



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

## Notational Analysis

Statistische Grundlagen wissenschaftlicher Untersuchungen

Verfasser

Christian Kröpfl

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.net)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 482 406

Studienrichtung lt. Studienblatt: Magisterstudium Sportwissenschaften

Betreuer: Mag. Dr. Roland Leser

## **Erklärung der Urheberschaft**

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

---

Datum

---

Unterschrift

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei meinen Eltern bedanken, die mir durch ihre dauerhafte und langjährige Unterstützung das Studium ermöglicht haben. Ganz besonders möchte ich zudem meine Freundin Stephanie Novosel erwähnen, die mir stets unterstützend zur Seite stand und mir auf diese Weise neue Kraft und Motivation geschenkt hat. Mein Dank gilt auch Herrn Mag. Dr. Roland Leser für seine fachlichen Ratschläge bei der Verfassung meiner Diplomarbeit. Des Weiteren möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich direkt oder indirekt bei der Fertigstellung meiner Diplomarbeit unterstützt haben.

## **Kurzfassung**

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit den statistischen Grundlagen wissenschaftlicher Untersuchungen im Bereich der Sportspielanalyse des Fußballs. Ausgehend von einigen fußballspezifischen Begriffsdefinitionen wird anschließend auf die Bedeutung und Notwendigkeit von systematischen Wettkampfanalysen im Fußball hingewiesen. Im Zuge der Ausarbeitung wurden insgesamt 39 Artikel von verschiedenen ISI-gerankten Fachzeitschriften analysiert, die zentralen Fragestellungen der untersuchten Studien herausgearbeitet und die darin vorkommenden statistischen Methoden kritisch betrachtet. Zusätzlich werden verschiedene Ansätze für die Festlegung optimaler Stichprobengrößen (Mindestanzahl der benötigten Spiele) vorgestellt. Für das bessere Verständnis und die leichtere Nachvollziehbarkeit der analysierten Fachartikel werden vorweg die wesentlichsten deskriptiven und inferenzstatistischen Testverfahren erklärt sowie deren mathematische Vorgehensweise beschrieben. Für die Verwertbarkeit der Testergebnisse ist eine theoretische Auseinandersetzung mit der Erstellung von Normwerten im Bereich der Sportspielanalyse notwendig, weshalb dessen Beschreibung ebenfalls einen essentiellen Teil dieser Diplomarbeit darstellt.

Schlüsselwörter: Sportspielanalyse, Statistik, Stichprobenumfang, Normwerte, Fußball

## **Abstract**

This diploma thesis is dealing with the statistical basics of scientific research in the field of Notational Analysis in soccer. Based on definitions of soccer specific terms the relevance and necessity of the systematic match analysis in soccer is pointed out afterwards. Out of 39 articles in five different ISI-ranked professional journals the essential issues of the investigated studies have been worked out and the appearing statistic methods have been critically observed. Furthermore the different approaches for the determination of the optimal survey sample size (minimum number of needed matches) are shown. For clearer understanding and easier comprehensibility of the analysed articles, the most popular descriptive as well as inferential test procedures are explained in advance. Moreover, the mathematical approaches are described. For the applicability of the test results, the theoretical discussion of the generation of standard values in the field of Notational Analysis is required and therefore part of this diploma thesis.

Key words: Notational Analysis, statistic, sample size, standard values, soccer

# INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG.....	7
1.1	Begriffsdefinitionen.....	8
1.1.1	Leistung und Erfolg im Sportspiel Fußball .....	9
1.1.2	„Notational Analysis“ .....	13
1.2	Bedeutung und Notwendigkeit von Spielanalysen im Fußball.....	15
2	STATISTISCHE GRUNDLAGEN.....	17
2.1	Das Stichprobenproblem .....	17
2.2	Deskriptive Methoden.....	25
2.2.1	Lokationsmaße.....	26
2.2.1.1	Arithmetischer Mittelwert.....	26
2.2.1.2	Modus und Median .....	26
2.2.2	Streuungsmaße.....	27
2.2.2.1	Standardabweichung (s) und Varianz (s <sup>2</sup> ) .....	27
2.2.2.2	(Inter-) Quartilsabstand (IQR) .....	28
2.2.2.3	Variationskoeffizient (CV).....	29
2.3	Inferenzstatistische Methoden .....	29
2.3.1	Überprüfung auf Normalverteilung.....	30
2.3.2	Verfahren zur Überprüfung von Zusammenhangshypothesen.....	32
2.3.2.1	Die Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson .....	32
2.3.2.2	Rangkorrelation nach Spearman.....	33
2.3.3	Verfahren zur Überprüfung von Unterschiedshypothesen .....	34
2.3.3.1	Chi-Quadrat-Anpassungstest ( $\chi^2$ -Test) .....	37
2.3.3.2	t-Test für unabhängige Stichproben .....	38
2.3.3.3	Mann-Whitney U-Test.....	40
2.3.3.4	Kruskal-Wallis H-Test .....	41
2.3.3.5	t-Test für abhängige (verbundene) Stichproben .....	42
2.3.3.6	Wilcoxon-Test.....	44
2.3.3.7	Friedman-Test .....	45
2.3.3.8	Einfache Varianzanalyse.....	46
2.3.3.9	Varianzanalyse mit Messwiederholung .....	48
2.3.3.10	Post-Hoc-Tests .....	51
2.3.3.11	Diskriminanzanalyse .....	51

3	WISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGEN IM BEREICH DER SPORTSPIEL-ANALYSE IM FUßBALL .....	52
3.1	Übersicht der zentralen Fragestellungen .....	53
3.2	Analyse der zentralen Fragestellungen .....	60
3.2.1	Hauptkategorie 1 – Erfolg im Fußball.....	61
3.2.2	Hauptkategorie 2 – Bewegungsprofile .....	70
4	NORMWERTERSTELLUNG .....	76
4.1	Bildung von Prozentrangnormen .....	77
4.2	Bildung von standardisierten $z_v$ -Normwerten .....	80
5	RESÜMEE .....	84
5.1	Zusammenfassung.....	84
5.2	Kritik und Ausblick.....	85
	LITERATURVERZEICHNIS.....	88
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	97
	TABELLENVERZEICHNIS .....	98
	ANHANG.....	100
	LEBENS LAUF.....	121

# 1 Einleitung

„Ein Tag ohne Fußball ist ein verlorener Tag!“ (Ernst Happel)

Wie dieses Zitat des ehemaligen österreichischen Fußballspielers und -trainers Ernst Happel (1925 – 1992) zeigt, ist Fußball in der heutigen Gesellschaft kaum noch wegzudenken. Das Sportspiel Fußball gehört mittlerweile zu den beliebtesten und weltweit verbreiteten Mannschaftssportarten der Welt. Im Jahre 2006 waren laut Angaben des Weltfußballverbandes FIFA über 270 Millionen Spieler/innen, Schiedsrichter/innen, Funktionäre/innen und Zuschauer/innen, demzufolge gut 4% der Weltbevölkerung aktiv und passiv in den Fußball involviert.

Im Laufe der Geschichte des Fußballs wurden nicht nur Spielregeln, Spielfeldabmessungen oder Ausrüstungsvorschriften immer wieder adaptiert, sondern auch die Kenntnis über erfolgsversprechende technische und taktische Fähigkeiten einzelner Spieler/innen bzw. ganzer Teams unterlag einer ständigen Weiterentwicklung. So entstanden bereits in den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts erste methodisch fundierte Spielanalysen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass der Fokus dieser Arbeit ausschließlich in der Beschreibung der Spielanalyse als Wettkampfeignis im Sportspiel Fußball liegt. Prinzipiell werden Wettkampfanalysen in der Praxis nämlich auch bei Sportarten abseits der großen Spiele, wie beispielsweise in Zweikampfsportarten (Boxen, Judo, usw.) oder im Tanz durchgeführt.

Ziel dieser Arbeit ist es, statistische Grundlagen zu wissenschaftlichen Untersuchungen im Bereich der Sportspielanalyse im Fußball aufzuarbeiten. Aus entsprechender Fachliteratur sollen dabei die wesentlichsten Fragestellungen extrahiert und kategorisiert werden. Die Beschreibung und eine kritische Betrachtung der dabei auftretenden wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden bilden ebenfalls einen Kern dieser Arbeit. Die Kategorisierung der zentralen Fragestellungen und die damit verbundene Darstellung aller, in den untersuchten Artikeln, vorkommenden statistischen Testverfahren (vgl. Anhang 5) sollen dabei dem/der Studierenden/in bzw. dem/der Trainer/innen einen Ansatz eines möglichen statistischen Auswerteverfahrens liefern. Diese Diplomarbeit soll daher auch eine Hilfestellung bzw. Anleitung für Studierende bei Problemen und Fragen im Bereich der beschreibenden und schließenden Statistik darstellen.

Im ersten Kapitel dieser Arbeit geht es hauptsächlich um allgemeine Begriffsdefinitionen. Im Detail wird dabei auf die fußballspezifische Leistungsfähigkeit, sowie auf die Erklärung des Begriffs „Erfolg im Sportspiel“ eingegangen. Weiters steht die Erörterung des im Titel vorkommenden Begriffs „Notational Analysis“ und die Bedeutung bzw. Notwendigkeit von (quantitativen) Sportspielanalysen im Mittelpunkt des ersten Abschnittes.

Das zweite Kapitel der Arbeit beschäftigt sich grundsätzlich mit den verschiedenen statistischen Grundlagen methodisch fundierter Wettkampfanalysen. Hierzu zählt neben der Berechnung optimaler Stichprobengrößen, vor allem die Abgrenzung und Beschreibung einsetzbarer statistischer Testverfahren bzw. Auswertestrategien der quantitativen Spielanalyse. Neben der deskriptiven Statistik (Lokationsmaße, Streuungsmaße) werden in diesem Abschnitt vor allem jene inferenzstatistischen Methoden vorgestellt, welche auch in der entsprechenden Fachliteratur einen großen Einsatzbereich finden.

Die Ausarbeitung der wissenschaftlichen Untersuchungen im Bereich der Sportspielanalyse im Fußball stellt den Schwerpunkt des Kapitels 3 dar. Aus insgesamt 39 Artikeln aus fünf verschiedenen ISI-gerankten Fachzeitschriften werden dabei die zentralen Fragestellungen dieser Studien herausgearbeitet und formuliert. Außerdem sind die Analyse der beiden wesentlichsten Hauptkategorien, sowie eine (kritische) Betrachtung, der in den Artikeln verwendeten statistischen Methoden, wichtige Kernpunkte dieses Kapitels.

Kapitel 4 behandelt die theoretische Auseinandersetzung mit dem Thema „Normwerterstellung“. Hier sollen neben einer begrifflichen Definition, verschiedene Ansätze zur Bestimmung von Normwerten aus der Literatur vorgestellt bzw. auf deren Anwendungsvoraussetzungen eingegangen werden.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse nochmals zusammengefasst und diskutiert.

Zum Abschluss werden jene Verzeichnisse angeführt, die einen elementaren Beitrag zur Fertigstellung dieser Diplomarbeit geleistet haben. Außerdem sind dem Anhang der Gesamtüberblick aller untersuchten Fachartikel mit deren verwendeten statistischen Methoden sowie die gebräuchlichsten Verteilungstabellen der kritischen Werte vorgestellter inferenzstatistischer Testverfahren zu entnehmen.

## **1.1 Begriffsdefinitionen**

Bevor mit den wesentlichen Inhalten dieser Arbeit, nämlich mit der Auseinandersetzung der Fachartikel sowie deren statistische Ausarbeitung begonnen wird, sollen in den folgenden Kapiteln zentrale Begriffe definiert und erklärt werden. Es werden sowohl die Vielfalt dessen Anwendungsmöglichkeiten beschrieben als auch die in der Literatur behandelten divergierenden Definitionen erläutert.

### 1.1.1 Leistung und Erfolg im Sportspiel Fußball

Die Etablierung des Begriffes des „Sportspiels“ liegt bereits Jahrhunderte zurück. Dieser wurde im Laufe der Zeit in seiner Definition und Beschreibung immer wieder von verschiedensten Autoren/innen und Wissenschaftler/innen adaptiert.

„Das Sportspiel ist ein leistungsbestimmender Typ des Bewegungsspiels in Form eines Wettkampfes mit in sich nicht festlegbarem Verlauf. Grundsätzlich wird es nach national oder international verbindlich festgelegten Regeln zwischen einzelnen Spielern/innen oder mehreren Teams (Interaktionen von Mitspielern) in bestimmten Zeitabschnitten (Halbzeiten, Sätze, Spiele, Durchgänge, usw.) ausgetragen.“ (Stiehler, Kunzag & Döbler, 1988, S. 14, zit. n. Leser, 2007, S. 33)

Der Definition von Stiehler et al. (1988) folgend lassen sich Sportspiele durch folgende Grundelemente charakterisieren:

- Bewegungsspiel auf Wettkampfbasis
- leistungsorientiert
- eindeutiges Regelwerk
- Einzelspieler / Mannschaften
- festgelegte Spieldauer

Lames (1994, S. 19f.) weist hier vor allem auf den, im Wettkampf entstehenden, Interaktionsprozess hin, der einerseits aus den Wechselwirkungen der Leistungsfähigkeit zwischen den einzelnen Individualisten eines Teams selbst oder zwischen verschiedenen Mannschaften stattfindet.

Je nach Regelwerk lassen sich Sportspiele in unterschiedliche „Bausteine“ einteilen, wie z.B. Tor-, Mal- und Korbspiele, Rückschlagspiele, Abwurfspiele, usw. (vgl. Schnabel & Thies, 1993, S. 759). Diese Arbeit bezieht sich ausschließlich auf das weltweit beliebteste Sportspiel, nämlich Fußball. Der Spielgedanke im Fußball besteht darin, einen umkämpften Ball in ein Tor zu befördern, wobei das Ergebnis in geschossenen Toren quantitativ festgehalten wird. Der Spielgedanke macht Sportspiele also eindeutig messbar, wobei der Erfolg einer Mannschaft einerseits von physischen und psychischen Faktoren der Spieler/innen abhängt, andererseits spielen kognitive (Team-) Prozesse bzw. Glück auch eine wesentliche Rolle.

In der Kategorie Sportspiele zeichnen sich *Leistungsfähigkeit*, *Leistung* und *Erfolg* durch gewisse Besonderheiten aus, die sich auch in ihrer jeweiligen wissenschaftlichen Bearbeitung niederschlagen.

Spezifisch an der *Leistungsfähigkeit* im Sportspiel Fußball ist vor allem die besondere Eigenschaft der Spielfähigkeit. Die Spielfähigkeit kann als eine Art übergreifendes Ziel der Spielerziehung angesehen werden.

König (2011) bezeichnet in seinem Vortrag die Spielfähigkeit eines/r Fußballers/in als eine komplexe Qualifikation, die sich grundsätzlich aus folgenden Komponenten zusammensetzt:

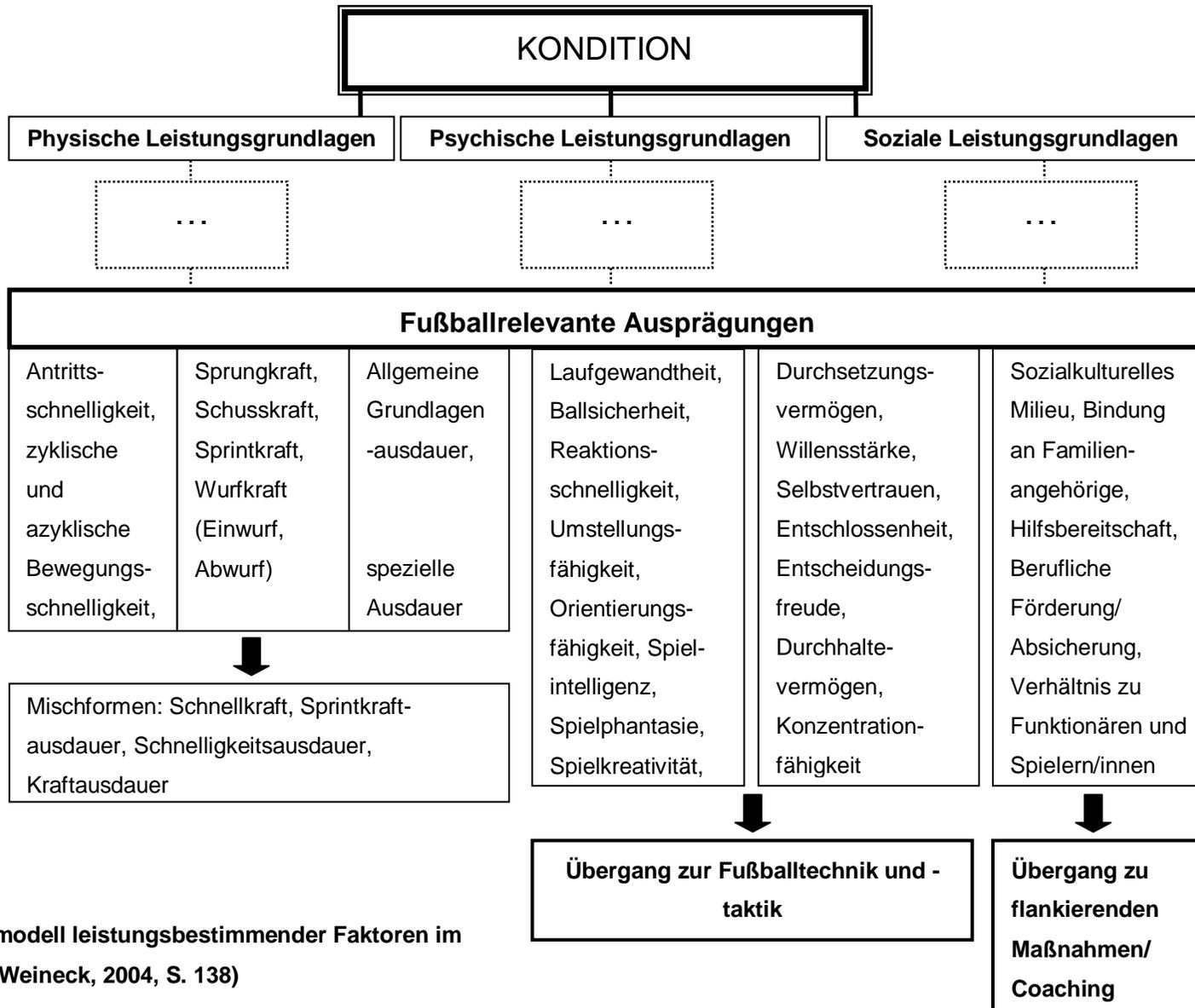
- aus der spielmotorischen Leistungsfähigkeit (technische und taktische Fähigkeiten),
- dem kognitiven Vermögen (Aufmerksamkeit, Motivation, Wille, usw.),
- der sozialen (Teamfähigkeit)
- sowie der emotionalen - affektiven Kompetenz (Reaktion auf Ärger, Frust, Erfolg...).

Unter dem Begriff *Erfolg im Sportspiel* versteht man grundsätzlich das Erreichen einer angestrebten sportlichen Leistung bzw. eines bestimmten Spielziels, d.h. *Erfolg* kann als das zählbare Produkt aus einem Spiel (Sieg, Niederlage, Unentschieden) aufgefasst werden (vgl. Schwarz, 2001, S. 82). Die *sportliche Leistung* hingegen ist das bewertete Ergebnis aller darin stattgefundenen sportlichen Handlungen (vgl. Schwarz, 2001, S. 78). Als Leistungsmaßstab speziell im Fußball kann z.B. die Erfolgswahrscheinlichkeit pro Spielzug während eines Spiels herangezogen werden (vgl. Lames, 1994, S. 16).

Laut Weineck (2004, S. 16) spielen viele leistungsbestimmende Faktoren im Fußball eine wesentliche Rolle (vgl. Abb. 1). Seiner Ansicht zu Folge sind vor allem die Spielintelligenz und die Spielkreativität, die über die Spielerfahrung erworben werden, für den *Erfolg oder Misserfolg* eines Teams ausschlaggebend. Spieler/innen mit ausgeprägtem Spielverständnis kommen zu aussichtsreicheren Torchancen und erhalten somit häufiger die Möglichkeit ein Tor zu erzielen. Weiters ist der Begriff „Gruppenkohäsion“ oder „Teamkohäsion“ wesentlich mit der *Mannschaftsleistung* und somit auch mit dem *sportlichen Erfolg* eines Teams verbunden. Es wurde nachgewiesen (vgl. Carron, Colman, Wheeler & Stevens, 2002), dass Mannschaften mit einem besseren inneren Zusammenhalt erfolgreicher sind als andere Teams.

Die *sportliche Leistung* in Sportspielen, hier aufgefasst als Verhalten im Wettkampf, zeichnet sich vor allem durch ihren interaktiven und prozesshaften Charakter aus. Modellbildungen und Simulationen erscheinen hier als geeignete Zugänge. Das Zustandekommen der zählbaren Erfolge oder der Ausgang eines Fußballmatches dagegen erfordert neue theoretische Konzepte, wozu die Betrachtung der Theorie dynamischer Systeme vorgeschlagen wird. (vgl. Lames, 1998, S. 137ff.)

Zusammenfassend lässt sich ableiten, dass die erbrachte *Wettkampfleistung* bzw. die Qualität eines Teams und der *Erfolg* im Fußball sehr eng miteinander in Verbindung stehen. Trotzdem kommt es im Fußball immer wieder vor, dass eine nach allen Kriterien unterlegene Mannschaft z.B. durch zufällige Ereignisse Spiele gewinnt und als Sieger vom Platz geht. Daraus folgt, dass *der sportliche Erfolg* eines Teams oft auch divergent zur sportlich erbrachten Leistung sein kann, vor allem dann, wenn Glück eine entscheidende Rolle spielt.



**Abb. 1: Strukturmodell leistungsbestimmender Faktoren im Fußball (Weineck, 2004, S. 138)**

### 1.1.2 „Notational Analysis“

Unter dem Begriff „Notational Analysis“ versteht man unter anderem die Analyse und Erforschung von Bewegungsmustern, Spielstrategien und -taktiken in Mannschaftssportspielen. So können beispielsweise erfolgreiche Spielmuster identifiziert und deren Einsatz in darauffolgenden Matches gewährleistet werden. (vgl. Hughes & Franks, 2004)

Sie stellt nicht nur einen maßgeblichen Grundbaustein für die Trainingswissenschaft dar, sondern kann auch eine wesentliche Rolle in der Trainingssteuerung einnehmen.

Hughes und Franks (2008, S. 9) definieren dazu folgendes:

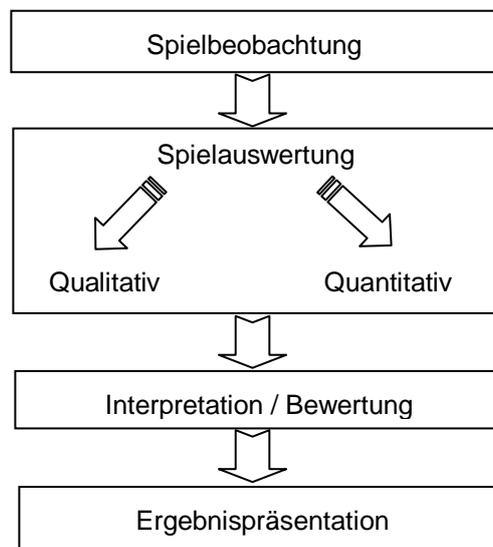
„Notational Analysis is an objective way of recording performance, so that critical events in that performance can be quantified in a consistent and reliable manner“.

Damit meinen die beiden Autoren, dass durch die Analyse von Sportspielen bestimmte Daten bzw. erbrachte Leistungen von Sportler/innen auf zuverlässige, einheitliche Art und Weise aufgezeichnet und/oder methodisch durch verschiedenste Verfahren objektiv und exakt berechnet werden können. So können einerseits wesentliche Merkmale des Sportspiels beobachtet und subjektiv interpretiert werden, andererseits können mithilfe computerunterstützter Videoanalysen oder statistischen Berechnungen quantitative Auswertungen von vorliegenden Daten mögliche signifikante Leistungsunterschiede zwischen Spieler/innen bzw. verschiedener Teams aufdecken. Krauspe (1991) weist hier vor allem darauf hin, dass leistungsbezogene Parameter individueller Sportler/innen oder taktische Verhaltensmuster innerhalb von Teams nur im Wettkampf selbst ausreichend und sinnvoll analysierbar sind.

Grundsätzlich sind die im Bereich der fußballspezifischen Spielanalyse dargelegten Methoden auch in der „Notational Analysis“ einsetzbar. Sie decken wohl einen Großteil der dort verwendeten Verfahren ab. Sie wird von Trainer/innen oder Sportwissenschaftlern/innen vor allem dazu eingesetzt, um objektive Leistungsdaten der Spieler/innen aus dem Wettkampf ableiten zu können.

Jene Frage nach dem Anwendungszweck der „Notational Analysis“ löst in der Literatur umfassende Diskussionen aus (vgl. O' Donoghue, 2010, S. 3ff.). Hughes und Franks (2004) führen aus, dass zu dessen Anwendungsbereich neben einer technischen bzw. taktischen Evaluation vor allem auch die Analyse physischer Bewegungsmuster und psychischer Verhaltensweisen einzelner Spieler/innen, Teams und Trainer/innen gehört.

Die Spielauswertung aus dem gesammelten Datenmaterial bildet nach der Spielbeobachtung den zweiten Abschnitt im Prozessverlauf der Spielanalyse (vgl. Abb. 2).



**Abb. 2: Prozess der Spielanalyse (Künkler, 2009, S. 46)**

In der Literatur wird grundsätzlich zwischen der quantitativen und der qualitativen Spielanalyse unterschieden.

Quantitative und qualitative Ansätze (in der Sportspielbeobachtung) werden vielfach als an den gegenüberliegenden Polen befindliche Forschungsmethoden betrachtet. Dabei lässt sich an zahlreichen verhandelten Punkten verdeutlichen, dass die Vorteile der einen Variante meist als Nachteile der anderen angesehen werden. Die Methode der qualitativen Spielbeobachtung löst somit zwar einige Schwierigkeiten der systematischen Spielbeobachtung, wirft jedoch „alte“ Probleme wieder auf, die mit der quantitativ orientierten Variante bereits gelöst wurden. (vgl. Brand, Eicken & Miethling, 1999)

Grundsätzlich kann man unter dem Begriff der quantitativen Spielanalyse das Beobachten und die anschließende numerische Erfassung bestimmter Ereignisse verstehen, wie bereits Winkler (2000, S. 68) ausführte. Leser (2007, S. 35) legt den Fokus dieser Spielauswertungsmethode vor allem auf die quantitative Auswertung der beobachteten Daten mithilfe verschiedener Möglichkeiten der Statistik oder alternativen Auswerteverfahren, sowie auf die Deutung und Interpretation der Ergebnisse. Im Gegensatz dazu, versucht der/die Beobachter/in bei der qualitativen Spielanalyse weniger objektiv erfassbare individualtechnische und -taktische Verhaltensweisen auszuwerten, sondern vielmehr Erkenntnisse über komplexe gruppen- und mannschaftstaktische Handlungen bis hin zur Erfassung von Spielsystemen zu gewinnen (vgl. Bauer, 1998).

In der hier vorliegenden Arbeit wird in den folgenden Kapiteln ausschließlich auf quantitativem Wege versucht, jene zentralen wissenschaftlichen Fragestellungen im Sportspiel Fußball, abgeleitet aus den untersuchten Fachartikeln, zu analysieren und deren verwendeten statistischen Untersuchungsmethoden kritisch zu betrachten.

## **1.2 Bedeutung und Notwendigkeit von Spielanalysen im Fußball**

Schon in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts entstanden erste wissenschaftliche Untersuchungen, die sich mit dem Bereich der Sportspielanalyse auseinandersetzten (vgl. Stiehler, 1962). Seit diesem Zeitpunkt stellen sich Trainer/innen bzw. Experten/innen aus der Praxis und der Wissenschaft ständig die Frage, wie die Leistungsfähigkeit von Sportlern/innen in Sportspielen, speziell im Fußball verbessert werden kann. Im Laufe der Zeit haben sich vor allem die Beobachtungskriterien der Untersuchungen zur Sportspielanalyse geändert und weiterentwickelt. Fortlaufend wurden immer mehr und komplexere Handlungen bzw. Handlungsketten von Fußballern/innen analysiert.

Verschiedenste diagnostische Verfahren helfen dabei den Ist-Zustand des Leistungspotenzials eines/r Fußballers/in zu ermitteln, um diesen dann mit geeigneten Methoden entweder zu erhalten oder im Idealfall zu steigern. Dazu gehört neben den sportmedizinischen und biomechanischen Untersuchungen, sowie den sportpsychologischen und sportmotorischen Tests die sogenannte systematische Spiel- und Wettkampfanalyse. (vgl. Nopp, 2009)

Einerseits ist klar, dass ein Fußballspiel rein durch die Beobachtung im Stadion oder im Fernsehen subjektiv ausgewertet werden kann, systematisch und wissenschaftlich wird eine Beobachtung aber erst dann, wenn sie an ein Beobachtungskonzept, bestimmte Untersuchungsmethoden, technische Hilfsmittel und an eine entsprechende Ergebnisdarstellung gebunden ist (vgl. Winkler, 2000).

Nopp (2009, S. 24ff.) weist vor allem darauf hin, dass in diesem Zusammenhang eine Abgrenzung zwischen Spielbeobachtung und systematischer Spielanalyse vorzunehmen ist. Die systematische Spielanalyse setzt sich nämlich aus einer Prozesskette zusammen, in der die Spielbeobachtung nur einen Bruchteil der Wettkampfanalyse darstellt.

Die systematische Spielanalyse im Fußball hat folgende Zielsetzungen (vgl. Lames, 1998):

- Erstellung einer Strukturanalyse
- Verbessertes Bewegungssehen des/der Trainers/in und detailliertes Verständnis von Bewegungsabläufen
- Beurteilung der technischen und taktischen Fähigkeiten einzelner Spieler/innen und Teams
- Erstellung von Spielstrategien für bestimmte Gegner/innen
- Entwicklung von spieltaktischen Maßnahmen und Gegenmaßnahmen
- Koppelung von Training und Wettkampf
- Bewusstseinsförderung und Selbstkontrolle im Training und Wettkampf

Nach Hohmann (1994) sollte neben den oben genannten Aufgaben der Wettkampfdiagnostik außerdem vorweg abgeklärt werden, ob eine Struktur-, Belastungs-, Weltstands- oder eine Gegneranalyse ebenso Ziel der Untersuchung sein soll.

Wie bereits des Öfteren angedeutet, soll die Sportspielanalyse dem Trainerteam einerseits dabei helfen, Stärken und Schwächen des eigenen Teams, sowohl im technisch-taktischen, als auch im kognitiven Bereich aufzudecken. Andererseits soll sie die Spielweise gegnerischer Mannschaften sichtbar machen und somit Teams optimal auf bevorstehende Spiele vorbereiten.

Die Frage, die sich hier stellt ist, ob dafür der Einsatz von Analysemethoden (qualitativ oder quantitativ) überhaupt notwendig ist, da viele Fußballtrainer/innen der Meinung sind, ohnehin alles Wesentliche während dem Spiel herauslesen und sich für längere Zeit merken zu können. Viele Praktiker/innen sind der Ansicht, dass sie entweder während dem Spiel an der Seitenlinie oder nach dem Spiel vor dem Fernseher mehr als den Großteil der auftretenden messbaren Wettkampfdaten ihrer Spieler/innen registrieren und wahrnehmen können. Um diese fälschliche Annahme widerlegen zu können soll an dieser Stelle eine Untersuchung von Franks und Miller (1991) herangezogen werden, welche feststellte, dass Fußballtrainer/innen unter Laborbedingungen maximal 40% der relevanten Informationen ausgewählter Videosequenzen, welche ihnen über einen Fernseher vorgeführt worden sind, wiedergeben konnten. Bei Berücksichtigung der Tatsache, dass der/die Trainer/in während dem Spiel aufgrund seiner/ihrer Position an der Seitenlinie bei weitem nicht so einen guten Gesamtüberblick über das Spiel hat wie vor dem Bildschirm und dass seine/ihre Wahrnehmung in der Wettkampfsituation einerseits stark subjektiv und andererseits von Stressfaktoren geprägt ist, lässt sich leicht erahnen, wie sehr dieser Wert von maximal 40% noch sinken kann. (vgl. Leser, 2007, S. 17)

## 2 Statistische Grundlagen

Bevor auf die Darstellung und Ausarbeitung der wissenschaftlichen Fachartikel eingegangen wird, soll dieser Abschnitt der Arbeit einerseits erläutern, wie ein optimaler Stichprobenumfang berechnet werden kann, damit ein statistisch-methodisch sauberes Vorgehen bzw. der Erhalt standfester Untersuchungsergebnisse gewährleistet werden kann. Andererseits sollen, die in den Fachartikeln herangezogenen deskriptiven, sowie inferenzstatistischen Auswertungsmethoden in diesem Kapitel vorgestellt werden.

### 2.1 Das Stichprobenproblem

Im Sportspiel Fußball ist es aufgrund der hohen Anzahl an Spielen weltweit absolut unmöglich Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit aller Matches zu schließen. Daher bedarf es neben der Wahl eines geeigneten Auswahlverfahrens, auch einer optimalen Stichprobengröße für etwaige Untersuchungen. Der Frage der sogenannten Repräsentativität einer Stichprobe wird in der Literatur erhöhte Beachtung geschenkt. Diese ist oftmals Kern zahlreicher Diskussionen. In vielen Untersuchungen wird diese jedoch aus Zeit- sowie Vereinfachungsgründen nicht in die Überlegungen miteinbezogen.

Kriz und Lisch (1988, S. 220) führen dazu an, dass eine generelle Gleichsetzung „repräsentative Stichprobe = große Stichprobe“ in diesem Zusammenhang nicht adäquat ist, da auch große Stichproben systematische Verzerrungen aufweisen können und deshalb nicht immer valide sind. Die Feststellung eines geeignet großen Stichprobenumfangs  $n$  (Anzahl von Fußballspielen) ist daher für den Erhalt standfester Untersuchungsergebnisse entscheidend und unverzichtbar, wobei die Berechnung vor und begleitend zum Forschungsgang durchgeführt werden muss. Außerdem muss dabei auch der Aspekt der Reliabilität berücksichtigt werden, welcher Aufschluss über den Grad der Zuverlässigkeit eines Tests gibt, mit dem er bestimmte Merkmale misst, egal ob er diese auch zu messen beansprucht. An dieser Stelle sei erwähnt, dass auf die Abhandlung der Gütekriterien (Reliabilität, Validität, Objektivität) in dieser Arbeit nicht explizit eingegangen wird.

In der Literatur werden nun verschiedenste Methoden vorgestellt, wie eine adäquate Stichprobengröße festzulegen ist. Bortz und Döring (2002) beschreiben dazu, dass vor allem die praktische Bedeutsamkeit, quantifiziert durch die Effektstärke oder Effektgröße  $d$  des Untersuchungsergebnisses für die Wahl der Stichprobengröße ausschlaggebend ist. Je nachdem wie essentiell diese sein soll, desto größer muss auch die Stichprobe sein.

Die Effektstärke normiert die Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen auf die Streuung der Testwerte, indem die Differenz der beiden Gruppenmittelwerte durch die gemeinsame Streuung der beiden Gruppen dividiert und mit dem Faktor  $\sqrt{2}$  multipliziert wird (vgl. Bortz & Döring, 1995, S. 569). Bortz und Döring (2002, S. 613) legen dazu bei bestimmter Effektstärke  $d$  und fixiertem Signifikanzniveau  $\alpha$ , in der Praxis meistens  $\alpha = 0.05$ , folgende notwendige Stichprobengrößen fest, wobei sie Effektstärken von 0.2 als klein, von 0.5 als mittel und von 0.8 als groß etikettieren (vgl. Tab. 1).

**Tab. 1: Optimale Stichprobenumfänge für verschiedenen Signifikanztests (Bortz & Döring, 2002, S. 613)**

Test	$\alpha = 0.01$			$\alpha = 0.05$		
	$d = 0.2$	$d = 0.5$	$d = 0.8$	$d = 0.2$	$d = 0.5$	$d = 0.8$
<b>1) Differenz <math>\bar{X}_A - \bar{X}_B</math></b>	503	82	33	310	50	20
<b>2) Korrelationen (r)</b>	998	105	36	614	64	22
<b>3) Varianzanalyse</b>						
<b><math>d_f = 1</math></b>	586	95	38	393	64	26
<b><math>d_f = 2</math></b>	464	76	30	322	52	21
<b><math>d_f = 3</math></b>	388	63	25	274	45	18
<b>4) Multiple Korrelation</b>						
<b>2 Prädiktoren</b>	698	97	45	485	67	30
<b>3 Prädiktoren</b>	780	108	50	550	76	36
<b>4 Prädiktoren</b>	845	118	55	602	84	40

Hirsig (2006, Kap. 5.104) beschreibt, dass Stichprobenumfänge optimal sind, wenn sie bei gegebener  $\alpha$ - bzw.  $\beta$ -Fehlerwahrscheinlichkeit und Effektgröße  $\varepsilon$  eine eindeutige Entscheidung über die Gültigkeit der Null- oder Alternativhypothese (vgl. Kapitel 2.3) sicherstellen. Für den optimalen Stichprobenumfang definiert er folgende Formel, deren Herleitung und Bedeutung auch bei Bortz (2005, S. 126ff.) zu finden ist.

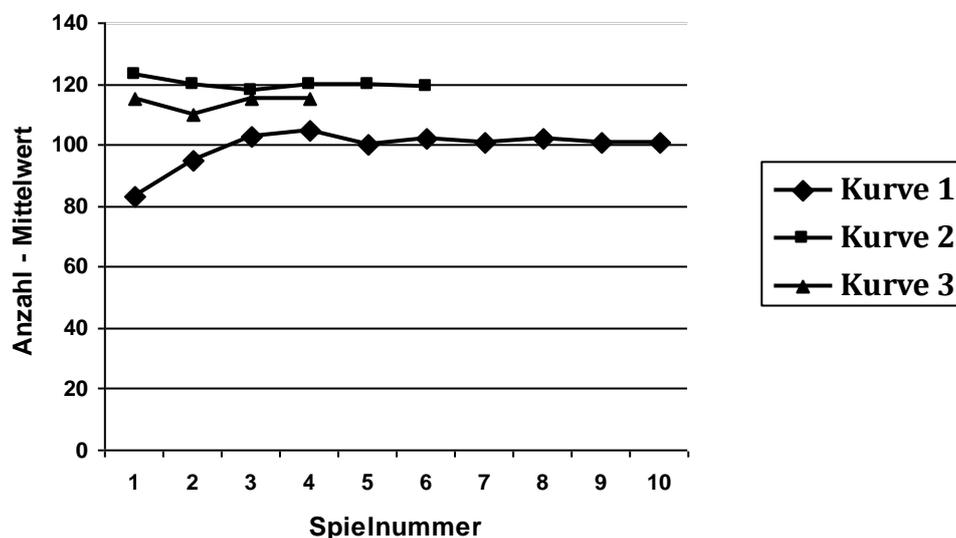
$$n = \frac{2 * (z_{(1-\alpha)} - z_{\beta})^2}{\varepsilon^2}$$

Mithilfe obiger Formel lässt sich beispielsweise berechnen, dass bei gegebenem  $\alpha=0.0062$  (und damit  $z_{(1-\alpha)} = 2.5$ ), einer Teststärke von  $(1-\beta)=0.894$  ( $z_{\beta} = -1.25$ ), sowie einer bestimmten Effektstärke  $\varepsilon=0.53$  der optimale Stichprobenumfang bei  $n=100$  liegt (vgl. Bortz, 2005, S. 126).

Eine andere Möglichkeit, eine optimale Stichprobengröße zu berechnen, liefern Hughes, Cooper, Nevill und Brown (2003), indem sie die Anzahl der benötigten Spiele für jede Untersuchungsvariable, für die sie einen Normwert angeben wollen, separat bestimmen. Dabei wird der akkumulierte Mittelwert der interessierenden Variablen bezogen auf die Anzahl der erhobenen Fußballspiele graphisch dargestellt. Bei jenem Wert, bei dem sich die Variablenausprägung auf einen sogenannten Norm-/Referenzwert einpendelt, kann die optimale Anzahl an Spielen, welche stark von der Charakteristik der Variable abhängt, abgelesen werden. (vgl. Leser, 2007, S. 197)

Im Folgenden sollen anhand fiktiver Daten typische Fallbeispiele für die Stabilisierung des Mittelwerts aufgezeigt und die damit verbundene Bestimmung der notwendigen Anzahl an Spielen diskutiert werden.

Abbildung 3 zeigt dazu Beispiele, wo eine relativ frühe Stabilisierung der Mittelwerte stattfindet. Bei jenen Daten aus Kurve 1 pendelt sich der Mittelwert etwa beim fünften Spiel ein, bei Kurve 2 ungefähr ab dem dritten Spiel. Aufgrund der niedrigen Anzahl der erhobenen Spiele bei Kurve 3 kann das Ergebnis der Stabilisierung des Mittelwerts hier nur abgeschätzt werden. Zur Feststellung der minimal notwendigen Spiele wird in diesem Fall für ein aussagekräftiges Ergebnis eine viel größere Anzahl an untersuchten Spielen benötigt.



**Abb. 3: Beispiele für eine Stabilisierung des Mittelwerts aus fiktiven Daten**

Diese qualitative Interpretationsmethode von Hughes et al. (2003) kann mit allen, für den Beobachter wesentlichen und leistungsbestimmenden Faktoren im Fußball (vgl. Abb. 1) als Abschätzung für eine genügend große Stichprobe durchgeführt werden.

Sie wird jedoch erst dann für die Praxis anwendbar, wenn die erhaltenen Ergebnisse auch mit anderen Stichproben durchführbar sind (vgl. Leser, 2007, S. 196ff.).

Um aus der vorher beschriebenen graphischen Lösungsmethode quantitative Ergebnisse zu erhalten, haben Hughes, Evens und Wells (2001) ein Verfahren entwickelt, indem sie den Gesamtmittelwert der jeweils untersuchten Variable aus den vorhandenen Spielen hinweg berechnen. Die Streuung des kumulierten Mittelwerts um diesen Gesamtmittelwert wird dabei mithilfe von Toleranzgrenzen angeben. (vgl. Leser, 2007, S. 202)

Er führt außerdem an, dass der Toleranzbereich (Limits of error) um den Gesamtmittelwert (mean  $N_{(T)}$ ), der in prozentueller Abweichung angegeben wird, die entscheidende Größe für die Homogenität eines Normprofils ist.

Hughes, Evans und Wells (2004, S. 211) nennen dazu drei Standardwerte des Toleranzbereiches:

$$\text{Limits of error (10\%)} = \text{mean } N_{(T)} \pm (\text{mean } N_{(T)} \times 0.1)$$

$$\text{Limits of error (5\%)} = \text{mean } N_{(T)} \pm (\text{mean } N_{(T)} \times 0.05)$$

$$\text{Limits of error (1\%)} = \text{mean } N_{(T)} \pm (\text{mean } N_{(T)} \times 0.01)$$

Ein kleiner gewählter Toleranzbereich hat dabei ein homogeneres Normprofil zu Folge. Aus dieser Erkenntnis ist abzuleiten, dass für die Stabilisierung des Mittelwerts eine höhere Anzahl von Spielen benötigt wird (vgl. Leser, 2007, S. 202).

Abbildung 4 zeigt in diesem Zusammenhang beispielhaft, dass erstmaliges Über- bzw. Unterschreiten einer Toleranzgrenze noch nicht automatisch ein Einpendeln des kumulierten Mittelwertgraphen (Kurve 1) in diesem Bereich zur Folge haben muss.

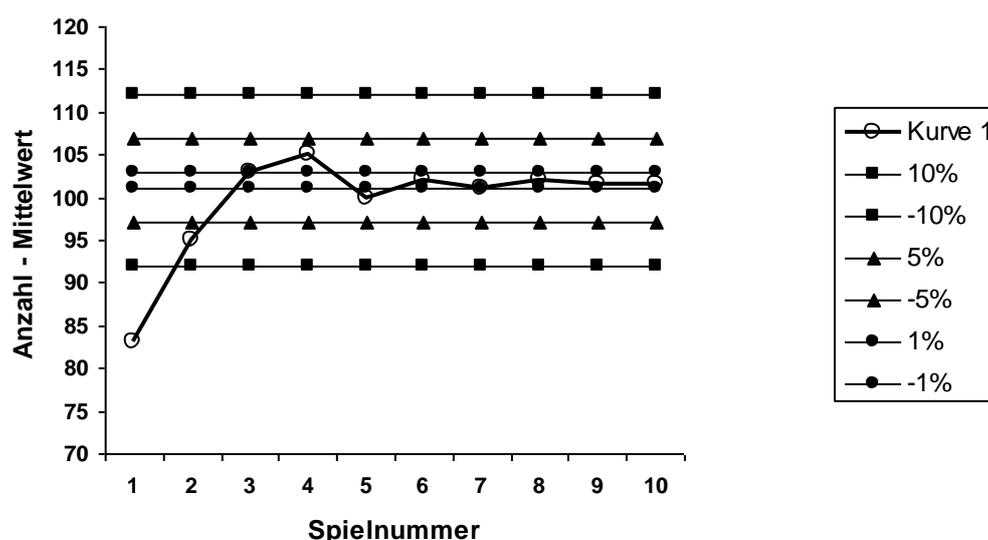


Abb. 4: Stabilisierung eines fiktiven Mittelwerts in drei unterschiedlichen Toleranzbereichen

Es sei hier jedoch nicht zu vergessen, dass diese Methode keineswegs dem Anspruch wissenschaftlich fundierten Vorgehens entspricht, es soll bloß einen Lösungsansatz zur Bestimmung von Normwerten darstellen. Bei einer geringen Anzahl an Spielen kann bei der Methode von Hughes et al. (2004) ein Problem bei der Berechnung des Gesamtmittelwertes entstehen. Es kann der Fall auftreten, dass sich die Mittelwertkurve erst im letzten Spiel innerhalb festgelegter Grenzen stabilisiert und dessen Einpendeln in diesem Toleranzbereich nicht mit vollständiger Sicherheit stattfindet. (vgl. Leser, 2007, S. 205)

Aus diesem Grund wird diese Vorgehensweise der Bestimmung des Referenzwertes mittels einpendelndem kumulierten Mittelwert unter anderem von O' Donoghue und Pointing (2005) kritisiert. Basierend auf den Ideen von Hughes et al. (2004) stellen sie eine Gleichung auf, die jene Anzahl der mindestens notwendigen Fußballspiele innerhalb bestimmter Vertrauensgrenzen angibt, die gewährleistet, dass deren Mittelwert als Normwert (für die Population) verwendet werden kann. (vgl. Leser, 2007, S. 206)

$$n = \left( \frac{z_{\alpha/2}}{L} * CV \right)^2$$

n ... Stichprobengröße

$z_{\alpha/2}$  ... Vielfaches der Standardabweichungen beidseitig des Mittelwertes

L ... Abweichungsgrenze

CV ... Variationskoeffizient

Anhand fiktiver Beispieldaten soll der Hintergrund der Gleichung aufgedeckt werden. Bei einer Konfidenzgrenze von 95%, demzufolge liegen 95% der Werte innerhalb von 1.96 Standardabweichungen vom Mittelwert und normalverteilten Variablen ergibt sich aus obiger Gleichung bei einem Variationskoeffizient von 12.3 (Abweichungsgrenze=5) eine notwendige Stichprobengröße von 23.2, d.h. es wird eine Mindestanzahl von 24 Spielen benötigt.

O' Donoghue und Pointing (2005) weisen allerdings darauf hin, dass die von ihnen entwickelte Methode zur Festlegung optimaler Stichproben in der Sportspielanalyse einerseits nur für normalverteilte Variablen geeignet ist und andererseits, dass der Variationskoeffizient der untersuchten Stichprobe den Wert 30 nicht überschreiten sollte.

Vergleicht man beide dargestellten Methoden miteinander, dann lässt sich erkennen, dass bei gleichen beispielhaften Untersuchungsobjekten (vgl. Tab. 2) Hughes et al. (2004) stets deutlich geringere Stichprobenumfänge (vgl. Tab. 3) aufweisen als O' Donoghue und Pointing (2005).

Leser (2007, S. 207) begründet dies mit der Tatsache, dass die notwendige Stichprobengröße bei Hughes et al. (2004) nur maximal so groß sein kann, wie der für die Berechnung verwendete Stichprobenumfang.

**Tab. 2: Fiktive Mittelwerte (Mw), Standardabweichungen (SD) und Variationskoeffizienten (CV) für den Vergleich der beiden Verfahren von Hughes et al. und O' Donoghue und Pointing**

Mw	SD	CV
101,7	12,5	12,3
169,8	24,9	14,7
56,0	15,0	26,7
156,2	11,9	7,6
67,8	21,5	28,0
131,7	14,0	10,7

**Tab. 3: Anzahl der benötigten Spiele zur Stabilisierung der Mittelwerte innerhalb verschiedener Abweichungsgrenzen, getrennt nach den beiden Berechnungsverfahren von Hughes et al. und O' Donoghue und Pointing**

Hughes et al. (2004)			O' Donoghue & Pointing (2005)		
10%	5%	1%	10%	5%	1%
2	3	9	5	24	1007
2	6	9	6	34	1439
7	8	10	20	110	4746
1	2	9	2	9	385
6	9	10	22	121	5219
2	5	7	4	18	763

Auch Atteslander (2010, S. 282) stellt eine allgemeine Formel zur Berechnung einer optimalen Stichprobengröße auf:

$$n = \frac{4 * z^2_{\alpha} * \sigma^2}{b^2}$$

Daraus lässt sich ableiten, dass die Anzahl der erforderlichen Spiele von der Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$ , der Breite des Vertrauensintervalls (vgl. Tab. 4) und von der normalerweise unbekanntem Varianz  $\sigma^2$  der Grundgesamtheit abhängt. Der Wert  $z_{\alpha/2}$  beschreibt dabei jenen Wert, „der vom positiven Teil der Standardnormalverteilung  $\alpha/2$  abschneidet“ (vgl. Atteslander, 2010, S. 280). Da im Fußball die Varianz der Grundgesamtheit ( $\sigma^2$ ) in den meisten Fällen nicht vorliegt bzw. nur sehr schwierig bestimmbar ist, kann der Wert bestenfalls aus Vorgängeruntersuchungen geschätzt werden. Der Wert  $b$  wird von Atteslander (2010, S. 282) als Breite des Vertrauensintervalls definiert und wie folgt berechnet:

$$b = 2 * z_{\frac{\alpha}{2}} * s_{\bar{x}} = 2 * z_{\frac{\alpha}{2}} * \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}$$

Tabelle 4 zeigt entsprechende Vertrauensintervalle mit z-Werten aus der z-Transformationstabelle der Standardnormalverteilung (vgl. Anhang 1) für unterschiedliche Irrtumswahrscheinlichkeiten, wobei  $\bar{x}$  das Stichprobenmittel und  $s_{\bar{x}}$  die Stichprobenstandardabweichung beschreiben.

**Tab. 4: Vertrauensintervalle mit z-Werten für gängige Irrtumswahrscheinlichkeiten (Atteslander, 2010, S. 281)**

Irrtumswahrscheinlichkeit	Vertrauensintervall
$\alpha = 1\%$	$\bar{x} - 2,58 * s_{\bar{x}}, \bar{x} + 2,58 * s_{\bar{x}}$
$\alpha = 5\%$	$\bar{x} - 1,96 * s_{\bar{x}}, \bar{x} + 1,96 * s_{\bar{x}}$
$\alpha = 10\%$	$\bar{x} - 1,64 * s_{\bar{x}}, \bar{x} + 1,64 * s_{\bar{x}}$

Ein Vertrauensintervall beschreibt jenes Intervall, in dem der gesuchte Kennwert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit enthalten ist, wobei die Restwahrscheinlichkeit durch die Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  angegeben wird.

Anhand eines Beispiels zur Festlegung notwendiger Stichprobenumfänge nach der Methode von Atteslander (2003, S. 315ff.) soll die Gleichung für die Untersuchung von relativen Verteilungen des Ballbesitzes mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% angewendet werden.

Mithilfe der Standardabweichung von 6.3 und einer Varianz der Grundgesamtheit von 39.96 der Variable Ballbesitz aus der Studie von Lago und Martin (2007) ergibt sich eine minimale Stichprobengröße von 614 Spielen.

$$n = \frac{4 * 1,96^2 * 39,96}{1^2} = 614 \text{ (Spiele)}$$

Eine adäquate Stichprobengröße ist laut Bortz und Döring (2002) hauptsächlich vom gewünschten Effekt eines Untersuchungsergebnisses abhängig. Die Effektstärke (d) stellt dabei die entscheidende und wesentliche Kenngröße dar. Da auch in der Literatur nicht klar definiert wird, welche Streuung für die Berechnung dieser Effektgröße zu verwenden ist, sollte diese vorgestellte Methode kritisch betrachtet werden. Bortz und Döring (1995, S. 569) verwenden dafür die gemeinsame Streuung aus beiden Gruppen.

Daher scheint es, als wäre das beschriebene Verfahren von Hughes et al. (2003) für die Festlegung optimaler Stichproben im Bereich der Sportspielanalyse besser geeignet als jene von Bortz und Döring (2002). Durch die graphische Darstellung des akkumulierten Mittelwerts der interessierenden Variablen über alle erhobenen Spiele hinweg, kann die Anzahl der notwendigen Spiele einfach an jener Stelle abgelesen werden, an der sich der Mittelwert der Variablenausprägung einpendelt. Dabei kann jedoch auch jenes Problem auftreten, dass aufgrund zu niedriger Anzahl an erhobenen Spielen nicht vorhergesagt werden kann, in welchem Bereich sich der Mittelwert stabilisieren wird. Demzufolge ist weiters zu beachten, dass eine rein qualitative Interpretation des akkumulierten Mittelwertgraphen, wie es in Hughes et al. (2003) unternommen wurde, keineswegs dem Anspruch wissenschaftlich fundierten Vorgehens entsprechen kann.

Auch jenes Verfahren von Hughes et al. (2001) hat ihre Vor- bzw. Nachteile. Basierend auf der Idee der graphischen Lösungsmethode über akkumulierte Mittelwertgraphen liegen hier im Gegensatz zum Verfahren von Hughes et al. (2003) quantitative Ergebnisse vor. Die Größe des festgelegten Toleranzbereiches steht dabei in einem indirekten Verhältnis zur Anzahl der, für die Stabilisierung des Mittelwerts, benötigten Spiele. Ein Problem tritt dann auf, wenn für die Berechnung des Gesamtmittelwerts nur sehr wenige Spiele zur Verfügung stehen, da in diesem Fall der Stichprobenumfang zur Bestimmung des Gesamtmittelwerts zu gering ist.

Das Verfahren von Hughes et al. (2004) zur Festlegung optimaler Stichprobengrößen spielt vor allem für den praktischen Bereich der Sportspielanalyse eine wichtige Rolle.

In vielen Sportarten werden nämlich kontinuierlich trainings- und wettkampfbegleitend Wettkampfdaten erhoben und anschließend mit einer Referenzgruppe verglichen, um daraus Erkenntnisse für den Trainingsprozess und weitere Strategien für den Wettkampf zu gewinnen. Durch die ständige Bestimmung und Auswertung von Wettkampfdaten erhält man daher eine hohe Anzahl an Untersuchungsobjekte, wobei mithilfe oben beschriebener Methode die notwendige Anzahl der benötigten Spiele erfasst und für einen Normwert festgelegt werden kann. Zur Erfassung bzw. Analyse des aktuellen Profils eines/r Spielers/in reicht dann der Zugriff auf die letzten Spiele aus, um stets aktuelle Normwertvergleiche durchführen zu können. (vgl. Leser, 2007, S. 204)

Die von O' Donoghue und Pointing (2005) entwickelte Methode stellt meiner Meinung nach die brauchbarste Methode zur Festlegung optimaler Stichprobenumfänge bei der Bestimmung von Normwerten im Bereich der Spielanalyse dar. Trotz der zwei oben beschriebenen Einschränkungen wird durch die Festlegung bestimmter Vertrauens- bzw. Fehlergrenzen nämlich vor allem eine ausreichende Absicherung gegenüber zu großen Stichprobenschwankungen gewährleistet.

Zusammenfassend soll aus diesem Kapitel hervorgehen, welche Bedeutung der Festlegung optimaler Stichprobenumfänge für Sportspielanalysen beizumessen ist und welche verschiedenen Lösungsansätze für deren Berechnung in der Literatur diskutiert werden.

## **2.2 Deskriptive Methoden**

Ziel der deskriptiven bzw. beschreibenden Statistik ist die Erfassung, Tabellierung und Beschreibung von konkreten Ergebnissen von Beobachtungen, sowie das Zusammenfassen von Messungen, um die Grundgesamtheit einfacher beschreiben und darstellen zu können. Die beobachtbaren Daten werden dabei entweder durch Tabellen, Diagramme oder durch sogenannte statistische Maßzahlen dargestellt. Kreisdiagramme, Histogramme oder Polygonzüge gehören dabei zu den wesentlichsten graphischen Darstellungsmöglichkeiten. Statistische Kenngrößen bzw. Maßzahlen dienen darüber hinaus hauptsächlich zur Weiterverarbeitung der Daten. Welche Darstellungsform letztendlich angewendet werden soll, hängt vom Skalenniveau der Variable ab.

Bortz (2005, S. 35) unterscheidet zwei wesentliche Typen von Kenngrößen und zwar die Lokations- und die Streuungsmaße.

## 2.2.1 Lokationsmaße

Unter dem Begriff Lokationsmaße versteht man Kenngrößen, durch welche die zentrale Tendenz von Häufigkeitsverteilungen am besten repräsentiert werden kann (vgl. Bortz, 2005, S. 35). Je nach Skalenniveau unterscheidet man folgende Lagemaße.

### 2.2.1.1 Arithmetischer Mittelwert $\bar{x}$

Der arithmetische Mittelwert ist das gebräuchlichste Maß zur Kennzeichnung der zentralen Tendenz einer Verteilung für intervall- oder rationalskalierte Daten. Darunter versteht man die Summe aller Messwerte (in unserem Fall z.B. Laufleistungen, Torschüsse, usw.) dividiert durch den Stichprobenumfang  $n$  (vgl. Trölb, 2000, S. 13).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i \quad x_i \dots n\text{- Beobachtungswerte}$$

So können mithilfe dieses Lokationsmaßes z.B. mögliche Unterschiede hinsichtlich der durchschnittlich zurückgelegten Distanzen (gemessen in Kilometer) gegeneinander spielender Mannschaften in einem Fußballspiel aufgedeckt werden.

### 2.2.1.2 Modus und Median

Der Modus oder Modalwert einer empirischen Häufigkeitsverteilung ist jener Merkmalswert, der in einer Stichprobe am häufigsten vorkommt. Er kommt in der Praxis in jenen Fällen zum Einsatz, in denen für bestimmte Zwecke der genaue Merkmalswert, der am öftesten auftritt, benötigt wird. Je nach Skalenniveau können in Untersuchungen bzw. Beobachtungen auch mehrere voneinander getrennte Modalwerte auftreten.

Im Gegensatz dazu beschreibt der Median oder Zentralwert einer Verteilung den mittleren Wert einer der Größe nach geordneten Stichprobe. Der Median ist demnach jener Wert, von dem alle anderen Werte im Durchschnitt am wenigsten abweichen, er teilt die Stichprobe in zwei gleich große Teile. Bei einer ungeraden Anzahl von Werten liegt der Zentralwert genau in der Mitte der Stichprobe, bei einer ungeraden Anzahl wird er als Mittelwert der beiden mittleren Zahlen definiert. (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 26f.)

Im Vergleich zu dem arithmetischen Mittel ist der Median robuster gegen Ausreißer, d.h. er wird nicht von Extremwerten beeinflusst. Der Median wird zudem als 0,5-Quantil bezeichnet, da 50% aller Werte der Verteilung unterhalb dieses Wertes liegen.

Wie bereits oben erwähnt, ist die Wahl der Lagemaße stark vom Skalenniveau des Datenmaterials abhängig. Faude, Meyer und von Detten (2008) zeigen welches Datenskalenniveau mit welchen Werten der zentralen Tendenz beschrieben werden kann (vgl. Tab. 5).

**Tab. 5: Eigenschaften der einzelnen Skalenniveaus und Darstellung der möglichen Lageparameter (Faude et al., 2008, S. 3)**

	erlaubte Operationen	Wert der zentralen Tendenz		
		Modalwert	Median	Mittelwert
<b>Nominalskala</b>	-	möglich	-	-
<b>Ordinalskala</b>	(Rang-) Ordnung der Zahlen	möglich	möglich	-
<b>Intervall- (Verhältnis-) Skala</b>	Differenzen (Verhältnisse) der Zahlen	möglich	möglich	möglich

Aus Tabelle 5 ist zu erkennen, dass ordinalskalierte Daten entweder durch den Modalwert oder den Median beschrieben werden können. Die Aussagekraft dieser beiden Kenngrößen hängt oft von der Fragestellung des/r Untersuchers/in ab.

## 2.2.2 Streuungsmaße

Zur vollständigen Beschreibung einer Verteilung reichen die Maße der zentralen Tendenz oft nicht aus, d.h. auch wenn sich die Lagemaße zweier Häufigkeitsverteilungen stark ähnlich sind, können sie dennoch aufgrund von unterschiedlichen Streuungen der einzelnen Werte stark voneinander abweichen (vgl. Bortz, 2005, S. 39). Daher sind zusätzliche statistische Kennwerte, sogenannte Streuungsparameter notwendig, die die Stärke der möglichen Unterschiede angeben.

Im Folgenden werden nun die für die deskriptive Statistik wesentlichsten Streuungs- bzw. Dispersionsmaße definiert und erläutert.

### 2.2.2.1 Standardabweichung (s) und Varianz (s<sup>2</sup>)

Unter der Standardabweichung versteht man die durchschnittliche Abweichung der einzelnen Merkmalswerte vom arithmetischen Mittelwert (vgl. Bortz, 2005, S. 41ff.).

Sie kann durch folgende Gleichung bestimmt werden:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

s ... Standardabweichung

n ... Stichprobenumfang

$x_i$  ... Einzelwerte für jedes i

i ... Aufzählung von 1 bis n

$\bar{x}$  ... arithmetischer Mittelwert der Einzelwerte

Gelegentlich wird die Standardabweichung auch als Streuung bezeichnet. Durch das Quadrieren in der Berechnungsformel werden kleine Abweichungen vom Mittelwert weniger stark bewertet und große Abweichungen stärker gewichtet. Daraus ergibt sich die sogenannte Varianz einer Verteilung. Die Varianz wird umso größer, je größer die Abstände zwischen den einzelnen Werten und dem arithmetischen Mittelwert sind. Obwohl sie ein gutes Maß für die Streuung der Werte um den Mittelwert darstellt, wird zur Beschreibung für die Dispersion einer Häufigkeitsverteilung eher die Standardabweichung als statistische Kenngröße verwendet, da sie die gleiche Maßeinheit wie die Beobachtungsdaten besitzt und nicht auf deren Quadrate beruht. (vgl. Faude et al., 2008, S. 3)

In der Literatur wird ebenfalls darauf verwiesen, dass wenn die vorliegenden Daten eine Stichprobe darstellen, mit der die Standardabweichung in der dazugehörigen Grundgesamtheit geschätzt werden soll, bei der Berechnung dieser Dispersionsmaße anstelle von n durch den Quotient (n - 1) dividiert wird (vgl. Trölß, 2000, S. 22). Diese Form wird vor allem in der analytischen Statistik und daher auch in Statistikprogrammen, wie SPSS angewendet.

### 2.2.2.2 (Inter-) Quartilsabstand (IQR)

Eine Verteilung lässt sich mittels kumulierter Häufigkeiten relativ einfach in vier sogenannte Quartile (25%-Gruppen) aufteilen. Der (Inter-) Quartilsabstand beschreibt dabei jene Differenz zwischen dem Skalenwert nach 25% (0.25-Quartil) und nach 75% (0.75-Quartil) der Merkmalsdaten. Er enthält genau die Hälfte aller Messwerte innerhalb einer Verteilung. (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 32)

### 2.2.2.3 Variationskoeffizient (CV)

Der Variationskoeffizient wird definiert als der Quotient aus Standardabweichung und dem arithmetischen Mittelwert. Er ist definiert als „relative Standardabweichung“ und ermöglicht es, Streuungen von Häufigkeitsverteilungen mit unterschiedlichen Mittelwerten miteinander zu vergleichen. (vgl. Bortz, 1999, S. 44)

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

CV ... Variationskoeffizient

s ... Standardabweichung

$\bar{x}$  ... arithmetischer Mittelwert

In der Literatur wird er sehr oft als prozentuelle Streuung bezeichnet und meistens in Prozenten angegeben. Kromrey (2009, S. 428) führt des Weiteren aus, dass dem Variationskoeffizienten gegenüber anderen Maßzahlen vor allem dann der Vorzug zu geben ist, wenn die Streuung eines Merkmals zu unterschiedlichen Zeitpunkten verglichen werden soll.

## 2.3 Inferenzstatistische Methoden

„Im Gegensatz zur deskriptiven Statistik, die sich mit der Beschreibung und Zusammenfassung von Daten beschäftigt, ist es das Ziel der Inferenzstatistik oder schlussfolgernden Statistik von den Ergebnissen einer Stichprobe auf die zugrundeliegende Grundgesamtheit zu schließen“ (vgl. Bös, Hänsel & Schott, 2000, S. 111).

Es ist nämlich, wie auch im Fußball, aufgrund zu vieler Daten bzw. einer zu hohen Anzahl an Spielen weltweit oft sehr schwierig oder gar nicht möglich Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit zu schließen. Daher bedarf es in diesen Fällen der Verwendung einer optimalen Stichprobe (vgl. Kapitel 2.1), wobei die in der beschreibenden Statistik berechneten Kenngrößen eine, mit Fehler behaftete, Schätzung der Eigenschaften der Grundgesamtheit darstellen (vgl. Bös et al., 2000, S. 111). Je nach Fragestellung des/r Spielanalytikers/in, ob auf Unterschied oder Zusammenhang einer oder mehrerer (Gruppen-) Variablen (im Fußball sind das meist erhobene Spielparameter) getestet wird sowie je nach Skalenniveau des Datenmaterials, werden entsprechende Hypothesen formuliert bzw. unterschiedliche Prüfverfahren zum Testen dieser Annahmen angewendet (vgl. Leser, 2007, S. 84f.).

Diese statistischen Tests dienen der Bestätigung oder Widerlegung der sogenannten Nullhypothese ( $H_0$ ) bzw. Alternativhypothese ( $H_1$ ) mit einer gewissen Irrtumswahrscheinlichkeit, welche mittels eines p-Werts (meist  $p=0.05$ ) ausgedrückt wird. Die Nullhypothese wird dabei meist negativ formuliert. Sie besagt in diesem Fall, dass der von der Alternativhypothese behauptete Zusammenhang bzw. Unterschied zwischen den untersuchten Gruppen nicht besteht. Die in Hypothesen auftretenden Merkmale müssen dabei vor allem feststellbar und prüfbar sein. (vgl. O' Donoghue, 2012, S. 111ff.)

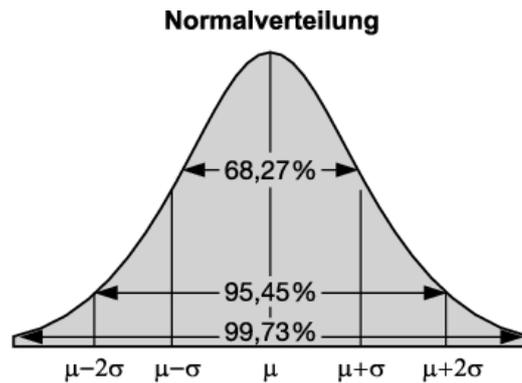
Bei der am Ende eines Parametertests getroffenen Entscheidung für eine der beiden Hypothesen besteht immer eine sogenannte Fehlerwahrscheinlichkeit dafür, dass die getroffene Entscheidung falsch ist. Dabei werden grundsätzlich zwei Arten von Fehlern, nämlich ein Fehler 1. Art ( $\alpha$ -Fehler) bzw. ein Fehler 2. Art ( $\beta$ -Fehler) unterschieden, auf deren genauere Bedeutung hier nicht weiter eingegangen wird, welche aber bei Trölß (2000, S. 226ff.) oder bei Schlittgen (2012, S. 342f.) nachzulesen ist.

O' Donoghue (2012, S. 122ff.) gibt außerdem einen tiefen Einblick darüber, worauf beim Testen von Hypothesen allgemein zu achten ist. Sie (vgl. Bortz & Döring, 2009, S. 492f.) beschreiben detailliert, wie Forschungshypothesen klassifiziert werden können.

In den folgenden Unterkapiteln werden nun die, für den/die (Sportspiel-) Forscher/in, wesentlichsten und interessantesten inferenzstatistischen Testverfahren, welche auch in den behandelten Fachartikeln (vgl. Kapitel 3 bzw. Anhang 5) verwendet wurden, vorgestellt.

### **2.3.1 Überprüfung auf Normalverteilung**

Wie bereits Faude et al. (2008, S. 4) in seinem Essay ausführt, muss vor dem Testen von Hypothesen bekannt sein, wie die Werte der jeweiligen Variablen verteilt sind, um zu entscheiden, welcher statistischer Test angewendet werden kann. Bei normalverteilten Daten erhält man eine sogenannte „Glockenkurve“, wenn die Werte als Punkte in ein Koordinatensystem eingetragen werden. Abbildung 5 zeigt, dass sich bei einer Normalverteilung der Daten der Großteil der Werte nahe dem Mittelwert befindet und dass etwa 68% (95%) aller Messwerte innerhalb der einfachen (zweifachen) Standardabweichung um den Mittelwert liegen (vgl. Bortz, 2005, S. 43).



**Abb. 5: Normalverteilungskurve mit Standardabweichung und eingeschlossener Fläche (Bortz, 2005, S. 43)**

Für die Überprüfung, ob eine Normalverteilung der Werte vorliegt, stehen unterschiedliche statistische Testverfahren zur Verfügung.

Mithilfe des sogenannten Kolmogorov-Smirnov Tests (KS-Test) kann einerseits überprüft werden, ob zwei Variablen die gleiche Verteilung besitzen oder andererseits, ob eine Variable einer zuvor angenommenen Wahrscheinlichkeitsverteilung (meistens Normalverteilung) folgt (vgl. Zöfl, 2000, S. 79). Er gilt als sehr stabil und kann neben stetig verteilten metrischen Merkmalen auch für diskrete und sogar rangskalierte Daten verwendet werden. Bühl (2008, S. 321) sieht als Grundlage dieses Tests die Berechnung der maximalen Differenz zwischen den kumulierten Häufigkeiten beider Stichproben. Die Vorgehensweise der Berechnung der Prüfgröße wird unter anderem bei Martens (2003, S. 141) näher erläutert.

Eine Modifikation des KS-Tests ist der sogenannte Lilliefors-Test, welcher ausschließlich auf der Normalitätstestung der Daten basiert. Aufgrund dieser Spezialisierung ist er für die Normalverteilungsüberprüfung von Merkmalen besser geeignet als der KS-Test, wobei er eine geringere Teststärke aufweist (vgl. Zöfl, 2000, S. 79). Die Teststärke ( $1 - \beta$ ) gibt dabei an, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Signifikanztest sich zugunsten von  $H_1$  entscheidet. Dieser Wert wird auch als die „Power“ eines Tests bezeichnet. (vgl. Bortz, 2005, S. 123)

Weiters kann der sogenannte Shapiro-Wilk Test angewendet werden, um die Hypothese zu überprüfen, ob die zugrundeliegende Grundgesamtheit einer Stichprobe normalverteilt ist. In Janssen und Laatz (2007, S. 250) wird darauf hingewiesen, dass dieser Test im Gegensatz zu den anderen Verfahren auch bei kleinen Stichprobenumfängen ( $n < 50$ ) eine hohe Teststärke aufweist. Die genaue Erklärung, Ablaufbedingungen, sowie das schrittweise Vorgehen für die Berechnung der Prüfgrößen der einzelnen Verfahren sind weiterführenden Literaturwerken zu entnehmen, z.B. bei Graf, Henning, Wilrich und Stange (1998, S. 393f.).

## 2.3.2 Verfahren zur Überprüfung von Zusammenhangshypothesen

Anhand von Zusammenhangshypothesen kann überprüft werden, ob eine signifikante Korrelation zwischen zwei oder mehreren Merkmalen existiert. So kann im Fußball damit z.B. getestet werden, ob das Alter der Spieler/innen (in Jahren) und der Erfolg des Sportspiels, gemessen an den erreichten Punkten am Ende der Saison, zusammenhängen (vgl. Augste & Lames, 2011) oder ob ein saisonaler Trainerwechsel positive oder negative Auswirkungen auf den Tabellenplatz am Ende der Saison hat oder nicht (vgl. Lago-Penas, 2011c).

Die bekannte Regressionsanalyse stellt dabei ein vielfach verwendetes statistisches Analyseverfahren dar, um Beziehungen zwischen einer abhängigen und einer oder mehreren unabhängigen Variablen festzustellen und quantitativ zu beschreiben. Speziell die lineare, aber auch die logistische Regression gehören zu den am häufigsten eingesetzten Berechnungsmethoden (vgl. Zöfel, 2000, S. 142ff.). Unter der logistischen Regression versteht man Regressionsanalysen zur (meist multivarianten) Verteilungsmodellierung diskreter abhängiger Variablen (vgl. Rudolf, 2008, S. 230ff.).

Bei der linearen Regression sollte vorweg geklärt werden, welche die abhängige und welche die unabhängige Variable ist. Ist diese Unterteilung nicht möglich bzw. wird nur angenommen, dass sich die zwei Größen miteinander verändern, kann die Stärke des Zusammenhangs durch sogenannte Korrelationskoeffizienten ( $r$ ,  $r_s$ ) berechnet werden. (vgl. Faude et al., 2008, S. 32f.)

Je nach Skalenniveau der Daten werden in der Literatur unter anderem folgende Korrelationskoeffizienten unterschieden.

### 2.3.2.1 Die Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson

Der Korrelationstest nach Pearson untersucht, ob zwischen stetigen normalverteilten Variablen ein linearer Zusammenhang besteht. Der Korrelationskoeffizient ist ein dimensionsloses Maß, der die Stärke des linearen Zusammenhangs angibt, wobei er Werte zwischen +1 und -1 annehmen kann. (vgl. Kromrey, 2009, S. 485ff.)

Bei einem Wert von +1 (bzw. -1) besteht ein vollständig positiver (bzw. negativer) linearer Zusammenhang zwischen den betrachteten Variablen. Der Wert 0 bedeutet, dass überhaupt kein linearer Zusammenhang zwischen den Merkmalen besteht. Generell werden Korrelationskoeffizienten zwischen  $0.2 < r < 0.5$  als gering,  $0.5 < r < 0.7$  als mittel,  $0.7 < r < 0.9$  als hoch und größer 0.9 als sehr hoch etikettiert. (vgl. Atteslander, 2010, S. 266)

Bamberg, Baur und Krapp (2008, S. 36) nennen zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten für zwei normalverteilte Variablen folgende Formel:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

r ... Korrelationskoeffizient nach Pearson

$x_i$  ... Einzelwerte der ersten Variablen für jedes i

$y_i$  ... Einzelwerte der zweiten Variablen für jedes i

i ... Aufzählung von 1 bis n

$\bar{x}$  ... arithmetischer Mittelwert der Einzelwerte der ersten Variablen

$\bar{y}$  ... arithmetischer Mittelwert der Einzelwerte der zweiten Variablen

Grundsätzlich wird der Test nach Pearson bei Zusammenhangshypothesen bei zumindest intervallskalierten Daten verwendet, wobei die untersuchten Variablen ebenfalls annähernd normalverteilt sein müssen. Ist mindestens eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt, so kann unter anderem der folgende Signifikanztest eingesetzt werden.

Im Sportspiel Fußball kann mit diesem Test z.B. untersucht werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Spielerprofil (Alter in Jahren, BMI, usw.) und dem aggressiven Verhalten eines Spielers, ausgedrückt durch die Anzahl der Fouls bzw. Karten, existiert (vgl. Shafizadeh, 2008).

### 2.3.2.2 Rangkorrelation nach Spearman

Wie auch die Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson gibt der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman ( $r_s$ ) die Stärke eines möglichen Zusammenhangs zweier Merkmale an, jedoch mit dem Unterschied, dass die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Variablen nicht linear sein muss (vgl. Schendera, 2004, S. 497).

Auch hier werden vor dessen Berechnung den Daten Ränge zugeordnet. Danach wird die Differenz der Rangpaare bestimmt und  $r_s$  mithilfe unten angeführter Formel berechnet (vgl. Faude et al., 2008, S. 34). Bühner und Ziegler (2009, S. 618) führen dazu aus, dass bei Vernachlässigung der Rangbindungen und bei Stichproben größer als 20 die näherungsweise z-verteilte bzw. bei  $n < 20$  die t-verteilte Prüfgröße als empirischer Signifikanzwert verwendet wird. Rangbindungen beschreiben dabei laut den Autoren jene Fälle, die sich jeweils einen konkreten Rangplatz miteinander teilen.

Bamberg et al. (2008, S. 38) definieren dazu folgende Formel:

$$r_s = 1 - \frac{6 * \sum_{i=1}^n (rg(x_i) - rg(y_i))^2}{n * (n^2 - 1)}$$

$r_s$  ... Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman

$x, y$  ... Datenreihen (Variablen)

$rg(x_i)$  ... Rang von  $x_i$

$rg(y_i)$  ... Rang von  $y_i$

$n$  ... Anzahl der Werte (Beobachtungen) pro Datenreihe

$$z_{\text{emp}} = r_s * \sqrt{n - 1}$$

$$t_{\text{df}} = \frac{r_s}{\sqrt{\frac{1 - r_s^2}{n - 2}}}$$

$$d_f = n - 2$$

$z_{\text{emp}}$  ... empirischer z-Wert

$t_{\text{df}}$  ... t-Wert für eine t-Verteilung mit  $d_f$  Freiheitsgraden

Der Rangkorrelationskoeffizient  $r_s$  ist robust gegen Ausreißer und wird grundsätzlich dann eingesetzt, wenn zumindest eine Variable ordinalskaliert und/oder nicht normalverteilt ist. Die Rangkorrelation nach Spearman ist auch bei intervallskalierten Daten anwendbar, falls keine Normalverteilung gegeben ist. Der Wertebereich von  $r_s$  liegt zwischen -1 und +1. (vgl. Bamberg et al., 2008, S. 38)

Augste und Lames (2011) analysieren z.B. mithilfe dieses Tests, ob ein Zusammenhang zwischen dem Geburtsmonat deutscher Nachwuchsspieler und dem Erfolg, gemessen anhand der erreichten Punkte Saisonende, existiert.

### 2.3.3 Verfahren zur Überprüfung von Unterschiedshypothesen

Faude et al. (2008, S. 8f.) führen aus, dass je nach Skalenniveau der Messwerte (nominal, ordinal, intervall) bzw. welche Art von Versuch das Studiendesign vorsieht, ein bestimmtes analytisches Verfahren angewendet wird.

Leser (2007, S. 85) weist weiters darauf hin, dass durch zusätzliche Kenntnis der Stichprobenanzahl und der Art der Fragestellung (abhängig, unabhängig) statistische Tests gewählt und mit entsprechender Statistiksoftware (z.B. SPSS®) durchgeführt werden können.

O' Donoghue (2012, S. 129ff.) gibt dazu eine Übersicht, unter welchen Bedingungen ein bestimmter Unterschiedstest anzuwenden ist.

Tabelle 6 fasst außerdem jene Prüfverfahren der Inferenzstatistik mit dazugehörigen Entscheidungskriterien und Anwendungsvorraussetzungen zusammen, welche in der Sportspielanalyse und speziell in den in Kapitel drei behandelten Fachartikeln am häufigsten eingesetzt werden.

**Tab. 6: Auswahl inferenzstatistischer Tests zur Überprüfung von Unterschieden mit Anwendungsvoraussetzungen und Alternativtests (Leser, 2007, S. 86). In Klammern ist das entsprechende Kapitel angegeben.**

SKALA	STICH-PROBEN-ANZAHL	ART	TEST	ANWENDUNGSVORAUSSETZUNGEN	ALTERNATIVE (bei Nichterfüllung der Voraussetzungen)
Nominal	1 2 >2	unabhängig oder abhängig	Chi-Quadrat Test (2.3.3.1)	kein einziger Erwartungswert darf kleiner als 2 sein; maximal 20% der Erwartungswerte dürfen kleiner als 5 sein	Exakter Test nach Fischer (vgl. 2.3.3.1)
Intervall	2	unabhängig	t-Test für unabhängige Stichproben (2.3.3.2)	Normalverteilung beider Stichproben oder beide $n > 30$ ; Varianzhomogenität der beiden Stichproben;	Mann-Whitney U-Test
Intervall	2	abhängig	t-Test für abhängige Stichproben (2.3.3.5)	Normalverteilung der Stichproben-Differenzen oder $n > 30$ ;	Wilcoxon-Test
Intervall	>2	unabhängig	Einfache Varianzanalyse (2.3.3.8)	Normalverteilung der Stichproben hinsichtlich der abhängigen Variablen; Varianzhomogenität der Stichproben	Kruskal-Wallis H-Test
Intervall	>2	abhängig	Varianzanalyse mit Messwiederholung (2.3.3.9)	Normalverteilung der Stichproben hinsichtlich der abhängigen Variablen; Varianzhomogenität der Stichproben Homogenität der Korrelationen (Sphärizität);	Friedman-Test
Ordinal	2	unabhängig	U-Test (2.3.3.3)		
Ordinal	2	abhängig	Wilcoxon (2.3.3.6)		
Ordinal	>2	unabhängig	Kruskal-Wallis H-Test (2.3.3.4)		
Ordinal	>2	abhängig	Friedman-Test (2.3.3.7)		

### 2.3.3.1 Chi-Quadrat-Anpassungstest ( $\chi^2$ -Test)

Der  $\chi^2$ -Test kann einerseits dazu verwendet werden, um zu überprüfen, ob eine kategoriale Variable einer bestimmten Verteilung (meist Normalverteilung) entspricht, andererseits ob es einen signifikanten Zusammenhang bezüglich der (Häufigkeits-) Verteilung von zwei oder mehreren nominalskalierten Variablen gibt (vgl. Bortz & Lienert, 2003, S. 67f.).

Mithilfe des Chi-Quadrat-Tests können sowohl Zusammenhangs- als auch Unterschiedshypothesen überprüft werden. Die Darstellung erfolgt dabei über Kreuztabellen mithilfe einer sogenannten Kontingenztafel, wobei untersucht wird, ob sich die Zeilen- und Spaltenvariable gegenseitig beeinflussen oder nicht. Die dabei berechnete Maßzahl  $\chi^2$  wird über die Differenzen zwischen den jeweiligen beobachteten und erwarteten Häufigkeiten der Merkmale bestimmt. (vgl. Atteslander, 2010, S. 284)

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(f_{b(j)} - f_{e(j)})^2}{f_{e(j)}}$$

$f_{b(j)}$  ... beobachtete Häufigkeiten

$f_{e(j)}$  ... erwartete Häufigkeiten

$k$  ... Anzahl der Summanden,  $j=1, \dots, k$

Je kleiner die Unterschiede von erwarteten und beobachteten Häufigkeiten sind, desto kleiner wird auch der errechnete Wert des  $\chi^2$ -Tests. Um die Signifikanz des berechneten  $\chi^2$ -Wertes zu überprüfen, wird dieser mit dem kritischen Wert aus der tabellierten  $\chi^2$ -Verteilung (vgl. Tab. 7 bzw. Anhang 3) in Abhängigkeit von den Freiheitsgraden verglichen. Für die Freiheitsgrade werden die Anzahl der Zeilen und die Anzahl der Spalten jeweils um 1 reduziert und anschließend miteinander multipliziert. Ist der errechnete  $\chi^2$ -Wert kleiner als der, vom Signifikanzniveau und den Freiheitsgraden abhängigen, dazugehörigen tabellierten Wert, so wird die Nullhypothese  $H_0$  abgelehnt bzw. die Alternativhypothese  $H_1$  angenommen (vgl. Bortz & Lienert, 2003, S. 68).

Als Anwendungsvoraussetzung für diesen Test nennen Toutenberg et al. (2008, S. 167), dass keine einzige erwartete Häufigkeit kleiner als der Wert 1 (2) und maximal 20% der Erwartungswerte kleiner als 5 sein dürfen. Ist das nicht der Fall, wird der sogenannte exakte Test nach Fischer eingesetzt, welcher bei Toutenberg et al. (2008, S. 153ff.) beschrieben wird.

**Tab. 7:  $\chi^2$  - Verteilungen nach ausgewählten Signifikanzniveaus ( $p$ ) und Freiheitsgraden ( $d_f$ ) (Bortz & Döring, 2009, S. 800)**

$d_f / p$	0,9	0,95	0,99
1	2,70554	3,84146	6,63490
2	4,60517	5,99147	9,21034
3	6,25139	7,81473	11,3449
4	7,77944	9,48773	13,2767
5	9,23635	11,0705	15,0863
6	10,6446	12,5916	16,8119
7	12,0170	14,0671	18,4753
8	13,3616	15,5073	20,0902
9	14,6837	16,9190	21,6660
10	15,9871	18,3070	23,2093

Tenga, Holme, Ronglan und Bahr (2010a) untersuchen in ihrem Artikel z.B. mittels dieses Tests, ob eher ein Direktpassspiel („Tiki - Taka“) oder ein Ballbesitzspiel zu einem Torerfolg führt. Des Weiteren kann damit z.B. überprüft werden, ob die Anzahl der Verteidigungsspieler, die auf den Ballführenden Druck ausüben, Auswirkungen auf die Torschussquote eines Teams hat (vgl. O' Donoghue, Papadimitriou, Gourgoulis & Haralambis, 2012).

### 2.3.3.2 t-Test für unabhängige Stichproben

Der t-Test für unabhängige Stichproben untersucht, ob sich die Mittelwerte zweier unabhängiger Stichproben (z.B. Heim- und Auswärtsteams) hinsichtlich einer bestimmten Variablen signifikant voneinander unterscheiden. Für die Berechnung der Teststatistik wird für ein normalverteiltes Merkmal folgende Prüfgröße berechnet, welche mit  $d_f = n_1 + n_2 - 2$  Freiheitsgraden t-verteilt ist (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 120ff.).

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

t ... Prüfgröße des t-Tests

$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$  ... Differenz der Stichprobenmittelwerte der beiden Gruppen

$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$  ... Standardabweichung der Mittelwertsdifferenz

Da in den meisten Fällen jedoch die Varianz der Population nicht gegeben ist, wird die Standardabweichung der Mittelwertsdifferenz durch folgende Gleichung geschätzt.

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{s_p^2 * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$$

$s_p^2$  ... geschätzte Stichprobenvarianz beider Gruppen

$n_1, n_2$  ... Stichprobenumfänge

Unter der Annahme, dass die beiden Stichprobenumfänge ( $n_1, n_2$ ) gleich groß sind, wird als Schätzwert der gesamten Stichprobenvarianz beider Gruppen das arithmetische Mittel der beiden einzelnen Stichprobenvarianzen genommen.

$$s_p^2 = \frac{s_1^2 + s_2^2}{2}$$

$s_1^2, s_2^2$  ... Stichprobenvarianzen

Für den Fall, dass die beiden Stichprobengrößen nicht gleich groß sind, wird die geschätzte Stichprobenvarianz beider Gruppen auf anderem Wege ermittelt. (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 122)

Mithilfe der angegebenen Formeln können nun der gesuchte Nenner und damit auch die Prüfgröße zum Testen der Nullhypothese eines t-Tests für unabhängige Stichproben bestimmt werden. Ist der berechnete t-Wert kleiner als der kritische tabellierte t-Wert (vgl. Anhang 2) bei entsprechendem Signifikanzniveau, demzufolge ist der ermittelte t-Wert nicht signifikant und  $H_0$  wird angenommen (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 122).

Weiters führen die beiden Autoren an, dass für eine adäquate Anwendung dieses Tests einerseits zwei voneinander unabhängige Stichproben mit intervallskalierten Daten vorliegen müssen und andererseits eine Homogenität der Stichprobenvarianzen (vgl. Kapitel 2.3.3.8) gegeben sein muss. Das untersuchte Merkmal muss dabei in beiden Populationen normalverteilt sein. Falls eine dieser Anwendungsvoraussetzungen nicht erfüllt ist, wird der Mann-Whitney U-Test eingesetzt.

Hughes und Franks (2005) überprüfen mithilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben z.B., ob sich verschiedene technisch-taktische Parameter, wie Anzahl der Pässe, Torschüsse, Ballbesitz, usw. zwischen erfolgreichen (oberes Tabellendrittel) und weniger erfolgreichen (unteres Tabellendrittel) Teams signifikant voneinander unterscheiden.

### 2.3.3.3 Mann-Whitney U-Test

Der Mann-Whitney U-Test ist ein parameterfreies bzw. verteilungsfreies Verfahren zur Überprüfung, ob die zentrale Tendenz von zwei unabhängigen Stichproben verschieden ist (vgl. Bühner & Ziegler, 2009, S. 282).

Der Begriff „parameterfrei“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Art und Anzahl der Parameter flexibel und nicht von vornherein festgelegt ist und nicht, dass solche Verfahren überhaupt keine Parameter besitzen. Parameterfreie Methoden machen keine Annahmen über die Wahrscheinlichkeitsverteilung der untersuchten Variablen. (vgl. Bortz & Lienert, 2003, S. 56f.)

Beim U-Test handelt es sich um einen sogenannten Rangsummentest, d.h. zur Berechnung der Teststatistik werden zwei Rangreihen miteinander verglichen, wobei die abhängige Variable nicht normalverteilt, aber mindestens ordinalskaliert sein muss (vgl. Bortz, 1999, S. 130). Für die Berechnung der Teststatistik werden zunächst alle Werte, unabhängig von der Stichprobe, der Größe nach angeordnet, in eine Rangordnung gebracht und anschließend deren Rangsummen bestimmt. Treten zwei Werte doppelt auf, wird für beide Werte der Mittelwert aus dem entsprechenden Rangplatz und dessen Nachfolger genommen. (vgl. Faude et al., 2008, S. 22)

Die beiden Prüfgrößen  $U_{1,2}$  werden laut Zöfel (2003, S. 137) wie folgt berechnet:

$$U_{1,2} = R_{1,2} - \frac{n_{1,2} * (n_{1,2} + 1)}{2}$$

$U_{1,2}$  ... Prüfgröße U der ersten bzw. zweiten Stichprobe

$n_1, n_2$  ... Anzahl der Zahlenwerte je Stichprobe

$R_1, R_2$  ... Rangzahlensumme der ersten bzw. zweiten Stichprobe

Bortz und Schuster (2010, S. 132) führen dazu aus, dass bei kleinen Stichprobenumfängen ( $n_1, n_2 \leq 8$ ) zur Signifikanzüberprüfung der kleinere berechnete U-Wert mit dem kritischen tabellierten Wert aus der theoretischen U-Verteilung verglichen wird. Ist dieser Wert größer als der Wert aus der U-Test Tabelle (vgl. Bortz, 2005, S. 826ff.) bei entsprechendem Signifikanzniveau, ist der Unterschied nicht signifikant und  $H_0$  beizubehalten.

Falls die beiden Stichprobenumfänge jedoch größer als 8 sind und der gleichen Population entstammen, ist U nahezu normalverteilt, sodass die Teststatistik U normiert und mit dem kritischen Wert aus der z-Verteilung verglichen werden kann.

Der erwartete U-Wert ( $\mu_U$ ) entspricht dabei der Hälfte aus dem Produkt von  $n_1$  und  $n_2$  (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 131).

$$z = \frac{U - \mu_U}{\sigma_U}$$

U ... kleinere errechnete Wert der Teststatistik

$\mu_U$  ... Erwartungswert von U

$\sigma_U$  ... Standardfehler des U-Wertes

Alle möglichen U-Werte verteilen sich dabei symmetrisch um den Erwartungswert  $\mu_U$ , wobei die Streuung der U-Werte-Verteilung wie folgt berechnet wird:

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{n_1 * n_2 * (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

Ist der errechnete z-Wert wiederum größer als der kritische Wert der z-Tabelle (vgl. Anhang 1) wird  $H_0$  beibehalten. (vgl. Bortz, 2005, S. 151)

Der Mann-Whitney U-Test wird also für den Vergleich von Lagemaßen zweier unabhängiger Stichproben verwendet, falls mindestens eine der Voraussetzungen des t-Tests für unabhängige Stichproben nicht erfüllt ist. Liegen mehr als zwei unabhängige Stichproben vor, kommt der sogenannte Kruskal-Wallis H-Test zur Anwendung.

In der Sportspielanalyse kann mithilfe des U-Tests z.B. untersucht werden, ob sich Spitzenmannschaften von schwächeren Teams hinsichtlich des Prozentanteils des Ballbesitzes signifikant voneinander unterscheiden. Die Einteilung der Qualität der Mannschaften wurde dabei von dem erreichten Tabellenplatz am Ende der Saison abhängig gemacht, wobei die drei Erstplatzierten als *gut* und die letzten drei Teams als *schwach* etikettiert wurden. (vgl. Jonas et al., 2004)

#### **2.3.3.4 Kruskal-Wallis H-Test**

Nach Glantz, Heinecke und Köpcke (1997, S. 325) ist „der Kruskal-Wallis-Test [...] eine einfache Verallgemeinerung des Mann-Whitney U-Tests“. Jedem Wert aller Gruppen wird wiederum ein Rang zugewiesen und danach die Rangsumme jeder Gruppe separat bestimmt.

Falls die mittleren Ränge (Rangsumme dividiert durch die Anzahl der Werte einer Gruppe) jeder Stichprobe ungefähr gleich dem Durchschnitt aller Ränge sind, so wird die Nullhypothese angenommen (vgl. Faude et al., 2008, S. 23). Je mehr sich diese voneinander unterscheiden, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit,  $H_1$  anzunehmen. Die genaue Vorgehensweise für die Berechnung der Prüfgröße  $H$  kann bei Hirsig (1997, Kap. 6.117) oder bei Bortz und Lienert (2003, S. 154f.) nachgelesen werden.

Mit einem  $H$ -Test wird also nur untersucht, ob Unterschiede zwischen mehreren unabhängigen Gruppen vorliegen. Daher können im Anschluss bei signifikantem Ergebnis noch sogenannte Post-Hoc-Tests (vgl. Kapitel 2.3.3.10) durchgeführt werden, welche Aufschluss darüber geben, welche der Teams genau signifikant von den anderen abweichen und welche nicht.

Tenga und Sigmundstad (2011) verwenden den Kruskal-Wallis-Test z.B., um mögliche Unterschiede zwischen den ersten, den mittleren und den letzten drei Mannschaften der Endtabelle einer Saison hinsichtlich der durchschnittlichen Anzahl der geschossenen Tore aus dem Spiel heraus miteinander zu vergleichen.

### **2.3.3.5 t-Test für abhängige (verbundene) Stichproben**

Ziel des  $t$ -Tests für verbundene Stichproben ist es, zwei voneinander abhängige Messungen miteinander zu vergleichen und auf signifikante Unterschiede zu testen, wobei hier die intervallskalierten Messwerte paarweise zusammengefasst werden. Meistens wird dieses Testverfahren angewendet, um ein Merkmal vor und nach einem Treatment, d.h. an zwei verschiedenen Messzeitpunkten (Messwiederholung) auf Unterschiede zu prüfen. (vgl. Bortz, 2005, S. 143ff.)

Faude et al. (2008, S. 15) führen aus, dass zur Berechnung der Prüfgröße  $t$  die Differenzen der gepaarten Messwerte, sowie die durchschnittliche Veränderung des Parameters von allen Messwerten und die entsprechende Standardabweichung dieser Veränderung ermittelt werden muss. Die Differenzen der Messwertpaare müssen dabei bei kleineren Stichprobenumfängen ( $n < 30$ ) in der Stichprobe annähernd normalverteilt sein.

Die Teststatistik  $t$  wird in der Folge über den Standardfehler der Differenz, sowie der Standardabweichung der Differenz der Messwertpaare und dem Stichprobenumfang berechnet (vgl. Bortz, 2005, S. 144).

$$t = \frac{\bar{x}_d}{\hat{s}_{x_d}}$$

$\bar{x}_d$  ... arithmetischer Mittelwert der Differenz der Messwertpaare

$\hat{s}_{x_d}$  ... Standardfehler der Mittelwerte der Differenzen

$$\bar{x}_d = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

n ... Anzahl der Messwertpaare

$d_i$  ... Differenz  $x_{i1} - x_{i2}$  (i - Messwertpaare)

$$\hat{s}_{x_d} = \frac{\hat{s}_d}{\sqrt{n}}$$

$\hat{s}_d$  ... geschätzte Streuung der Differenzen in der Population

$$\hat{s}_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{x}_d)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n d_i)^2}{n}}{n-1}}$$

Ist die errechnete Prüfgröße t betragsmäßig größer als der für ein bestimmtes Signifikanzniveau und entsprechenden Freiheitsgraden ( $d_f = n-1$ ) kritische tabellierte t-Wert (vgl. Anhang 2), ist das Ergebnis signifikant. Die Nullhypothese, sprich die Differenz der Messwerte beider verbundener Gruppen bzw. Messzeitpunkte ist Null, wird demnach verworfen. (vgl. Bortz, 2005, S. 144).

Falls die Anwendungsvoraussetzungen des t-Tests für abhängige Stichproben nicht erfüllt sind, wird der Wilcoxon Test eingesetzt.

In der Sportspielanalyse wird dieser Test hauptsächlich für den Vergleich leistungsbezogener Parameter, wie z.B. zurückgelegte Laufdistanzen in Kilometer oder Anzahl der durchgeführten Sprints, zwischen den beiden Halbzeiten verwendet (vgl. Bradley et al., 2009 oder Lago-Penas, Rey, Lago-Ballesteros, Casais & Dominguez, 2009).

### 2.3.3.6 Wilcoxon-Test

Der Vorzeichen-Rang-Test von Wilcoxon ist ein parameterfreier statistischer Test, welcher der Methode des t-Tests für abhängige Stichproben sehr ähnlich ist. Anhand zweier verbundener Stichproben kann die Gleichheit der zentralen Tendenzen der zugrundeliegenden Populationen überprüft werden. Er wird vor allem in jenen Analysen eingesetzt, in denen die gleiche Stichprobe zweimal untersucht wird. (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 133)

Der Wilcoxon-Test basiert wie der t-Test für gepaarte Stichproben auf Rangreihung der Wertpaardifferenzen. Die abhängige Variable muss nicht normalverteilt sein, sollte aber mindestens Ordinalskalenniveau besitzen. (vgl. Bortz, 2005, S. 154)

Bortz und Schuster (2010, S. 133) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Paare mit Nulldifferenzen in der Berechnung der Prüfgröße vernachlässigt werden, wobei der Stichprobenumfang  $n$  in diesem Fall um die Anzahl der identischen Messwertpaare reduziert wird. Jene Differenzen, die bei der Berechnung betragsmäßig den gleichen Wert aufweisen, werden laut den Autoren als Rangbindungen bezeichnet.

Bei kleinen Stichprobenumfängen ( $n \leq 25$ ) kann die Nullhypothese  $H_0$ , dass die beiden Stichproben derselben Grundgesamtheit entstammen und keine Unterschiede hinsichtlich der zentralen Tendenz aufweisen, folgendermaßen geprüft werden:

Nach der Berechnung der Differenz  $d_i$  für jedes Messwertpaar werden die Absolutbeträge der Differenzen in eine Rangordnung gebracht, wobei nur die Rangsumme derjenigen Paardifferenzen mit dem selteneren Vorzeichen für die Signifikanzüberprüfung notwendig ist. (vgl. Bortz & Schuster, 2010, S. 133)

Diese Rangsumme beschreibt die Prüfgröße  $T$  des Wilcoxon-Tests. Ist dieser empirische  $T$ -Wert größer als der bei entsprechendem Signifikanzniveau tabellierte kritische  $T$ -Wert, dann wird  $H_0$  verworfen (vgl. Bortz, 2005, S. 829).

Bei größeren Stichprobenumfängen ( $n > 25$ ) wird die Prüfgröße  $T$  für die Signifikanzüberprüfung in einen  $z$ -Wert transformiert. In diesen Fällen geht die Verteilung der  $T$ -Werte in eine Normalverteilung über, sodass zum Vergleich der Prüfgrößen die Tabelle der Standardnormalverteilung (vgl. Anhang 1) herangezogen werden muss, wie Bortz und Schuster (2010, S. 134) ausführen.

Die Autoren definieren dazu folgende Formeln für die Berechnung des  $z$ -Werts:

$$z = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T}$$

- z ... empirischer z-Wert der Standardnormalverteilung  
 T ... errechnete Prüfgröße des Wilcoxon-Tests (Rangsumme)  
 $\mu_T$  ... erwarteter T-Wert  
 $\sigma_T$  ... Standardfehler des T-Werts

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{n * (n + 1) * (2 * n + 1) - \sum_{i=1}^k \frac{t_i^3 - t_i}{2}}{24}}$$

- $t_i$  ... Länge i-ten Rangbindung  
 k ... Anzahl der Rangbindungen  
 n ... Anzahl der nullfreien Paardifferenzen

$$\mu_T = \frac{n * (n + 1)}{4}$$

- n ... Stichprobenumfang (Nulldifferenzen ausgeschlossen)

Falls der errechnete z-Wert größer ist als der für ein entsprechendes Signifikanzniveau erwartete z-Wert der Standardnormalverteilungstabelle, wird  $H_0$  verworfen (vgl. Bortz & Lienert, 2003, S. 181). Liegen jedoch mehr als zwei verbundene Stichproben mit ordinalskalierten Daten vor, wird der sogenannte Friedman-Test eingesetzt.

Trainer/innen können mit dem Wilcoxon-Test z.B. untersuchen, wie sich Änderungen des Spielstandes auf das technische und taktische Verhalten einer Mannschaft auswirken. So können beispielsweise Unterschiede in der Anzahl der totalen Pässe oder im Prozentanteil der angekommenen Pässe fünf Minuten vor bzw. nach einem geschossenen (erhaltenen) Tor analysiert werden. (vgl. Ridgewell, 2011)

### 2.3.3.7 Friedman-Test

Laut Bühner und Ziegler (2009, S. 470f.) können mittels Friedman-Tests untersucht werden, ob sich drei oder mehr gepaarte Stichproben hinsichtlich der Lageparameter signifikant voneinander unterscheiden. Im Gegensatz zu einem Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben können mit einem Friedman-Test mit Messwiederholung mehr als zwei Messzeitpunkte untersucht werden (vgl. Bortz, 2005, S. 154).

Der Friedman-Test zählt zu den nichtparametrischen Verfahren, da er keine Normalverteilung der Daten in den Stichproben voraussetzt, wobei die Daten mindestens ordinalskaliert sein müssen. Er ist wiederum ein Rangsummentest, d.h. es werden für die Berechnung der Teststatistik  $F_R$  mehrere Rangreihen miteinander verglichen. Die genaue Vorgehensweise ist bei Hirsig (1997, Kap. 6.121) oder bei Bühner und Ziegler (2009, S. 470ff.) zu finden. Mithilfe dieses Testverfahrens kann also festgestellt werden, ob signifikante Unterschiede der zentralen Tendenzen an mehr als zwei Messzeitpunkten existieren. In der Praxis werden zudem Post-Hoc-Tests (vgl. Kapitel 2.3.3.10) durchgeführt, um herauszufinden, inwiefern sich einzelne Lageparameter genau voneinander unterscheiden.

Redwood-Brown (2008) verwenden dieses Verfahren z.B., um das Passverhalten kurz vor und nach einem Tor mit der Anzahl der (angekommenen) Pässe in jener Halbzeit, in der das Tor erzielt wurde, zu vergleichen, um daraus taktische Rückschlüsse zu ziehen.

### **2.3.3.8 Einfache Varianzanalyse**

Die Varianzanalyse, kurz ANOVA, ist eines der in der Praxis am häufigsten eingesetzten Testverfahren. Je nach der Anzahl der unabhängigen kategorialen Variablen unterscheidet man ein-, zwei- oder mehrfaktorielle eindimensionale Varianzanalysen, wobei jeweils nur eine normalverteilte abhängige Variable untersucht wird (vgl. Bortz, 2005, S. 411ff.).

Bei mehr als einer abhängigen Variablen liegt eine mehrdimensionale oder multivariate Varianzanalyse (MANOVA) vor.

Hirsig (1997, Kap. 6.14) führt aus, dass die unabhängige Variable meist nominalskaliert ist und die abhängige Variable als Anwendungsvoraussetzung Intervallskalenniveau aufweisen muss. In ihrer einfachsten Form stellt die Varianzanalyse eine Alternative zum t-Test dar, falls Mittelwertsunterschiede von mehr als zwei Stichproben bzw. Gruppen aufgedeckt werden sollen (vgl. Bühner & Ziegler, 2009, S. 328). Damit die ANOVA angewendet werden kann, muss laut den Autoren die abhängige Variable in allen Gruppen normalverteilt und eine Varianzhomogenität zwischen den Gruppenvariablen gegeben sein, wobei die Messwerte bzw. Faktorstufen voneinander unabhängig sein müssen. Mithilfe des sogenannten Levene-Tests kann überprüft werden, ob die Varianzen der beiden Gruppen gleich sind. Ist der errechnete Signifikanzwert des Tests unter einem bestimmten Signifikanzniveau (meist 5%), so sind die Unterschiede in den Varianzen signifikant und die  $H_0$  der Varianzhomogenität muss abgelehnt werden (vgl. Janssen & Laatz, 2007, S. 245f.).

Falls die Varianzgleichheit der Gruppen gegeben ist, wird in einem nächsten Schritt für die Berechnung der Prüfgröße F die Varianz zwischen mit der Varianz innerhalb der Gruppen verglichen, um herauszufinden, ob signifikante Unterschiede auftreten (vgl. Rudolf, 2008, S. 283ff.).

Bühner und Ziegler (2009, S. 328) definieren dazu folgende Formel:

$$F = \frac{\hat{\sigma}_{zw}^2}{\hat{\sigma}_{inn}^2} = \frac{\frac{QS_{zw}}{df_{zw}}}{\frac{QS_{inn}}{df_{inn}}}$$

$\hat{\sigma}_{zw}^2$  ... geschätzte Varianz der Grundgesamtheit zwischen den Gruppen

$\hat{\sigma}_{inn}^2$  ... geschätzte Varianz der Grundgesamtheit innerhalb der Gruppen

QS ... Quadratsumme

df ... Anzahl der Freiheitsgrade

Die Varianz innerhalb der Gruppen wird dabei als Mittel der Varianzen einer jeden Gruppe berechnet, wobei der zweite Richtwert die Varianz der Grundgesamtheit mithilfe den Mittelwerten der Stichprobe, dem dazugehörigen Standardfehler, sowie dem Stichprobenumfang schätzt (vgl. Faude et al., 2008, S. 10).

$$QS_{zw} = \sum_{j=1}^k n_j * (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})^2$$

$$df_{zw} = k - 1$$

$$QS_{inn} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$$

$$df_{inn} = \sum_{j=1}^k (n_j - 1) = N - k$$

k ... Anzahl der Gruppen

$\bar{x}_j$  ... Mittelwert der Gruppe j

$n_j$  ... Anzahl der Messwerte der Gruppe j

N ... Gesamtanzahl der Messwerte aller Gruppen

$\bar{\bar{x}}$  ... Gesamtmittelwert der Gruppen

(vgl. Bühner & Ziegler, 2009, S. 330ff.)

Gleiche Schätzwerte innerhalb und zwischen den Gruppen, d.h. Prüfgröße  $F$  ist ungefähr 1, würde bedeuten, dass alle Stichproben aus ein und derselben Menge stammen. Glantz et al. (1997, S. 38) führen aus, dass bei einem großen  $F$ -Wert die Streuung zwischen den Gruppenmittelwerten größer ist als die erwartete Streuung innerhalb der Stichproben, wobei demzufolge die Nullhypothese  $H_0$ , d.h. es besteht kein Unterschied zwischen den getesteten Gruppen, verworfen wird. Genau betrachtet ist das der Fall, wenn der errechnete  $F$ -Wert größer ist als der in einer Fisher Tafel vorgegebene kritische Wert (vgl. Anhang 4) bei gewünschtem Signifikanzniveau. Die Prüfgröße  $F$  ist dabei eine Zufallsvariable mit einer  $F_{k-1, n-k}$ -Verteilung, wobei  $n$  die Anzahl aller Messwerte und  $k$  die Anzahl der Gruppen (Faktorstufen) beschreibt (vgl. Faude et al., 2008, S. 11f.).

Mit der einfachen ANOVA kann z.B. überprüft werden, ob signifikante Unterschiede in der durchschnittlich zurückgelegten Laufleistung mit Ball (gemessen in Kilometer) zwischen den Spielerpositionen existieren bzw. im zweifaktoriellen Fall, wie groß der Unterschied zusätzlich in bestimmten Geschwindigkeitsstufen ist (vgl. Carling, 2010).

Andrzejewski, Chmura, Pluta und Kasprzak (2012) analysieren mithilfe der MANOVA z.B. die durchschnittlichen Laufleistungen von 31 Fußballern auf Unterschiede, wobei sie eine Unterteilung in unterschiedliche Geschwindigkeitsstufen, Spielerpositionen und Halbzeiten vornehmen.

### **2.3.3.9 Varianzanalyse mit Messwiederholung**

Bei einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung werden mehr als zwei abhängige Stichproben (z.B. Versuchspersonen) hinsichtlich ihrer Mittelwerte miteinander verglichen (vgl. Zöfl, 2000, S. 171). Bortz (2005, S. 331) weist darauf hin, dass im Unterschied zum einfachen  $t$ -Test für gepaarte Stichproben mithilfe dieses Tests drei oder mehr Messzeitpunkte (auch Faktorstufen genannt) untersucht werden können.

Es wird betont (vgl. Bühner & Ziegler, 2009, S. 443), dass sich für die Berechnung der Teststatistik die totale Quadratsumme in die Quadratsumme zwischen ( $QS_{zw}$ ) den abhängigen Stichproben und innerhalb ( $QS_{inn}$ ) der Werte der einzelnen Versuchspersonen zerlegen lässt.  $QS_{inn}$  wird weiters in einen Anteil, der Treatmenteffekte enthält ( $QS_{treat}$ ) und in eine Residualquadratsumme ( $QS_{Res}$ ) unterteilt.  $QS_{Res}$  beschreibt dabei die Summe der Abweichungsquadrate der beobachteten Werte von den „erwarteten“ Werten und beinhaltet sowohl Interaktions- (Versuchsperson  $\times$  Treatment) als auch auftretende Fehlereffekte (vgl. Bortz, 2005, S. 323).

Daraus ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$QS_{tot} = QS_{zw} + QS_{inn} = QS_{zw} + QS_{treat} + QS_{Res}$$
$$df_{tot} = df_{zw} + df_{inn} = df_{zw} + df_{treat} + df_{Res}$$

Da mithilfe dieses Tests die Mittelwerte derselben Personen zu verschiedenen Messzeitpunkten auf Unterschiede überprüft werden, ist die Streuung zwischen den Personen nicht weiter von Bedeutung (vgl. Bühner & Ziegler, 2009, S. 448.).

Bortz (2005, S. 333) führt weiter aus, dass hier vor allem die Frage nach den Treatmenteffekten, sprich die systematische Veränderung der Personenmesswerte zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten, entscheidend ist.

Die Quadratsumme des Treatments kann laut Bühner und Ziegler (2009, S. 451) wie folgt berechnet werden:

$$QS_{treat} = n * \sum_{i=1}^p (\bar{A}_i - \bar{G})^2$$

$$df_{treat} = p - 1$$

$$\hat{\sigma}_{treat}^2 = \frac{QS_{treat}}{df_{treat}}$$

$QS_{treat}$  ... Quadratsumme des Treatments

$\bar{A}_i$  ... Mittelwert aller Werte des Messzeitpunkts i

$\bar{G}$  ... Gesamtmittelwert aller Messwerte (Mittelwert von  $\bar{P}_m$  für alle n-Personen)

$\hat{\sigma}_{treat}^2$  ... Varianz des Treatments

$df_{treat}$  ... Freiheitsgrade des Treatments

i ... Index der Messzeitpunkte

p ... Anzahl der Messzeitpunkte (Faktorstufen)

n ... Anzahl der Versuchspersonen

Damit die Prüfstatistik  $F_{emp}$  berechnet werden kann, muss vorweg noch die sogenannte Residualvarianz bestimmt werden. Rasch, Friese, Hofmann und Naumann (2010, S. 50) beschreiben, dass das Auftreten von unaufgeklärter oder Residualvarianz vielen Ursachen unterliegt, die nicht eindeutig erfassbar sind und daher durch die durchschnittliche Varianz innerhalb der Bedingungen geschätzt wird.

Bortz (2005, S. 333) definiert folgende Formel für die Residualquadratsumme:

$$QS_{Res} = \sum_{i=1}^p \sum_{m=1}^n (x_{mi} - \bar{A}_i - \bar{P}_m + \bar{G})^2$$

$$df_{Res} = (n - 1) * (p - 1)$$

$$\hat{\sigma}_{Res}^2 = \frac{QS_{Res}}{df_{Res}}$$

$QS_{Res}$  ... Quadratsumme des Residuums

$\hat{\sigma}_{Res}^2$  ... Varianz des Residuums

$df_{Res}$  ... Freiheitsgrade des Residuums

$x_{mi}$  ... Wert der m-ten Versuchsperson zum i-ten Messzeitpunkt

$\bar{P}_m$  ... Mittelwert aller Messwerte einer Versuchsperson

m ... Index der Versuchspersonen

Um schlussendlich die Signifikanz zu überprüfen, wird der empirische F-Wert durch folgenden Bruch bestimmt (vgl. Bortz, 2005, S. 334):

$$F_{emp} = \frac{\hat{\sigma}_{treat}^2}{\hat{\sigma}_{Res}^2}$$

Die Nullhypothese wird dabei abgelehnt, falls der empirische F-Wert größer ist als der kritische F-Wert (vgl. Anhang 4) bei entsprechendem Signifikanzniveau und errechneter Anzahl an Freiheitsgraden für Zähler und Nenner.

Wie bei der Varianzanalyse ohne Messwiederholung müssen auch bei diesem Testverfahren die Stichproben normalverteilt und Varianzhomogenität über die Stichproben hinweg gegeben sein. Eine weitere Voraussetzung für die Durchführung dieses Tests ist die sogenannte Sphärizität bzw. Zirkularität, welche mit dem sogenannten Mauchly-Test überprüft werden kann. Eine genaue Definition und die Vorgehensweise des Testens der Zirkularität findet man bei Rasch, Friese, Hofmann und Naumann (2008, S. 109ff.).

In der Sportspielanalyse kann mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung z.B. das Bewegungsprofil männlicher Profifußballer in mehreren Zeitabschnitten während eines Spiels analysiert werden. Dabei können, wie bei Mohr, Krstrup und Bangsbo (2003), z.B. zurückgelegte Kilometerdistanzen in unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen und Zeitperioden (5-, 15- oder 45min - Intervalle) gemessen werden.

### **2.3.3.10 Post-Hoc-Tests**

Wie bereits in den vorigen Kapiteln erwähnt, kann mit der einfaktoriellen ANOVA oder dem Kruskal Wallis Test nur festgestellt werden, ob es signifikante Unterschiede zwischen mehreren unabhängigen Gruppen gibt, jedoch nicht, welche Gruppen genau voneinander abweichen. Die Post-Hoc-Tests geben entweder mit Teilgruppenvergleichen oder mithilfe paarweiser Vergleiche der Variablenmittelwerte Auskunft darüber, welche Mittelwerte genau sich signifikant voneinander unterscheiden und welche nicht (vgl. Rasch et al., 2008, S. 45). Bühner und Ziegler (2009, S. 550) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass bei mehrfacher Testung eine sogenannte  $\alpha$ -Fehler-Inflation auftreten kann. Dies bedeutet, dass umso größer die Anzahl der Testdurchführungen ist, desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit einen Fehler 1. Art zu begehen. Um dieses Problem zu beheben, kann die sogenannte Bonferroni-Korrektur durchgeführt werden. Dabei wird der Wert des  $\alpha$ -Fehlers durch die Anzahl der durchgeführten Tests dividiert, was einem einzelnen Test erschwert, signifikant zu sein (vgl. Bühner & Ziegler, 2009, S. 551).

Zu den wichtigsten Post-Hoc-Tests zählen unter anderem der Tukey-, Scheffe-, Dunett's T3 und der Duncan-Test. Genauere Erklärungen und Durchführungsanleitungen zu diesen Post-Hoc-Verfahren sind einer weiterführenden Literatur zu entnehmen, z.B. bei Diehl und Kohr (1977, S 74ff.) oder bei Zöfel (2003, S. 212ff.).

### **2.3.3.11 Diskriminanzanalyse**

Laut Bortz (2005, S. 605) kann mit der Diskriminanzanalyse herausgefunden werden, welche Bedeutung die untersuchten abhängigen Variablen für die Unterscheidung von zwei oder mehreren Stichproben bzw. Gruppen haben. Das heißt, sie ist ein multivariates Verfahren zur Analyse von Gruppenunterschieden, wobei die abhängige Variable (meist verschiedene Gruppen) nominalskaliert und die Merkmalsvariablen metrisch skaliert sein müssen (vgl. Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2006, S. 470ff.). Bortz (2005, S. 610) führt als weitere Anwendungsvoraussetzung für dieses strukturprüfende Verfahren aus, dass für die Überprüfung der statistischen Bedeutsamkeit der sogenannten Diskriminanzfaktoren die Variablen in der Grundgesamtheit multivariat normalverteilt und die Kovarianzmatrizen in allen Gruppen gleich sein müssen. Für eine mathematische und tiefere Auseinandersetzung mit diesem Thema wird Bortz (2005, S. 612ff.) empfohlen.

In der Sportspielanalyse kann die Diskriminanzanalyse dazu verwendet werden, um z.B. jene Variablen herauszufinden, welche Heim- und Auswärtsmannschaften am signifikantesten voneinander unterscheiden (vgl. Lago-Penas & Lago-Ballesteros, 2011a).

### **3 Wissenschaftliche Untersuchungen im Bereich der Sportspielanalyse im Fußball**

Die systematische Sportspielanalyse stellt einen in der Literatur weit verbreiteten und viel diskutierten Themenbereich dar. Wissenschaftler/innen sind sich einig, dass jene Form der quantitativen Spielbeobachtung einer ständigen Weiterentwicklung unterliegt und stets neue Untersuchungsmethoden entwickelt, sowie Inhaltsschwerpunkte analysiert werden. In den verschiedensten Fachzeitschriften werden eine Vielzahl von Spielanalysen vorgestellt, wobei sich diese nicht nur auf die unterschiedlichsten Mannschaftsspiele, sondern auch auf Individualsportarten beziehen. Viele Artikel sollen dabei Ansatzpunkte für ein zielorientiertes Training (Trainingssteuerung) geben.

Für die vorliegende Arbeit wurden nur jene Fachartikel untersucht, welche ausschließlich das Sportspiel Fußball behandeln und welche gezielt auf eine Analyse spielbezogener Parameter im Wettkampf eingehen. Dazu gehören jene Studien, welche sich auf die technisch-taktischen Fähigkeiten bzw. Bewegungsprofile einzelner Spieler/innen oder ganzer Teams konzentrieren, aber auch Untersuchungen, die sonstige Einflussfaktoren, wie z.B. eine Spielstandänderung, den Alterseffekt, den Austragungsort oder psychische Faktoren beim Elfmeterschießen, analysieren. Andere fußballspezifische Artikel, die sich mit anatomisch-physiologischen Merkmalen wie z.B. der Schnell- bzw. Sprungkraft oder der Ausdauerfähigkeit, ausgedrückt durch die Herzfrequenz oder Blutlaktatwerte, eines/r Sportlers/in beschäftigen, wurden für diese Diplomarbeit bzw. in der unten angeführten Statistik nicht berücksichtigt. Als Kriterium für die Wahl der verwendeten Zeitschriften wurden nur die relevantesten ISI-gerankten Journals im Bereich der Sportspielanalyse ausgewählt. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Zeitschrift „International Journal of Performance Analysis“ erst ab dem Jahr 2012 als ISI-gerankt gilt, trotzdem wurden auch ältere Artikel dieses Journals in dieser Arbeit analysiert bzw. bearbeitet.

Abbildung 6 zeigt dazu die ungefähre prozentuelle Häufigkeitsverteilung der ausgewählten fußballspezifischen Fachartikeln zum Thema Sportspielanalyse aus den verwendeten ISI-gerankten Journals ab dem Erscheinungsjahr 2000.

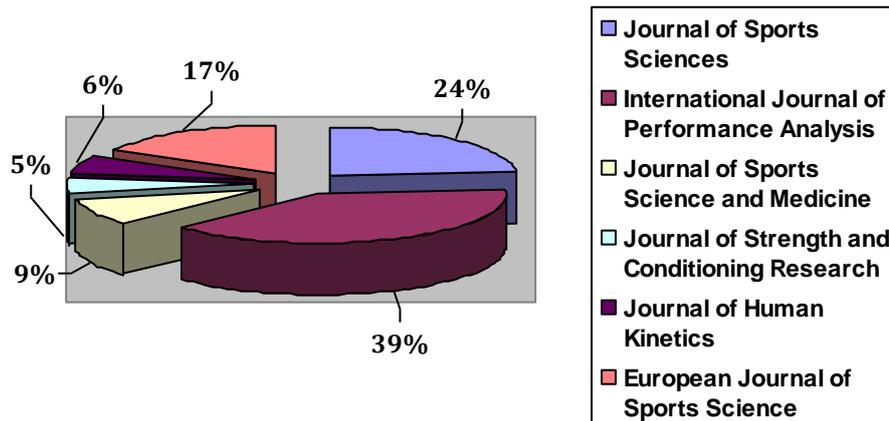


Abb. 6: Häufigkeitsverteilung bestimmter fußballspezifischer Fachartikel zur Sportspielanalyse aus ausgewählten ISI-gerankten Zeitschriften ab dem Erscheinungsjahr 2000

### 3.1 Übersicht der zentralen Fragestellungen

Bevor auf den Inhalt bzw. die angewendeten statistischen Grundlagen bestimmter Untersuchungen detailliert eingegangen wird, wurden aus insgesamt 39 Artikeln der ausgewählten Fachzeitschriften folgende zentrale Fragestellungen/Hauptkategorien (HKs) extrahiert und Unterkategorien (UKs) formuliert. Die Tabellen unter den Hauptkategorien geben Auskunft darüber, welche Fragestellung der jeweiligen Hauptkategorie in welcher Zeitschrift bzw. in welchem Artikel (durch „Nummernvergleich“) behandelt wird, wobei jene Zahl in der Spalte „Nummer“ jener Nummer, der im Anhang angeführten Gesamtübersicht (vgl. Anhang 5) der untersuchten Artikel bei der entsprechenden Zeitschrift, entspricht. Das der Tabelle folgende Diagramm beschreibt die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Unterkategorien und hebt somit deren Wichtigkeit hervor.

#### Hauptkategorie 1 – Erfolg im Fußball:

- **Welche technischen und taktischen Fähigkeiten zeichnen erfolgreiches Spiel im Fußball aus? (HK 1)**
  - ❖ Gibt es signifikante Unterschiede zwischen Topvereinen und schwächeren Teams? (UK 1)
  - ❖ Welche vorangehende Aktion führt am ehesten zum Torerfolg? (UK 2)
    - a) Gibt es signifikante Unterschiede bezüglich jener Aktion, die zu einem Tor führt, hinsichtlich der Spielerpositionen?

- b) „Direktspiel“ vs. „Ballbesitzspiel“ – was ist effektiver?
- c) Welche taktische Spielweise ermöglicht ein wiederholtes Eindringen in den gegnerischen Sechszehner?
- ❖ Ist der Ballbesitz ein Indikator für den Erfolg einer Mannschaft? (UK 3)
  - i) Welche physischen und psychischen Faktoren sind die Hauptgründe für einen Ballverlust?
  - ii) Welchen Einfluss hat die Qualität des Gegners auf das Passverhalten und somit auch auf den Ballbesitz einer Mannschaft?
- ❖ Welches Passverhalten (kurz/lang, direkt/indirekt, usw.) führt am ehesten zu einem Torerfolg? (UK 4)
- ❖ Hat ein aggressives Zweikampfverhalten positive Auswirkungen auf den Spielausgang? (UK 5)
- ❖ Wie sehr beeinflusst die Anzahl der Gegenspieler, die auf den Ballführenden Druck ausüben, dessen Spielverhalten? (UK 6)

Tabelle 8 gibt dazu eine Übersicht, in welchen Fachzeitschriften die oben angeführten Haupt- bzw. Unterkategorien zu finden sind.

**Tab. 8: Literaturverweis der Hauptkategorie 1 – Erfolg im Fußball**

Kategorie	Zeitschrift	Nummer
HK 1	International Journal of Performance Analysis	3
	Journal of Human Kinetics	1, 2
UK 1	International Journal of Performance Analysis	2
	Journal of Sports Science and Medicine	2
UK 2	International Journal of Performance Analysis	16
	Journal of Sports Sciences	5 (b), 6 (c), 9 (a)
UK 3	International Journal of Performance Analysis	6 (i), 19
	Journal of Human Kinetics	4 (ii)
UK 4	Journal of Sports Sciences	13
UK 5	International Journal of Performance Analysis	14
UK 6	International Journal of Performance Analysis	1

Aus Abbildung 7 ist zu entnehmen, wie oft einzelne Fragestellungen in der untersuchten Fachliteratur behandelt werden.

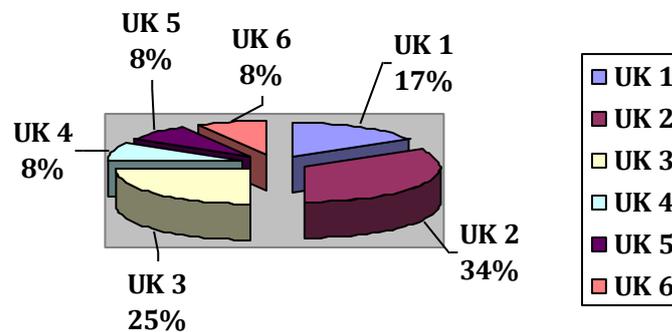


Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 1 – Erfolg im Fußball

### Hauptkategorie 2 - Bewegungsprofile:

- **Wie können Bewegungs- bzw. Sprintprofile im Fußball erstellt werden? (HK 2)**
  - ❖ Welche Unterschiede gibt es im Bewegungsprofil männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen? (UK 7)
    - I. Gibt es Unterschiede in der Laufleistung zwischen den beiden Halbzeiten?
    - II. Wie sieht das Bewegungsprofil eines ballführenden Fußballers aus?
  - ❖ Wie unterscheiden sich die Sprintprofile männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen? (UK 8)
  - ❖ Wie unterscheiden sich die Sprintprofile weiblicher Fußballerinnen hinsichtlich der Spielerpositionen und den beiden Halbzeiten? (UK 9)

Tabelle 9 gibt Auskunft darüber, welche Zeitschriften sich mit der Erstellung von Bewegungs- und Sprintprofilen im Fußball befassen. Durch den Nummernvergleich mit dem Gesamtüberblick aller untersuchten Fachartikel (vgl. Anhang 5) kann einer bestimmten Fragestellung in diesem Themenbereich sehr schnell und einfach die passende Studie zugeordnet, sowie mögliche zu analysierende Parameter bzw. adäquate statistische Methoden nachgeschlagen werden.

Tab. 9: Literaturverweis der Hauptkategorie 2 – Bewegungsprofile

Kategorie	Zeitschrift	Nummer
HK 2	International Journal of Performance Analysis	8
UK 7	International Journal of Performance Analysis	11 (I), 13
	Journal of Sports Sciences	8 (II), 10, 11
	Journal of Strength and Conditioning Research	1 (I)
UK 8	International Journal of Performance Analysis	18
	Journal of Sports Sciences	3, 7
UK 9	Journal of Sports Sciences	4

Abbildung 8 soll dabei die Wichtigkeit einzelner Unterkategorien dieser Hauptkategorie – Bewegungsprofile – hervorheben.

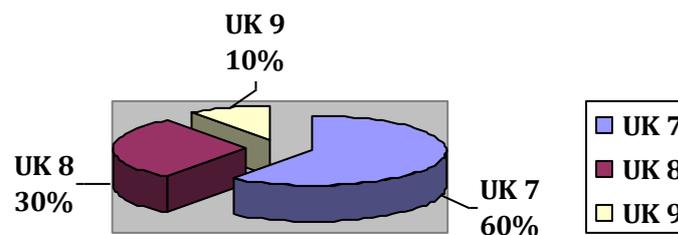


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 2 – Bewegungsprofile

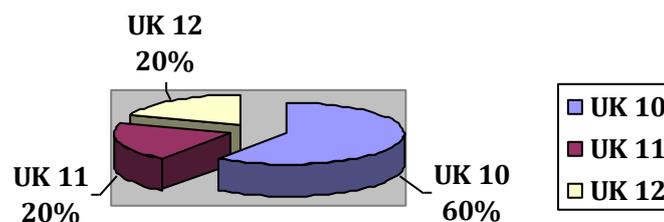
### Hauptkategorie 3 - Spielstand:

- **Welchen Einfluss hat der Spielstand bzw. eine Spielstandänderung auf die technischen und taktischen Handlungen eines Fußballers? (HK 3)**
  - ❖ Welche Auswirkungen hat eine Spielstandänderung auf das Passverhalten und somit auch auf den Ballbesitz einer Mannschaft? (UK 10)
  - ❖ Gibt es Unterschiede hinsichtlich der zurückgelegten Sprintdistanz vor bzw. nach einem Torerfolg bezogen auf die Spielerposition? (UK 11)
  - ❖ Welche Effekte hat der Spielstand auf die Anzahl, Dauer und Art von Spielunterbrechungen? (UK 12)

Folgende Zeitschriften bzw. Artikel aus Tabelle 10 beschäftigen sich mit der Frage, inwieweit der Spielstand bzw. eine Spielstandänderung Einfluss auf die technischen und taktischen Handlungen eines Fußballers hat. In der entsprechenden Fachliteratur sind vor allem deren Auswirkungen auf das Passverhalten und somit auf den Ballbesitz einer Mannschaft interessant (vgl. Abb. 9).

**Tab. 10: Literaturverweis der Hauptkategorie 3 – Spielstand**

Kategorie	Zeitschrift	Nummer
UK 10	International Journal of Performance Analysis	5, 15
	Journal of Human Kinetics	4
UK 11	International Journal of Performance Analysis	9
UK 12	International Journal of Performance Analysis	10



**Abb. 9: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 3 – Spielstand**

#### Hauptkategorie 4 - Alterseffekt:

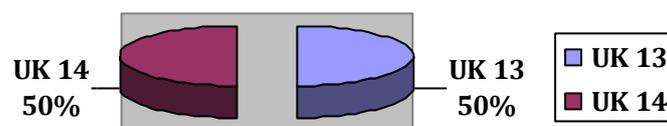
- **Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Spieleralter und dem Erfolg im Fußball? (HK 4)**
  - ❖ Gibt es Unterschiede im Alterseffekt von Fußballern hinsichtlich deren individueller Leistungsfähigkeit? (UK 13)
  - ❖ Gibt das Durchschnittsalter der Spieler einer Mannschaft Aufschluss auf deren Teamqualität? (UK 14)

Aus Tabelle 11 sind jene Fachartikel zu entnehmen, die konkret den Zusammenhang zwischen dem Spieleralter in Jahren und dem Erfolg im Fußball, gemessen am Tabellenplatz am Ende der Saison, behandeln.

**Tab. 11: Literaturverweis der Hauptkategorie 4 – Alterseffekt**

Kategorie	Zeitschrift	Nummer
HK 4	Journal of Sports Sciences	1
UK 13	Journal of Sports Sciences	2
UK 14	International Journal of Performance Analysis	4

Abbildung 10 gibt dazu die entsprechende Häufigkeitsverteilung der behandelten Unterkategorien an.



**Abb. 10: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 4 – Alterseffekt**

**Hauptkategorie 5 - Austragungsort:**

- **Hat der Austragungsort, Heim- oder Auswärtsspiel, Auswirkungen auf die technische und taktische Spielweise im Fußball? (HK 5)**
  - ❖ Gibt es Unterschiede hinsichtlich der Positionen? (UK 15)
  - ❖ Gibt es Unterschiede zwischen stärkeren und schwächeren Mannschaften? (UK 16)
  - ❖ Wie wirkt sich der Spielort auf das Passverhalten und somit auf den Ballbesitz einer Mannschaft aus? (UK 17)

Tabelle 12 verweist auf jene Zeitschriften, welche speziell den Einfluss des Austragungsortes auf die technische und taktische Spielweise (wie z.B. auf die Anzahl der Torschüsse, Dribblings, Balleroberungen oder den Ballbesitz) von Teams im Fußball analysieren.

**Tab. 12: Literaturverweis der Hauptkategorie 5 – Austragungsort**

Kategorie	Zeitschrift	Nummer
UK 15	International Journal of Performance Analysis	17
UK 16	Journal of Sports Science and Medicine	1
UK 17	Journal of Human Kinetics	4

Abbildung 11 zeigt, dass die einzelnen hier auftretenden Fragestellungen bzw. Unterkategorien ungefähr gleich oft in entsprechender Literatur behandelt werden.

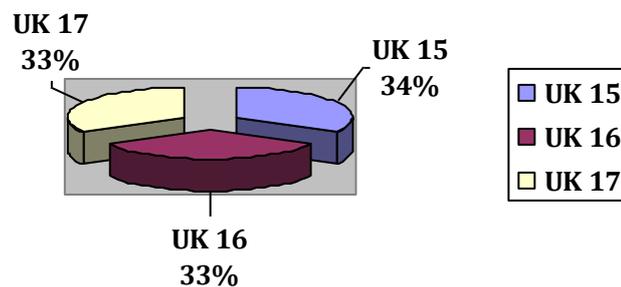


Abb. 11: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 5 – Austragungsort

### Hauptkategorie 6 - Elfmeterschießen:

- **Elfmeterschießen: Glücks- oder Kopfsache? (HK 6)**
  - ❖ Welche Rolle spielen physische und psychische Faktoren beim Elfmeterschießen? (UK 18)
  - ❖ In welchem Ausmaß beeinflussen bestimmte Gedanken- und Bewegungsmuster des Schützen bzw. des Tormanns den Ausgang eines Elfmeters? (UK 19)

Jene Fachartikel, die in Tabelle 13 angeführt sind, befassen sich grundsätzlich mit dem Elfmeterschießen im Fußball. Jene Frage nach den physischen und psychischen Einflussfaktoren des Schützen bzw. eventuelle Gedankenmuster des Tormanns sind hier von zentraler Bedeutung (vgl. Abb. 12).

Tab. 13: Literaturverweis der Hauptkategorie 6 – Elfmeterschießen

Kategorie	Zeitschrift	Nummer
UK 18	Journal of Sports Sciences	12
UK 19	International Journal of Performance Analysis	12

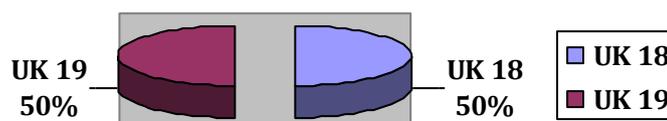


Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 6 – Elfmeterschießen

## Hauptkategorie 7 – Sonstige Faktoren:

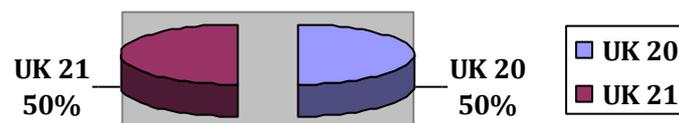
- **Welchen Einfluss haben kognitive Prozesse bzw. externe Faktoren auf den Erfolg im Fußball? (HK 7)**
  - ❖ Gibt es Unterschiede in der Strukturerkennung und Wissensdarstellung von Spielmustern zwischen erwachsenen und jungen Fußballern? (UK 20)
  - ❖ Welche Auswirkungen hat ein saisonaler Trainerwechsel auf den Erfolg im Fußball? (UK 21)

Tabelle 14 gibt einen Überblick über jene Fachzeitschriften, die sich speziell mit kognitiven Prozessen bzw. externen Einflussfaktoren, wie z.B. einem saisonalen Trainerwechsel befassen.

**Tab. 14: Literaturverweis der Hauptkategorie 7 – Sonstige Faktoren**

Kategorie	Zeitschrift	Nummer
UK 20	International Journal of Performance Analysis	7
UK 21	Journal of Human Kinetics	3

Aus Abbildung 13 ist die Häufigkeit des Auftretens einzelner Fragestellungen aus diesem Themenbereich zu entnehmen.

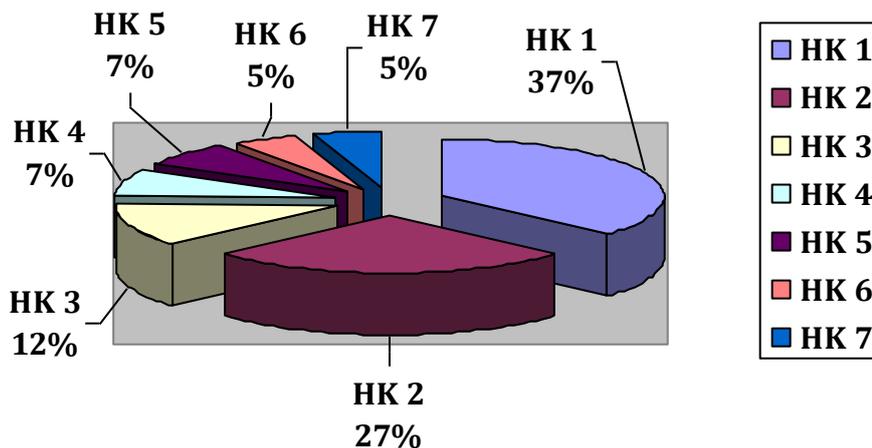


**Abb. 13: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 7 – Sonstige Faktoren**

### **3.2 Analyse der zentralen Fragestellungen**

Jene Frage nach den technischen und taktischen Fähigkeiten, welche ein erfolgreiches Spiel im Fußball auszeichnen, nimmt in der Literatur einen sehr hohen Stellenwert ein. In den folgenden Unterkapiteln wird daher einerseits auf solche und ähnliche Fragestellungen eingegangen und andererseits diverse Ansätze aus der Literatur genannt, wie Bewegungs- bzw. Sprintprofile im Fußball erstellt und statistisch ausgewertet werden können.

Die hohe Anzahl an wissenschaftlichen Untersuchungen zu den ersten beiden Hauptkategorien (vgl. Abb. 14) verdeutlicht, wie wichtig die Analyse technischer und taktischer, sowie konditioneller Fähigkeiten männlicher und weiblicher Sportler/innen im Fußball ist und welche unterschiedlichen Forschungsansätze es in der Literatur gibt, verschiedenste Leistungsparameter auf signifikante Zusammenhänge bzw. Unterschiede zu prüfen.



**Abb. 14: Häufigkeitsverteilung der untersuchten Fachartikel (n=39) hinsichtlich der Hauptkategorien**

Daher soll im Folgenden für die ersten beiden Hauptkategorien untersucht werden, ob die, in den Artikeln, verwendeten Testverfahren für die jeweiligen Fragstellungen als adäquat angesehen werden können bzw. Alternativmöglichkeiten bei Verletzung der Anwendungsvoraussetzungen vorgestellt werden. Solche und weitere Problembereiche, wie z.B. der einer unzureichend großen Stichprobe, sollen des Weiteren kritisch betrachtet werden.

### 3.2.1 Hauptkategorie 1 – Erfolg im Fußball

Im Fußball dreht sich letztendlich alles um den Erfolg einer Mannschaft. Spieler/innen werden bei Siegen gefeiert, Trainer/innen verlieren ihren Job, falls zu viele Spiele in Folge verloren gehen. Die Anzahl der erreichten Titel bzw. der gewonnenen Spiele geben Aufschluss darüber, ob ein Team erfolgreich ist oder nicht. Es ist klar, dass der Erfolg bzw. Misserfolg einer Mannschaft von vielen Faktoren abhängig ist. Einige davon können durch intensives Training gesteigert werden, andere sind von dem/r Sportler/in selbst nicht beeinflussbar.

Castellano, Casamichana und Lafo (2012) haben insgesamt 176 Fußballspiele aus drei verschiedenen Weltmeisterschaften (2002, 2006 und 2010) untersucht, mit dem Ziel jene Leistungsparameter zu finden, welche für einen Sieg oder eine Niederlage ausschlaggebend sind. Mithilfe einer einfachen Varianzanalyse testeten die Autoren eine Reihe von Offensiv- und Defensivvariablen (Tab. 15) zwischen Sieger- und Verliererteams bzw. bei Spielen, welche im Gleichstand endeten, auf Unterschiede, wobei die Varianzhomogenität der Gruppen durch einen Levene-Test überprüft wurde. Durch den Einsatz einer Diskriminanzanalyse wurde festgestellt, welche Leistungsvariablen die drei Gruppen (Team bei einem Sieg, Unentschieden oder Niederlage) am besten voneinander unterscheiden, wie auch Lago-Penas, Lago-Ballesteros und Rey (2011b) in ihrer Untersuchung von 288 Vorrundenspielen aus mehreren Champions League Saisonen ausführen.

**Tab. 15: Einteilung der untersuchten Leistungsvariablen, um Unterschiede zwischen Sieger- und Verliererteams aufzudecken, getrennt nach zwei unterschiedlichen Autoren (*Kursiv* markierte Parameter werden nicht von beiden Autoren berücksichtigt!)**

	<b>Torschussvariablen</b>	<b>Offensivvariablen</b>	<b>Defensivvariablen</b>	<b>Kontextvariablen</b>
<b>Lago-Penas et al. (2011b)</b>	totale Schüsse, Torschüsse, Effektivität der Schüsse (=Torschüsse*100 / totale Schüsse)	<i>totale Pässe, angekommene Pässe (%)</i> , <i>Flanken</i> , begangene Abseits, erhaltene Fouls, Eckstöße, Ballbesitz	gegnerische Abseits, gegn. Flanken, begangene Fouls, gegn. Eckstöße, gelbe Karten, rote Karten	<i>Austragungsort, Qualität des Gegners</i> ( = Tabellenplatz des 1.Teams minus TP. des 2.Teams)
<b>Castellano et al. (2012)</b>		<i>erzielte Tore</i> , totale Schüsse, Torschüsse, verfehlt Torschüsse, Ballbesitz, begangene Abseits, erhaltene Fouls, Eckstöße,	totale Schüsse des Gegners, gegn. Torschüsse, gegn. verfehlt Torschüsse, gegn. Abseits, begangene Fouls, gegn. Eckstöße, gelbe Karten, rote Karten	

Aus Tabelle 15 lässt sich herauslesen, dass Castellano et al. (2012) im Gegensatz zu Lago-Penas et al. (2011b) in ihrer Studie auf die Analyse der Parameter *totale Pässe, angekommene Pässe, Flanken, Austragungsort und Qualität des Gegners* verzichten.

Da jedoch jene Studie aus dem Jahre 2011 auf signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen unterer anderen in genau diesen Variablen hinweist, stellt sich die Frage, ob Castellano et al. (2012) in ihrer Untersuchung von einer unzureichenden Auswahl adäquater Parameter ausgehen. Des Weiteren betonen Lago-Penas et al. (2011b, S. 143) ausdrücklich in ihrer Studie, dass mit dem univariaten Prüfungsansatz mittels einfacher Varianzanalyse acht Variablen einen signifikanten Unterschied zwischen den drei untersuchten Gruppen aufweisen, wobei die Anzahl der Variablen bei einem multivariaten Mittelwertvergleich (Diskriminanzanalyse) auf fünf verringert werden konnte. Ähnliche Auswirkungen sind bei der Sportspielanalyse von Castellano et al. (2012, S. 144) erkennbar.

Zusammenfassend heben diese Erkenntnisse hervor, dass das Ergebnis einer Studie von der Zusammensetzung der Parameter und von der Auswahl des verwendeten statistischen Testverfahrens stark abhängig und beeinflussbar ist.

Bortz (2005, S. 586) führt dazu aus, dass die univariate Analyse nur unter folgenden Randbedingungen zu rechtfertigen ist:

- „Die abhängigen Variablen sind zumindest theoretisch als wechselseitig unabhängig vorstellbar.“
- Die Untersuchung dient der Feststellung der wechselseitigen Beziehungen der abhängigen Variablen untereinander und ihrer Bedeutung von Gruppenunterschiede und nicht der Überprüfung von Hypothesen.
- Man beabsichtigt, einen Vergleich der Ergebnisse einer Untersuchung mit bereits durchgeführten univariaten Analysen anzustellen.

Im Gegensatz dazu ist laut Bortz (2005, S. 586) ein multivariater Mittelwertsvergleich genau dann durchzuführen, wenn

- eine Teilmenge von Variablen analysiert werden soll, welche die Stichproben am besten voneinander unterscheiden (wie in den beiden Artikeln von Castellano et al, 2012 und Lago-Penas, 2011b),
- „...die relative Bedeutung der Variablen für die Unterscheidung der Stichproben ermittelt werden soll“ und
- ein gemeinsames Konstrukt zu bestimmen ist, dem die trennenden Variablen zu Grunde liegen.

Die Autoren weisen in ihren Artikeln außerdem darauf hin, dass vor allem auch der Type des Wettkampfes (WM, Champions League, Meisterschaft, usw.) einen starken Einfluss auf die Ergebnisse dieser Studie hat, da je nach Veranstaltung die Gegner ungleichmäßig gut sind und daher die Wahl der Stichprobe (Spiele) für aussagekräftige Studienergebnisse entscheidend sein kann.

Im Gegensatz zu den oben genannten Autoren schlugen Wright, Atkins, Polman, Jones und Sargeson (2011) in ihrem Artikel einen anderen Weg ein, um den Erfolg einer Mannschaft im Fußball bestmöglich beschreiben und charakterisieren zu können. Sie legten ihren Fokus nicht auf den Vergleich bestimmter Variablen zwischen Sieger- und Verliererteams, sondern auf die Analyse der einer Tormöglichkeit vorangehenden Aktionen, sowie jenen Einflussfaktoren, die es ermöglichen, ein Tor zu erzielen bzw. eine Torchance zu kreieren.

So wurde unter anderem die *Position des Spielers bzw. des Tormanns beim Torschuss, des Assistgebers* oder auch *die einleitende Aktion*, ob per Kopfball, Lochpass, Standardsituation, usw., die zu einer Torchance führte, analysiert.

Weitere verwendete Parameter, wie z.B. die *Anzahl der benötigten Pässe bis zu einem Torschuss* sind in Wright et al. (2011, S. 440) nachzulesen. Mittels logistischer Regressionsanalyse (vgl. Kapitel 2.3.2) wurde überprüft, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der abhängigen dichotomen Variable *Torerfolg* (Tor oder kein Tor) und den anderen Einflussfaktoren existiert. Da auch hier die abhängige Variable (*Torerfolg*) nominalskaliert ist, könnte in diesem Zusammenhang, wie in den beiden anderen Studien, bei multivariater Normalverteilung der Variablen in der Population und Homogenität der Kovarianzmatrizen auch auf die Diskriminanzanalyse zurückgegriffen werden (vgl. Backhaus et al., 2006, S. 470ff.). Laut Hopkins (1997) sollte die logistische Regressionsanalyse nur dann angewendet werden, wenn die abhängige Variable ordinalskaliert ist.

Tenga und Sigmundstad (2011) beschäftigen sich in ihrem Artikel im Speziellen mit der Frage, ob es signifikante Unterschiede zwischen *Topteams, durchschnittlichen und schwächeren Teams* (Einteilung, je nach Tabellenplatz am Ende der Saison) in der norwegischen Profiligen hinsichtlich der *Anzahl der geschossenen Tore aus dem Spiel heraus* während den Saisonen 2008, 2009 und 2010 gibt. Tabelle 16 gibt dazu einen Überblick der deskriptiven Ergebnisse der untersuchten Parameter und deren Ausprägungen für alle drei Gruppen. Für den Vergleich der durchschnittlichen Anzahl der geschossenen Tore aus dem Spiel heraus wurde für jede Variable hinsichtlich der drei verschiedenen Gruppen ein Kruskal-Wallis H-Test angewendet.

Tab. 16: Durchschnittliche Anzahl (Mediane) der geschossenen Tore aus dem Spiel heraus (insgesamt 997 Tore) hinsichtlich bestimmter „Ballbesitzvariablen“ von Topteams, durchschnittlichen und schwachen Teams (Tenga & Sigmondstad, 2011, S. 548)

Variable/ Ausprägungen	Top 3-Teams (n=9)	Durchschnittliche Teams (n=28)	Letzten 3-Teams (n=9)	H-Wert (H-Test)
<b>Ballbesitztype:</b>				
<i>Direktspiel</i>	12.4 ± 3.4 (12.0)	9.8 ± 4.1 (9.0)	5.3 ± 3.8 (7.0)	0.003
<i>Ballbesitzspiel</i>	16.0 ± 6.6 (15.0)	11.8 ± 3.7 (12.0)	9.9 ± 4.6 (11.0)	0.074
<b>Anzahl der Pässe bis zum Torerfolg:</b>				
<i>0 – 4 Pässe</i>	17.9 ± 6.3 (16.0)	14.5 ± 3.6 (14.0)	9.7 ± 3.7 (9.0)	0.003
<i>&gt;= 5 Pässe</i>	10.3 ± 4.5 (10.0)	6.8 ± 2.6 (7.0)	5.4 ± 3.2 (7.0)	0.043
<b>Dauer des Ballbesitzes bis zum Torerfolg:</b>				
<i>0 – 5 sec</i>	1.1 ± 1.1 (1.0)	0.9 ± 0.8 (1.0)	0.9 ± 0.8 (1.0)	0.841
<i>6 – 11 sec</i>	8.0 ± 4.9 (7.0)	5.6 ± 2.6 (5.0)	3.6 ± 2.6 (2.0)	0.005
<i>&gt;= 12 sec</i>	19.2 ± 5.9 (17.0)	15.0 ± 3.8 (15.5)	10.8 ± 3.7 (12.0)	0.002
<b>Startzone des Ballbesitzes, welcher mit einem Torerfolg endet:</b>				
<i>Defensives Drittel</i>	11.1 ± 5.4 (11.0)	8.1 ± 2.5 (7.0)	5.6 ± 2.8 (5.0)	0.043
<i>Mittleres Drittel</i>	14.8 ± 2.9 (14.0)	11.6 ± 2.8 (11.5)	7.7 ± 3.3 (7.0)	< 0.001
<i>Offensives Drittel</i>	2.6 ± 1.7 (2.0)	1.7 ± 1.8 (1.0)	1.9 ± 1.5 (1.0)	0.335

Jene Merkmalsausprägungen, bei denen die H-Werte des Kruskal-Wallis H-Tests unter 0.05 liegen, sind signifikant vom Tabellenplatz und daher von der Qualität der Mannschaft abhängig (vgl. Tab. 16). Um nun herauszufinden, welche dieser Parameter speziell voneinander abweichen, wurden weiters individuelle Variablenpaare zwischen jeweils zwei Gruppen mittels einer Serie von Mann-Whitney U-Tests (vgl. Kapitel 2.3.3.3) mit Bonferroni-Korrektur (vgl. Kapitel 2.3.3.10) miteinander verglichen. Für die Neutralisierung der  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung wurde dabei ein Signifikanzniveau von 0.017 festgelegt.

Auch Lago-Penas, Lago-Ballesteros, Dellal und Gomez (2010a) versuchten jene Leistungsvariablen (ähnliche Variablenauswahl wie Lago-Penas, 2011b, vgl. Tabelle 15), welche „winning“, „drawing“ und „losing“ Teams am besten voneinander unterscheiden, zu identifizieren. Dabei untersuchten sie insgesamt 380 Spiele der spanischen Profiligena in der Saison 2008 - 2009, indem sie zuerst eine deskriptive Analyse (Modus, arithmetischer Mittelwert, Median) der Daten erstellten.

Leser (2007, S. 293) führt in diesem Zusammenhang aus, dass die Erstellung und Darstellung von Wettkampf- und Spielstrukturprofilen bloß mittels deskriptiver Verfahren vor allem bei Vergleichen zweier oder mehrerer Gruppen (wie in diesem Fall Verlierer/Unentschieden/Sieger) als inadäquat anzusehen ist. Seiner Meinung nach kann eine wissenschaftliche abgesicherte Unterscheidung zwischen Merkmalsausprägungen verschiedener Gruppen nur mithilfe inferenzstatistischer Verfahren aufgrund der Berücksichtigung der Streuung der Merkmale gelingen. Daher wurde in Lago-Penas et al. (2010a) einerseits auch ein Kruskal-Wallis H-Test angewendet, um Unterschiede in den verschiedenen Gruppen aufzudecken und andererseits eine multivariate Analyse in Form einer Diskriminanzanalyse durchgeführt.

Bortz (2005, S. 610) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass für die Stabilität der Kennwerte einer Diskriminanzanalyse die Anzahl der zu analysierenden Spiele mindestens 20-mal so groß sein muss, wie die Anzahl der abhängigen Variablen. Da eine Normalverteilung bzw. Varianzhomogenität der Daten in der Studie von Lago-Penas et al. (2010a) nicht gegeben war, konnte für den univariaten Fall nicht auf einen t-Test für unabhängige Stichproben zurückgegriffen werden.

Yiannakos und Armatas (2006) setzten sich in ihrer Studie das Ziel, 32 Spiele von 16 Teams der EM 2004 in Portugal auf Unterschiede hinsichtlich der toreinleitenden Aktionen zu untersuchen. Durch die Analyse bestimmter Parameter (vgl. Tab. 17) wollten sie zum Einen die Effektivität bestimmter Taktikspielweisen bzw. Standards nachweisen und zum Anderen jene Offensivaktionen im Spiel herausfiltern, welche am ehesten zu einem Torerfolg führen.

**Tab. 17: Übersicht der verwendeten Parameter für die Bestimmung der erfolgversprechendsten einleitenden Offensivtechniken bzw. Offensivtaktiken (vgl. Yiannakos & Armatas, 2006)**

Parameter	Ausprägungen
<i>Anzahl der Tore pro Halbzeit</i>	1. Halbzeit, 2. Halbzeit
<i>Offensivtaktik</i>	herausgespielter/organisierter Angriff, Konterangriff, Standard
<i>Offensivaktion</i>	langer Pass, Kombinationsspiel, Einzelaktion, Direktschuss, Eigentor
<i>Standards</i>	Corner, Freistoß, Elfmeter, Einwurf
<i>Position des Spielers, von wo das Tor erzielt wurde</i>	Torraum, Strafraum, außerhalb des Sechzehners

Mithilfe von Häufigkeitstabellen verweisen die Autoren auf die Erfolgswahrscheinlichkeit untersuchter Offensivtechniken bzw. Offensivtaktiken, sowie auf die Anzahl der geschossenen Tore in der jeweiligen Halbzeit und nach bestimmten Standardsituationen, wobei mittels Chi<sup>2</sup>-Testung die Merkmale auf signifikante Unterschiede ( $p < 0.05$ ) überprüft wurden. Aufgrund von fehlenden genauen Variablendefinitionen, z.B. wann gilt ein Angriff als organisiert oder herausgespielt bzw. wo liegen dessen Differenzen zu einem Konterangriff, ist es für weitere Forscher/innen relativ schwierig die Ergebnisse dieser Studie nachvollziehen und nachträglich exakt deuten zu können. Außerdem sollten in dieser Studie die ausgewählte Stichprobengröße von 32 Spielen (vgl. Kapitel 2.1) und die fehlende Angabe der analysierten Tore ebenfalls kritisch betrachtet werden.

Auch Faude, Koch und Meyer (2012) beschäftigen sich in ihrer Studie mit derselben Fragestellung wie Yiannakos und Armatas (2006), wobei sie den Schwerpunkt auf mögliche Unterschiede in der Effektivität ausgewählter Aktionen hinsichtlich der *Positionen* (Verteidiger, Mittelfeld, Angreifer) legten. So wurde unter anderem untersucht, ob Tore am häufigsten nach *geradlinigen* oder *richtungswechselnden Sprints* sowie *Sprüngen des Torschützen* erzielt wurden bzw. mit welcher Aktion des *Assistgebers* ein Tor am häufigsten eingeleitet wurde.

Eine deskriptive Datenanalyse gibt dazu Aufschluss über die relativen und absoluten Häufigkeiten (95%-Konfidenzintervall) ausgewählter Parameter *des Torschützen* und *des Assistgebers mit und ohne Ball bzw. Gegner*. Mittels Chi<sup>2</sup>-Test wurden dabei mögliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Positionen festgestellt. Da die Wahl der technischen bzw. taktischen Aktion vor einem Torerfolg von vielen Faktoren abhängig ist, weisen die Autoren in ihrem Artikel vor allem auf die Notwendigkeit weiterer adäquater fußballspezifischer Merkmale hin, welche in dieser Studie nicht berücksichtigt worden sind. So sollte ihrer Meinung nach in zukünftigen Untersuchungen auch auf die *Position des Torschützen und des Assistgebers*, sowie auf die *Qualität des Gegners* (quantifiziert durch den Tabellenplatz) bzw. die *verstrichene Spielzeit bis zum Zeitpunkt des Torerfolgs* eingegangen werden, um so z.B. auch mögliche Auswirkungen von Ermüdungserscheinungen analysieren zu können.

Ziel der Studie von O' Donoghue et al. (2012) ist es, zu zeigen, welche Auswirkungen die *Anzahl gegnerischer Spieler*, die auf den Ballführenden Druck ausüben, auf dessen Wahl der anschließend ausgeführten *Offensivaktion* hat. Außerdem wollen die Autoren mit diesem Artikel zum Ausdruck bringen, welche Probleme bei dem Einsatz eines, für eine bestimmte Fragestellung, ungeeigneten Testverfahrens (in diesem Fall: Chi<sup>2</sup>-Test) entstehen können.

Tabelle 18 gibt eine Übersicht der untersuchten Parameter und der möglichen Offensivaktionen eines/r Spielers/in nach einer Balleroberung bzw. denkbare Defensivverhaltensweisen des Gegners während dieser Offensivaktion an.

**Tab. 18: Übersicht der möglichen Offensivaktionen nach einer Balleroberung bzw. anschließenden Defensivverhaltens des Gegners (vgl. O' Donoghue et al., 2012, S. 146f.)**

Parameter	exakte Definition des Parameters
<b>Offensivaktion:</b>	
<i>Torschuss</i>	nach Balleroberung, sofort ein Torschuss
<i>Direktpass</i>	ein kurzer Pass zu einem/r Mitspieler/in mit dem ersten Kontakt
<i>kontrolliertes Zuspiel</i>	ein kurzer Pass zu einem/r Mitspieler/in nach mehreren Ballberührungen
<i>Foulspiel</i>	Foul eines/r Gegenspielers/in
<i>Ballverlust</i>	Abfangen eines Passes, Schusses bzw. Ballverlust während eines Dribblings
<i>Zweikampf</i>	verlorener Zweikampf, welcher zu einem Ballbesitzwechsel führt
<i>Fehlpass</i>	direkter Pass zu einem/r Gegenspieler/in
<i>ungenauer Pass</i>	ungenaueres Zuspiel, welches dem Gegner ermöglicht den Ball zu erobern, wobei kein Ballbesitzwechsel stattfindet
<i>Ballannahme</i>	Ballverlust durch schlechte Ballannahme des/r Mitspieler/in nach einem Pass
<i>Befreiungsschlag</i>	weiter Abschlag, um eine gefährliche Aktion des Gegners zu verhindern
<i>gute Einzelaktion</i>	gute Einzelaktion, welche zu einer persönlichen Torchance führt oder einem/r Mitspieler/in zu einer aussichtsreichen Position verhilft
<i>schlechte Einzelaktion</i>	Ballverlust eines/r Spielers/in, welche/r die Absicht hatte auf das Tor zu schießen oder zu einem/r Mitspieler/in zu passen
<i>Flanke</i>	eine kurze oder lange Flanke (hoch oder flach) parallel zur Torlinie
<b>Anzahl der Verteidigungsspieler während der Offensivaktion:</b>	
<i>1 Verteidiger</i>	Verteidigung durch einen Gegenspieler (1 vs. 1)
<i>2 Verteidiger</i>	Verteidigung durch zwei Gegenspieler (2 vs. 1)
<i>kein Verteidiger</i>	Verteidigung durch keinen Gegenspieler

Insgesamt wurden 2198 Spielaktionen aus neun Spielen der EM 2004 und der WM 2010 analysiert, wobei jede Aktion durch die zwei nominalskalierten Variablen *Offensivaktion* und *Anzahl der Verteidigungsspieler*, die auf den Ballführenden Druck ausüben, repräsentiert wurde. Aufgrund des Nominalskalenniveaus der Daten liegt es nahe, hier einen Chi<sup>2</sup>-Test zu verwenden, um zu überprüfen, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Variablen vorliegt oder nicht.

Da jedoch mehr als 20% der erwartenden Häufigkeiten (8 von 39 Zellen) in der entsprechenden Kreuztabelle für zwei oder mehr Verteidigungsspieler einen kleineren Wert als 5 hatten, müsste in diesem Fall aufgrund der Nichterfüllung der Anwendungsvoraussetzungen auf den exakten Test von Fischer (vgl. Kapitel 2.3.3.1) zurückgegriffen werden.

Die Autoren einigten sich in ihrer Studie jedoch darauf, jene Aktionen mit einem, zwei oder mehreren Verteidigungsspielern zu einer Variablenausprägung zusammenzuführen, um so den Einsatz eines (13 \* 2) - Felder Chi<sup>2</sup>-Tests gewährleisten zu können. Eine Serie von Post-Hoc-Chi<sup>2</sup>-Tests (einer je Offensivaktion) wurde eingesetzt, um bei signifikantem Zusammenhang der Parameter jene Offensivaktionen aufzudecken, welche von der Anzahl der Gegenspieler abhängig sind. Mithilfe folgender Formel definieren O' Donoghue et al. (2012) für die Signifikanzüberprüfung der Post-Hoc Chi<sup>2</sup> - Tests bei einem Freiheitsgrad als kritischen  $\alpha$  - Wert 0.0007, wobei L die Anzahl der auszuführenden Tests (L = 13) beschreibt.

$$\alpha = 1 - e^{\ln(0.95)/L}$$

Eine zweite Analyse in diesem Artikel von O' Donoghue et al. (2012) bezieht sich nicht wie vorhin auf die Häufigkeit des Auftretens individueller Offensivaktionen bezogen auf deren Gesamtanzahl (insgesamt 2198 Aktionen), sondern nimmt vielmehr die relative Gesamtanzahl bestimmter Offensivaktionen in den neun Spielen als Bezugspunkt. Die Häufigkeit des Auftretens jeder Offensivaktion wird dabei als eine verhältnisskalierte Variable angesehen, welche folglich je nach Anzahl der Verteidigungsspieler miteinander verglichen wurde. Mittels einer Reihe von Shapiro-Wilk Tests (vgl. Kapitel 2.3.1) wurde ermittelt, dass 17 der 39 Parameterkombinationen nicht normalverteilt sind. Daher wurden für den Vergleich zwischen den drei möglichen Varianten des Defensivverhaltens des Gegners parameterfreie, sogenannte Friedman-Tests (vgl. Kapitel 2.3.3.7) durchgeführt. Die Autoren verweisen in diesem Zusammenhang auch auf die Anwendung eines Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtests ( $p < 0.0003$ , da L = 39) pro Offensivaktion bei signifikanten Ergebnissen des Friedman-Tests ( $p < 0.0007$ ), um festzustellen, welche der drei Defensivtaktiken sich genau voneinander unterscheiden.

Die Ergebnisse dieser Studie von O' Donoghue et al. (2012) zeigen, dass bei der Analyse der individuellen Spielaktionen und der damit verbundenen Durchführung von Post-Hoc-Chi<sup>2</sup>-Tests sechs Offensivaktionen signifikante Unterschiede hinsichtlich der beiden Varianten des Defensivverhaltens (0 bzw. 1 oder mehr Verteidigungsspieler/innen) aufweisen.

Im Gegensatz dazu, lieferte der Friedman-Test bei der zweiten Analyse dieser Studie kein einziges signifikantes Ergebnis. Als möglichen Grund dafür nennen die Autoren, dass der Chi<sup>2</sup>-Test in keinem Fall berücksichtigt, dass die untersuchten Aktionen aus neun Spielen entstammen und daher als vollkommen unabhängig voneinander betrachtet werden.

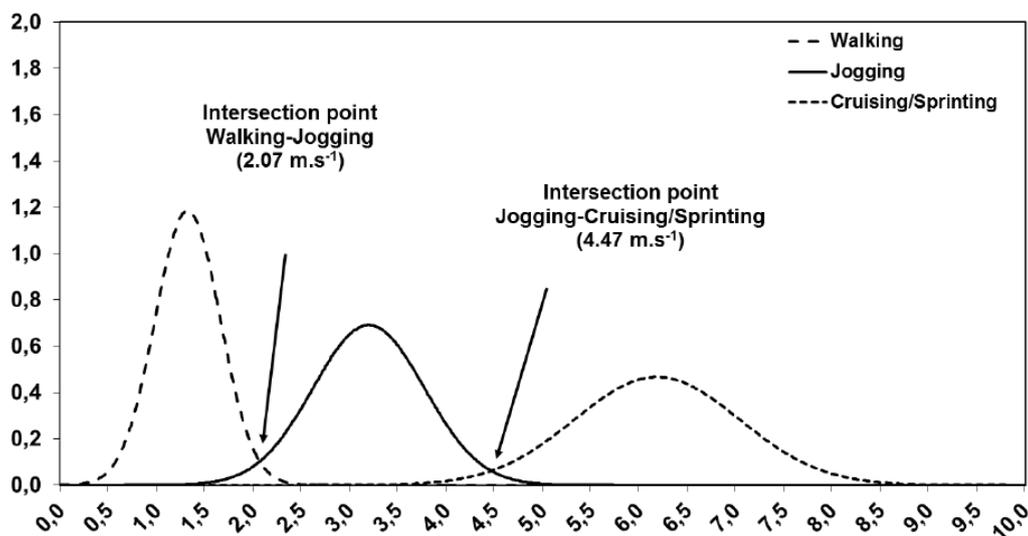
Weiters behaupten sie, dass es dem strengen Signifikanzniveau von 0.0007 (L=13) zuzuschreiben ist, dass bei der Analyse mittels Friedman-Test keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Offensivaktionen und der Anzahl der Verteidigungsspieler gefunden werden konnten. Ein weiterer Diskussionspunkt dieser Studie ist auch, dass alle vorhandenen Daten von nur einer Mannschaft abgeleitet wurden und es daher unmöglich ist, Generalisierungen aufzustellen.

Zusammenfassend wollen O' Donoghue et al. (2012) mit ihrer Studie andeuten, dass es in der Sportspielanalyse besser geeignet ist, Spielleistungen im Verhältnis zur Anzahl der untersuchten Spiele und nicht zur Häufigkeit der gesamten Matchaktionen zu analysieren. Die zweitgenannte Variante kann laut den Autoren sehr leicht in die Irre und zu verfälschten Ergebnissen führen. Außerdem ist es in der Sportspielanalyse oft sehr schwierig, jene Voraussetzung der Unabhängigkeit vorliegender Daten (Spiele) gewährleisten zu können. So stellt sich die Frage, ob zwei unterschiedliche Vorrundenspiele einer Gruppe bei einer Weltmeisterschaft, welche zeitversetzt enden und über Aufstieg bzw. Nichtaufstieg zweier Teams entscheiden, als vollkommen unabhängig voneinander angesehen werden können (vgl. O' Donoghue et al., 2012).

### **3.2.2 Hauptkategorie 2 – Bewegungsprofile**

Laufleistungsanalysen helfen dem/der Trainer/in, konditionelle Stärken und Schwächen einzelner Spieler/innen bzw. ganzer Teams aufzudecken und ermöglichen dadurch eine gezielte Trainingssteuerung. Die Kenntnis über die durchschnittlichen Laufleistungen gegnerischer Mannschaften ermöglicht eine optimale Vorbereitung auf den Wettkampf, da aufgrund von Schwächen in der Laufleistung des Gegners in einer bestimmten Position vorweg personelle Veränderungen im eigenen Team durchgeführt werden können. An dieser Stelle sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass eine größere zurückgelegte Laufdistanz im Wettkampf nicht automatisch eine bessere Leistung im Fußball bedeutet. Die entsprechende Laufleistung bzw. das Bewegungsprofil eines/r Spielers/in ist nämlich unter anderem von der Position, vom Spielsystem, sowie vom Spielstand und der taktischen Vorgabe des Trainers/in abhängig.

Sehr viele Studien (vgl. Bradley et al., 2009; Clark, 2010; Di Salvo et al., 2007; Mohr et al., 2003) gehen in ihrer Laufleistungsanalyse von fixen Geschwindigkeitsschwellenwerten aus, nach denen bestimmte *Bewegungsformen* (z.B. *gehen, joggen, sprinten*) eingeteilt werden. Aufgrund der individuellen Variabilität einzelner Spieler/innen wird dieser Ansatz zur Erstellung von Bewegungs- und Sprintprofilen in der Sportspielanalyse von Siegle und Lames (2010) stark kritisiert. Laut den Autoren wird der Schwellenwert zweier Bewegungsformen durch den graphischen Schnittpunkt deren Glockenkurven repräsentiert (vgl. Abb. 15), wobei die Normalverteilung der Daten vorweg mittels Kolmogorov-Smirnov Test (vgl. Kapitel 2.3.1) überprüft wurde. Für den Vergleich der durchschnittlichen Geschwindigkeiten in der jeweiligen Bewegungsform wurde in Siegle et al. (2010) eine einfache Varianzanalyse durchgeführt. Ein Duncan-Post-Hoc-Test (vgl. Kapitel 2.3.3.10) wurde demnach angewendet, um signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Spielern hinsichtlich der Variablen *Gehen, Joggen und Sprinten* aufzudecken.



**Abb. 15: Bestimmung der Geschwindigkeitsschwellenwerte zweier Fortbewegungsarten (Siegle & Lames, 2010, S. 273)**

Ein weiteres Ziel der Studie von Siegle und Lames (2010) war es, die individuell *zurückgelegten durchschnittlichen Distanzen* jener 20 Spieler des WM-Finales 2006 zwischen Frankreich und Italien zu überprüfen. Dabei wurden diese Laufstrecken, in den von ihnen bestimmten *Geschwindigkeitsintervallen*, mit jenen, der in Bradley et al. (2009, S. 160) verwendeten Schwellenwerten auf signifikante Unterschiede in den jeweiligen *Bewegungsformen* verglichen.

Insgesamt wurden dabei ca. 3000 Laufleistungen analysiert, wobei nur jene Bewegungsmuster in der Studie berücksichtigt wurden, welche mehr als eine Sekunde andauerten und keiner starken Richtungsänderung, ohne Ball bzw. ohne Beeinflussung eines Gegners erfolgten. Um einen Vergleich zwischen den beiden Studien hinsichtlich der durchschnittlich zurückgelegten Distanzen in den jeweiligen Bewegungsformen anstellen zu können, mussten jene sieben Geschwindigkeitsstufen von Bradley et al. (2009, S. 160) an jene drei von Siegle et al. (2010) angepasst werden (vgl. Tab. 19).

**Tab. 19: Vergleich der Bewegungsformen von Bradley et al. (2009) bzw. Siegle und Lames (2010)**

<b>Bradley et al. (2009)</b>	<b>Siegle et al. (2010)</b>
<i>Stehen</i> (0 – 0.6 km/h)	<i>Gehen</i> (0 – 7.1 km/h)
<i>Gehen</i> (0.7 – 7.1 km/h)	
<i>Joggen</i> (7.2 – 14.3 km/h)	<i>Joggen</i> (7.2 – 19.7 km/h)
<i>Laufen</i> (14.4 – 19.7 km/h)	
<i>Schnellen Laufen</i> (19.8 – 25.1 km/h)	<i>Sprinten</i> (> 19.8 km/h)
<i>Sprinten</i> (> 25.1 km/h)	

Für die Erstellung eines wissenschaftlich fundierten Bewegungsprofils im Fußball spielen noch viele weitere Faktoren, wie z.B. anthropometrische bzw. physische Eigenschaften des/r Fußballers/in oder jene taktische Spielsituation, in der die Laufleistung stattfindet, eine wesentliche Rolle. So sollte in zukünftigen Studien auch auf Unterschiede hinsichtlich der *zurückgelegten Distanzen mit und ohne Ball*, sowie auf einen möglichen Einfluss des *Spieleralters* auf die Laufleistung eingegangen werden. Carling, Williams und Reilly (2005) weisen außerdem darauf hin, dass es im Fußball wesentlich mehr als vier oder fünf verschiedene *Bewegungsformen* gibt, zwischen denen unterschieden werden kann (vgl. Clark, 2010 oder Mohr et al., 2003). Für eine Verbesserung der Reliabilität und Validität dieser Studie verweisen Siegle und Lames (2010) auf die Verwendung einer größeren Anzahl an zu untersuchenden Spielen.

Lago-Penas et al. (2009) untersuchen in ihrem Artikel „Analysis of work-rate in soccer according to playing positions“ die Laufleistungen von insgesamt 127 verschiedenen Spielern, unterteilt in fünf Positionen, aus 18 Spielen der Primera Division (Spanien) in der Saison 2005/2006.

Ihr Ziel ist es signifikante Unterschiede hinsichtlich der *durchschnittlich zurückgelegten Distanzen* in den jeweiligen *Geschwindigkeitsstufen* zwischen den verschiedenen *Spielerpositionen* und/oder *Spielhälften* festzustellen. Geschwindigkeiten von 0 - 11 km/h wurden dabei als *Stehen, Gehen bzw. Joggen*, von 11.1 - 14 km/h als *langsames Laufen*, von 14.1 - 19 km/h als *durchschnittliches Laufen*, von 19.1 - 23 km/h als *schnelles Laufen* und von größer 23 km/h als *Sprinten* definiert. Die Variable *Spielerposition* wurde dabei in *Innenverteidiger, Außenverteidiger, Zentralmittelfeldspieler, Außenmittelfeldspieler* und *Stürmer* unterteilt.

Eine einfache Varianzanalyse (vgl. Kapitel 2.3.3.8) mit Bonferroni-Korrektur wurde eingesetzt, um a posteriori die *gelaufenen Distanzen* in den jeweiligen *Geschwindigkeitsintervallen* während des gesamten Matches zwischen den unterschiedlichen *Positionen* miteinander zu vergleichen. Ein abhängiger t-Test wurde angewendet, um Unterschiede in der totalen Laufleistung hinsichtlich der beiden Spielhälften aufzudecken. Aufgrund der Anzahl der unabhängigen kategorialen Variablen (n=2) stellt sich hier die Frage, warum in diesem Zusammenhang nicht, wie bei Carling (2010) oder bei Andrzejewski et al. (2012) auf eine zwei- oder mehrfaktorielle Varianzanalyse zurückgegriffen wurde. Da in der Studie von Lago-Penas et al. (2009) weder die Normalverteilung der Daten, noch die Varianzhomogenität der Stichproben mittels statistischer Verfahren überprüft wurde, sollte die Anwendung einer Varianzanalyse ebenfalls kritisch betrachtet werden.

Carling (2010) beschäftigte sich in seiner Studie unter anderem mit der Frage, welche Auswirkungen Ermüdungserscheinungen auf die *Laufleistungen mit Ball* im Fußball haben, indem er das Bewegungsprofil von 28 ballführenden positionsspezifischen Spielern während 30 Spielen der höchsten Liga Frankreichs in den Saisonen 2007-2009 analysierte.

Tabelle 20 gibt dazu eine Übersicht der untersuchten (technischen) Parameter mit Ball, sowie der einzelnen *Geschwindigkeitsstufen* bzw. *Zeitintervalle*.

**Tab. 20: Übersicht der untersuchten Parameter mit Ball nach Carling (2010)**

<b>Parameter</b>	<b>Ausprägungen</b>
	<i>totale Laufdistanz mit Ball</i>
	<i>maximale Geschwindigkeit mit Ball</i>
	<i>durchschnittliche Geschwindigkeit mit Ball</i>
	<i>durchschnittliche Geschwindigkeit bei der Ballannahme</i>
	<i>durchschnittliche Dauer im Teamballbesitz</i>
	<i>durchschnittliche Dauer pro individuellen Ballbesitz</i>
	<i>durchschnittliche Anzahl der Ballberührungen pro individuellen Ballbesitz</i>
	<i>durchschnittliche Entfernung des nächsten Gegenspielers bei der Ballannahme</i>
<i>Spielerposition</i>	<i>Außenverteidiger (n=5), Innenverteidiger (n=5), Außenmittelfeldspieler (n=6), Zentralmittelfeldspieler (n=6), Stürmer (n=6)</i>
<i>Geschwindigkeitsstufen</i>	<i>0 - 11 km/h (sehr langsam), 11.1 – 14 km/h (langsam), 14.1 – 19 km/h (normal), &gt; 19.1 km/h (schnell bzw. sprinten)</i>
<i>Zeitintervalle</i>	<i>0 - 14.59 min; 15 - 29.59 min; 30 - 44.59 min; 45 - 59.59 min; 60 - 74.59 min; 75 - 90 min</i>
<i>Halbzeit</i>	<i>1. Halbzeit, 2. Halbzeit</i>

Mohr et al. (2003) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass auch die *Anzahl der begangenen Fouls* ein adäquates Indiz für die körperliche Verfassung eines Fußballers ist und daher unbedingt bei einer Bewegungsanalyse mit spezieller Betrachtung von Ermüdungserscheinungen berücksichtigt werden sollte. Als statistisches Testverfahren wurde einerseits eine zweifache Varianzanalyse angewendet, um signifikante Unterschiede hinsichtlich der *durchschnittlich zurückgelegten Distanzen mit Ball* in den jeweiligen *Geschwindigkeitsstufen* festzustellen und andererseits um einen möglichen Effekt von Ermüdungserscheinungen aufzudecken, indem die *totalen Laufleistungen mit Ball* aller Spieler in den einzelnen *Zeitintervallen* miteinander verglichen wurden. Aufgrund der drei zu testenden unabhängigen Variablen wurde mittels dreifaktorieller ANOVA untersucht, ob eine Interaktion zwischen den Variablen *Spielerposition* und der *totalen bzw. zurückgelegten Laufdistanz mit Ball in den verschiedenen Geschwindigkeitsstufen* während den beiden *Spielhalbzeiten* existiert. Mithilfe von Post-Hoc-Analysen mit Bonferroni-Korrekturen ( $p < 0.017$ ) wurden jene einzelnen Variablenpaare bestimmt, deren Mittelwerte signifikant voneinander abweichen. Als Maße für die Höhe der Effektgröße orientiert sich Carling (2010) an Cohen (1988), wobei Effektstärken von 0.2 – 0.49 als klein, von 0.5 – 0.79 als mittel und von  $\geq 0.8$  als groß angesehen wurden.

Carling (2010) führt weiter aus, dass in zukünftigen Studien weitere Variablen, wie z.B. der *Effekt des Spielstandes*, der *Austragungsort*, die *Qualität des Gegners*, der *Veranstaltungstyp* (Champions League, Meisterschaft,...) und der *Einfluss bestimmter Spielsysteme* (4:4:2, 4:2:3:1,...) auf die Laufleistungen mit Ball für die Erstellung von Bewegungsprofilen berücksichtigt werden sollten.

Ziel dieses Kapitels war es neben dem Auffinden der zentralen Fragestellungen im Bereich der Sportspielanalyse und der Darstellung adäquater wissenschaftlicher Untersuchungsmethoden aller verwendeten Fachartikel, mögliche Problembereiche, wie der fehlenden Überprüfung der Anwendungsvoraussetzungen, unterschiedlichen Auswahl der zu testenden Leistungsvariablen, sowie einer unzureichend großen bzw. inadäquaten Zusammensetzung der Stichproben, herauszufiltern und kritisch zu betrachten.

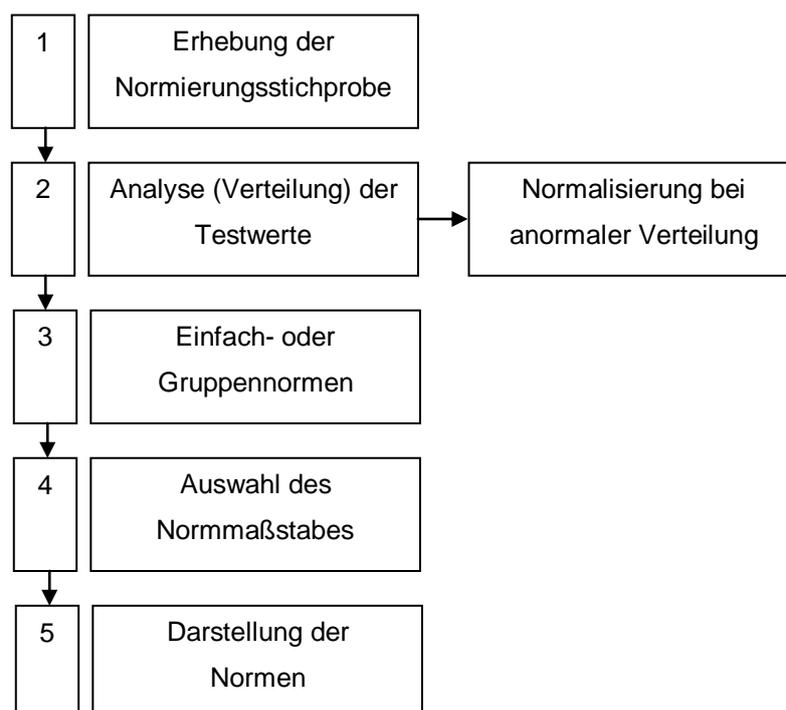
Die Aufarbeitung der statistischen Grundlagen, sowie die Beschreibung der verwendeten Testverfahren der Hauptkategorien 3 bis 7 können dem Anhang 5 entnommen werden.

## 4 Normwerverstellung

Grundsätzlich dienen Normwerte dazu, individuelle Testergebnisse mit denjenigen einer Referenzpopulation zu vergleichen. Die Erstellung von Normwerten ermöglicht es, Aussagen über Fähigkeiten, Leistungen oder Merkmale von einzelnen Personen bzw. Gruppen zu formulieren. Somit kann beispielsweise beurteilt werden, ob die motorische Leistungsfähigkeit eines Individuums in Relation zur Grundgesamtheit über- oder unterdurchschnittlich ist.

Die Normierung von Testwerten gehört zu den sogenannten Nebengütekriterien und wird vor allem in pädagogisch-psychologischen Verfahren, in der Medizin, aber auch in der sportspezifischen Leistungsdiagnostik (z.B. für die Normierung motorischer Tests) vielfach angewendet.

Abbildung 16 beschreibt den allgemeinen Ablauf, wie bei der Normierung eines Testverfahrens üblicherweise vorzugehen ist.



**Abb. 16: Ablauf einer Normierung (Kubinger & Jäger, 2003, S. 298)**

Am Anfang eines Normierungsprozesses steht die Erhebung der sogenannten Normierungsstichprobe. Im optimalen Fall sollte bei der Normierung eines Tests eine repräsentative Stichprobe (optimaler Stichprobenumfang - vgl. Kapitel 2.1) vorliegen.

Im nächsten Schritt wird überprüft, ob die Testwerte einer Normalverteilung entstammen. Bei gegebener Normalverteilung können direkt lineartransformierte Normwerte (vgl. Kapitel 4.2) und bei anormaler Verteilung sogenannte nichtlineare Prozentrangnormen (vgl. Kapitel 4.1) abgeleitet werden (vgl. Kubinger & Jäger, 2003, S. 298).

Lienert und Raatz (1994) unterscheiden grundsätzlich zwischen Einfach- und Gruppennormen, wobei eine Einfachnorm von allen Testpersonen der Normierungsstichprobe ausgeht und eine Gruppennorm eine zusätzliche Differenzierung der Testpersonen, z.B. nach Geschlecht, Alter oder Bildung, beinhaltet. Je mehr Unterteilungen dabei vorgenommen werden, desto umfangreicher ist die Normierungsstichprobe zu erheben, wobei zu geringe Stichproben-größen sehr einfach und schnell zu falschen Beurteilungen in Bezug auf die zu messende Eigenschaft führen können (vgl. Kubinger & Jäger, 2003, S. 298). Laut Bühner (2011, S. 266) sollen vor allem inhaltliche Erwägungen des/der Testers/in entscheidend dafür sein, welche Untergruppen einer Normierung aussagekräftig sind und welche unterschiedlichen Normgruppen für die Testauswertung anzugeben sind.

Moosbrugger und Kelava (2008, S. 176ff.) führen aus, dass sich im Rahmen normorientierter Testwertinterpretationen grundsätzlich zwei Vorgehensweisen unterscheiden lassen, um für einen bestimmten Testwert einen Normwert zu ermitteln. Dazu zählen einerseits die nichtlineare Transformation des Testwertes zur Gewinnung von Prozentrangnormen und andererseits die lineare Transformation des Testwertes in einen standardisierten  $z_v$ -Normwert.

#### **4.1 Bildung von Prozentrangnormen**

Die Transformation des Testwertes in einen Prozentrang (PR) gehört zu den gebräuchlichsten nichtlinearen Testwerttransformationen. Die Prozentrangnormierung basiert auf der Häufigkeitsverteilung der Daten. Es wird folglich keine bestimmte Verteilungsform (z.B. Normalverteilung) der Daten vorausgesetzt.

Ein Prozentrang gibt an, wie viel Prozent der vorhandenen Werte in der sogenannten Normierungsstichprobe oder Bezugsgruppe liegen, welche kleiner gleich hoch dem untersuchten Testwert  $x_v$  der Testperson  $v$  sind. Der Prozentrang kennzeichnet also jenen prozentuellen Flächenanteil der Häufigkeitsverteilung der Vergleichsgruppe, der am linken äußersten Rand in der Skala beginnt und nach oben hin durch den Testwert  $x_v$  begrenzt wird. (vgl. Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 176f)

Stauché (2008, S. 5) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass der Prozentrang immer als Ganzzahl und ohne das Prozentzeichen anzugeben ist. Beispielsweise bedeutet der PR 80, dass 80% der Testpersonen der Normierungsstichprobe eine niedrigere oder gleiche Ausprägung des Testmerkmals wie der untersuchte Testwert aufweisen.

Prozentrangnormen können laut Moosbrugger und Kelava (2008, S. 176) wie folgt berechnet werden:

$$PR_v = 100 * \frac{\text{freq}_{\text{cum}}(x_v)}{N}$$

Zuerst werden die Testwerte  $x_v$  der Bezugsgruppe vom Umfang  $N$  in eine aufsteigende Rangordnung gebracht. Danach werden die absoluten Häufigkeiten (auch Rohwerte genannt)  $\text{freq}(x_v)$ , also die Häufigkeiten des Auftretens der jeweiligen Testwerte in der Stichprobe, bestimmt. Darauf folgend werden die kumulierten Häufigkeiten  $\text{freq}_{\text{cum}}(x_v)$  der einzelnen Testwerte erfasst, welche durch die Summe der absoluten und der darüber stehenden kumulativen Häufigkeit ausgedrückt wird. Abschließend werden die kumulierten Häufigkeiten mit dem Faktor 100 multipliziert und durch den Umfang  $N$  der Vergleichsgruppe dividiert. Der Prozentrang ist dabei die auf ganze Zahlen gerundete prozentuelle kumulierte Häufigkeit.

Prozentrangnormen stellen also wie bereits erwähnt verteilungsunabhängige Normen dar, wobei ein Ordinalskalenniveau der Testwerte für deren Bildung ausreichend ist, da an den Testwerten lediglich eine monotone und keine Lineartransformation vorgenommen wird. Falls nur ordinalskalierte Variablen vorliegen, kommen ausschließlich Prozentrangnormen in Frage. (vgl. Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 178)

Weiters weisen die Autoren darauf hin, dass Prozentrangdifferenzen aufgrund fehlender Intervallskalierung der Prozentrangnormen nicht als Vergleiche von Merkmalsausprägungen verwendet werden können, da eine Prozentrangdifferenz von z.B.  $50 - 40 = 10$  eine ganz andere Bedeutung als eine numerisch gleiche Differenz von  $90 - 80 = 10$  hat.

Anhand der Tabelle 21 soll nun demonstriert werden, wie man ausgehend von bekannten absoluten Häufigkeiten fiktiver Daten aus dem Sportspiel Fußball zum Prozentrang gelangt. Die Vorgehensweise zur Berechnung des Prozentranges soll dabei anhand beispielhafter Daten hinsichtlich der Anzahl an Ballkontakten von insgesamt 28 Spielern während eines Spiels verdeutlicht werden.

**Tab. 21: Berechnung des Prozentrangs aus beispielhaften Testwerten für die Anzahl der Ballkontakte zweier gegeneinander spielender Mannschaften (n=28 Spieler)**

Anzahl an Ballkontakten	absolute Häufigkeit	kumulierte Häufigkeit	kumulierte Häufigkeit (%)	Prozentrang
0 – 10	2	2	7.14	7
10 – 20	1	3	10.71	11
20 – 30	1	4	14.29	14
30 – 40	2	6	21.43	21
40 – 50	4	10	35.71	36
50 – 60	5	15	53.58	54
60 – 70	6	21	75.00	76
70 – 80	3	24	85.71	86
80 – 90	2	26	92.86	93
90 – 100	1	27	96.43	96
≥ 100	1	28	100.00	100
<i>Stichprobenumfang = 28</i>				

Die kumulierte Häufigkeit wird berechnet als die Summe aus den absoluten Häufigkeiten der Merkmalskategorien (Anzahl an Ballkontakten) von der kleinsten bis hin zu der jeweils betrachteten Ausprägung (vgl. Bortz, 2005, S. 29). Für die Berechnung der prozentualen kumulierten Häufigkeit einzelner Testwerte muss die kumulierte Häufigkeit mit 100 multipliziert und anschließend durch den Stichprobenumfang dividiert werden.

Aus den so gewonnenen Prozenträngen (vgl. Tab. 21) kann nun eine Normtabelle gebildet werden, in der jedem Testwert ein Prozentrang zwischen 1 und 100 zugeordnet wird.

Tabelle 22 zeigt dazu eine beispielhafte Klasseneinteilung, wie die Bewertung der Ballkontaktanzahl aller untersuchten Spieler während einem Spiel aussehen könnte.

**Tab. 22: Beispielhafte Klasseneinteilung für die Bewertung der Ballkontakte auf Basis von Prozenträngen während eines Fußballspiels**

Leistungsbeurteilung	Prozenträge
weit unterdurchschnittlich	Testergebnis = PR 0 – 20
unterdurchschnittlich	Testergebnis = PR 21 – 40
durchschnittlich	Testergebnis = PR 41 – 60
überdurchschnittlich	Testergebnis = PR 61 – 80
weit überdurchschnittlich	Testergebnis = PR 81 – 100

## 4.2 Bildung von standardisierten $z_v$ -Normwerten

Die lineare  $z_v$ -Transformation von Testwerten dient, wie auch die nichtlineare Prozentrangtransformation, der Bestimmung der relativen Position des Testwertes  $x_v$  in der Verteilung der Normierungsgruppe. Dabei muss die Testvariable intervallskaliert sein, da die Testwertposition der untersuchten Person als Abstand zum arithmetischen Mittelwert der Verteilung ermittelt wird. (vgl. Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 179)

Der  $z_v$ -Normwert wird dabei laut Bühner (2011, S. 263) folgendermaßen berechnet:

$$z_v = \frac{x_v - \bar{x}}{\hat{\sigma}_x}$$

$x_v$  ... Testrohwert der Person  $v$

$\bar{x}$  ... Mittelwerte der Testrohwerte in der Normierungsstichprobe

$\hat{\sigma}_x$  ... Standardabweichung der Testrohwerte in der Normierungsstichprobe  
(geschätzt für die Population)

Grundsätzlich ist die Berechnung von  $z_v$ -Normwerten von der Verteilungsform unabhängig, d.h. die Testwerte  $x_v$  können auch bei fehlender Normalverteilung durch  $z_v$ -Normwerte interpretiert werden, wobei der Interpretationsgehalt der Normen bei gegebener Normalverteilung der Daten beträchtlich zunimmt. (vgl. Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 180) Da mit der Bildung von  $z_v$ -Normwerten auch negative Zahlen und Dezimalstellen einhergehen, haben sich  $z$ -Werte als Normwerte in der Praxis nicht durchgesetzt (vgl. Kubinger & Jäger, 2003, S. 300).

Daher werden errechnete  $z$ -Werte laut Bühner (2011, S. 263f.) üblicherweise durch weitere lineare Transformationen in verschiedene andere Normskalen, wie z.B. PISA-Skala oder in IQ-, Stanine-, SW-, T- bzw. C-Normwerte, usw., umgewandelt, wobei dabei dem Mittelwert und der Standardabweichung jeweils ein bestimmter Wert zugeordnet wird (vgl. Tab. 23).

Für die Normierung von z.B. Leistungstests werden meist T- und Standardwerte verwendet, während Stanine-Werte oft als Norm für Persönlichkeitstests herangezogen werden. Stanine-Werte sind dabei lediglich zusammengefasste Centil-Werte mit 9 statt 13 Ausprägungen. Sten-Werte normieren die Testwerte eines Tests auf 10 Ausprägungen. (vgl. Kubinger & Jäger, 2003, S. 301) Der Intelligenzquotient oder die IQ-Norm dient vor allem zur Angabe der Testergebnisse von Intelligenz- und anderen kognitiven Tests.

Tab. 23: Transformationsformeln der gebräuchlichsten Normwerte, ausgehend von einem z-Wert (vgl. Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 182 bzw. Kubinger & Jäger, 2003, S. 300)

Normwert	Transformation	Normalverteilung	Wertevorrat
Z- oder SW-Werte (Standardwerte)	$100 + 10 \cdot z$	$N(100,10)$	70...130
IQ-Werte (Intelligenzquotient)	$100 + 15 \cdot z$	$N(100,15)$	55...145
T-Werte („Trait“)	$50 + 10 \cdot z$	$N(50,10)$	20...80
WP-Punkte (Wertpunkte)	$10 + 3 \cdot z$	$N(10,3)$	1...19
C-Werte („Centile“)	$5 + 2 \cdot z$	$N(5,2)$	-1...11
Stanine-Werte („Standard nine“)	$5 + 2 \cdot z$	$N(5,2)$	1...9
Sten-Werte („Standard ten“)	$5.5 + 2 \cdot z$	$N(5.5,2)$	1...10
PISA-Werte	$500 + 100 \cdot z$	$N(500,100)$	200...800

Die Auswahl der verwendeten Normskala ist von der Fragestellung und der Konvention des/der Testers/in abhängig. Unter der Annahme einer Normalverteilung gibt Abbildung 17 einen Überblick über die gebräuchlichsten Standardnormen mit entsprechenden Wertebereichen, sowie Mittelwerten und Standardabweichungen.

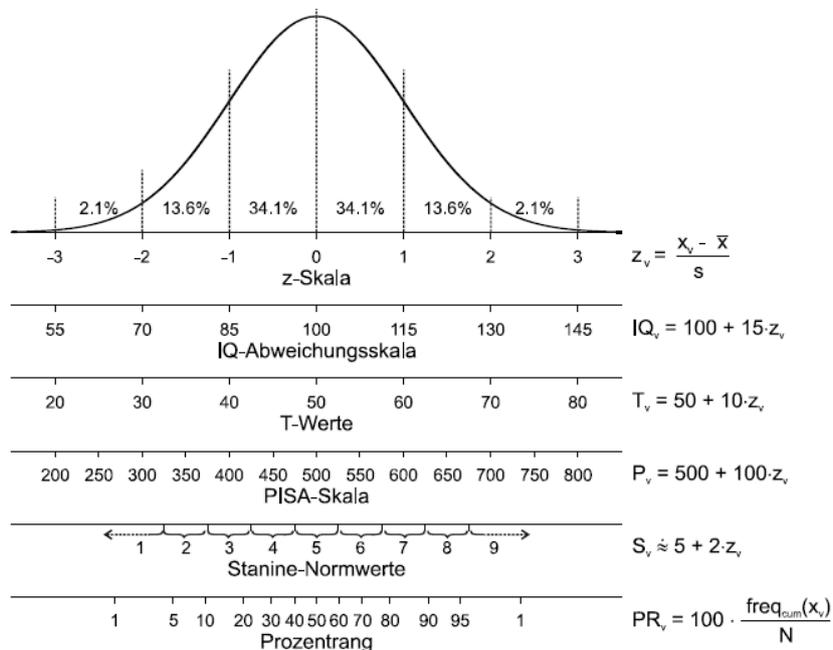


Abb. 17: Gebräuchliche Standardnormen unter der Annahme normalverteilter Testwerte (Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 182)

Aus Abbildung 17 kann z.B. abgelesen werden, dass Stanine 1 bei  $z = -2.25$  beginnt und Stanine 9 bei  $z = 2.25$  endet. Bühner (2011, S. 264) beschreibt dazu weiters, dass anhand der Graphik auch eine direkte Umrechnung von Prozenträngen in Stanine-Werte möglich ist, wobei dabei laut Tent und Stelzl (1993, S. 59) ein Prozentrang von 40 bis 60 einem Stanine-Wert von 5 entspricht.

Mithilfe gleicher fiktiver Daten wie bei der Prozentrangnormierung (vgl. Tab. 21) soll anhand Tabelle 24 die Vorgehensweise zur Berechnung von standardisierten  $z_v$ -Normwerten bzw. anderen Normwerten deutlich gemacht werden.

**Tab. 24: Berechnung von  $z_v$ -Normwerten aus beispielhaften Testwerten für die Anzahl der Ballkontakte zweier gegeneinander spielender Mannschaften (n=28 Spieler)**

Ballkontakte	absolute Häufigkeit	z-Werte	Standardwerte (SW=10z+100)	Stanine-Werte (SN=2z+5)
0 – 10 (5)	2	-2.082	79	1
10 – 20 (15)	1	-1.670	83	2
20 – 30 (25)	1	-1.258	87	2
30 – 40 (35)	2	-0.846	92	3
40 – 50 (45)	4	-0.434	96	4
50 – 60 (55)	5	-0.022	100	5
60 – 70 (65)	6	0.390	104	6
70 – 80 (75)	3	0.801	108	7
80 – 90 (85)	2	1.213	112	7
90 – 100 (95)	1	1.625	116	8
≥ 100 (100)	1	1.831	118	9
<i>Stichprobenumfang = 28</i>				
<i>Arithmetisches Mittel = 55.54</i>				
<i>Standardabweichung = 24.28</i>				

Dazu müssen zuerst der arithmetische Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und die Standardabweichung (s) der vorliegenden Daten bei gegebenem Stichprobenumfang (n=28) bestimmt werden. Da die Anzahl der Ballkontakte in Intervalle unterteilt wurde, wird für die Berechnung des Lokations- und Streuungsmaßes jeweils der Mittelwert dieses Bereiches (Wert in Klammer) verwendet.

Daraus ergeben sich folgende Werte für das arithmetische Mittel bzw. die Standardabweichung:

$$\bar{x} = \frac{2 * 5 + 1 * 15 + 1 * 25 + 2 * 35 + \dots + 2 * 85 + 1 * 95 + 1 * 100}{28} \approx 55.54$$

$$s = \sqrt{\frac{2 * (5 - 55.54)^2 + 1 * (15 - 55.54)^2 + \dots + 1 * (95 - 55.54)^2 + 1 * (100 - 55.54)^2}{28 - 1}} \approx 24.28$$

Mithilfe der oben angeführten Transformationsformeln können nun sowohl standardisierte z-Werte berechnet bzw. anschließend in andere Normwerte, wie z.B. Standard- oder Stanine-Werte umgewandelt werden (vgl. Tab. 24).

Tabelle 25 zeigt auch hier eine beispielhafte Klasseneinteilung auf Basis von Standardwerten für die Bewertung der Ballkontakte aller untersuchten Spieler während einem Spiel.

**Tab. 25: Beispielhafte Klasseneinteilung für die Bewertung der Ballkontakte auf Basis von Standardwerten während eines Fußballspiels**

Leistungsbeurteilung	Standardwerte (Z-Werte)
weit unterdurchschnittlich	$Z \leq 85$
unterdurchschnittlich	$Z = 86 - 95$
durchschnittlich	$Z = 96 - 105$
überdurchschnittlich	$Z = 106 - 115$
weit überdurchschnittlich	$Z > 115$

Falls die untersuchte Testvariable nicht normalverteilt ist, können die Testwerte laut Amelang und Schmidt-Atzert (2006, S. 165) nicht in Standardnormen transformiert werden, da die dafür notwendigen Voraussetzungen nicht erfüllt sind. Bühner (2011, S. 265) führt daher zusammenfassend aus, dass bei nicht normalverteilten Kennwerten einer Stichprobe nur Prozenträge und Stanine-Werte anzugeben sind.

## **5 Resümee**

Im abschließenden Kapitel soll aus den in dieser Diplomarbeit gewonnenen Erkenntnissen Resümee gezogen werden. Dies geschieht anhand einer Zusammenfassung der hermeneutischen Inhalte zum Themenbereich „Notational Analysis“ bzw. Spiel- und Wettkampfanalyse, der Darlegung der zentralen Fragestellungen und Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen im Bereich der Sportspielanalyse im Fußball, sowie im Zuge einer kritischen Betrachtung der darin vorkommenden statistischen Methoden. Des Weiteren werden im Folgenden auch zwei wesentliche Lösungsansätze zur Erstellung von Normwerten vorgestellt, sowie deren Anwendungsvoraussetzungen thematisiert.

Zum Abschluss soll auf die fehlende Bedingungs- und Merkmalskonstanz im Fußball hingewiesen werden. In diesem Abschnitt sollen zudem Möglichkeiten, wie zukünftige Wettkampfanalysen im Fußball methodisch fundierter gestaltet werden können, aufgezeigt werden. Ziel des letzten Kapitels soll auch sein, jene Gründe festzustellen, warum Methoden der (quantitativen) Wettkampfanalyse im Fußball äußerst selten zur Anwendung kommen.

### **5.1 Zusammenfassung**

Wie im ersten Kapitel dieser Arbeit ausführlich dargestellt wurde, gibt es eine Vielzahl von Faktoren, aus denen sich die fußballspezifische Leistungsfähigkeit zusammensetzt. So spielen neben den technischen und taktischen Fähigkeiten eines Individuums auch das kognitive Vermögen (Aufmerksamkeit, Wille, Motivation, usw.) und die soziale Kompetenz (Teamfähigkeit) eines/r Spielers/in eine wesentliche Rolle (vgl. Kap. 1.1.1). Die quantitative systematische Sportspielanalyse stellt dabei eine wissenschaftlich fundierte Möglichkeit dar, diese und weitere leistungsbestimmende Komponenten im Fußball zahlenmäßig zu analysieren und auszuwerten. Dadurch soll einerseits eine optimale Vorbereitung auf bevorstehende Spiele gewährleistet werden, indem die Stärken und Schwächen des gegnerischen Teams analysiert werden, andererseits soll die Sportspielanalyse für die Entwicklung spieltaktischer Maßnahmen und Gegenmaßnahmen im Wettkampf dienen.

Kapitel 2 widmete sich der Darstellung der wesentlichen Auswerteverfahren der Statistik, sowie der Vorgehensweise zur Signifikanzüberprüfung bei diesen Tests. Neben den klassischen deskriptiven und inferenzstatistischen Verfahren wurde auch die Vorgehensweise zur Berechnung einer optimalen Stichprobengröße thematisiert. Aus der Vielzahl der, in diesem Kapitel, beschriebenen Lösungsansätze zur Berechnung adäquater Stichprobenumfänge lässt sich deren Bedeutung und Notwendigkeit für den Erhalt standfester Untersuchungsergebnisse ableiten.

Kapitel 3 befasste sich grundsätzlich mit der Analyse und den statistischen Grundlagen wissenschaftlicher Fachartikel im Bereich der Sportspielanalyse des Sports Fußball. Aus insgesamt 39 Studien wurden zentrale Fragestellungen abgeleitet und formuliert, wobei die, in den beiden am häufigsten auftretenden Hauptkategorien eingesetzten statistischen Methoden näher beschrieben und kritisch betrachtet wurden. Die Beantwortung der Frage, welche die wesentlichsten fußballspezifischen Leistungsparameter darstellen, die für ein erfolgreiches Spiel im Fußball ausschlaggebend sind, sowie die Fragestellung wie Bewegungs- und Sprintprofile im Fußball zu erstellen sind gehören zu den wichtigsten Untersuchungsschwerpunkten in der Fachliteratur.

Im Fußball ist es letztlich das Spielergebnis, das zählt. Der Vergleich unterschiedlichster Leistungsparameter von Spielern/innen mit jenen einer Normstichprobe stellt dabei für Trainer/innen eine Möglichkeit dar, um jene Gründe herauszufinden, warum sein/ihr Team als Sieger oder Verlierer vom Platz gehen musste. In Kapitel 4 wurden daher die zwei üblichen Vorgehensweisen, wie ein Test normiert werden kann, beschrieben. Die Bildung von Prozentrangnormen durch nichtlineare Testwerttransformation wird vor allem in jenen Fällen eingesetzt, in denen keine normalverteilten Daten vorliegen und nur Ordinalskalenniveau der Testwerte angenommen werden kann. Anderenfalls wird die Bildung von standardisierten  $z$ -Normwerten durch lineare Testwerttransformationen bzw. die Umwandlung in andere Standardnormen bevorzugt.

## **5.2 Kritik und Ausblick**

Die vorliegende Diplomarbeit liefert sowohl theoretische Überlegungen als auch relevante Ansätze für den praktischen Einsatz der quantitativen systematischen Wettkampfanalyse. Der zweitgenannte Aspekt soll vor allem im Zuge der Analyse der Fachartikel aus den ISI-gerankten Zeitschriften und der Abhandlung der darin vorkommenden statistischen Methoden sichtbar werden.

In Kapitel 3.2 wurde einerseits festgestellt, welche statistischen Verfahren wann einzusetzen sind und dies auch an konkreten Beispielen aus der Literatur demonstriert, andererseits wurden deren adäquate Testanwendung für bestimmte Fragestellungen kritisch hinterfragt. Auf die Überprüfung der Hauptgütekriterien (Reliabilität, Objektivität, Validität) wurde nur in vereinzelten Studien (vgl. Anhang 5) eingegangen.

Die beobachteten Daten wurden dabei entweder durch zwei unabhängige Betrachter miteinander verglichen oder durch eine Person mittels zweimaliger Prüfung zu unterschiedlichen Messzeitpunkten auf Gleichheit analysiert.

Leser (2007, S. 292ff.) weist vor allem auf die fehlende Bedingungs- und Merkmalskonstanz im Fußball hin. Aufgrund sich ständig ändernder Umweltbedingungen, sowie angesichts des sich fortwährend ändernden Verhaltens des/r Gegners/in, des/r Mitspielers/in, des/r Schiedsrichters/in, usw. ist im Fußball nicht von einer Bedingungskonstanz als Voraussetzung für die Vergleichbarkeit von Ergebnissen auszugehen (vgl. Loy, 2006, S. 652f.). Eine fehlende Bedingungskonstanz macht sich laut Leser (2007, S. 293) vor allem in jenen Situationen bemerkbar, in denen Spielleistungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten eines Spiels (oder Leistungen unterschiedlicher Wettkämpfe) innerhalb mehrerer Gruppen miteinander verglichen werden.

Welchen Einfluss hat der Spielstand oder die Qualität des Gegners auf die gezeigte Leistung? Um für solche und ähnliche Fragstellungen abgesicherte Analysen zu gewährleisten, müssen die erhobenen Spielleistungen an den jeweiligen Bedingungen normiert werden. Aus Sicht der Leistungsdiagnostik wäre es demnach von großer Bedeutung zu wissen, mit welcher taktischen Vorgabe Mannschaften bzw. einzelne Spieler/innen in ein Spiel oder in bestimmte Zeitabschnitte des Spiels geschickt werden, um in der Folge die darin realisierten Spielleistungen als Normwerte für die entsprechenden Aufgabenanforderungen zu definieren. (vgl. Leser, 2007, S. 293ff.) Aufgrund fehlender derartiger Normierungen der Daten in nahezu allen untersuchten Studien dieser Arbeit sollten deren Ergebnisse kritisch betrachtet und mit Vorsicht behandelt werden.

Im Zuge der Analyse der Fachartikel kristallisierten sich weitere Problembereiche heraus, die in den untersuchten Studien fehlerhaft durchgeführt wurden, um den Einsatz der verwendeten statistischen Methoden in den Artikeln rechtfertigen zu können. Dazu gehörten neben der fehlenden Überprüfung der Anwendungsvoraussetzungen, die Verwendung unzureichend großer Stichprobenumfänge sowie eine mangelnde Zusammensetzung aussagekräftiger Stichprobenparameter, auf welche in zukünftigen Untersuchungen unbedingt näher eingegangen werden sollte.

Wie in vielen Abschnitten dieser Arbeit deutlich gemacht wurde, dienen fundierte (quantitative) Spielanalysen einerseits dazu, das eigene Spiel zu verbessern, andererseits sich optimal auf den Gegner einzustellen.

Daher stellt sich die Frage, warum Wettkampfanalysen trotz der fortgeschrittenen Technik sowie des umfangreichen Methodenstandes in diesem Themenbereich nur einen geringen Einsatz in der Praxis finden. Für Leser (2007, S. 284) stellt das geringe Zeitbudgets eines/r Trainers/in sich das notwendige Know-how anzueignen und Spielanalysen adäquat einzusetzen den Haupthinderungsgrund dar. Weitere Gründe, warum Wettkampfanalysen in vielen Sportspielen nicht zum Alltag gehören, sind bei Loy (1992) nachzulesen.

## Literaturverzeichnis

- Amelang, M. & Schmidt-Atzert, L. (2006). *Psychologische Diagnostik und Intervention* (4. Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Andrzejewski, M., Chmura, J., Pluta, B. & Kasprzak, A. (2012). Analysis of motor activities of professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1481-1488.
- Attelander, P. (2003). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (10. neu bearbeitete und erweiterte Aufl.). Berlin: de Gruyter Verlag.
- Attelander, P. (2010). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (13. neu bearbeitete und erweiterte Aufl.). Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Augste, C. & Lames, M. (2011). The relative age effect and success in German elite U17 soccer teams. *Journal of Sports Sciences*, 29(9), 983-987.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2006). *Multivariate Analysemethoden*. Berlin: Springer Verlag.
- Bamberg, G., Baur, F. & Krapp, M. (2008). *Statistik* (14. Aufl.). München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Bauer, G. (1998). Spiele richtig analysieren – Siege erfolgreich vorbereiten. *Fußballtraining*, 15(5), 12-17.
- Bortz, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (5. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Auflage). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (2., vollst. überarb. u. aktualisierte Aufl.). Berlin: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (3., überarb. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2009). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (3., überarb. Aufl.). Heidelberg: Springer.

- Bortz, J. & Lienert, G. A. (2003). *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung* (2., aktualisierte und bearbeitete Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bös, K., Hänsel, F. & Schott N. (2000). *Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft: Planung – Auswertung – Statistik*. Hamburg: Czwalina.
- Bradley, P.S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas P. & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159-168.
- Brand, R., Eicken, S. & Miethling, W. (1999). Mehrperspektivische Sportspielanalyse. In W. Miethling & J. Perl (Hrsg.), *Sport und Informatik IV* (S. 1-10). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Bühl, A. (2008). *SPSS 16. Einführung in die moderne Datenanalyse*. (11., aktualisierte Aufl.). München: Pearson Studium.
- Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. München: Pearson Education Deutschland.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. (3., aktualisierte Aufl.). München: Pearson Studium.
- Carling, C., Williams, A. M. & Reilly, T. (2005). *Handbook of Soccer Match Analysis. A systematic Approach to improving performance*. New York: Routledge.
- Carling, C. (2010). Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 319-326.
- Carling, C., Le Gall, F. & Dupont, G. (2012). Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30(4), 325-336.
- Carron, A. V., Colman, M. M., Wheeler, J. & Stevens, D. (2002). Cohesion and performance in sports: A meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 24, 168-188.
- Castellano, J., Casamichana, D. & Lafo, C. (2012). The Use of Match Statistics that Discriminate between Successful and Unsuccessful Soccer Teams. *Journal of Human Kinetics*, 31, 139-147.

- Clark, P. (2010). Intermittent high intensity activity in English FA Premiere League soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 10, 139-151.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Diehl, J. M. & Kohr, H. U. (1977). *Durchführungsanleitungen für statistische Tests*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Di Salvo, V., Baron, R., Conzales-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F. & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1489-1494.
- Evans, D. J, Whipp, P. & Lay, B. S. (2012). Knowledge Representantation and Pattern Recognition Skilss of Elite Adult and Youth Soccer Players. *International Journal of Performance Analysis*, 12, 208-221.
- Faude, O., Meyer, T. & von Detten, P. (2008). *Leitfaden zur statistischen Auswertung von empirischen Studien*. Paderborn Universität: Institut für Sportmedizin.
- Faude, O., Koch, T. & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625-631.
- Flemming, J. & Flemming, S. (2012). Relative age effect amongst footballers in the English Football League 2010-2011. *International Journal of Performance Analysis*, 12, 361-372.
- Franks, I. & Miller, G. (1991). Training coaches to observe and remember. *Journal of Sports Sciences*, 9 (4), 285-297.
- Glantz, S. A., Heinecke, A. & Köpcke, W. (Hrsg.). (1997). *Biostatistik. Einfach für die Praxis*. Frankfurt am Main: McGraw – Hill.
- Graf, U., Henning, H.J., Wilrich, P.T. & Stange, K. (1998). *Formeln und Tabellen der angewandten Statistik (3., völlig neu bearbeitete Aufl.)*. München: Springer Verlag.
- Hirsig, R. (1997). *Statistische Methoden in den Sozialwissenschaften: Eine Einführung im Hinblick auf computergestützte Datenanalysen mit SPSS für Windows*. Band 2. Zürich: Seismo Verlag.

- Hirsig, R. (2006). *Statistische Methoden in den Sozialwissenschaften: Eine Einführung im Hinblick auf computergestützte Datenanalysen mit SPSS für Windows* (5., überarbeitete Aufl.). Band 1. Zürich: Seismo Verlag.
- Hohmann, A. (1994). *Grundlagen der Trainingssteuerung im Sportspiel*. Hamburg: Czwalina Verlag.
- Hopkins, W. G. (1997). *A New View of Statistics*. Retrieved from <http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html>
- Hughes, M., Cooper, S., Nevill, A. & Brown, S. (2003). An Example of Reliability Testing and Establishing Performance Profiles for Non-Parametric Data from Performance Analysis. *International Journal of Computer Science in Sport*, 2 (1), 34-56.
- Hughes, M., Evans, S. & Wells, J. (2001). Establishing normative profiles in Performance Analysis. *International Journal of Performance Analysis*, 1 (1), 4-27.
- Hughes, M., Evans, S. & Wells, J. (2004). Establishing normative profiles in performance analysis. In M. Hughes & I. Franks (Eds.), *Notation Analysis of Sport* (pp. 205-226). Padstow: Routledge.
- Hughes, M. & Franks, I. M. (2004). *Notational Analysis of Sport. Systems for better coaching and Performance in sport*. (Second edition). New York: Routledge.
- Hughes, M. & Franks, I. (2005). Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(5), 509-514.
- Hughes, M. & Franks, I. M. (2008). *The essentials of performance analysis. an introduction*. New York: Routledge.
- Janssen, J. & Laatz, W. (2007). *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows* (6., neu bearbeitete und erweiterte Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Jones, P.D., James, N. & Mellalieu, S.D. (2004). Possession as a performance indicator in soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 4, 98-102.
- Jordet, G., Hartmann, E., Visscher, C. & Lemmink-Koen, A.P.M. (2007). Kicks from the penalty mark in soccer: The roles of stress, skill, and fatigue for kick outcomes. *Journal of Sports Sciences*, 25(2), 121-129.

- Krauspe, D. (1991). Nutzung der PC- und Videotechnik in den Sportspielen aus der Sicht der DDR-Sportwissenschaft. In K. Weber, E. Kollath, & G. Schmidt (Hrsg.), *Video und Computer im Leistungssport der Sportspiele* (S. 71-75). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Kriz, J. & Lisch, R. (1988). *Methodenlexikon für Mediziner, Psychologen, Soziologen*. München, Weinheim: Psychologie Verlag Union.
- Kromrey, H. (2009). *Empirische Sozialforschung* (12. Aufl). Stuttgart: Lucius Verlagsgesellschaft.
- König, S. (2011). *Verbesserung der Spielfähigkeit*. Zugriff am 15. Februar 2013 unter [http://www.ph-weingarten.de/sport/Lehrende/Vortrag\\_Wangen\\_Koenig.pdf](http://www.ph-weingarten.de/sport/Lehrende/Vortrag_Wangen_Koenig.pdf)
- Kubinger, K. D. & Jäger, R. S. (2003). *Schlüsselbegriffe der psychologischen Diagnostik*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Künkler, A. (2009). *Erfassung leistungsbestimmender Merkmale des Sportspiels Beachvolleyball. Analysen, Erkenntnisse, Strategieentwicklungen gegen die weltbesten Teams*. Duisburg - Essen: Universität Duisburg - Essen, Fachbereich Bildungswissenschaft.
- Lago, C. & Martin, R. (2007). Determinants of possession of the ball in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 25 (9), 969-974.
- Lago-Penas, C., Rey, E., Lago-Ballesteros, J., Casais, L. & Dominguez, E. (2009). Analysis of work-rate in soccer according to playing positions. *International Journal of Performance Analysis*, 9, 218-227.
- Lago-Penas, C., Lago-Ballesteros, J., Dellal, A. & Gomez, M. (2010a). Game-related statistics that discriminated winning, drawing and losing teams from the Spanish soccer league. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 288-293.
- Lago-Penas, C. & Dellal, A. (2010b). Ball Possession Strategies in Elite Soccer According to the Evolution of the Match-Score: the Influence of Situational Variables. *Journal of Human Kinetics*, 25, 93-100.
- Lago-Penas, C. & Lago-Ballesteros, J. (2011a). Game location and team quality effects on performance profiles in professional soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 465-471.

- Lago-Penas, C., Lago-Ballesteros, J. & Rey, E. (2011b). Differences in performance indicators between winning and losing teams in the UEFA Champions League. *Journal of Human Kinetics*, 27, 135-146.
- Lago-Penas, C. (2011c). Coach Mid-Season Replacement and Team Performance in Professional Soccer. *Journal of Human Kinetics*, 28, 115-122.
- Lames, M. (1994). *Systematische Spielbeobachtung*. Münster: Philippka Verlag.
- Lames, M. (1998). Leistungsfähigkeit, Leistung und Erfolg – ein Beitrag zur Theorie der Sportspiele. *Sportwissenschaft*, 28, 137-152.
- Leser, R. (2007). *Systematisierung und praktische Anwendung der computer- und digitalvideogestützten Sportspielanalyse*. Wien: Zentrum für Sportwissenschaft.
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1994). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz PVU.
- Lopes, J.E., Araujo, D., Duarte, R., Davids, K. & Fernandes, O. (2012). Instructional constraints on movement and performance of players in the penalty kick. *International Journal of Performance Analysis*, 12, 311-345.
- Loy, R. (1992). *Eine vergleichende Analyse des individualtaktischen Verhaltens von Mannschaften verschiedenen Leistungsniveaus (Jugend- und Professionalbereich)*. In W. Kuhn & W. Schmidt (Hrsg.), *Analyse und Beobachtung in Training und Wettkampf* (S. 162-172). Sankt Augustin: Academia.
- Loy, R. (2006). *Fußball - Taktik und Analyse (2)*. Hamburg: Czwalina.
- Martens, J. (2003). *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows (2. Aufl.)*. München: Oldenbourg.
- Mohr, M., Krstrup, P. & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21, 519-528.
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2008). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2011). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion (2. Aufl.)*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

- Mujika, I., Veaeuens, R., Matthys, S., Santisteban, J., Goiriena, J. & Philippaerts, R. (2009). The relative age effect in a professional football setting. *Journal of Sports Sciences*, 27(11), 1153-1158.
- Nopp, S. (2009). Systematische Spielanalyse im Fußballsport: ein wichtiger Bestandteil der Wissenschaft und der Praxis. *Forschung Innovation Technologie: das F.I.T.-Wissenschaftsmagazin der Deutschen Sporthochschule Köln*, 14(1), 24-28.
- O' Donoghue, P. (2010). *Research Methods for Sports Performance Analysis*. New York: Routledge.
- O' Donoghue, P. (2010). *Statistics for Sport and Exercise Studies. An Introduction*. New York: Routledge.
- O' Donoghue, P. & Ponting, R. (2005). Equations for the Number of Matches Required for Stable Performance Profiles. *International Journal of Computer Science in Sport*, 4 (1), 48-55.
- O' Donoghue, P., Rudkin, S., Bloomfield, J., Powell, S., Cairns, G., Dunkerley, A., ... Bowater, J. (2005). Repeated work activity in English FA Premiere League soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 5, 46-57.
- O' Donoghue, P., Papadimitriou, K., Gourgoulis, V. & Haralambis, K. (2012). Statistical methods in performance analysis: an example from international soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 12, 144-155.
- Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2008). *Quantitative Methoden | 2* (2. Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2010). *Quantitative Methoden | 2* (3. Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Redwood-Brown, A. (2008). Passing patterns before and after goal scoring in FA Premiere League Soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 8, 172-184.
- Redwood-Brown, A., O' Donoghue, P. Robinson, G. & Neilson, P. (2012). The effect of score-line on work-rate in English FA Premiere League soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 12, 258-271.
- Ridgewell, A. (2011). Passing patterns before and after scoring in the 2010 FIFA World Cup. *International Journal of Performance Analysis*, 11, 562-574.

- Rudolf, M. (2008). *Biostatistik. Eine Einführung für Biowissenschaftler*. München: Pearson Studium.
- Schendera, C. (2004). *Datenmanagement und Datenanalyse mit dem SAS-System*. München: Oldenbourg.
- Schlittgen, R. (2012). *Einführung in die Statistik. Analyse und Modellierung von Daten* (12. Aufl.). München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Schwarz, W. (2001). *Modellansatz zur sportwissenschaftlichen Systematisierung einer computergestützten Trainingsdiagnostik*. Dissertation, Universität Wien.
- Shafizadeh, M. (2008). Qualitative Analysis of Aggressive Behaviours in the Adolescent, Youth and Adult Soccer World Cups. *International Journal of Performance Analysis*, 8, 40-48.
- Shafizadeh, M., Gray, S., Sproule, J. & McMorris, T. (2012). An exploratory analysis of losing possession in professional soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 12, 14-23.
- Siegle, M. & Lames, M. (2010). The relation between movement velocity and movement pattern in elite soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 10, 270-278.
- Siegle, M. & Lames, M. (2012). Influences on frequency and duration of game stoppages during soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 12, 101-111.
- Stauche, H. (2008). *Normwerte der Testdiagnostik*. Jena: Universität Jena, Institut für Erziehungswissenschaft.
- Stiehler, G. (1962). Die freie Spielbeobachtung. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 1962 (11), 441-447.
- Stiehler, G., Konzag, I. & Döbler, H. (1988). *Theorie und Methodik der Sportspiele*. Berlin: Sportverlag.
- Tenga, A., Holme, I., Ronglan, L.T. & Bahr, R. (2010a). Effect of playing tactics on goal scoring in Norwegian professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 237-244.
- Tenga, A., Holme, I., Ronglan, L.T. & Bahr, R. (2010b). Effect of playing tactics on achieving score-box possessions in a random series of team possessions in Norwegian professional soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 245-255.

- Tenga, A. & Sigmundstad, E. (2011). Characteristics of goal-scoring possessions in open play: Comparing the top, in-between and bottom teams from professional soccer league. *International Journal of Performance Analysis*, 11, 545-552.
- Trölb, J. (2000). *Einführung in die Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung und in die Qualitätssicherung mithilfe von Mathcad*. Linz: Trauner Schulbuch Verlag.
- Tucker, W., Mellalieu, S. D., James, N. & Tayler, J. B. (2005). Game Location Effects in Professional Soccer: A Case Study. *International Journal of Performance Analysis*, 5, 23-25.
- Vescovi, J.D. (2012). Sprint profile of professional female soccer players during competitive matches. *Journal of Sports Sciences*, 30(12), 1259-1265.
- Weineck, J. (2004). *Optimales Fußballtraining* (4. Auflage). Nürnberg: Spitta Verlag.
- Winkler, W. (2000). Analyse von Fußballspielen mit Video- und Computerhilfe. In Winkler, W. & Reuter, A. (Hrsg.), *Computer- und Medieneinsatz im Fußball – Beiträge und Analysen zum Fußballsport X* (S. 63-77). Hamburg: Czwalina Verlag.
- Wright, C., Atkins, S., Polman, R., Jones, B. & Sargeson, L. (2011). Scoring Opportunities in Professional Soccer. *International Journal of Performance Analysis*, 11, 438-449.
- Yiannakos, A. & Armatas, V. (2006). Evaluation of the goal scoring patterns in European Championship in Portugal 2004. *International Journal of Performance Analysis*, 6, 178-188.
- Zöfel, P. (2000). *Statistik verstehen. Ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung*. Deutschland: Addison-Wesley Verlag.
- Zöfel, P. (2003). *Statistik für Psychologen*. München: Pearson Studium.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Strukturmodell leistungsbestimmender Faktoren im Fußball (Weineck, 2004, S. 138).....	12
Abb. 2: Prozess der Spielanalyse (Künkler, 2009, S. 46) .....	14
Abb. 3: Beispiele für eine Stabilsierung des Mittelwerts aus fiktiven Daten.....	19
Abb. 4: Stabilisierung eines fiktiven Mittelwerts in drei unterschiedlichen Toleranzbereichen .....	20
Abb. 5: Normalverteilungskurve mit Standardabweichung und eingeschlossener Kurve (Bortz, 2005, S. 43).....	31
Abb. 6: Häufigkeitsverteilung bestimmter fußballspezifischer Fachartikel zur Sportspielanalyse aus ausgewählten ISI-gerankten Zeitschriften ab dem Erscheinungsjahr 2000 .....	53
Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 1 – Erfolg im Fußball .....	55
Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 2 – Bewegungsprofile.....	56
Abb. 9: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 3 – Spielstand .....	57
Abb. 10: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 4 – Alterseffekt.....	58
Abb. 11: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 5 – Austragungsort.....	59
Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 6 – Elfmeterschießen .....	59
Abb. 13: Häufigkeitsverteilung der Unterkategorien in der Hauptkategorie 7 – Sonstige Faktoren .....	60
Abb. 14: Häufigkeitsverteilung der untersuchten Artikel (n=39) hinsichtlich der Hauptkategorien.....	61
Abb. 15: Bestimmung der Geschwindigkeitsschwellenwerte zweier Fortbewegungsarten (Siegle & Lames, 2010, S. 273) .....	71
Abb. 16: Ablauf einer Normierung (Kubinger & Jäger, 2003, S. 298).....	76
Abb. 17: Gebräuchliche Standardnormen unter der Annahme normalverteilter Testwerte (Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 182).....	81

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Optimale Stichprobenumfänge für verschiedenen Signifikanztests (Bortz & Döring, 2002, S. 613) .....	18
Tab. 2: Fiktive Mittelwerte (Mw), Standardabweichungen (SD) und Variationskoeffizienten (CV) für den Vergleich der beiden Verfahren von Hughes et al. und O' Donoghue und Pointing .....	22
Tab. 3: Anzahl der benötigten Spiele zur Stabilisierung der Mittelwerte innerhalb verschiedener Abweichungsgrenzen, getrennt nach den beiden Berechnungsverfahren von Hughes et al. und O' Donoghue und Pointing .....	22
Tab. 4: Vertrauensintervalle mit z–Werten für gängige Irrtumswahrscheinlichkeiten (Atteslander, 2010, S. 281) .....	23
Tab. 5: Eigenschaften der einzelnen Skalenniveaus und Darstellung der möglichen Lageparameter (Faude et al., 2008, S. 3) .....	27
Tab. 6: Auswahl inferenzstatistischer Tests zur Überprüfung von Unterschieden mit Anwendungsvoraussetzungen und Alternativtests (Leser, 2007, S. 86). In Klammern ist das entsprechende Kapitel angegeben.....	36
Tab. 7: $\chi^2$ - Verteilungen nach ausgewählten Signifikanzniveaus ( $p$ ) und Freiheitsgraden ( $d_f$ ) (Bortz & Döring, 2009, S. 800) .....	38
Tab. 8: Literaturverweis der Hauptkategorie 1 – Erfolg im Fußball .....	54
Tab. 9: Literaturverweis der Hauptkategorie 2 – Bewegungsprofile.....	56
Tab. 10: Literaturverweis der Hauptkategorie 3 – Spielstand .....	57
Tab. 11: Literaturverweis der Hauptkategorie 4 – Alterseffekt .....	58
Tab. 12: Literaturverweis der Hauptkategorie 5 – Austragungsort .....	58
Tab. 13: Literaturverweis der Hauptkategorie 6 – Elfmeterschießen .....	59
Tab. 14: Literaturverweis der Hauptkategorie 7 – Sonstige Faktoren .....	60

Tab. 15: Einteilung der untersuchten Leistungsvariablen, um Unterschiede zwischen Sieger- und Verliererteams aufzudecken, getrennt nach zwei unterschiedlichen Autoren ( <i>Kursiv</i> markierte Parameter werden nicht von beiden Autoren berücksichtigt!) .....	62
Tab. 16: Durchschnittliche Anzahl (Mediane) der geschossenen Tore aus dem Spiel heraus (insgesamt 997 Tore) hinsichtlich bestimmter „Ballbesitzvariablen“ von Topteams, durchschnittlichen und schwachen Teams (Tenga & Sigmundstad, 2011, S. 548).....	65
Tab. 17: Übersicht der verwendeten Parameter für die Bestimmung der erfolgversprechendsten einleitenden Offensivtechniken bzw. Offensivtaktiken (vgl. Yiannakos & Armatas, 2006) ....	66
Tab. 18: Übersicht der möglichen Offensivaktionen nach einer Balleroberung bzw. anschließenden Defensivverhaltens des Gegners (vgl. O' Donoghue et al., 2012, S. 146f.).....	68
Tab. 19: Vergleich der Bewegungsformen von Bradley et al. (2009) bzw. Siegle und Lames (2010) ..	72
Tab. 20: Übersicht der untersuchten Parameter mit Ball nach Carling (2010).....	74
Tab. 21: Berechnung des Prozentrangs aus beispielhaften Testwerten für die Anzahl der Ballkontakte zweier gegeneinander spielender Mannschaften (n=28 Spieler) .....	79
Tab. 22: Beispielhafte Klasseneinteilung für die Bewertung der Ballkontakte auf Basis von Prozenträngen während eines Fußballspiels .....	79
Tab. 23: Transformationsformeln der gebräuchlichsten Normwerte, ausgehend von einem z-Wert (vgl. Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 182 bzw. Kubinger & Jäger, 2003, S. 300) .....	81
Tab. 24: Berechnung von $z_v$ -Normwerten aus beispielhaften Testwerten für die Anzahl der Ballkontakte zweier gegeneinander spielender Mannschaften (n=28 Spieler).....	82
Tab. 25: Beispielhafte Klasseneinteilung für die Bewertung der Ballkontakte auf Basis von Standardwerten während eines Fußballspiels.....	83

# Anhang

## Anhang 1: Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung (Bühner & Ziegler, 2009, S. 804)

Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5389	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6386	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8079	0,8106	0,8133
0,9	0,8158	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8398
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9304	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9723	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990

**Anhang 2: Verteilungsfunktion der t-Verteilungen (Bühner & Ziegler, 2009, S. 805)**

<b>d<sub>f</sub> / α</b>	<b>0,800</b>	<b>0,850</b>	<b>0,900</b>	<b>0,950</b>	<b>0,975</b>	<b>0,990</b>	<b>0,995</b>
<b>1</b>	1,377	1,964	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
<b>2</b>	1,001	1,386	1,886	2,290	4,303	6,965	9,925
<b>3</b>	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
<b>4</b>	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
<b>5</b>	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
<b>6</b>	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
<b>7</b>	0,896	1,119	1,415	1,895	2,305	2,998	3,500
<b>8</b>	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
<b>9</b>	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
<b>10</b>	0,879	1,093	1,372	1,813	2,228	2,764	3,169
<b>11</b>	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
<b>12</b>	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
<b>13</b>	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
<b>14</b>	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,625	2,977
<b>15</b>	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
<b>16</b>	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,584	2,921
<b>17</b>	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,576	2,898
<b>18</b>	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
<b>19</b>	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,540	2,861
<b>20</b>	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
<b>21</b>	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
<b>22</b>	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
<b>23</b>	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
<b>24</b>	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
<b>25</b>	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
<b>26</b>	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
<b>27</b>	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
<b>28</b>	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
<b>29</b>	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
<b>30</b>	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,459	2,750
<b>40</b>	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,705
<b>60</b>	0,848	1,046	1,296	1,671	1,997	2,390	2,860
<b>120</b>	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617

**Anhang 3: Verteilungsfunktion der  $\chi^2$ -Verteilungen (Bühner & Ziegler, 2009, S. 812)**

<b>d<sub>f</sub> / <math>\alpha</math></b>	<b>0,9</b>	<b>0,95</b>	<b>0,975</b>	<b>0,99</b>	<b>0,995</b>
<b>1</b>	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
<b>2</b>	4,605	5,991	7,378	9,210	10,600
<b>3</b>	6,251	7,815	9,348	11,350	12,840
<b>4</b>	7,779	9,488	11,140	13,280	14,860
<b>5</b>	9,236	11,070	12,830	15,090	16,750
<b>6</b>	10,650	12,590	14,450	16,810	18,550
<b>7</b>	12,020	14,070	16,010	18,480	20,280
<b>8</b>	13,360	15,510	17,540	20,090	21,960
<b>9</b>	14,680	16,920	19,020	21,670	23,590
<b>10</b>	15,990	18,310	20,480	23,210	25,190
<b>11</b>	17,280	19,680	21,920	24,730	26,760
<b>12</b>	18,550	21,030	23,340	26,220	28,300
<b>13</b>	19,810	22,360	24,740	27,690	29,820
<b>14</b>	21,060	23,690	26,120	29,140	31,320
<b>15</b>	22,310	25,000	27,490	30,580	32,800
<b>16</b>	23,540	26,300	28,850	32,000	34,270
<b>17</b>	24,770	27,590	30,190	33,410	35,720
<b>18</b>	25,990	28,870	31,530	34,810	37,160
<b>19</b>	27,200	30,140	32,850	36,190	38,580
<b>20</b>	28,410	31,410	34,170	37,570	40,000
<b>21</b>	29,620	32,670	35,480	38,930	41,400
<b>22</b>	30,810	33,920	36,780	40,290	42,800
<b>23</b>	32,010	35,170	38,080	41,540	44,180
<b>24</b>	33,200	36,410	39,360	42,980	45,560
<b>25</b>	34,380	37,650	40,650	44,310	46,930
<b>26</b>	35,560	38,890	41,920	45,640	48,290
<b>27</b>	36,740	40,110	43,200	46,960	49,650
<b>28</b>	37,920	41,340	44,460	48,280	50,990
<b>29</b>	39,090	42,560	45,720	49,590	52,340
<b>30</b>	40,260	43,770	46,980	50,890	53,670
<b>40</b>	51,810	55,760	59,340	63,090	66,770
<b>60</b>	74,400	79,080	83,300	88,380	91,950
<b>80</b>	96,580	101,900	106,600	112,300	116,300

Anhang 4: Verteilungsfunktion der F-Verteilungen (Bühner & Ziegler, 2009, S. 806ff.)

Nenner - $d_f$	Fläche	Zähler - $d_f$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,90	39,90	49,50	53,60	55,80	57,20	58,20	58,90	59,40	59,90	60,20
	0,95	161,0	200,0	216,0	225,0	230,0	234,0	237,0	239,0	241,0	242,0
2	0,95	18,50	19,00	19,20	19,20	19,30	19,30	19,40	19,40	19,40	19,40
	0,99	98,50	99,00	99,20	99,20	99,30	99,30	99,40	99,40	99,40	99,40
3	0,95	10,10	9,55	9,28	9,12	9,10	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79
	0,99	34,10	30,80	29,50	28,70	28,20	27,90	27,70	27,50	27,30	27,20
4	0,95	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96
	0,99	21,20	18,00	16,70	16,00	15,50	15,20	15,00	14,80	14,70	14,50
5	0,95	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74
	0,99	16,30	13,30	12,10	11,40	11,00	10,70	10,50	10,30	10,20	10,10
6	0,95	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06
	0,99	13,70	10,90	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87
7	0,95	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64
	0,99	12,20	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72	6,62
8	0,95	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35
	0,99	11,30	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91	5,81
9	0,95	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14
	0,99	10,60	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35	5,26
10	0,95	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98
	0,99	10,00	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94	4,85
11	0,95	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85
	0,99	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,89	4,74	4,63	4,54
12	0,95	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75
	0,99	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,39	4,30
13	0,95	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67
	0,99	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10
14	0,95	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60
	0,99	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94
15	0,95	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54
	0,99	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80
20	0,95	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,31
	0,99	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,70	3,56	3,46	3,37

## Anhang 5: Gesamtreferenz und statistische Grundlagen aller untersuchten Fachartikel, unterteilt nach den Zeitschriften

Nummer	Titel	Autoren	Zeitschrift	Jahr	Seite	Stichprobe	Parameter	Testverfahren	Hinweise	Fragestellung	Kategorie
1	The relative age effect and success in German elite U17 soccer teams	Augste, C. & Lames, M.	Journal of Sports Sciences	Juni 2011	983-987	41 Teams (911 Spieler) aus 3 Ligen (NO, W, SW) der U17 in Deutschland in der Saison 2008/2009	*Geburtsmonat (unabhängige Variable) * Tabellenrang (abhängige V.) am Ende der Saison für Erfolg (beinhaltet erzielte/erhaltene Tore bzw. erreichte Punkte)	*Median der Geburtsdaten und Effektstärke des Alterseffektes; *KS-Test: Statistische Signifikanz des Alterseffektes; *Lineare Regression: Einfluss des Geburtsmonats auf die Erfolgsvariablen; *Spearman: Zusammenhang zwischen Alterseffekt und Erfolg;	* Weiterer adäquater Test = $\chi^2$ -Test! * KS höhere Power als $\chi^2$ bei konstanten Freiheitsgraden bei vierteljährlichem Vergleich.	Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Spielalter und dem Erfolg im Fußball?	HK 4
2	The relative age effect in a professional football setting	Mujika, I., Veaeyens, R., Matthys, S., Santisteban, J., Goiriena, J. & Philippaerts, R.	Journal of Sports Sciences	Sep.09	1153-1158	Insgesamt 13519 baskische Spieler! 4 Gruppen nach Alter und Level: *Senioren (114) -21 Profisaisonen; 2005-2006: * Elite U18 (189) * Regionale U11-U14 (4382) * Schule U10-U11 (8834) Zusätzlich: 334 in Spanien geborene Senioren aus den gegn. Teams	*Geburtsquartile (1=Jän-Mär; 2=Apr-Juni, 3=Jul-Sept, 4=Okt-Dez); *4 Gruppen (Senior, Elite, Regional, Schule) = charakterisiert Spielerqualität	* $\chi^2$ Test: Unterschiede hinsichtlich des Alterseffektes zwischen den einzelnen Gruppen mit Berücksichtigung der Geburtsquartilverteilung *Berechnung von Quotenverhältnissen (Odd Ratio) und 95% Konfidenzintervallen	*Odd Ratios und 95% Konfidenzintervalle für Quartilsverteilungen zur Bestimmung von US in den Subgruppen bezüglich der Verteilung der Geburtsmonate. * Odd Ratio vergleicht Verteilung eines speziellen Quartils (1,2 oder 3) mit Referenzquartil 4 jeder Gruppe.	Gibt es Unterschiede im Alterseffekt von Fußballern hinsichtlich deren individueller Leistungsfähigkeit?	HK 4 - UK 13
3	Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches	Di Salvo, V., Baron, R., Conzales-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F. & Bachl, N.	Journal of Sports Sciences	Dez.10	1489-1494	67 Spiele der Champions League und UEFA Cup zwischen 2002 und 2006; 1325 Spieler aus 20 Ländern	*totale Anzahl der Sprints (nur größer 25.2 km/h), * totale Sprintdistanz, * Sprintart (explosiver Sprint oder Steigerungslauf bis zum Sprint), * Spielerposition (5 UT), * Distanzkategorien (5 UT)	*Kruskal Wallis Test: Ob Unterschiede zwischen den Positionen! • Wenn Unterschiede -> U-Test; * Bonferroni Korrektur: Verwendung um Fehler 1.Art (Alpha) zu neutralisieren (p > 0.05) * Testen der H0 durch Messung der Effektstärke mittels Cohen's d	*Spielerpositionen (n): IV (286), AV (255), ZM, (319), AM (222), ST (243) * Distanzkategorien: 0-5m, 5.1-10m, 10.1-15m, 15.1-20m, >20m	Wie unterscheiden sich die Sprintprofile männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen?	HK 2 - UK 8

4	Sprint profile of professional female soccer players during competitive matches	Vescovi, J.D.	Journal of Sports Sciences	Aug.12	1259-1265	71 Spielerinnen (VT=29; MF=26, ST=16) wurden 1-5mal während 12 Spielen analysiert (Profiliga in der USA)	<p><i>*Anzahl der Sprints, *Sprintdauer (SDa), *Sprintdistanz (SD), *Sprintgeschwindigkeit (4 Zonen), *Maximalgeschwindigkeit (MG), *Dauer zwischen den Sprints (DzS), *Spielerposition (VT, MF, ST) *Verhältnis zur totalen Sprintdistanz *Halbzeiten</i></p>	<p>• <u>Einfache Varianzanalyse</u> (Zweigruppenvergleich zw. der SDa, SD, MG und der DzS hinsichtlich der drei Positionen und vier Zonen); • <u>Post-Hoc Scheffe's Test</u>: Welche Gruppen genau unterscheiden sich voneinander?; • <u>mehrfaktorielle ANOVA</u>: Vergleich der Daten zw. den Positionen und Halbzeiten; • Berechnung der <u>Effektstärke mittels Cohens' d</u></p>	<p>*Sprint: Geschwindigkeit &gt;= 18km/h; *Sprintgeschwindigkeit: Zone1: 18-20.9km/h; Zone2: 21-22.9km/h; Zone3: 23-24.9km/h Zone4: &gt;25km/h</p>	Wie unterscheiden sich die Sprintprofile weiblicher Fußballerinnen hinsichtlich der Spielerpositionen und den beiden Halbzeiten?	HK 2 - UK 9
5	Effect of playing tactics on goal scoring in Norwegian professional soccer	Tenga, A., Holme, I., Ronglan, L.T. & Bahr, R.	Journal of Sports Sciences	Feb.10	237-244	1688 zufällig ausgewählte Ballbesitze bei 163 von 182 Spielen der Profiliga in Norwegen in der Saison 2004. 203 (43%) von totalen 476 Toren wurden analysiert, wobei 106 (52%) nach Tiki Taka und 97 Tore (48%) nach einem kontinuierlichen Spielaufbau erfolgten.	<p><u>Abhängig</u>: <i>*Ballbesitzausgang</i> (Torerfolg oder kein Torerfolg); <u>Offensiv unabh. V.</u>: <i>*Ballbesitztype</i> („Tiki Taka“ oder kontin. Spielaufbau), <i>*Startzone</i> (1., 2., 3. Drittel); <i>*Passanzahl</i> (wenige vs. viele Pässe im Ballbesitz), <i>*Passlänge</i> (kurz/lang), <i>*Lochpässe</i> (durch die Abwehr oder über die Seite); <i>*Passart</i> (Fuß oder Raum); <u>Defensiv unabh. V. (ordinal)</u>: <i>*Defensivabstand, *Defensivsicherung, *Defensivdeckung</i></p>	<p><u>*Chi<sup>2</sup> - Test</u>: ob US zw. „Tiki Taka“ und kontinuierlicher Spielaufbau hinsichtlich des Torerfolges; <u>*Multiple logistische Regression mithilfe von Quotenverhältnissen (OR) und 95% Konfidenzintervallen (KI)</u>: ZH zwischen abh. V. (Ballbesitzausgang) und 6 unabh. Offensivvariablen mit je zwei Ausprägungen; <u>*Univariate Analyse</u>: ZH zw. den einzelnen V. und der WK für ein Tor; <u>*Multivariate Analyse</u>: Überprüfung aller Variablen in einem Schritt;</p>	<p>*Defensivabstand = Distanz zum gegnerischen Spieler bei der Ballannahme (&lt;1.5m) * Defensivsicherung = ob im eigenen Sechzehner gedoppelt wird (innerhalb von 5m) * Defensivdeckung = Raumdeckung eines zweiten/dritten VT bei Versuch der Balleroberung des ersten/zweiten VT.</p>	"Direktspiel" vs. „Ballbesitzspiel“ - was ist effektiver?	HK 1 - UK 2 b)

6	Effect of playing tactics on achieving score-box possessions in a random series of team possessions in Norwegian professional soccer matches	Tenga, A., Holme, I., Ronglan, L.T. & Bahr, R.	Journal of Sports Sciences	Feb.10	245-255	1703 zufällig ausgewählte Ballbesitze (Tiki Taka = 695, konti. Spielaufbau = 1008) bei 163 von 182 Spielen der Profiligena in Norwegen in der Saison 2004.	<p><u>Abhängig:</u>  *Ballbesitzausgang (im Sechzehner bzw. nicht im Sechzehner); <u>Offensiv unabh. V.:</u> *Ballbesitz type (Direktspiel oder Ballbesitzspiel), *Startzone (1., 2., 3. Drittel), *Passanzahl, *Passlänge, *Lochpässe (durch die Abwehr oder über die Seite), *Passart (am Fuß oder in den Raum); <u>Defensiv unabh. V. (ordinal):</u>  *Defensivabstand, *Defensivsicherung, *Defensivdeckung</p>	<p>*Chi<sup>2</sup> - Test: ob US zw. Tiki Taka und kont. Spielaufbau hinsichtlich der Erfolgswahrscheinlichkeit (EWK) für einen Ballbesitzes im gegnerischen Sechzehner bzw. zusätzlich auch, ob US. gegen eine gute und schlechte Abwehr separat; *Multiple logistische Regression mithilfe von QR und 95% KI; ZH zwischen abh. V. und 6 unabh. Offensivvariablen mit je zwei Ausprägungen; *Univariate Analyse: ZH zw. den einzelnen V. und der EWK für einen Ballbesitz im 16er; *Multivariate Analyse: ZH zw. jeder einzelnen unabh. V. und der EWK für einen Ballbesitz im 16er in Abhängigkeit der anderen unabh. V.;</p>	<p>*Defensivabstand = Distanz zum gegnerischen Spieler bei der Ballannahme (&lt;1.5m)  * Defensivsicherung = ob im eigenen Sechzehner gedoppelt wird (innerhalb von 5m)  * Defensivdeckung = Raumdeckung eines zweiten/dritten VT bei Versuch der Balleroberung des ersten/zweiten VT.</p>	Welche taktische Spielweise ermöglicht ein wiederholtes Eindringen in den gegnerischen Sechzehner?	HK 1 - UK 2 c)
7	Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer	Carling, C., Le Gall, F. & Dupont, G.	Journal of Sports Sciences	Feb.12	325-336	80 Spiele der französischen 1. Liga während 4 Saisonen (2007-2011); Insgesamt 20 Spieler (je 4 pro Position) -> totale 353 analysierte Aktionen (IV=73, ZM=73, AV + AM=80, ST=50); ZM durchschn. je 90min am Platz, ST - 83min); weitere 25 Aktionen von Spielern, die nur 75min während eines Spiels am Platz standen;	<p>*durchschnittliche Erholungsdauer zwischen aufeinanderfolgenden Sprints (&lt;=20s, &lt;=30s, 31-60s, &gt;=61s); *max. Anzahl der Sprints je Zeitperiode (1-2min, 6-9min, 10-15min) *Prozentanteil der Aktivität in der Erholungszeit (Stehen, Gehen, Joggen, Laufen); * Anzahl der Sprints und die Erholungszeit pro Sprintperiode; *d. und max. Geschwindigkeit, Dauer und Distanz eines Sprint; *Spielerposition 5 UT);</p>	<p>*Einfache ANOVA: ob US der Leistungsvariablen zwischen den Positionen; *Zweifache ANOVA: ob US zwischen den Positionen hinsichtlich der durchschn. Dauer in den jeweiligen Aktivitäten in der Erholungszeit bzw. ob US in der Häufigkeit von Erholungsperioden zwischen aufeinanderfolgenden Sprints hinsichtlich der Positionen; *Univariate Analyse mit Bonferroni - Korrektur; für Paarvergleiche; * Unabhängiger t - Test: ob sign. US zwischen kleinsten und größten Wert hinsichtlich der Leistungsvariablen;</p>	<p>*Aktivitäten: Stehen = 0-0.6km/h, Gehen= 0.7-7-1km/h, Joggen = 7.2-14.3km/h, Laufen= 14.4-19.7km/h; *Sprint = Geschw. &gt;= 19.8km/h über eine minimale Dauer von 1s; * Sprintperiode = minimal 3 aufeinanderfolgende Sprints mit &lt;=20s Erholung zwischen den Sprints; * Erholungszeit = Zeit zwischen den Sprints; *Spielerposition= IV, AV, ZM, AM, ST;</p>	Wie unterscheiden sich die Sprintprofile männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen?	HK 2 - UK 8

8	Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team	Carling, C.	Journal of Sports Sciences	Feb.10	319-326	28 Spieler (AV=5, ZV=5, AM=6, ZM=6, ST=6); Insgesamt 228 Aktionen (AV = 49, ZV = 59, AM = 35, ZM = 63, ST = 22) in 30 Spielen (19 Heim, 11 AW) der 1. franz. Liga von 2007-2009;	*Zgl. Laufdistanz mit Ball, *Spielerposition, *Geschwindigkeitsstufen (4 UT), *Zeitintervalle (6 UT), *Höchstgeschwindigkeit im Ballbesitz, *d. Speed aller Laufleistungen mit Ball, *d. GS bei der Ballannahme, *d. Anzahl der Ballbesitze, *d. Dauer im Teamballbesitz, *d. Anzahl der Berührungen im Ballbesitz, *d. Dauer pro individuellen Ballbesitz, *d. Entfernung zum nächsten Gegner bei Ballannahme; *Halbzeiten (2 UT);	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Einfache Varianzanalyse</u>: ob US bzgl. der durchschn. Laufleistungen in den jeweiligen Positionen.</li> <li>• <u>Zweifache Varianzanalyse</u>: ob US in der d. zgl. Laufdistanz mit Ball in jeder Geschwindigkeitsstufe zwischen den Positionen; ... ob US in der totalen zgl. Laufdistanz mit Ball zwischen den drei Zeitintervallen je HZ;</li> <li>• <u>Dreifache Varianzanalyse</u>: ob US in der d. zgl. Laufdistanz mit Ball in jeder Geschwindigkeitsstufe zwischen den Positionen pro Halbzeit</li> <li>• <u>Univariate Analyse mit Bonferroni Korrektur</u>: für Paarvergleiche;</li> </ul>	*Geschwindigkeitsstufen: 0-11km/h (sehr langsam) 11.1-14km/h (langsam) 14.1-19km/h (normal) >19.1km/h (schnell, sprinten) *Zeitintervalle: 0-14.59min; 15-29.59min; 30-44.59min; 45-59.59min; 60-74.59min; 75-90min	Wie sieht das Bewegungsprofil eines ballführenden Fußballers aus?	HK 2 - UK 7 II)
9	Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football	Faude, O., Koch, T. & Meyer, T.	Journal of Sports Sciences	Apr.12	625-631	Vorangehende Aktionen von 360 Torschützen bzw. 322 (38 Tore nämlich nach Standards) Assistgeber. (Zweite Saisonhälfte im Jahre 2007/08 der höchsten Liga in Deutschland)	Für Torschütze und Torassistgeber: Tor nach *Rotation, *gerade Sprints, *Sprint mit Richtungswechsel, *Sprung, *Kombination dieser Aktionen, *Ballbesitztype (kontinuierlicher Spiel-aufbau oder „Tiki Taka“); *Spielerposition (3 UT);	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Absolute und relative Häufigkeiten</u> der deskriptiven Daten bzw. <u>Häufigkeitstabellen</u> (95% Konfidenzintervall für relative Häufigkeiten)</li> <li>• <u>Chi<sup>2</sup> - Test</u>: ob Unterschiede zwischen den absoluten und relativen Häufigkeiten bzgl. des Auftretens der Variablen (<math>p &lt; 0.05</math>)</li> </ul>	*Positionen: VT, MF, ST *Parameter für weitere US: Vergleich erfolgreiche und nicht erfolgreiche Torschüssen; Zone, wo die Schüsse abgegeben wurden, Einfluss der Spielzeit (spez. Ermüdung) bzw. des Tabellenplatzes.	Gibt es signifikante Unterschiede bezüglich jener Aktion, die zu einem Tor führt, hinsichtlich der Spielerpositionen?	HK 1 - UK 2 a)
10	High-intensity running in English FA Premier League soccer matches	Bradley, P.S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas P. & Krustup, P.	Journal of Sports Sciences	Jan. 09	159-168	28 Spiele der Premiere League 2005-2006; Insgesamt 370 Spieler (92 IV, 84 AV, 80 ZM, 52 AM, 62 ST)	*Geschwindigkeitsstufen (6 UT); *Intensiver Lauf (laufen-sprinten) bzw. sehr intensiver Lauf (schnelles laufen-sprinten) mit und ohne Ball; *max. intensive Laufdistanz; *zgl. Distanz, Anzahl der Sprints und Dauer in jeder Stufe; *d. Erholungszeit; *max. Geschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Normalverteilungsüberprüfung durch <u>Z-Standardisierung</u>; *<u>Abhängiger t - Test</u>: ob US der Leistungsvariablen zwischen den Spielhälften; *<u>Einfache ANOVA mit Messwiederholung</u>: ob US der Variablen hinsichtlich 5, 15 und 45min Zeitintervallen;</li> <li>*<u>Tukey's Post-Hoc-Test</u>: US welcher Variablen genau;</li> </ul>	*Geschwindigkeitsstufen: stehen (0-0.6km/h), gehen (0.7-7.1), joggen (7.2-14.3), laufen (14.4-19.7), schnelles laufen (19.8-25.1), sprinten (>25.1); *max. intensive Laufdistanz = zgl. Distanz in jenen 5min, in denen am öftesten ein intensiver Lauf stattfand;	Welche Unterschiede gibt es im Bewegungsprofil männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen?	HK 2 - UK 7

11	Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue	Mohr, M., Krustup, P. & Bangsbo, J.	Journal of Sports Sciences	Jan.03	519-528	<p>*18 Stammspieler (Durchschnittsalter = 26.5 Jahre) aus der Serie A (<u>Topspieler, TS</u>) *24 aus der dänischen ersten Liga (<u>Durchschnittsspieler, DS</u>); Analyse von 7 Spielen in zwei aufeinanderfolgenden Saisonen; *13 Ersatzspieler;</p>	<p>*<u>Geschwindigkeitsstufen</u> (8 UT); *<u>Anzahl und Dauer jeder Stufe in 5,15,45,90 Perioden</u>; *Zgl. <u>Distanz in jeder Stufe in jeder Periode</u> = Produkt der Dauer und d. Geschwindigkeit in der jeweiligen Stufe; *<u>max. Distanz für &gt;=18km/h pro 5min Periode</u>; *<u>Anzahl der Kopfbälle und Fouls pro Hälfte</u>;</p>	<p>*<u>Abhängiger t - Test</u>: ob US in den Leistungsvariablen zw. den Spielhälften; *<u>Unabh. t-Test</u>: US zwischen TS und DS; *<u>Einfache ANOVA</u>: US zwischen den Positionen; *<u>Einfache ANOVA mit Messwiederholung</u>: ob US der Variablen hinsichtlich 5, 15 und 45min Zeitintervallen; *<u>Tukey's Post-Hoc-Test</u>: um herauszufinden, welche Variablen genau TS von DS unterscheiden; *<u>Variationskoeffizient</u>: Messung der intra-individuellen Variation des intensiven Laufens (&gt;15km/h) und totalen zgl. Laufdistanz</p>	<p>* Geschwindigkeitsstufen: Stehen (0km/h), gehen (6km/h), joggen (8km/h), langsames laufen (12km/h), laufen (15km/h), schnelles laufen (18km/h), sprinten (30km/h), rückwärts laufen (10km/h); *Positionen: IV (11), AV (9), MF (13), ST (9);</p>	Welche Unterschiede gibt es im Bewegungsprofil männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen?	HK 2 - UK 7
12	Kicks from the penalty mark in soccer: The roles of stress, skill, and fatigue for kick outcomes	Jordet, G., Hartmann, E., Visscher, C. & Lemmink Koen, A.P.M	Journal of Sports Sciences	Jan. 07	121-129	<p>*409 Elfmeter aus Entscheidungsspielen der WM, EM und Copa Amerika von 1976 - 2004.</p>	<p>1 abhängige Variable: *<u>Elfmeterausgang</u> (Tor / kein Tor); 5 unabhängige V: *<u>Wettbewerb</u> (WM, EM..); *<u>Schützensnummer</u>; *<u>Alter des Spielers</u> (3UT); *<u>Position</u> (VT+GK,MF,ST); *<u>Spielzeit des Schützen</u> (3UT);</p>	<p>*<u>Univariate logistische Regressionsanalyse</u>: ZH zwischen den einzelnen Variablen. und dem Elfmeterausgang; *<u>Multivariate log. Regressionsanalyse + OR</u>: ZH zwischen Wettbewerb bzw. unabhängige Variablen und Elfmeterausgang;</p>	<p>*Wettbewerb, Schützensnummer = um Stresskomponente zu untersuchen; *Spielzeit= Erschöpfungserscheinung *Alter: 18-22,23-28,29-35; *Spielzeit: 91-120, 31-90,1-30</p>	Welche Rolle spielen psychische und physische Faktoren beim Elfmeterschießen?	HK 6 - UK 18
13	Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer	Hughes, M. & Franks, I.	Journal of Sports Sciences	Mai.05	509-514	<p>* WM 1990 (24 Teams, 52 Spiele); * WM 1994 (32 Teams, 64 Spiele)</p>	<p>*Tore; *Anzahl der Pässe/pro Ballbesitz, *Frequenz (Dauer) einer Passfolge, *Torschüsse, *Torschüsse/pro Passanzahl, *Tore pro 1000 Passfolgen; *Teamqualität (erfolgreich, nicht erfolgreich)</p>	<p>* <u>Deskriptive A</u>: Säulen- bzw. Liniendiagramme; * <u>Regressionsanalyse</u>: ob ZH zwischen erfolgreichen und nicht erfolgreichen Teams; *<u>Unabh. t-Test</u>: US zwischen den beiden WM's bzw. zwischen erfolgr. und nicht erfolgr. Teams hinsichtlich separater Leistungsvariablen (z.B. US zw. der Häufigkeit an Torschüssen nach d.. 0-4 bzw. 5-8 Pässen pro Ballbesitz);</p>	<p>Teamqualität: erfolgreiche Teams = 8 Viertelfinalisten; nicht erfolgreiche Teams = jene Teams, die in der ersten Gruppenphase ausgeschieden sind;</p>	Welches Passverhalten (kurz/lang, direkt/indirekt, usw.) führt am ehesten zu einem Torerfolg?	HK 1 - UK 4

Nummer	Titel	Autoren	Zeitschrift	Jahr	Seite	Stichprobe	Parameter	Testverfahren	Hinweise	Fragestellung	Kategorie
1	Statistical methods in performance analysis: an example from international soccer	O' Donoghue, P., Papadimitriou, K., Gourgoulis, V. & Haralambis, K.	International Journal of Performance Analysis	2012	144-155	9 Spiele der Euro2004 in Griechenland und der WM2010. Insgesamt wurden 2198 Matchaktionen während diesen Spielen analysiert.	13 Offensivaktionen: *Torschuss; *Direktpässe; *angekommene Pässe; *gegnerische Fouls; *Ballverlust bei Pass, Schuss bzw. Dribbling; *verlorene Zweikämpfe; *direkter Fehlpass; *schlechter Pass (Ball bleibt aber im Ballbesitz); *Ballverlust bei Ballannahme; *Befreiungsschläge; *gute Einzelaktion (Torchance); *schlechte Einzelaktion (Spieler hätte abspielen müssen); *Flanken; 3 V. zum Defensivverhalten: *Verteidigung durch einen Spieler (VSp) *V. durch zwei Spieler *V. durch keinen Spieler.	*Interrater-Reliabilitätsüberprüfung: 3 Spiele durch einen Beobachter und einen Experten zweimal (2. drei Wochen später); *Chi <sup>2</sup> -Test: ZH zwischen den Offensivaktionen und AZ. der VSp.; *Post-Hoc Chi <sup>2</sup> - Tests (13mal): Bei Signifikanz des chi <sup>2</sup> für jede Offensivaktion; Kreuztabelle: AZ der VSp + dichotome V. für jede Offensivaktion; * Shapiro-Wilk Tests (39): NV-Überprüfung; *Friedman Test (13): Vergleich der Häufigkeit jeder Offensivaktion bezogen auf die AZ d. VSp. *Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (39): Bei Signifikanz des Friedman -> Vergleich der drei V. zum Defensivverhalten	Zweck der Studie ist es: * ...die Auswirkungen der Anwendung eines ungeeigneten chi <sup>2</sup> Tests zu zeigen. * ... welche Auswirkung die Anzahl gegnerischer Spieler, die auf den Ballführenden Druck ausüben, auf die Wahl der Offensivaktion hat. * Reliabilität: max. Abweichung von 5 *Aktion = zwei nominalskalierte V. -> jeweilige Offensivaktion + Anzahl der Verteidigungsspieler * Post-Hoc (L=13) + Wilcoxon (39): $\alpha = 1 - e^{-\ln(0.95)/L}$ (L...Anzahl der verw. Tests)	Wie sehr beeinflusst die Anzahl der Gegenspieler, die auf den Ballführenden Druck ausüben, dessen Spielverhalten?	HK 1 - UK 6
2	Characteristics of goal-scoring possessions in open play: Comparing the top, in-between and bottom teams from professional soccer league	Tenga, A. & Sigmundstad, E.	International Journal of Performance Analysis	2011	545-552	Insgesamt 997 Tore aus dem Spiel heraus, d.h. keine Standardtore (256 Tore durch Top3-Teams, 604 T. von Mittelfeld- und 137 T. von letzten 3 Teams laut Tabelle) der norwegischen ersten Liga aus den Saisonen 2008, 2009 und 2010.	*Ballbesitztype: Direktspiel vs. kontinuierlicher Spielaufbau (Ballbesitzspiel) * Anzahl der Pässe: 0-4 Pässe; >= 5 Pässe; * Ballbesitzdauer: 0-5s; 6-11s; >=12s; * Startzone des Ballbesitzes: Verteidigungsdrittel, mittleres Drittel, Angriffsdrittel; *Teameinteilung, je nach Endplatzierung: Top3, Mittelfeld, letzten 3 T.	• Inter – Reliabilität durch Cohen's Kappa ; • Kruskal Wallis H-Test: US der durchschn. Anzahl der geschossenen Tore aus dem Spiel heraus zwischen den Endplatzierungen (H0 testen) *Mann-Whitney U-Test mit Berücksichtigung der Bonferroni Korrektur: Bei US in der Endplatzierung-> Vergleich einzelner Paare zw. den verschiedenen Endplatzierungen; • H0 = Es gibt keinen US der geschossenen Tore aus dem Spiel heraus zwischen den drei Teameinteilungen.	*Kruskal Wallis H-Test: p<0.05; *U Test: p<0.017; * Kappa: 0.62-0.8	Welche technischen und taktischen Fähigkeiten unterscheiden Topteams von schwächeren Teams?	HK 1 - UK 1

3	Scoring Opportunities in Professional Soccer	Wright, C., Atkins, S., Polman, R., Jones, B. & Sargeson, L.	International Journal of Performance Analysis	2011	438-449	1788 Aktionen, von denen 167 zu einem Tor führten (Premiere League).	*Torerfolg (Tor oder kein Tor); *Position des Spielers beim Torschuss (6UT); *Schusstype (Fuß, Kopf oder Körper); *Chanceinleitung (9 UT: z.B. tödlicher Pass, Einwurf, Ballbesitzwechsel, nach Unterbrechung = Standard); *Spielerdichte; *Tormannposition; *Assisttype vor dem Torversuch; *Position des Assists; *Position der Annahme des Passes vom Assistsgeber; *Anzahl der Pässe bis zum Torschuss	*Interobserver-Reliabilitätsüberprüfung durch Überprüfung der Beibehaltung der exakten Variablendefinitionen von zwei Testern; *Interrater-RÜ: 45min von 4 Spielen über 4 Wochen von jedem einzeln untersucht. *Deskriptive Statistik: totale Häufigkeit/ Prozentanteile der Tore und Torversuche; *Binäre logistische Regression: ZH zw. Torerfolg (abh. V) und 7 Kovarianzen bestehend aus 27 Einflussvariablen mittels OR;	*Ziel der Studie war es jene Parameter zu erforschen, die für einen Torerfolg bzw. eine Torchance ausschlaggebend sind! *Spielerdichte = wie viele VT und ST zwischen dem Tormann und Schützen stehen; *Assisttype vor dem Torversuch = aus dem Spiel heraus am Boden bzw. in der Luft, ruhender Ball am Boden bzw. in der Luft * Kappa = zw. 0.75-0.96;	Welche technischen und taktischen Fähigkeiten zeichnen erfolgreiches Spiel im Fußball aus?	HK 1
4	Relative age effect amongst footballers in the English Football League 2010-2011	Flemming, J. & Flemming, S.	International Journal of Performance Analysis	2012	361-372	2828 Profifußballer (Premiere League, 1.Liga, 2.Liga, English Championship) in der Saison 2009-2010	*Geburtsmonat (12 UT); *Geburtsquartal (4 UT) *Liga (4 UT)	*Chi <sup>2</sup> Anpassungstest: ob sign. US innerhalb einer Liga und ob US zwischen zwei oder mehreren Ligen;	*Geburtsdaten von 2010-2011 (Sky); * Untersucht wurde der Alterseffekt innerhalb der vier Ligen und ob US zwischen den vier Ligen; * Geburtsquartal (Sept-Nov, Dez-Feb, März-Mai, Juni-Aug) * Freiheitsgrade=11	Gibt das Durchschnittsalter der Spieler einer Mannschaft Aufschluss auf deren Teamqualität?	HK 4 - UK 14
5	Passing patterns before and after scoring in the 2010 FIFA World Cup	Ridgwell, A.	International Journal of Performance Analysis	2011	562-572	Insgesamt 145 Tore in 58 Spielen, wobei 6 Spiele torlos endeten. * 121 Tore (siehe Hinweis) wurden analysiert!	Daten für 5min vor/nach dem geschossenen Tor für beide Teams bzw. d. Wert für die Halbzeit (je 5min des Spiels) in der das Tor erzielt wurde: * Totale Anzahl der Pässe; * Prozentanteil (PA) der angekommenen Pässe; * Ballbesitzzeit; *Anzahl der Pässe pro Spieldrittel (VT-, MF-, Angriffsdrittel); *PA der angekommenen Pässe pro Spieldrittel; *Ballbesitzzeit pro Drittel; * Änderung des Spielstandes	*Reliabilität: Analyse des Ballbesitzes im Zeitraum 5min vor / nach einem Tor durch zwei unabhängige Beobachter; (Kappa=0.89); * KS-Test für NV (72mal); * Friedman Test: Vergleich der Variablen für beide Teams für jene HZ, in der das Tor erzielt wurde und 5min vor/nach Tor; * Post-Hoc Wilcoxon Vorzeichen Rang Test mit Bonferroni: Bei Signifikanz -> Vergleich von einzelnen Variablenpaaren	*Tore, die in den ersten 5min bzw. in den letzten 5min des Spiels erzielt wurden, sind von der Studie ausgeschlossen. (24 Tore) * 47 von 72 normalverteilt --> Anwendung von nichtparametrischen Tests!!! *Änderung des Spielstandes = z.B. von 0:0 auf 1:0, usw.	Welche Auswirkungen hat eine Spielstandsänderung auf das Passverhalten und somit auch auf den Ballbesitz einer Mannschaft?	HK 3 - UK 10

6	An exploratory analysis of losing possession in professional soccer	Shafizadeh, M., Gray, S., Sproule, J. & McMorris, T.	International Journal of Performance Analysis	2012	14-23	32 Nationalmannschaften von der WM2006 und 23 Nationalteams von der WM2010; *Ein Match pro Team in der ersten Runde	<p>Alle Variablen repräsentieren einen Ballverlust mit je 3 UT (Technische Umsetzung, Stresssituation, Geschwindigkeits- und Timingproblem):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Unerlaubte Aktion;</li> <li>* Direktspiel; *Ballkontrolle;</li> <li>* Eigensinnigkeit;</li> <li>* Mitspielerwahl;</li> <li>* Passwahl;</li> <li>* Missverständnis</li> <li>* <u>mangelnde Technik (nicht reliabel -&gt; also nicht weiter berücksichtigt!!!)</u></li> </ul>	<p><u>*Inter- und Intra-Reliabilität mittels Kappa:</u> Überprüfung der Variablendefinitionen bei einem Match durch zwei Beobachter (alles außer mangelnde Technik!) →Kappa=0.75;</p> <p><u>* Bestimmung der relativen bzw. absoluten Häufigkeiten</u> aller einzelnen V. für alle Teams</p>	<p>*Unerlaubte Aktion = Ballverlust durch Foul, Handspiel, usw.;</p> <p>*Direktspiel = Ballverlust (BV) durch Direktspiel, obwohl man genug Zeit gehabt hätte;</p> <p>*Ballkontrolle = BV durch schlechte Ballannahme oder nach schlechtem Pass; * Eigensinnigkeit= BV durch zu spätes Abspiele; *Mitspielerwahl= BV durch Anspiel eines gedeckten anstelle eines ungedeckten Mitspielers;</p> <p>*Passwahl = BV durch zu kurzen/weiten oder flachen/hohen Pass (Falscheinschätzung der Distanz bzw. Flugbahn des Balles);</p>	Welche physischen und psychischen Faktoren sind die Hauptgründe für einen Ballverlust?	HK 1 - UK 3 i)
7	Knowledge Representation and Pattern Recognition Skills of Elite Adult and Youth Soccer Players	Evans, D. J, Whipp, P. & Lay, B. S	International Journal of Performance Analysis	2012	208-221	U21 Nationalteamspieler Australiens (n=8, Altersdurchschnitt = 19.2, d. 12.3 Jahre Fußballerfahrung = 304 Spiele); U16 Teamspieler (n=8, Alter = 15, Erfahrung = 6.8 Jahre = 112 Spiele)	<p>*Altersgruppe (2UT); *mögl. <u>Angriffsaktionen</u> (4 UT: #frühe Flanke in den Strafraum; #kurze schnelle Pässe; #Einlaufen eines dritten Spielers hinter die Abwehr; #lange Wechselläufe); <u>Drei Kategorien:</u></p> <p>*<u>Torkonzept</u> (Subkat: Gedanken über eigenen Fertigkeiten (z.B. guter Kopfball) oder über den Gegner (Idee war es, Druck auf den Gegner auszuüben);</p> <p>*<u>Voraussetzungskonzept</u>;</p> <p>*<u>Aktionskonzept</u> (Subkat. für VSK und AK: eine oder mehrere Aktionen angewendet) *<u>Kombination mehrerer Konzepte</u>;</p>	<p><u>*Inter- und Intra-Reliabilität</u> durch zwei unabhängige Beobachter (85% bzw. 88%);</p> <p>*<u>Mann-Whitney U-Test</u>; weil keine NV der Daten und kleinem Stichprobenumfang; Analyse der totalen Anzahl der Tore, Konzepte und Aktionen separat und hinsichtlich der Subkategorien für beide Altersgruppen;</p> <p>*<u>Fischer's exakter chi<sup>2</sup>-Test</u>: US zwischen den beiden Altersgruppen in den Fähigkeiten, Spielmuster zu erkennen.</p>	<p>*Wissensdarstellung auf zwei Arten: Verbal (Interview) und Multiple Choice - Test auf der Flipchart; -&gt;Fragen: Was hast du versucht um den Angriff zu stoppen? Hast du Spielmuster erkannt, wenn ja, welche und wie viele? *Torkonzept= reflektiert die Wahl der verw. Aktion;</p> <p>*<u>Voraussetzungskonzept</u>= beschreibt jene Umstände, die gelten, um ein Tor zu erreichen;</p> <p>*<u>Aktionskonzept</u>= beschreibt Aktionsmuster, die einen Torerfolg verhindern (z.B. Abfangen eines Passes);</p>	Gibt es Unterschiede in der Struktur-erkennung und Wissensdarstellung von Spielmustern zwischen erwachsenen und jungen Fußballern?	HK 7 - UK 20

8	The relation between movement velocity and movement pattern in elite soccer	Siegle, M. & Lames, M.	International Journal of Performance Analysis	2010	270-278	20 Spieler des Finales der WM 2006 zwischen Italien und Frankreich (ca. 3000 Laufleistungen, 50 pro Spieler und Fortbewegungsart)	* <i>Bewegungsform</i> (4 UT: gehen, joggen, sprinten); * <i>Schwellenwerte</i> (2 UT: Gehen-Joggen, Joggen-Sprinten); * <i>zurückgelegten Distanz</i>	* <u>Reliabilitätsüberprüfung</u> (Auswahl der Aktion bzw. Klassifikation der Bewegungsform) durch zwei unabhängige Beobachter (Kappa = 0.855 bzw. 1.0); * <u>KS - Test</u> : Überprüfung der Normalverteilung; * <u>Einfache Varianzanalyse</u> : US der Durchschnittsgeschwindigkeiten für jede Bewegungsform; * <u>Duncan's t-Test</u> : US zwischen den Spielern und Bewegungsformen;	*Bewegungsform muss mind. eine Sekunde lang klar definierbar sein bzw. ohne Ball und ohne Beeinflussung eines Gegenspielers stattfinden. *Schwellenwerte graphisch ermittelt: Schnittpunkte zwischen zwei Bewegungsformen; *Distanz: Analyse der gel. Distanz für jeden Spieler im ganzen Spiel und separat in der jeweiligen Bewegungsform	Wie können Bewegungs- bzw. Sprintprofile im Fußball erstellt werden?	HK 2
9	The effect of score-line on work-rate in English FA Premiere League soccer	Redwood-Brown, A., O' Donoghue, P. Robinson, G. & Neilson, P.	International Journal of Performance Analysis	2012	258-271	#1.Studie: 79 Feldspieler (90min) von 5 Premiere League Spielen in der Saison 2007-2008; #2.Studie: 5 von 380 Spielen in der Saison 2007-2008 erfüllen Kriterium (siehe Hinweise); 90 Spieler (VT=36, MF=37, ST=17)	* <i>Spielnummer</i> ; * <i>Prozentanteil der Dauer in T0:0</i> ; * <i>Zeitintervalle</i> ; * <i>Spielerposition</i> (3 UT: VT, MF, ST); * <i>Spielstand</i> (3 UT: Gleichstand, Führung, Rückstand);	#1. Studie: * <u>KS-Test</u> : NV-Überprüfung von T0:0 während den 15min Intervallen; * <u>Zweifache Varianzanalyse</u> : US hinsichtlich T0:0 zwischen den Zeitintervallen und Spielerposition; * <u>Post-Hoc-Test mit Bonferroni Korrektur</u> : Bei Signifikanz der ANOVA. US zwischen Zeitintervallpaaren und Spielerpositionspaaren; * <u>Mauchly's Test auf Sphärizität + Greenhouse Geisser Korrekturverfahren</u> ; #2.Studie: * <u>KS-Test</u> : NV der Dauer bei >=4m/s hinsichtlich des Spielstandes; * <u>Zweifache Varianzanalyse</u> : US hinsichtlich T0:0 zwischen dem Spielstand und Spielerposition; * <u>Mauchly's Test auf Sphärizität</u> ; * <u>Post-Hoc-Test mit Bonferroni Korrektur</u> : Bei Zusammenhang;	* 2 Studien: # Zweck erster Studie - Erforschung des Prozentanteils von Spielergeschwindigkeit >= 4m/s bei Spielständen von 0:0; # Zweck zweiter Studie - Bestimmung der Effekte von Spielstandänderungen auf die Dauer von Geschwindigkeiten >= 4m/s; * T <sub>0:0</sub> = Dauer bei >=4m/s bei Spielstand 0:0; * Zeitintervalle = 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75, 75-90; *Studie 2 - Kriterium für Spielauswahl: Beide Teams müssen mind. für 15min zurück-, in Führung und in Gleichstand liegen;	Gibt es Unterschiede hinsichtlich der zurückgelegten Sprintdistanz vor bzw. nach einem Torerfolg bezogen auf die Spielerposition?	HK 3 - UK 11

10	Influences on frequency and duration of game stoppages during soccer	Siegle, M. & Lames, M.	International Journal of Performance Analysis	2012	101-111	Insgesamt 48 Spiele mit 5860 Spielunterbrechungen; 16 Spiele (Männer) und 8 Spiele (Frauen) der deutschen Bundesliga 2009/2010; Zusätzlich 16 Spiele (Männer) und 8 Spiele (Frauen) der WM2010	<p><i>*Häufigkeit von Unterbrechungen (UB);</i>  <i>*Dauer d. UB;</i>  <i>*Unterbrechungstyp</i> (9 UT: Abstoß, Elfmeter, Anstoß, Auswechslung, Corner, Einwurf, Freistoß, Verletzung, Schiedsrichterball);  <i>*Spieltyp</i> (4 UT: Liga Männer, Liga Frauen, WM Männer, WM Frauen);  <i>*Geschlecht</i> (Männer, Frauen); <i>*Position der UB</i> (5 UT); <i>*Spielstand-</i> ST (Unentschieden, Führung, Rückstand); <i>*Teamqualität</i> (2 UT: gut, schlecht)</p>	<p><i>*Intra - Reliabilität:</i> Analyse und Vergleich einer Spielhälfte eines zufälligen Spiels; <i>*Inter - Reliabilität:</i> Analyse durch zwei unabh. Beobachter; <i>*Pearson:</i> ZH zw. Spielstand und Dauer d. UB; <i>*Cohen's Kappa:</i> ST + Position der UB; <i>*Zweifache ANOVA:</i> Analyse, ob Spieltyp und Geschlecht einen Einfluss auf die d. Häufigkeit von UB pro Match; ..., ob Spieltyp, Geschlecht, Position der UB und Spielstand einen Einfluss auf die d. Dauer von UB. haben; <i>*Scheffe's Post-Hoc-Test:</i> Vergleich von einzelnen Durchschnittswerten; <i>*Einfache ANOVA:</i> Einfluss der Teamqualität auf die d. Dauer von UB;</p>	<p>Zweck der Studie ist es herauszufinden, ob die Anzahl und die Dauer von Spielunterbrechungen einen Einfluss auf das Spielergebnis männlicher und weibliche Liga- und Entscheidungsspiele haben.  <i>*Spielunterbrechungen immer für beide Teams;</i>  <i>*Position der UB:</i> je ein Fünftel des Spielfeldes (ohne 16er); <i>*Falls zwei Unterbrechungstypen hintereinander</i> (z.B. Freistoß nach Verletzung): jener Typ mit der längeren durchschn. Dauer zählt (Bsp.: Verletzung);</p>	Welche Effekte hat der Spielstand auf die Anzahl, Dauer und Art von Spielunterbrechungen?	HK 3 - UK 12
11	Intermittent high intensity activity in English FA Premiere League soccer	Clark, P.	International Journal of Performance Analysis	2010	139-151	20 Feldspieler der Premiere League der Saison 2009-2010 (je 4 pro Position)	<p><i>*Bewegungsform- BF</i> (7 UT: Stehen, Gehen, langsames Rückwärts-/Seitwärtsgehen, Joggen, Laufen, schnelles Rückwärts-/Seitwärtsgehen, Ballbesitz); <i>*Spielerposition</i> (ZV, AV, ZM, AM, ST);  <i>*Häufigkeit der Bewegungsformen;</i> <i>*d. Dauer der BF;</i> <i>*Dauer des IL</i> (4 UT: &lt;3s, 3-6s, 6-10; &gt;=10); <i>*Erholungszeiten nach IL</i> (4 UT: &lt;20s, 20-45s, 45-90s, &gt;=90);  <i>*Prozentanteil der BF bezogen auf die Totalspielzeit;</i> <i>*Häufigkeit des IL;</i> <i>*Dauer des IL;</i> <i>*Dauer des EL;</i> <i>*Halbzeit</i> (2 UT);</p>	<p><i>*Reliabilität:</i> Vergleich zwischen zwei Beobachter <u>mittels Cohens Kappa;</u>  <i>* Shapiro-Wilk Test:</i> NV-ÜP;  <i>*Levene - Test:</i> Varianzhomogenität - ÜP;  <i>*Einfache Varianzanalyse:</i> Vergleich zwischen den Gruppen hinsichtlich der Bewegungsform; <i>*Post-Hoc-Test mit Bonferroni Korrektur:</i> Bei US um herauszufinden, welche Paare US aufweisen;  <i>*Abhängiger t-Test:</i> Vergleich der Variablen hinsichtlich der beiden Spielhälften;  <i>*Chi<sup>2</sup> Test:</i> ... ob ZH zwischen Dauer des IL und Erholungszeit nach einem IL;</p>	<p><i>* Alle Bewegungsformen außer Ballbesitz (inkludiert Unterbrechungen) sind Bewegungsarten ohne Ball;</i> <i>*Intensives Laufen (IL) = Laufen, schnelles R/S und Ballbesitz;</i>  <i>* Extensives Laufen (EL) = Gehen, langsames R/S und Joggen;</i>  <i>*Kruskal Wallis H-Test wäre bei 5 Spielern pro Position sinnvoll (statt ANOVA);</i></p>	Welche Unterschiede gibt es im Bewegungsprofil männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen und Halbzeiten?	HK 2 - UK 7 I)

12	Instructional constraints on movement and performance of players in the penalty kick	Lopes, J.E., Araujo, D., Duarte, R., Davids, K. & Fernandes, O.	International Journal of Performance Analysis	2012	311-345	Insgesamt 300 Elfmeter (je 150) von jugendlichen Profifußballern in der höchsten Liga in Portugal (U15: 30 Elfmeterschützen und 7 Tormänner; U17: 30 Elfmeterschützen und 5 Tormänner)	<p><u>Unabhängig:</u> *Alter (U15 o. U17); *Handlungsgedanken (5 UT: Kontrollstrategie, Unabh. Beobachtungsstr., Abh. Beobachtungsstr., Unbewegtheitsstrategie, Beweglichkeitsstr.);</p> <p><u>Abhängig:</u> *Elfmeterausgang für Schütze (1 = daneben, Stangenschuss, gehalten; 2 = Tor durch Nachschuss; 3 = Tor);</p> <p>*Elfmeterausgang für TM: (1=Tor, 2=Tor durch Nachschuss, 3 = daneben, Stangenschuss, gehalten); #Messungen während des Elfmeters:</p> <p>*d. Geschwindigkeit des SCH während des Anlaufens; *d. Geschw. des TM während des Anlaufens des Spielers; *Winkeländerung zwischen TM und Torlinie (falls TM ganze Zeit auf Linie bleibt = 0);</p> <p>*Winkel zw. SCH und Ball während des Anlaufens</p>	<p>*Deskriptive Statistik: Mittelwert + Standardabw. der Messungen während des Elfmeters; *Friedman Test: Ob Handlungsgedanken Einfluss auf Elfmeterausgang des SCH und TM (für beide Altersgruppen);</p> <p>*Varianzanalyse (5*2= Handlungsgedanken x Alter):ob Effekte der Altersgruppe und Handlungsgedanken auf die versch. Messungen während des Anlaufens; *Greenhouse Geisser Korrelationsfaktor:</p> <p>*Bonferroni - Post-Hoc-Test: US zwischen Paaren von Handlungsgedanken;</p>	<p>*Handlungsgedanken: Überlegungen der anzuwendenden Strategien des Schützen (SCH) und Tormanns (TM) vor dem Elfmeter (verbale Überprüfung);</p> <p>*Kontrollstrategie=keine speziellen Überlegungen (SCH = einfach Tor erzielen, Tormann = einfach halten);</p> <p>*Unabh. Beobachtungsstr. = SCH schaut nicht auf TM, SCH sucht sich einfach ein Eck aus, TM will nur halten;</p> <p>*Abh. Beobachtungsstrategie=SCH beobachtet den TM und wartet lange bis er sich für ein Eck entscheidet, TM einfach halten;</p> <p>*Unbewegtheitsstr.: = SCH einfach Tor machen, TM bleibt so lange wie möglich stehen;</p> <p>*Beweglichkeitsstr.= SCH einfach Tor machen und TM springt von Seite zu Seite um SCH zu irritieren;</p>	In welchem Ausmaß beeinflussen bestimmte Gedanken- und Bewegungsmuster des Schützen bzw. des Tormanns den Ausgang eines Elfmeters?	HK 6 - UK 19
13	Analysis of work-rate in soccer according to playing positions	Lago-Penas, C., Rey, E., Lago-Ballesteros, J., Casais, L. & Dominguez, E.	International Journal of Performance Analysis	2009	218-227	Insgesamt 127 Spieler während 18 Spielen der höchsten Liga in Spanien in der Saison 2005/2006.	<p>*Geschwindigkeitsstufen (5 UT); *Spielerposition (5 UT: ZV=31, AV=38, ZM=27, AM=16, ST=15);</p> <p>* zurückgelegte Distanz;</p> <p>*Dauer in den jeweiligen Geschwindigkeitsstufen;</p> <p>*Häufigkeit des Auftretens der Geschwindigkeitsstufen;</p>	<p>*Einfache ANOVA mit Bonferroni Korrektur: Vergleich der zurückgelegten Distanzen in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen hinsichtlich der Positionen;</p> <p>*Abhängiger t-Test: Unterschiede der zurückgel. Distanzen in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen hinsichtlich der HZ und/oder Position (2.Tabelle); *Tukey Post-Hoc-Test: Bei Signifikanz - paarweise Vergleiche;</p>	<p>*Geschwindigkeitsstufen= 0-11, 11.1-14, 14.1-19,19.1-23,&gt;23km/h);</p>	Welche Unterschiede gibt es im Bewegungsprofil männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen?	HK 2 - UK 7

14	Qualitative Analysis of Aggressive Behaviours in the Adolescent, Youth and Adult Soccer World Cups	Shafizadeh, M.	International Journal of Performance Analysis	Nov. 08	40-48	32 Profiteams (Alters-durchschnitt= 27.4) der WM2006; 24 Teams (19.6) der U20 WM und 16 Teams (18.6) der U17 WM.	<p><u>Spielerdaten:</u> *Alter; *Anzahl der WM Teilnahmen; *Gewicht; *BMI, *bisherige Platzierungen; <u>Aggressives Verhalten:</u> *Anzahl der Fouls; *Anzahl der Karten; <u>Leistungsvariablen:</u> *Ballbesitz; *Spieldausgang; *Torschüsse; *Turnierrunde (Vorrunde oder KO- Runde);</p>	<p>*Pearson Test: ZH zwischen Spielerdaten und allen Variablen; *Multivariate Varianzanalyse (MANOVA) mittels Wilks Lambda: Effekte des Alters und Turnierrunde auf das aggressive Verhalten; *Tukey – Post-Hoc-Test: US zwischen Vorrunde und KO-Runde hinsichtlich der Anzahl der Karten und Fouls;</p>	* Pearson: 2 Tabellen, d.h. für Vorrunde und KO Runde.	Hat ein aggressives Zweikampfverhalten positive Auswirkungen auf den Spieldausgang?	HK 1 - UK 5
15	Passing patterns before and after goal scoring in FA Premiere League Soccer	Redwood-Brown, A.	International Journal of Performance Analysis	Nov. 08	172-184	285 Tore in 120 Spielen der Premiere League (2004-2005).	<p>*Spielzeit: Daten für 5min vor / nach dem geschossenen Tor für beide Teams bzw. Durchschnittswert für die Halbzeit (je 5min des Spiels), in der das Tor erzielt wurde; * Totale Anzahl der Pässe; * Prozentanteil der angekommenen Pässe; *Änderung des Spielstandes;</p>	<p>* KS-Test: NV-Überprüfung (eine Variable nicht nv, daher...); *Spearman Test: ZH zwischen der totalen Passanzahl und PA der angek. Pässe in den Spielzeiten; *Friedman Test: Vergleich der Variablen für beide Teams für jene HZ, in der das Tor erzielt wurde und für 5min vor/nach dem Tor; * Post-Hoc - Wilcoxon Vorzeichen Rang Test mit Bonferroni: Bei Signifikanz -&gt; Vergleich von einzelnen Variablenpaaren bzw. US von verschiedenen Spielstandänderungen</p>	*Tore, die in den ersten 5min bzw. in den letzten 5min des Spiels erzielt wurden, wurden nicht in die Studie einbezogen. *Änderung des Spielstandes = z.B. von 0:0 auf 1:0, usw. (12 Möglichkeiten); *Nur bei einem Match - Änderung von 4:1 auf 5:1 bzw. 3:2 auf 4:2, daher wurden diese Änderungen nicht berücksichtigt!	Welche Auswirkungen hat eine Spielstandsänderung auf das Passverhalten und somit auch auf den Ballbesitz einer Mannschaft?	HK 3 - UK 10
16	Evaluation of the goal scoring patterns in European Championship in Portugal 2004	Yiannakos, A. & Armatas, V.	International Journal of Performance Analysis	Jun. 06	178-188	32 Spiele von 16 Mannschaften der EM2004 in Portugal	<p>*Anzahl der Tore pro Halbzeit; *Offensivtaktik (3 UT: herausgespielter Angriff, Konterangriff, Standard); *Offensivaktion (5 UT: langer Pass, Kombinationspiel, Einzelaktion, Direktschuss, Eigentor durch Gegner); *Standards (4 UT: Corner, Freistoß, Elfmeter, Einwurf); *Spielfeldposition (3 UT: Torraum, Strafraum, außerhalb des 16-er);</p>	<p>*Kreuztabellen: Prozentanteil des Auftretens der einzelnen Variablen vor einem Torerfolg (Häufigkeitstabellen); *Chi<sup>2</sup> Tests: US der geschossenen Tore zwischen den Halbzeiten, zwischen Offensivtaktiken bzw. Offensivaktionen, zwischen den Standards und den Spielpositionen;</p>	*Offensivtaktik= vorangehende Spieltaktik /-weise, die zum Tor geführt hat; *Offensivaktion = vorangehende Aktion, die zum Tor geführt hat; *Standards: Anzahl der Standards einzeln und in Relation mit den geschossenen Toren nach Standards; *Spielfeldposition: Torraum = 5m-Raum, Strafraum = 16-er)	Welche vorangehende Aktion führt am ehesten zum Torerfolg?	HK 1 - UK 2

17	Game Location Effects in Professional Soccer: A Case Study	Tucker, W., Mellalieu, S. D., James, N. & Taylor, J. B.	International Journal of Performance Analysis	Nov. 05	23-35	30 Spiele einer Profimannschaft (15 Heim- und 15 Auswärts) der Premiere League 2004-2005. (18 Siege, 7 Unentschieden, 5 Niederlagen; 74 geschossene Tore, 32 erhaltene Tore)	<p>Technikvariablen:  <i>*Torschüsse; *Dribblings; *gegangene Zweikämpfe; *Klärungen; *Pässe, *Flanken; *Ballbesitz; *Balleroberungen; *Ballkontrolle; *Luftduelle; *Regelverstöße; *erhaltene Corner; *begangene Fouls; *gegnerischer Fouls; *erhaltene Freistöße; *geschossene Tore; *Ballverluste; *Abseits; *Abstöße; *Rote Karten; *Gelbe Karten; *Spielort (Heim- oder Auswärtsspiel); *Spielfeldposition (9 UT);</i></p>	<p><u>*Intra-Reliabilität:</u>  Überprüfung von 5 zufälligen Spielen zweimal (9 Wochen später) durch einen Beobachter; <u>*Inter-Reliabilität:</u> Vergleich der Daten der 5 Spiele durch zwei unabhängige Beobachter; <u>* Deskriptive Statistik:</u>  #Analyse des Heimvorteils mittels Heimsiege und den geschossenen Toren bei Heimspielen für diese Stichprobe und für alle Spiele (n=38) der Saison; <u>*Chi<sup>2</sup> Test (Median und Interquartilsabstand):</u> #US zwischen Heim- und Auswärtsmannschaften hinsichtlich der Technikvariablen; #US zwischen Heim- und Auswärtsmannschaften hinsichtlich der Technikvariablen je nach Spielfeldposition;</p>	<p>* Klärungen = Ball aus der Gefahrenzone bringen z.B. durch weiten Abschlag;  *Spielfeldposition = für die Messung taktischer Fähigkeiten -&gt; Einteilung des Feldes in 9 Felder, je nachdem wo die Technikaktion stattfindet!  *3 UT der Heimsiege:  #Prozentanteil der Heimsiege bezogen auf die totalen Siege, #PA der Heimsiege bezogen auf die totalen Siege + Unentschieden; #PA der erreichten Heimpunkte bezogen auf die gesamte Anzahl der erreichten Punkte)</p>	Hat der Austragungsort Auswirkungen auf die technische und taktische Spielweise von Profifußballern bzw. gibt es Unterschiede zwischen den Positionen?	HK 5 - UK 15
18	Repeated work activity in English FA Premiere League soccer	O' Donoghue, P., Rudkin, S., Bloomfield, J., Powell, S., Cairns, G., Dunkerley, A., Davey, P., Probert, G. & Bowater, J.	International Journal of Performance Analysis	Nov. 05	46-57	Insgesamt 226 Spieler (VT=33, MF=97, ST=96) in 124 Premiere League Spielen zwischen August 2000 und Mai 2005.	<p><i>* Häufigkeit der Sprintperioden; *d. Dauer der Sprintperioden (7 UT: 0-2s, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, &gt;12); *Häufigkeit der Erholungsperioden; *d. Dauer der Erholungsperioden (8 UT: 0-2s, 2-4, 4-8, 8-12, 12-20, 20-45, 45-90, &gt;90s); * Spielerposition (VT, MF, ST); *Sprintanzahl pro Sprintperiode (7 UT: 2,3,4,5,6,7,&gt;8);</i></p>	<p><u>*Kruskal Wallis H-Test:</u>  Vergleich zwischen den Spielerpositionen; <u>*U-Test:</u>  Bei Signifikanz - Vergleich von Positionspaaren; <u>*Wilcoxon Vorzeichen Rang Test:</u>  Vergleich der Leistungsvariablen innerhalb und außerhalb einer Sprintperiode; <u>*Chi<sup>2</sup> Test:</u> ZH zwischen Dauer der Sprintperioden und der Dauer der nachfolgenden Erholungsperioden.</p>	<p>*Daten sind Durchschnittsdaten für je ca. 15min eines Spiels; (werden dann mit 6 multipliziert um Aufschluss über 90min zu geben); *Eine Sprintperiode= mind. Anzahl der Sprints=2 und mind. Erholungszeiten zwischen den zwei Sprints= 20sec. *Tabellen für die Dauer von Sprints und Pausen innerhalb und außerhalb einer Sprintperiode</p>	Wie unterscheiden sich die Sprintprofile männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen?	HK 2 - UK 8

19	Possession as a performance indicator in soccer	Jones, P.D., James, N. & Mellalieu, S.D.	International Journal of Performance Analysis	Aug. 04	98-102	24 Spiele von 3 erfolgreichen (Top3, n=12) und 3 nicht erfolgreichen (letzten 3 Plätze, n=12) Teams in der Saison 2001-2002 der Premiere League.	<p><i>*Dauer des Ballbesitzes</i> (3 UT: 3-10s, 10-20s, &gt;20s);</p> <p><i>*Teamranking</i> (2 UT: Top3, letzten 3 Teams);</p> <p><i>*Spielergebnis</i> (unabhängige Variable, 3 UT: Sieg, Unentschieden, Niederlage);</p>	<p><i>*Intra - Reliabilität:</i> Vergleich zweier Einträge über 45min von zufällig ausgewählten Spielen über einen Zeitraum von 6 Wochen; <i>*Mann Whitney U-Test:</i> Unterschiede zwischen den Top3 und den letzten drei Teams hinsichtlich der Dauer des Ballbesitzes;</p>	<p>*Ballbesitz hört auf, wenn Ball außerhalb der Spielfeldes, ein gegn. Spieler den Ball berührt bzw. wenn der Schiedsrichter einen Regelverstoß erkennt.</p> <p>*Ballbesitze, die kürzer als 3 Sekunden wurden von der Studie ausgeschlossen.</p>	Ist der Ballbesitz ein Indikator für den Erfolg einer Mannschaft?	HK 1 - UK 3
----	---	--	---	---------	--------	--	---	---	--	---	-------------

Nummer	Titel	Autoren	Zeitschrift	Jahr	Seite	Stichprobe	Parameter	Testverfahren	Hinweise	Fragestellung	Kategorie
1	Analysis of motor activities of professional soccer players	Andrzejewski, M., Chmura, J., Pluta, B. & Kasprzak, A.	Journal of Strength and Conditioning Research	Juni 2012	1481-1488	Insgesamt 31 Spieler (3 Positionen) während 4 UEFA CUP Spielen in der Saison 2008-2009	<p><i>*Spielerposition</i> (3 UT),</p> <p><i>*Laufgeschwindigkeit</i> (6 UT), <i>*Halbzeit</i> (2 UT),</p> <p><i>*zgl. Laufdistanz</i></p>	<p>*Normalverteilungsüberprüfung durch <u>Lilliefors-Test</u> (alle NV!), <u>*Deskriptive Analyse:</u> Arithmetisches Mittel, Median, Interquartilsabstand, Streuung bzw. Standardabweichung aller V.;</p> <p><u>*Mehrfaktorielle Varianzanalyse:</u> Vergleich der Durchschnittswerte von Spielerposition, Laufgeschwindigkeit und Halbzeit; <u>*Tukey - Post-Hoc-Test:</u> Bei Signifikanz der ANOVA;</p>	<p>* Positionen: Verteidiger (D, n=15), Mittelfeld (M, n=10) und Stürmer (F, n=6);</p> <p>* Laufgeschwindigkeit: 0-11, 11-14, 14-17, 17-21, 21-24, &gt;=24km/h</p>	Welche Unterschiede gibt es im Bewegungsprofil männlicher Fußballer hinsichtlich der Spielerpositionen und Halbzeiten?	HK 2 - UK 7 I)

Nummer	Titel	Autoren	Zeitschrift	Jahr	Seite	Stichprobe	Parameter	Testverfahren	Hinweise	Fragestellung	Kategorie
1	Game location and team quality effects on performance profiles in professional soccer	Lago-Penas, C. & Lago-Ballesteros, J.	Journal of Sports Science and Medicine	2011	465-471	380 Spiele (2008 -2009) der Primera Division in Spanien;	<p><u>Unabhängig:</u> *Spielort (Heim bzw. Auswärts), *Teamlplatzierung (4 UT);</p> <p><u>Abhängig:</u> 3 Hauptkategorien: *Torschussaktionen; *Offensivaktionen; *Defensivaktionen (p&lt;0.05)</p>	<p>* Reliabilität: 3 zufällige Spiele verglichen mit Opta (Kappa =0.95); * KS – Test: NV - Ballbesitz, Verlust bzw. Gewinn des Ballbesitzes; *Deskriptive A: Prozentsatz der Siege zw. den Gruppen, Mittel der V. der HM &amp; AM, *Unabhängiger t - Test oder U - Test: je ob NV oder nicht; US zwischen Heim- und Auswärtsteams; Diskriminanzanalyse: um herauszufinden, welche Variablen mögliche US zwischen Heim/Auswärtsteams am besten beschreiben;</p>	<p>*Teamlplatzierung: Gruppe 1: Platz 1–5; 2 = 6–10; 3 =11–15; 4 = 16–20; *Torschussaktionen: totale Schüsse, Torschüsse, geschossene Tore; *Offensiv: Zweikämpfe, Betreten des 16-ers, Flanken, Abseits, Ballverluste, Freistöße, Assists, totale Pässe, angekommene Pässe, Dribblings, erfolgreiche Dribblings, Ballbesitz ; *Defensiv: Ballgewinne, begangene Fouls, Gelbe Karten, Rote Karten, gewonnene Zweikämpfe;</p>	Hat der Austragungsort Auswirkungen auf die technische und taktische Spielweise von Profifußballern bzw. gibt es Unterschiede zwischen stärkeren und schwächeren Teams?	UK 5 - UK 16
2	Game-related statistics that discriminated winning, drawing and losing teams from the Spanish soccer league	Lago-Penas, C., Lago-Ballesteros, J., Dellal, A. & Gomez, M.	Journal of Sports Science and Medicine	2010	288-293	380 Spiele (2008 - 2009) der Primera Division in Spanien;	<p>*Teamqualität (3 Gruppen: Siegerteams, Unentschieden, Verliererteams)</p> <p>*Torschussaktion; *Offensivaktion; *Defensivaktion; *Austragungsort;</p>	<p>*Reliabilität: 5 zufällige Spiele verglichen mit Opta (Kappa=0.95) *Deskriptive A: Modus, Mittel, Median aller V. der drei Gruppen; *Univariat: Kruskal- Wallis H: US zwischen den drei Gruppen, da NV und Varianzhomogenität nicht gegeben! *Multivariat: Diskriminanzanalyse: Um jene Variablen zu finden, welche die drei Gruppen am besten unterscheiden;</p>	<p>*Torschussaktion: totale Schüsse, Torschüsse, Effektivität (= Torschüsse*100 / totale Schüsse); *Offensivaktion: Assists, Flanken, Abseits, Corners, Ballbesitz; *Defensivaktion: gegnerische Flanken, gegn. Abseits, ausgeübte Fouls, gegn. Corner, gelbe Karte, rote Karte; *Austragungsort: Heim, Auswärts;</p>	Welche technischen und taktischen Fähigkeiten unterscheiden Topvereine von schwächeren Teams?	HK 1 - UK 1

Nummer	Titel	Autoren	Zeitschrift	Jahr	Seite	Stichprobe	Parameter	Testverfahren	Hinweise	Fragestellung	Kategorie
1	The Use of Match Statistics that Discriminate between Successful and Unsuccessful Soccer Teams	Castellano, J., Casamichana, D. & Lafo, C.	Journal of Human Kinetics	2012	139-147	177 Spiele während 3 Weltmeisterschaften (Japan/Korea 2002 (n=59), Deutschland 2006 (59), Südafrika 2010 (59));	<p><i>Offensivvariablen:</i>  <i>*geschossene Tore, *totale Schüsse; *Torschüsse; *verfehlt Torschüsse; *Ballbesitz; *begangene Abseits; *gegn. Fouls; *Corner;</i> Defensivvariablen: <i>*gegn. totale Schüsse; *gegn. Torschüsse; *gegn. verfehlt Torschüsse; *gegn. Abseits; *begangene Fouls; *gegn. Corner; *gelbe Karten; *Rote Karten;</i> Weitere Variablen: <i>*WM (3 UT: Japan, Deutschland, Südafrika); *Matchstatus (3 UT: Sieg, Unentschieden, Niederlage);</i></p>	<p><i>*Reliabilität:</i> Vergleich der beobachteten Daten von 5 zufälligen Spielen mit den Daten der FIFA Homepage;  <i>* Deskriptive Statistik</i> der Daten; <i>* Levene Test:</i> ÜP der Varianzhomogenität;  <i>*Dunnett's T3 - Post-Hoc-Test:</i> Bei Varianzinhomogenität;  <i>*Einfache Varianzanalyse:</i> Welche Variablen weisen US hinsichtlich des Matchstatus auf; <i>*Post-Hoc - Bonferroni Test:</i> Bei sign. Unterschieden;  <i>*Diskriminanzanalyse:</i> Welche Variable unterscheidet am besten Sieger-, Unentschieden und Verliererteams (Matchstatus);</p>	<p>Ziel der Studie ist es herauszufinden, welche Leistungsvariablen Sieger-, Unentschieden und Verliererteams am besten unterscheiden.</p>	<p>Welche technischen und taktischen Fähigkeiten zeichnen erfolgreiches Spiel aus?</p>	HK 1
2	Differences in performance indicators between winning and losing teams in the UEFA Champions League	Lago-Penas, C., Lago-Ballesteros, J. & Rey, E.	Journal of Human Kinetics	2011	135-146	288 Vorrundenspiele aus den Champions League - Saisonen 2007-2008, 2008-2009 und 2009-2010	<p><i>*Matchstatus (3 UT: Sieg, Unentschieden, Niederlage);</i>  <i>*Torschussvariablen (3 UT);</i>  <i>*Offensivaktionen (7 UT);</i>  <i>*Defensivaktionen (6 UT);</i>  <i>*Kontextvariablen (2 UT, Austragungsort (Heim und Auswärts), Gegnerqualität (Tabellenplatz der analysierenden Mannschaft minus dem Tabellenplatz des Gegners);</i></p>	<p><i>*Deskriptive Statistik der Daten; *Einfache Varianzanalyse:</i> US zwischen den drei Gruppen hinsichtlich des Matchstatus;  <i>*Diskriminanzanalyse:</i> um herauszufinden, welche Variablen mögliche US zwischen den drei Gruppen am besten beschreiben;</p>	<p><i>*Torschussvariablen:</i> totale Schüsse, Torschüsse, Effektivität (=Torschüsse*100/ totale Schüsse);  <i>*Offensivaktionen:</i> totale Pässe, angekommene Pässe (%), Flanken, Abseits, Fouls (Freistöße), Corner, Ballbesitz;  <i>*Defensivaktionen:</i> gegn. Abseits, gegn. Flanken, ausgeübte Fouls, gegn. Corner, gelbe Karte, rote Karte;</p>	<p>Welche technischen und taktischen Fähigkeiten zeichnen erfolgreiches Spiel aus?</p>	HK 1

3	Coach Mid-Season Replacement and Team Performance in Professional Soccer	Lago-Penas, C.	Journal of Human Kinetics	2011	115-122	Daten von der 1. und 2. Liga in Spanien während den Saisonen 1997-1998 bis 2006-2007	*Anzahl der Trainerwechsel; *Punkteanzahl; <i>Abhängige Variable: *Gewinnanteil; Unabhängige Variablen: *Coach (dichotom, 2 UT); *Spielanzahl;</i>	*Deskriptive Statistik: (Prozent-) Anteil der Trainerwechsel pro Saison; *Lineare Regressionsanalysen: Coach und Spielanzahl	*Punkteanzahl: Leistungsüberprüfung durch die Anzahl der erreichten Punkte in den Spielen 1,2,3,5,10 und 20 vor und nach dem Trainerwechsel; *Gewinnanteil =erreichte Punkte in speziellen Spielen / totalen erreichten Punkte; *Coach: 1=beobachtete Trainer ist der neue Trainer, 0= beobachtete Trainer ist der alte Trainer; *Spielanzahl = Anzahl der totalen Spiele vor und nach dem Trainerwechsel;	Welche Auswirkungen hat ein saisonaler Trainerwechsel auf den Erfolg im Fußball?	HK 7 - UK 21
4	Ball Possession Strategies in Elite Soccer According to the Evolution of the Match-Score: the Influence of Situational Variables	Lago-Penas, C. & Dellal, A.	Journal of Human Kinetics	2010	93-100	380 Spiele der ersten Liga in Spanien während der Saison 2008-2009.	Abhängige Variable: *Ballbesitz (je nach Matchstatus in Prozent); Unabhängige V.: *Spielort (0=Heim bzw. 1= Auswärts); *Matchstatus (3 UT: Sieg, Unentschieden, Niederlage); *Qualität des Gegners (US der Endplatzierungen beider Teams); *Teamgruppen (4 UT: 1=Top 5, 2=Platz 6-10, 3= 11-15, 4= 16-20);	*Inter-Reliabilität: Vergleich der beobachteten Daten von 5 zufällig ausgewählten Spielen mit denen von Gecasport; *Intra-Reliabilität: 2. ÜP sechs Wochen später; *Variationskoeffizient: Variation der Dauer des Ballbesitzes; *Multiple Regression: ZH zwischen Ballbesitz und den unabhängigen Variablen;	*Matchstatus: gemessen durch die Minutenanzahl, in der die Mannschaft in Führung, gleich auf bzw. im Rückstand lag; *Variationskoeffizient = Standardabweichung/ arithmetischer Mittelwert; *Teamgruppen= Einteilung je nach Endplatzierung;	Hat der Austragungsort, Spielstand bzw. die Qualität des Gegners Auswirkungen auf das Passverhalten und somit auf den Ballbesitz?	*HK 1 - UK 3 ii) * HK 3 - UK 10 * HK 5 - UK 17

# Lebenslauf

## Persönliche Angaben:

*Name:* Christian Kröpfl  
*Staatsangehörigkeit:* Österreich  
*Geburtsdatum:* 20.04.1989  
*Geburtsort:* Oberwart

## Ausbildung:

03/2009 – 06/2013: Lehramtstudium - Bewegung und Sport und Mathematik (TU-Wien)  
07/2008 – 01/2009: Grundwehrdienst  
06/2008: Reife- und Diplomprüfung („guter“ Erfolg)  
09/2003 – 06/2008: HTL Pinkafeld / Abteilung Elektrotechnik  
1999 – 2003: Realgymnasium in Oberschützen  
1995 – 1999: Volksschule Pinkafeld

## Praktische Erfahrungen:

2012 - heute: Nachwuchsfußballtrainer der Spg. Lafnitztal U13  
2012 - heute: Nachwuchstrainer des SC Pinkafeld U16  
01/2013: Snowboardbegleitlehrerausbildung in Dienten  
08/2012: Fußballtrainer im „Champion Feriencamp“ Klosterneuburg  
08/2011 – 08/2012: Ferienkurs Mathematik in der HTL Pinkafeld  
2011: Skibegleitlehrerausbildung am Kitzsteinhorn  
2006 - 2007: Nachwuchstrainer des SC Pinkafeld U10

## EDV / sonstige Kenntnisse:

ECDL Führerschein (fortgeschrittene Anwendungskennnisse von MS Office);  
Umgang mit mathematischer Software: Mathcad, PovRay, Voyage 200;  
Umgang mit Softwareprogrammen aus der Sportspielanalyse: Kinovea, Longomatch, usw.