification would lead to 33.33%).

Former studies dealing with the classification of teams winning, losing, or drawing based on a combination of several parameters lead to better results. Lago-Peñas et al. (2010) identified 55.1% of the cases correctly (based on match statistics of the first Spanish league), Lago-Peñas

et al. (2011) reached 79.7% right identification (based on match statistics in UEFA Champions League) and Winter and Pfeiffer (2015) could distinguish the groups successfully in 64.81% of the cases (based on tactical metrics of UEFA Euro 2012). All three studies are based on a much greater sample and, therefore, a superior classification would be expected. Compared to these identification ratios, the 43.30% (discriminant analysis) and 57.85% (ANN) presented in the current study could be interpreted as a remarkable result.

The superior classification by means of the ANN may indicate that non-linear methods of classification are suited better to model the complex relations between performance indicators and match success inherent in sports games.

Taking into account the average result of the classification via the tactical metrics it could be that the values of the metrics reflect the strategic organization of a team. Assuming this organization a pattern that is relatively stable over several matches (Cotta et al., 2013; Liu, Gómez, Gonçalves & Sampaio, 2016) and that multiple teams influence the results in different groups, as they win one match and lose the next one (see Table 3.8), this could lead to poor identification. Therefore, the strategic style of play of a team should be taken into account as a background for a meaningful classification of its performance or success (Collet, 2013; Fernandez-Navarro, Fradua, Zubillage, Caro & McRobert, 2015; Lago & Martín, 2007).

3.7.6 Conclusions

The relevance of the examined factors for differentiating more from less successful teams shows that the behaviour during scoring is by far most important. The present results show that different teams used different playing styles and strategies that were equally successful, but when it comes to scoring, there is no way around a good ratio between goals and scoring opportunities. This implies that either successful teams take shots only from situations that are more promising or they are more successful in scoring in equally promising opportunities. Furthermore, the results of the study give interesting clues for sport scientists since nonlinear models seem superior to linear models to model relationships between performance indicators and success in sports games.

3.8 Zusammenfassende Diskussion der Spielanalysen

Für die Erfassung des Spielverhaltens von Fußballmannschaften wurde in Kooperation mit Optikick UG ein Beobachtungsmodell für eine Systematische Spielbeobachtung entwickelt. Um eine objektive Erfassung nach wissenschaftlichen Kriterien zu gewährleisten, wurden vier taktische Grundsituationen für das Angriffsspiel definiert. Aus diesen Definitionen wurden Operationalisierungen und Ankerbeispiele entwickelt, damit eine gute Übereinstimmung zwischen unabhängigen Beobachtern erreicht werden konnte (Hohmann & Lames, 2005b, S. 383).

Die inhaltliche Idee hinter dem Beobachtungsmodell liegt darin, den im Wettkampf eines Fußballspiels entstehenden Verhaltensstrom in unterschiedliche und disjunkte taktische Situationen zu untergliedern (Lames, 1991, S. 65, 1994, S. 42). Es ist davon auszugehen, dass sich das Spielverhalten zwischen den definierten Spielphasen gravierend unterscheidet. So verhalten sich Fußballspieler anders, wenn sie das Ziel verfolgen, den Ball zu erobern und zu

sichern, als wenn sie in der Nähe des gegnerischen Tores eine Abschlussmöglichkeit kreieren wollen. Durch die Kopplung der jeweiligen taktischen Aufgaben der angreifenden Mannschaft mit den korrespondierenden antagonistischen Aufgaben des verteidigenden Teams wird der permanenten Interaktion bzw. der gegenseitigen Abhängigkeit des Verhaltens beider Parteien entsprochen. Das Resultat jeder Spielsituation bildet dabei den Verlauf dieses Interaktionsprozesses zwischen den Mannschaften ab, je nachdem, welcher Zustand auf den vorherigen folgt, wird dokumentiert, ob die Verteidigung oder der Angriff ihrem vorrangigen taktischen Zwischenziel nähergekommen ist. Diese prozessuale Modellierung der Interaktion stimmt mit den Anforderungen an ein Beobachtungsmodell für eine quantitative leistungsdiagnostische Spielanalyse überein (Araújo, 2017a, S. 5f) und führt zu einer Abbildung des Spielgeschehens in Form eines Zustands-Übergangs-Modells. Auch Pfeiffer (2005, S. 40f) sieht übereinstimmend vor allem die Übergänge zwischen Funktionsphasen eines Sportspiels als relevanter an, als das Zählen von Häufigkeiten bestimmter Aktionen innerhalb einer solchen Phase.

Hinsichtlich der Anforderungen an ein Analysemodell wurden also unterschiedliche Indikatoren berücksichtigt und es wurde auf die Registrierung einzelner Ereignisse oder die Zuschreibung und Wertung isolierter Aktionen einzelner Spieler verzichtet. Stattdessen wurden die Übergänge zwischen den mannschaftstaktischen Zuständen dynamisch über den Verlauf der Zeit abgebildet und auch ein Bezug zum sportlichen Erfolg wurde vorgenommen. Demnach genügt das Beobachtungsmodell den theoretischen Anforderungen (Kapitel 3.5) und konnte als objektiv belegt werden. Um einen Gewinn für die Sportpraxis und die trainingswissenschaftliche Leistungsdiagnostik prüfen zu können, erfolgten nach der Modellbildung und der Beobachtung weitere Schritte zur Auswertung der gewonnenen Daten (in Abb. 3.8 im Problemkreis Diagnose zu verorten). Dafür wurden zunächst relativierte Werte als Variablen definiert, um das Verhalten vergleichbar darstellen zu können. Die Berücksichtigung mehrerer unterschiedlicher Parameter zur Erfassung des Spielverhaltens führt zu einem mehrperspektivischen Profil (O'Donoghue, 2015, S. 127). Anschließend wurden diese unbekannt Variablen mittels einer explorativen Faktorenanalyse auf Abhängigkeit untereinander geprüft und somit auf eine besser interpretierbare Anzahl relevanter Faktoren reduziert (Sampaio & Leite, 2015, S. 118).

Sampaio und Leite (2015, S. 118) plädieren zudem dafür, den Zusammenhang von Variablen mit der sportlichen Leistung anhand fortgeschrittener Verfahren zu prüfen. Dieser Forderung wurde auf zwei unterschiedliche Arten nachgekommen, die abschließend auch miteinander verglichen wurden. Einmal wurde das lineare Verfahren der Diskriminanzanalyse verwendet (Winter & Pfeiffer, 2015), um eine Leistungsrelevanz über das Spielresultat (Unterscheidung von Gewinnern, Verlierern und unentschieden spielenden Mannschaften) zu prüfen. In einem weiteren Schritt wurde dieses im aktuellen Forschungsdiskurs etablierte lineare Verfahren (Castellano, Casamichana & Lago, 2012; Lago-Peñas et al., 2010; Lago-Peñas et al., 2011) mit einer nicht-linearen Klassifizierung mittels Künstlicher Neuronaler Netze verglichen (Winter, Rasche & Pfeiffer, 2017). Der Grundgedanke, der zu einer entsprechenden Modellierung der Leistungsrelevanz geführt hat, war, dass unterschiedliche Formen von Spielstilen zu einem erfolgreichen Spieldausgang führen können.

Zur Veranschaulichung soll davon ausgegangen werden, dass sowohl der Spielstil des Ballbesitz-Fußballs (*possession play*) als auch das schnelle Umschalten (*direct play*) zum Spielerfolg führen können. Demnach müssten Mannschaften als erfolgreich identifiziert werden, die entweder viele Aktionen mit dem Ball und wenige Ballverluste aufweisen (*possession play*) oder Mannschaften, die wenige Aktionen mit dem Ball aufweisen und dabei Ballverluste eher in Kauf nehmen (*direct play*). Demnach müssten unterschiedliche Kombinationen von Variablen übereinstimmend als erfolgreich klassifiziert werden können. Für dieses Szenario ist eine nicht-lineare Klassifizierung erfolgsversprechender als eine lineare. Diese Vermutung konnte verifiziert werden (Winter et al., 2017), wobei sie weiterer Überprüfung bedarf.

Abschließend bleibt zu konstatieren, dass es in einem Prozess einer quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse viele Stellschrauben gibt, mit Hilfe derer der Verlauf und somit auch die Ergebnisse einer Untersuchung gravierend beeinflusst werden können. Durch diese Vielfalt möglicher unterschiedlicher Entscheidungen ist in den letzten Jahren eine enorme Bandbreite unterschiedlicher Spielanalysen erfolgt. Durch die Quantität und Diversität der Analysen ist eine Einordnung neuer Erkenntnisse in einen spezifischen Forschungsstand kaum möglich. Daher ergibt sich eine systematische Ordnung aktueller Spielanalysen als grundlegende Voraussetzung für einen besseren Überblick, so dass diese im folgenden Kapitel thematisiert wird.

4 Systematisierung quantitativer Ansätze zur Spielanalyse

Neben den angeführten Problemfeldern, die sich bei der Durchführung einer quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse ergeben, ist darüber hinaus ein Forschungsdefizit in diesem Bereich zu konstatieren. Dieses wird offensichtlich, wenn ein Überblick über ein bestimmtes Gebiet der Spielanalysen gewonnen werden soll: Ein umfassender Überblick über diverse Methoden, zugrundeliegende theoretische Bezugfelder bestimmter Ansätze oder auch über Chancen und Grenzen bei der Herstellung eines Leistungsbezugs bestimmter Variablen scheint aktuell unmöglich.

Dieses Defizit hinsichtlich einer systematischen Verortung publizierter Spielanalysen wurde gerade in der jüngeren Vergangenheit weiter verstärkt. Ein Grund hierfür liegt darin, dass in den letzten Jahren eine zunehmende Anzahl veröffentlichter Studien zur leistungsdiagnostischen Spielanalyse festzustellen ist (Ávila-Moreno, Chiroso-Ríos, Ureña-Espá, Lozano-Jarque & Ulloa-Díaz, 2018; Gómez, Lago-Peñas & Pollard, 2015; Sarmento et al., 2018). Weiterhin ergab der technologische Fortschritt neue Möglichkeiten, die gerade bei der Erhebung und Verarbeitung von Positionsdaten für die Analyse von Sportspielen zur Implementierung neuer und innovativer Ansätze geführt haben.

Vor diesem Hintergrund soll nachfolgend zuerst die Diversifizierung der Ansätze zur Spielanalyse thematisiert werden (Kapitel 4.1), bevor die damit verbundenen Probleme vorgestellt (Kapitel 4.2) und ein Vorschlag zur Systematisierung hergeleitet wird (Kapitel 4.3). Den Abschluss des vierten Kapitels bildet eine Zusammenfassung (Kapitel 4.4).

4.1 Wildwuchs

Traditionell war die Analyse von Sportspielen unmittelbar mit der Methode der Beobachtung verbunden (Kapitel 3.4). Das Reglement vieler Sportspiele ließ andere Messverfahren während des Wettkampfes nicht zu, da diese meist das Verhalten der Spieler beeinflusste, also nicht rückwirkungsfrei waren. Aus diesem Grunde blieb lediglich das Beobachten – zunächst direkt und mit der Entwicklung und Verbreitung von Videosystemen auch vermittelt in Form einer Videoanalyse. Spezifisch für diese Methode war und ist, dass der Mensch als Beobachter und damit als Messinstrument fungiert (Fassnacht, 1979, S. 44–45; Loy, 2006, S. 47ff). Auch in dieser Zeit wurden unterschiedliche Beobachtungsmodelle (mehr oder weniger bewusst und reflektiert) genutzt, so dass eine Vielzahl unterschiedlicher Beobachtungsformen zu finden waren.

Durch die technologischen Weiterentwicklungen der vergangenen Jahre wurden die Möglichkeiten zur Erfassung des Verhaltens während des Wettkampfes deutlich erweitert. Sowohl unterschiedliche Sensoren (z. B. Inertialsensoren) als auch Fortschritte bei der automatisierten Verarbeitung von Bilddaten führten zu neuen Freiheitsgraden bei der Planung und Durchführung von Spielanalysen (Clemente et al., 2013; Passos, 2017a, S. 30; Sarmento, Marcelino et al., 2014; Stein et al., 2017). Für die direkte Erfassung von Positionen der Spieler (und z. T. auch der Spielgeräte) werden inzwischen vorwiegend drei unterschiedliche technische Lösungen genutzt: Erstens lokale oder globale Positionssysteme (LPS bzw. GPS), zweitens (halb-)automatisierte Videosysteme und drittens lokale Positionierungsmesssysteme (LPM) (Lemmink & Frencken, 2015, S. 92; Memmert & Raabe, 2017, S. 63–68). Da diese

Verfahren mittlerweile überwiegend rückwirkungsfrei während des Spiels eingesetzt werden können und sie allmählich auch durch die Regelwerke der einzelnen Sportspiele erlaubt werden, entwickeln sich weitere Möglichkeiten zur Spielanalyse, die zunehmend Verwendung finden.

Lames (1991, S. 44) konstatierte einst, dass die Abbildung eines Sportspiels entweder retrospektiv und komplex erfolgen kann oder aber eine Erfassung in Echtzeit, dann aber nur stark vereinfacht, möglich sei. Auch wenn dieses Dilemma inzwischen technologisch überwunden ist, geht mit den neuen Möglichkeiten zur Erfassung des Spielgeschehens nicht automatisch ein Mehrwert einher (Balagué & Torrents, 2005; Garganta, 2009; Link, 2018). Vielmehr ist nach wie vor zu betonen, dass die Qualität einer Analyse zuvorderst von der Qualität des zugrundeliegenden Modells abhängt. Ist dieses für den jeweiligen Untersuchungsgegenstand und für die Besonderheiten der Sportspiele nicht angemessen, kann auch die Genauigkeit neuer Messverfahren keinen Mehrwert erzielen. Doch Spielanalysen sollen nicht nur auf den Bereich der Datenerhebung reduziert, sondern als Prozess verstanden werden (Kapitel 3.4), so dass weitere Aspekte beachtet werden müssen.

Da Leistungsvoraussetzungen, Leistung und Erfolg in den Sportspielen nicht gleichzusetzen sind, sondern durch eine doppelte Nicht-Linearität miteinander verbunden sind (Hohmann et al., 2014, S. 199–201), ergibt sich hier eine weitere Stellschraube, an der im Rahmen unterschiedlicher Spielanalysen verschiedene Zugänge gewählt werden können. Es kann versucht werden, die verhaltensbeschreibenden Variablen entweder mit dem Spielerfolg oder mit der -leistung in Verbindung zu setzen (Lames, 1994, S. 16–17; Sampaio & Leite, 2015, S. 115–117). Auch für diesen Arbeitsschritt wurden bereits unterschiedliche Verfahren genutzt wie Gespräche mit Experten, Literaturanalysen, Beziehungen zum Erfolg oder Diskriminierung zwischen unterschiedlichen Niveaus (Araújo, 2017b, S. 41).

Nun ergeben sich durch die unterschiedlichen Freiheitsgrade beim Messvorgang, den Stufen der Modellbildung im Prozess der Spielanalyse und dem Umgang mit den besonderen Anforderungen der Sportspiele unzählige Möglichkeiten, wie Wettkämpfe in den Sportspielen analysiert werden können. So wurden in den letzten Jahren viele Spielanalysen publiziert, die die unterschiedlichsten kombinierbaren Möglichkeiten einer Analyse ausnutzten. Gerade die Sportpraxis fordert dennoch nach wie vor neue Wege für die Analyse und Interpretation von Spieldaten (Memmert & Raabe, 2017, S. 2).

Damit bei den nachfolgenden Ausführungen ein umfassender Rahmen gespannt werden kann, sollen lediglich jene Spielanalysen berücksichtigt werden, deren Fokus auf der Erfassung und Quantifizierung von Spielverhalten im Kontext einer Leistungsdiagnostik liegt. Dadurch werden unter anderem qualitative Spielanalysen ausgeschlossen. Diese zeichnen sich zwar durch einen expliziten Praxisbezug aus (Hohmann & Lames, 2005b, S. 382), eignen sich allerdings nicht zu einer quantitativen Leistungsdiagnostik, da hier keine Zuordnung von Zahlen zu bestimmten Konstrukten vorgenommen wird (Pfeiffer, 2005, S. 54).

Doch auch nach dieser ersten Reduktion des Themenfeldes der Spielanalyse folgt aus dem Wildwuchs der unterschiedlichen Studien, dass ein hilfreicher Überblick nicht möglich ist. Eine ordnende Struktur, die Voraussetzung für die Systematisierung von Ansätzen wäre, wurde bislang nicht umfassend konstruiert. Dies wird anschließend ebenso wie die damit verbundenen Folgen skizziert.

4.2 Fehlende Struktur

Franks und Hughes (2016, S. 13–14) konstruieren am Beispiel einer Spielanalyse im Fußball ein konkretes Szenario, um die Bedeutung einer reflektierten Spielanalyse für die Sportpraxis zu veranschaulichen. Dabei weisen sie implizit auf unterschiedliche Entscheidungen hin, die im Rahmen eines Analyseprozesses getroffen werden können, und diskutieren, welche Auswirkungen diese für die Aussagekraft der erhaltenen Ergebnisse haben. Es werden also bestimmte Stellschrauben implizit angesprochen, auch wenn auf Ausführungen zu einem übergeordneten Orientierungsrahmen zur Verortung von verschiedenen Analysen verzichtet wird.

In einigen Publikationen wird ein solcher konstruiert. Dafür werden unterschiedliche Kriterien zur Ordnung bestehender Arbeiten genutzt. Da diese nachfolgend (Kapitel 4.3) noch näher ausgeführt werden, sollen die gewählten Kriterien zur Systematisierung an dieser Stelle lediglich stichpunktartig aufgeführt und anschließend zusammenfassend kurz diskutiert werden. Eine Unterscheidung von Analysen erfolgte anhand

- einer stärkeren Berücksichtigung der Struktur, also der Details zu einer bestimmten Handlung, bzw. des prozessualen Zusammenhangs (Gréhaigne & Godbout, 2015, S. 101; Passos, 2017b, S. 74; Perl & Uthmann, 1997, S. 59; Prieto, Gómez & Sampaio, 2015). Bei dieser am weitesten verbreiteten Unterteilung der Analyseansätze werden die unterschiedlichen Formen des zeitlichen Prozesses unterschiedlich verstanden – von einem fließenden Übergang bis hin zu disjunkten Kategorien.
- der Anzahl der untersuchten Personen (Lemmink & Frencken, 2015, S. 93f).
- der Form der verarbeiteten Daten (relativiert oder absolut; alleine oder in Kombination mit weiteren Variablen) (Passos, 2017b, S. 75; Sampaio & Leite, 2015, S. 117).
- von zugrundeliegenden theoretischen Überlegungen – im deutschsprachigen Raum bedeutete dies vor allem eine Unterscheidung zwischen empirisch-statistischem (oder testtheoretischem) und modelltheoretischem Ansatz. Zur Unterteilung wurde das zugrundeliegende Verständnis der Messung von Spielverhalten genutzt, auch wenn die Trennschärfe unterschiedlich deutlich und an unterschiedlichen Stellen gesehen wird (Pfeiffer, 2005, S. 56).
- der Zielstellung der Arbeit in trainingswissenschaftliche und trainingspraktische Leistungsdiagnostik (Hohmann et al., 2014, S. 147).
- des Komplexitätsgrads der durchgeführten Leistungsdiagnostik – unterteilt in klassische und fortgeschrittene Ansätze. Ersteren liegt die Annahme zugrunde, dass die feststellbare Leistung durch die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Athleten zu erklären ist; letztere betonen vor allem die Bedeutung der situativen Interaktion zwischen zwei Parteien (Lames & McGarry, 2007).
- eines technologischen und inhaltlichen Progresses über die Zeit (Abb. 4.1) (Memmert & Raabe, 2017, S. 8).

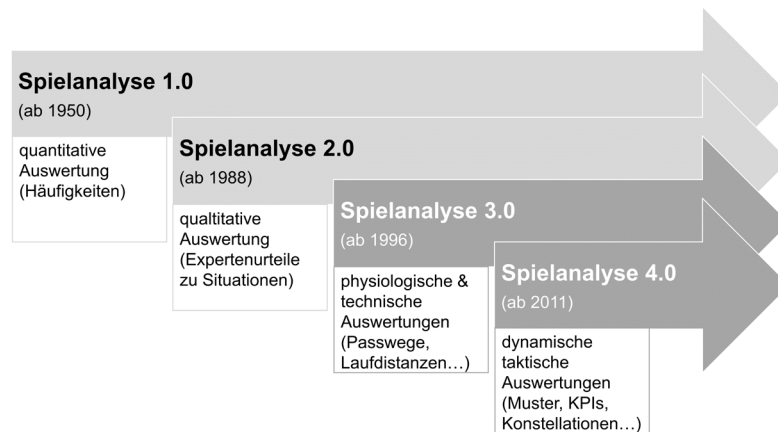


Abbildung 4.1. Progression der Spielanalysen (mod. nach Memmert & Raabe, 2017, S. 8).

Es wurden also bereits einige Versuche unternommen, die vorhandenen Ansätze zur Spielanalyse disjunkt zu ordnen, um einen Überblick zu ermöglichen. Allerdings wurden die vorhandenen Arbeiten immer nur anhand eines einzigen Kriteriums diskriminiert. Diese Fokussierung auf einen einzelnen Aspekt des Prozesses der Spielanalyse bietet den Vorteil, sämtliche Publikationen relativ schnell und meist eindeutig verorten zu können. Allerdings entstehen auf diesem Wege zwangsläufig blinde Flecken oder Missverständnisse, wenn weitere Facetten einer Analyse nicht differenziert mitberücksichtigt werden und es werden Begriffe miteinander in Verbindung gebracht, die inhaltlich auf unterschiedlichen Ebenen zu verorten sind.

Exemplarisch sollen für diese Problematik drei Beispiele gegeben werden. Memmert und Raabe schreiben erstens: „Die Verbreitung der automatisierten Spielanalyse – die modernste Form der Leistungsdiagnostik [...]“ (2017, S. 22). Hier wird eine Methode zur Datenerhebung ohne weitere Differenzierung sowohl in einen zeitlichen Kontext (was argumentativ noch zu vertreten wäre) als auch direkt einem Untersuchungsziel zugeordnet. Nicht jede Form einer automatisierten Spielanalyse hat jedoch eine leistungsdiagnostische Ausrichtung – hierfür muss eine Leistungsrelevanz der untersuchten Variablen nachgewiesen werden.

Lemmink und Frencken (2015, S. 89) führen zweitens aus, dass die Methode der Spielbeobachtung (*notational analysis*) an unzureichender Genauigkeit durch die Verwendung einer Kamera leide. Die Methode der Beobachtung ist jedoch unbedingt von einer konkreten Umsetzung in einem spezifischen Kontext zu trennen. Wird eine Beobachtung mit nur einer Kamera durchgeführt, kann dies zu einer mangelhaften Genauigkeit führen. Allerdings kann daraus nicht gefolgert werden, dass die Methode der Beobachtung generell zu ungenau für die Analyse von Sportspielen sei.

Oftmals wird drittens neueren Verfahren zur Datenerhebung automatisch ein Mehrwert zugeschrieben, weil diese eines oder mehrere der Problemfelder im Rahmen der Analyse von Sportspielen besonders gut abbilden und berücksichtigen können (Memmert, Lemmink & Sampaio, 2017; Memmert & Raabe, 2017, S. 8). Auch wenn bestimmte Verfahren für bestimmte Fragestellungen mit Sicherheit besser geeignet sind als andere, muss auch hier auf eine Trennung zwischen Datenerhebung und Modellbildung geachtet werden. Passos (2017b,

S. 76) weist beispielsweise zu Recht darauf hin, dass die Interaktion zwischen beiden Spielparteien nicht nur durch die Erfassung von Positionsdaten erfolgen kann, sondern dass dies über eine entsprechende Modellbildung auch im Rahmen einer Beobachtung möglich ist. Diese Ungenauigkeiten bei der kritischen Reflexion von Spielanalysen sind das Resultat eindimensionaler Betrachtung von Forschungsarbeiten. Für einen umfassenden Überblick müssen hingegen unbedingt die unterschiedlichen Ebenen einer Spielanalyse getrennt voneinander betrachtet werden, wobei die Verortung im Gesamtkontext einer Analyse gewährleistet sein muss. An dieser Stelle soll nochmals auf das Verständnis der Spielanalyse als zusammenhängender Prozess von Datenerhebung, Verarbeitung der Daten und Prüfung auf Leistungsrelevanz (Kapitel 3.4) rekurriert werden.

Die bisherigen Ausführungen (Kapitel 4.1) dokumentieren eine uneinheitliche Terminologie, sowie ein uneinheitliches Verständnis hinsichtlich der Methoden. Zudem ist nach wie vor ein deutlich vorhandener Graben zwischen Theorie und Praxis mit der das Feld der Spielanalysen schon seit Anbeginn zu kämpfen hat, zu konstatieren. Um über diesen eine Brücke des Verständnisses als auch der Verständigung schlagen zu können, ist ein klarer Überblick über den zu konstatierenden Wildwuchs im Bereich der Spielanalyse dringend notwendig. Nur so können Akteure der Sportpraxis erfassen, was bislang erforscht wurde und wie die Erkenntnisse zu interpretieren sind. Wissenschaftler können nur durch sorgfältige Schritte der Modellbildung einen Erkenntnisfortschritt erreichen und für eine zunehmende Praxisrelevanz ihrer Spielanalysen sorgen. Vor diesem Hintergrund wurde ein Systematisierungsmodell für die Spielanalyse entwickelt und publiziert.

4.3 Quantitative Spielanalyse – den Überblick bei zunehmender Heterogenität der Ansätze behalten

4.3.1 Einleitung

Sportspiele sind heutzutage in den Medien nicht zuletzt aufgrund des großen Interesses eines breiten Publikums nahezu omnipräsent. Im Rahmen der medialen Inszenierung werden die Wettkämpfe dabei oftmals nicht nur übertragen, sondern auch ausgiebig analysiert – sei es durch die Unterstützung von Experten oder mit Hilfe neuartiger Technologien. Das Ziel dieser Spielanalysen liegt darin, interessierten Zuschauern, Spielern und Trainern Aufschluss darüber zu geben, wie das Spiel verlaufen ist und warum die eine Partei das Spiel gewonnen und die Andere verloren hat. Damit wird der Blick auf das taktische Verhalten der beteiligten Personen und dessen Beitrag zum Spielerfolg gerichtet. Während in der Vergangenheit häufig einfache Indikatoren wie die Auftretenshäufigkeiten elementarer Spielereignisse (z. B. gespielte Pässe einer Mannschaft) oder die Laufaktivität von Spielern Gegenstand der Analysen waren, beinhalten einige der aktuellen Spielanalyseansätze die Berechnung erheblich komplexerer Indikatoren (Memmert & Raabe, 2017). Ein prominentes Beispiel aus der deutschen Medienlandschaft ist der Packing-Wert im Fußball, der die Anzahl der mit einer Spielaktion überspielten Gegenspieler beschreibt und die Wirkung eines Passes in die Tiefe abbildet.

Während Spielanalysen in den Medien vorwiegend eine unterhaltende Funktion erfüllen, werden diese in der Trainingswissenschaft unter anderem durchgeführt, um einerseits möglichst gesichertes Wissen über die Leistungsstruktur einer Sportart zu erhalten und andererseits um

trainingspraktische Handlungsempfehlungen abzuleiten. Während Leistungsvoraussetzungen wie die Ausdauer, die Kraft oder die Schnelligkeit in den Sportspielen auch außerhalb des Wettkampfes diagnostiziert werden können, ist dies beim taktischen Verhalten problematisch. Hier kommt der Nutzung des Wettkampfes als Quelle diagnostischer Informationen eine besondere Bedeutung zu, weil sich die Spielleistung erst in der Interaktion zwischen den Aktiven zweier Parteien konstituiert (Lames, 1994, 1998; Lemmink & Frencken, 2015; Passos, 2017a). Dieser Interaktionsprozess lässt sich im Training oder in Testsituationen ohne Verlust an Authentizität nicht nachstellen. Eine objektiv und systematisch durchgeführte Spielanalyse kann Aufschluss über das Niveau und das Zusammenwirken einzelner Leistungsfaktoren in der Komplexität der Spielleistung geben und eine allzu subjektive Einschätzung vermeiden (Maslovat & Franks, 2008). Die Spielanalyse kann somit als eine Methode der Wettkampfdiagnostik verstanden werden (Hohmann et al., 2014). Die Ableitung von Trainingszielen erfolgt über eine Beschreibung des Wettkampfgeschehens und eine anschließende Diagnose (Abb. 4.2) (Lames, 1994).

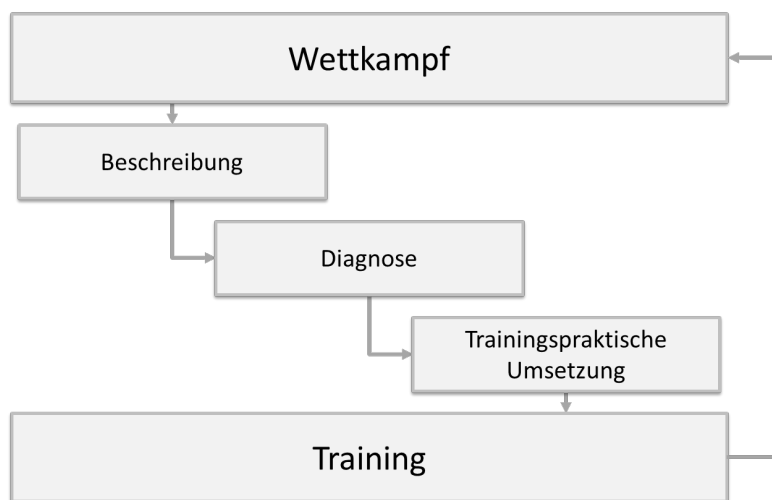


Abbildung 4.2. Die Problemkreise Beschreibung, Diagnose und trainingspraktische Umsetzung in der Verknüpfung von Wettkampf und Training (Lames, 1994, S. 21).

Der vorliegende Beitrag fokussiert ausschließlich Spielanalyseansätze, deren Gegenstand taktische Verhaltensweisen sind. In der Leistungsstruktur der Sportspiele nimmt die Taktik eine führende Rolle ein, weil die Spielleistung entscheidend davon abhängt, inwieweit die individuellen Leistungsvoraussetzungen situationsadäquat im Sinne der Spielzielerreichung eingesetzt werden (Lames, 1998; Pfeiffer, 2005). Weiterhin beziehen sich nachfolgende Ausführungen ausschließlich auf quantitative Spielanalyseansätze, was nicht einer mangelnden Relevanz qualitativer Ansätze (Lames & McGarry, 2007) sondern vielmehr der Tatsache geschuldet ist, dass der Fokus dieser Arbeit auf den quantifizierbaren Beitrag taktischer Verhaltensweisen zur sportlichen Leistung oder zum Spielerfolg gerichtet ist.

Ein Blick in die aktuelle Literatur zum Thema Spielanalyse zeigt ein breites Spektrum forschungsmethodischer Zugänge aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen. Um die insbesondere in jüngerer Vergangenheit zunehmende Anzahl an Ansätzen und Konzepten besser voneinander abgrenzen zu können, wurden verschiedene Kriterien zur Strukturierung vorgeschlagen (Straub & Klein-Soetebier, 2017). Memmert und Raabe (2017) wählen eine chronologische Darstellung, um einen Fortschritt der Untersuchungen von Video- zu

Positionsdaten und von einfachen zu komplexeren Auswertungen zu skizzieren. Die Unterteilung nach unterschiedlichen zeitlichen Auflösungen von Daten bildet die Grundlage für die Kategorisierungen von Gréhaigne und Godbout (2015) und Prieto, Gómez und Sampaio (2015). Unterschieden wird hier zwischen einer statischen, eher auf die Details einzelner Spielhandlungen ausgerichteten, und einer dynamischen Betrachtung des Spielgeschehens, die den zeitlichen Kontext registrierter Spielhandlungen in den Vordergrund rückt. Andere Autoren stellen die Komplexität der Auswertung der erhobenen Daten in den Mittelpunkt und differenzieren zwischen Ansätzen klassischer Leistungsdiagnostik und fortgeschrittenen Ansätzen (Lames & McGarry, 2007). Der klassischen Leistungsdiagnostik liegt die Annahme zugrunde, dass die feststellbare Leistung durch die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Athleten zu erklären ist. Die fortgeschrittenen Ansätze hingegen betonen vor allem die Bedeutung der situativen Interaktion zwischen zwei Parteien. Hohmann et al. (2014) schlagen eine Orientierung am Zweck der Untersuchung vor, so dass Spielanalysen entweder vorwiegend in eine theoretische oder eine trainingspraktische Leistungsdiagnostik unterteilt werden können. Während Analysen der ersten Kategorie eher darauf abzielen, die Struktur der sportlichen Leistungsfaktoren in einem bestimmten Sportspiel zu bestimmen, verfolgen diejenigen der zweiten Kategorie das Ziel, konkrete Trainingsempfehlungen zu generieren. Im Gegensatz dazu ordneten Sarmiento et al. (2018) die Analysen in ihrer Übersichtsarbeit in Bezug auf aktuelle Literatur aus dem Sportspiel Fußball basierend auf deren primärem Erkenntnisinteresse, also ob diese z. B. Standardsituationen oder das Spielergebnis zum Gegenstand hatten.

Versucht man nun einzelne Spielanalysen in die bisher vorgeschlagenen Strukturierungskategorien einzuordnen, gelingt dies getrennt für die einzelnen Abgrenzungskriterien überwiegend. Allerdings treten Zuordnungsprobleme auf, wenn die Gesamtheit der Abgrenzungskriterien in den Blick genommen werden soll. Gründe hierfür sind unter anderem eine uneinheitliche Begriffsverwendung (Rein & Memmert, 2016) und eine unzureichende Trennschärfe der Abgrenzungskriterien. Darüber hinaus liegen bislang nur für ausgewählte Kriterien Strukturierungsvorschläge vor. So bleibt beispielsweise die explizite Prüfung des Bezugs zur sportlichen Leistung oder dem sportlichen Erfolg bislang unberücksichtigt. Ein Systemisierungsvorschlag, in dem die bisherigen Kriterien zusammenfassend aufgenommen und weitere relevante Aspekte ergänzt werden, steht aktuell aus. Ein derartiges Modell wäre jedoch hilfreich, wenn es darum geht, den Erkenntnisbeitrag bereits veröffentlichter Studien einzuschätzen, publizierte Studien zu vergleichen oder Spielanalysen, sei es im sportwissenschaftlichen oder sportpraktischen Kontext, durchführen zu wollen. Für all diese Szenarien ist eine systematische und umfassende Reflexion des methodischen Vorgehens geboten.

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass es dem aktuellen Diskurs an einem mehrdimensionalen Orientierungsrahmen zur Strukturierung von Spielanalyseansätzen fehlt, der den gesamten Prozess von der Datenerhebung bis hin jedem Schritt der Modellbildung berücksichtigt. Ausgehend von den genannten Problemen verfolgt der vorliegende Beitrag das Ziel, die einzelnen Arbeitsschritte der quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse zu beschreiben sowie konkrete Abgrenzungskriterien zu identifizieren und zu begründen. Zum besseren Verständnis wird beispielhaft auf aktuelle Forschungsarbeiten rekurriert. Gewählt wird die Form eines Überblicksbeitrags und nicht eines systematischen Reviews, weil bislang

keine rahmende Struktur zur Spielanalyse vorliegt, sondern diese erst geschaffen werden muss. Nachfolgend werden die unterschiedlichen Herangehensweisen verortet, auf einer Meta-Ebene verglichen und abschließend ein Systematisierungsmodell für die zugrundeliegende Struktur vorgeschlagen. Aus Sicht der Wissenschaft soll durch eine fundierte Auseinandersetzung mit Spielanalysemethoden die Grundlage für ein tiefergehendes Verständnis bestehender Arbeiten geschaffen und durch eine Reflexion des forschungsmethodischen Vorgehens die Qualität zukünftiger Untersuchungen verbessert werden. Für die Sportpraxis bietet das Systematisierungsmodell einen strukturierten Überblick über aktuelle Spielanalyseansätze. Der Beitrag erhebt dabei keinen Anspruch auf eine vollständige Aufzählung sämtlicher bislang angewandter Methoden und Konzepte.

4.3.2 Die Wahl der Datenerhebungsmethode

Als erstes Kriterium zur Unterscheidung von Spielanalyseansätzen in disjunkte Kategorien bietet sich eine Differenzierung zwischen zwei unterschiedlichen Messmethoden an (Bortz & Döring, 2015). Diese erste Entscheidung im Forschungsprozess korrespondiert mit dem ersten Problemfeld nach Passos (2017b) und führt nachfolgend zu einer unterschiedlichen Reihenfolge der im weiteren Prozess zu treffenden Entscheidungen und ist deshalb in der Hierarchie den anderen vorangestellt (Abb. 4.3). Nach Lames (1994) ist die Entscheidung hinsichtlich der Datenerhebungsmethode im Problemkreis der Beschreibung zu verorten (Abb. 4.2).

Auf der einen Seite steht das *kinemetrische Messen von Positionen* (Gudmundsson & Horton, 2017) und auf der anderen die *Beobachtung* von vorab definierten Beobachtungseinheiten und -merkmalen (Lames, 1994). Diese explizite Differenzierung ist durch technologische Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Messmethoden notwendig geworden. So werden seit einigen Jahren vermehrt *Positionen von Spielern gemessen* (Englisch: positioning data oder spatio-temporal data) und für die Spielanalyse genutzt (Clemente et al., 2013; Link, 2018; Memmert et al., 2017; Rein & Memmert, 2016; Sarmiento et al., 2018; Sarmiento, Marcelino et al., 2014; Stein et al., 2017). Spielanalysen werden aber nach wie vor auch basierend durch *Beobachtungen* erstellt (Englisch: notational analysis). Hier hat sich die Form der Systematischen *Spielbeobachtung* mit ihren vorab definierten Merkmalen zur Abbildung des Interaktionsprozesses eines Sportspiels in der Vergangenheit etabliert (Hohmann et al., 2014; Lames, 1994).

Bei der *kinemetrischen Messung von Positionsdaten* stellt die Erhebung der *Positionen* in der Regel den ersten Schritt der Spielanalyse dar. Meist erfolgt die *Messung* den technischen Möglichkeiten entsprechend mit einer hohen personalen, zeitlichen wie räumlichen Auflösung (Kapitel 4.3.4), um eine möglichst detaillierte Beschreibung des Verhaltens auf dem Spielfeld als Ausgangslage für die weiteren Arbeitsschritte zu erhalten. Als Resultat dieses *Messvorgangs* entstehen diskrete Koordinaten (zwei- oder dreidimensional) pro gemessenem Gegenstand und pro definiertem Zeitpunkt. Zur Messung der Positionen erfolgt bislang überwiegend über drei technische Lösungen: Neben Globalen oder Lokalen Positionierungssystemen (GPS/LPS) werden auch Verfahren der Bilderkennung eingesetzt, die Muster im Videobild erkennen (Englisch: based on computer vision) oder es werden Radiowellen genutzt (Link, 2018; Rein & Memmert, 2016). Wichtig hierbei ist das

Verständnis, dass die Datenerhebung als *biomechanische Messung* eingeordnet werden kann und somit den Ansprüchen der Gütekriterien an die Messtechnik genügen muss.²

Dem gegenüber steht eine *Beobachtung* des Spielgeschehens durch den Menschen (Passos, 2017b). Kontrastierend zu den *kinematischen Messungen* zeichnen sich *Beobachtungen* im sozialwissenschaftlichen Verständnis durch den Einsatz der menschlichen organischen Rezeptoren aus (Fassnacht, 1979). Die Datenerhebung stellt dabei jedoch keinesfalls den ersten Schritt des Analyseprozesses dar. Bei wissenschaftlichen *Beobachtungen* bedarf es in jedem Fall zunächst einer gründlichen Modellbildung (Lames, 1994). Dabei gilt es die komplexe Situation eines Sportspiels auf klar definierte und somit intersubjektiv vergleichbare Beobachtungsmerkmale und -einheiten zu reduzieren (Kapitel 4.3.4). Gegenüber *Positionsdaten* lassen sich so auch Verhaltensweisen erfassen, die nicht zwingend mit einer Änderung der Position auf dem Spielfeld einhergehen müssen (z. B. Gestik oder Mimik von Spielern). Durch diese grundlegende Offenheit sind vor der eigentlichen Messung der Daten weitere Schritte notwendig, denn es müssen Beobachtungseinheiten und -merkmale zur Erfassung des Spielverhaltens operationalisiert werden. Hier wird im Hinblick auf das Erkenntnisinteresse entschieden, welches Verhalten registriert werden soll und welcher Detailgrad hierzu verwendet wird. Aufgrund dieser Besonderheiten einer *Beobachtung* ist hier ein anderer Umgang mit den Gütekriterien sinnvoll bzw. notwendig (Lames, 1998). Um dennoch vergleichbare und wissenschaftlich belastbare Daten zu erhalten, sind hier zusätzliche Arbeitsschritte (Beobachterschulung und Objektivitätsprüfung über Ermittlung der Interrater-Reliabilität) gefordert.

Aktuell werden zur Spielanalyse in der Sportpraxis ebenso wie in der Wissenschaft sowohl *kinematische Messungen* als auch *Beobachtungen* genutzt. Da beide Methoden unterschiedliche Vor- und Nachteile aufweisen, bietet die Kombination beider die Möglichkeit, die jeweiligen Stärken zu nutzen bzw. die Schwächen komplementär zu verringern (Sarmiento et al., 2018). Jedoch wurden in der jüngeren Vergangenheit beide Formen der Datenerhebung häufig wertend miteinander verglichen. Dies ist problematisch, da in diesem Falle zwei Messverfahren direkt gegenübergestellt werden, die unterschiedlicher Natur sind. Aus diesen Vergleichen wird nicht selten eine Überlegenheit der *kinematischen Messung* gegenüber einer *Beobachtung* skizziert. Jedoch geht mit der relativ genauen und zeitlich nahezu stetigen Erhebung der *Positionsdaten* nicht automatisch ein Mehrwert einher (Link, 2018; Prieto et al., 2015). Vielmehr hängt die Aussagekraft der Forschungsergebnisse davon ab, dass sämtliche im Hinblick auf die Modellbildung getroffenen Entscheidungen für das Erkenntnisinteresse begründet sind. An welcher Stelle im Arbeitsgang die verschiedenen Entscheidungen anstehen, hängt wesentlich von der Wahl der Datenerhebungsmethode ab.

Um die möglichen unterschiedlichen Entscheidungen auf jedem forschungsmethodischen Schritt besser zu veranschaulichen, sollen nachfolgend zwei Spielanalysen kurz vorgestellt werden. Beide Arbeiten werden exemplarisch auf jeder Ebene verortet. Bourbousson et al. (2010) untersuchten das individuelle Spielverhalten im Basketball. Ziel der Untersuchung war es, Auffälligkeiten in den Positionsverläufen in Abhängigkeit von Gegen- und Mitspielern zu

² Die Messgenauigkeit der unterschiedlichen technischen Lösungen zur Erfassen von Positionsdaten stellt einen eigenen Untersuchungsgegenstand dar, dem sich zahlreiche Forschungsarbeiten widmen. Exemplarisch sei hier auf die Arbeit von Bastida Castillo, Gómez Carmona, De la cruz Sánchez und Pino Ortega (2018) verwiesen.

identifizieren. Es wurde also geprüft, ob die Bewegungen auf dem Spielfeld abhängig von den Bewegungen von Mit- oder Gegenspielern sind. Als zweites Beispiel soll die Arbeit von Winter und Pfeiffer (2015) vorgestellt werden. Die Autoren untersuchten Spiele der Fußball-Europameisterschaft 2012 mit dem Ziel, mögliche Unterschiede in der Spielweise von mehr und weniger erfolgreichen Mannschaften zu identifizieren. Dazu wurden taktische Unterziele definiert, die eine Mannschaft im Ballbesitz erreichen muss, um einen erfolgreichen Torabschluss erreichen zu können. Im Ergebnis wurde das Spielverhalten so in Form eines Zustands-Übergangs-Modells abgebildet und geprüft, ob sich mehr oder weniger erfolgreiche Teams im taktischen Verhalten voneinander unterscheiden.

Im Rahmen der erwähnten Arbeit von Bourbousson et al. (2010) erfassten die Autoren die Positionen von sämtlichen Basketballspielern in einem professionellen französischen Basketballspiel über eine Verfolgung anhand von Videobildern. Auf der ersten Ebene ist diese Arbeit somit eindeutig einer *kinematischen Messung von Positionsdaten* zuzuordnen. Demgegenüber stellt die Spielanalyse im Fußball von Winter und Pfeiffer (2015) ein Beispiel für die *Erhebung von Beobachtungsdaten* dar, da hier das Auftreten vorab definierter Beobachtungsmerkmale notiert wurde: Hier wurden vier von einer Mannschaft zu lösende taktische Aufgaben definiert (vom Kontrollieren eines gewonnenen Balls bis hin zum Nutzen einer Abschlussmöglichkeit) und in ein Beobachtungsmodell überführt. Das Auftreten der Beobachtungsmerkmale wurde über den Verlauf der Zeit erfasst.

4.3.3 Registrierung basaler Elemente taktischen Verhaltens

Abstrahiert und unabhängig von der Wahl der Datenerhebungsmethode besteht das übergeordnete Ziel jeder Spielanalyse darin, das Verhalten der Spieler im Hinblick auf das jeweilige Erkenntnisinteresse hinreichend genau abzubilden (Araújo, 2017b). Resultat dieses Arbeitsschrittes ist eine manifeste, also eine direkt beobachtbare Variable, die das Verhalten elementar registriert (Fassnacht, 1979). Der Detailgrad des theoretischen Hintergrundes einer Analyse kann dabei stark variieren und zunächst in mehrfacher Hinsicht rudimentär sein. So wurden gerade in jüngerer Vergangenheit vermehrt Studien durchgeführt, bei denen im Vorfeld nur wenige Annahmen existierten. Stattdessen wurde versucht, Besonderheiten explorativ aus einer Datenmenge zu extrahieren. Die Suche kann dabei mittels unterschiedlicher Verfahren erfolgen (Rein & Memmert, 2016). Zu den informatischen Verfahren zählen beispielsweise Künstliche Neuronale Netze (Perl, Tilp, Baca & Memmert, 2015; Pfeiffer & Perl, 2006), Data Mining (Gudmundsson & Horton, 2017) oder das Machine Learning (Gudmundsson & Horton, 2017). Alternativ oder ergänzend können auch Verfahren der Statistik, wie explorative Faktorenanalysen (Winter et al., 2017), Clusteranalysen (Moura, Martins & Cunha, 2014) oder Principal Component Analysis (Moura et al., 2014) verwendet werden. Diese Verfahren werden eingesetzt, um zunächst unbekannte Strukturen in einer vorhandenen Datenmenge zu identifizieren.

Daneben existieren Arbeiten mit stark theoriebasiertem Hintergrund. Ein Beispiel hierfür ist die Sichtweise, dass Sportspiele als komplexe, selbst-organisierende Systeme im Sinne der Synergetik verstanden werden (Araújo, 2017a; Walter, Lames & McGarry, 2007). Daraus abgeleitet werden bestimmte Parameter identifiziert bzw. untersucht wie Relative Phasen (Bourbousson et al., 2010) oder Perturbationen (McGarry & Franks, 1996). Es wurden aber

auch mathematische Theorien genutzt, um Daten zu analysieren. Ein Beispiel hierfür ist die Betrachtung von Zustandsübergängen über Markov-Ketten (Pfeiffer et al., 2010). Gudmundsson und Horton (2017) bieten darüber hinaus einen guten Überblick über weitere Verfahren, die zur Weiterverarbeitung (von überwiegend *Positionsdaten*) angewandt wurden. Ebenfalls inzwischen weit verbreitet ist die Analyse von Sportmannschaften als soziale Netzwerke, die ihre theoretische Fundierung in der Soziologie hat (Ramos, Lopes & Araújo, 2018; Rein & Memmert, 2016).

Doch nicht nur der allgemeine theoretische Hintergrund einer Spielanalyse sollte reflektiert betrachtet werden. Auch im Rahmen des forschungsmethodischen Vorgehens sind mehrere Entscheidungen auf unterschiedlichen Ebenen zu treffen und jede dieser Entscheidungen ist als Modellbildung zu verstehen (Araújo, 2017a), denn die komplexe Wirklichkeit wird reduziert (Verkürzungsmerkmal) und als Abbild des Originals (Abbildungsmerkmal) für einen bestimmten Zweck (pragmatisches Merkmal) entworfen (Lames, 2002; Perl, 2002; Perl & Uthmann, 1997). Jede Form der Spielanalyse ist somit das Ergebnis eines Modellbildungsprozesses mit mehreren zum Teil unabhängigen Modellierungsschritten (Abb. 4.3). Diese Feststellung ist für das Verständnis des jeweiligen Ansatzes bedeutend, denn mit jedem Schritt der Modellbildung gehen Attribute des Originals verloren und zusätzliche Attribute kommen hinzu (Lames, 1994), was den Gegenstandsbereich der Spielanalyse maßgeblich determiniert.

Dieser soll nachfolgend differenziert betrachtet werden, beginnend mit der Auflösung des Spielverhaltens in verschiedenen Dimensionen. Auch dieser Komplex ist im Problemfeld der Beschreibung zu verorten (Lames, 1994) (Abb. 4.2). Die Kenntnis des *räumlichen* und *zeitlichen* Kontextes ist für die Bewertung von Spielverhalten äußerst relevant (Passos, 2017b; Ramos et al., 2018; Rein & Memmert, 2016). Neben Raum und Zeit kann der Verhaltensstrom auch hinsichtlich der betrachteten Personen und dem Detailgrad des Verhaltens unterschiedlich umfassend abgebildet werden. Die Auflösung der verhaltensbeschreibenden Daten lässt sich somit in vier Dimensionen abgrenzen: *Inhaltlich*, *personal*, *zeitlich* und *räumlich* (Fassnacht, 1979; Perl & Uthmann, 1997).

Die Wahl von konkreten Beobachtungseinheiten kann als *inhaltliche* Auflösung eines Analysevorgangs verstanden werden (Fassnacht, 1979). Wurde als Datenerhebungsmethode eine *kinemetrische Messung* gewählt, bedeutet dies, dass das Verhalten als räumliche Positionierung auf dem Feld verstanden wird (Abb. 4.3). Entweder werden diese Positionskoordinaten direkt zur weiteren Analyse genutzt oder es können – entweder über künstliche Intelligenz oder durch menschliche Vorgaben – basierend auf Positionsdaten vorab definierte Ereignisse identifiziert und notiert werden (Gudmundsson & Horton, 2017). Mit einer *Beobachtung* ist es theoretisch ebenfalls möglich, Positionen im Raum als Verhalten zu erfassen; auf Grund der begrenzten Wahrnehmungskapazität des Menschen ist dies jedoch nicht als sinnvoll zu erachten. Stattdessen wird bei *Beobachtungen* vor dem Schritt der Datenerfassung die Formen von Verhalten, die Gegenstand der Analyse sein sollen, als Ereignisse operationalisiert, so dass als Resultat des Messvorgangs Ereignisdaten entstehen. Während bei der *Spielbeobachtung* vor der eigentlichen Datenerhebung also zunächst ein explizites Beobachtungsmodell erstellt werden muss, wird bei der *kinemetrischen Messung von Positionen* das Modell bereits implizit mitgeliefert und eine möglichst exakte sowie umfassende

Erfassung der Datenpunkte steht im Vordergrund. Erst in einem weiteren Schritt werden gezielt Überlegungen zur Analyse von Strukturen und Zusammenhängen angestellt (Link, 2018).

In *personaler* Hinsicht ist zu entscheiden, was bzw. wer überhaupt analysiert werden soll – der Gegenstand des Erkenntnisinteresses muss also konkretisiert werden. Eine gängige Option besteht in der Unterscheidung nach der Anzahl der an einer Aktion beteiligten Personen in Individual-, Gruppen- oder Mannschaftstaktik (Rein & Memmert, 2016).

Betrachtet man die *zeitliche* Auflösung, wird häufig zwischen den beiden Extremen einer statischen im Gegensatz zu einer dynamischen Analyse gesprochen (Prieto et al., 2015) bzw. es werden unterschiedliche Lösungen hierzu vorgestellt (Passos, 2017b). Die beiden extremen Pole dieser Dimension sind also die Betrachtung summariver Werte (aufsummiert über die gesamte Spieldauer) (Lago-Peñas et al., 2011) gegenüber einer detaillierten Betrachtung der zeitlichen Abfolge der registrierten Ereignisse oder Positionen (Link, Lang & Seidenschwarz, 2016). Letztendlich ist die Wahl der zeitlichen Auflösung stark vom Erkenntnisinteresse und den zur Verfügung stehenden Ressourcen abhängig. Dies kann zeitbasiert, beispielsweise sekundlich oder minütlich, oder anhand der Dauer zwischen den Ereignissen (Systemelementen) wie Zweikampf, Kopfball, Balleroberung usw., also ereignisbasiert erfolgen (Lames, 1994).

Auch hinsichtlich der *räumlichen* Auflösung ist eine sinnvolle Reduktion mit Blick auf die Forschungsfrage meist unumgänglich (Gudmundsson & Horton, 2017; Passos, 2017b). Die unterschiedlichen Lösungsansätze reichen von exakten *Positionsdaten* (Perl, 2018) über die Aufteilung des Spielfeldes in Spielfeldzonen (Barreira, Garganta, Machado & Anguera, 2014) bis hin zum Verzicht auf die Angabe räumlicher Informationen (Winter et al., 2017).

Die gegenwärtige Technologie ermöglicht bei der Analyse von *Positionsdaten* eine nahezu vollständige personale, zeitliche und räumliche Auflösung, die erst nach der Erhebung der Daten reduziert wird. *Beobachtungsdaten* sind dahingehend meist breiter gestreut, erreichen aber in der Regel nicht die hohe insbesondere zeitliche und räumliche Auflösung von *Positionsdaten*.

In der Analyse von Bourbousson et al. (2010) steht die Analyse des Verhaltens eines Individuums klar im Fokus, es wird also vorrangig die Individualtaktik betrachtet. Allerdings betrachten die Autoren weiterhin den Zusammenhang zwischen den Bewegungen eines einzelnen Spielers in Relation zu den Bewegungen eines einzelnen Mitspielers, so dass hier das Erkenntnisinteresse dabei eher auf die Betrachtung von (Klein-)Gruppen ausgerichtet ist. Weiterhin wird der zweidimensionale Ort auf dem Spielfeld schlussendlich mit einer Frequenz von 25 Hz und einer nicht näher angegebenen räumlichen Genauigkeit ausgeliefert. Die Fußball-Analyse von Winter und Pfeiffer (2015) rückt hingegen die Spielweise eines ganzen Teams durch die Beschreibung des zeitlichen Übergangs von zu lösenden taktischen Aufgaben in den Fokus. Der Blick ist dabei auf mannschafts- und gruppentaktische Verhaltensweisen gerichtet, der individuelle Beitrag wird mit dem Beobachtungsmodell nicht abgebildet. Weiterhin werden keine Erfassung von räumlichen Daten berichtet und die Auflösung des zeitlichen Verlaufs ist dadurch, dass nur Übergänge zwischen den vorab definierten Zuständen erfasst wurde, als niedrig zu bezeichnen.

4.3.4 Aggregation der Daten

Nachdem die Erhebung der basalen Daten zur Analyse abgeschlossen ist, folgen bis zu zwei weitere Arbeitsschritte zur Verarbeitung der Daten, deren Resultat latente Variablen darstellen. Hierbei wird der Problembereich der Beschreibung verlassen und beide Entscheidungen sind dem Bereich der Analyse zuzuordnen (Lames, 1994) (Abb. 4.2). Beiden Vorgängen gemein ist, dass die erhobenen Roh-Daten vor der Interpretation miteinander in Beziehung gesetzt bzw. relativiert werden, was in der Informatik als Aggregation bezeichnet wird (Link, 2018). Hier kann unterschieden werden in eine Datenanalyse (4.3.4.1) und der Konstruktion eines Bezugs zur sportlichen Leistung (4.3.4.2). Diese Schritte können auch mit bereits früher erhobenen Daten als Re-Analyse durchgeführt werden.

4.3.4.1 Beziehungen und Relativierung (Datenanalysen)

Sowohl bei *Positions-* als auch *Beobachtungsdaten* geht es vorrangig darum, die Daten im Hinblick auf die konkrete Forschungsfrage zu reduzieren, zu verrechnen oder miteinander in Verbindung zu setzen (Bortz & Döring, 2015). Die Anzahl der betrachteten Subjekte, die räumliche und zeitliche Auflösung oder die Anzahl der berücksichtigten Parameter werden hier verringert oder erhöht (bzw. auch um zusätzliche Attribute erweitert). Während die Datenaggregation bei *Positionsdaten* üblicherweise erst nach der Datenerfassung erfolgt, ist dies im Rahmen der *Spielbeobachtung* nicht zuletzt aus ökonomischen Gründen bereits bei der Konstruktion des Beobachtungsmodells erforderlich. Die nachfolgend dargestellten möglichen Lösungen sind dabei jedoch stets nur in Abhängigkeit der Form der vorliegenden Daten möglich. Werden beispielsweise keine zeitlichen Informationen erhoben, ist eine Konstruktion von (Teil-)Prozessen nicht möglich.

In sämtlichen vier Dimensionen (Kapitel 4.3.3) kann die Auflösung reduziert werden. Jedoch ist zu beachten, dass eine Reduktion der Auflösung nicht zwangsläufig mit einer Verringerung des Informationsgehalts der Daten einhergeht. Durch diesen Schritt der Modellbildung kann auch ein informatorischer Mehrwert generiert werden. So ergeben sich neue Analyse-Möglichkeiten, wenn zum Beispiel in *personaler* Dimension einzelne Spieler zu einer Abwehr- oder Angriffsformation zusammengefasst werden. Wurden zeitliche Informationen registriert, können aus längeren Prozessen kürzere Teilprozesse selektiert werden. Ein gängiges Beispiel ist hier die Unterteilung des gesamten Angriffsspiels in Angriffsversuche, Passstafetten oder bestimmte Spielsituationen, wie z. B. Standardsituationen (Lames, 1994; Rein & Memmert, 2016). Aus *räumlicher* Perspektive können beispielsweise ebenfalls nur bestimmte Zonen betrachtet werden.

In allen vier Dimensionen besteht eine Möglichkeit darin, von den bis hierhin erhobenen Daten nur bestimmte zu selektieren. Während die Auswahl der Ereignisse durch die Untersuchungsleitung erfolgt, kann die Registrierung oder das Filtern automatisiert, halbautomatisch oder manuell vorgenommen werden. Sowohl von einzelnen Ereignissen als auch von Prozessen oder Teilprozessen können anschließend absolute Häufigkeiten betrachtet werden (absolute Kennzahlen). Werden die reinen Häufigkeiten dabei relativiert, also zu bestimmten anderen Größen in Verhältnis gesetzt, entstehen relative Kennzahlen (Araújo, 2017b; Bortz & Döring, 2015). Durch diesen Arbeitsschritt können dabei bestimmte

Verhaltensweisen selektiert, normalisiert oder miteinander in Verbindung gebracht werden (Sampaio & Leite, 2015).

Weiterhin können Profile aus mehreren Parametern (sowohl absolute als auch relative Kennzahlen) gebildet werden (O'Donoghue, 2015). Dieses Vorgehen, mit dem die Aussagekraft einzelner Werte durch die Hinzunahme weiterer Faktoren erhöht werden soll, ist unter anderem in den US-amerikanischen Medien durch die sogenannten Boxscores in der NBA bekannt (Loeffelholz, Bednar & Bauer, 2009).

Das erste Beispiel (Bourbousson et al., 2010) präsentiert eine Auswahl von 6 Spielszenen, so dass Teilprozesse (zufällig) ausgewählt wurden. Weiterhin wurden die Bewegungen der Spieler an den Bewegungen von Gegen- bzw. Mitspielern relativiert, so dass mittels der Relativen Phase eine relative Kennzahl gebildet wurde.³ In Beispiel zwei (Winter & Pfeiffer, 2015) wurden aus den Übergängen zwischen einzelnen Zuständen pro Spiel relative Kennzahlen gebildet – so wurde beispielsweise die Anzahl der Torabschluss-Situationen relativiert an der Anzahl der Angriffsversuche. Da zur Prüfung von Unterschieden zwischen den einzelnen Erfolgs-Gruppen schlussendlich eine Kombination von elf Indizes herangezogen wurden, erfolgte darüber hinaus auch die Bildung eines Profils.

4.3.4.2 Konstruktion des Leistungsbezugs

In einem letzten Schritt der leistungsdiagnostischen Spielanalyse sollte versucht werden, einen Bezug zwischen den Resultaten der Spielanalyse und der Spielleistung herzustellen. Dieser Schritt ist aus leistungsdiagnostischer Perspektive essentiell und differenziert zwischen einer rein deskriptiven Beschreibung des Spielgeschehens und einer trainingswissenschaftlichen Diagnostik. Im aktuellen Diskurs der Spielanalyse ist häufig von Leistungsindikatoren (Englisch: Performance Indicators oder Key Performance Indicator, wenn diesen eine exponierte Schlüsselrolle zugeschrieben wird) die Rede, allerdings trifft dieser Begriff nur dann zu, wenn für diese Parameter auch ein Bezug zum sportlichen Erfolg nachgewiesen werden kann (Liu, Hopkins & Gómez, 2016). Es ist also zu begrüßen, dass in der jüngeren Vergangenheit ein Anstieg der leistungsbezogenen wissenschaftlichen Publikationen zu verzeichnen ist (Ávila-Moreno et al., 2018).

Die Verbindung zwischen sportlichem Verhalten, sportlicher Leistung und Erfolg hat mit der Herausforderung zu kämpfen, dass die Verbindung jeder dieser drei Ebenen nicht linear verläuft: Betrachtet man nur das Verhalten, so ist dieses aufgrund der Komplexität der Situation als nicht-linear zu beschreiben (Passos, 2017a). Dieses situativ-variable Verhalten kann je nach Kontext dann zu einer mehr oder weniger guten sportlichen Leistung führen, die dann wiederum nicht-linear mit einem möglichen sportlichen Erfolg verbunden ist (Hohmann et al., 2014). Gerade in den Sportspielen ist ein sportlicher Erfolg auch nach schlechter Leistung oder umgekehrt eine unglückliche Niederlage trotz eines guten Spiels möglich (Lames, 1994). Ein Resultat dieses Spannungsfeldes ist, dass in der jüngeren Vergangenheit neue Kriterien zur Bewertung von erfolgreichem Spielverhalten entstanden sind. Exemplarisch sei hier die

³ Die Relative Phase ist ein Parameter der Grad und Reihenfolge der Interaktion zweier oszillierender Objekte quantifiziert und damit die Interaktion zwischen zwei Parteien bewerten kann (Walter et al. (2007).

Dangerousness im Fußball angeführt (Link et al., 2016), die zu jedem Zeitpunkt des Spiels die Wahrscheinlichkeit der Erzielung eines Tores durch den Ballbesitzer quantifiziert.

Geht man davon aus, dass Experten in einem Sportspiel in der Lage sind, positives Verhalten zu identifizieren, so kann deren Expertise dazu genutzt werden, eine Verbindung zwischen dem Verhalten auf dem Spielfeld und Erfolg oder Leistung herzustellen. Dies kann beispielsweise über eine Befragung bzw. Bewertung des Verhaltens durch diese Experten (Experten-Rating) vorgenommen werden (Sarmiento, Anguera et al., 2014).

Relativ weit verbreitet ist die Kopplung von aufgezeichnetem Verhalten mit dem Resultat eines Wettkampfes mit Hilfe inferenzstatistischer Verfahren (Araújo, 2017b). Auf diesem Wege werden Gruppen von mehr oder weniger erfolgreichen Parteien gebildet und diese auf Unterschiede zu anderen Gruppen untersucht. Dazu werden unterschiedliche statistische Methoden wie die Prüfung auf Mittelwertsunterschiede (Barreira et al., 2014), Diskriminanzanalysen (Lago-Peñas et al., 2011), Regressionsanalysen (Tenga et al., 2010), Klassifizierung über Künstliche Neuronale Netze (Winter et al., 2017) oder weitere Verfahren herangezogen.

Das bislang geschilderte Vorgehen nutzt zur Bewertung von Leistung das Kriterium des Erfolges (den Ausgang eines Spiels, einer Saison etc.). Neben diesem ist auch eine Prüfung auf Leistungsrelevanz anhand der Bewertung der Leistung während des Spielverlaufs durch eine Simulation genutzt worden. Die grundlegende Idee ist hierbei, dass anhand eines formalisierten Modells geprüft wird, wie sich ein leicht modifiziertes taktisches Verhalten auf das Spielergebnis ausgewirkt hätte. Beispiele hierfür sind die Verwendung von Markov-Ketten (Pfeiffer et al., 2010), Künstlichen Neuronalen Netzen (Pfeiffer & Perl, 2006) oder Monte Carlo Simulationen (Perl, 2018).

Während Bourbousson et al. (2010) darauf verzichten, einen quantifizierbaren Bezug zur Leistung herzustellen (sondern diesen zum Teil deskriptiv konstruieren), stellt die Arbeit von Winter und Pfeiffer (2015) ein Beispiel für die Prüfung von Leistungsrelevanz bestimmter Verhaltensweisen über ein externes Kriterium (den Ausgang eines Spiels) dar. So konnte hier gezeigt werden, dass sich Gewinner vor allem in den Spielsituationen Effizienz im Torabschluss und Verhalten nach Verlust des Ballbesitzes von den weniger erfolgreichen Mannschaften unterscheiden.

4.3.5 Das Systematisierungsmodell der quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse

Das nachfolgend vorgestellte Systematisierungsmodell soll die wesentlichen forschungsmethodischen Entscheidungen enthalten, die für eine wissenschaftliche, leistungsdiagnostische Spielanalyse relevant sind. Ziel ist es, Gemeinsamkeiten und Unterschiede der unterschiedlichen Spielanalyseansätze auf den einzelnen Ebenen identifizieren zu können. Dazu werden die Entscheidungen explizit benannt, damit das forschungsmethodische Vorgehen anhand dieser sowohl ex post facto als auch prospektiv strukturiert werden kann. Die von Passos (2017b) für die Spielanalyse herausgestellten Problemfelder lassen sich somit thematisieren und resultieren in den nachfolgenden Themenkomplexen:

- Die Wahl der Datenerhebungsmethode
- Die Registrierung basaler Elemente taktischen Verhaltens
 - Positions- oder Ereignisdaten
 - Gestaltung der Auflösungen in inhaltlicher, personaler, zeitlicher und räumlicher Dimension
- Aggregation der Daten
 - Beziehungen und Relativierung
 - Konstruktion des Leistungsbezugs

Das Modell (Abb. 4.3) ist Top-down aufgebaut und stellt die hierarchische Abfolge der im Forschungsprozess zu treffenden Entscheidungen dar, die in der Gesamtheit mehrere Modellierungsschritte zur Operationalisierung taktischen Verhaltens beinhalten. Die Möglichkeiten und Grenzen im Bereich der Aggregation sind beispielsweise direkt von der Form der erhobenen basalen Elemente taktischen Verhaltens abhängig. Eine zeitliche Abfolge der Themenfelder ist nicht abgebildet, da sich diese in Abhängigkeit der Datenerhebungsmethode zwangsweise unterscheidet (Kapitel 4.3.2) Es wird auch veranschaulicht, in welcher Form bereits erhobene Daten zur Spielanalyse re-analysiert werden können: Neben einer nachträglichen Reduktion der Auflösungen in allen vier Dimensionen sind die Arbeitsschritte der Aggregation auch für bereits erhobene Daten möglich.

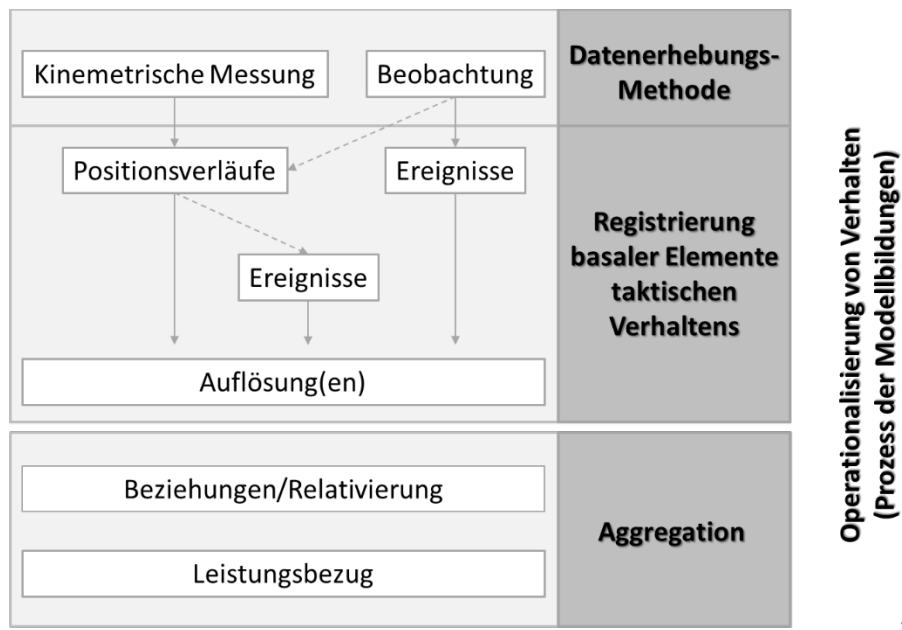


Abbildung 4.3. Das Systematisierungsmodell der quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse. Durchgezogene Pfeile symbolisieren notwendige Abfolgen in der Hierarchie der Entscheidungen. Gestrichelte Pfeile stehen für mögliche, aber seltener genutzte Abfolgen.

Die vorgenommene Darstellung ist eine vereinfachte und idealtypische Darstellung – einzelne Schritte innerhalb der Struktur können in ihrer Reihenfolge durchaus variiert oder auch übersprungen werden. Weiterhin ist die Modellbildung generell und somit auch jede Entscheidung zum geeigneten Beobachtungsmodell als iterativer Prozess zu verstehen (Perl, 2002), der bei Bedarf mehrfach zu durchlaufen ist.

4.3.6 Fazit

In der jüngeren Vergangenheit ist eine zunehmende Anzahl wissenschaftlicher Publikationen im Bereich der Spielanalyse zu verzeichnen. Der technologische Fortschritt führte dabei bislang vor allem zu einer erheblichen Verbesserung im Bereich der Datenerhebung und -verarbeitung, aber weit weniger hinsichtlich der theoretischen Fundierung dieser Schritte. Dies hat teilweise zur Folge, dass interessante Ansätze der Verarbeitung von Daten auf beliebig verfügbare Daten angewandt wurden. Die in diesem Beitrag vorgestellten forschungsmethodischen Entscheidungen werden teilweise besonders gründlich und innovativ gestaltet, während andere stark vernachlässigt werden. Aus Sicht der Autoren führt dieses Vorgehen dazu, dass das Potential vieler neuer Ansätze häufig nicht völlig ausgeschöpft wird.

Nur wenn alle Schritte bei der Planung und Durchführung von Spielanalysen bedacht werden, können aussagekräftige Ergebnisse erreicht werden. Deshalb soll an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen werden, dass es keine Überlegenheit einer Methode zur Datenerhebung gibt, sondern *kinemetrische Messungen* und *Beobachtungen* viel mehr das Potenzial besitzen, sich für eine Spielanalyse ergänzend gegenüberzustehen. Um die komplementären Stärken beider Ansätze nutzen zu können, ist es unabdingbar, den Vorgang der Datenerhebung bewusst von jenem der –auswertung zu trennen! Hierfür wurde die Unterscheidung in die beiden Problemkreise von Lames (1994) (Abb. 4.2) dem aktuell gängigen oder möglichen Vorgehen entsprechend in weitere Schritte der Modellbildung ausdifferenziert (Abb. 4.3). Durch diese detailliertere Betrachtung können Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Spielanalysen in unterschiedlichen Arbeitsschritten leichter identifiziert werden und eine Verortung in den aktuellen Forschungsstand ist leichter möglich.

Diese Identifizierung der einzelnen forschungsmethodischen Entscheidungen und die damit automatisch einhergehenden mehrstufigen Prozesse der Modellbildung ist essentiell, denn nur wenn diese Aspekte einer Spielanalyse wahrgenommen und verstanden werden, kann ein Leser unterschiedliche Analysen verstehen, verorten und miteinander auf unterschiedlichen Ebenen vergleichen. Weiterhin ist eine differenzierte Auseinandersetzung für die Planung zukünftiger Spielanalysen zentral.

4.4 Zusammenfassende Diskussion der Systematisierung

Das Systematisierungsmodell zur quantitativen leistungsdiagnostischen Spielanalyse verfolgt zwei übergeordnete Ziele: Es soll erstens ermöglichen, publizierte Arbeiten auf unterschiedlichen Ebenen (nach unterschiedlichen Kriterien) übersichtlich miteinander vergleichen zu können, um so einen Überblick über einen spezifischen aktuellen Forschungsstand zu erreichen. Zweitens soll auf diesem Wege eine Orientierungshilfe für die Planung und Durchführung künftiger Analysen geboten werden, so dass Spielanalysen durch eine gründliche Modellbildung und sinnvoll getroffene Entscheidungen zu aussagekräftigen und praxisrelevanten Resultaten führen können. Deutlich wird dabei, dass beide Ziele nur erreicht werden können, wenn der Prozess einer Spielanalyse ganzheitlich betrachtet und als mehrstufiger Prozess der Modellbildung verstanden wird. Es *müssen* viele Entscheidungen auf unterschiedlichen Ebenen getroffen werden, die unweigerlich die resultierenden Erkenntnisse beeinflussen. Auf jeder Entscheidungsstufe ist es nun möglich, eine bestimmte Arbeit mit

anderen Forschungsarbeiten vergleichen zu können, ohne dabei das große Ganze aus dem Blick zu verlieren.

Doch ganz gleich, welche Ebene der zu treffenden Entscheidungen betrachtet wird, so muss an dieser Stelle nochmals betont werden, dass jede Entscheidung und somit jeder Schritt der Modellbildung unbedingt bewusst getroffen werden sollte. Eine Abstraktion bzw. Reduktion des abzubildenden Gegenstandes ist unumgänglich, denn so wird es erst möglich, komplexe Systemstrukturen und Interaktionen gedanklich zu erfassen (Perl & Uthmann, 1997, S. 44). Nur wenn diese Reduktion reflektiert und als Schritt der Modellbildung verstanden und durchgeführt wird, werden die Grenzen der Aussagekraft der Untersuchung offensichtlich und können entsprechend berücksichtigt werden.

Wenn der Prozess der Spielanalyse mit Bedacht und bewusst mehrstufig ausgeführt wird, können damit viele Forderungen aus der Grundlagenliteratur der Sportspiele bzw. der Spielanalysen erfüllt werden. Beispielsweise werden so die vier von Passos (2017b, S. 75) identifizierten Problemfelder bewusst thematisiert: Entscheidungen zur inhaltlichen (*select the set of action variables*), personalen (*select the set of players*), räumlichen (*select the space*) und zeitlichen (*select the time scale*) Auflösung werden auf der Stufe der Registrierung basaler Elemente taktischen Verhaltens explizit berücksichtigt.

Weiterhin wird der Forderung von Sampaio und Leite (2015, S. 117) entsprochen, die dafür plädieren, dass Leistungsindikatoren im Rahmen einer Spielanalyse stets normalisiert bzw. relativiert werden sollten, anstatt die absoluten Werten zu verwenden. Sie argumentieren, dass so der Natur der Sportspiele bzw. der Entstehung von Leistung im Sportspiel-Wettkampf besser entsprochen werde. Durch eine Berücksichtigung dieses Schrittes bei der Verarbeitung von erhobenen Rohdaten wird diesem Gedanken auf der Ebene der Aggregation Rechnung getragen. Dort ist auch der geforderte explizite Bezug von Indikatoren zur sportlichen Leistung verortet.

Losgelöst von einzelnen Ebenen ist die folgende Forderung von Lames (1994, S. 18–30), die bereits vor 25 Jahren formuliert wurde, für die Durchführung und Interpretation von Spielanalysen nach wie vor äußerst relevant: Nur wenn die Beschreibung des Spielgeschehens, die Analyse der Daten und die Ableitung konkreter trainingspraktischer Maßnahmen getrennt voneinander betrachtet werden, können die Problemfelder auf jeder Ebene angemessen berücksichtigt werden. Allerdings ist eine detailliertere Unterteilung der drei großen Problemkreise in kleinere, leichter greifbare Ebenen der Modellbildung ratsam, so dass das vorgestellte Systematisierungsmodell in den existenten Rahmen eingeordnet werden kann, diesen aber weiter ausdifferenziert.

Schließlich sei nochmals explizit darauf hingewiesen, dass per se keine Überlegenheit von bestimmten Formen der Spielanalyse gegenüber anderen konstatiert werden kann. Ganz gleich, ob auf der Ebene der Datenerhebungsmethode, der Datenverarbeitung oder der Aggregation: Die jeweilige Entscheidung hinsichtlich des verwendeten Analysemodells muss dem entsprechenden Erkenntnisinteresse angemessen getroffen werden. Bei deckungsgleichem Fokus ist es anhand des vorgestellten Systematisierungsmodells möglich, entsprechende Forschungsarbeiten wertend miteinander zu vergleichen. Darüber hinaus ist zu konstatieren, dass unterschiedliche Methoden der Spielanalyse ein ergänzendes Potential für ein umfassendes

Verständnis von Sportspielen allgemein oder spezifischer Fragestellungen auf enger umrissenen Feldern bieten (Ribeiro et al., 2019; Sarmiento et al., 2018; Sarmiento, Anguera et al., 2014).

5 Fazit und Ausblick

Viele aktuelle Problemfelder im Zusammenhang mit Spielanalysen weisen eine überraschend große Ähnlichkeit mit entsprechenden Ausführungen aus den 1990er bzw. 2000er Jahren auf. Der überwiegend technologisch zu verortende Fortschritt führte demnach nicht automatisch zu einer Progression auf dem Forschungsfeld. In diesem Zusammenhang sind drei zentrale Forderungen klassischer Grundlagenwerke zur Spielanalyse nochmals zu wiederholen und zu erweitern:

1. Jede Spielanalyse ist das Ergebnis einer Modellbildung, die gegenstandsadäquat erfolgen muss, um zuverlässige und aussagekräftige Erkenntnisse gewinnen zu können (Pfeiffer, 2005, S. 100). Die Qualität des Analysemodells sollte dabei in mehrere Modellbildungsschritte unterteilt erfolgen und bewertet werden (Winter & Pfeiffer, 2019).
2. Jede wissenschaftliche Spielanalyse sollte die voneinander zu trennenden Problemkreise der Beschreibung, der Diagnose und der trainingspraktischen Umsetzung berücksichtigen (Lames, 1994, S. 21). Eine umfassende Systematisierung neuerer Arbeiten kann allerdings nur erfolgen, wenn eine detailliertere Unterteilung in die Stufen der Datenerhebungsmethode, der Registrierung basaler Elemente taktischen Verhaltens und der Aggregation der Daten erfolgt (Winter & Pfeiffer, 2019).
3. Um im Rahmen einer Spielanalyse im trainingswissenschaftlichen Kontext von einer leistungsdiagnostischen Arbeit sprechen zu können, muss ein Zusammenhang zwischen den untersuchten Variablen und der sportlichen Leistung überprüft bzw. nachgewiesen werden (Sampaio & Leite, 2015, S. 115; Winter & Pfeiffer, 2015). Dabei könnten nicht-lineare Vorgehensweisen der Klassifizierung unter Umständen besser geeignet sein (Winter et al., 2017).

Der technologische Fortschritt der vergangenen Jahre führte dennoch zu neuen und verbesserten Möglichkeiten zur Realisierung unterschiedlicher Spielanalysen auf vielen Ebenen. Durch die direkte Erhebung von Positionsdaten ist die Berechnung komplexer Parameter zur Erfassung des räumlich-zeitlichen Spielverhaltens vieler Spieler leichter möglich geworden. So kann Spielverhalten direkt in Abhängigkeit zur Position des Balles gewertet und interpretiert werden – und auch Aktionen, die fern des Spielgeräts ausgeführt werden, können erfasst und im Hinblick auf die Spielleistung bewertet werden. Gerade die automatisierte Verarbeitung großer erhobener Datenmengen stellt ein vielversprechendes Anwendungsfeld für maschinelles Lernen dar (Gudmundsson & Horton, 2017; Rein & Memmert, 2016), was durch neue Verfahren zu neuen Erkenntnissen führen kann. Dabei ist jedoch zu beachten, dass eine Praxisrelevanz gewonnener Einsichten nur gewährleistet werden kann, wenn die einzelnen Arbeitsschritte als Modellbildung verstanden und mit sportwissenschaftlicher Expertise begleitet werden.

Die fortschreitende Professionalisierung im Spitzenbereich vieler Sportspiele scheint ebenfalls eine Chance für das Forschungsfeld der Spielanalysen zu bieten: „Zukünftig werden Spielanalysten immer häufiger in die sportliche Leitung der jeweiligen Mannschaften involviert sein“ (Memmert & Raabe, 2017, S. 2). Sollte sich diese Prognose als zutreffend herausstellen, könnte dies erstens zu einem deutlichen Erkenntnisfortschritt für die trainingswissenschaftliche

ebenso wie für die trainingspraktische Leistungsdiagnostik führen. Zweitens wäre zu hoffen, dass der Graben zwischen Theorie und Praxis etwas verringert bzw. hilfreiche Brücken zwischen beiden Gebieten errichtet werden können, von denen letztendlich beide Seiten profitieren könnten.

Literaturverzeichnis

- Araújo, D. (2017a). Physical and informational constraints characterise team sport. In P. Passos, D. Araújo & A. Volossovitch (Eds.), *Routledge studies in sports performance analysis. Performance analysis in team sports* (pp. 3–24). London: Routledge.
- Araújo, D. (2017b). Variables characterising performance and performance indicators in team sports. In P. Passos, D. Araújo & A. Volossovitch (Eds.), *Routledge studies in sports performance analysis. Performance analysis in team sports* (pp. 38–52). London: Routledge.
- Ávila-Moreno, F. M., Chirisa-Ríos, L. J., Ureña-Espá, A., Lozano-Jarque, D. & Ulloa-Díaz, D. (2018). Evaluation of tactical performance in invasion team sports: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 1–22. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1460054>
- Balagué, N. & Torrents, C. (2005). Thinking before computing: Changing approaches in sports performance. *International Journal of Computer Science in Sport*, 4(2), 5–13.
- Barreira, D., Garganta, J., Machado, J. C. & Anguera, M. T. (2014). Repercussões da recuperação da posse de bola nos padrões de ataque de futebol de elite. *Revista Brasileira De Cineantropometria E Desempenho Humano*, 16(1), 36–46. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n1p36>
- Bastida Castillo, A., Gómez Carmona, C. D., De la cruz sánchez, E. & Pino Ortega, J. (2018). Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time-motion analyses in soccer. *European Journal of Sport Science*, 18(4), 450–457. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1427796>
- Bortz, J. & Döring, N. (2015). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überarb. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bourbousson, J., Deschamps, T. & Travassos, B. (2014). From Players to Teams: Towards a Multi-Level Approach of Game Constraints in Team Sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(6), 1393–1406. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.6.1393>
- Bourbousson, J., Sève, C. & McGarry, T. (2010). Space–time coordination dynamics in basketball: Part 1. Intra- and inter-couplings among player dyads. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 339–347.
- Carling, C., Wright, C., Nelson, L. J. & Bradley, P. S. (2014). Comment on ‘Performance analysis in football: A critical review and implications for future research’. *Journal of Sports Sciences*, 32(1), 2–7. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.807352>
- Castellano, J., Casamichana, D. & Lago, C. (2012). The Use of Match Statistics that Discriminate Between Successful and Unsuccessful Soccer Teams. *Journal of Human Kinetics*, 31, 139–147. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0015-7>
- Clemente, F. M., Couceiro, M. S., Martins, F. M., Mendes, R. & Figueiredo, A. J. (2013). Measuring Tactical Behaviour Using Technological Metrics: Case Study of a Football Game. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 8(4), 723–740.

- Clemente, F. M., Martins, F. M., Kalamaras, D., Oliveira, J., Oliveira, P. & Mendes, R. (2015). The social network analysis of Switzerland football team on FIFA World Cup 2014. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(1), 136–141.
- Clemente, F. M., Martins, F. M., Kalamaras, D., Wong, D. P. & Mendes, R. S. (2015). General network analysis of national soccer teams in FIFA World Cup 2014. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 80–96.
- Clemente, F. M., Martins, F. M. & Mendes, R. S. (2014). Applying Networks and Graph Theory to Match Analysis: Identifying the General Properties of a Graph. In *VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*, Cáceres, Spain.
- Clemente, F. M., Martins, F. M. & Mendes, R. S. (2016). Analysis of scored and conceded goals by a football team throughout a season: A network analysis. *Kinesiology*, 48(1), 103–114.
- Clemente, F. M., Martins, F. M., Wong, D. P., Kalamaras, D. & Mendes, R. S. (2015). Midfielder as the prominent participant in the building attack: A network analysis of national teams in FIFA World Cup 2014. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 704–722.
- Clemente, F. M., Silva, F., Martins, F. M., Kalamaras, D. & Mendes, R. S. (2015). Performance Analysis Tool for network analysis on team sports: A case study of FIFA Soccer World Cup 2014. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 1–13.
<https://doi.org/10.1177/1754337115597335>
- Collet, C. (2013). The possession game? A comparative analysis of ball retention and team success in European and international football, 2007-2010. *Journal of Sports Sciences*, 31(2), 123–136. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.727455>
- Cotta, C., Mora, A., Merelo, J. & Merelo-Molina, C. (2013). A network analysis of the 2010 FIFA world cup champion team play. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 21–42. <https://doi.org/10.1007/s11424-013-2291-2>
- Da Mota, G. R., Thiengo, C. R., Gimenes, S. V. & Bradley, P. S. (2015). The effects of ball possession status on physical and technical indicators during the 2014 FIFA World Cup Finals. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 493–500.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1114660>
- Deutscher Olympischer Sportbund (2018). *Bestandserhebung 2018*. Abgerufen am 21.10.2019 unter https://cdn.dosb.de/user_upload/www.dosb.de/uber_uns/Bestandserhebung/BE-Heft_2018.pdf
- DiSalvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P. & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(3), 205–212.
- Döbler, E. & Döbler, H. (1996). *Kleine Spiele: Das Standardwerk für Ausbildung und Praxis* (20. Aufl.). Berlin: Sportverlag.

- Duarte, R., Araújo, D., Correia, V. & Davids, K. (2012). Sports teams as superorganisms : Implications of sociobiological models of behaviour for research and practice in team sports performance analysis. *Sports Medicine*, 42(8), 633–642.
- Fassnacht, G. (1979). *Systematische Verhaltensbeobachtung: Eine Einführung in die Methodologie und Praxis*. München: Reinhardt.
- Fernandez-Navarro, J., Fradua, L., Zubillaga, A. A., Caro, O. & McRobert, A. (2015). Influence of styles of play on possession performance indicators in elite soccer. In J. Bangsbo & P. Krustup (Chairs), *8th World Congress on Science and Football*, Copenhagen, Denmark.
- Franks, I. & Hughes, M. (2016). *Soccer Analytics: Successful Coaching Through Match Analysis*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Garganta, J. (2009). Trends of tactical performance analysis in team sports: Bridging the gap between research, training and competition. *Revista Portuguesa De Ciências Do Desporto*, 9(1), 81–89.
- Glazier, P. S. (2017). Towards a Grand Unified Theory of sports performance. *Human Movement Science*, 56, 139–156. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.08.001>
- Glitsch, U. (2002). Naturwissenschaftliche Modellbildung in der Sportwissenschaft. In J. Perl, M. Lames & U. Glitsch (Hrsg.), *Modellbildung in der Sportwissenschaft* (S. 99–178). Schorndorf: Hofmann.
- Gómez, M.-A. Lago-Peñas, C. & Pollard, R. (2015). Situational variables. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 259–269). London: Routledge.
- Göral, K. (2015). Passing Success Percentages and Ball Possession Rates of Successful Teams in 2014 FIFA World Cup. *International Journal of Science Culture and Sport*, 3(1), 86–95.
- Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G. & Salvo, V. D. (2010). Match-to-match variability of high-speed activities in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(4), 237–242.
- Gréhaigne, J.-F. & Godbout, P. (2015). Collective variables for analysing performance in team sports. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 101–114). London: Routledge.
- Gudmundsson, J. & Horton, M. (2017). Spatio-Temporal Analysis of Team Sports. *ACM Computing Surveys*, 50(2), 1–34. <https://doi.org/10.1145/3054132>
- Hohmann, A. (2005). Sportspiel-Leistung. In A. Hohmann, M. Kolb & K. Roth (Hrsg.), *Handbuch Sportspiel* (S. 279–289). Schorndorf: Hofmann.
- Hohmann, A. & Brack, R. (1983). Theoretische Aspekte der Leistungsdiagnostik im Sportspiel. *Leistungssport*, 13(2), 5–10.

- Hohmann, A. & Lames, M. (2005a). Sportspiel aus trainingswissenschaftlicher Sicht. In A. Hohmann, M. Kolb & K. Roth (Hrsg.), *Handbuch Sportspiel* (S. 132–146). Schorndorf: Hofmann.
- Hohmann, A. & Lames, M. (2005b). Trainings- und Wettspielanalyse. In A. Hohmann, M. Kolb & K. Roth (Hrsg.), *Handbuch Sportspiel* (S. 376–394). Schorndorf: Hofmann.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2014). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (6. Auflage). Wiebelsheim: Limpert.
- Hottenrott, K., Seidel, I. & Willimczik, K. (2017). Gegenstand, Selbstverständnis und Forschungsgrundlagen der Trainingswissenschaft. In K. Hottenrott, I. Seidel & D. Alfermann (Hrsg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (S. 25–40). Schorndorf: Hofmann.
- Hughes, M. & Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 739–754.
<https://doi.org/10.1080/026404102320675602>
- Hughes, M. & Bartlett, R. M. (2008). What is performance analysis? In M. Hughes & I. M. Franks (Eds.), *The essentials of performance analysis: An introduction* (pp. 8–20). London: Routledge.
- Hughes, M. & Franks, I. (2005). Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(5), 509–514.
<https://doi.org/10.1080/02640410410001716779>
- Kolb, M. (2005). Strukturen von Spiel und Sportspiel. In A. Hohmann, M. Kolb & K. Roth (Hrsg.), *Handbuch Sportspiel* (S. 17–30). Schorndorf: Hofmann.
- Lago, C. & Martín, R. (2007). Determinants of possession of the ball in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 25(9), 969–974. <https://doi.org/10.1080/02640410600944626>
- Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J., Dellal, A. & Gómez, M. (2010). Game-related statistics that discriminated winning, drawing and losing teams from the Spanish soccer league. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(2), 288–293.
- Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J. & Rey, E. (2011). Differences in performance indicators between winning and losing teams in the UEFA Champions League. *Journal of Human Kinetics*, 27(1), 135–146. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0011-3>
- Lames, M. (1991). *Leistungsdiagnostik durch Computersimulation: Ein Beitrag zur Theorie der Sportspiele am Beispiel Tennis*. Frankfurt a.M.: Deutsch.
- Lames, M. (1994). *Systematische Spielbeobachtung*. Münster: Philippka.
- Lames, M. (1997). Unterstützung von Training und Wettkampf. In J. Perl & W.-D. Miethling (Hrsg.), *Informatik im Sport: Ein Handbuch* (S. 169–187). Schorndorf: Hofmann.
- Lames, M. (1998). Leistungsfähigkeit, Leistung und Erfolg - ein Beitrag zur Theorie der Sportspiele. *Sportwissenschaft*, 28(2), 137–152.

- Lames, M. (2002). Verhaltenswissenschaftliche Modellbildung in der Sportwissenschaft. In J. Perl, M. Lames & U. Glitsch (Hrsg.), *Modellbildung in der Sportwissenschaft* (S. 179–254). Schorndorf: Hofmann.
- Lames, M. & McGarry, T. (2007). On the search for reliable performance indicators in game sports. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1), 62–79.
- Lebed, F. (2015). Complex Systems in Team Sports. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 74–86). London: Routledge.
- Leite, W.S.S. (2013). Euro 2012: Analysis and Evaluation of Goals Scored. *International Journal of Sports Science*, 3(4), 102–106.
- Lemmink, K. & Frencken, W. (2015). Tactical performance analysis in invasion games: Perspectives from a dynamic system approach with examples from soccer. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 89–100). London: Routledge.
- Link, D. (2018). Sports Analytics: Wie aus (kommerziellen) Sportdaten neue Möglichkeiten für die Sportwissenschaft entstehen. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48(1), 13–25. <https://doi.org/10.1007/s12662-017-0487-7>
- Link, D., Lang, S. & Seidenschwarz, P. (2016). Real Time Quantification of Dangerosity in Football Using Spatiotemporal Tracking Data. *PLOS ONE*, 11(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168768>
- Liu, H. & Gomez, M.-Á. (2014). Relationships between Match Performance Indicators and Match Outcome in 2014 Brazil FIFA World Cup. In *VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*, Caceres, Spain.
- Liu, H., Gomez, M.-A., Lago-Peñas, C. & Sampaio, J. (2015). Match statistics related to winning in the group stage of 2014 Brazil FIFA World Cup. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1205–1213. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1022578>
- Liu, H., Gómez, M.-A., Gonçalves, B. & Sampaio, J. (2016). Technical performance and match-to-match variation in elite football teams. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 509–518. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1117121>
- Liu, H., Hopkins, W. G. & Gómez, M.-A. (2016). Modelling relationships between match events and match outcome in elite football. *European Journal of Sport Science*, 16(5), 516–525. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1042527>
- Loeffelholz, B., Bednar, E. & Bauer, K. W. (2009). Predicting NBA Games Using Neural Networks. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 5(1).
- Loy, R. (2006). *Taktik und Analyse im Fußball*. Hamburg: Czwalina.
- Mackenzie, R. & Cushion, C. (2013). Performance analysis in football: A critical review and implications for future research. *Journal of Sports Sciences*, 31(6), 639–676. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.746720>

- Mantovani, L., Santos, R. & da Costa, I. T. (2015). Analysis of ball circulation of the Brazilian and German National Soccer Teams in the 2014 FIFA World Cup. In J. Bangsbo & P. Krstrup (Chairs), *8th World Congress on Science and Football*, Copenhagen, Denmark.
- Maslovat, D. & Franks, I. M. (2008). The Need for Feedback. In M. Hughes & I. M. Franks (Eds.), *The essentials of performance analysis: An introduction* (pp. 1–7). London: Routledge.
- McGarry, T. (2009). Applied and theoretical perspectives of performance analysis in sport: Scientific issues and challenges. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(1), 128–140.
- McGarry, T. & Franks, I. M. (1996). Development, application, and limitation of a stochastic markov model in explaining championship squash performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67, 406–415.
- McGarry, T., O'Donoghue, P. & Sampaio, J. (Eds.). (2015). *Routledge handbook of sports performance analysis*. London: Routledge.
- Memmert, D., Lemmink, K. A. P. M. & Sampaio, J. (2017). Current Approaches to Tactical Performance Analyses in Soccer Using Position Data. *Sports Medicine*, 47(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0562-5>
- Memmert, D. & Raabe, D. (2017). *Revolution im Profifußball: Mit Big Data zur Spielanalyse 4.0*. Berlin: Springer.
- Mendes, R. S., Clemente, F. M. & Martins, F. M. (2015). Network Analysis of Portuguese Team on FIFA World Cup 2014. *Revista De Ciencias De Deporte*, 11(2), 225–226.
- Mitrotasios, M. & Armatas, V. (2014). Analysis of Goal Scoring Patterns in the 2012 European Football Championship. Abgerufen am 21.10.2019 unter: <http://thesportjournal.org/article/analysis-of-goal-scoring-patterns-in-the-2012-european-football-championship/>
- Moura, F. A., Martins, L. E. B. & Cunha, S. A. (2014). Analysis of football game-related statistics using multivariate techniques. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1881–1887. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.853130>
- O'Donoghue, P. (2012). *Statistics for sport and exercise studies: An introduction*. London: Routledge.
- O'Donoghue, P. (2015). Sports performance profiling. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 127–139). London: Routledge.
- Passos, P. (2017a). Coaching processes in team sports - key differences to coaching in other sports. In P. Passos, D. Araújo & A. Volossovitch (Eds.), *Routledge studies in sports performance analysis. Performance analysis in team sports* (pp. 25–37). Abingdon: Routledge.

- Passos, P. (2017b). Team member interaction analysis. In P. Passos, D. Araújo & A. Volossovitch (Eds.), *Routledge studies in sports performance analysis. Performance analysis in team sports* (pp. 74–109). Abingdon: Routledge.
- Passos, P., Araújo, D. & Volossovitch, A. (Eds.). (2017). *Routledge studies in sports performance analysis. Performance analysis in team sports*. Abingdon: Routledge.
- Perl, J. (2002). Informatische Aspekte der Modellbildung. In J. Perl, M. Lames & U. Glitsch (Hrsg.), *Modellbildung in der Sportwissenschaft* (S. 15–98). Schorndorf: Hofmann.
- Perl, J. (2018). Formation-based modelling and simulation of success in soccer. *International Journal of Computer Science in Sport*, 17(2), 204–215. <https://doi.org/10.2478/ijcss-2018-0012>
- Perl, J. & Lames, M. (2005). Sportspiel aus sportinformatischer Sicht. In A. Hohmann, M. Kolb & K. Roth (Hrsg.), *Handbuch Sportspiel* (S. 189–201). Schorndorf: Hofmann.
- Perl, J., Lames, M. & Glitsch, U. (Hrsg.). (2002). *Modellbildung in der Sportwissenschaft*. Schorndorf: Hofmann.
- Perl, J., Tilp, M., Baca, A. & Memmert, D. (2015). Neural networks for analysing sports games. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 225–236). London: Routledge.
- Perl, J. & Uthmann, T. (1997). Modellbildung. In J. Perl & W.-D. Miethling (Hrsg.), *Informatik im Sport: Ein Handbuch* (S. 43–64). Schorndorf: Hofmann.
- Pfeiffer, M. (2005). *Leistungsdiagnostik im Nachwuchstraining der Sportspiele: Entwicklung eines modelltheoretischen Ansatzes im Handball*. Köln: Strauß.
- Pfeiffer, M. & Perl, J. (2006). Analysis of tactical structures in team handball by means of artificial neural networks. *International Journal of Computer Science in Sport*, 5(1), 4–14.
- Pfeiffer, M., Zhang, H. & Hohmann, A. (2010). A Markov chain model of elite table tennis competition. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 5(2), 205–222.
- Pfister, G. (2005). Sozial- und Kulturgeschichte der Sportspiele. In A. Hohmann, M. Kolb & K. Roth (Hrsg.), *Handbuch Sportspiel* (S. 31–46). Schorndorf: Hofmann.
- Plummer, B. T. (2013). Analysis of Attacking Possessions Leading to a goal attempt, and goal scoring patterns within men's elite soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(1), 1–38.
- Prieto, J., Gómez, M.-Á. & Sampaio, J. (2015). From a Static to a Dynamic Perspective in Handball Match Analysis: A Systematic Review. *The Open Sports Sciences Journal*, 8(1), 25–34. <https://doi.org/10.2174/1875399X01508010025>
- Ramos, J., Lopes, R. J. & Araújo, D. (2018). What's Next in Complex Networks? Capturing the Concept of Attacking Play in Invasive Team Sports. *Sports Medicine*, 48(1), 17–28. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0786-z>

- Rein, R. & Memmert, D. (2016). Big data and tactical analysis in elite soccer: Future challenges and opportunities for sports science. *SpringerPlus*, 5(1), 1410. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3108-2>
- Ribeiro, J., Davids, K., Araújo, D., Silva, P., Ramos, J., Lopes, R. & Garganta, J. (2019). The Role of Hypernetworks as a Multilevel Methodology for Modelling and Understanding Dynamics of Team Sports Performance. *Sports Medicine*, 49(9), 1337–1344. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01104-x>
- Robson, C. (2011). *Real world research: A resource for users of social research methods in applied settings* (3rd ed.). Chichester: Wiley.
- Sampaio, J. & Leite, N. (2015). Performance indicators in game sports. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 115–126). London: Routledge.
- Sarmiento, H., Anguera, M. T., Pereira, A., Marques, A., Campaniço, J. & Leitão, J. C. (2014). Patterns of Play in the Counterattack of Elite Football Teams - A Mixed Method Approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 411–427.
- Sarmiento, H., Clemente, F. M., Araújo, D., Davids, K., McRobert, A. & Figueiredo, A. (2018). What Performance Analysts Need to Know About Research Trends in Association Football (2012-2016): A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(4), 799–836. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0836-6>
- Sarmiento, H., Marcelino, R., Anguera, M. T., Campaniço, J., Matos, N. & Leitão, J. C. (2014). Match analysis in football: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1–13. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.898852>
- Seidel, I. (2017). Struktur und Prognose der sportlichen Leistung. In K. Hottenrott, I. Seidel & D. Alfermann (Hrsg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (S. 62–70). Schorndorf: Hofmann.
- Shafizadeh, M., Taylor, M. & Peñas, C. L. (2013). Performance consistency of international soccer teams in euro 2012: A time series analysis. *Journal of Human Kinetics*, 38, 169–177. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0061>
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer.
- Stein, M., Janetzko, H., Seebacher, D., Jäger, A., Nagel, M., Hölsch, J., . . . Grossniklaus, M. (2017). *How to Make Sense of Team Sport Data: From Acquisition to Data Modeling and Research Aspects. Data: Vol. 2*. <https://doi.org/10.3390/data2010002>
- Stiehler, G., Konzag, I. & Döbler, H. (Hrsg.). (1988). *Sportspiele: Theorie und Methodik der Sportspiele Basketball, Fußball, Handball, Volleyball*. Berlin: Sportverlag.
- Straub, G. & Klein-Soetebier, T. (2017). Analytic and descriptive approaches to systematic match analysis in table tennis. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 47(2), 95–102. <https://doi.org/10.1007/s12662-016-0431-2>
- Tenga, A., Holme, I., Ronglan, L. T. & Bahr, R. (2010a). Effect of playing tactics on achieving score-box possessions in a random series of team possessions from Norwegian

- professional soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 245–255.
<https://doi.org/10.1080/02640410903502766>
- Tenga, A., Holme, I., Ronglan, L. T. & Bahr, R. (2010b). Effect of playing tactics on goal scoring in Norwegian professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 237–244.
<https://doi.org/10.1080/02640410903502774>
- Tenga, A., Kanstad, D., Ronglan, L. T. & Bahr, R. (2009). Developing a New Method for Team Match Performance Analysis in Professional Soccer and Testing its Reliability. *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 9(1), 8–25.
- Tenga, A., Ronglan, L. T. & Bahr, R. (2010). Measuring the effectiveness of offensive match-play in professional soccer. *European Journal of Sport Science*, 10(4), 269–277.
- Trunk, E. (2013). *Die große Limpert-Ballspielschule: Zielschussspiele erfolgreich lernen in Schule und Verein*. Wiebelsheim: Limpert.
- Vianna, H., Santos, R. & da Costa, I. T. (2015). Comparing the number of passes between the four top teams at the 2014 FIFA World Cup. In J. Bangsbo & P. Krustup (Chairs), *8th World Congress on Science and Football*, Copenhagen, Denmark.
- Vilar, L., Araujo, D., Davids, K. & Button, C. (2012). The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. *Sports Medicine*, 42(1), 1–10.
<https://doi.org/10.2165/11596520-000000000-00000>
- Wallace, J. L. & Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport/Sports Medicine Australia*, 17(2), 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.016>
- Walter, F., Lames, M. & McGarry, T. (2007). Analysis of Sports Performance as a Dynamical System by Means of the Relative Phase. *International Journal of Computer Science in Sport*, 6(2), 35–41.
- Weigel, P. (2014). *TEISS-Modell: Taktische Entscheidungen im Sportspiel*. Schorndorf: Hofmann.
- Winter, C. & Pfeiffer, M. (2015). Tactical metrics that discriminate winning, drawing and losing teams in UEFA Euro 2012®. *Journal of Sports Sciences*, 1–7.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1099714>
- Winter, C. & Pfeiffer, M. (2019). Quantitative Spielanalyse – den Überblick bei zunehmender Heterogenität der Ansätze behalten. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 15(2). <https://doi.org/10.1007/s12662-019-00623-z>
- Winter, C., Rasche, C. & Pfeiffer, M. (2017). Linear vs. Non-linear classification of winners, drawers and losers at FIFA World Cup 2014. *Science and Medicine in Football*, 1(2), 164–170. <https://doi.org/10.1080/24733938.2017.1283435>
- Yue, Z., Broich, H. & Mester, J. (2014). Statistical Analysis for the Soccer Matches of the First Bundesliga. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(3), 553–560.