



Universität Paderborn  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
Department Wirtschaftsinformatik

Bachelorarbeit

# **Wettereinfluss auf Spielweisen und die Performance professioneller Fußballmannschaften**

von  
Kevin Zalipski  
Matrikelnummer: 7073988  
Wittenauer Straße 6, 32825 Blomberg  
zalipski@mail.upb.de

vorgelegt bei  
Prof. Dr. Oliver Müller  
Prof. Dr. Matthias Trier

18. März 2021

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen (einschließlich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken, Tabellen, Skizzen, Zeichnungen, bildliche Darstellungen usw. sind ausnahmslos als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise im Rahmen einer anderen Prüfung noch nicht vorgelegt worden.

Blomberg, 18. März 2021

  
Kevin Zalipski

## Abstrakt

Die Analyse verschiedener Einflüsse nimmt bei den Fußballmannschaften mittlerweile eine bedeutende Rolle ein, um sich basierend darauf möglichst gut auf einen Gegner vorzubereiten und die Chancen auf einen Sieg zu maximieren. Unter anderem kann das Wetter einen großen Einfluss haben.

Vorangehende Analysen untersuchten bereits, inwiefern sich die Spielweisen wetterunabhängig zwischen besseren und schlechteren Teams, und Heim- und Auswärtsteams unterscheiden haben. Außerdem wurde vielfach der Einfluss des Wetters auf die Performance untersucht, vor allem der Einfluss auf die Laufleistung.

Ziel dieser explorativen Untersuchung war es, den Einfluss von Wetterbedingungen auf die Spielweise und die Performance professioneller Fußballmannschaften der deutschen Fußball-Bundesliga und der spanischen Primera División festzustellen. Basierend auf Daten der Saisons 17/18 und 18/19 wurde dafür die lineare Regression genutzt. Die gewählten unabhängigen Variablen waren die Temperatur, die Regenmenge und die Luftfeuchtigkeit des jeweiligen Spiels. Für die Untersuchung der Spielweise wurde die durchschnittliche Anzahl an versuchten Pässen, Ballführungen, Schüssen, Tacklings, Druckausübungen auf den ballführenden Gegner und die Ballbesitzanteile der Heim- und der Auswärtsmannschaft genutzt. Zur Untersuchung der Performance diente die durchschnittliche Passquote, Dribblingquote, Anzahl der erfolgreichen Tacklings und Pressingquote der Teams. Es wurden drei Modelle entwickelt und verglichen. Das erste Modell bezog alle Mannschaften der jeweiligen Saison ein, im zweiten Modell wurde die Top Sechs und im dritten Modell die Heimmannschaften der jeweiligen Saison untersucht.

Ergebnisse zeigen, dass: (1) sowohl die Spielweise als auch die Performance in einigen Fällen durch das Wetter beeinflusst wurde, wobei die Effekte größtenteils negativ waren; (2) Regen insgesamt die geringste Anzahl an signifikanten Einflüssen hatte, die Temperatur die höchste; (3) die Performance der Top Sechs der Bundesligasaisons schwächer negativ beeinflusst wurde als die der Allgemeinheit der Mannschaften, die Performance der Top Sechs der Primera-División-Saisons hingegen stärker als die der Allgemeinheit; (4) bei Heimmannschaften ein geringerer Wettereffekt auf die Pressingquote vorhanden war; (5) Tacklings und Druckausübungen überwiegend negativ durch die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit beeinflusst wurden. Dieser Effekt lag vor allem bei der Allgemeinheit und den Heimteams vor; (6) die Passquote der Allgemeinheit und der Heimteams in beiden PD-Saisons positiv durch die Temperatur und den Regen beeinflusst wurde.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung bieten Mannschaften und Trainern, hauptsächlich denen der untersuchten Ligen, die Möglichkeit, sich besser auf die Wettereffekte und die Gegner vorzubereiten.

**Stichworte:** Fußball, Wettereinfluss, Taktik, Performance, Datenanalyse, Lineare Regression

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Problematik . . . . .	1
1.2. Zielsetzung . . . . .	1
<b>2. Stand der Forschung</b>	<b>2</b>
2.1. Spielweisen im Fußball . . . . .	2
2.2. Wettereinfluss auf die Performance im Sport . . . . .	4
<b>3. Daten</b>	<b>6</b>
3.1. Pipeline . . . . .	6
3.1.1. Sammlung der Daten und Erstellung der Datensätze . . . . .	6
3.1.2. Transformation der Daten . . . . .	8
3.2. Überblick . . . . .	10
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>19</b>
4.1. Basis-Modell . . . . .	19
4.2. Top-Sechs-Modell . . . . .	22
4.3. Heim-Modell . . . . .	25
4.4. Vergleich der Modelle und Bezug auf die vorhandene Literatur . . . . .	28
<b>5. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>33</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>34</b>
<b>A. Weiterführende Informationen zu den Daten</b>	<b>37</b>
<b>B. Zusammenhang der Wetterbedingungen</b>	<b>42</b>
<b>C. Digitaler Anhang</b>	<b>43</b>

## Abbildungsverzeichnis

3.1. Beispielhaftes Aussehen der Webseiten . . . . .	7
3.2. Beispiele für die Veränderung nach Aggregation und log-Transformation . . . . .	8
3.3. Beispiele für die Veränderung der Residuen nach Aggregation und log-Transformation . . . . .	9
3.4. Abschlusstabellen der Bundesligasaisons . . . . .	16
3.5. Abschlusstabellen der Primera-División-Saisons . . . . .	16
3.6. Wetterstatistiken . . . . .	17

## Tabellenverzeichnis

3.1. Auswahl des Intervalls für die Wetterdaten . . . . .	6
3.2. Überblick der transformierten Variablen . . . . .	9
3.3. Anzahl der Spieler und Spiele . . . . .	10
3.4. Eingruppierung und Erläuterung der untersuchten Variablen . . . . .	11
3.5. Deskriptive Statistiken der einzelnen Spieler . . . . .	12
3.6. Deskriptive Statistiken der Mannschaften vor der Transformation der Variablen . . . . .	13
4.1. Taktik-Variablen des Basis-Modells . . . . .	21
4.2. Performance-Variablen des Basis-Modells . . . . .	22
4.3. Taktik-Variablen des Top-Sechs-Modells . . . . .	23
4.4. Performance-Variablen des Top-Sechs-Modells . . . . .	24
4.5. Taktik-Variablen des Heim-Modells . . . . .	26
4.6. Performance-Variablen des Heim-Modells . . . . .	27
A.1. Deskriptive Statistiken der Punkte und Tore . . . . .	37
A.2. Deskriptive Statistiken der Top Sechs vor der Transformation der Variablen	38
A.3. Deskriptive Statistiken der Heimmannschaften vor der Transformation der Variablen . . . . .	39
A.4. Ausschnitt der ursprünglichen Tabelle . . . . .	40
A.5. Ausschnitt der Tabelle mit aggregierten Durchschnittswerten . . . . .	41
B.1. VIF-Werte . . . . .	42

# 1. Einleitung

## 1.1. Problematik

Fußball wird weltweit unter den unterschiedlichsten Bedingungen gespielt und es gibt viele Variablen, die Einfluss auf das Spiel haben können. Eine davon ist das Wetter. Das Wetter kann sowohl den Zustand des Platzes als auch das Verhalten des Balles und die Performance der Spieler verändern und beeinflussen. Durch die zunehmende Verfügbarkeit der Daten und die zunehmenden Möglichkeiten der Datensammlung wird auch die Analyse der vorhandenen Daten für die Teams immer relevanter, um das Beste aus den Möglichkeiten herauszuholen und sich optimal auf die Gegner vorbereiten zu können.

Vorangehende Analysen der Performance haben vor allem den Wettereinfluss auf die Laufleistung der Spieler untersucht, jedoch eher weniger die Spielweisen und andere Performance-Variablen.

## 1.2. Zielsetzung

Bei dieser Arbeit ging es darum, den Einfluss der Bedingungen festzustellen und zu überprüfen, welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen der deutschen Fußball-Bundesliga (BL), der spanischen Primera División (PD) und den beiden gewählten Saisons (17/18 und 18/19) in dieser Hinsicht vorhanden waren. Dabei bin ich genauer auf die variierenden Spielweisen und die variierende Performance je nach Wetterbedingung eingegangen.

Die Spielweisen bei eigenem Ballbesitz wurden in Form der versuchten Pässe, Ballführungen, Schüsse und bei gegnerischem in Form der Tacklings und der Druckausübungen auf den ballführenden Gegner untersucht, außerdem auch die Ballbesitzwerte der Teams. Die Erfolgsquoten der Pässe, Dribblings, Druckausübungen und die Anzahl der erfolgreichen Tacklings dienten zur Analyse der Performance.

Es wurden drei verschiedene Modelle mithilfe der linearen Regression entwickelt, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten verschiedener Gruppen von Teams vergleichen zu können. Das erste Modell ist das Basis-Modell, welches die Ergebnisse der Analyse aller Mannschaften der jeweiligen Saison und Liga zeigt. Das zweite Modell stellt die Analyse der Top-Sechs-Mannschaften, das dritte Modell die der Heimmannschaften der jeweiligen Saison und Liga dar.

Die Ergebnisse sollen den Mannschaften die Möglichkeit bieten, sich besser auf die Einflüsse des Wetters auf die Gegner und die eigene Mannschaft vorzubereiten und dadurch einen möglichst guten Matchplan erstellen zu können.

## **2. Stand der Forschung**

### **2.1. Spielweisen im Fußball**

Es gibt einige Untersuchungen, die sich auf die Analyse der Spielweisen von Teams konzentriert haben. Lago-Peñas, Lago-Ballesteros, Dellal und Gómez (2010) überprüften Daten aller 380 Spiele der Primera División 08/09 und fanden heraus, dass gewinnende Mannschaften unter anderem signifikant höhere Mittelwerte bei der Anzahl an Schüssen und Schüssen auf das Tor hatten. Diese Teams waren bei den Torschüssen auch effektiver.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Janković, Leontijević, Jelušić, Pašić und Mićović (2011). Sie untersuchten 228 Spiele der ersten serbischen Liga 09/10, wo die höher platzierten Teams mehr Torschüsse abgaben. Besser platzierte Teams spielten darüber hinaus mehr Pässe und mehr anteilig erfolgreiche Pässe.

Auch Zhou, Hopkins, Mao, Calvo und Liu (2019) stellten bei einer Untersuchung der Spiele der Chinese-Super-League-Saison 2015 fest, dass besser platzierte Mannschaften deutlich mehr (Tor-)Schüsse, Ballbesitz und Pässe hatten. Außerdem lag die Passquote der besseren Mannschaften wieder deutlich höher.

Bei einer Analyse der Saisonspiele von 07/08 bis 09/10 der englischen, italienischen, französischen, deutschen und spanischen ersten Liga (Collet, 2013) korrelierte die Genauigkeit der Pässe und der Schüsse ebenfalls positiv mit dem Erfolg des Teams. Außerdem war der Ballbesitz in allen Ligen eine gute Kennzahl für den Erfolg (durchschnittliche Punkte pro Spiel). Ballbesitz war in der spanischen Liga jedoch nicht mehr ausschlaggebend für den Erfolg, nachdem der Autor die stärksten Teams für die Berechnung weggelassen hat.

Castellano, Casamichana und Lago (2012) untersuchten 177 Spiele der Weltmeisterschaften in Korea und Japan 2002, Deutschland 2006 und Südafrika 2010. Die Analyse aller Spiele der drei Weltmeisterschaften ergab, dass sich die Torschüsse am besten eigneten, um zwischen gewinnenden und verlierenden Mannschaften zu unterscheiden. Auch hatten gewinnende Mannschaften im Vergleich zu verlierenden einen höheren Mittelwert bei den gesamten Schüssen und dem Ballbesitz.

Eine Untersuchung von 24 Spielen drei erfolgreicher und drei erfolgloser Teams der englischen Premier League 01/02 (Jones, James & Mellalieu, 2004) kam zu dem Ergebnis, dass sowohl schlechtere als auch bessere Teams längere Ballbesitz-Sequenzen bei einem Rückstand hatten. Bessere Mannschaften hatten dabei generell und unabhängig vom Spiel-Status (in Führung liegend, unentschieden, in Rückstand liegend) längere dieser Sequenzen als schlechtere Teams. Eine mögliche Begründung der Autoren war, dass bessere Spieler besser gegnerischen Tacklings ausweichen, schwierigere Pässe spielen und schneller die Bewegung der Spieler und des Balles antizipieren können.

Laut einer Analyse (Mohr, Krstrup & Bangsbo, 2003), in der 18 erstklassige Spieler



einer italienischen Topmannschaft und 24 mittelklassige Spieler der dänischen Liga in jeweils 2-7 Spielen einer Saison untersucht wurden, hatten die erstklassigen Spieler mehr Läufe mit hoher Intensität und mehr Sprints im Spiel als die mittelklassigen. Auch die gesamte zurückgelegte Distanz war bei den besseren Spielern höher.

Vogelbein, Nopp und Hökelmann (2014) haben anhand der Spiele der deutschen Bundesliga 10/11 überprüft, welchen Einfluss die schnelle Wiedergewinnung des Ballbesitzes nach einem Ballverlust (defensive Reaktionszeit) auf den Erfolg der Mannschaft hatte. Die durchschnittliche defensive Reaktionszeit war bei Mannschaften im oberen Tabellendrittel signifikant kürzer als bei den anderen, vor allem im Vergleich zu den Mannschaften des unteren Tabellendrittels. Außerdem war bei allen Teams die durchschnittliche defensive Reaktionszeit bei einer Führung am höchsten und bei einem Rückstand am niedrigsten.

Auch der Effekt von Heimspielen und die möglicherweise von Auswärtsspielen abweichende Spielweise der Heimteams war bereits Objekt mehrerer Analysen.

So haben Schwartz und Barsky (1977) herausgefunden, dass der Heimvorteil hauptsächlich auf das Publikum zurückzuführen war. Laut den Autoren war eine durch das Publikum herbeigeführte aggressivere Spielweise eine mögliche Begründung dafür, dass Heimteams die Spiele eher gewonnen haben. Für diese Untersuchung dienten Spiele aus der Major League Baseball, American/National Football Conference, National Hockey League sowie College Basketball und College Football Spiele.

Armatas, Yiannakos, Papadopoulou und Skoufas (2009) haben 240 Spiele der griechischen ersten Liga 06/07 analysiert und herausgefunden, dass 47.3% der Spiele von der Heimmannschaft gewonnen wurden, 26.3% gingen Unentschieden aus und 26.4% der Spiele wurden verloren. Außerdem fielen mehr Tore in der zweiten Halbzeit und die Mannschaft mit dem ersten Tor gewann ca. 71% der Spiele.

Bei einer Analyse der Ballbesitz-Strategien in 27 Spielen des Espanyol Fútbol Club der ersten spanischen Liga 05/06 (Lago, 2009) hat sich herausgestellt, dass Espanyols Ballbesitz in den untersuchten Spielen stark mit der Stärke des gegnerischen Teams in Verbindung mit dem Spielort zusammenhing. Gegner, die in der Tabelle deutlich von Espanyol standen, hatten hierbei unabhängig vom Spiel-Status im Heimspiel mehr Ballbesitz als im Stadion von Espanyol. Ein Gleichstand und eine Führung Espanyols führten außerdem auch hier dazu, dass der Ballbesitz des Teams niedriger war.

Auch Zhou et al. (2019) stellten bei ihrer Untersuchung fest, dass Heimspiele mit mehr (Tor-)Schüssen, Ballbesitz und Pässen des Heimteams in Verbindung standen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam die Untersuchung aller Spiele der Primera División 08/09 von Lago-Peñas und Lago-Ballesteros (2011). Gute Mannschaften hatten bei Auswärtsspielen signifikant geringere Mittelwerte bei den (Tor-)Schüssen, Pässen und abgefangenen Bällen als in Heimspielen erzielt, auch waren signifikant weniger Pässe und Dribblings erfolgreich und der Ballbesitz geringer. Schwächere Teams hatten in Auswärtsspielen deutlich geringere Mittelwerte bei den (Tor-)Schüssen, erfolgreichen Pässen und Ballbesitz als in Heimspielen. Insgesamt hatten Heimmannschaften signifikant höhere Mittelwerte bei den (Tor-)Schüssen, gespielten Pässen, erfolgreichen Pässen, erfolgreichen Dribblings und dem Ballbesitz.

Auch Tucker, Mellalieu, James und Taylor (2005) haben bei einer Untersuchung der

Einflüsse von Heimspielen herausgefunden, dass die untersuchte Mannschaft im eigenen Stadion mehr Pässe spielte und mehr erfolgreiche Pässe und Tacklings hatte. Die Mannschaft schoss öfter auf das gegnerische Tor und produzierte mehr Dribblings. Außerdem hatten Heimspiele auf die erzielten Punkte und Tore einen positiven Effekt. Die Anzahl der erfolgreichen Dribblings und gemachten Tacklings war in Auswärtsspielen hingegen nicht signifikant geringer. Diese Ergebnisse basieren auf 30 Spielen einer Top-Fünf-Mannschaft der englischen Premier League 04/05.

Eine Analyse der Ballbesitz-Strategien in den ersten 170 Spielen der Primera División 03/04 von Lago und Martín (2007) kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass der Ballbesitz einer Mannschaft vom Spiel-Status abhängig war. Mannschaften hatten bei Rückstand oder Gleichstand mehr Ballbesitz als bei einer Führung. Ein Heimspiel erhöhte auch hier den Ballbesitz der Mannschaften.

## 2.2. Wettereinfluss auf die Performance im Sport

Brewer und Warren (2014) beschrieben in ihrem Artikel, welche Effekte hohe Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten auf Fußballspieler haben können. So können diese Bedingungen unter anderem dazu führen, dass durch den körperlichen Stress schneller eine Ermüdung eintritt, woraufhin die Konzentration und die Wachsamkeit der Spieler abnimmt und die Entscheidungsfindung beeinträchtigt wird. Die Erfolgsquoten von Pässen, Schüssen und Tacklings können sinken.

Damit übereinstimmend fanden No und Kwak (2016) bei einer Untersuchung von neun männlichen Fußballspielern einer Universitätsmannschaft heraus, dass hohe (ca. 35 °C) und niedrige (ca. 10 °C) Temperaturen im Vergleich zu moderaten Temperaturen (ca. 22 °C) höheren körperlichen Stress verursachten.

Mohr et al. (2010) fanden bei einer Untersuchung von Effekten eines Spiels bei ca. 30 °C auf 20 professionelle Fußballspieler der zweiten und dritten spanischen Liga heraus, dass sowohl die gesamte Laufdistanz als auch das Laufen mit hoher Intensität in den ersten 15 Minuten am höchsten und in den letzten 15 Minuten am niedrigsten war. Auch wurde in der Nachspielzeit der zweiten Halbzeit weniger Distanz zurückgelegt als in der Nachspielzeit der ersten Hälfte. Am geringsten wurde in den letzten 15 Minuten des Spiels gesprintet. Außerdem war die Erholungszeit zwischen den Sprints in der zweiten Halbzeit höher als in der ersten und die Erholungszeit generell in den letzten 15 Minuten am höchsten.

Eine Untersuchung von Carling, Dupont und Le Gall (2011) kam zu dem Ergebnis, dass kalte Temperaturen ( $\leq 5$  °C) keinen signifikanten Effekt auf die gelaufene Distanz pro Minute von Spielern (vier Verteidiger und fünf Mittelfeldspieler in 80 Spielen von 07/08 bis 10/11 der ersten französischen Liga) hatten. Jedoch liefen die Mittelfeldspieler insgesamt eine signifikant geringere Distanz bei Temperaturen ab 21 °C als bei Temperaturen darunter.

Auch Özgünen et al. (2010) fanden bei einer Analyse heraus, dass die Laufleistung von Spielern bei einem heißen Spiel geringer war. Die Spieler liefen in der zweiten Halbzeit beim heißen Spiel im Vergleich zur ersten eine signifikant geringere Distanz, der Unterschied der Laufleistung zwischen den Halbzeiten war beim kühleren Spiel nicht

signifikant. Dafür wurden 11 semiprofessionelle Spieler in je einem Spiel in der Türkei bei 34 °C und 38% Luftfeuchtigkeit bzw. bei 36 °C und 61% Luftfeuchtigkeit untersucht. Zhou et al. (2019) kamen bei ihrer Untersuchung zusätzlich zu dem Ergebnis, dass die optimale Temperatur für die Performance zwischen 11.6 und 15.1 °C lag. Außerdem wurde hier die Laufleistung durch höhere Luftfeuchtigkeiten leicht vermindert, jedoch nicht die technische Performance.

Ähnliche Ergebnisse lieferten Chmura et al. (2017), die 340 Spieler der Weltmeisterschaft 2014 in Brasilien untersucht haben. Hohe Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten sorgten dort dafür, dass die Laufleistung und die Anzahl der Sprints signifikant geringer waren. Die maximale Sprintgeschwindigkeit wurde hingegen von beiden nicht signifikant beeinflusst. Insgesamt waren eine Temperatur unter 22 °C und eine Luftfeuchtigkeit unter 60% die optimalen Bedingungen.

Bei einer anderen Analyse (Mohr, Nybo, Grantham & Racinais, 2012) führten höhere Temperaturen teilweise sogar zu einer besseren Performance. Die Autoren untersuchten professionelle Fußballspieler, wofür jeweils ein Spiel bei ca. 21 °C und bei 43 °C ausgetragen wurde. Die Höchstgeschwindigkeit war bei dem Spiel bei 43 °C höher, auch die Anzahl der erfolgreichen Pässe und der Ballbesitz erhöhten sich. Es war bei dem 43 °C-Spiel jedoch ein leichter Rückgang der gelaufenen Distanz und ein starker Rückgang an Läufen mit hoher Intensität zu beobachten, außerdem war die durchschnittliche Anzahl der Tacklings geringer als beim 21 °C-Spiel. Bei der Anzahl der Pässe und der Häufigkeit der Sprints gab es zwischen den Spielen keine signifikanten Unterschiede.

Eine Untersuchung der Temperatureffekte auf Marathonläufer (Ely, Cheuvront, Roberts & Montain, 2007) kam zu dem Ergebnis, dass eine steigende *wet-bulb globe temperature* (WBGT)<sup>1</sup> zu schlechteren Leistungen der Läufer führte. Dabei hatten diese Effekte einen größeren Einfluss auf die langsameren Läufer, dort nahm die Performance bei einer steigenden WBGT stärker ab als bei den besten Läufern.

Im Gegensatz dazu kam bei einer Analyse von 1211 Spielen der ersten und zweiten Fußball-Bundesliga 11/12 und 12/13 (Link & Weber, 2017) heraus, dass die Laufleistung zwar sowohl bei besseren als auch schlechteren Spielern von neutralen (-4 bis 13 °C) zu hohen (über 14 °C) Temperaturen abnahm, jedoch war dieser Rückgang bei Spielern der ersten Liga stärker als bei denen aus der zweiten. Eine mögliche Begründung der Autoren dafür war, dass die besseren Spieler ihre Laufleistung stärker verringern, um besser hochintensive Aktivitäten durchzuführen, wenn es benötigt wird. Die Laufleistung wurde auch hier nicht signifikant durch kalte Temperaturen (unter -5 °C) verringert.

<sup>1</sup> bei der WBGT handelt es sich um eine zusammengesetzte Temperatur zur Abschätzung des Effekts von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Sonnenstrahlung auf Menschen (Hitzestress) (FU Berlin, 2009)

## 3. Daten

### 3.1. Pipeline

#### 3.1.1. Sammlung der Daten und Erstellung der Datensätze

Die Daten der Fußballspiele stammen von der Website *fbref* <sup>1</sup>, die Wetterdaten von der Seite *worldweatheronline* <sup>2</sup>. In Abbildung 3.1 ist beispielhaft das Aussehen der Webseiten zu sehen.

Jeder Spielbericht eines Fußballspiels enthielt unter anderem jeweils die sechs in Abbildung 3.1a zu sehenden Tabellen *Summary*, *Passing*, *Pass Types*, *Defensive Actions*, *Possession* und *Miscellaneous Stats* für jede Mannschaft. Diese Tabellen enthielten die Statistiken der jeweiligen Spieler. Die Tabellen beider Mannschaften wurden als csv-Dateien in einem zugehörigen Spiel-Ordner innerhalb eines Spieltags-Ordners, in dem sich alle Ordner der Spiele dieses Spieltags befanden, gespeichert. Anschließend wurde dem Namen jeder csv-Datei eine ID hinzugefügt, um bei der Zusammenlegung aller Dateien die korrekte Reihenfolge beizubehalten. Die einzelnen Dateien jedes Tabellentypen wurden in zugehörige Ordner, bspw. alle *Summary* Dateien der Spiele in den zuvor erstellten Ordner *Summary*, kopiert und zu einer Tabelle zusammengefügt. Danach wurden die Spalten dieser insgesamt sechs Tabellen kombiniert, um für jede Liga und jede Saison eine gesamte Tabelle zu haben. Jeder dieser Tabellen erhielt eine Spalte für die Liga und Saison, wonach sie dann zu einer gesammelten Tabelle für alle Ligen und Saisons zusammengelegt wurden. Außerdem bekam jeder Eintrag die ID des Spiels, die ID des Spielers und das Team des Spielers hinzugefügt.

Anstoßzeit	gewähltes Intervall
12:00	12:00-14:59
12:00 (13:00)	12:00-14:59
13:00	12:00-14:59
13:30	12:00-14:59
14:00	12:00-14:59
15:30	15:00-17:59
16:15	15:00-17:59
17:30 (18:30)	18:00-20:59
18:00	18:00-20:59
18:15	18:00-20:59
18:30	18:00-20:59
18:45	18:00-20:59
19:00	18:00-20:59
19:30	18:00-20:59
19:45 (20:45)	21:00-23:59
20:00	21:00-23:59
20:00 (21:00)	21:00-23:59
20:15	21:00-23:59
20:30	21:00-23:59
20:45	21:00-23:59
21:00	21:00-23:59
21:15 (22:15)	21:00-23:59
21:30	21:00-23:59
22:00	21:00-23:59
22:15	21:00-23:59
22:30	21:00-23:59

Tabelle 3.1.: Auswahl des Intervalls für die Wetterdaten

<sup>1</sup> <https://www.fbref.com>

<sup>2</sup> <https://www.worldweatheronline.com>

Dortmund Player Stats		Share & Export ▾		Glossary																												
Summary	Passing		Pass Types		Defensive Actions		Possession		Miscellaneous Stats																							
Player	#	Nation	Pos	Age	Min	Performance										Expected		SCA		Passes		Carries		Dribbles								
						Gls	Ass	PK	PKatt	Sh	SoT	CrdY	Crdr	Touche	Press	Tkl	Int	Blocks	xG	nxg	xA	SCA	GCA	Cmp	Att	Cmp%	Prog	Carries	Prog	Succ	Att	
Mario Götze	10	GER	FW	26-160	58	0	0	0	0	0	0	0	0	30	6	1	0	1.0	0.0	0.0	1	0	14	22	63.6	2	26	3	2	2		
Paco Alcácer	9	ESP	FW	25-072	32	1	0	0	0	1	1	0	0	9	5	0	0	0.5	0.5	0.0	0	0	2	3	66.7	0	6	1	0	0		
Jacob Bruun Larsen	34	DEN	LW	20-052	81	0	0	0	0	1	0	0	0	26	11	0	0	0.1	0.1	0.0	0	0	10	19	52.6	1	21	4	3	5		
Thomas Delaney	6	DEN	LW	27-068	9	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0	0	1	5	20.0	0	0	0	0	0		
Jadon Sancho	7	ENG	RW	18-230	90	0	0	0	0	1	0	0	0	57	15	1	0	0.0	0.0	0.0	3	1	32	41	78.0	4	54	7	3	6		
Marco Reus	11	GER	AM	29-163	90	2	0	1	1	5	2	0	0	51	12	5	1	1.8	1.0	0.1	5	2	24	33	72.7	5	34	5	2	2		
Julian Weigl	33	GER	DM	23-063	45	0	0	0	0	0	1	0	0	31	8	0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	21	27	77.8	0	20	2	0	0		
Mahmoud Dahoud	19	GER	DM	22-313	45	0	0	0	0	0	0	0	0	30	7	3	0	0.0	0.0	0.0	3	1	20	26	76.9	2	25	7	1	1		
Axel Witsel	28	BEL	DM	29-302	90	0	1	0	0	1	0	0	0	59	8	2	1	3	0.0	0.0	0.5	2	1	53	55	96.4	5	48	4	1	1	
Achraf Hakimi	5	MAR	LB	20-006	90	0	0	0	0	1	0	0	0	69	9	2	0	2	0.0	0.0	0.2	3	0	43	56	76.8	5	44	4	1	1	
Dan-Axel Zagadou	2	FRA	CB	19-160	90	0	0	0	0	1	0	0	0	85	2	1	0	2	0.1	0.1	0.0	0	0	55	67	82.1	3	57	0	2	2	
Manuel Akanji	16	SUI	CB	23-114	90	0	0	0	0	0	0	1	0	70	5	1	0	3	0.0	0.0	0.0	0	0	53	59	89.8	1	52	2	1	1	
Lukasz Piszczek	26	POL	RB	33-160	90	0	1	0	0	0	0	0	0	62	21	6	1	6	0.0	0.0	0.1	1	1	34	44	77.3	0	28	2	0	0	
Marwin Hitz	35	SUI	GK	31-053	90	0	0	0	0	0	0	1	0	42	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	31	40	77.5	0	28	0	0	0	
14 Players						990	3	2	1	1	11	3	3	0	627	110	22	4	18	2.5	1.8	0.9	18	6	393	497	79.1	28	443	41	16	21

(a) Fbref

**Sat 10, Nov 2018**

Max: 13°C      Min: 12°C      Sunrise:      Sunset: 7 %  
Moonrise:      Moonset:      Phase: Waxing Crescent      Illum: 7 %

Time	Weather	Temp	Feels	Wind	Gust	Rain	Humidity	Cloud	Pressure	Vis
00:00		12 °C	10 °C	18 km/h from S	32 km/h	0.0 mm	68%	13%	1008 mb	Excellent
03:00		13 °C	11 °C	19 km/h from S	32 km/h	0.0 mm	64%	42%	1006 mb	Excellent
06:00		12 °C	11 °C	17 km/h from S	27 km/h	0.0 mm	64%	100%	1005 mb	Excellent
09:00		12 °C	10 °C	26 km/h from S	39 km/h	1.2 mm	73%	93%	1005 mb	Excellent
12:00		13 °C	12 °C	19 km/h from S	26 km/h	0.0 mm	74%	100%	1005 mb	Excellent
15:00		13 °C	11 °C	21 km/h from S	29 km/h	1.2 mm	78%	100%	1004 mb	Excellent
18:00		13 °C	11 °C	17 km/h from S	27 km/h	0.0 mm	81%	90%	1004 mb	Excellent
21:00		13 °C	11 °C	17 km/h from S	25 km/h	0.6 mm	84%	82%	1004 mb	Poor

(b) Worldweatheronline

Abbildung 3.1.: Beispielhaftes Aussehen der Webseiten

Der Spieltags-Datei, die alle Spieltage und die zugehörigen Spiele der jeweiligen Saison und Liga enthielt, wurden für jedes Spiel die Spalten *Temperature*, *Rain*, *Humidity* mit den dazugehörigen Wetterdaten hinzugefügt. Das Aussehen der Wetter-Webseite ist in Abbildung 3.1b zu sehen, das Vorgehen für die Intervallauswahl in Tabelle 3.1. Die Einträge mit den Klammern zeigen die Anstoßzeiten der Heimspiele des Vereins *Las Palmas* in der Primera División 17/18, die Zeit in den Klammern gab dabei die lokale Zeit vor Ort an. Mithilfe der zugehörigen Koordinaten wurden die Stadien ausgewählt, die Webseite gab die Wetterdaten der zum jeweiligen Stadion nächstgelegenen Wetterstation an. Die Temperatur wurde in °C gemessen, die Regenmenge in mm und die Luftfeuchtigkeit in %.

Es wurden jedem Spiel zusätzlich die ID des Spiels und die Ballbesitz-Werte des Heim- und des Auswärtsteams hinzugefügt. Diese Ballbesitz-Werte waren ebenfalls in den jeweiligen *fbref*-Reports der Spiele zu finden. Abschließend wurden die vier Spieltags-

Dateien zusammengefügt, doppelte und sonstige nicht relevante Spalten entfernt und die relevanten spezifisch benannt.

Hinzu kommt, dass 17 Einträge aus den Spielerdaten entfernt wurden. Die Spieler dieser Einträge nahmen nicht am Spiel teil, haben jedoch vom Schiedsrichter während des Spiels eine gelbe oder rote Karte (durch unsportliches Verhalten o. Ä. vom Spielfeldrand aus) gezeigt bekommen, weswegen ein Eintrag in den Daten vorhanden war.

### 3.1.2. Transformation der Daten

In einem ersten Modell waren Annahmen der linearen Regression (Poole & O’Farrell, 1971; Osborne & Waters, 2002) in einigen Fällen nicht erfüllt und die  $R^2$ -Werte sehr niedrig. Die Annahmen wurden mithilfe des Durbin-Watson-Tests (Durbin & Watson, 1950) für die Unabhängigkeit der Residuen, des Breusch-Pagan-Tests (Breusch & Pagan, 1979) für die Homoskedastizität und des Jarque-Bera-Tests (Jarque & Bera, 1980) für die Normalverteilung der Residuen getestet. Für den Jarque-Bera-Test ist ein Signifikanzwert von  $\alpha = .01$  und für den Breusch-Pagan-Test ein Signifikanzwert von  $\alpha = .05$  festgelegt worden. Außerdem wurden die unabhängigen Variablen der Modelle mit dem *Variance Inflation Factor* (Werte dazu in Tabelle B.1) auf Multikollinearität überprüft.

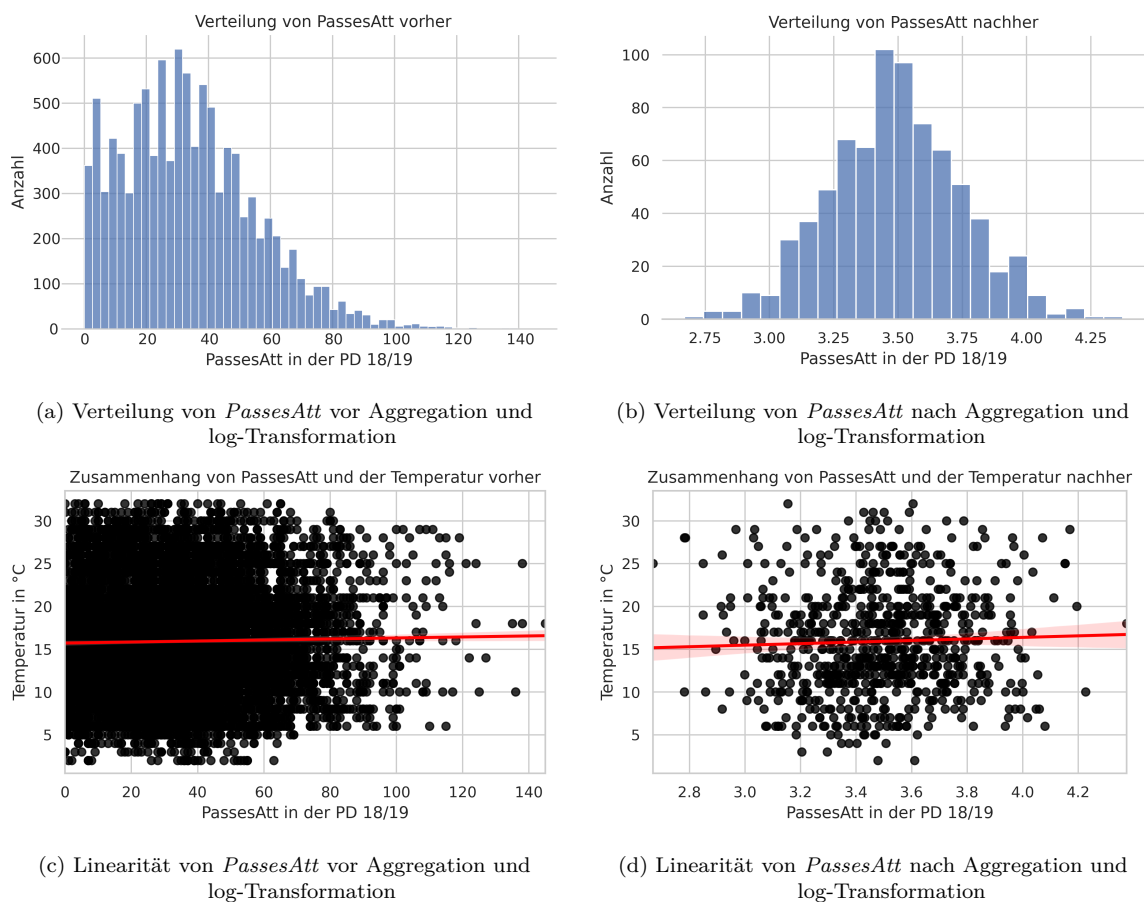


Abbildung 3.2.: Beispiele für die Veränderung nach Aggregation und log-Transformation

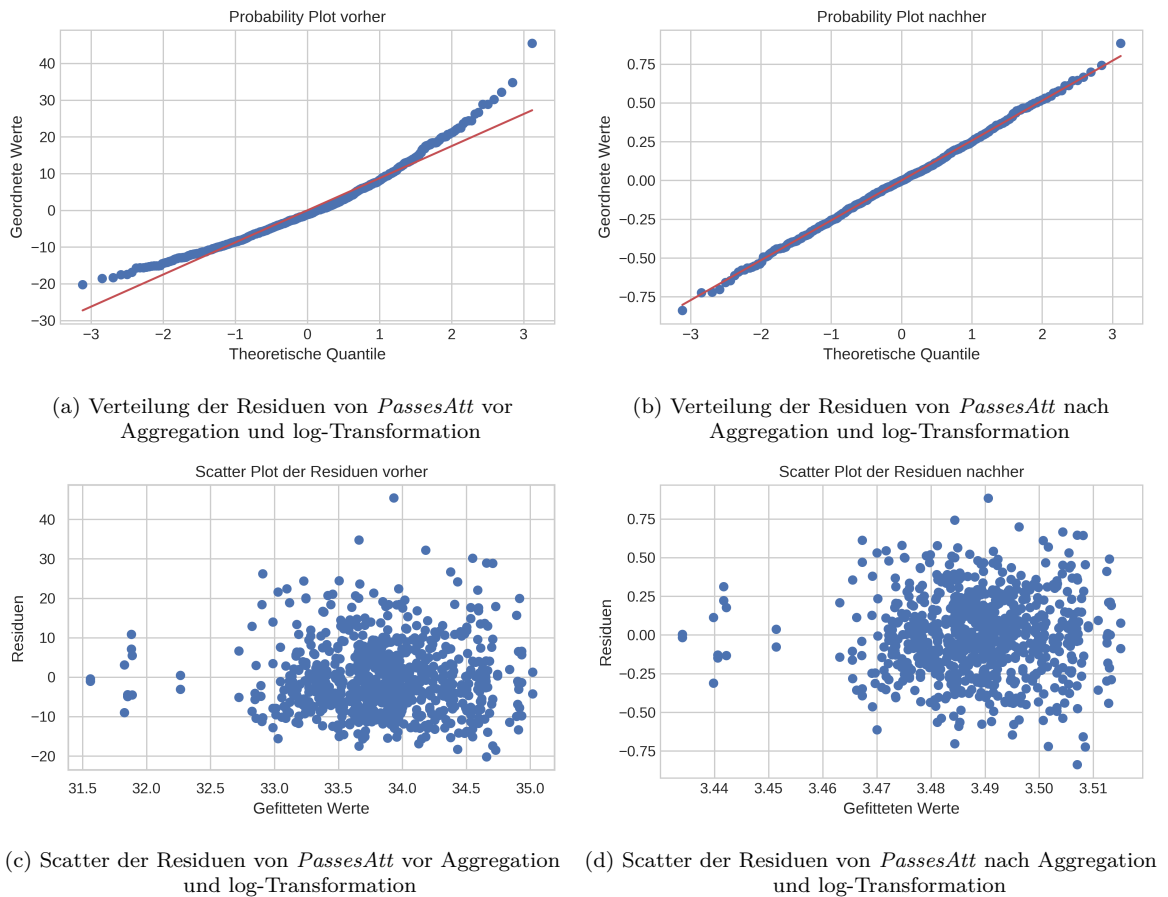


Abbildung 3.3.: Beispiele für die Veränderung der Residuen nach Aggregation und log-Transformation

Variable	angewandte Transformation
PassesAtt	Log von PassesAtt
Carries	Log von Carries
Sh	Wurzel von Sh
Tkl	Wurzel von Tkl
Press	Log von Press
Possession Home	Possession Home
Possession Away	Possession Away
PassesCmp%	$\text{PassesCmp}\%^2$
DribblesSucc%	DribblesSucc%
TklW	Wurzel von TklW
Press%	Wurzel von Press%

Tabelle 3.2.: Überblick der transformierten Variablen

Um die Annahmen möglichst gut zu erfüllen und die  $R^2$ -Werte zu verbessern, habe ich einen Teil der abhängigen Variablen transformiert. Wie die Variablen transformiert

wurden, ist in Tabelle 3.2 zu sehen. Da einige Einträge 0 als Wert bei einer Variable hatten und der natürliche Logarithmus von 0 nicht definiert ist, habe ich mich dazu entschieden, die Variablen nach den Teams zu aggregieren. Dafür wurde der Durchschnitt der Spieler pro Mannschaft und Spiel berechnet, Ausschnitte beider Versionen der Tabelle sind in Tabelle A.4 und Tabelle A.5 zu sehen. Diese Durchschnittswerte wurden nach Tabelle 3.2 transformiert und schließlich für die Regressionsmodelle genutzt. In Abbildung 3.2 und Abbildung 3.3 ist zu sehen, welche Auswirkung die Aggregation und Transformation auf die Variablen und die Residuen hatte.

Die Werte des Durbin-Watson-Tests befanden sich zwischen 1.56 und 2.68. Alle Fälle, in denen der Wert  $> 2.5$  war, wurden in den Tabellen mit einem „/“ markiert, da hier eine negative Autokorrelation der Standardfehler vorgelegen hat. Diese kann dazu führen, dass die Standardfehler unterschätzt werden und somit auch der p-Wert eines Koeffizienten niedriger angegeben wird, als er tatsächlich ist. Daher gehe ich für die Vergleiche in diesen Fällen nicht auf die entsprechenden Variablen ein, wenn der p-Wert  $< .05$  war. Da der Breusch-Pagan-Test bei den vorliegenden Daten oftmals fälschlicherweise angegeben hat, dass Heteroskedastizität vorliegt, wurde die Ergebnisse des Tests nochmal visuell auf Heteroskedastizität überprüft. Die Fälle, bei denen eine Heteroskedastizität zu erkennen war, wurden in den Tabellen mit einem „+“ markiert. Hier gilt dasselbe wie bei der Autokorrelation, weswegen auch hier nicht auf die Fälle, die einen p-Wert  $< .05$  hatten, eingegangen wird.

Ebenfalls erfüllten einige Variablen auch nach der Transformation die Annahme der Normalverteilung der Residuen nicht, sie sind mit einem „-“ in den Tabellen markiert worden. Die Verletzung der Annahme ist aufgrund der großen Anzahl an Beobachtungen und der Nichtnutzung der Modelle für Vorhersagen in diesem Fall jedoch in Ordnung, weswegen ich diese in die Vergleiche mit einbeziehe. Sowohl die p-Werte als auch die Koeffizienten werden durch diese Annahme nicht beeinflusst.

## 3.2. Überblick

Aufsummiert spielten 1354 verschiedenen Spielern in den untersuchten Saisons und Ligen. Diese verteilten sich auf 472 für die BL 17/18, 468 für die BL 18/19, 555 für die PD 17/18 und 527 für die PD 18/19. Pro BL-Saison wurden 306 und pro PD-Saison 380 Spiele der 18 (BL) und 20 (PD) Mannschaften absolviert (siehe Tabelle 3.3).

Tabelle 3.4 zeigt die untersuchten Variablen und ihre Eingruppierung, in welcher Einheit sie gemessen wurden und eine kurze Beschreibung. Dabei geben die Klammern die Interpretation der Variablen nach der Aggregation und für die Regressionsmodelle an. So werden *TklW* und alle Taktik-Variablen bis auf *Possession Home* und *Possession Away* nun als durchschnittlicher Wert der Spieler einer Mannschaft

Liga	Spieler	Spiele
BL 17/18	472	306
BL 18/19	468	306
PD 17/18	555	380
PD 18/19	527	380
Gesamt	1354	1372

Tabelle 3.3.: Anzahl der Spieler und Spiele



pro Spiel angegeben, *PassesCmp%*, *DribblesSucc%* und *Press%* als durchschnittliche Prozent der Spieler einer Mannschaft pro Spiel.

Variablentyp	Variable	Messung	Beschreibung
Taktik	PassesAtt	ges. (/durchschn.) jedes Spielers pro Spiel	Anzahl der versuchten Pässe zu einem Mitspieler
	Carries	ges. (/durchschn.) jedes Spielers pro Spiel	Anzahl der Ballführungen
	Sh	ges. (/durchschn.) jedes Spielers pro Spiel	Anzahl der Schüsse
	Tkl	ges. (/durchschn.) jedes Spielers pro Spiel	Anzahl der Tacklings
	Press	ges. (/durchschn.) jedes Spielers pro Spiel	Anzahl der Druckausübungen auf den ballführenden Gegner
	Possession Home	proz. pro Spiel	Ballbesitzanteil des Heimteams
	Possession Away	proz. pro Spiel	Ballbesitzanteil des Auswärtsteams
Performance	PassesCmp%	(durchschn.) proz. jedes Spielers pro Spiel	Anteil der erfolgreichen Pässe
	DribblesSucc%	(durchschn.) proz. jedes Spielers pro Spiel	Anteil der erfolgreichen Dribblings
	TklW	ges. (/durchschn.) jedes Spielers pro Spiel	Anzahl der erfolgreichen Tacklings
	Press%	(durchschn.) proz. jedes Spielers pro Spiel	Anteil der erfolgreichen Druckausübungen

Tabelle 3.4.: Eingruppierung und Erläuterung der untersuchten Variablen

Tabelle 3.5 zeigt die Statistiken der einzelnen Spieler pro Spiel an. Die Spalten zeigen die Liga und Saison, die Variable, den arithmetischen Mittelwert, die Standardabweichung, den Median sowie das Minimum und das Maximum an.

Im Schnitt wurden 35 bzw. 36 Pässe eines Spielers pro Spiel in den beiden BL-Saisons gespielt und in den Saisons der Primera División mit jeweils 34 etwas weniger getätigt. In den BL-Saisons lagen die Maxima an gespielten Pässen bei 174 in der Saison 17/18 und 203 in der Saison 18/19, während 17/18 126 und 18/19 maximal 145 Pässe in einem Spiel der Primera División gespielt wurden, die Werte der BL-Saisons waren hier also deutlich höher.

Die Anzahl der Ballführungen unterschied sich nicht stark, diese lag im Schnitt ungefähr zwischen 28 und 30. Auch hier war das Maximum in der BL wieder deutlich höher, 153 in 17/18 und 171 in 18/19 in der BL im Vergleich zu 119 in 17/18 und 137 in 18/19 in der PD.

In beiden Saisons der Ligen gab ein Spieler im Schnitt ca. 0.9 Schüsse pro Spiel ab, Median und Minimum waren überall 0, außer in der BL 18/19, wo der Median bei 1 lag. Das höchste Maximum gab es in der PD 17/18, wo ein Spieler 12 Schüsse innerhalb eines Spiels abgegeben hat.

Auch bei der Anzahl der durchgeführten Tacklings gab es keine großen Unterschiede. Lediglich die PD 17/18 wich etwas ab, dort wurde im Schnitt ein Tackling pro Spieler und Spiel gemacht, in der BL und der PD 18/19 waren es 1.2-1.3 pro Spiel.

Dafür war die maximale Anzahl an Tacklings in der PD 17/18 mit 14 am höchsten, in den anderen Saisons der PD und BL waren 10 und 11 das jeweilige Maximum.

Liga	Variable	arithm. MW	Std. Abw.	Median	Min.	Max.
BL 17/18	PassesAtt	35.21	22.23	33.0	0.0	174.0
	Carries	27.96	18.05	25.0	0.0	153.0
	Sh	0.90	1.25	0.0	0.0	11.0
	Tkl	1.26	1.47	1.0	0.0	10.0
	Press	11.85	9.22	10.0	0.0	95.0
	Possession Home	50.98	10.88	51.5	18.0	81.0
	Possession Away	49.02	10.88	48.5	19.0	82.0
	PassesCmp%	74.03	15.26	76.0	0.0	100.0
	DribblesSucc%	60.33	39.42	66.7	0.0	100.0
	TklW	0.80	1.07	0.0	0.0	9.0
	Press%	30.57	19.44	29.2	0.0	100.0
BL 18/19	PassesAtt	36.09	23.79	34.0	0.0	203.0
	Carries	29.55	19.65	27.0	0.0	171.0
	Sh	0.95	1.28	1.0	0.0	9.0
	Tkl	1.20	1.41	1.0	0.0	11.0
	Press	11.39	9.48	10.0	0.0	68.0
	Possession Home	51.42	11.16	51.0	27.0	83.0
	Possession Away	48.58	11.16	49.0	17.0	73.0
	PassesCmp%	75.40	15.12	77.35	0.0	100.0
	DribblesSucc%	61.80	39.53	66.70	0.0	100.0
	TklW	0.76	1.03	0.00	0.0	8.0
	Press%	28.41	19.86	26.30	0.0	100.0
PD 17/18	PassesAtt	33.94	21.52	31.0	0.0	126.0
	Carries	28.54	18.34	26.0	0.0	119.0
	Sh	0.88	1.24	0.0	0.0	12.0
	Tkl	1.07	1.32	1.0	0.0	14.0
	Press	11.77	9.48	10.0	0.0	65.0
	Possession Home	51.39	10.42	52.0	25.0	77.0
	Possession Away	48.61	10.42	48.0	23.0	75.0
	PassesCmp%	74.15	15.45	76.2	0.0	100.0
	DribblesSucc%	64.59	39.12	75.0	0.0	100.0
	TklW	0.69	0.98	0.0	0.0	10.0
	Press%	27.60	18.99	25.0	0.0	100.0
PD 18/19	PassesAtt	33.81	21.44	31.5	0.0	145.0
	Carries	27.66	18.24	25.0	0.0	137.0
	Sh	0.85	1.21	0.0	0.0	10.0
	Tkl	1.21	1.45	1.0	0.0	11.0
	Press	11.70	9.31	10.0	0.0	72.0
	Possession Home	51.66	10.69	52.0	24.0	82.0
	Possession Away	48.34	10.69	48.0	18.0	76.0
	PassesCmp%	75.38	15.49	77.8	0.0	100.0
	DribblesSucc%	61.82	38.98	66.7	0.0	100.0
	TklW	0.79	1.08	0.0	0.0	8.0
	Press%	27.21	19.36	25.0	0.0	100.0

Tabelle 3.5.: Deskriptive Statistiken der einzelnen Spieler

Liga	Variable	arithm. MW	Std. Abw.	Median	Min.	Max.
BL 17/18	PassesAtt	35.23	8.65	34.71	14.64	68.50
	Carries	27.98	8.64	27.14	8.93	61.50
	Sh	0.90	0.35	0.86	0.07	2.21
	Tkl	1.26	0.42	1.21	0.21	3.07
	Press	11.86	3.77	11.29	3.93	30.57
	Possession Home	50.98	10.88	51.50	18.00	81.00
	Possession Away	49.02	10.88	48.50	19.00	82.00
	PassesCmp%	75.67	7.10	76.75	50.90	91.20
	DribblesSucc%	60.04	14.83	60.00	0.00	100.00
	TklW	0.80	0.30	0.79	0.07	1.71
	Press%	30.10	6.84	30.05	7.20	53.40
BL 18/19	PassesAtt	36.11	9.47	34.86	15.79	78.00
	Carries	29.55	9.29	28.32	10.57	61.69
	Sh	0.95	0.37	0.93	0.07	2.14
	Tkl	1.20	0.38	1.14	0.21	3.00
	Press	11.40	4.20	10.93	1.00	29.29
	Possession Home	51.42	11.16	51.00	27.00	83.00
	Possession Away	48.58	11.16	49.00	17.00	73.00
	PassesCmp%	77.15	6.72	77.40	49.80	91.80
	DribblesSucc%	61.12	14.42	62.50	20.00	100.00
	TklW	0.76	0.28	0.73	0.07	2.15
	Press%	27.69	6.55	27.65	10.30	56.80
PD 17/18	PassesAtt	33.97	8.28	32.96	16.29	62.07
	Carries	28.58	8.55	27.36	11.00	56.21
	Sh	0.88	0.34	0.86	0.14	2.38
	Tkl	1.07	0.35	1.07	0.14	2.57
	Press	11.77	3.75	11.00	5.71	28.07
	Possession Home	51.39	10.42	52.00	25.00	77.00
	Possession Away	48.61	10.42	48.00	23.00	75.00
	PassesCmp%	75.71	7.43	76.10	42.00	90.80
	DribblesSucc%	63.64	14.37	63.60	14.30	100.00
	TklW	0.69	0.26	0.69	0.07	1.79
	Press%	26.85	6.64	26.25	10.00	54.50
PD 18/19	PassesAtt	33.83	8.90	32.71	14.43	79.38
	Carries	27.68	8.93	26.29	9.36	70.00
	Sh	0.85	0.34	0.79	0.21	2.29
	Tkl	1.21	0.37	1.14	0.36	2.77
	Press	11.70	3.66	11.29	3.86	27.86
	Possession Home	51.66	10.69	52.00	24.00	82.00
	Possession Away	48.34	10.69	48.00	18.00	76.00
	PassesCmp%	76.71	7.39	77.50	51.00	91.30
	DribblesSucc%	61.71	13.57	61.10	18.20	100.00
	TklW	0.79	0.28	0.79	0.14	1.85
	Press%	26.28	6.34	25.50	9.90	52.80

Tabelle 3.6.: Deskriptive Statistiken der Mannschaften vor der Transformation der Variablen

Bei der Anzahl der Druckausübungen gab es ebenfalls keine großen Unterschiede, durchschnittlich waren es dort jeweils 11-12. Jedoch lag das Maximum mit 95 in der BL 17/18 deutlich über den Maxima der anderen.

Die Heimmannschaften hatten überall im Schnitt jeweils circa 2-3% mehr Ballbesitz als die Gäste.

Die Passquoten lagen im Schnitt zwischen 74% und 75%, dabei waren sie in beiden Ligen in der Saison 18/19 ca. 1% höher als in der jeweiligen Vorsaison.

Der Anteil an erfolgreichen Dribblings lag jeweils durchschnittlich bei etwas über 60% und der Median war 66.7%, abgesehen von der PD 17/18. Dort war sowohl der Durchschnitt als auch der Median mit 64.6% und 75% deutlich höher.

Die gewonnenen Tacklings fielen im Mittelwert in der PD 17/18 etwas geringer als bei den anderen aus, dafür wurde dort mit 10 gewonnenen Tacklings das höchste Maximum erreicht, die anderen erreichten 8 bzw. 9 im Maximum.

In der BL 17/18 waren die Druckausübungen im Schnitt mit 30.6% im Vergleich zu den 27.2-28.4% der anderen am erfolgreichsten, auch der Median lag dort um 3-4% höher.

In Tabelle 3.6 werden nun die Statistiken der aggregierten Versionen der Variablen gezeigt. Auf die arithmetischen Mittelwerte gehe ich an dieser Stelle nicht noch einmal ein, da sie bis auf kleinste Unterschiede in der zweiten Nachkommastelle gleich zu den Werten der vorherigen Daten waren. Gleiches gilt für die Ballbesitz-Werte, da dort keine Aggregation nötig war.

Der höchste Durchschnitt an versuchten Pässen wurde in der PD 18/19 mit fast 80 erzielt, danach folgten die BL 18/19 mit 78, die BL 17/18 mit 68.5 und 62 in der PD 17/18. Die Minima lagen jeweils im Bereich von 14.4 bis 16.3 pro Spieler und auch die Median-Werte lagen recht nah beieinander, jeweils zwischen 32.7 und 34.9.

Die Anzahl der Ballführungen betrug im Median 26.3 bis 28.3. Das niedrigste Minimum wurde mit 8.9 in der BL 17/18 erzielt, das höchste mit 11 in der PD 17/18. Die PD hatte 17/18 jedoch auch das niedrigste Maximum (56.2) und das höchste lag in der PD 18/19 mit 70 vor.

Die erzielten Median-, Minimum- und Maximum-Werte waren bei den Schüssen in den Ligen relativ ähnlich, ebenso bei den Tacklings. Bei beiden Variablen hatte die PD 18/19 die höchsten Minima mit 0.21 bei den Schüssen und 0.36 bei den Tacklings. In den BL-Saisons lagen die Maxima der Tacklings bei 3 und damit etwas höher als in den beiden PD-Saisons. Bei den Schüssen wurde mit 2.38 in der PD 17/18 das höchste Maximum erreicht.

Bei den Druckausübungen gab es im Maximum etwas mehr in den BL-Saisons als in den Saisons der PD, jedoch lag das höchste Minimum mit 5.7 in der PD 17/18 deutlich vor allen anderen. Das niedrigste Minimum war mit 1 in der BL 18/19 deutlich unter den Werten der anderen. Beim Median sind alle wieder recht ähnlich gewesen, das Maximum lag jedoch in der BL 17/18 höher als bei den anderen und ist mit 30.6 um fast 3 größer als das der PD 18/19, wo mit 27.9 das niedrigste Maximum vorhanden war.

Auch die Passquote war im Median mit 76.1-77.5% in allen Saisons und Ligen sehr ähnlich, das niedrigste Minimum mit 42% in der PD 17/18 fiel deutlich geringer aus als die Minima der anderen. Das höchste Minimum war 51% und lag in der PD 18/19 vor,

das höchste Maximum mit 91.8% in der BL 18/19.

Die Dribblings waren mit 63.6% im Median in der PD 17/18 am erfolgreichsten, in der BL 17/18 lag dort mit 0% das niedrigste Minimum vor. Alle Spielzeiten erreichten im Maximum 100% und das höchste Minimum wurde in der BL 18/19 erzielt (20%).

Die gewonnenen Tacklings waren in den Kategorien ebenfalls sehr ähnlich, lediglich die BL 18/19 hob hier mit 2.2 im Maximum etwas deutlicher ab. Außerdem ist das Minimum der PD 18/19 mit 0.14 doppelt so hoch gewesen wie das der anderen.

In der BL gab es in der Saison 18/19 im Vergleich zur Vorsaison ein deutlich höheres Minimum und Maximum bei der Pressingquote, nämlich je etwas über 3% mehr. Der Median war in beiden Ligen in der Saison 17/18 höher und allgemein in der BL höher als in der PD.

Die deskriptiven Statistiken der Top Sechs und der Heimteams sind in Tabelle A.2 und Tabelle A.3 zu finden.

In Abbildung 3.4 und Abbildung 3.5 sind die Abschlusstabellen nach dem letzten Spieltag der jeweiligen Saisons der Ligen zu sehen. Diese Tabellen waren die Grundlage für die Klassifikation der Top-Sechs-Teams, die für das Modell in Abschnitt 4.2 benutzt wurden. Die Top Sechs bestand also jeweils aus den ersten sechs Mannschaften der Abschlusstabelle.

In der BL waren dies 17/18 Bayern München, Schalke 04, TSG Hoffenheim, Borussia Dortmund, Bayer 04 Leverkusen und RB Leipzig, und 18/19 Bayern München, Borussia Dortmund, RB Leipzig, Bayer 04 Leverkusen, Borussia Mönchengladbach und VfL Wolfsburg. Meister war in beiden Saisons Bayern München. Die ersten vier Plätze qualifizierten sich hierbei für die Champions League und 17/18 die Plätze 5 und 6 bzw. 18/19 die Plätze 5-7 für die Europa League. Direkte Absteiger der Saison waren jeweils die Plätze 17 und 18, die Mannschaften auf Platz 16 belegten den Relegationsplatz.

In der Primera División bestand die Top Vier in beiden Jahren aus Barcelona, Atlético Madrid, Real Madrid und Valencia. Fünfter und Sechster waren 17/18 Villareal und Betis Sevilla, und 18/19 Getafe und Sevilla. Hier ist Barcelona in beiden Saisons Meister geworden. Es qualifizierten sich ebenfalls die ersten vier für die Champions League und die Vereine auf den Plätzen 5-7 für die Europa League. Die letzten drei Teams sind direkt abgestiegen, da es keinen Relegationsplatz gab.

Abbildung 3.6a zeigt die Temperaturstatistiken der jeweiligen Liga und Saison. Der niedrigste Wert lag in der BL 17/18 vor, wo -5 °C gemessen wurden. Das höchste Minimum mit 2 °C gab es in der PD 18/19. Beide PD-Saisons erreichten einen Höchstwert von 32 °C, wohingegen die BL-Saisons 29 °C (17/18) und 25 °C (18/19) als Höchstwert hatten. Im Schnitt lagen die Temperaturen des untersuchten Zeitraums in der Primera División deutlich höher, dort wurden 14.7 °C in 17/18 und 15.9 °C in 18/19 erreicht. Die durchschnittlichen Temperaturen in der Bundesliga waren dahingegen 9.9 °C und 10.8 °C, somit lagen die Temperaturen der Primera-División im jeweils gleichen Jahr mit fast 5 °C deutlich über denen der BL.

Rk	Squad	MP	W	D	L	GF	GA	GD	Pts
1	Bayern Munich	34	27	3	4	92	28	+64	84
2	Schalke 04	34	18	9	7	53	37	+16	63
3	Hoffenheim	34	15	10	9	66	48	+18	55
4	Dortmund	34	15	10	9	64	47	+17	55
5	Leverkusen	34	15	10	9	58	44	+14	55
6	RB Leipzig	34	15	8	11	57	53	+4	53
7	Stuttgart	34	15	6	13	36	36	0	51
8	Eintracht Frankfurt	34	14	7	13	45	45	0	49
9	M'Gladbach	34	13	8	13	47	52	-5	47
10	Hertha BSC	34	10	13	11	43	46	-3	43
11	Werder Bremen	34	10	12	12	37	40	-3	42
12	Augsburg	34	10	11	13	43	46	-3	41
13	Hannover 96	34	10	9	15	44	54	-10	39
14	Mainz 05	34	9	9	16	38	52	-14	36
15	Freiburg	34	8	12	14	32	56	-24	36
— 16	Wolfsburg	34	6	15	13	36	48	-12	33
▼ 17	Hamburger SV	34	8	7	19	29	53	-24	31
▼ 18	Köln	34	5	7	22	35	70	-35	22

(a) Saison 2017/18

Rk	Squad	MP	W	D	L	GF	GA	GD	Pts
1	Bayern Munich	34	24	6	4	88	32	+56	78
2	Dortmund	34	23	7	4	81	44	+37	76
3	RB Leipzig	34	19	9	6	63	29	+34	66
4	Leverkusen	34	18	4	12	69	52	+17	58
5	M'Gladbach	34	16	7	11	55	42	+13	55
6	Wolfsburg	34	16	7	11	62	50	+12	55
7	Eintracht Frankfurt	34	15	9	10	60	48	+12	54
8	Werder Bremen	34	14	11	9	58	49	+9	53
9	Hoffenheim	34	13	12	9	70	52	+18	51
10	Düsseldorf	34	13	5	16	49	65	-16	44
11	Hertha BSC	34	11	10	13	49	57	-8	43
12	Mainz 05	34	12	7	15	46	57	-11	43
13	Freiburg	34	8	12	14	46	61	-15	36
14	Schalke 04	34	8	9	17	37	55	-18	33
15	Augsburg	34	8	8	18	51	71	-20	32
— 16	Stuttgart	34	7	7	20	32	70	-38	28
▼ 17	Hannover 96	34	5	6	23	31	71	-40	21
▼ 18	Nürnberg	34	3	10	21	26	68	-42	19

(b) Saison 2018/19

Abbildung 3.4.: Abschlusstabelle der Bundesligasaisons

Quelle: *fbref*

Rk	Squad	MP	W	D	L	GF	GA	GD	Pts
1	Barcelona	38	28	9	1	99	29	+70	93
2	Atlético Madrid	38	23	10	5	58	22	+36	79
3	Real Madrid	38	22	10	6	94	44	+50	76
4	Valencia	38	22	7	9	65	38	+27	73
5	Villarreal	38	18	7	13	57	50	+7	61
6	Betis	38	18	6	14	60	61	-1	60
7	Sevilla	38	17	7	14	49	58	-9	58
8	Getafe	38	15	10	13	42	33	+9	55
9	Eibar	38	14	9	15	44	50	-6	51
10	Girona	38	14	9	15	50	59	-9	51
11	Espanyol	38	12	13	13	36	42	-6	49
12	Real Sociedad	38	14	7	17	66	59	+7	49
13	Celta Vigo	38	13	10	15	59	60	-1	49
14	Alavés	38	15	2	21	40	50	-10	47
15	Levante	38	11	13	14	44	58	-14	46
16	Athletic Club	38	10	13	15	41	49	-8	43
17	Leganes	38	12	7	19	34	51	-17	43
▼ 18	La Coruña	38	6	11	21	38	76	-38	29
▼ 19	Las Palmas	38	5	7	26	24	74	-50	22
▼ 20	Málaga	38	5	5	28	24	61	-37	20

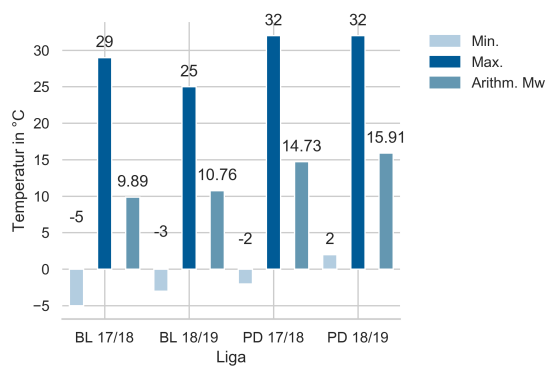
(a) Saison 2017/18

Rk	Squad	MP	W	D	L	GF	GA	GD	Pts
1	Barcelona	38	26	9	3	90	36	+54	87
2	Atlético Madrid	38	22	10	6	55	29	+26	76
3	Real Madrid	38	21	5	12	63	46	+17	68
4	Valencia	38	15	16	7	51	35	+16	61
5	Getafe	38	15	14	9	48	35	+13	59
6	Sevilla	38	17	8	13	62	47	+15	59
7	Espanyol	38	14	11	13	48	50	-2	53
8	Athletic Club	38	13	14	11	41	45	-4	53
9	Real Sociedad	38	13	11	14	45	46	-1	50
10	Betis	38	14	8	16	44	52	-8	50
11	Alavés	38	13	11	14	39	50	-11	50
12	Eibar	38	11	14	13	46	50	-4	47
13	Leganes	38	11	12	15	37	43	-6	45
14	Villarreal	38	10	14	14	49	52	-3	44
15	Levante	38	11	11	16	59	66	-7	44
16	Valladolid	38	10	11	17	32	51	-19	41
17	Celta Vigo	38	10	11	17	53	62	-9	41
▼ 18	Girona	38	9	10	19	37	53	-16	37
▼ 19	Huesca	38	7	12	19	43	65	-22	33
▼ 20	Rayo Vallecano	38	8	8	22	41	70	-29	32

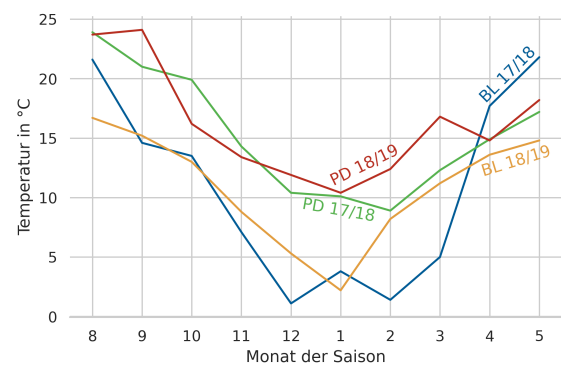
(b) Saison 2018/19

Abbildung 3.5.: Abschlusstabelle der Primera-División-Saisons

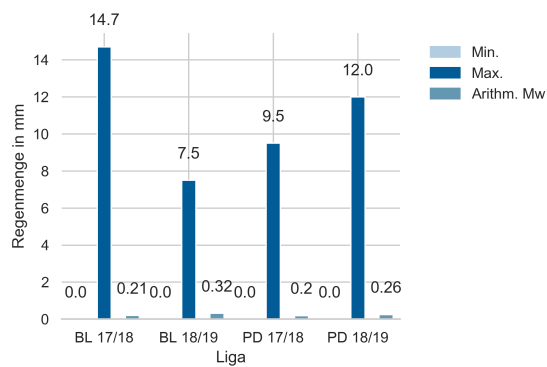
Quelle: *fbref*



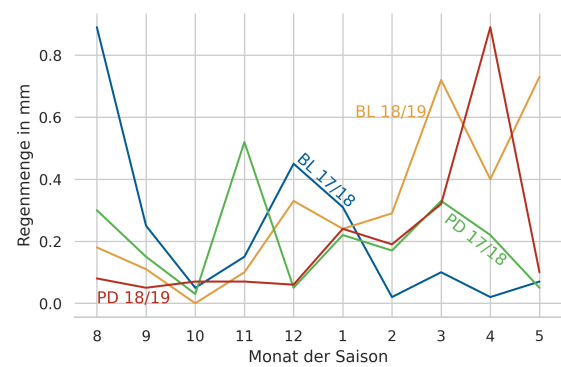
(a) Temperatur



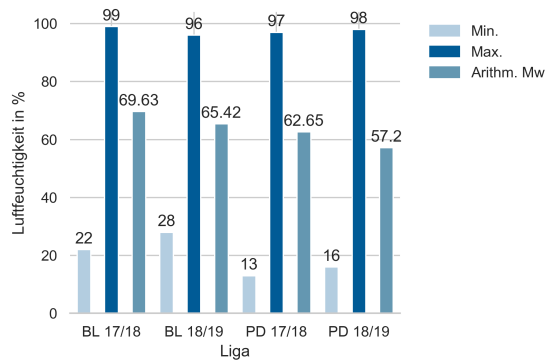
(b) Temperatur pro Monat



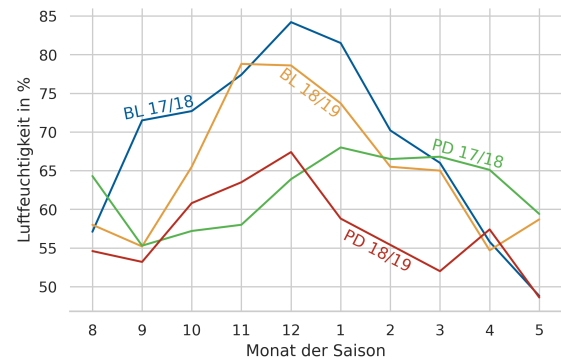
(c) Regen



(d) Regen pro Monat



(e) Luftfeuchtigkeit



(f) Luftfeuchtigkeit pro Monat

Abbildung 3.6.: Wetterstatistiken

Die Regenmenge (Abbildung 3.6c) war in allen Saisons im Schnitt recht gering und unterschied sich kaum, am höchsten war sie in der BL 18/19, nämlich durchschnittlich 0.32 mm pro Spiel. Das Minimum lag in jeder Saison bei 0 mm und das Maximum war in der BL 17/18 mit 14.7 mm am höchsten. Das niedrigste Maximum hatte die BL 18/19 mit 7.5 mm.

Die Luftfeuchtigkeit (Abbildung 3.6e) lag im Maximum jeweils zwischen 96% und 99%, das Maximum von 99% wurde in der BL 17/18 erreicht. Im Schnitt war die Luftfeuchtigkeit in der BL etwas höher. Wie auch beim Maximum erreichte die BL 17/18 beim Durchschnitt mit knapp unter 70% den höchsten Wert. Bei der PD 18/19 ist die Luftfeuchtigkeit im Schnitt mit einem Wert von ca. 57% am niedrigsten gewesen. Ebenfalls waren die Minima der BL wieder höher als die der PD. Das höchste Minimum lag in der BL 18/19 vor, wo es 28% waren. Den niedrigsten Wert hatte die PD 17/18 mit 13%.

In Abbildung 3.6b, Abbildung 3.6d und Abbildung 3.6f werden die durchschnittlichen Temperaturen, Regenmengen und Luftfeuchtigkeiten der verschiedenen Ligen über alle Monate der Saisons hinweg gezeigt. Die Saisons fanden jeweils von August bis Mai statt. Die Mittelwerte der Temperatur gingen sehr einheitlich bis zu den Wintermonaten runter und stiegen in den letzten Monaten der Saison wieder an. Die Werte der Primera División lagen dabei bis auf die Monate April und Mai der BL-Saison 17/18 durchgehend höher als die der Bundesliga, vor allem im Winter. Die Spiele der Bundesliga befanden sich jeweils vom Dezember bis Februar, 17/18 sogar bis März, im Schnitt zwischen 0 °C und 5 °C. Die Werte der PD-Saisons lagen in diesem Zeitraum durchschnittlich ca. zwischen 9 °C und 14 °C und somit deutlich über den Werten der BL. Der Höchststand ist hierbei im September der PD 18/19 erreicht worden, dort lag die Temperatur im Schnitt bei knapp unter 25 °C.

Bei der Regenmenge erreichten die BL 17/18 und die PD 18/19 den Höchststand aller. Im August gab es in jedem Spiel der BL 17/18 im Schnitt 0.9 mm Regen, dasselbe galt für den April in der PD 18/19.

Insgesamt wurde in den Ligen das jeweilige Maximum an durchschnittlicher Luftfeuchtigkeit im Bereich von November bis Januar erreicht. Die BL 17/18 erreichte im Dezember mit ca. 85% den höchsten Schnitt beider Ligen und Saisons. Insgesamt waren die durchschnittlichen Luftfeuchtigkeitswerte der BL-Saisons in den Monaten von Oktober bis Januar deutlich höher als die der PD-Saisons.



## 4. Ergebnisse

### 4.1. Basis-Modell

Um den Einfluss der Bedingungen festzustellen, wurden mehrere Regressionsmodelle gebaut. Für die Modelle wurden die gesammelten Wetterdaten der Temperaturen, Regenmenge und Luftfeuchtigkeit als unabhängige Variablen verwendet.

Das lineare Regressionsmodell lautete in diesem Fall:

$$\begin{aligned} Y_i / \log(Y_i) / \sqrt{Y_i} / Y_i^2 = & \beta_0 \\ & + \beta_1 \cdot \text{Temperatur}_j \\ & + \beta_2 \cdot \text{Regen}_j \\ & + \beta_3 \cdot \text{Luftfeuchtigkeit}_j \\ & + \varepsilon \end{aligned}$$

Dabei steht  $Y_i / \log(Y_i) / \sqrt{Y_i} / Y_i^2$  für die jeweilige Version der abhängigen Variable  $i$  und  $\beta_0$  ist der Intercept.  $\text{Temperatur}_j$ ,  $\text{Regen}_j$  und  $\text{Luftfeuchtigkeit}_j$  beschreiben die Temperatur, Regenmenge und Luftfeuchtigkeit des für das Spiel  $j$  ausgewählten Intervalls.

Die Ergebnisse des Basis-Modells sind in Tabelle 4.1 für die Taktik-Variablen und Tabelle 4.2 für die Performance-Variablen zu sehen, für das Top-Sechs-Modell in Tabelle 4.3 und Tabelle 4.4 und für das Heim-Modell in Tabelle 4.5 und Tabelle 4.6. Sie zeigen die jeweilige Liga und Saison, die jeweilige abhängige Variable, den  $R^2$ - und  $\text{Adj.}R^2$ -Wert, die Anzahl der Beobachtungen  $N$  sowie den Intercept und die geschätzten Koeffizienten.

Die lineare Regression wurde mithilfe des *statsmodels*<sup>1</sup> Pakets (Seabold & Perktold, 2010) in Python implementiert.

Da Bayern München in einem Spiel der Saison 17/18 0 versuchte Dribblings und somit keinen Wert bei der Dribblingquote hatte, lagen dort bei den Modellen 611, 203 und 305 anstatt 612, 204 und 306 Beobachtungen vor.

Die Koeffizienten der Modelle mit den log-transformierten abhängigen Variablen können als Prozentwerte interpretiert werden. So würde bspw. ein Koeffizient von .003 bedeuten, dass eine zusätzliche Einheit der unabhängigen Variable zu einem Anstieg der abhängigen Variable von 0.3% führen würde.

Die Variablen, die mithilfe der Wurzel transformiert wurden, können wie folgt interpretiert werden: Eine zusätzliche Einheit der jeweiligen Wettervariable führt hier nun

---

<sup>1</sup> <https://www.statsmodels.org/>

zu einem Effekt von  $2 \cdot \text{Koeffizient der Wettervariable} \cdot \text{aktuelle Anzahl der abhängigen Variable}$ . Der Einfachheit halber wird an dieser Stelle jedoch auf die Umwandlung der Koeffizienten verzichtet, da die Effekte auch so ersichtlich sind und eine Vergleichbarkeit gegeben ist.

In beiden Saisons der Ligen gab es keinen Wettereffekt auf *PassesAtt* und auf *Carries.Sh* wurde in keiner BL-Saison durch eine Wetterbedingung beeinflusst. In der PD stand jedoch die Temperatur 17/18 (.003,  $p < .05$ ) mit einer Erhöhung der Schussanzahl in Verbindung und in der Saison 18/19 gab es ebenfalls einen positiven Einfluss der Temperatur (.003,  $p < .01$ ). Somit war der Einfluss der Temperatur auf *Sh* in diesen beiden Saisons gleichwertig. In der PD 18/19 stand zusätzlich die Luftfeuchtigkeit mit einem positiven Einfluss auf die Schüsse in Verbindung (.001,  $p < .05$ ).

*Tkl* wurde in beiden BL-Saisons negativ durch die Temperatur (17/18: -.009,  $p < .001$ ; 18/19: -.005,  $p < .001$ ) und die Luftfeuchtigkeit (17/18: -.003,  $p < .001$ ; 18/19: -.001,  $p < .05$ ) beeinflusst. Sowohl der Effekt der Luftfeuchtigkeit als auch der Effekt der Temperatur war in der Saison 17/18 stärker. In der PD gab es in beiden Saisons mit jeweils -.001 ( $p < .01$ ) einen leichten negativen Effekt der Luftfeuchtigkeit auf *Tkl*, in der Saison 18/19 dann auch noch einen der Temperatur (-.004,  $p < .001$ ). Somit war der Effekt der Temperatur auf *Tkl* auch insgesamt in der BL 17/18 am stärksten, Gleiches galt für den Luftfeuchtigkeitseffekt.

Die Temperatur stand in beiden Saisons der Ligen mit einer Verringerung von *Press* in Verbindung, dieser Einfluss war mit -.016 ( $p < .001$ ) in der BL 18/19 insgesamt am stärksten. Auch in der PD 18/19 war dieser Effekt mit -.009 ( $p < .001$ ) größer als in der Vorsaison. Die Effekte sind in beiden BL-Saisons stärker gewesen als in den PD-Saisons. In der BL 18/19 stand noch der Regen mit einer Erhöhung (.057,  $p < .01$ ) und die Luftfeuchtigkeit mit einer Verringerung (-.006,  $p < .001$ ) der Druckausübungen in Verbindung.

Die Einflüsse auf *Possession Home* und *Possession Away* waren nur in den Saisons der PD signifikant, dort hatte die Temperatur 17/18 einen Effekt von .222 ( $p < .05$ ) und 18/19 einen etwas stärkeren mit .374 ( $p < .001$ ). Dafür gab es in der Saison 17/18 zusätzlich noch einen positiven Effekt des Regens (1.544,  $p < .05$ ). Die positiven Effekte galten dabei für den Ballbesitz des Heimteams, der Ballbesitz des Auswärtsteams wurden entsprechend negativ beeinflusst.

Auch *PassesCmp%* wurde nur in den PD-Saisons durch die Wetterbedingungen beeinflusst. Die Temperatur stand 18/19 mit einer etwas stärkeren Erhöhung (23.458,  $p < .01$ ) der Passquote in Verbindung als 17/18 (20.824,  $p < .01$ ).

*DribblesSucc%* wurde nur in der PD 17/18 signifikant durch das Wetter beeinflusst, in diesem Fall erhöhte der Regen die Erfolgsquote (1.902,  $p < .01$ ).

Auf *TklW* gab es in beiden Saisons der Bundesliga (17/18: -.008,  $p < .001$ ; 18/19: -.003,  $p < .05$ ) und in der PD 18/19 (-.003,  $p < .01$ ) einen negativen Effekt der Temperatur, welcher in der BL 17/18 am stärksten war.

Liga	abh. Variablen	$R^2$	$Adj. R^2$	# der Beob.	Intercept	T	R	L
BL 17/18	/ Log von PassesAtt	.007	.002	612	3.599*** (.058)	-.003* (.001)	.004 (.010)	-.001 (.001)
	/ Log von Carries	.004	-.001	612	3.343*** (.073)	-.002 (.002)	.013 (.012)	-.001 (.001)
	Wurzel von Sh	.006	.001	612	.859*** (.044)	.001 (.001)	.004 (.007)	.001 (.001)
	Wurzel von Tkl	.115	.110	612	1.375*** (.042)	-.009*** (.001)	.002 (.007)	-.003*** (.001)
	Log von Press	.082	.077	612	2.549*** (.069)	-.011*** (.002)	.002 (.012)	-.000 (.001)
	Possession Home	.008	-.001	306	55.854*** (3.591)	-.109 (.089)	-.309 (.603)	-.054 (.043)
	Possession Away	.008	-.001	306	44.146*** (3.591)	.109 (.089)	.309 (.603)	.054 (.043)
BL 18/19	/ Log von PassesAtt	.001	-.004	612	3.562*** (.068)	-.001 (.002)	-.001 (.013)	.000 (.001)
	/ Log von Carries	.000	-.005	612	3.362*** (.081)	-.001 (.003)	-.004 (.015)	-.000 (.001)
	Wurzel von Sh	.001	-.004	612	.938*** (.053)	-.000 (.002)	-.004 (.010)	.000 (.001)
	Wurzel von Tkl	.021	.016	612	1.202*** (.046)	-.005*** (.001)	.010 (.009)	-.001* (.001)
	- Log von Press	.050	.046	612	2.891*** (.104)	-.016*** (.003)	.057** (.019)	-.006*** (.001)
	Possession Home	.008	-.002	306	48.189*** (4.174)	.151 (.133)	-.799 (.772)	.029 (.048)
	Possession Away	.008	-.002	306	51.811*** (4.174)	-.151 (.133)	.799 (.772)	-.029 (.048)
PD 17/18	/ Log von PassesAtt	.001	-.002	760	3.546*** (.048)	-.001 (.002)	.003 (.012)	-.000 (.001)
	Log von Carries	.002	-.002	760	3.356*** (.060)	-.000 (.002)	.006 (.015)	-.001 (.001)
	Wurzel von Sh	.008	.004	760	.888*** (.036)	.003* (.001)	-.001 (.009)	-.000 (.000)
	Wurzel von Tkl	.012	.008	760	1.107*** (.033)	-.001 (.001)	-.003 (.008)	-.001** (.000)
	- Log von Press	.012	.008	760	2.499*** (.059)	-.006** (.002)	-.008 (.015)	.000 (.001)
	Possession Home	.026	.018	380	47.024*** (2.878)	.222* (.098)	1.544* (.713)	.013 (.031)
	Possession Away	.026	.018	380	52.976*** (2.878)	-.222* (.098)	-1.544* (.713)	-.013 (.031)
PD 18/19	/ Log von PassesAtt	.002	-.002	760	3.438*** (.054)	.002 (.002)	-.004 (.007)	.000 (.001)
	Log von Carries	.005	.001	760	3.196*** (.066)	.003 (.002)	-.008 (.009)	.000 (.001)
	Wurzel von Sh	.013	.009	760	.792*** (.038)	.003** (.001)	-.005 (.005)	.001* (.000)
	Wurzel von Tkl	.021	.017	760	1.224*** (.035)	-.004*** (.001)	.001 (.005)	-.001** (.000)
	Log von Press	.027	.023	760	2.627*** (.064)	-.009*** (.002)	.006 (.009)	-.001 (.001)
	Possession Home	.037	.029	380	43.608*** (3.117)	.374*** (.101)	.113 (.434)	.036 (.034)
	Possession Away	.037	.029	380	56.392*** (3.117)	-.374*** (.101)	-.113 (.434)	-.036 (.034)

Tabelle 4.1.: Taktik-Variablen des Basis-Modells

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ; Standardfehler in Klammern;  
+ Heteroskedastizität, - Residuen nicht normalverteilt, / Autokorrelation der Residuen

Auch die Luftfeuchtigkeit hatte in der BL 17/18 ( $-.002$ ,  $p < .001$ ) und beiden PD-Saisons (17/18:  $-.001$ ,  $p < .001$ ; 18/19:  $-.001$ ,  $p < .01$ ) einen negativen Effekt auf die erfolgreichen Tacklings. Wieder war dieser in der BL 17/18 am stärksten.

*Press%* wurde am stärksten in der BL 17/18 durch die Temperatur beeinflusst ( $-.017$ ,  $p < .001$ ), die Effekte waren in der PD 17/18 ( $-.011$ ,  $p < .01$ ) und 18/19 ( $-.010$ ,  $p < .05$ ) geringer. In der BL 17/18 gab es außerdem noch einen negativen Effekt der Luftfeuchtigkeit ( $-.006$ ,  $p < .001$ ). In der BL 18/19 gab es keinen Effekt einer Wetterbedingung auf die Pressingquote.

Liga	abh. Variablen	$R^2$	$Adj. R^2$	# der Beob.	Intercept	T	R	L
BL 17/18	+ - PassesCmp% <sup>2</sup>	.005	.000	612	6052.397*** (243.631)	-4.421 (6.031)	60.295 (40.880)	-3.526 (2.947)
	- DribblesSucc%	.006	.001	611	60.735*** (3.458)	.108 (.086)	-.088 (.580)	-.025 (.042)
	Wurzel von TklW	.097	.093	612	1.123*** (.039)	-.008*** (.001)	.006 (.006)	-.002*** (.000)
	- Wurzel von Press%	.042	.037	612	6.038*** (.146)	-.017*** (.004)	-.026 (.024)	-.006*** (.002)
BL 18/19	PassesCmp% <sup>2</sup>	.002	-.003	612	6155.953*** (270.681)	.921 (8.632)	13.385 (50.082)	-2.644 (3.132)
	DribblesSucc%	.005	.000	612	67.651*** (3.806)	-.154 (.121)	.069 (.704)	-.075 (.044)
	- Wurzel von TklW	.010	.005	612	.930*** (.044)	-.003* (.001)	.009 (.008)	-.001 (.001)
	Wurzel von Press%	.002	-.002	612	5.057*** (.166)	.006 (.005)	-.011 (.031)	.002 (.002)
PD 17/18	PassesCmp% <sup>2</sup>	.014	.010	760	5501.214*** (215.638)	20.824** (7.367)	48.232 (53.410)	-.481 (2.339)
	DribblesSucc%	.011	.007	760	64.118*** (2.822)	-.054 (.096)	1.902** (0.699)	-.001 (.031)
	Wurzel von TklW	.020	.016	760	.904*** (.030)	-.001 (.001)	.005 (.008)	-.001*** (.000)
	Wurzel von Press%	.010	.006	760	5.453*** (.126)	-.011** (.004)	.016 (.031)	-.002 (.001)
PD 18/19	- PassesCmp% <sup>2</sup>	.016	.012	760	5390.517*** (230.113)	23.458** (7.484)	-37.735 (32.049)	3.225 (2.536)
	DribblesSucc%	.002	-.002	760	58.111*** (2.841)	.094 (.092)	-.175 (.396)	.038 (.031)
	Wurzel von TklW	.015	.011	760	.985*** (.033)	-.003** (.001)	.004 (.005)	-.001** (.000)
	Wurzel von Press%	.012	.009	760	5.355*** (.128)	-.010* (.004)	.033 (.018)	-.002 (.001)

Tabelle 4.2.: Performance-Variablen des Basis-Modells

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ; Standardfehler in Klammern;  
+ Heteroskedastizität, - Residuen nicht normalverteilt, / Autokorrelation der Residuen

## 4.2. Top-Sechs-Modell

*PassesAtt* wurde nur in der PD 17/18 durch die Wetterbedingungen beeinflusst, dort hatten die Temperatur ( $-.007$ ,  $p < .05$ ) und die Luftfeuchtigkeit ( $-.002$ ,  $p < .05$ ) einen negativen Effekt auf die Variable.

Liga	abh. Variablen	$R^2$	$Adj. R^2$	# der Beob.	Intercept	T	R	L
BL 17/18	Log von PassesAtt	.011	-.004	204	3.574*** (.089)	-.000 (.002)	-.009 (.011)	.001 (.001)
	Log von Carries	.007	-.008	204	3.347*** (.107)	.001 (.003)	-.004 (.013)	.002 (.001)
	Wurzel von Sh	.023	.008	204	.874*** (.069)	.003* (.002)	-.001 (.008)	.001 (.001)
	Wurzel von Tkl	.088	.075	204	1.273*** (.072)	-.008*** (.002)	.001 (.009)	-.001 (.001)
	Log von Press	.062	.048	204	2.500*** (.117)	-.010** (.003)	.002 (.014)	-.000 (.001)
	Possession Home	.020	.002	174	59.529*** (5.288)	-.214 (.132)	.132 (.738)	-.100 (.066)
	Possession Away	.020	.002	174	40.471*** (5.288)	.214 (.132)	-.132 (.738)	.100 (.066)
BL 18/19	Log von PassesAtt	.007	-.008	204	3.734*** (.107)	-.002 (.004)	.018 (.019)	-.000 (.001)
	Log von Carries	.004	-.011	204	3.540*** (.130)	-.001 (.004)	.018 (.023)	.000 (.001)
	Wurzel von Sh	.014	-.001	204	1.021*** (.084)	-.002 (.003)	.023 (.015)	-.000 (.001)
	Wurzel von Tkl	.020	.006	204	1.204*** (.081)	-.004 (.003)	.019 (.014)	-.002 (.001)
	- Log von Press	.027	.013	204	2.706*** (.177)	-.008 (.006)	.037 (.031)	-.005* (.002)
	Possession Home	.012	-.006	174	49.214*** (6.254)	.209 (.204)	-.654 (1.028)	.005 (.072)
	Possession Away	.012	-.006	174	50.786*** (6.254)	-.209 (.204)	.654 (1.028)	-.005 (.072)
PD 17/18	Log von PassesAtt	.043	.030	228	3.844*** (.077)	-.007* (.003)	.039 (.021)	-.002* (.001)
	Log von Carries	.035	.023	228	3.729*** (.091)	-.007* (.003)	.044 (.025)	-.002* (.001)
	Wurzel von Sh	.029	.016	228	1.108*** (.070)	-.002 (.003)	.026 (.019)	-.002* (.001)
	Wurzel von Tkl	.023	.010	228	1.123*** (.059)	-.003 (.002)	-.025 (.016)	-.001 (.001)
	Log von Press	.033	.020	228	2.330*** (.103)	-.003 (.004)	-.028 (.029)	.003* (.001)
	Possession Home	.037	.022	198	53.137*** (4.191)	-.002 (.153)	3.184** (1.172)	-.041 (.047)
	Possession Away	.037	.022	198	46.863*** (4.191)	.002 (.153)	-3.184** (1.172)	.041 (.047)
PD 18/19	Log von PassesAtt	.007	-.006	228	3.479*** (.110)	.002 (.004)	.013 (.021)	.001 (.001)
	Log von Carries	.006	-.007	228	3.249*** (.134)	.003 (.004)	.012 (.026)	.002 (.002)
	Wurzel von Sh	.026	.013	228	.791*** (.069)	.005* (.002)	.004 (.013)	.001 (.001)
	Wurzel von Tkl	.054	.041	228	1.298*** (.061)	-.006** (.002)	.002 (.012)	-.002** (.001)
	Log von Press	.024	.011	228	2.702*** (.119)	-.009* (.004)	-.001 (.023)	-.002 (.001)
	Possession Home	.029	.014	198	47.767*** (4.430)	.281 (.149)	.991 (1.085)	-.030 (.051)
	Possession Away	.029	.014	198	52.233*** (4.430)	-.281 (.149)	-.991 (1.085)	.030 (.051)

Tabelle 4.3.: Taktik-Variablen des Top-Sechs-Modells

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ; Standardfehler in Klammern;  
- Residuen nicht normalverteilt

Liga	abh. Variablen	$R^2$	$Adj. R^2$	# der Beob.	Intercept	T	R	L
BL 17/18	PassesCmp% <sup>2</sup>	.001	-.014	204	6297.356*** (339.277)	.425 (8.446)	14.292 (40.433)	1.042 (4.258)
	DribblesSucc%	.016	.001	203	58.031*** (5.358)	.231 (.133)	.086 (.637)	.042 (.067)
	Wurzel von TklW	.054	.040	204	1.043*** (.067)	-.005** (.002)	.008 (.008)	-.002 (.001)
	- Wurzel von Press%	.027	.013	204	5.989*** (.023)	-.009 (.006)	-.035 (.027)	-.004 (.003)
BL 18/19	PassesCmp% <sup>2</sup>	.002	-.013	204	6645.683*** (442.400)	2.634 (14.533)	34.835 (78.373)	-1.387 (5.093)
	DribblesSucc%	.023	.009	204	72.392*** (5.937)	-.404* (.195)	.872 (1.052)	-.091 (.068)
	Wurzel von TklW	.018	.003	204	.956*** (.076)	-.003 (.002)	.021 (.013)	-.001 (.001)
	Wurzel von Press%	.001	-.014	204	5.291*** (.283)	.002 (.009)	-.006 (.050)	.002 (.003)
PD 17/18	- PassesCmp% <sup>2</sup>	.021	.008	228	6665.113*** (297.606)	1.451 (10.789)	180.646* (83.250)	-1.863 (3.341)
	DribblesSucc%	.013	-.000	228	65.162*** (4.927)	.131 (.179)	1.985 (1.378)	-.034 (.055)
	Wurzel von TklW	.032	.019	228	.960*** (.053)	-.002 (.002)	-.003 (.015)	-.001* (.001)
	Wurzel von Press%	.046	.033	228	5.867*** (.236)	-.018* (.009)	.093 (.066)	-.008** (.003)
PD 18/19	- PassesCmp% <sup>2</sup>	.014	.001	228	5565.026*** (478.528)	18.877 (15.796)	81.733 (92.367)	6.947 (5.554)
	DribblesSucc%	.002	-.012	228	62.213*** (4.641)	-.011 (.153)	.455 (.896)	.006 (.054)
	Wurzel von TklW	.068	.055	228	1.107*** (.057)	-.006** (.002)	.005 (.011)	-.002*** (.001)
	Wurzel von Press%	.005	-.008	228	5.402*** (.235)	-.005 (.008)	.001 (.045)	-.003 (.003)

Tabelle 4.4.: Performance-Variablen des Top-Sechs-Modells

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ; Standardfehler in Klammern;  
- Residuen nicht normalverteilt

Auch *Carries* wurde nur in der PD 17/18 durch die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Die Koeffizienten und p-Werte waren hier dieselben wie bei *PassesAtt*.

*Sh* wurde in der BL 17/18 mit .003 ( $p < .05$ ) und in der PD 18/19 etwas stärker mit .005 ( $p < .05$ ) positiv durch die Temperatur beeinflusst. Lediglich in der PD 17/18 stand eine steigende Luftfeuchtigkeit mit weniger Schüssen in Verbindung (-0.002,  $p < .05$ ).

Auf *Tkl* gab es wieder nur in der BL 17/18 (-0.008,  $p < .001$ ) und in der PD 18/19 (-0.006,  $p < .01$ ) einen Temperatureffekt, und nur in der PD 18/19 einen Effekt der Luftfeuchtigkeit (-0.002,  $p < .01$ ). Der Temperatureffekt war somit in der BL 17/18 größer.

*Press* wurde in der BL 17/18 (-0.010,  $p < .01$ ) und etwas schwächer in der PD 18/19 (-0.009,  $p < .05$ ) durch die Temperatur beeinflusst. In der BL 18/19 und der PD 17/18 gab es hingegen einen Effekt der Luftfeuchtigkeit. In der BL-Saison war dieser mit -.005 ( $p < .05$ ) negativ und in der PD-Saison mit .003 ( $p < .05$ ) positiv.

*Possession Home* und *Possession Away* wurden nur in der PD 17/18 durch den Regen

beeinflusst. Dieser wirkte sich positiv auf den Ballbesitz des Heimteams aus (3.184,  $p < .01$ ).

*PassesCmp%* wurde ebenfalls nur in der PD 17/18 durch den Regen beeinflusst (180.646,  $p < .05$ ).

Lediglich die Temperatur stand in der BL 18/19 mit einem Einfluss auf *DribblesSucc%* in Verbindung (-.404,  $p < .05$ ).

Auf *TklW* hatte die Temperatur in der BL 17/18 und der PD 18/19 einen Einfluss. In der BL 17/18 (-.005,  $p < .01$ ) war dieser Effekt etwas schwächer als in der PD 18/19 (-.006,  $p < .01$ ). In der PD 17/18 (-.001,  $p < .05$ ) und der PD 18/19 (-.002,  $p < .001$ ) gab es außerdem noch leichte negative Effekte der Luftfeuchtigkeit.

Einflüsse der Wetterbedingungen auf *Press%* gab es nur in der PD 17/18. Sowohl bei der Temperatur (-.018,  $p < .05$ ) als auch bei der Luftfeuchtigkeit (-.008,  $p < .01$ ) waren diese Effekte negativ.

### 4.3. Heim-Modell

*PassesAtt* wurde in der BL 17/18 negativ (-.005,  $p < .05$ ) und in der PD 18/19 positiv (.010,  $p < .001$ ) durch die Temperatur beeinflusst. Der Regen hatte in der PD 17/18 einen positiven Effekt (.036,  $p < .05$ ).

*Carries* wurde nur in den PD-Saisons durch die Wetterbedingungen beeinflusst. In der Saison 17/18 führte Regen (.041,  $p < .05$ ) und in der Saison 18/19 die Temperatur (.013,  $p < .001$ ) zu einer Erhöhung der Ballführungen.

Auf *Sh* gab es in der BL 18/19 einen Einfluss, diesmal einen negativen durch den Regen (-.028,  $p < .05$ ).

*Tkl* wurde in beiden Saisons der Ligen negativ durch die Temperatur beeinflusst. Dabei war der Effekt in der BL 17/18 am stärksten (-.008,  $p < .001$ ) und in der PD 17/18 am schwächsten (-.004,  $p < .05$ ). In der BL 17/18 ( $p < .01$ ) und beiden PD-Saisons (17/18:  $p < .001$ ; 18/19:  $p < .01$ ) gab es auch einen negativen Effekt der Luftfeuchtigkeit, in jedem Fall mit einem Koeffizienten von -.002.

Auch *Press* wurde in jeder Saison beider Ligen negativ durch die Temperatur beeinflusst. Der stärkste Einfluss mit -.018 ( $p < .001$ ) lag in der BL 18/19 vor, der schwächste mit -.010 ( $p < .001$ ) in der BL 17/18. In der BL 18/19 und der PD 17/18 gab es darüber hinaus noch Effekte des Regens. Dieser war in der BL-Saison positiv (.083,  $p < .01$ ) und in der PD-Saison negativ (-.043,  $p < .05$ ). Einen Luftfeuchtigkeitseffekt gab es ebenfalls, welcher in der BL 18/19 (-.006,  $p < .001$ ) vorhanden war.

Bei *Possession Home* und *Possession Away* waren die Einflüsse analog zum Basis-Modell.

*PassesCmp%* wurde nur in den Saisons der Primera División durch die Wetterbedingungen beeinflusst. In der Saison 17/18 (39.233,  $p < .001$ ) war der Effekt der Temperatur etwas schwächer als in der Saison 18/19 (49.232,  $p < .001$ ). In der Saison 17/18 hatte auch noch der Regen einen positiven Einfluss (152.281,  $p < .05$ ).

Liga	abh. Variablen	$R^2$	$Adj. R^2$	# der Beob.	Intercept	T	R	L
BL 17/18	Log von PassesAtt	.022	.012	306	3.714*** (.081)	-.005* (.002)	-.002 (.014)	-.002 (.001)
	Log von Carries	.013	.003	306	3.496*** (.102)	-.005 (.003)	.004 (.017)	-.002 (.001)
	Wurzel von Sh	.001	-.009	306	.987*** (.060)	-.000 (.001)	.004 (.010)	.000 (.001)
	Wurzel von Tkl	.090	.081	306	1.328*** (.058)	-.008*** (.001)	.001 (.010)	-.002** (.001)
	Log von Press	.072	.063	306	2.523*** (.095)	-.010*** (.002)	.008 (.016)	.000 (.001)
	Possession Home	.008	-.001	306	55.854*** (3.591)	-.109 (.089)	-.309 (.603)	-.054 (.043)
	Possession Away	.008	-.001	306	44.146*** (3.591)	.109 (.089)	.309 (.603)	.054 (.043)
BL 18/19	Log von PassesAtt	.005	-.005	306	3.531*** (.094)	.002 (.003)	-.020 (.017)	.001 (.001)
	+ Log von Carries	.009	-.000	306	3.324*** (.112)	.003 (.004)	-.030 (.021)	.000 (.001)
	Wurzel von Sh	.017	.007	306	.915*** (.070)	.002 (.002)	-.028* (.013)	.001 (.001)
	Wurzel von Tkl	.025	.016	306	1.235*** (.069)	-.006** (.002)	.015 (.013)	-.001 (.001)
	- Log von Press	.067	.058	306	2.928*** (.149)	-.018*** (.005)	.083** (.028)	-.006*** (.002)
	Possession Home	.008	-.002	306	48.189*** (4.174)	.151 (.133)	-.799 (.772)	.029 (.048)
	Possession Away	.008	-.002	306	51.811*** (4.174)	-.151 (.133)	.799 (.772)	-.029 (.048)
PD 17/18	Log von PassesAtt	.017	.010	380	3.492*** (.068)	.003 (.002)	.036* (.017)	-.000 (.001)
	Log von Carries	.023	.015	380	3.290*** (.083)	.005 (.003)	.041* (.021)	-.001 (.001)
	Wurzel von Sh	.011	.003	380	.956*** (.047)	.003 (.002)	.007 (.012)	-.000 (.001)
	Wurzel von Tkl	.046	.038	380	1.167*** (.046)	-.004* (.002)	-.018 (.011)	-.002*** (.000)
	- Log von Press	.061	.053	380	2.655*** (.083)	-.012*** (.003)	-.043* (.020)	-.001 (.001)
	Possession Home	.026	.018	380	47.024*** (2.878)	.222* (.098)	1.544* (.713)	.013 (.031)
	Possession Away	.026	.018	380	52.976*** (2.878)	-.222* (.098)	-1.544* (.713)	-.013 (.031)
PD 18/19	Log von PassesAtt	.044	.037	380	3.298*** (.075)	.010*** (.002)	-.002 (.010)	.001 (.001)
	Log von Carries	.055	.047	380	3.030*** (.090)	.013*** (.003)	-.005 (.013)	.001 (.001)
	Wurzel von Sh	.012	.004	380	.867*** (.053)	.003 (.002)	-.006 (.007)	.001 (.001)
	Wurzel von Tkl	.045	.038	380	1.265*** (.049)	-.006*** (.002)	.004 (.007)	-.002** (.001)
	Log von Press	.062	.055	380	2.693*** (.090)	-.014*** (.003)	.009 (.012)	-.001 (.001)
	Possession Home	.037	.029	380	43.608*** (3.117)	.374*** (.101)	.113 (.434)	.036 (.034)
	Possession Away	.037	.029	380	56.392*** (3.117)	-.374*** (.101)	-.113 (.434)	-.036 (.034)

Tabelle 4.5.: Taktik-Variablen des Heim-Modells

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ; Standardfehler in Klammern;  
+ Heteroskedastizität, - Residuen nicht normalverteilt



Liga	abh. Variablen	$R^2$	$Adj. R^2$	# der Beob.	Intercept	T	R	L
BL 17/18	+ PassesCmp% <sup>2</sup>	.014	.004	306	6527.502*** (350.734)	-12.430 (8.683)	44.635 (58.852)	-8.299 (4.243)
	- DribblesSucc%	.003	-.007	305	61.372*** (4.859)	.058 (.120)	.036 (.814)	-.024 (.059)
	Wurzel von TklW	.081	.071	306	1.102*** (.055)	-.007*** (.001)	.008 (.009)	-.002** (.001)
	Wurzel von Press%	.038	.029	306	6.205*** (.210)	-.015** (.005)	-.004 (.035)	-.008** (.003)
BL 18/19	+ PassesCmp% <sup>2</sup>	.007	-.003	306	6180.388*** (383.430)	4.096 (12.227)	-65.164 (70.944)	-1.885 (4.437)
	+ DribblesSucc%	.009	-.001	306	67.417*** (5.351)	-.093 (.171)	-.699 (.990)	-.073 (.062)
	Wurzel von TklW	.016	.006	306	.970*** (.063)	-.004* (.002)	.010 (.012)	-.001 (.001)
	Wurzel von Press%	.016	.006	306	5.140*** (.226)	.012 (.007)	-.037 (.042)	.001 (.003)
PD 17/18	PassesCmp% <sup>2</sup>	.051	.044	380	5207.509*** (298.948)	39.233*** (10.214)	152.281* (74.045)	.580 (3.242)
	DribblesSucc%	.015	.007	380	68.254*** (3.954)	-.167 (.135)	2.058* (.979)	-.042 (.043)
	Wurzel von TklW	.038	.030	380	.964*** (.042)	-.003* (.001)	-.006 (.010)	-.002*** (.000)
	Wurzel von Press%	.015	.007	380	5.356*** (.178)	-.009 (.006)	.072 (.044)	-.000 (.002)
PD 18/19	PassesCmp% <sup>2</sup>	.067	.059	380	4911.135*** (304.949)	49.232*** (9.918)	-34.113 (42.472)	5.973 (3.360)
	DribblesSucc%	.002	-.006	380	61.409*** (3.785)	.042 (.123)	.316 (.527)	-.018 (.042)
	Wurzel von TklW	.034	.026	380	1.030*** (.048)	-.005** (.002)	.007 (.007)	-.001* (.001)
	Wurzel von Press%	.015	.007	380	5.363*** (.179)	.001 (.006)	.050* (.025)	-.003 (.002)

Tabelle 4.6.: Performance-Variablen des Heim-Modells

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ ; Standardfehler in Klammern;  
+ Heteroskedastizität, - Residuen nicht normalverteilt

Auf *DribblesSucc%* gab es nur in der PD 17/18 einen Einfluss, Regen sorgte dort für eine Erhöhung der Erfolgsquote (2.058,  $p < .05$ ).

In allen Ligen sorgten steigende Temperaturen für einen Rückgang von *TklW*. Der Einfluss war in der BL 17/18 am stärksten (-0.007,  $p < .001$ ) und in der PD 17/18 am schwächsten (-0.003,  $p < .05$ ). Es gab auch in der BL 17/18 (-0.002,  $p < .01$ ) und beiden PD-Saisons (17/18: -0.002,  $p < .001$ ; 18/19: -0.001,  $p < .05$ ) negative Effekte der Luftfeuchtigkeit.

*Press%* wurde lediglich in der BL 17/18 und der PD 18/19 durch die Wetterbedingungen beeinflusst. Die Temperatur (-0.015,  $p < .01$ ) und die Luftfeuchtigkeit (-0.008,  $p < .01$ ) sorgten für eine schlechtere Quote in der BL 17/18 und der Regen ließ sie in der PD 18/19 ansteigen (.050,  $p < .05$ ).

#### 4.4. Vergleich der Modelle und Bezug auf die vorhandene Literatur

Einige Studien (Carling et al., 2011; Chmura et al., 2017; Ely et al., 2007; Link & Weber, 2017; Mohr et al., 2012; Özgünen et al., 2010) fanden heraus, dass höhere Temperaturen einen negativen Einfluss auf die Laufleistung der Sportler hatten. Auch höhere Luftfeuchtigkeiten standen bereits mit einer verringerten Laufleistung in Verbindung (Chmura et al., 2017; Özgünen et al., 2010; Zhou et al., 2019).

In dieser Untersuchung zeigte sich, dass die Anzahl der Tacklings und Druckausübungen bei steigenden Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten abnahm. Da diese Variablen eng mit der Laufleistung in Verbindung stehen, deutet dies darauf hin, dass auch hier eine Verringerung der Laufleistung vorhanden war, übereinstimmend mit den genannten Untersuchungen.

Zusätzlich ließ sich bei dieser Untersuchung auch ein genereller negativer Einfluss auf die Performance erkennen und im Gegensatz zu Zhou et al. (2019) gab es hier ebenfalls negative Effekte einer höheren Luftfeuchtigkeit auf die technische Performance.

Bei der Allgemeinheit stand die Temperatur in der BL 17/18 und beiden PD-Saisons mit einer geringeren Erfolgsquote der Druckausübungen in Verbindung, die Luftfeuchtigkeit in der BL 17/18 ebenso. Außerdem wurde die Anzahl der gewonnenen Tacklings in der BL 17/18 und der PD 18/19 negativ durch die Temperatur und in der BL 17/18 und beiden PD-Saisons negativ durch die Luftfeuchtigkeit beeinflusst.

Auch bei der Top Sechs standen die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit bei manchen Variablen mit einer schlechteren Performance in Verbindung. Die Erfolgsquote der Dribblings wurde in der BL 18/19 negativ durch die Temperatur beeinflusst, Temperatur und Luftfeuchtigkeit hatten in der PD 17/18 einen negativen Effekt auf die Pressingquote. Die Temperatur hatte in der BL 17/18 und der PD 18/19 einen negativen Einfluss auf die gewonnenen Tacklings sowie die Luftfeuchtigkeit in beiden PD-Saisons. Bei Heimteams wurde die Anzahl der gewonnenen Tacklings überall negativ durch die Temperatur und in der BL 17/18 und beiden PD-Saisons durch die Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Das galt auch für die Pressingquote in der BL 17/18.

Wie bei Mohr et al. (2012) wirkten sich höhere Temperaturen bei der Allgemeinheit positiv auf die erfolgreiche Passquote und den Ballbesitz, in diesem Fall den der Heimmannschaft, in beiden PD-Saisons aus. Ähnlich zu der Untersuchung von Mohr et al. (2012) gab es hier allgemein in den BL-Saisons und in der PD 18/19 einen signifikanten negativen Effekt der Temperatur auf die Tacklings.

Auch bei der Top Sechs (BL 17/18 und PD 18/19) und den Heimteams (jede Saison und Liga) wirkte sich die Temperatur negativ auf die Anzahl der Tacklings aus. Auf die Passquote und den Ballbesitz der Top Sechs gab es keine signifikanten Effekte der Temperatur, jedoch stand eine steigende Temperatur bei Heimmannschaften beider PD-Saisons wieder mit höherem Ballbesitz und einer höheren Passquote in Verbindung.

Somit stimmen die Ergebnisse dieser Untersuchung im Hinblick auf den negativen Einfluss der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit auf die gewonnenen Tacklings ebenfalls mit Brewer und Warren (2014) überein, widersprechen den Autoren aber im Hinblick auf die Passquote, da diese hier positiv durch die Temperatur beeinflusst wurde.

Außerdem steht der signifikante positive Temperatureffekt auf die Anzahl der Pässe im Widerspruch zu Mohr et al. (2012), bei deren Analyse kein signifikanter Effekt der Temperatur auf die Anzahl der Pässe vorhanden war.

Ähnlich zu den Ergebnissen von Ely et al. (2007) ließ sich hier ein verminderter Einfluss der Temperatur auf die Performance der Top Sechs beider BL-Saisons im Vergleich zur Allgemeinheit feststellen. In der BL 17/18 waren alle allgemeinen Einflüsse der Temperatur bei der Top Sechs schwächer oder nicht mehr signifikant, dies galt auch für die Effekte der Luftfeuchtigkeit. In der BL 18/19 war zwar der allgemein signifikante negative Temperatureffekt auf die gewonnenen Tacklings bei der Top Sechs nicht mehr signifikant, dafür gab es aber dort nun einen signifikanten negativen Effekt der Temperatur auf die Dribblingquote. Im Gegensatz dazu waren fast alle negativen Wettereffekte bei der Top Sechs in der PD stärker als bei der Allgemeinheit. Hier ist in Zukunft eine zusätzliche Untersuchung der Laufleistung angebracht, um zu überprüfen, ob sich der von Link und Weber (2017) beschriebene Zustand bestätigen lässt, dass stärkere Spieler ihre Laufleistung bei hohen Temperaturen stärker reduzieren, um eine höhere technische Performance zu garantieren. Bei den untersuchten Performance-Variablen gab es in der Bundesliga Hinweise darauf, in der Primera División scheint das so nicht der Fall gewesen zu sein.

Wenn man jedoch von der Anzahl der Tacklings und der Druckausübungen auf die Laufleistung schließt, war hier wie bei Ely et al. (2007) ein geringerer Effekt auf diese Variablen bei der Top Sechs in beiden BL-Saisons und der PD 17/18 vorhanden, im Widerspruch zur Untersuchung von Link und Weber (2017).

Auch kamen Untersuchungen (Collet, 2013; Janković et al., 2011; Zhou et al., 2019) zu dem Ergebnis, dass bessere Teams eine bessere Passquote hatten. Bei den vorliegenden Daten war dahingehend zu erkennen, dass die Temperatureinflüsse auf die Passquote, die bei der Allgemeinheit in der PD signifikant waren, auf die Top Sechs keinen signifikanten Einfluss mehr hatten. Dafür hatte der Regen im Gegensatz zur Allgemeinheit in der PD 17/18 einen signifikanten Einfluss auf die Passquote der Top Sechs, welcher positiv war.

In der PD 17/18 war zusätzlich ein allgemein signifikanter Effekt des Regens auf die Dribblingquote bei der Top Sechs nicht mehr signifikant.

In einer Untersuchung von Vogelbein et al. (2014) zeigte sich, dass Teams des oberen Tabellendrittels im Vergleich zu den anderen Vereinen eine durchschnittlich kürzere defensive Reaktionszeit hatten. Hier gab es auch auf die defensive Performance der Top Sechs größtenteils geringere Wettereinflüsse.

Die Anzahl der gewonnenen Tacklings wurde bei der Top Sechs überall schwächer als bei der Allgemeinheit durch Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflusst, außer in der PD 18/19, wo beide Einflüsse stärker waren. In der PD 17/18 war der negative Einfluss der Luftfeuchtigkeit bei beiden Gruppen derselbe.

In der BL 17/18 und der PD 18/19 waren die negativen Temperatureffekte auf die Pressingquote der Top Sechs nicht mehr signifikant, was auch für den negativen Effekt der Luftfeuchtigkeit in der BL 17/18 galt. In der PD 17/18 war sowohl der Effekt der Temperatur auf die Pressingquote der Top Sechs stärker als auch ein Effekt der Luftfeuchtigkeit nun signifikant.

Laut Janković et al. (2011) und Zhou et al. (2019) standen Topmannschaften mit mehr Pässen in Verbindung. In dieser Untersuchung wurde die Anzahl der Pässe sowohl bei allen Mannschaften als auch bei der Top Sechs der BL-Saisons nicht signifikant durch das Wetter beeinflusst. Jedoch war in der PD 17/18 allgemein kein signifikanter Effekt der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit vorhanden, die Top Sechs wurde dort durch beide negativ beeinflusst.

Wieder gab es in der PD 17/18 einen negativen Effekt der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit auf die Top Sechs, der allgemein nicht signifikant war. Die Anzahl der Ballführungen der Top Sechs verringerte sich bei steigenden Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten.

Laut Janković et al. (2011) und Zhou et al. (2019) produzierten Topmannschaften mehr Schüsse. Hier wurde die Anzahl der Schüsse der Top Sechs in der BL 17/18 positiv durch die Temperatur beeinflusst, allgemein hatte diese Beziehung keine Signifikanz. Ein allgemein signifikanter Effekt der Temperatur in der PD 17/18 ließ sich bei der Top Sechs nicht wiederfinden, jedoch war dort nun ein negativer Effekt der Luftfeuchtigkeit signifikant. In der PD 18/19 war der positive Einfluss der Temperatur etwas stärker bei der Top Sechs und der allgemein positive signifikante Einfluss der Luftfeuchtigkeit war bei der Top Sechs nicht mehr signifikant.

Die allgemeinen negativen Effekte der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit auf die Anzahl der Tacklings waren bei der Top Sechs der BL 17/18 etwas geringer (Temperatur) und nicht mehr signifikant (Luftfeuchtigkeit). Dies galt auch in der BL 18/19, da die Einflüsse der Wetterbedingungen bei der Top Sechs nicht mehr signifikant waren, genauso wie der negative Luftfeuchtigkeitseffekt in der PD 17/18. In der PD 18/19 waren die negativen Einflüsse beider Bedingungen bei der Top Sechs stärker als bei der Allgemeinheit.

Die Temperatureffekte auf die Anzahl der Druckausübungen waren bei der Top Sechs der BL 17/18 und der PD 18/19 im Vergleich zur Allgemeinheit geringer bzw. gleich, und in der BL 18/19 und der PD 17/18 nicht mehr signifikant. Auch der allgemein positive Effekt des Regens in der BL 18/19 war bei der Top Sechs nicht mehr signifikant. Der negative Effekt der Luftfeuchtigkeit war in der BL 18/19 bei der Top Sechs nicht mehr signifikant und in der PD 17/18 war bei der Allgemeinheit kein signifikanter Effekt der Luftfeuchtigkeit vorhanden, bei der Top Sechs lag ein positiver vor.

In mehreren Analysen (Collet, 2013; Zhou et al., 2019) hatten bessere Teams auch mehr Ballbesitz und längere Ballbesitz-Sequenzen (Jones et al., 2004). Bei dieser Untersuchung stellte sich heraus, dass der Ballbesitz der Top Sechs im Gegensatz zur Allgemeinheit in beiden PD-Saisons nicht mehr signifikant durch die Temperatur beeinflusst wurde. Der positive Effekt des Regens auf den Ballbesitz des Heimteams war jedoch in der PD 17/18 bei der Top Sechs stärker als allgemein.

Einige Untersuchungen (Lago-Peñas & Lago-Ballesteros, 2011; Tucker et al., 2005; Zhou et al., 2019) kamen bereits zu dem Ergebnis, dass Teams in Heimspielen mehr Pässe spielten als in Auswärtsspielen. In dieser Untersuchung stellte sich heraus, dass es bei den Heimteams in der PD 18/19 einen positiven Effekt der Temperatur auf die Anzahl der Pässe gab, wobei allgemein kein signifikanter Effekt vorhanden war. Der Regen stand in der PD 17/18 bei den Heimteams mit mehr gespielten Pässen in Verbindung,

auch dort gab es bei der Analyse aller Teams als Ganzes keinen signifikanten Effekt. Die Anzahl der Ballführungen wurde bei den Heimmannschaften in der PD 18/19 positiv durch die Temperatur und in der PD 17/18 positiv durch den Regen beeinflusst, diese Effekte waren allgemein nicht signifikant.

Den Ergebnissen von Lago-Peñas und Lago-Ballesteros (2011), Tucker et al. (2005) und Zhou et al. (2019) zufolge gaben Mannschaften im eigenen Stadion auch mehr (Tor-)Schüsse ab als in Auswärtsspielen. Hier waren die allgemein vorhandenen Effekte der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit auf die Schüsse bei den Heimteams der PD-Saisons nicht mehr signifikant. In der BL 18/19 verringerte sich die Anzahl der Schüsse der Heimmannschaft bei Regen, wobei es auf alle Mannschaften bezogen keinen signifikanten Einfluss gab.

Laut einer Untersuchung (Tucker et al., 2005) war die Anzahl der Tacklings einer Mannschaft in Auswärtsspielen nicht signifikant geringer als in Heimspielen. Hier wurde die Anzahl der Heimteam-Tacklings in der BL 17/18 geringer durch die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit beeinflusst als allgemein. Bei Heimteams der BL 18/19 war der allgemein vorhandene Effekt der Luftfeuchtigkeit nicht mehr signifikant, jedoch war der negative Temperatureffekt etwas stärker. In der PD 18/19 waren beide Effekte bei den Heimteams stärker, was auch für den Effekt der Luftfeuchtigkeit auf Tacklings in der PD 17/18 galt. Außerdem gab es bei den Heimmannschaften in der PD 17/18 im Vergleich zur Allgemeinheit einen signifikanten negativen Effekt der Temperatur.

Auf die Druckausübungen waren die allgemeinen Effekte bei den Heimteams in der BL 18/19 und beiden Saisons der PD mindestens genauso stark. In der PD 17/18 war ein negativer Effekt des Regens auf die Druckausübungen der Heimteams bei der Analyse aller Mannschaften nicht signifikant. Lediglich in der BL 17/18 war der negative Effekt der Wetterbedingungen im Vergleich zu allen Teams geringer.

Mehrere Untersuchungen (Lago-Peñas & Lago-Ballesteros, 2011; Lago & Martín, 2007; Zhou et al., 2019) kamen zu dem Ergebnis, dass die Teams im eigenen Stadion mehr Ballbesitz als in Auswärtsspielen hatten. Die Temperatur hatte hier in der PD 17/18 und PD 18/19 einen positiven Effekt auf den Ballbesitz der Heimteams, ebenso der Regen in der PD 17/18.

Auch die Passquote war in bestehenden Untersuchungen (Lago-Peñas & Lago-Ballesteros, 2011; Tucker et al., 2005) bei den Heimteams besser. Hier wurde die Passquote der Heimmannschaften in beiden PD-Saisons stärker positiv durch die Temperatur beeinflusst als allgemein. In der PD 17/18 hatte dann zusätzlich der Regen einen positiven signifikanten Effekt auf die Heimteams.

Lago-Peñas und Lago-Ballesteros (2011) fanden heraus, dass Heimteams ebenfalls eine bessere Dribblingquote hatten. Im Gegensatz dazu schrieben Tucker et al. (2005), dass die Anzahl der erfolgreichen Dribblings in Auswärtsspielen nicht signifikant geringer war als in Heimspielen. Der allgemeine positive Effekt des Regens auf die Dribblingquote in der PD 17/18 war hier bei den Heimteams etwas stärker, ansonsten wurde die Dribblingquote nicht weiter beeinflusst.

Laut Tucker et al. (2005) hatten Teams in Heimspielen auch mehr gewonnenen Tacklings als in Auswärtsspielen. Hier waren die Effekte auf die Heimteams nur in der BL 17/18 maximal so stark wie allgemein. In der BL 18/19 war der Einfluss der Temperatur auf

die Heimteams etwas stärker, in der PD 17/18 der Einfluss der Luftfeuchtigkeit stärker und der Effekt der Temperatur bei den Heimteams erst signifikant. In der PD 18/19 waren die Einflüsse auf die Heimteams mindestens so stark wie auf die Allgemeinheit. Die Pressingquote der Heimteams wurde in der BL 17/18 geringer durch die Temperatur und stärker durch die Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Ein allgemein vorhandener signifikanter negativer Effekt der Temperatur lag bei Heimteams in den Saisons der Primera División nicht mehr vor. Dafür gab es in der PD 18/19 einen signifikanten Einfluss des Regens, der die Pressingquote erhöhte. Dieser Einfluss war bei der Analyse aller Teams nicht vorhanden. Eine mögliche Begründung für die geringeren Wettereffekte auf die Pressingquote der Heimteams ist, dass diese, wie von Schwartz und Barsky (1977) beschrieben, durch die Unterstützung der Fans möglicherweise aggressiver gespielt haben. Das könnte zu erfolgreicheren Druckausübungen geführt haben, da die Gegner dadurch stärker unter Druck gesetzt wurden.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Basierend auf einer Analyse der Wettereinflüsse auf die Spielweise und die Performance professioneller Fußballmannschaften der deutschen Fußball-Bundesliga und der spanischen Primera División in den Saisons 17/18 und 18/19 wurde gezeigt, dass einige Effekte vorgelegen haben. Die Temperatur hatte dabei insgesamt die höchste Anzahl an signifikanten Einflüssen, der Regen hatte die geringste Anzahl und die Effekte waren insgesamt größtenteils negativ.

Die negativen Wettereinflüsse auf die Performance waren in beiden BL-Saisons bei der Top Sechs vorwiegend geringer, in den Saisons der PD hingegen meistens stärker bzw. dort erst signifikant.

Außerdem könnte eine möglicherweise unabhängig vom Wetter vorliegende aggressivere Spielweise der Heimteams dafür gesorgt haben, dass dort die negativen Wettereffekte auf die Pressingquote geringer ausfielen.

Bei allen Mannschaften als Ganzes und den Heimteams wurde die Anzahl der Druckausübungen und die Anzahl der (erfolgreichen) Tacklings größtenteils negativ durch die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit beeinflusst.

Die Passquote wurde in beiden Saisons der Primera División allgemein und bei Heimmannschaften positiv durch die Temperatur beeinflusst. Bei den Heimmannschaften war dieser Effekt dabei stärker.

Diese Analyse erweitert das Wissen über den Wettereinfluss im Profifußball. Die Ergebnisse bieten Mannschaften, hauptsächlich den Mannschaften der untersuchten Ligen, und deren Trainerstab, die Möglichkeit, sich spezifischer auf die Wetterbedingungen und die damit einhergehenden Einflüsse einzustellen und basierend darauf eine passende Taktik zu verwenden. Mannschaften können sich besser auf die Gegner vorbereiten.

Die Untersuchung ist in mehreren Aspekten limitiert. Aufgrund niedriger  $R^2$ -Werte und manchen Fällen, in denen Annahmen der linearen Regression verletzt wurden, sind diese Modelle nicht für Vorhersagen geeignet.

Diese Untersuchung berücksichtigte außerdem nur die finale Platzierung der Teams für das Top-Sechs-Modell, weiterführende Analysen könnten die Teams auf Basis der aktuellen Form einteilen.

Auch könnte überprüft werden, ob bestimmte Taktiken bspw. bei starkem Regen oder kalten Temperaturen bezogen auf die Anzahl der erzielten Punkte effektiver sind.

Es wurde das dreistündige Intervall für die Wetterdaten gewählt, in welchem der Großteil des Spiels stattfand. Dieses Intervall gab die Wetterdaten der nächstgelegenen Wetterstation an. Hier könnte eine genauere Analyse mit den Wetterdaten des exakten Zeitraums und Ortes des Spiels angefertigt werden, um die Wettereffekte spezifischer zu untersuchen.

## Literaturverzeichnis

- Armatas, V., Yiannakos, A., Papadopoulou, S. & Skoufas, D. (2009). Evaluation of goals scored in top ranking soccer matches: Greek “super league” 2006-07. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 3 (1), 39–43.
- Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1979). A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 1287–1294.
- Brewer, J. & Warren, L. (2014). Review of the potential implications of hot and humid environmental conditions on soccer match-play performance. *Int. J. Sci. Basic Appl. Res*, 15, 584–589.
- Carling, C., Dupont, G. & Le Gall, F. (2011). The effect of a cold environment on physical activity profiles in elite soccer match-play. *International journal of sports medicine*, 32 (7), 542–545.
- Castellano, J., Casamichana, D. & Lago, C. (2012). The use of match statistics that discriminate between successful and unsuccessful soccer teams. *Journal of human kinetics*, 31 (2012), 137–147.
- Chmura, P., Konefał, M., Andrzejewski, M., Kosowski, J., Rokita, A. & Chmura, J. (2017). Physical activity profile of 2014 fifa world cup players, with regard to different ranges of air temperature and relative humidity. *International journal of biometeorology*, 61 (4), 677–684.
- Collet, C. (2013). The possession game? a comparative analysis of ball retention and team success in european and international football, 2007–2010. *Journal of sports sciences*, 31 (2), 123–136.
- Durbin, J. & Watson, G. S. (1950). Testing for serial correlation in least squares regression: I. *Biometrika*, 37 (3/4), 409–428.
- Ely, M. R., Cheuvront, S. N., Roberts, W. O. & Montain, S. J. (2007). Impact of weather on marathon-running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39 (3), 487–493.
- FU Berlin. (2009). *Hitzestress – wbg-messungen während der 12. iaaf leichtathletik wm berlin 2009*. Zugriff auf [https://www.geo.fu-berlin.de/met/ag/miks/medien/download/wbgt\\_de.pdf](https://www.geo.fu-berlin.de/met/ag/miks/medien/download/wbgt_de.pdf)
- Janković, A., Leontijević, B., Jelušić, V., Pašić, M. & Mićović, B. (2011). Influence of tactics efficiency on results in serbian soccer super league in season 2009/2010. *Journal of Physical Education & Sport/Citius Altius Fortius*, 11 (1).
- Jarque, C. M. & Bera, A. K. (1980). Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics letters*, 6 (3), 255–259.
- Jones, P., James, N. & Mellalieu, S. D. (2004). Possession as a performance indicator in soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4 (1), 98–102.



- Lago, C. (2009). The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *Journal of sports sciences*, 27 (13), 1463–1469.
- Lago, C. & Martín, R. (2007). Determinants of possession of the ball in soccer. *Journal of sports sciences*, 25 (9), 969–974.
- Lago-Peñas, C. & Lago-Ballesteros, J. (2011). Game location and team quality effects on performance profiles in professional soccer. *Journal of sports science & medicine*, 10 (3), 465.
- Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J., Dellal, A. & Gómez, M. (2010). Game-related statistics that discriminated winning, drawing and losing teams from the spanish soccer league. *Journal of sports science & medicine*, 9 (2), 288.
- Link, D. & Weber, H. (2017). Effect of ambient temperature on pacing in soccer depends on skill level. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31 (7), 1766–1770.
- 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 (7), 519–528.
- Mohr, M., Mujika, I., Santisteban, J., Randers, M. B., Bischoff, R., Solano, R., ... Krstrup, P. (2010). Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20, 125–132.
- Mohr, M., Nybo, L., Grantham, J. & Racinais, S. (2012). Physiological responses and physical performance during football in the heat. *PloS one*, 7 (6), e39202.
- No, M. & Kwak, H.-B. (2016). Effects of environmental temperature on physiological responses during submaximal and maximal exercises in soccer players. *Integrative medicine research*, 5 (3), 216–222.
- Osborne, J. W. & Waters, E. (2002). Four assumptions of multiple regression that researchers should always test. *Practical assessment, research, and evaluation*, 8 (1), 2.
- Özgül, K., Kurdak, S., Maughan, R., Zeren, C., Korkmaz, S., Ersöz, G., ... Dvorak, J. (2010). Effect of hot environmental conditions on physical activity patterns and temperature response of football players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20, 140–147.
- Poole, M. A. & O'Farrell, P. N. (1971). The assumptions of the linear regression model. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 145–158.
- Schwartz, B. & Barsky, S. F. (1977). The home advantage. *Social forces*, 55 (3), 641–661.
- Seabold, S. & Perktold, J. (2010). statsmodels: Econometric and statistical modeling with python. In *9th python in science conference*.
- Tucker, W., Mellalieu, D. S., James, N. & Taylor, B. J. (2005). Game location effects in professional soccer: A case study. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 5 (2), 23–35.
- Vogelbein, M., Nopp, S. & Hökelmann, A. (2014). Defensive transition in soccer—are prompt possession regains a measure of success? a quantitative analysis of german fußball-bundesliga 2010/2011. *Journal of sports sciences*, 32 (11), 1076–1083.

- Zhou, C., Hopkins, W. G., Mao, W., Calvo, A. L. & Liu, H. (2019). Match performance of soccer teams in the chinese super league—effects of situational and environmental factors. *International journal of environmental research and public health*, 16 (21), 4238.

## Anhang A.

### Weiterführende Informationen zu den Daten

Liga	Variable	arithm. MW	Std. Abw.	Median	Min.	Max.
BL 17/18	Home Score	1.60	1.28	1.0	0.0	6.0
	Away Score	1.19	1.14	1.0	0.0	6.0
	Home Team Points	1.63	1.30	1.0	0.0	3.0
	Away Team Points	1.09	1.24	1.0	0.0	3.0
BL 18/19	Home Score	1.79	1.51	2.0	0.0	8.0
	Away Score	1.39	1.24	1.0	0.0	6.0
	Home Team Points	1.59	1.33	1.0	0.0	3.0
	Away Team Points	1.17	1.29	1.0	0.0	3.0
PD 17/18	Home Score	1.55	1.38	1.0	0.0	7.0
	Away Score	1.15	1.19	1.0	0.0	6.0
	Home Team Points	1.64	1.34	1.0	0.0	3.0
	Away Team Points	1.13	1.29	1.0	0.0	3.0
PD 18/19	Home Score	1.45	1.15	1.0	0.0	8.0
	Away Score	1.13	1.13	1.0	0.0	6.0
	Home Team Points	1.62	1.29	1.0	0.0	3.0
	Away Team Points	1.09	1.23	1.0	0.0	3.0

Tabelle A.1.: Deskriptive Statistiken der Punkte und Tore

Liga	Variable	arithm. MW	Std. Abw.	Median	Min.	Max.
BL 17/18	PassesAtt	39.96	9.20	39.18	20.93	68.50
	Carries	33.19	9.21	32.25	14.86	61.50
	Sh	1.03	0.36	1.00	0.21	2.21
	Tkl	1.26	0.44	1.22	0.36	3.07
	Press	11.46	3.51	10.96	4.14	22.29
	Possession Home	50.60	12.44	50.50	18.00	81.00
	Possession Away	49.40	12.44	49.50	19.00	82.00
	PassesCmp%	79.66	5.65	79.90	61.50	91.20
	DribblesSucc%	63.17	13.97	63.60	23.10	100.00
	TklW	0.81	0.31	0.79	0.07	1.71
	Press%	32.17	6.72	32.10	9.70	53.40
BL 18/19	PassesAtt	42.57	10.28	40.86	21.21	78.00
	Carries	35.96	10.24	35.00	16.14	61.69
	Sh	1.03	0.36	1.00	0.21	2.14
	Tkl	1.17	0.39	1.14	0.36	3.00
	Press	10.89	3.69	10.64	1.00	21.79
	Possession Home	51.50	12.62	51.00	27.00	83.00
	Possession Away	48.50	12.62	49.00	17.00	73.00
	PassesCmp%	80.98	6.12	81.00	62.80	91.80
	DribblesSucc%	62.37	13.25	62.50	21.40	100.00
	TklW	0.76	0.29	0.78	0.14	2.15
	Press%	29.76	6.72	29.70	10.30	56.80
PD 17/18	PassesAtt	39.04	8.36	38.96	19.93	62.07
	Carries	34.34	8.55	34.21	13.86	56.21
	Sh	0.98	0.40	0.93	0.21	2.38
	Tkl	1.11	0.36	1.07	0.29	2.57
	Press	11.78	3.64	11.04	5.93	24.43
	Possession Home	51.39	11.26	52.00	25.00	77.00
	Possession Away	48.61	11.26	48.00	23.00	75.00
	PassesCmp%	81.17	5.33	81.45	54.80	90.80
	DribblesSucc%	65.61	13.89	65.40	25.00	100.00
	TklW	0.72	0.25	0.71	0.07	1.79
	Press%	26.90	7.09	25.75	10.30	54.50
PD 18/19	PassesAtt	37.58	10.87	35.93	16.14	79.38
	Carries	31.42	10.91	30.46	12.50	70.00
	Sh	0.93	0.36	0.86	0.21	2.29
	Tkl	1.21	0.37	1.14	0.43	2.77
	Press	12.10	3.97	11.46	4.93	27.86
	Possession Home	50.98	11.37	51.00	24.00	79.00
	Possession Away	49.02	11.37	49.00	21.00	76.00
	PassesCmp%	78.67	8.56	80.20	54.70	91.30
	DribblesSucc%	62.40	12.41	61.10	26.70	100.00
	TklW	0.81	0.28	0.79	0.21	1.85
	Press%	27.10	6.55	26.50	9.90	52.80

Tabelle A.2.: Deskriptive Statistiken der Top Sechs vor der Transformation der Variablen

Liga	Variable	arithm. MW	Std. Abw.	Median	Min.	Max.
BL 17/18	PassesAtt	35.98	8.80	35.45	14.64	68.50
	Carries	28.77	8.79	27.64	8.93	61.43
	Sh	1.01	0.36	1.00	0.21	2.21
	Tkl	1.27	0.42	1.22	0.36	3.07
	Press	11.88	3.66	11.29	5.36	30.57
	Possession Home	50.98	10.88	51.50	18.00	81.00
	Possession Away	49.02	10.88	48.50	19.00	82.00
	PassesCmp%	76.05	7.24	77.25	51.20	91.20
	DribblesSucc%	60.27	14.65	60.00	0.00	100.00
	TklW	0.82	0.31	0.79	0.07	1.71
	Press%	30.98	7.10	30.85	7.20	53.40
BL 18/19	PassesAtt	37.21	9.73	35.71	19.93	78.00
	Carries	30.62	9.50	28.86	12.36	61.64
	Sh	1.02	0.37	1.00	0.14	2.07
	Tkl	1.21	0.40	1.14	0.36	3.00
	Press	11.31	4.24	10.74	1.00	27.38
	Possession Home	51.42	11.16	51.00	27.00	83.00
	Possession Away	48.58	11.16	49.00	17.00	73.00
	PassesCmp%	77.69	6.70	77.90	49.80	91.80
	DribblesSucc%	61.40	14.32	62.50	21.40	100.00
	TklW	0.77	0.29	0.78	0.14	2.15
	Press%	28.58	6.47	28.30	14.20	56.80
PD 17/18	PassesAtt	34.94	8.35	34.74	18.07	60.36
	Carries	29.61	8.62	28.93	12.36	56.21
	Sh	0.99	0.34	0.93	0.14	2.38
	Tkl	1.04	0.34	1.00	0.14	2.57
	Press	11.40	3.66	10.45	5.71	24.21
	Possession Home	51.39	10.42	52.00	25.00	77.00
	Possession Away	48.61	10.42	48.00	23.00	75.00
	PassesCmp%	76.15	7.32	76.45	54.70	89.60
	DribblesSucc%	63.58	14.24	63.60	14.30	100.00
	TklW	0.69	0.26	0.64	0.07	1.79
	Press%	27.81	6.82	26.90	10.30	54.50
PD 18/19	PassesAtt	35.02	9.19	33.85	17.43	68.46
	Carries	28.91	9.24	27.33	11.36	62.29
	Sh	0.97	0.35	0.93	0.21	2.29
	Tkl	1.18	0.37	1.14	0.43	2.64
	Press	11.54	3.57	11.07	3.86	27.43
	Possession Home	51.66	10.69	52.00	24.00	82.00
	Possession Away	48.34	10.69	48.00	18.00	76.00
	PassesCmp%	77.32	6.98	77.70	54.80	91.30
	DribblesSucc%	61.14	12.76	60.70	22.20	100.00
	TklW	0.79	0.29	0.79	0.14	1.79
	Press%	27.71	6.39	26.75	9.90	52.80

Tabelle A.3.: Deskriptive Statistiken der Heimmannschaften vor der Transformation der Variablen

League	GameID	PlayerID	Squad	Player	#	Nation	Pos	Age	Min	PassesAtt	Carries	Sh	Tkl	Press	PassesComp	PassesComp%	DribblesSuc	DribblesAtt	DribblesSuc%	TkIW	PressSuc	Press%	
11183	BL 18-19	97	1	Dortmund	Mario Götze	10	de GER	FW	26-160	58.0	22.0	26.0	0	1.0	6.0	14.0	63.6	2.0	100.0	1	3.0	50.0	
11184	BL 18-19	97	2	Dortmund	Paco Alcácer	9	es ESP	FW	25-072	32.0	3.0	6.0	1	0.0	5.0	2.0	66.7	0.0	NaN	0	1.0	20.0	
11185	BL 18-19	97	3	Dortmund	Jacob Bruun Larsen-Larsen	34	dk DEN	LW	24-052	81.0	19.0	21.0	1	0.0	11.0	10.0	52.6	3.0	60.0	0	3.0	27.3	
11186	BL 18-19	97	4	Dortmund	Thomas Delaney	6	dk DEN	LW	27-008	9.0	5.0	0.0	0	0.0	0.0	1.0	20.0	0.0	NaN	0	0.0	NaN	
11187	BL 18-19	97	5	Dortmund	Jadon Sancho	7	eng ENG	RW	18-230	90.0	41.0	54.0	1	1.0	15.0	32.0	78.0	3.0	6.0	50.0	1	4.0	26.7
11188	BL 18-19	97	6	Dortmund	Marco Reus	11	de GER	AM	29-163	90.0	33.0	34.0	5	5.0	12.0	24.0	72.7	2.0	100.0	4	2.0	16.7	
11189	BL 18-19	97	7	Dortmund	Julian Weigl	33	de GER	DM	22-063	45.0	27.0	20.0	0	0.0	8.0	21.0	77.8	0.0	NaN	0	2.0	25.0	
11190	BL 18-19	97	8	Dortmund	Mahmoud Dahoud	19	de GER	DM	22-313	45.0	26.0	25.0	0	3.0	7.0	20.0	76.9	1.0	100.0	1	1.0	14.3	
11191	BL 18-19	97	9	Dortmund	Axel Witsel	28	be BEL	DM	29-302	90.0	55.0	48.0	1	2.0	8.0	53.0	96.4	1.0	100.0	2	4.0	50.0	
11192	BL 18-19	97	10	Dortmund	Achraf Hakimi	5	ma MAR	LB	24-006	90.0	56.0	44.0	1	2.0	9.0	43.0	76.8	1.0	100.0	2	2.0	22.2	
11193	BL 18-19	97	11	Dortmund	Dan-Axel Zagador-Zagador	2	fr FRA	CB	19-160	90.0	67.0	57.0	1	1.0	2.0	55.0	82.1	2.0	100.0	0	1.0	50.0	
11194	BL 18-19	97	12	Dortmund	Mamei Akañji	16	ch SUI	CB	23-114	90.0	59.0	52.0	0	1.0	5.0	53.0	89.8	1.0	100.0	1	3.0	60.0	
11195	BL 18-19	97	13	Dortmund	Łukasz Piszczek	26	pl POL	RB	33-160	90.0	44.0	28.0	0	6.0	21.0	34.0	77.3	0.0	NaN	1	5.0	23.8	
11196	BL 18-19	97	14	Dortmund	Marvin Hitz	35	ch SUI	GK	31-053	90.0	40.0	28.0	0	0.0	1.0	31.0	77.5	0.0	NaN	0	0.0	0.0	
11197	BL 18-19	97	1	Bayern Munich	Robert Lewandowski	9	pl POL	FW	30-081	90.0	19.0	23.0	2	1.0	6.0	12.0	63.2	0.0	0.0	1	3.0	50.0	
11198	BL 18-19	97	2	Bayern Munich	Frank Ribery	7	fr FRA	LW	35-217	90.0	57.0	76.0	6	3.0	22.0	44.0	77.2	4.0	40.0	2	6.0	27.3	
11199	BL 18-19	97	3	Bayern Munich	Serge Gnabry	22	de GER	RW	23-119	73.0	26.0	30.0	1	2.0	20.0	22.0	84.6	4.0	66.7	1	8.0	40.0	
11200	BL 18-19	97	4	Bayern Munich	Renato Sanches	35	pt POR	RWAM	21-084	17.0	17.0	13.0	0	0.0	1.0	13.0	76.5	1.0	50.0	0	0.0	0.0	
11201	BL 18-19	97	5	Bayern Munich	Thomas Müller	25	de GER	AMRW	29-468	81.0	40.0	28.0	1	1.0	22.0	36.0	90.0	1.0	100.0	0	3.0	13.6	
11202	BL 18-19	97	6	Bayern Munich	Sandro Wagner	2	de GER	FWRW	30-346	9.0	3.0	1.0	0	0.0	1.0	2.0	66.7	0.0	NaN	0	0.0	0.0	
11203	BL 18-19	97	7	Bayern Munich	Leon Goretzka	18	de GER	DM	22-277	90.0	52.0	44.0	0	2.0	11.0	45.0	86.5	2.0	3.0	66.7	1	4.0	36.4
11204	BL 18-19	97	8	Bayern Munich	Joni Martínez	8	es ESP	DM	30-069	90.0	57.0	28.0	0	3.0	5.0	48.0	84.2	0.0	NaN	2	2.0	40.0	
11205	BL 18-19	97	9	Bayern Munich	David Alaba	27	at AUT	LB	26-139	90.0	77.0	51.0	0	2.0	6.0	60.0	77.9	0.0	0.0	1	4.0	66.7	
11206	BL 18-19	97	10	Bayern Munich	Mats Hummels	5	de GER	CB	29-329	64.0	69.0	57.0	0	1.0	5.0	63.0	91.3	0.0	NaN	0	0.0	0.0	
11207	BL 18-19	97	11	Bayern Munich	Niklas Süle	4	de GER	CB	23-068	26.0	30.0	25.0	0	0.0	1.0	26.0	86.7	0.0	NaN	0	0.0	0.0	
11208	BL 18-19	97	12	Bayern Munich	Jérôme Boateng	17	de GER	CB	30-068	90.0	85.0	62.0	0	2.0	5.0	71.0	83.5	0.0	NaN	1	1.0	20.0	
11209	BL 18-19	97	13	Bayern Munich	Joshua Kimmich	32	de GER	RB	23-275	90.0	94.0	65.0	0	0.0	6.0	78.0	83.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
11210	BL 18-19	97	14	Bayern Munich	Manuel Neuer	1	de GER	GK	32-228	90.0	47.0	28.0	0	0.0	0.0	36.0	76.6	0.0	NaN	0	0.0	NaN	
11211	BL 18-19	98	1	Leverkusen	Kevin Volland	31	de GER	FW	26-104	90.0	26.0	23.0	1	0.0	5.0	17.0	65.4	0.0	NaN	0	1.0	20.0	
11212	BL 18-19	98	2	Leverkusen	Julian Brandt	10	de GER	LW	22-193	90.0	48.0	41.0	1	0.0	7.0	39.0	81.3	1.0	50.0	0	3.0	42.9	

Tabelle A.4.: Ausschnitt der ursprünglichen Tabelle

Notiz: Aus Platzgründen wurden die Namen der Spieler nicht komplett wie in der eigentlichen Tabelle angegeben, normalerweise steht hinter jedem Namen noch eine Version ohne ggf. vorliegende Sonderzeichen. Am Beispiel von Mario Götze: Mario Götze\Mario-Gotze

	League	GameID	Squad	PassesAtt	Carries	Sh	Tkl	Press	TklW	PassesCmp%	DribblesSucc%	Press%	Temperature	Rain	Humidity
804	BL 18-19	97	Bayern Munich	3.872688	3.635705	0.845154	1.101946	2.070473	0.801784	6822.76	48.0	5.282045	13	0.0	81
805	BL 18-19	97	Dortmund	3.569533	3.454512	0.886405	1.253566	2.061423	0.963624	6256.81	76.2	5.310367	13	0.0	81
806	BL 18-19	98	Leverkusen	3.766171	3.601219	0.597614	0.886405	1.455287	0.654654	6642.25	62.5	5.477226	13	0.0	71
807	BL 18-19	98	RB Leipzig	3.483435	3.224574	0.963624	0.925820	1.595049	0.755929	6068.41	80.0	4.658326	13	0.0	71
808	BL 18-19	99	Frankfurt	3.427051	3.216015	0.925820	1.133893	0.857450	0.925820	5314.41	33.3	6.033241	13	0.0	75

Tabelle A.5.: Ausschnitt der Tabelle mit aggregierten Durchschnittswerten

## Anhang B.

### Zusammenhang der Wetterbedingungen

Liga	Unabhängige Variable	VIF
BL 17/18	Temperature	1.825003
	Rain	1.054262
	Humidity	1.884264
BL 18/19	Temperature	2.441791
	Rain	1.211265
	Humidity	2.737088
PD 17/18	Temperature	3.588830
	Rain	1.111958
	Humidity	3.782793
PD 18/19	Temperature	3.358189
	Rain	1.120179
	Humidity	3.565837

(a) VIF-Werte des Basis-Modells und des  
Heimmannschaft-Modells

Liga	Unabhängige Variable	VIF
BL 17/18	Temperature	1.889439
	Rain	1.048435
	Humidity	1.933996
BL 18/19	Temperature	2.626435
	Rain	1.227779
	Humidity	2.970622
PD 17/18	Temperature	3.864807
	Rain	1.175524
	Humidity	4.179765
PD 18/19	Temperature	3.646649
	Rain	1.103687
	Humidity	3.824615

(b) VIF-Werte des Top-Sechs-Modells

Tabelle B.1.: VIF-Werte



## Anhang C.

### Digitaler Anhang

Diese Arbeit wurde per Mail mithilfe eines zip-Ordners an die Prüfer und an das Prüfungssekretariat gesendet, welcher folgendes enthält:

- **Bachelorarbeit.pdf** ist dieses Dokument im PDF-Format,
- Der in dieser Abschlussarbeit verwendete Code wurde in *Python* in Form von Jupyter Notebooks implementiert und ist im Ordner **Notebooks** zu finden.
  - `data_merge.ipynb` enthält den Code für den Pipeline-Teil in Kapitel 3,
  - `data_regression.ipynb` enthält den Code für die Implementierung der Regressionsmodelle, die Ergebnisse und die Statistiken.
- Der Ordner **Daten Regression** enthält die für die Regression verwendeten Datensätze *stats.csv*, *matches.csv* und *tables.csv*.

Zusätzlich wird der Link eines [Google Drive Ordners](#) zur Verfügung gestellt, welcher folgendes enthält:

- Den oben genannten zip-Ordner
- Die Ordner **BA Daten Original** und **BA Daten Regression** enthalten alle für diese Arbeit verwendeten Daten.
  - **BA Daten Original** enthält die Daten in ihrer unveränderten Form
  - **BA Daten Regression** enthält die Daten in ihrer bearbeiteten Form. Die darin vorliegenden Datensätze wurden für die Regression in `data_regression.ipynb` genutzt.
- Die beiden Notebooks `data_merge.ipynb` und `data_regression.ipynb`