

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR UNFALLCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. DR. VOLKER ALT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Qualitative und quantitative Video-Analyse von Kopfballspiel und
Kopfverletzungen im deutschen Profifußball**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Lorenz Maria Huber

2021

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR UNFALLCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. DR. VOLKER ALT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Qualitative und quantitative Video-Analyse von Kopfballsport und
Kopfverletzungen im deutschen Profifußball**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Lorenz Maria Huber

2021

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Werner Krutsch
2. Berichterstatter:	PD Dr. Elisabeth Bründl
Tag der mündlichen Prüfung:	10.01.2022

Gliederung

Zusammenfassung	3
Summary	4
1 Einleitung.....	6
1.1 Der Kopfball im Fußball.....	6
1.2 Kopfverletzungen im Fußball	7
1.2.1 Das Schädelhirntrauma	7
1.2.2 Repetitive symptomfreie Kopfstöße (RSHI)	8
1.2.3 Zentral-neurologische Langzeitschäden	9
1.3 Kopfballspiel und Folgen.....	11
1.4 Prävention im Fußballsport	13
1.4.1 Primäre Prävention.....	13
1.4.2 Sekundäre Prävention	14
1.4.3 Tertiäre Prävention	16
1.5 Videoanalyse im Sport	17
2 Zielsetzung	18
3 Material und Methoden	19
3.1 Material	19
3.1.1 Hardware	19
3.1.2 Software	19
3.2 Methodik	20
3.2.1 Studiendesign.....	20
3.2.2 Analyseverfahren.....	21
3.2.3 Statistische Auswertung	23
3.2.4 Ein- und Ausschlusskriterien	23
4 Ergebnisse.....	24
4.1 Charakterisierung des Studienkollektivs	24

4.2 Epidemiologische Analyse von Kopfbällen.....	24
4.2.1 Spielsituationen	25
4.2.2 Kopfballverhalten.....	31
4.2.3 Zweikampfverhalten im Spiel.....	34
4.3 Epidemiologische Analyse von Kopfverletzungen.....	39
4.3.1 Inzidenz von Verletzungssituationen in der Saison 2017/18	41
4.3.2 Analyse der Spielsituation	41
4.3.3 Konsequenz der Kopfverletzung.....	50
4.3.4 Risikofaktoren.....	52
5 Diskussion	55
5.1 Kopfballsport und seine Folgen – eine Einordnung	55
5.1.1 Reales Abbild des Spielbetriebs.....	55
5.1.2 Kopfverletzungen als Folge des Kopfballsports?	56
5.1.3 Unterschiede zwischen 1. und 2.Bundesliga	58
5.1.4 Pädagogische Prävention durch Information und Training	58
5.2 Methodische Aspekte.....	59
5.2.1 Die Videoanalyse als Instrument der Spielanalyse.....	59
5.2.2 Standardisierte Fragebögen zur Erfassung der Daten	59
5.2.3 Der Critical Incident als Marker potenzieller Verletzungssituationen	60
5.3 Stärken und Limitierungen der Studie	60
5.4 Ausblick.....	61
6 Fazit.....	62
7 Literaturverzeichnis	63
8 Abkürzungsverzeichnis.....	73
9 Danksagung	74
10 Selbstständigkeitserklärung.....	75

Zusammenfassung

Hintergrund: Kopfverletzungen sind im Fußball über alle Leistungsniveaus gesehen häufig. Im Wettkampf ist der Kopf-Hals-Bereich die am zweit häufigsten verletzte Region nach der unteren Extremität. Viele Publikationen behandeln die Auswirkungen des Kopfballspiels auf das Gehirn und die langfristigen Einschränkungen durch zahlreiche Gehirnerschütterungen. Diese Arbeit soll jedoch einen Erkenntnisgewinn in der Epidemiologie von Kopfbällen und Kopfverletzungen im Profifußball bringen, da dies noch wenig erforscht ist. Denn ohne diese statistischen Zahlen würden Kopfballanzahl pro Spiel bzw. pro Spielerkarriere nur Schätzungen bleiben. Außerdem bieten diese Daten zahlreiche Ansätze zur Prävention.

Methodik: Alle 612 Spiele der 1. und 2. Deutschen Herrenfußball Bundesliga in der Saison 2017/18 wurden einer quantitativen Analyse unterzogen. Dies bedeutet, dass in jedem dieser Spiele die Kopfballanzahl und die Anzahl an Kopfverletzungen ermittelt wurde. Die Verletzungssituationen wurden als sogenannte Critical Incidents (CI), also Situationen, deren Umstände eine Kopfverletzung wahrscheinlich machen, definiert. Zudem erfolgte bei einem zufällig ausgewählten Spiel pro Spieltag und Liga (also insg. 68) eine qualitative Analyse der Kopfballsituationen und Kopftraumen. Dafür wurde bei jedem Kopfball ein selbst ausgearbeiteter Online-Fragebogen ausgefüllt, der den betroffenen Kopfball ganz genau beschreibt. Dasselbe wurde bei den Verletzungen durchgeführt.

Ergebnisse: In besagten 612 Spielen wurden 73.100 Kopfbälle gezählt, wodurch sich ein Mittelwert von 119 KB/Spiel (SD: +/- 30,1) ergibt. Die Spielerposition mit den meisten Kopfbällen ist die Innenverteidigung mit 34,2% und die häufigste Feldposition das defensive Mittelfeld (32,3%). In knapp über der Hälfte der Kopfbälle befindet sich der Spieler im Zweikampf (51%). In diesen Zweikämpfen agiert der köpfende Sportler zu 25,4% mit seinem Ellbogen mindestens auf Schulterhöhe, sein Gegenspieler in 18,8% der Fälle.

Die absolute Anzahl an Verletzungssituationen beträgt 276, pro Spiel 0,45 (SD +/- 0,74). Die Position mit den meisten Verletzungen ist wieder die Innenverteidigung mit 30,8% und der eigene 16-Meter-Raum stellt sich als gefährlichste Feldposition dar (29,5%).

Der direkte Kontakt durch den Ball bringt in 16,9% der Fälle ein Trauma hervor, der Rest wird hauptsächlich durch Spieler-Spieler-Kontakt ausgelöst. In 82,1% passiert die Verletzungssituation nicht in einem durch den Schiedsrichter bewerteten Foulspiel.

Schlussfolgerungen: Diese Studie liefert als erste epidemiologische Daten zum Kopfballspiel und zu Kopfverletzungen. Damit kann ein realistisches Abbild des Spielbetriebs gegeben und vorhandene Literatur neu bewertet werden. Fußball ist ein Kontaktsport und deswegen werden Kopfverletzungen leider immer ein Teil des Spiels bleiben. Die ermittelten Daten bieten aber Ansätze zur Prävention, wie zum Beispiel der strengeren Ahndung des gefährlichen Spiels mit dem Ellbogen und einer besseren Kopfballschulung.

Diese Datenerhebung beachtet aber nur die Wettkampfsituation, weshalb die Frage zur Trainingsbelastung daraus nicht beantwortet werden kann. Der Anreiz zu weiterführender Forschung ist somit gegeben.

Summary

Purpose: Head injuries are quite common in professional and amateur football (soccer). During matches, head and neck are the second most injured regions following lower limb. There are many papers about the consequences of heading and long-term impairments caused by concussions. This dissertation should gain some knowledge about the epidemiology of headers and head injuries in professional football. Without these statistical data, we can only estimate the number of headers per game or through a whole playing career. On top of that, the statistics deliver some approaches for prevention.

Methods: All 612 matches of the 1st and 2nd German male Bundesliga during the 2017/18 season were subjected to a quantitative analysis. This means that in each of these games the number of headers and head injuries were determined. The injury situations were defined as so-called critical incidents (CI), which are probable head injury situations. For one game per matchday and division (so a total of 68), a qualitative analysis was performed. An online questionnaire was filled in for each

header, which describes it quite accurately. Head-injury situations were treated the same.

Results: In these 612 professional football matches, a total number of 73,100 headers was ascertained, which makes an average of 119 headers/game (SD $\pm$ 30.1). Central defenders head most frequently (34.2%), and defensive midfield is the leading region on the pitch (32.3%). 51% of the headers are performed during a tackling, where the heading sportsman puts his elbow on or above shoulder level in 25.4% of all tackles and the opponent in 18.8%.

Furthermore, 276 head-injury situations were recorded, a mean of 0.45 (SD: $\pm$ 0.74) per game. Central defenders are the most endangered players (30.8% of all injuries) and the own penalty area is the most dangerous spot on the field (29.5%). The impact of the ball causes a trauma in 16.9% of all cases, the rest is mainly caused by player-to-player impacts. 82.1% of the injury situations were not ruled as a foul by the referee.

Conclusions: This study is the first to provide epidemiological data on headers and head injuries in professional male football. In this way, it shows realistic match situations and existing literature can be re-evaluated. Taking part in a contact sport, football players will always be at risk of head injuries. But the collected data gives some preventive approach, like tighter interpretation of the rules or better heading education. This collection of data only focuses on headers during competition, the exposure during practise cannot be valued, so further research is needed.

1 Einleitung

1.1 Der Kopfball im Fußball

Fußball ist die beliebteste Sportart weltweit, mit über 270 Millionen Spielern, 62 Millionen davon in Europa (Kunz 2007) und über 7 Millionen allein in Deutschland. Diese Spielerinnen und Spieler sind in über 24.000 Vereinen organisiert und mit seiner Mitgliederzahl stellt der Deutsche Fußballbund (DFB) den größten nationalen Dachverband dar (DFB 2020).

Das Kopfballspiel stellt in dieser Sportdisziplin eine Einzigartigkeit dar, weil es in keiner anderen Ballsportart regeltechnisch erlaubt und in manchen Situationen sogar taktisch hilfreich ist (Forbes et al. 2016). Es wird geschätzt, dass ein typischer europäischer Fußballspieler in seiner aktiven Laufbahn in ungefähr 300 Spielen 2000 Einschläge auf seinen Kopf durch den Ball hinnehmen muss (Putukian et al. 2000). In den vergangenen Jahren stand das Kopfballspiel mehr und mehr in der öffentlichen Kritik und das wissenschaftliche Interesse daran stieg (Bartens 2016; Kirkendall et al. 2001). Da das Wissen über die Auswirkungen dieser Kopfbälle nicht einheitlich bewertet werden kann, ging der US-amerikanische Fußballverband im Jahr 2015 so weit, das Kopfballspiel der unter 13-jährigen ganz zu verbieten (Krutsch et al. 2017). Es ist aber davon auszugehen, dass eine Kopfverletzung nicht vom eigentlichen Spielen des Balles mit dem Kopf, sondern von Kollisionen mit anderen Spielern, dem Boden, usw. verursacht wird (Andersen et al. 2004; Beaudouin et al. 2017).

Der Bewegungsablauf eines korrekt ausgeführten Kopfballs ist relativ kompliziert: In der Vorbereitung auf den Aufprall des Balls muss sich der Spieler zuerst richtig positionieren und zur Aufnahme der Kraft seine Knie anwinkeln und den Oberkörper nach hinten beugen. Das Ziel ist danach, den Ball mit der Stirn zu treffen und durch das Vorbeugen des Oberkörpers zu beschleunigen (Jones 2014). Je nach Flughöhe des Sportgeräts kommen noch Sprung- und Landefähigkeiten sowie gegebenenfalls das Zweikampfverhalten hinzu (Krutsch et al. 2017).

Die Daten dieser Studie haben ergeben, dass der Ball alle 45 Sekunden mit dem Kopf gespielt wurde. Somit lässt sich behaupten, dass das Kopfballspiel einen elementaren Bestandteil des modernen Fußballs darstellt.

1.2 Kopfverletzungen im Fußball

1.2.1 Das Schädelhirntrauma

Das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) ist die Folge einer starken Krafteinwirkung auf den Kopf, die zu einer Funktionseinschränkung oder Verletzung des Gehirns führt. Die Definition eines Schädelhirntraumas ist sehr komplex; es wird als zentralnervöse Verletzung angesehen, die durch biomechanische Kräfte eines direkten oder indirekten Traumas verursacht wird. Es kann zusätzlich zu einer Verletzung der Kopfhaut, der Gefäße, des knöchernen Schädels bzw. der Hirnhäute kommen. Von einem offenen SHT spricht man, wenn durch die Verletzung der Dura eine Verbindung des Schädelinneren mit der Umwelt besteht.

Typische Symptome sind: Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Bewusstseinsbeeinträchtigung, Bewusstlosigkeit, Amnesie, Doppelbilder und Pupillendifferenz (Firsching et al. 2015).

Man unterteilt 3 Schweregrade mithilfe des Glasgow Coma Scales (DGU 2018):

- leichtes SHT: 13-15 Punkte
- mittleres SHT: 9-12 Punkte
- schweres SHT: 3-8 Punkte

Tabelle 1 zeigt die Berechnung des Glasgow Coma Scales.

Tabelle 1: Glasgow Coma Scale; nach (DGU 2018)

Prüfung	Reaktion	Punkte
Augenöffnen	spontan	4
	nach Aufforderung	3
	auf Schmerzreiz	2
	nicht	1
Bewegung	nach Aufforderung	6
	gezielte Abwehrbewegung	5
	ungezielte Abwehrbewegung	4
	Beugebewegungen	3
	Streckbewegungen	2
	keine	1
Sprache	orientiert, klar	5
	verwirrt	4
	einzelne Wörter	3
	einzelne Laute	2
	keine	1

Eine Gehirnerschütterung (Commotio cerebri) wird definiert als traumatisch bedingte, transiente neurologische Störung und beinhaltet komplexe pathophysiologische Prozesse. Im Allgemeinen verlaufen diese Verletzungen selbstlimitierend (Harmon et al. 2013). Die Gehirnerschütterung zählt nach oben angeführter Einteilung zu den leichten SHTs und macht 5,8% aller Verletzungen im Fußball (Agel et al. 2007) sowie 38% aller Fußball-bedingten Kopfverletzungen aus (Krutsch W. et al. 2018). Der Großteil der aktiven Spieler erinnert sich an mindestens eine Commotio während seiner Karriere (Barnes et al. 1998). Frauen sind 2,6-mal häufiger betroffen als Männer (Maher et al. 2014) und der temporale Schädelknochen ist die vulnerabelste Region (Delaney et al. 2006). Es wird berichtet, dass Spieler, die mehrere Commotios während ihrer aktiven Karriere erlitten, langfristige, klinisch nachweisbare Gedächtnisstörungen ausweisen (Guskiewicz et al. 2005). Ferner berichteten Sportler, die mehrere Gehirnerschütterungen erlitten, dass die Zeitspanne bis zur vollständigen Genesung immer länger wurde (Guskiewicz et al. 2003).

Bei Athleten, die während ihrer Sportlerkarriere schon einmal eine Commotio hatten, ist das Risiko einer weiteren vier bis sechs Mal so hoch (Moser et al. 2007). Außerdem gibt es Anzeichen dafür, dass repetitive SHTs Risikofaktoren für Alzheimer und ALS darstellen (Gännslen et al. 2016).

Eine Gehirnerschütterung sicher zu diagnostizieren, sei es während des Spiels oder in den darauffolgenden Tagen, stellt sich oft als sehr schwierig dar, da die Symptome oft unspezifisch sind und nur ein kleiner Prozentsatz der Betroffenen klare Anzeichen aufweist (Makdissi et al. 2013).

1.2.2 Repetitive symptomfreie Kopfstöße (RSHI)

Das Stoßen des Balls mit dem Kopf löst in der Regel keine akute Symptomatik bei den köpfenden Sportlern aus. In den vergangenen Jahren wurde deshalb der Begriff „Subconcussion“ etabliert, der einen Zustand beschreibt, in dem keine typischen Symptome einer Commotio auftreten, es langfristig jedoch zu neurologischen Veränderungen kommen kann (Broglia et al. 2012). Diese symptomfreien Kopftraumata zeigen auch subtile Veränderungen in der funktionellen Magnetresonanztomografie (fMRT) sowie verminderte Leistungsfähigkeit in psychoneurologischen Tests (McKee et al. 2014; Zhang et al. 2013). Welche Auswirkungen auf das Gehirn jedoch genau in Zusammenhang mit RSHI stehen, ist

aktuell noch nicht sicher zu sagen, vor allem weil in einigen Untersuchungen gezeigt wurde, dass diese neuropsychiatrischen Beeinträchtigungen und radiologischen Veränderungen des Gehirns nur vorübergehend seien (Zetterberg et al. 2007).

Die Wucht dieser Einschläge ist einerseits von der Masse des Balls (ein Fußball muss im Erwachsenenbereich laut Regelwerk des DFB 400-450g wiegen (Krutsch et al. 2017) und der Ballgeschwindigkeit abhängig: Bei einem Tempo von 20m/s wirkt eine Kraft von 4,1 kW. Daraus kann man ein Risiko für ein SHT von knapp über 5% berechnen. Beschleunigt man das Spielgerät auf 30m/s beträgt die Kraft des Aufpralls 10,5 kW und das berechnete SHT-Risiko erhöht sich auf 50% (Lehner et al. 2010). Bretzin et al. konnten zeigen, dass die Beschleunigung des Gehirns beim Kopfball mit steigender Kraft der Nackenmuskulatur abnimmt (Bretzin et al. 2017).

1.2.3 Zentral-neurologische Langzeitschäden

Chronisch-traumatische Enzephalopathie:

In letzter Zeit wurde in den Medien viel über neurologische Langzeitschäden berichtet, allen voran eine Erkrankung mit dem Namen CTE. Diese drei Buchstaben stehen für Chronisch-traumatische Enzephalopathie. Zuerst muss beachtet werden, dass es eine klassische und eine moderne Form der CTE gibt, die sich in ihrer Symptomatik unterscheiden (Gännslen et al. 2016).

Klassische CTE: sie geht auf die Symptombeschreibung eines ehemaligen Boxers zurück und wurde „dementia pugilistica“ genannt. Hierbei kommen Tremor, Bradykinese, Gang-Ataxie, Konfusion und extrapyramidale Bewegungsstörungen vor; Symptome, die als M.Parkinson bezeichnet werden (Gännslen et al. 2016).

Moderne CTE: wenn man in der heutigen Zeit von CTE spricht, ist eine neurodegenerative Erkrankung gemeint, die, zumindest zum Teil, auf repetitive Schädel-Hirn-Traumen zurückzuführen ist (Baugh et al. 2012). Die Krankheit kann aber nur post-mortem diagnostiziert werden, da sie histologisch durch Nachweis von hyperphosphorylierten Tau-Protein-Ablagerungen, TDP-43-Anreicherung, ein kernständiges Protein mit entscheidender Rolle beim Splicing, und Hirnatrophie gesichert wird (Gardner et al. 2014). Die auffälligsten Symptome sind

neuropsychiatrische Verhaltensstörungen und im späteren Verlauf kognitive Einschränkungen und Demenz (Gardner et al. 2014).

Ling et al. konnten CTE in 4 von 6 Fußballergehirnen nachweisen, mit den typischen Symptomen M.Alzheimer, TDP-43-Ablagerungen und Amyloidangiopathie (Ling et al. 2017).

„Second impact syndrome“:

Eine noch schwerwiegendere, weil oft tödliche, Komplikation ist das sog. Second impact syndrome, welches entsteht, wenn sich die Symptome eines primären Schädel-Hirn-Traumas noch nicht gänzlich zurückgebildet haben und ein weiterer Einschlag auf den Schädel geschieht. Die Betroffenen erleiden eine rasch progrediente Bewusstseinsintrübung, Verlust der Augenbewegung, Pupillenerweiterung und Atemausfall (Cantu 1998). In der Bildgebung wird eine massive Hirnschwellung ersichtlich, die auf den Verlust der Autoregulation der cranialen Blutgefäße zurückzuführen ist (Cantu 1998). Aufgrund dieser massiven Größenzunahme, die meist nicht in den Griff zu bekommen ist, beträgt die Sterberate fast 50% (Cantu 1998).

Abnahme der weißen Substanz:

Mehrere Publikationen berichten zudem von Veränderungen der weißen Substanz in den Gehirnen von ehemaligen Fußballern. Zum einen konnte ein signifikant schnellerer Abbau der Nervenzellen im parietalen und occipitalen Bereich beobachtet werden (Koerte et al. 2016), zum anderen wurden Unterschiede in der Integrität der weißen Substanz, verglichen mit Nicht-Kontakt-Sportlern (Koerte et al. 2012) festgestellt. Lipton et al. konnten außerdem eine Verbindung zwischen Abnahme der weißen Substanz und Merkfähigkeit ermitteln (Lipton et al. 2013).

Ferner konnte festgestellt werden, dass innerhalb einer Testgruppe von ehemaligen Fußballspielern Cholin, als Bestandteil des Neurotransmitters Acetylcholin, und Myoinositol, ein Biomarker für Neuroinflammation im Vergleich zur Kontrollgruppe erhöht waren. Zusätzlich geht man davon aus, dass eine erhöhte Anzahl an Kopfbällen mit einer vermehrten Ausschüttung von Glutathion und Myoinositol einher geht (Koerte et al. 2015).

1.3 Kopfballspiel und Folgen

Das Kopfballduell birgt, wie eingangs erwähnt, ein gewisses Risiko, sowohl für den köpfenden Athleten als auch für den Gegenspieler. Verletzungen des Kopf-Hals-Bereichs machen ungefähr 14% aller Läsionen aus, womit sie nach der unteren Extremität auf Platz zwei liegen (Fédération Internationale de Football Association 2010; Junge und Dvorak 2013) (vgl. Abbildung 1).

Im Wettkampf beträgt der Anteil an Gehirnerschütterungen 5,8%, an Platzwunden 1,5% und Frakturen 1,2%. Im Training sinkt das Auftreten von Gehirnerschütterungen auf 1,8% (Agel et al. 2007) (siehe Abbildung 2).

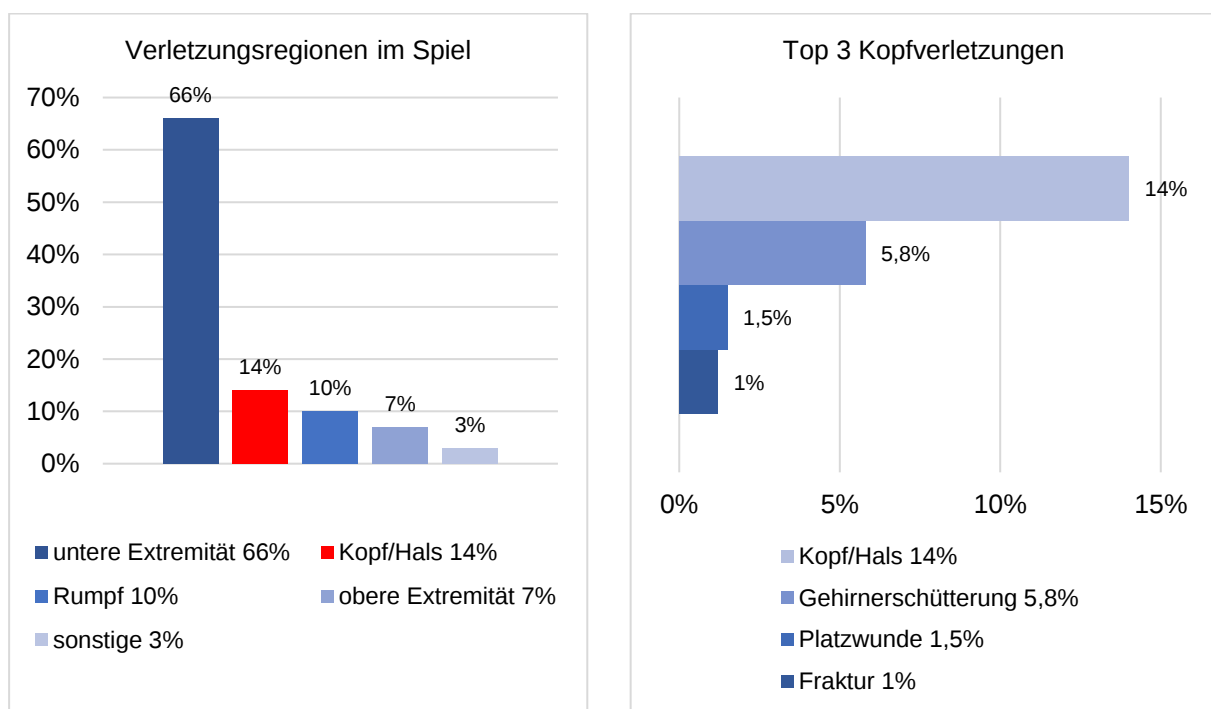


Abbildung 1&2: Verletzungsregionen/Top 3 Kopfverletzungen abgeändert aus (Agel et al. 2007)

Wenn man den Verletzungsmechanismus betrachtet, erkennt man, dass die meisten SHTs durch einen Kontakt mit einem anderen Spieler entstehen, danach kommt erst die Kollision mit dem Ball, gefolgt vom Aufprall auf den Untergrund und dem Zusammenstoß mit einem Torpfosten (Barnes et al. 1998). Genauer betrachtet handelt es sich in absteigender Reihenfolge um Kopf-Kopf, Kopf-Boden, Kopf-Ellbogen, Kopf-Fuß oder Kopf-Knie-Kollisionen (Delaney et al. 2006).

Delaney et al. haben aktive Spieler auf Gehirnerschütterungen in der Vergangenheit untersucht und sie den Spielpositionen zugeordnet. Demnach haben fast 80% der Torhüter schon einmal eine Commotio erleiden müssen, aber nur 58% der Stürmer (Delaney et al. 2002). Die Beschwerden, die die betroffenen Sportler angegeben haben, sind in Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2: Beschwerden von Spielern mit GE, abgeändert aus (Delaney et al. 2002)

Symptom	Prozentsatz
Kopfschmerzen	72,6%
Verwirrtheit/ Orientierungslosigkeit	55,6%
Schwindel	55,3%
Seheinschränkung	27,8%
Übelkeit	8,0%
Gedächtnisstörungen	6,5%
Bewusstseinsverlust	4,8%
sonstige	6,5%

Durch die Steigerung der Spielgeschwindigkeit erhöht sich auch die Häufigkeit von Verletzungen signifikant (McFaull et al. 2016). Diese Entwicklung betrifft nicht nur die Kopfverletzungen, sondern auch alle anderen Körperpartien. Der 10-Jahres-Vergleich von Bjørneboe et al. zeigte einen massiven Anstieg von Arm-zu-Kopf und Schulter-zu-Kopf Kollisionen bei Verletzungen im Kopfballduell (Bjørneboe et al. 2014). Auch im absoluten Spitzenfußball zeigt die gesteigerte Intensität, mit der die Zweikämpfe geführt werden, Wirkung: Bei der Weltmeisterschaft 2014 kam es zu einer Verdoppelung der Kopf-Hals Verletzungen (18% aller Läsionen) im Vergleich zur WM 2010 (Krutsch V. et al. 2018).

Im Vergleich zu anderen Kontaktsportarten stellt sich der Fußball als nicht gefährlicher heraus, trotz des viel diskutierten Kopfballspiels. Sowohl Handball (Langevoort et al. 2007), als auch Eishockey (Ruhe et al. 2014) weisen ähnliche Prozentanteile an Kopfverletzungen auf (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Kopfverletzungen nach Sportart abgeändert aus (Krutsch W. et al. 2018)

Sportart	Fußball	Basketball	Handball	American Football	Eishockey
KV in Prozent	6,5%	5,2%	7,7%	10,2%	19,7%

1.4 Prävention im Fußballsport

Bei der Vorbeugung von Kopfverletzungen können drei Stufen unterschieden werden, die sich danach richten, zu welchem Zeitpunkt man präventiv vorgeht (Bundesgesundheitsministerium 2015):

1.4.1 Primäre Prävention

Die primäre Prävention zielt darauf ab, die Entstehung eines SHTs zu verhindern. Da sich gezeigt hat, dass regelmäßiges Kopfball-Training zu weniger Verletzungen in diesem Bereich führt (Koch et al. 2016), ist die Aufnahme von Kopfballübungen in den Trainingsalltag unabdingbar. Das gezielte Training der Nackenmuskulatur kann weitere Vorteile bringen, weil verbesserte Spannung eine Verminderung der Beschleunigungswerte des Gehirns von bis zu sieben Prozent erbringen kann (Shewchenko et al. 2005; Dezman et al. 2013).

Die 2006 eingeführte Regeländerung, einen Ellenbogenschlag direkt mit einer roten Karte zu ahnden, brachte einen merklichen Rückgang an Kopfverletzungen. Gehirnerschütterungen nahmen um 29% ab, Platzwunden gar um 42% (Beaudouin et al. 2017). Eine weitere Regeländerung betrifft die Kinder und Jugendlichen: Im Jahr 2015 hat der US-amerikanische Verband ein Kopfballverbot für Spieler und Spielerinnen der Spielklassen bis zur U13 erlassen. Der schottische Verband zog fünf Jahre später nach (Siva 2020). Sowohl aus medizinischer Sicht als auch aus sportlicher ist diese Altersbeschränkung fragwürdig. Die Hirnentwicklung ist in diesem Alter noch nicht abgeschlossen, das jugendliche Gehirn befindet sich auch im Alter von über 13 Jahren noch in einer vulnerablen Phase. Außerdem zeigen sich wegen des kleineren Spielfelds und der fehlenden Kraft bzw. Technik, einen gerichteten hohen Ball zu schlagen, ohnehin nur wenige Kopfballsituationen (Krutsch et al. 2017). Zielführender ist die Weiterentwicklung und Anpassung des Spielgeräts. Der richtige Ballinnendruck und eine auf das Alter abgestimmte Größe bzw. Masse führen zu einer geringeren Belastung für das Gehirn. Während die Junioren Leichtspielbälle mit maximal 290g und einem Umfang von 63,5-66mm verwenden, kommt der Erwachsenenball (410-450g, Umfang 68-70mm) erst ab der Spielklasse der unter-15-Jährigen zum Einsatz. Durch die Verwendung moderner Materialien ist der Ball zudem weniger in der Lage, Flüssigkeit aufzunehmen und verändert so sein Gewicht und seine mechanischen Eigenschaften nicht (Krutsch et al. 2017).

1.4.2 Sekundäre Prävention

Bei der Sekundärprävention dreht sich alles um die möglichst frühe Erkennung einer Kopfverletzung. Hierbei ist es wichtig, nicht nur die Spieler, sondern auch die Trainer über erste Symptome eines Schädel-Hirn-Traumas zu belehren und sie für die Gefährlichkeit zu sensibilisieren. In den Trainerausbildungen sind Schulungen in diesem Bereich schon teilweise etabliert, gehören aber noch ausgeweitet (Krutsch et al. 2017). Für die Spieler ist dieser Wissenstransfer mindestens genauso wichtig, da viele nicht merken, eine Gehirnerschütterung zu haben, weil sie ihre Beschwerden nicht einordnen (Delaney et al. 2002).

Die Symptome einer Commotio cerebri sind zum einen unspezifisch und mannigfaltig, zum anderen äußert sich nicht bei jedem betroffenen Athleten eine klare Symptomatik. Dieser Umstand und das oben erwähnte fehlende Wissen machen die Diagnose einer Gehirnerschütterung am Spielfeldrand besonders schwierig (Cournoyer und Tripp 2014).

Sollte der Trainer oder die medizinische Abteilung während eines Spiels trotzdem den Verdacht auf eine Kopfverletzung haben, muss diese schnellstmöglich und adäquat eingeschätzt werden. Der DFB hat mit der Einführung der 3-Minuten-Regel zur Saison 2014/15 einen zeitlichen Rahmen geschaffen, um eine Hirnverletzung auszuschließen bzw. zu bestätigen (Krutsch et al. 2017).

Als schnelles und einfaches Tool, das sowohl für medizinisches Personal als auch für Laien anwendbar ist, stellt das „Concussion Recognition Tool“ dar. Es handelt sich hierbei um eine Taschenkarte, die typische Symptome und Hinweise auf eine Gehirnerschütterung auflistet und essenzielle Fragen zur persönlichen, zeitlichen und örtlichen Orientierung beinhaltet. Durch das kompakte Format hat die Taschenkarte in jeder Betreuertasche Platz und soll standardmäßig zum Equipment gehören (Abbildung 3) (Concussion in Sports Group 2013). Durch das Verwenden dieses Hilfsmittels kann vermieden werden, dass bereits angeschlagene Spieler fälschlicherweise auf dem Platz behalten werden, wie es beispielsweise bei Christoph Kramer im Weltmeisterschaftsfinale 2014 der Fall war, der dadurch einem noch größeren Gesundheitsrisiko ausgesetzt war.



Abbildung 3: Concussion Recognition Tool (Download von dfb.de, 31.05.2021)

Für die spätere Bewertung einer Commotio und die Frage nach dem Return-to-play können Teamärzte das sog. „SCAT-5“ zu Hilfe nehmen; es handelt sich dabei um einen Fragebogen, der Beschwerden abfragt und spezielle neurologische Tests beinhaltet. Das SCAT-5 ist aber nicht uneingeschränkt einsetzbar. Einerseits ist der Bogen für Verletzte unter 13 Jahren nicht geeignet, andererseits benötigt man für das vollständige und ordnungsgemäße Ausfüllen einiges an Zeit und die Durchführung der Tests bedingt medizinische Grundkenntnisse (Echemendia et al. 2017).

Kopfbedeckungen, allen voran Helme, haben zwar (noch) keine große Verwendung im Fußballspiel gefunden, sind aber immer wieder zu sehen (Andersen et al. 2004). Sie dienen in erster Linie zum Schutz vor dem oben beschriebenen „Second Impact Syndrome“ und nicht vor primären Kopfverletzungen (Krutsch et al. 2017). Auf die Längs- und Querschleunigung des Gehirns beim Kopfball haben sie keine Auswirkungen (Lehner et al. 2010).

1.4.3 Tertiäre Prävention

Ziel der tertiären Prävention ist die Verringerung der Schwere einer Verletzung, die Vermeidung von Komplikationen und Langzeitschäden. Zeit, um die Symptome abklingen zu lassen, ist nach der Initialtherapie ein besonders großer Baustein. Sportler sollten nach einem Schädel-Hirn-Trauma frühestens eine Woche nach Symptombefreiheit wieder Kontaktsport ausüben (Cantu 1998). Um den richtigen Zeitpunkt herauszufinden, wann der Athlet wieder voll einsatzbereit ist, kann ein sog. „return-to-play“-Protokoll zur Hand genommen werden (Tabelle 4). Es umfasst sechs aufeinander aufbauende Stufen. Wenn der Spieler auf einer Stufe keine Beschwerden mehr aufweist, kann er das nächste Belastungsniveau in Angriff nehmen. Für jede Stufe sollte ein Zeitraum von mind. 24 Stunden eingeplant werden (Fédération Internationale de Football Association 2010).

Tabelle 4: Return-to-play Protokoll abgeändert aus (McCrory et al. 2013)

Stufe der Rehabilitation	Übung	Zielsetzung
1. keine Aktivität	körperliche und geistige Schonung	Erholung
2. leichte Fitnessübungen	gehen, schwimmen, Fahrrad fahren (max. 70% HF)	Erhöhung der Herzfrequenz (HF)
3. sportspezifische Übungen	Laufübungen, keine Kopfballübungen	Bewegung hinzufügen
4. Training ohne Körperkontakt	komplexere Trainingsübungen, Passübungen	Koordination und kognitive Belastung
5. Training mit Körperkontakt	normales Mannschaftstraining	Vertrauen aufbauen und Fähigkeiten stärken
6. Wettkampfeinsatz	Einsatz im Spiel	

Eine Zusammenfassung der Präventionsmöglichkeiten liefert Tabelle 5.

Tabelle 5: Zusammenfassung Präventionsmöglichkeiten aus (Krutsch et al. 2017)

Stufe der Prävention	Maßnahme
primär	regelmäßiges Kopfball-/Nackentraining
primär	Regeländerung: rote Karte für Ellbogenschlag
primär	Verbot von Kopfball bis einschließlich U13
primär	Anpassung des Balls
sekundär	Schulungen für Trainer und Spieler

sekundär	3-Minuten-Regel
sekundär	Akutdiagnostik: SCAT-5 & Concussion recognition tool
sekundär	Tragen von Kopfbedeckung
tertiär	Initialtherapie
tertiär	Rehabilitation: Return-to-play Protokoll

1.5 Videoanalyse im Sport

Das Erkennen und richtige Einschätzen von Verletzungen ist bei Blessuren im Bereich des Kopfes besonders wichtig und nicht immer einfach. Es stellt aber einen wichtigen Ansatzpunkt zur Prävention dar. Die Videoanalyse zur Bewertung von Verletzungssituationen hat sich in mehreren Sportarten etabliert. Man findet das Element der videogestützten Verletzungsanalyse mittlerweile nicht nur im Fußball, auch im Rugby, Eishockey und Boxen wird dieses Verfahren verwendet.

Im Fußball waren Andersen et al. die Vorreiter, die 313 Spiele der ersten norwegischen und isländischen Liga und des norwegischen Pokals untersuchten, um das Kopfballspiel und Charakteristika von Kopfverletzungen zu beschreiben (Andersen et al. 2004). Eine vergleichbare Studie wurde von Beaudoin et al. 2017 veröffentlicht. Sie untersuchte mittels Videostudium die Häufigkeit, Umstände und Mechanismen von Kopfverletzungen (Beaudouin et al. 2017). Auch in anderen Sportdisziplinen bringt die Videoanalyse neue Erkenntnisse. In der Begutachtung von 414 Australian Football Spielen erreichten Makdissi et al. eine sehr gute Intrarater-Reliabilität sowie Interrater-Reliabilität (Makdissi und Davis 2016a). Weitere Beispiele wären noch die Untersuchung von Situationen mit erhöhtem SHT-Risiko im Jugend-Rugby von Gardner et al. (Gardner et al. 2017) und die Studie zu Risikofaktoren für Kopfverletzungen im professionellen Rugby von Tucker et al. (Tucker et al. 2017).

Die Verlässlichkeit der Auswertung steigert sich mit der Qualität der Videoaufnahmen und der Anzahl der Blick- bzw. Kamerawinkel. Zu häufige Wechsel der Perspektive und eine zu geringe Anzahl an Beobachtern verringert die Verlässlichkeit der Analyse (Makdissi und Davis 2016b).

Mit der Saison 2017/18 wurde in der Bundesliga der Video-Assistent Referee eingeführt, eine praxisnahe Videoanalyse während des laufenden Spiels, bei der ein zusätzlicher Schiedsrichter spielentscheidende Situationen selbstständig bewertet und bei klaren Fehlentscheidungen mit dem Spielleiter am Feld kommunizieren kann.

2 Zielsetzung

Bislang finden sich in der vorhandenen Literatur nur wenige Daten zur statistischen Aufarbeitung von Kopfballsport und Kopfverletzungen. Doch um stichhaltige Aussagen über die Auswirkungen auf das Gehirn treffen zu können, müssen die Kopfballfrequenz, die Inzidenz von Kopfverletzungen und deren Begleitumstände in adäquater Stückzahl erhoben werden. Bisherige Studien gehen von geschätzten Zahlen ehemaliger Spieler aus und führten Untersuchungen nur unter Laborbedingungen durch. Als Teil des Studienprojekts „Kopfbälle im Fußball“ des deutschen Bundesinstituts für Sportwissenschaft sollen die Ergebnisse eine epidemiologische Grundlage schaffen, um die Anzahl und die Beschaffenheit von Kopfbällen und Kopfverletzungen im Fußballsport realistisch einordnen zu können. Auf dieser Basis sollen Ansätze für Prävention, Ideen für Regeländerungen und Trainingsempfehlungen gegeben werden.

Mit der Analyse von unterschiedlichen Spielklassen innerhalb eines Landesverbands sollen Gemeinsamkeiten und Abweichungen, die auf das Spielniveau zurückzuführen sind, aufgedeckt werden.

Die Hypothese dieser Arbeit lautet, dass die Anzahl von Kopfbällen im realen Spielbetrieb niedriger ist, als in bisherigen Studien angenommen und das Kopfballsport nicht auf jedem Spielniveau gleich ist. Mit dieser Arbeit sollen Fragen nach der Anzahl von Kopfbällen und Kopfverletzungen in den beiden höchsten deutschen Spielklassen sowie nach Verletzungsumständen und Risikofaktoren beantwortet werden.

3 Material und Methoden

3.1 Material

3.1.1 Hardware

Zur Aufnahme der Spiele wurde der Festplattenreceiver Sky Q des Anbieters Sky Deutschland verwendet, der einen Speicherplatz von einem Terabyte bietet. Zusätzlich wurde eine externe Festplatte für den Heimgebrauch beschafft, um einige der Spiele zu speichern.

3.1.2 Software

Die Fragebögen zur qualitativen Analyse wurden in die Onlinedatenbank des Programms REDCap (<https://projectredcap.org/>) eingepflegt. Bei diesem Programm, das von Informatikern der Vanderbilt University geschrieben wurde, handelt es sich um eine browserbasierte Software, die zur Erstellung von klinischen Forschungsdatenbanken genutzt werden kann (REDCap 2019). Damit können die Daten gespeichert, komprimiert und für die statistische Analyse extrahiert werden. Die Ergebnisse der Fragebögen wurden mittels des Statistikprogramms IBM SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY, USA) und Microsoft Excel 2016 (Microsoft, Redmond, WA, USA) statistisch ausgewertet. Zur Literaturverwaltung diente Citavi 6 (Swiss Academic Software GmbH, Wädenswil, Schweiz), die Videoanalyse wurde mittels QuickTime Player Version 10.3 (Apple, Cupertino, CA, USA) durchgeführt.

Für die Beschaffung der Videos wurden die Pay-TV Sender Sky und Eurosport, deren Online-Mediatheken und das Online-Archiv der DFL genutzt.

Genutzte Software:

Abbildungen:	Microsoft Word 2016 (Microsoft, Redmond, WA, USA)
Auswertung/Statistik:	SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY, USA) Microsoft Excel 2016 (Microsoft, Redmond, WA, USA)
Elektronische Datenbank:	REDCap (Vanderbilt University, Nashville, TN, USA)
Literaturverwaltung:	Citavi 6 (Swiss Academic Software GmbH, Wädenswil, Schweiz)
Videoanalyse:	QuickTime Player Version 10.3 (Apple, Cupertino, CA, USA)

3.2 Methodik

3.2.1 Studiendesign

Im Rahmen des Studienprojektes „Kopfbälle im Sport“, welches vom Bundesinstitut für Sportwissenschaften initiiert und gefördert wurde, stellt diese Studie ein Teilprojekt dar. Sie ist als prospektive Kohortenstudie konzipiert und untersucht videogestützt die Epidemiologie von Kopfbällen und -verletzungen.

Zur Analyse des Kopfballverhaltens und der Verletzungssituationen im deutschen Profifußball wurden die 1. und 2. Bundesliga der Herren ausgewählt und die Saison 2017/18 untersucht. Dabei wurde festgelegt, alle 612 Spiele einer quantitativen Untersuchung sowie ein Spiel pro Spieltag und Liga (in Summe 68) einer qualitativen Analyse zu unterziehen. Die qualitativ zu untersuchenden Spiele wurden per Zufallsprinzip ausgewählt.

Die Aufzeichnungen wurden durch unterschiedliche Anbieter bereitgestellt: Die Videos der 1. Bundesliga stammten von den Fernsehsendern Eurosport, Sky Deutschland und dem Archiv der Deutschen Fußball Liga (DFL). Die Spiele der 2. Bundesliga wurden von Sky und der DFL zur Verfügung gestellt. Unklare Situationen konnten mittels Slow-Motion und Standbildern aufgelöst werden.

Die Eingabe der Daten erfolgte parallel zur Spielbeobachtung in das Browser-basierte Datenverarbeitungssystem REDCap, das von der Vanderbilt Universität (Tennessee, USA) entwickelt wurde. Die unten beschriebenen Fragebögen ergaben eine elektronische Datenbank, die vom Zentrum für klinische Studien der Universität Regensburg verwaltet wurde.

Die elektronischen Fragebögen basieren auf bereits validierten und in Papierform gebräuchlichen Vorgängern, die in mehreren Untersuchungen der Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Regensburg bereits Verwendung fanden. Sie wurden für die spezifischen Fragestellungen und die Einpflegung in die elektronische Datenbank modifiziert und digitalisiert.

Zur Erhöhung der Interrater-Reliabilität wurde die Videoanalyse mittels des sog. Mehraugenprinzips durchgeführt, da die jeweiligen Kopfbälle und Verletzungssituationen von mehreren Beobachtern im Konsens bewertet wurden.

Das Studiendesign wurde durch das Ethik-Komitee der Universität Regensburg für unbedenklich erklärt (Nr. 18-846-101).

3.2.2 Analyseverfahren

In diesem Projekt wurden die Anzahl von Kopfbällen und Kopfverletzungen, die Charakteristika eines Kopfballs und die Begleitumstände von Kopfverletzungen erfasst und analysiert. Dazu wurden die Häufigkeiten von Kopfbällen und verletzungsträchtigen Situationen, auch Critical Incident genannt, erfasst. Dies wird im Folgenden als „quantitative Analyse“ bezeichnet. Weiters wurde bei einem Spiel pro Liga und Spieltag jeder Kopfball und jede Verletzungssituation mittels Fragebogen detailliert beschrieben und als „qualitative Analyse“ betitelt.

Die Videoanalyse von Kopfverletzungen basiert auf der Untersuchung von verletzungsträchtigen Situationen, im Englischen Critical Incident (CI). Diese sind als Situationen definiert, in denen ein Spieler am Kopf getroffen wurde, das Spiel vom Schiedsrichter unterbrochen wird und einer oder mehrere Spieler für mehr als 15 Sekunden am Spielfeld lagen. Zusätzlich musste/mussten der/die Spieler offensichtlich Schmerzen haben oder eine medizinische Behandlung bekommen (Andersen et al. 2004). Die Verwendung von Critical Incidents als Marker für Verletzungen ist wissenschaftlich anerkannt und in mehreren Sportarten etabliert (Andersen et al. 2004; O'Donoghue 2010; Olsen et al. 2004).

3.2.2.1 Quantitative Analyse

Bei der quantitativen Untersuchung wurden alle Kopfbälle der 1. und 2. Bundesliga erfasst. Hierfür wurde jedes Spiel angesehen und die Kopfballanzahl ermittelt. Ein Kopfball wurde definiert als Berührung des Balls mit dem Kopf, unabhängig von der Intention des Spielers. Zusätzlich wurde die Zahl an Kopfverletzungen mittels Critical Incidents bestimmt. Somit konnte die saisonübergreifende Durchschnittsbelastung durch das Kopfballspiel quantifiziert und das individuelle Verletzungsrisiko berechnet werden.

Die ermittelten Zahlen wurden in eine Datenbank bei Microsoft Excel übertragen.

3.2.2.2 Qualitative Analyse

Die qualitative Analyse dient der genauen Untersuchung der einzelnen Kopfball- und Kopfverletzung-verursachenden Situationen. Hierbei werden alle Kopfballsituationen und Kopfverletzungen eines pro Spieltag der jeweiligen Klasse zufällig ausgewählten Spiels hinsichtlich des Kopfballverhaltens charakterisiert. Dazu wurden pro Kopfball

drei unterschiedliche Testbögen (Spiel-Stammdaten, Auswertungsbogen Kopfballverhalten und Beobachtungsbogen zur Videoanalyse von Verletzungssituationen) verwendet. Auf die einzelnen Bögen wird im Folgenden eingegangen:

Spiel-Stammdaten:

In den Bogen der Spielstammdaten werden die Rahmenbedingungen des untersuchten Spiels eingegeben. Jeder Begegnung wird eine Spielnummer zur Erkennung zugeordnet, bestehend aus einem Buchstaben und einer fortlaufenden Zahl. Weiters werden einige allgemeine Daten erhoben, wie etwa Liga, Datum, Spieltag, Heim- und Gastmannschaft sowie die Gegebenheiten rund um das Spiel (Spielfeld Rasen/Kunstrasen, Flutlicht, Witterung).

Auswertbogen Kopfballverhalten:

Der Fragebogen „Kopfballverhalten“ dient dazu, jeden in dieser Begegnung stattfindenden Kopfball näher zu charakterisieren. Dieser Bogen enthält 18 verschiedene Charakteristika und ist in 4 Abschnitte unterteilt: Zuerst werden grundlegende Angaben eingetragen, danach Kopfball-spezifische Fragen, Informationen zum Zweikampf und zuletzt die Spielfeldzone:

Nach Übernahme der Spielnummer aus dem Bogen „Spiel-Stammdaten“ werden auch hier die Kopfbälle anhand fortlaufender Nummern dokumentiert. Neben den o.g. allgemeinen Informationen werden noch Mannschaftszugehörigkeit, Spielstand und Position des Spielers am Spielfeld erhoben.

Um diesen Kopfball darauf aufbauend aus möglichst vielen verschiedenen Blickwinkeln zu beleuchten, wurden elf Charakteristika integriert. Es werden Spielstand, Spielerposition, Spielsituation, Ballherkunft, Bewegung des Spielers zum Ball, Flugweg und Eingangswinkel des Balles, sowie die Richtungsänderung des Balles, Art des Kopfballs und Auftrefffläche auf den Kopf bestimmt.

Bei Vorliegen eines situativen Zweikampfes werden zusätzlich die Lokalisation zum Gegner, Körperkontaktregionen, Ellenbogenpositionen und Sprungverhalten beantwortet. Protokolliert wird außerdem die Entscheidung über ein mögliches Foul. Der Fragebogen endet mit der Eintragung der Spielfeldregion, in der der Kopfball stattgefunden hat und einem Feld für sonstige Anmerkungen.

Beobachtungsbogen zur Videoanalyse von Verletzungssituationen:

Dieser Bogen mit insgesamt 27 Unterpunkten wird ausgefüllt, sobald eine Verletzungssituation auftritt.

Zu Beginn werden erneut allgemeine Informationen wie Spielnummer, Mannschaftszugehörigkeit, Spielminute, Einsatzzeit und Spielposition dokumentiert.

Im Folgenden wird festgehalten, ob es zu einer Spielunterbrechung durch den Schiedsrichter kam, außerdem wird das Spielerschicksal erhoben.

Zudem wird die genaue Verletzungssituation beschrieben: Welche Mannschaft war in Ballbesitz, in welcher Situation passierte die Verletzung, welche Grundaktion des Spielers lag zu diesem Zeitpunkt vor, mit welcher Absicht ging der Verletzte in die Situation und war er vorbereitet oder unvorbereitet auf den Zusammenprall.

Weiters wird dokumentiert, ob der Kontakt, der zur Verletzung führte, mit einem Gegenspieler, einem weiteren Spieler oder ohne Beteiligung eines anderen Spielers geschah. Danach wird die Frage nach der Art des Zweikampfs beantwortet.

Zusätzlich werden die verletzten Körperregionen von köpfendem Spieler und Gegenspieler ausgewählt, aufgrund der Fragestellung der Studie mit Augenmerk auf Regionen des Kopf-Hals-Bereichs. Auch die Bewertung durch den Schiedsrichter und die eigene Bewertung werden notiert.

Abschließend können die Verletzungs-auslösenden Faktoren eingetragen werden.

3.2.3 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mithilfe des Statistikprogramms IBM SPSS 25.0 und Microsoft Excel 2016. Als deskriptiv statistische Variablen wurden Mittelwerte, Standardabweichung, prozentuale Verteilung, Minimum, Maximum und das relative Risiko (Odds Ratio) berechnet.

3.2.4 Ein- und Ausschlusskriterien

Es wurden alle Spiele der Saison 2017/18 der 1. und 2. Bundesliga in die Analyse aufgenommen. Nicht berücksichtigt wurden Freundschaftsspiele, internationale Begegnungen, Spiele des DFB-Pokals und des DFL-Supercups.

4 Ergebnisse

4.1 Charakterisierung des Studienkollektivs

Die Saison 2017/18 bestritten in der 1. und 2.Bundesliga jeweils 18 Mannschaften. Diese Teams setzten insgesamt 920 Spieler ein, in der 1.BL waren es 459 eingesetzte Akteure (fussballdaten.de 2018b), in der 2.BL 461 (fussballdaten.de 2018a). Jede Liga spielte an 34 Spieltagen neun Begegnungen aus, was eine Gesamtzahl von 306 Partien pro Spielklasse ergibt.

Der jüngste Spieler der 1.BL war 16 Jahre 11 Monate, der älteste 39 Jahre und sieben Monate alt (transfermarkt.de 2018a). Mit 17 Jahren und einem Monat war der jüngste Sportler der 2.BL nur knapp älter, der älteste Akteur lag mit 38 Jahren und sechs Monaten ein Jahr unter seinem Kollegen der höchsten Spielklasse Deutschlands (transfermarkt.de 2018b).

Es wurden alle 612 Spiele der beiden höchsten deutschen Spielklassen analysiert. Kein Spiel wurde ausgeschlossen, was eine Drop-out-Rate von 0% ergibt.

4.2 Epidemiologische Analyse von Kopfbällen

Die Zählung aller Kopfbälle und Kopftraumata beider Ligen liefert folgendes Ergebnis: Die durchschnittliche Anzahl an Kopfbällen in einem Spiel beträgt 119 (+/- 30,1). Im Mittel werden in der niedrigeren Spielklasse 23 Kopfbälle mehr gespielt. Somit macht jeder Spieler der 2.BL einen Kopfball pro Begegnung mehr als ihre Kollegen der höheren Spielklasse. Die Gesamtheit der erfassten Daten bildet Tabelle 6 ab.

Tabelle 6: Ergebnisse der quantitativen Analyse

	Profifußball gesamt	1.Bundesliga	2.Bundesliga
Spiele	612	306	306
Spielminuten (exkl. Nachspielzeit)	55.080	27.540	27.540
Kopfbälle	73.100	33.152	39.948
Kopfbälle/Spiel (Mittelwert +/- SD)	119 +/- 30,1	108 +/- 25,27	131 +/- 29,48

Minimum	52	52	70
Maximum	210	191	210
KB/Minute	1,3	1,2	1,5
KB/Spieler/Spiel (Mittelwert +/- SD)	5,4 +/- 1,15	4,9 +/- 0,92	5,9 +/- 1,19

4.2.1 Spielsituationen

Für die Spiele der qualitativen Analyse wurde eine vergleichbare Tabelle erstellt, die Statistiken weichen aber kaum von den in der quantitativen Untersuchung ermittelten Zahlen ab (siehe Tabelle 7).

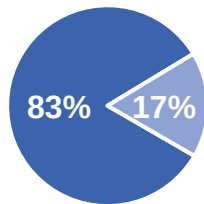
Tabelle 7: KB-Statistik der qualitativen Analyse

	Profifußball gesamt	1.Bundesliga	2.Bundesliga
Spiele	68	34	34
Spielminuten (exkl. Nachspielzeit)	6.120	3.060	3.060
Kopfbälle	7.764	3.593	4.171
Kopfbälle/Spiel (Mittelwert +/- SD)	115 +/- 25,28	106 +/- 20,18	123 +/- 26,26
Minimum	61	61	84
Maximum	206	145	206
KB/Minute	1,3	1,2	1,4
KB/Spieler/Spiel (Mittelwert +/- SD)	5,2 +/- 1,15	4,8 +/- 0,92	5,6 +/- 1,19

Die Untersuchung der Rahmenbedingungen der Spiele hat ergeben, dass ein Fünftel der Spiele bei nassen Witterungsverhältnissen gespielt wird und ungefähr 40 Prozent der Begegnungen unter Flutlicht stattfinden (vgl. Abbildung 4).

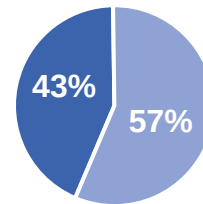
Witterung 1.BL

■ trocken ■ nass



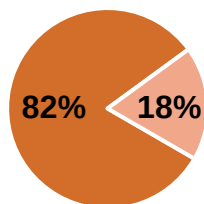
Flutlicht 1.BL

■ ja ■ nein



Witterung 2.BL

■ trocken ■ nass



Flutlicht 2.BL

■ ja ■ nein

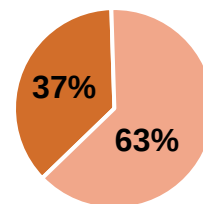


Abbildung 4: Witterungsverhältnisse und Flutlicht

Über die Spielzeit verteilen sich die Kopfbälle relativ gleichmäßig. Auffällig ist jedoch, dass in den ersten und letzten fünfzehn Minuten die meisten KB gespielt werden. Im Liga-Vergleich lassen sich keine relevanten Unterschiede feststellen (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Spielminute bei Kopfball

Spielminute	1.Bundesliga (n=3.593)	2.Bundesliga (n=4.236)
1-15	613 (17,1%)	778 (18,4%)
16-30	567 (15,8%)	643 (15,2%)
31-45+	599 (16,7%)	687 (16,2%)
45-60	565 (15,7%)	741 (17,5%)
61-75	514 (14,3%)	585 (13,8%)
76-90+	735 (20,4%)	802 (18,9%)
1.HZ	1779 (49,5%)	2108 (49,8%)
2.HZ	1814 (50,5%)	2128 (50,2%)

Fast ein Drittel aller Kopfbälle wird im defensiven Mittelfeld gespielt, womit in dieser Region am öftesten geköpft wird. Dahinter liegen der eigene Strafraum bzw. das offensive Mittelfeld. Die wenigsten Kopfballsituationen passieren auf der gegnerischen linken Außenbahn (vgl. Abbildung 5).

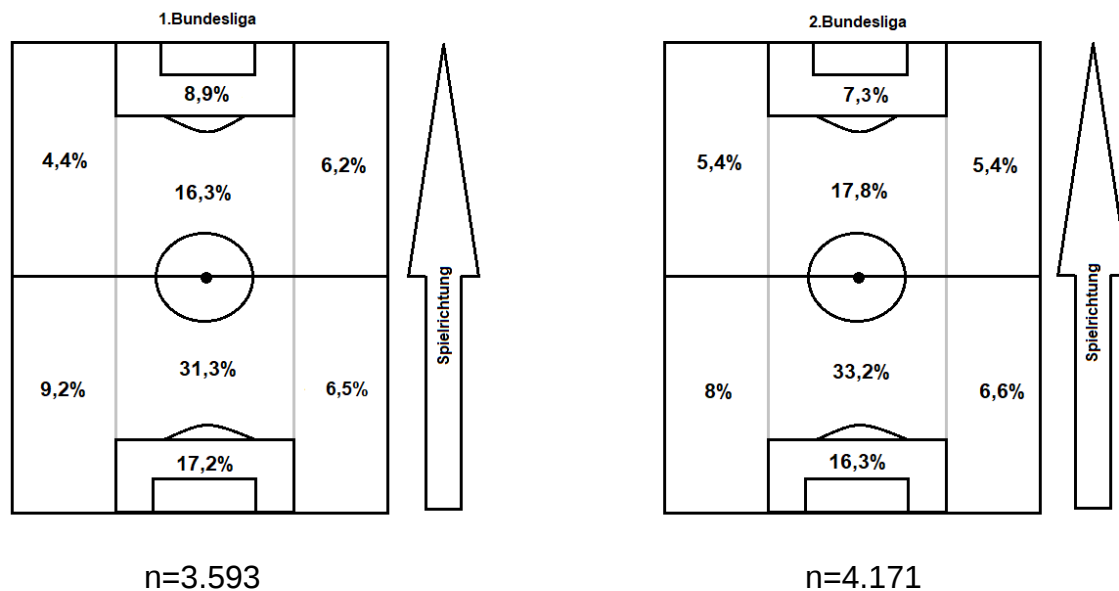


Abbildung 5: Spielfeldzonen

In knapp der Hälfte der Kopfballsituationen herrscht ein ausgeglichener Spielstand (44,8% in der 1.Bundesliga, 45,2% in der zweiten). Die führenden Mannschaften köpfen den Ball genauso oft, wie die Mannschaften im Rückstand. Der Ligavergleich bringt auch hier keine Unterschiede hervor (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Spielstände

	1.Bundesliga (n=3.593)	2.Bundesliga (n=4.171)
Unentschieden	1.610 (44,8%)	1.884 (45,2%)
Führung	982 (27,3%)	1.153 (27,6%)
Rückstand	1.001 (27,9%)	1.134 (27,2%)

Sehr interessant ist die Analyse der Spielpositionen. In beiden Ligen spielen die Innenverteidiger mit einem Drittel die meisten Kopfbälle. In Liga eins folgen die Außenverteidiger mit 18,6%, in der zweiten Spielklasse die defensiven Mittelfeldspieler mit 18,3%. Am seltensten spielen die Torhüter den Ball mit dem Kopf. Hier wurden in beiden Ligen jeweils nur 7 Situationen gezählt (0,2%) (Tabelle 10).

Tabelle 10: Spielpositionen

	1.Bundesliga (n=3.593)	2.Bundesliga (n=4.171)
Torwart	7 (0,2%)	7 (0,2%)
Verteidiger ges.	1.944 (54,1%)	2.122 (50,8%)
Innenverteidiger	1.277 (35,5%)	1.371 (32,8%)
Außenverteidiger	667 (18,6%)	751 (18,0%)
Mittelfeld ges.	1.147 (31,9%)	1.439 (34,5%)
def. Mittelfeld	569 (15,8%)	765 (18,3%)
off. Mittelfeld	578 (16,1%)	674 (16,2%)
Sturm	495 (13,8%)	603 (14,5%)

Der Kopfball wird im modernen Fußball eher als defensives Stilmittel genutzt, denn fast zwei Drittel aller Kopfballsituationen passieren während des Verteidigens (Tabelle 11).

Tabelle 11: Ausrichtung

	1.Bundesliga (n=3.593)	2.Bundesliga (n=4.171)
defensiv	2.333 (64,9%)	2.684 (64,3%)
offensiv	1.260 (35,1%)	1.487 (35,7%)

Grob lassen sich die Kopfbälle in zwei unterschiedliche Spielsituationen einteilen: während des freien Spiels und nach einem Standard. Die Verteilung liegt in beiden Ligen bei ungefähr 62 Prozent im freien Spiel und 38 Prozent nach Standardsituationen. Führend in diesen Gruppen ist zum einen der hohe Ball von Mitspieler bzw. Gegner und zum anderen der Abstoß. Eine genauere Aufteilung zeigt Tabelle 12.

Tabelle 12: Spielsituation

	1.Bundesliga (n=3.593)	2.Bundesliga (n=4.171)
freies Spiel ges.	2.226 (61,9%)	2.563 (61,4%)
hoher Ball/Pass	1.180 (32,8%)	1.391 (33,3%)
Kopfball	673 (18,7%)	851 (20,4%)
Flanke	360 (10,0%)	304 (7,3%)
Schuss	13 (0,4%)	17 (0,4%)
Standard ges.	1.367 (38,1%)	1.608 (38,6%)
Abstoß	702 (19,6%)	778 (18,7%)
Freistoß	248 (6,9%)	339 (8,1%)
Eckball	228 (6,3%)	221 (5,3%)
Einwurf	189 (5,3%)	270 (6,5%)

Wenn ein Sportler den Ball köpft, dann kommt er in zwei Drittel der Fälle von einem Spieler der gegnerischen Mannschaft. In einem Drittel hat zuvor ein Mitspieler den Ball berührt (vgl. Abbildung 6).

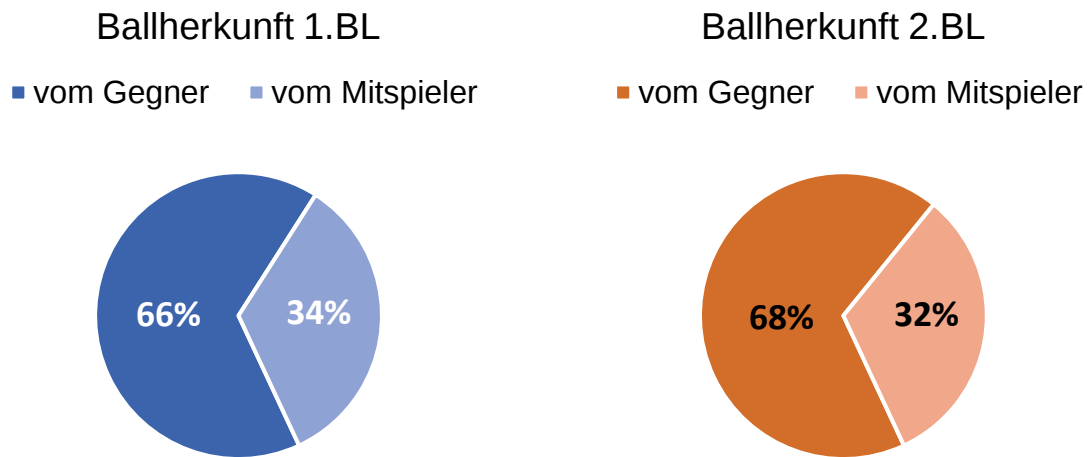


Abbildung 6: Ballherkunft

Die Untersuchung der Spielsituation endet mit der Analyse der Flugstrecke des Balles. Abbildung 7 zeigt, dass der Ball in fast der Hälfte der Fälle 20-50 Meter zurücklegt, bevor er mit dem Kopf gespielt wird. Ganz kurze Distanzen mit unter 5 Metern Flugweg gehören zu den Ausnahmen (3,6 respektive 3,5%).

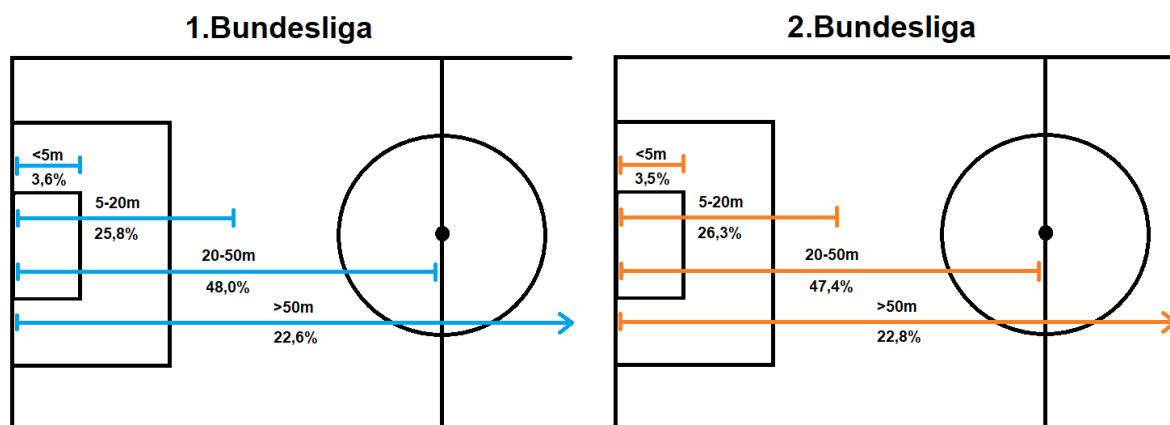


Abbildung 7: Flugweg Ball

4.2.2 Kopfballverhalten

Die folgenden Unterpunkte des Fragebogens fragen sehr genau die Situation rund um den Kopfball ab. Der erste Punkt behandelt die Bewegung des Kopfball-spielenden Athleten zum Ball. In knapp über 50 Prozent der Fälle geht der Spieler auf den Ball zu, in einem Viertel von ihm weg. Damit bereiten sich die Spieler bei jedem vierten KB im Rückwärtslaufen auf den Ball vor, ohne zu sehen, wer oder was sich hinter ihnen aufhält (vgl. Abbildung 8).

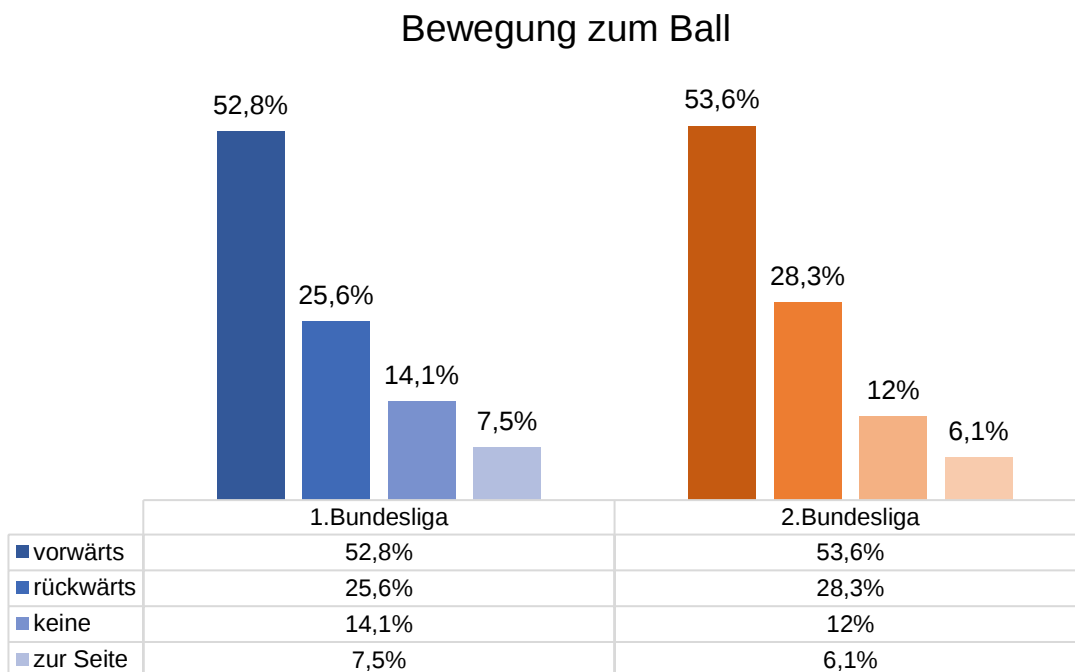
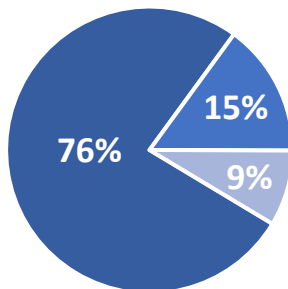


Abbildung 8: Bewegung zum Ball

Der Großteil der Bälle, die mit dem Kopf gespielt werden, treffen von oben kommend auf den Kopf. Bei dieser Beobachtung denkt man sich eine horizontale Linie ausgehend von der Stirn des Spielers. In drei Viertel der Fälle kommt das Spielgerät von oberhalb dieser Linie, in ungefähr 15 Prozent der Fälle parallel dazu und nur selten (unter zehn Prozent) von unten (siehe Abbildung 9).

Eingangswinkel 1.BL

■ von oben ■ parallel ■ von unten



Eingangswinkel 2.BL

■ von oben ■ parallel ■ von unten

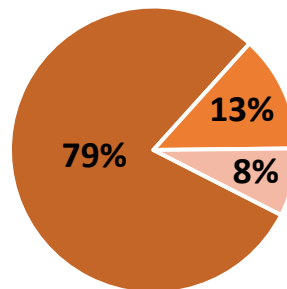
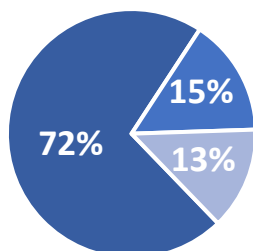


Abbildung 9: Eingangswinkel des Balles

Mit der Richtungsänderung des Balls kann abgeschätzt werden, wie stark die Kraft des Aufpralls auf den Kopf ist. In gut 70 Prozent ändert der Ball seine Richtung stark, was einen Richtungswechsel größer 90 Grad bedeutet. In 13-14 Prozent der Kopfbälle weicht das Leder nur wenig von seiner angestammten Flugrichtung ab (unter 45 Grad), ungefähr 15 Prozent liegen dazwischen bei einer Ablenkung von 45 bis 90 Grad. Dies wird in Abbildung 10 gezeigt.

Richtungsänderung Ball 1.BL

■ stark ■ mittel ■ kaum



Richtungsänderung Ball 2.BL

■ stark ■ mittel ■ kaum

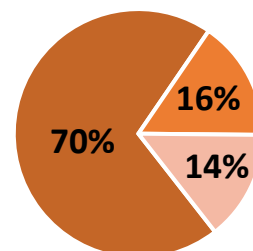


Abbildung 10: Richtungsänderung des Balls

Die Art des Kopfballs beschreibt, mit welcher Absicht der Spieler das Sportgerät köpft. Der gerichtete Pass zu einem Mitspieler und das Klären, also das defensive Wegschlagen des Balls, liegen mit jeweils ungefähr 42 Prozent an der Spitze. Der Vergleich der Spielklassen bringt einmal mehr keinen signifikanten Unterschied (vgl. Abbildung 11).

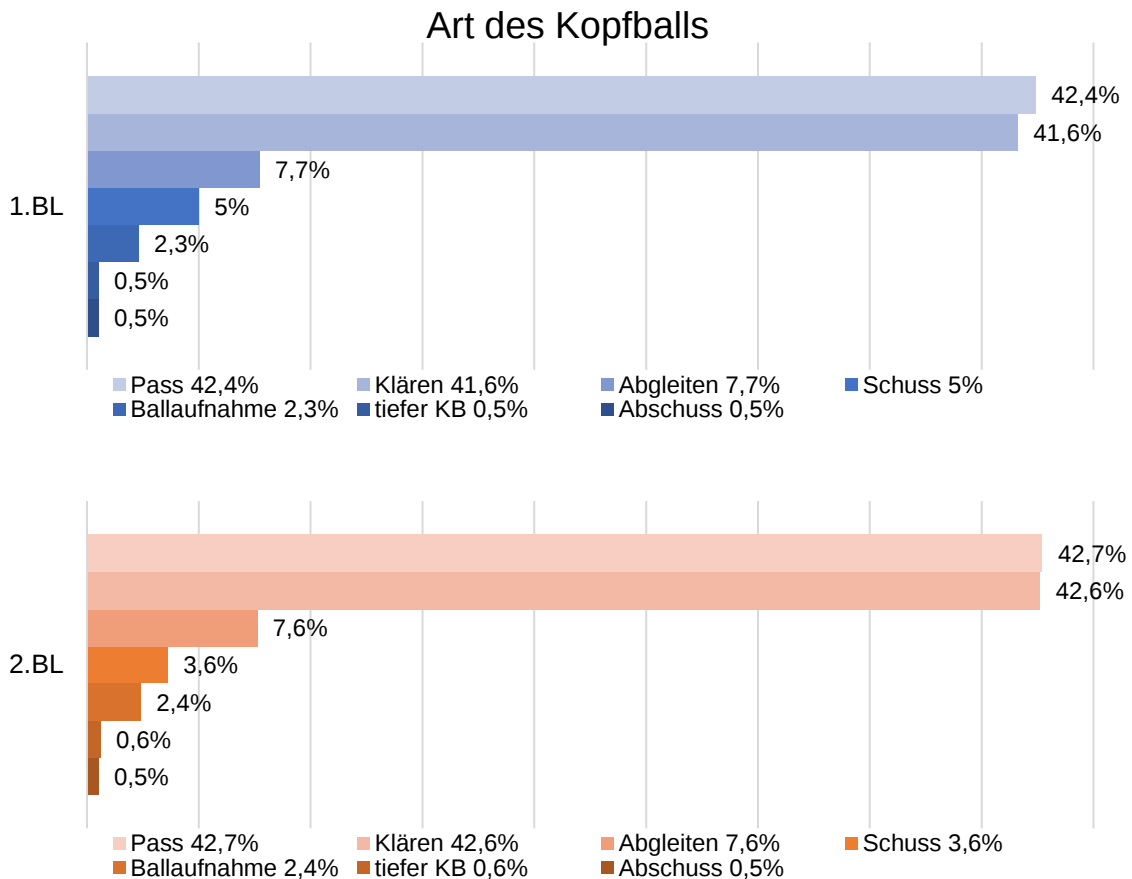


Abbildung 11: Kopfballart

Sehr interessant ist auch die Frage, mit welchem Teil des Schädels der Ball gespielt wird. Die Zuteilung erfolgt nach den Schädelknochen. Bei einem korrekt ausgeführten Kopfball wird das Leder mit der Stirn, dem Os frontale gespielt. Bei 78,2% der Kopfbälle ist dies auch der Fall. Sollten es aber die Spielrichtung oder die Körperhaltung erfordern, wird der Ball auch mit anderen Teilen des Kopfes gespielt (siehe Abbildung 12).

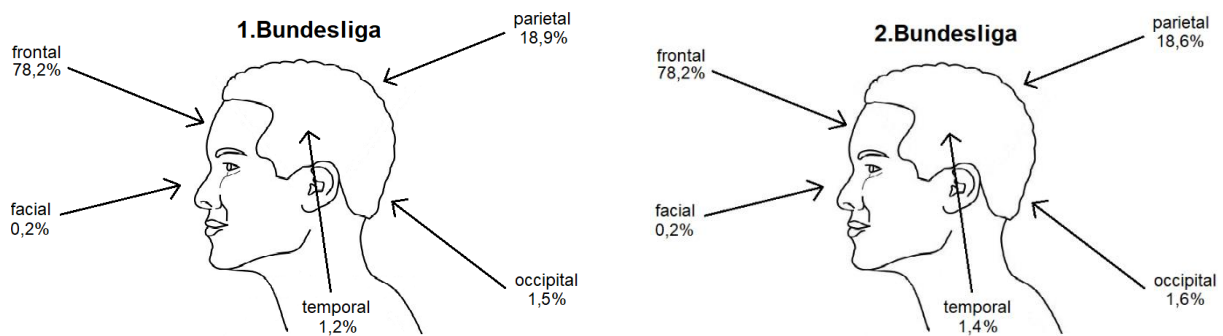


Abbildung 12: Auftrefffläche

4.2.3 Zweikampfverhalten im Spiel

Bei der Frage nach Kopfverletzungen während des Kopfballspiels ist die Analyse von Zweikampfsituationen von großer Bedeutung. Als Zweikampf wird jedes Duell um den Ball, in dem sich Spieler und Gegner im Abstand von maximal einem Meter zueinander aufhalten, gewertet. Als Orientierung dient hierbei die Armlänge der Spieler.

Die Aufzeichnungen haben ergeben, dass knapp über die Hälfte (51%) der Kopfbälle in einer Zweikampfsituation gespielt werden. Dieses ausgeglichene Verhältnis zeigte sich in beiden Leistungsstufen (vgl. Abbildung 13).

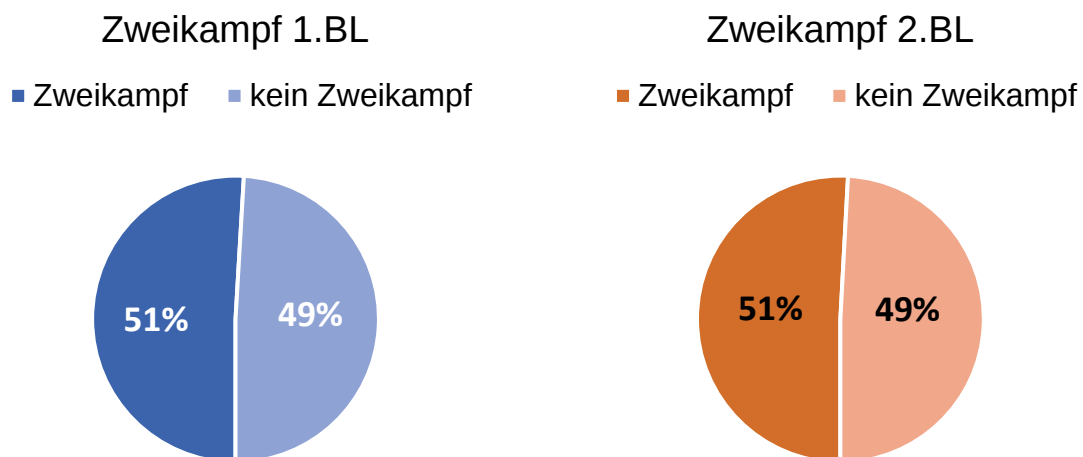


Abbildung 13: Zweikampf

Zudem stellt sich die Frage, wo sich der Fußballer im Vergleich zu seinem Gegenspieler befindet. Ob er sich vor oder hinter dem Gegner aufhält, macht statistisch keinen großen Unterschied aus. In der 1. Bundesliga werden 42,2 Prozent

der Kopfballduelle hinter dem Gegenspieler geführt und 41,8 Prozent davor. In der Spielklasse darunter stehen die köpfenden Spieler in 42,3 Prozent vor dem Gegner und in 41,9 Prozent dahinter. Seitlich neben dem Gegner stehend werden in beiden Ligen knapp 16 Prozent der Kopfbälle gespielt (siehe Abbildung 14).

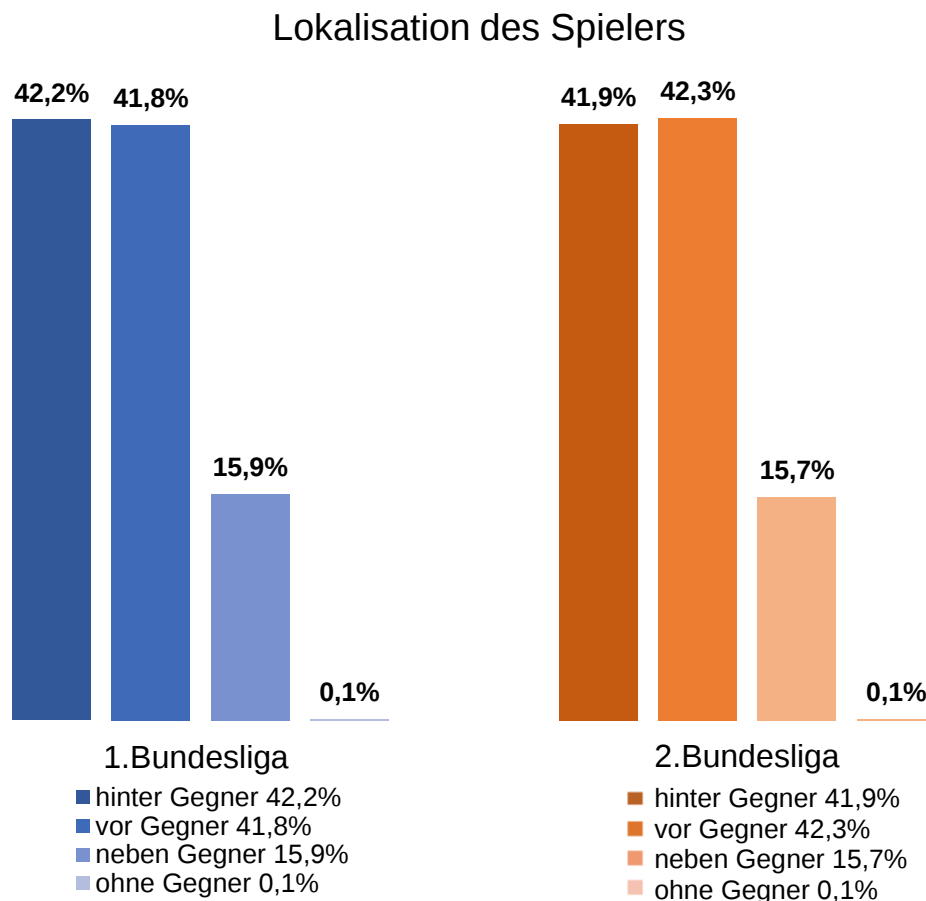


Abbildung 14: Spielerlokalisierung

Als Zweikampf wurden alle Duelle innerhalb eines Meters gewertet ohne Berücksichtigung des Körperkontakts. Innerhalb dieser Zweikämpfe kommt es in rund drei Viertel der Situationen zu einem Kontakt zwischen zwei Spielern. Den Großteil davon machen die Spieler-Gegner Kontakte aus. Kollisionen mit mehreren Spielern (~1%) oder mit einem Mitspieler (<0,5%) sind die Ausnahme (Tabelle 13).

Tabelle 13: Körperkontakt

	1.Bundesliga (n=1.830)	2.Bundesliga (n=2.121)
KK gesamt	1.389 (75,9%)	1.637 (77,2%)
KK mit Gegner	1.361 (74,4%)	1.605 (75,7%)
KK mit Mehreren	19 (1,0%)	26 (1,2%)
KK mit Mitspieler	9 (0,5%)	6 (0,3%)
ohne KK	441 (24,1%)	484 (22,8%)

Die Frage nach den Körperkontakt-Regionen ist in diesem Kontext eine besonders spannende. Ungefähr die Hälfte der Kontakte betreffen sowohl beim Kopfball-spielenden Athleten als auch beim Gegenspieler den Rumpf. In absteigender Häufigkeit folgen obere und untere Extremität; der Schädel, der in dieser Untersuchung die höchste Aufmerksamkeit genießt, liegt mit unter zwei Prozent an letzter Stelle. Eine genauere Auflistung bietet Tabelle 14, da hier eine Mehrfachauswahl möglich war, ist die Anzahl der Kontaktregionen deutlich höher als die der Zweikämpfe mit Körperkontakt.

Tabelle 14: Körperkontakt-Regionen

	1.Bundesliga Spieler	Gegner	2.Bundesliga Spieler	Gegner
Schädel ges.	11 (0,6%)	22 (1,2%)	20 (0,9%)	31 (1,4%)
Gehirnschädel	9	9	12	16
Gesichtsschädel	2	13	8	15
Rumpf ges.	933 (49,7%)	895 (49,9%)	1.112 (49,9%)	990 (46,5%)
Rumpf vorne	298	225	349	241
Rumpf hinten	635	670	763	749
Obere Extremität	594 (31,7%)	584 (32,6%)	706 (31,7%)	759 (35,7%)
Arm	520	507	590	638

Hand	74	77	116	121
Untere Extremität	338 (18,0%)	292 (16,3%)	389 (17,5%)	350 (16,4%)
Bein	336	289	383	336
Fuß	2	3	6	14

Da die Stellung des Ellbogens ab einer gewissen Höhe ein beachtliches Risiko für den Kopf darstellt, wurde diese ebenfalls genau dokumentiert. Rund 75 Prozent der köpfenden Fußballer und 80 Prozent der Gegenspieler halten ihren Ellbogen unter Schulterhöhe. Der Rest der Spieler hebt den Arm mindestens auf Schulterhöhe und verübt somit ein gefährliches Spiel (vgl. Tabelle 15).

Tabelle 15: Ellbogenposition

Ellbogenposition	1.Bundesliga Spieler	Gegner	2.Bundesliga Spieler	Gegner
Unter Schulterhöhe	1.357 (74,2%)	1.476 (80,7%)	1.589 (75,0%)	1.732 (81,7%)
Gefährliches Spiel	473 (25,8%)	354 (19,3%)	531 (25,0%)	388 (18,3%)
Auf Schulterhöhe	350 (19,1%)	285 (16,1%)	369 (17,4%)	298 (14,1%)
Über Schulterhöhe	110 (6,0%)	59 (3,2%)	153 (7,2%)	84 (3,9%)
Am Kopf	13 (0,7%)	0 (0,0%)	9 (0,4%)	6 (0,3%)

Ein korrekt ausgeführter Kopfballablauf beinhaltet, sofern es die Flughöhe des Balls erfordert, auch eine kontrollierte Absprung-, Flug- und Landephase. In der obersten deutschen Spielklasse werden 77 Prozent der Kopfbälle vom Spieler mittels eines Sprungs erreicht. Die Gegenspieler hechten in 68 Prozent der Duelle zum Ball. In der darunter liegenden Spielklasse verhalten sich die Sportler ebenso (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Sprungsituation

Sprungsituation	1.BL Spieler	1.BL Gegner	2. BL Spieler	2. BL Gegner
Sprung	2.766 (76,9%)	1.246 (68,1%)	3.258 (78,1%)	1.434 (67,6%)
kein Sprung	827 (23,1%)	584 (31,9%)	912 (21,9%)	686 (32,4%)

Eine kontrollierte Landung auf den Beinen stellt das geringste Verletzungsrisiko nach einem Sprung dar. In über 95% der beobachteten Situationen schaffen es die Spieler, auf ihren Beinen zum Stehen zu kommen. Ein kleiner Teil landet nach dem Kopfballspiel auf dem Rumpf, nur ganz wenige auf dem Arm oder am Kopf (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 17: Landung

Landung	1.Bundesliga (n=2.757)	2.Bundesliga (n=3.252)
Bein	2.689 (97,6%)	3.144 (96,7%)
Rumpf	66 (2,4%)	104 (3,2%)
Arm	1 (0,0%)	4 (0,1%)
Kopf	1 (0,0%)	0 (0,0%)

Der letzte Punkt der Analyse von Kopfballsituationen beschreibt die Schiedsrichterentscheidung als Konsequenz eines Kopfballduells. Fünf Prozent der Zweikämpfe in der 1.Bundesliga werden als Foul gewertet. In der 2.Bundesliga werden sieben Prozent der Luftduelle abgepfiffen (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Schiedsrichterentscheidung

Foul	1.Bundesliga (n=1.373)	2.Bundesliga (n=1.618)
kein Foul	1.303 (94,9%)	1.501 (92,8%)
Foul durch Spieler	32 (2,3%)	50 (3,1%)
Foul durch Gegner	38 (2,8%)	67 (4,1%)

4.3 Epidemiologische Analyse von Kopfverletzungen

Neben der Analyse der Kopfballsituationen ist ein weiterer großer Teil dieser Arbeit die genaue Untersuchung von Verletzungssituationen. Um dies in einer Videoanalyse realisieren zu können, wurde das von Andersen et al. eingeführte System der Critical Incidents, also der Situationen mit hoher Verletzungswahrscheinlichkeit, angewendet (Andersen et al. 2004). Jede Verletzungssituation, die in den Spielen der qualitativen Analyse aufgetreten ist, wurde mit Hilfe des Beobachtungsbogens zur Videoanalyse von Verletzungssituationen beschrieben.

Die folgende Abbildung 15 liefert ein typisches Beispiel für ein Kopftrauma. Die Situation ereignete sich in einem Spiel der 2. Bundesliga. Nach dem hohen Pass eines Spielers der Mannschaft in den schwarz-weiß gestreiften Trikots gehen beide Akteure in das Kopfballduell mit Blick Richtung Ball (siehe Bild I). Der Spieler A im weiß-roten Trikot versucht den Ball zu klären, Spieler B im schwarz-weißen Trikot den Ball zu einem Mitspieler weiterzuleiten. Beide Akteure haben den Blick in Richtung des Balles gerichtet und nehmen den Gegenspieler nicht oder nur unzureichend wahr (Bild II). Während Spieler A an den Ball kommt, erwischt Spieler B seinen Kontrahenten am Kopf. Sie prallen temporal (Spieler A) bzw. parietal (Spieler B) zusammen (Bild III). Dieser Zusammenstoß führt dazu, dass beide Spieler zu Boden gehen (Bild IV), Spieler B zeigt Zeichen von Bewusstlosigkeit (Bilder V & VI). Der Schiedsrichter unterbricht sofort die Partie, Spieler A wird neben dem Feld behandelt und einige Minuten später ausgewechselt, Spieler B muss von den Sanitätern vom Spielfeld getragen werden und wird ebenfalls durch einen Teamkollegen ersetzt.

In dieser Situation werden alle Voraussetzungen eines Critical Incidents erfüllt. Die Verletzungen der Spieler resultieren aus dem Zusammenprall ihrer Köpfe. Wäre dieser Kopfball ohne Zweikampf passiert, hätten beide Spieler höchst wahrscheinlich weiterspielen können.



Abbildung 15: Beispiel einer Verletzungssituation (Sky Deutschland 2018)

4.3.1 Inzidenz von Verletzungssituationen in der Saison 2017/18

In Summe konnten während der Saison 2017/18 wettbewerbsübergreifend 276 Kopfverletzungen aufgenommen werden, 119 in der 1.Bundesliga und 157 in der zweiten. Somit ergibt sich bei fast jedem zweiten Spiel eine Verletzungssituation und ein statistisches Risiko für einen Spieler, nach 47 Spielen eine Kopfverletzung zu erleiden (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Inzidenz von Kopfverletzungen

	Profifußball gesamt	1.Bundesliga	2.Bundesliga
CI	276	119	157
CI/Spiel (Mittelwert +/- SD)	0,45 +/- 0,74	0,39 +/- 0,65	0,51 +/- 0,82
CI/Spieler/Spiel (Mittelwert +/- SD)	0,021 +/- 0,033	0,021 +/- 0,03	0,021 +/- 0,035

4.3.2 Analyse der Spielsituation

Die genauere Analyse und die Deskription durch den Beobachtungsbogen wurden bei 79 Situationen vollzogen.

Dabei wurden, wie auch bei der Untersuchung der Kopfballsituationen, die Rahmenbedingungen festgehalten. Mittels Aufzeichnung des Spieltags wurden die Verletzungssituationen der Hin- und Rückrunde zugeordnet. In beiden Ligen wurde kein relevanter Unterschied festgestellt (vgl. Abbildung 16).

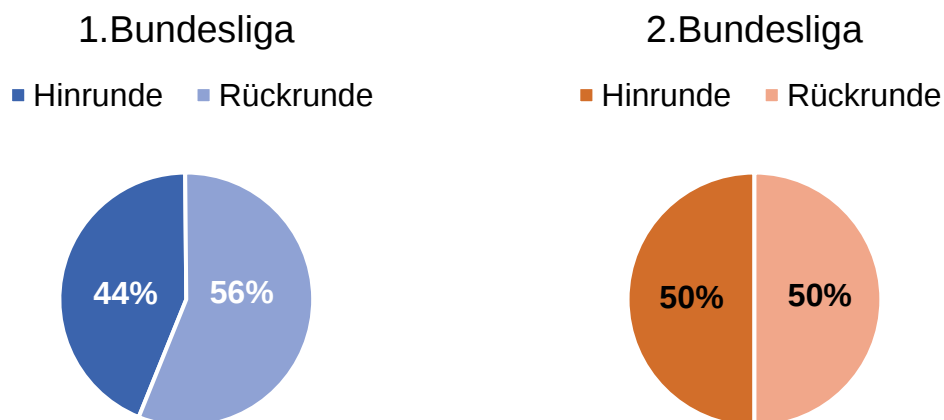


Abbildung 16: Zuordnung Hin- und Rückrunde

Des Weiteren wurden die Spieler, die ein Kopftrauma erlitten haben, den Mannschaften zugeordnet. In beiden Spielstufen treten ungefähr 45 Prozent der Spieler mit Verletzung für die Heimmannschaft an und 55 Prozent für die Gäste (Abbildung 17).

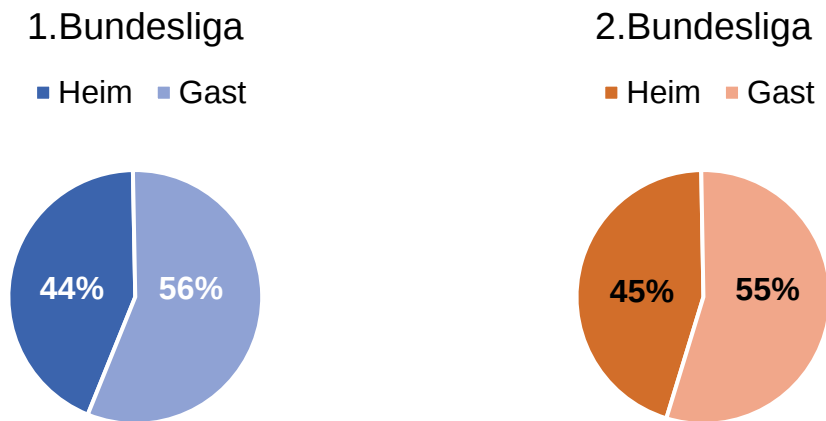


Abbildung 17: Mannschaftszugehörigkeit

Die Untersuchung der Spieler hat ergeben, dass über 90 Prozent der Spieler in der Startformation stehen und nur 5-8 Prozent vor ihrer Verletzungssituation eingewechselt werden (siehe Abbildung 18).

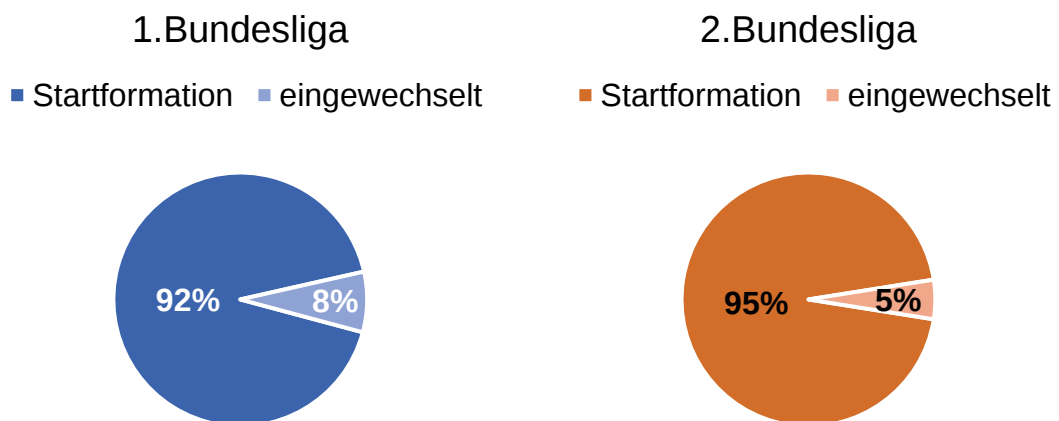
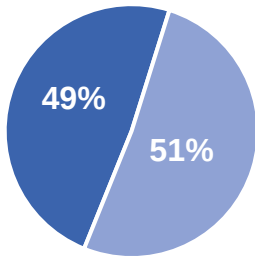


Abbildung 18: Startformation vs. Einwechselspieler

In der 1. Bundesliga passieren Läsionen am Kopf in beiden Halbzeiten gleich häufig. Anders verhält es sich in der 2. Liga; dort liegt die Anzahl der in der ersten Spielhälfte aufgezeichneten Verletzungen 15 Prozent über dem Wert der zweiten Hälfte (vgl. Abbildung 19).

1. Bundesliga

■ 1.HZ ■ 2.HZ



2. Bundesliga

■ 1.HZ ■ 2.HZ

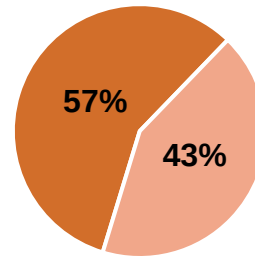
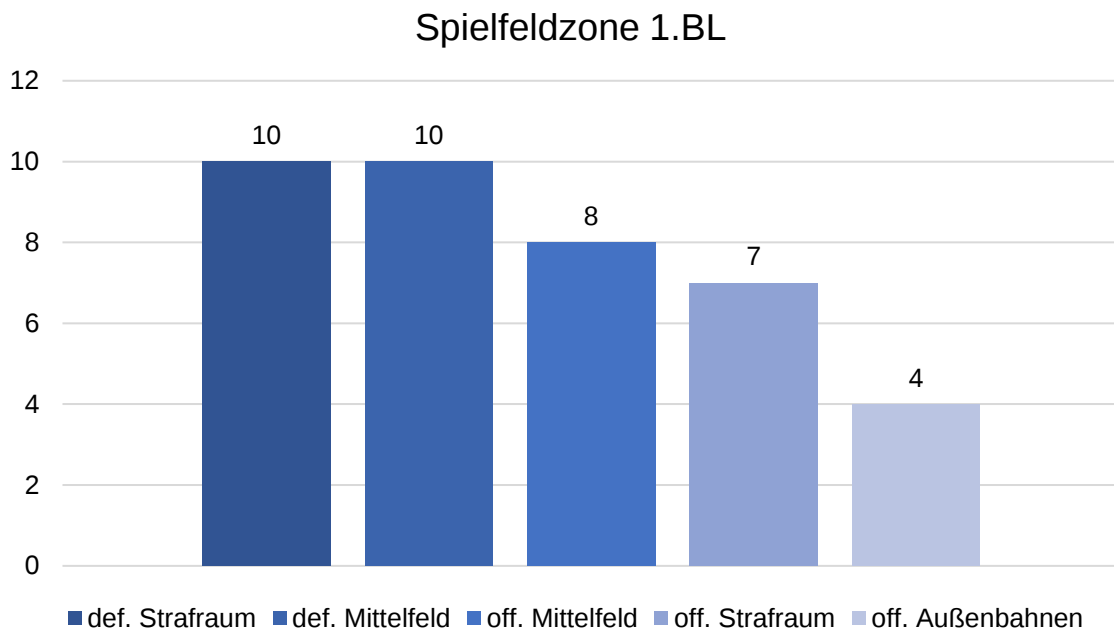


Abbildung 19: Halbzeiten

Während die Spielfeldzone mit der höchsten Kopfball-Frequenz das defensive Mittelfeld darstellt, ist der defensive Strafraum der Ort mit den meisten Verletzungssituationen. Danach folgen in der höchsten Spielklasse das defensive Mittelfeld und das offensive Mittelfeld, in der zweiten Liga ist diese Reihung umgekehrt. Der am wenigsten gefährliche Ort für Verletzungen ist die offensive Außenbahn. Die Reihung der Spielfeldzonen zeigt Abbildung 20.



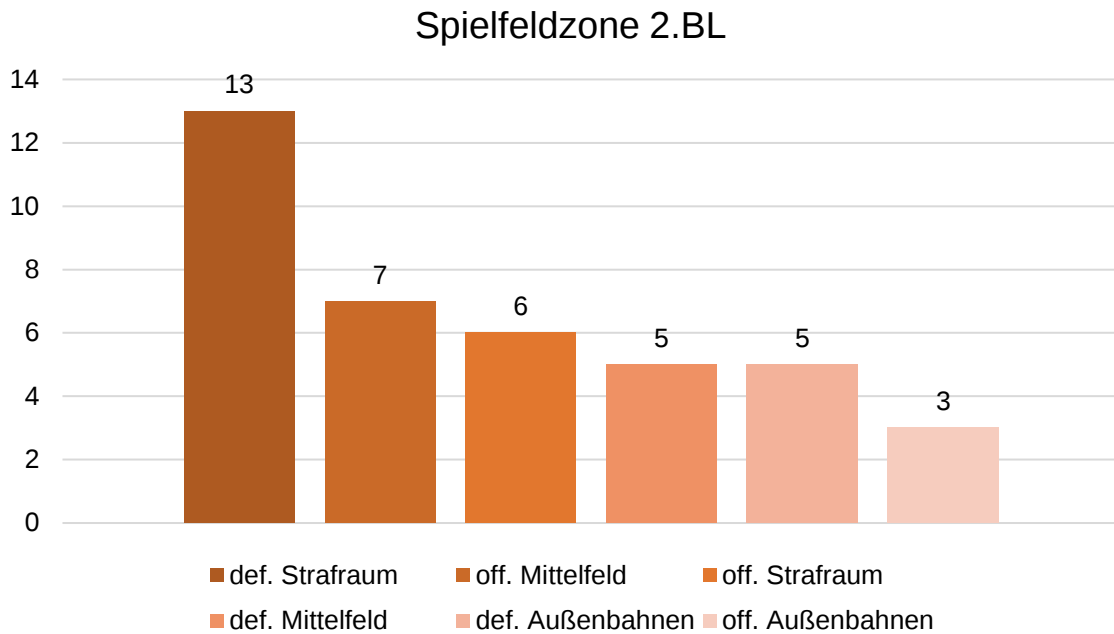


Abbildung 20: Betroffene Spielfeldzone bei Verletzung

In den meisten Fällen befindet sich der Ball vor einem Trauma in gegnerischem Ballbesitz (51-56%). Bei rund einem Drittel hat zuvor ein Spieler der eigenen Mannschaft den Ball berührt (31%), der verletzte Spieler hat das Spielgerät nur äußerst selten selbst unter Kontrolle (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Ballbesitz bei Kopfverletzung

Ballbesitz	1.Bundesliga (n=39)	2.Bundesliga (n=39)
eigenes Team	12 (30,8%)	12 (30,7%)
verl. Spieler selbst	0 (0,0%)	1 (2,6%)
Gegner	22 (56,4%)	20 (51,3%)
keiner	5 (12,8%)	6 (15,4%)

Eine interessante Erkenntnis bringt die Frage nach den Spielpositionen. Die Innenverteidigung stellt mit über 30 Prozent aller Verletzungen die gefährlichste Position dar. Trotzdem sind die Verteidiger zusammengerechnet genauso häufig betroffen wie die Spieler im Mittelfeld. Am Ende liegen die Außenverteidiger und Torhüter. Diese Daten werden in Tabelle 21 aufgeführt.

Tabelle 21: Position des verletzten Spielers

	1.Bundesliga (n=40)	2.Bundesliga (n=39)
Torwart	2 (5,0%)	4 (10,2%)
Verteidiger ges.	16 (40,0%)	14 (35,9%)
Innenverteidiger	12 (30,0%)	12 (30,8%)
Außenverteidiger	4 (10,0%)	2 (5,1%)
Mittelfeld ges.	15 (37,5%)	14 (35,9%)
def. Mittelfeld	6 (15,0%)	4 (10,3%)
off. Mittelfeld	9 (22,5%)	10 (25,6%)
Sturm	7 (17,5%)	7 (18,0%)

In der obersten deutschen Spielklasse sind zu 36 Prozent Standardsituationen für Verletzungen verantwortlich. Eine Liga darunter kommen fast 80 Prozent der Verletzungssituationen aus dem freien Spiel heraus zustande und nur 20 Prozent resultieren aus einem Standard (vgl. Abbildung 21).

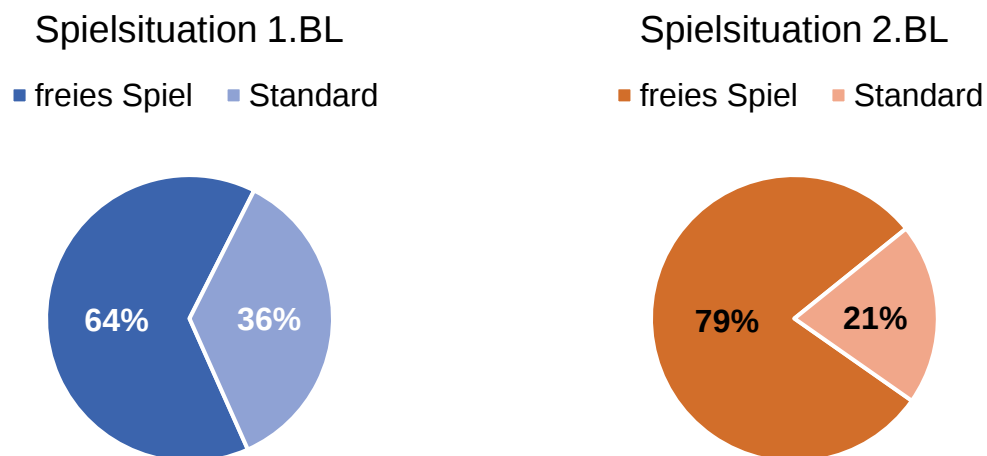


Abbildung 21: Spielsituation während der Verletzung

Die Statistik der Zweikampfsituationen ergibt, dass die Kopfverletzungen in der höchsten Spielklasse zu 72 Prozent während eines Zweikampfs passieren, im Gegensatz zur 2.Liga, wo knapp 60 Prozent im Zweikampf geschehen (Abbildung 22).

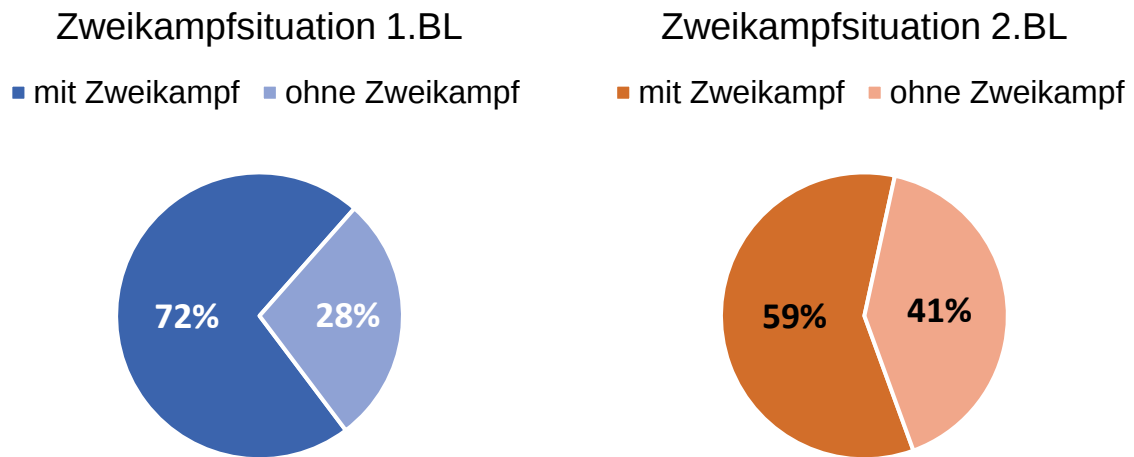


Abbildung 22: Kopftrauma durch Zweikampf

In der 1.Bundesliga werden 69,2% (27) der Läsionen durch das Kopfballspiel verursacht, davon 23 (85,2%) bei einem Kopfballduell. Die restlichen Verletzungssituationen passieren in Laufduellen oder bei der Landung.

In der 2.Bundesliga resultieren 64,1% (25) der Traumata direkt aus dem Kopfballspiel, 19 davon (76%) beim Kopfballduell (siehe Abbildung 23).

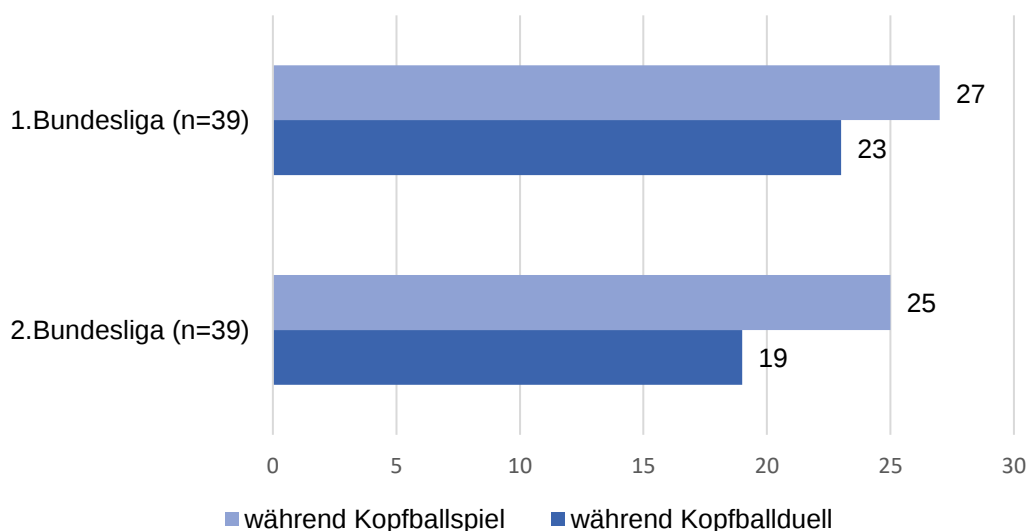
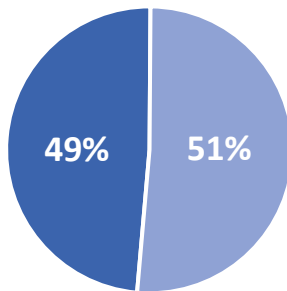


Abbildung 23: Anteil Kopfballduelle

Die Frage nach dem Bodenkontakt der Spieler während der Verletzungssituation bringt keine Tendenz hervor. In beiden Spielstufen hat die eine Hälfte mit mindestens einem Fuß Kontakt zum Boden, die andere Hälfte befindet sich in der Luft (vgl. Abbildung 24).

Bodenkontakt 1.BL

■ ja ■ nein



Bodenkontakt 2.BL

■ ja ■ nein

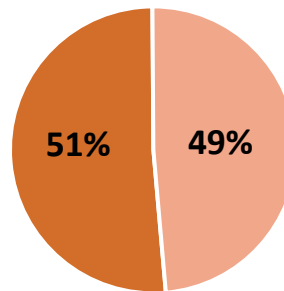
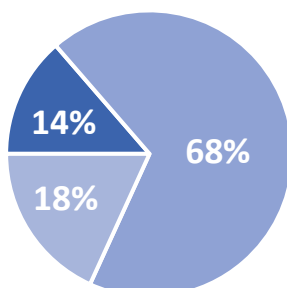


Abbildung 24: Bodenkontakt

Der Großteil der Athleten, die ihre Kopfverletzung im Sprung erleiden, befindet sich zu diesem Zeitpunkt in der Flugphase (insg. 71,5%). Die Landung stellt sich mit 15-18 Prozent ein wenig gefährlicher dar als der Absprung (10-14%). Abbildung 25 stellt diesen Umstand grafisch dar.

Sprungphase 1.BL

■ Absprung ■ Flugphase ■ Landung



Sprungphase 2.BL

■ Absprung ■ Flugphase ■ Landung

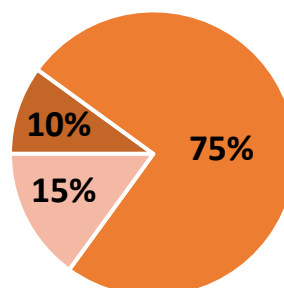
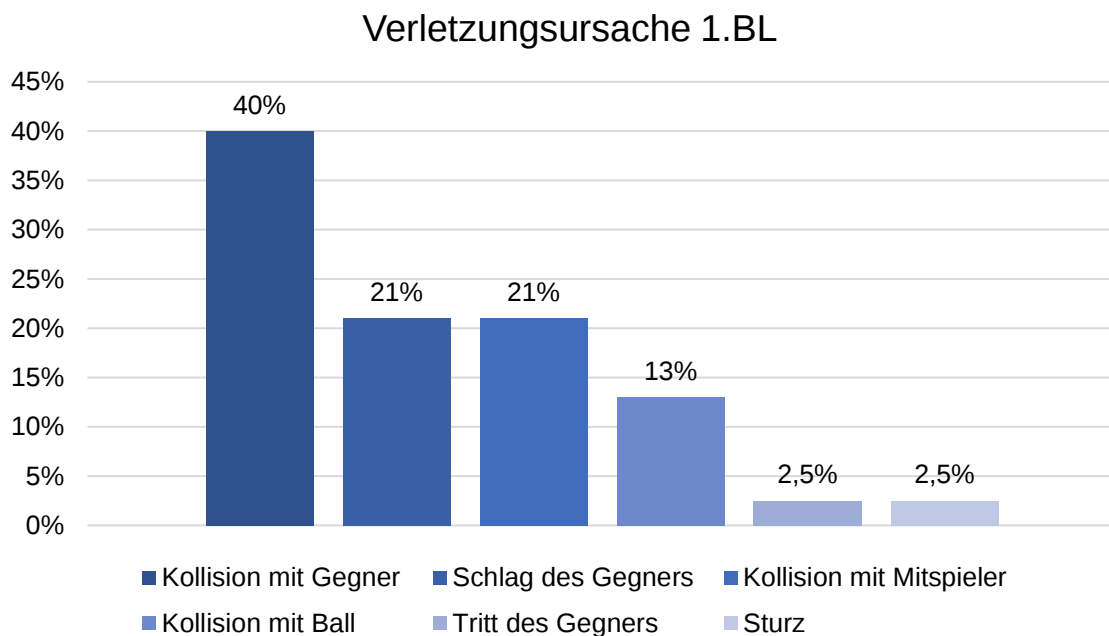


Abbildung 25: Sprungphase

Eine der interessantesten Fragestellungen in diesem Kontext ist die Frage nach der Verletzungsursache, also dem Mechanismus, der zur Verletzung geführt hat. Der Zusammenstoß mit einem Gegenspieler ist in beiden Ligen am häufigsten. In der 1.BL entstehen die Traumen zu 97% aus direkten Kontakten, Kollisionen mit dem Gegner verursachen ca. 40 Prozent aller Verletzungssituationen. In der zweiten sind es durchwegs direkte Kontakte, die zur Kopfverletzung führen, und der Anteil der Zusammenstöße mit dem Gegner steigt auf 56 Prozent. Darauf folgen in der 1.Liga der Schlag des Gegners und die Kollision mit einem Mitspieler mit jeweils 21 Prozent, in Liga 2 die Kollision mit dem Ball mit ebenfalls 21 aus hundert. Tabelle 22 zeigt die absoluten Werte, Abbildung 26 die prozentualen Anteile.

Tabelle 22: Verletzungsursache

Verletzungsursache	1.Bundesliga (n=38)	2.Bundesliga (n=39)
Kollision mit Gegner	15	22
Schlag des Gegners	8	5
Kollision mit Mitspieler	8	1
Kollision mit Ball	5	8
Tritt des Gegners	1	1
Sturz	1	0
Sonstiger Kontakt	0	2



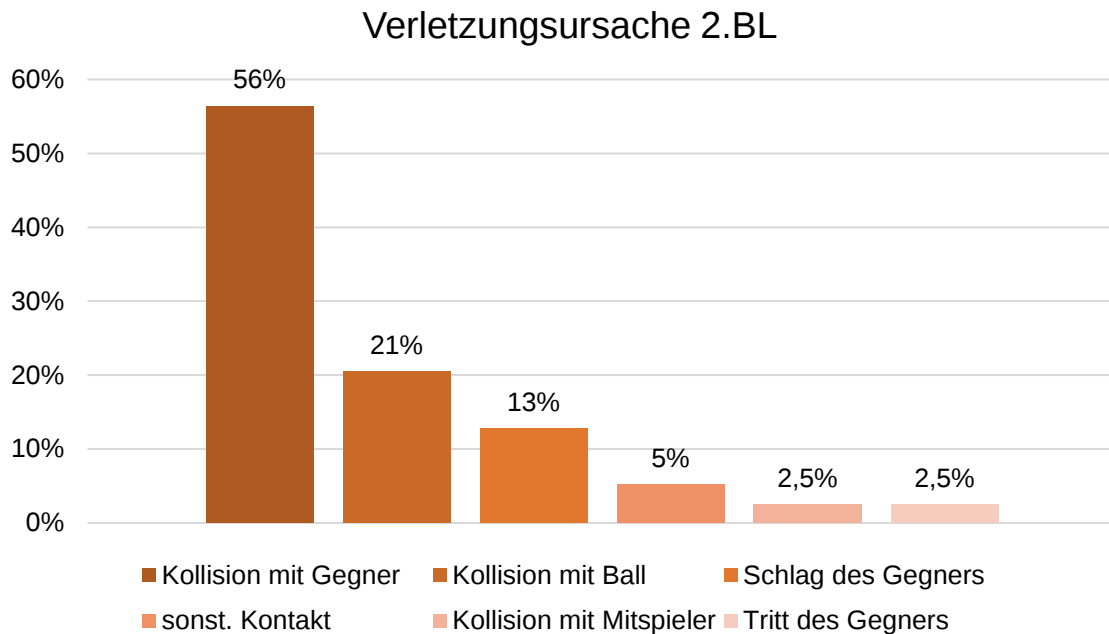


Abbildung 26: Verletzungsursache

Zum Abschluss werden die verletzten Körperregionen angeführt, bezogen auf die Fragestellung die unterschiedlichen Areale des Kopf-Hals-Bereichs. Das Gesicht liegt wettbewerbsübergreifend an vorderster Stelle mit knapp 40 Prozent aller aufgenommenen Verletzungssituationen. Dahinter kommen die Stirn mit ungefähr 20 und der Hinterkopf mit 15 Prozent. Es wurde nur eine Verletzung am Nacken aufgezeichnet, womit diese Körperpartie am seltensten betroffen ist (siehe Tabelle 23).

Tabelle 23: verletzte Körperregion

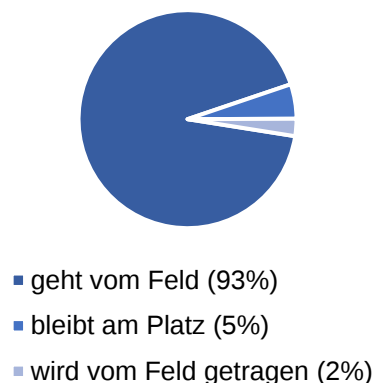
verletzte Körperregion	Profifußball (n=91)	1.Bundesliga (n=46)	2.Bundesliga (n=45)
Gesicht	35 (38,4%)	20 (43,5%)	15 (33,4%)
Stirn	18 (19,8%)	7 (15,2%)	11 (24,4%)
Hinterkopf	14 (15,4%)	8 (17,4%)	6 (13,3%)
Schläfe links	14 (15,4%)	6 (13,0%)	8 (17,8%)
Schläfe rechts	9 (9,9%)	5 (10,9%)	4 (8,9%)
Nacken	1 (1,1%)	0 (0,0%)	1 (2,2%)

4.3.3 Konsequenz der Kopfverletzung

Die erste Konsequenz einer Verletzung am Kopf ist die Spielunterbrechung. In der 1.Bundesliga wurde die Partie bei 32 Situationen (82,1%) unterbrochen. In der 2.Liga gab es 37 Spielunterbrechungen nach Verletzungssituationen (92,5%).

Das Spielerschicksal gibt an, ob der verletzte Spieler auf dem Feld bleiben kann, selbst vom Feld geht oder vom Spielfeld getragen werden muss. In über 90 Prozent der Fälle kann der Sportler selbst vom Platz gehen, vom Spielfeld getragen werden muss nur ein kleiner Prozentanteil (vgl. Abbildung 27).

Spielerschicksal 1.BL



Spielerschicksal 2.BL

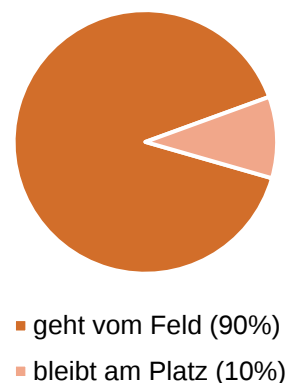
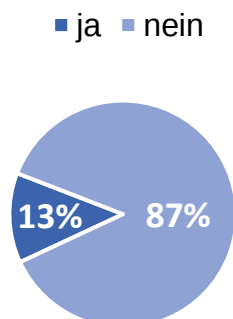


Abbildung 27: Spielerschicksal

Zusätzlich muss evaluiert werden, ob der verletzte Spieler ausgewechselt werden muss oder weiterspielen kann. Wie in Abbildung 28 ersichtlich, können ungefähr 85 Prozent nach einer Verletzungssituation das Spiel wieder aufnehmen, nur 15 Prozent müssen ausgewechselt werden.

Auswechslung 1.BL



Auswechslung 2.BL

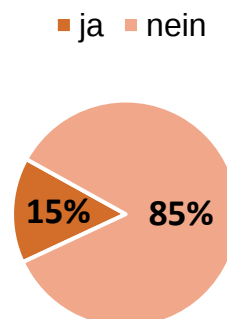


Abbildung 28: Auswechslung nach Verletzung

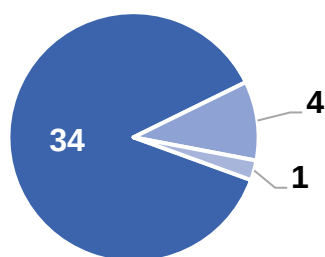
Die Zweikampfbewertung wurde abschließend festgehalten. Dabei wurden sowohl die Bewertung durch den Schiedsrichter als auch die subjektive Bewertung der Testperson aufgezeichnet. Während der Schiedsrichter in über 80 Prozent der Verletzungssituationen kein Foul erkennt, liegt der Anteil der eigenen Bewertung bei nur gut 70 Prozent. Wenn ein Regelverstoß vorliegt, handelt es sich dabei fast ausschließlich um ein Foul des gegnerischen Spielers (siehe Tabelle 24).

Die aufgenommenen Verletzungssituationen wurden in sieben Fällen mit einer gelben Karte und in einem mit Platzverweis bestraft (vgl. Abbildung 29).

Tabelle 24: Zweikampfbewertung

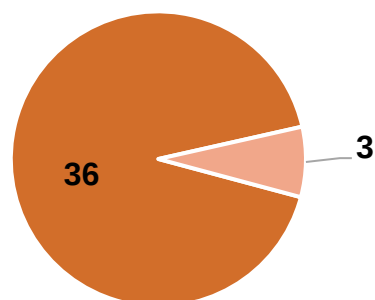
1.Bundesliga (n=39)	Schiedsrichter- bewertung	eigene Bewertung	2.Bundesliga (n=39)	Schiedsrichter- bewertung	eigene Bewertung
kein Foul	32 (82,0%)	27 (68,4%)	kein Foul	32 (82,1%)	30 (76,9%)
Foul durch Gegner	6 (15,4%)	12 (31,6%)	Foul durch Gegner	7 (17,9%)	9 (23,1%)
Foul durch Spieler	1 (2,6%)	0 (0,0%)	Foul durch Spieler	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Tätlichkeit	0 (0,0%)	0 (0,0%)	Tätlichkeit	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Disziplinarmaßnahme 1.BL



- keine Karte (87,2%)
- gelbe Karte (10,2%)
- rote Karte (2,6%)

Disziplinarmaßnahme 2.BL



- keine Karte (92,3%)
- gelbe Karte (7,7%)

Abbildung 29: Disziplinarmaßnahme

4.3.4 Risikofaktoren

Durch die Analyse von Kopfballsituationen und -verletzungen können gewisse Risikofaktoren für das Auftreten einer Verletzungssituation berechnet werden. Dazu wird die Otts Ratio (OR) abgebildet. Sie ist eine statistische Zahl und stellt die Stärke des Zusammenhangs zwischen zwei Charakteristika dar. Ein Wert über 1 beschreibt einen starken Zusammenhang und spricht, in dieser Fragestellung, für ein höheres Risiko. Bei Werten unter 1 ist der statistische Zusammenhang der Variablen und das daraus errechenbare Risiko gering.

Es wurden, wie in der folgenden Tabelle 25 ersichtlich, die Otts Ratios als Maß für das Verletzungsrisiko für die unterschiedlichen Spielpositionen, den Ort des Auftretens am Spielfeld und die Spielsituation berechnet. Außerdem wurden das Eingreifen einer dritten Person beim Kopfballduell, sowie die Unterbrechung durch den Unparteiischen evaluiert.

Tabelle 25: Risikofaktoren für Kopfverletzungen

	1.Bundesliga	2.Bundesliga
Spielposition		
<i>Innenverteidiger</i>	0,8	1,0
<i>Außenverteidiger</i>	0,6	0,2
<i>def. Mittelfeld</i>	0,9	0,6
<i>off. Mittelfeld</i>	1,5	1,6
<i>Sturm</i>	1,4	1,1
Spielfeldzone		
<i>Strafraum</i>	2,3	3,0
<i>Mittelfeld</i>	1,0	0,4
<i>Außenbahn</i>	0,3	0,7
Spielsituation		
<i>Standard</i>	0,8	0,4
<i>freies Spiel</i>	1,2	2,5

Flutlicht	0,7	0,9
Witterung nass	1,1	1,3
Kopfballduell	5,6	3,1
Dritter Spieler involviert	15,6	2,6
Spielunterbrechung	18,9	18,4

Bei den Spielpositionen wurden, sowohl in der 1. als auch in der 2. Bundesliga keine statistisch relevanten Korrelationen festgestellt. Die Anzahl an Traumen steigt zwar in jeder Positionsgruppe mit der Anzahl an gespielten Kopfbällen, jedoch weist keine Position ein erhöhtes Risiko auf. Die Torhüter wurden, aufgrund der geringen Fallzahlen, nicht in der Berechnung berücksichtigt.

Anders verhält es sich bei den Spielfeldregionen, denn die Strafräume bürgen in beiden Leistungsniveaus ein erhöhtes Risiko. Dort, wo also kompetitiv um den Ball gekämpft wird, liegt in der obersten Spielklasse ein 2,3-faches Risiko vor, in Liga 2 gar ein 3-faches. Dies wird zusätzlich veranschaulicht in Abbildung 30.

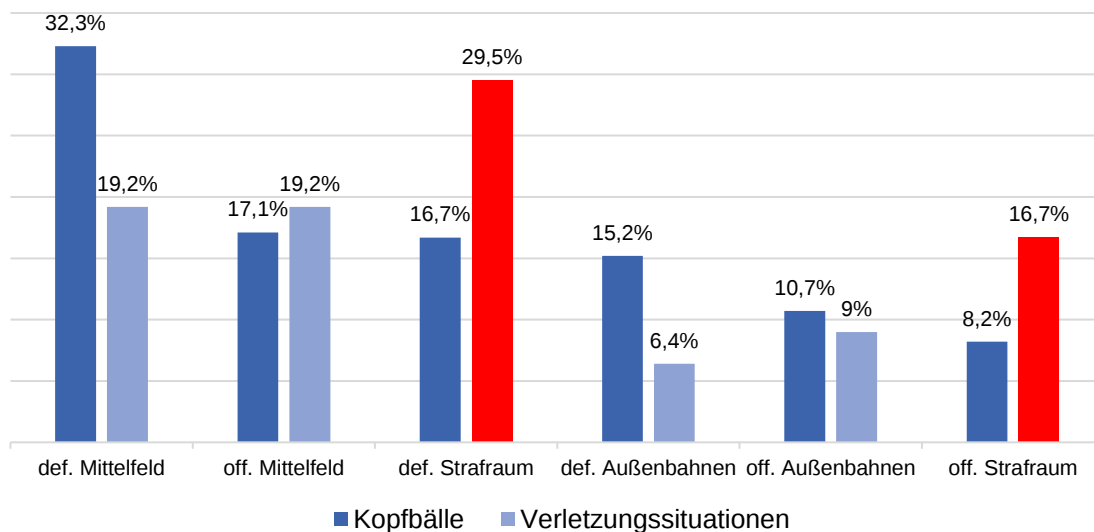


Abbildung 30: Kopfbälle und Verletzungssituationen nach Spielfeldregion

Bei den Spielsituationen stellte sich lediglich der Standard in der zweiten Liga als risikoreich dar, die Standards in der ersten Bundesliga bürgen ein ähnliches Risiko wie Kopfbälle aus dem freien Spiel heraus.

Die hier aufgenommenen Rahmenbedingungen Witterung und Flutlicht stellten kein erhöhtes Risiko für Kopfverletzungen dar.

Im Gegensatz dazu konnte festgestellt werden, dass Kopfbälle, die im Rahmen eines Kopfballduells erfolgen, ein höheres Risiko mit sich bringen als Kopfbälle ohne Zweikampfsituation. Dies ist nicht verwunderlich, jedoch steigt das Risiko in der ersten Liga auf das 5,6-fache, in der Spielklasse darunter auf das 3,1-fache. Vor allem in jenen Situationen, in denen ein dritter Akteur involviert ist, liegt ein stark erhöhtes Risiko vor. Die berechneten Odds Ratios von 15,6 für Liga 1 bzw. 2,6 für Liga 2 sind jedoch wahrscheinlich der kleinen Fallzahl geschuldet.

Wie in 4.2 erläutert, werden über 90 Prozent der Kopfballduelle von den Schiedsrichtern als regelkonform beurteilt. Wenn jedoch das Spiel nach einem Luftzweikampf unterbrochen wird, steigt das Risiko einer Kopfverletzung auf das 18,9-fache (1.BL) respektive 18,4-fache (2.BL).

5 Diskussion

Die vorliegende Studie hat das Ziel, das Kopfballsport im Profifußball durch die Erhebung von epidemiologischen Daten quantifizierbar zu machen. Das öffentliche Interesse an der Frage, ob das Spielen des Fußballes mit dem Kopf langfristige Schäden verursacht, ist groß, und durch das Fehlen statistischer Daten herrscht Verunsicherung. Es konnte gezeigt werden, dass in den beiden höchsten deutschen Ligen durchschnittlich 119 Kopfbälle pro Spiel und 5,4 pro Spieler und Partie gespielt werden. Diese Zahlen liegen somit weit unter den in der Literatur angeführten, meist durch ehemalige Spieler geschätzten, Werten (Lipton et al. 2013). Die niedrigere Anzahl in der ersten Bundesliga im Vergleich zur zweiten, lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Kopfballanzahl mit steigendem Spielniveau abnimmt.

Durch die Analyse von Verletzungssituationen konnten Charakteristika und Risikofaktoren für Schädel-Hirn-Traumata im Fußball definiert werden. Der Spieler-Spieler Kontakt ist für die überwiegende Mehrheit an Verletzungen verantwortlich, akute Läsionen des Kopfs werden nur äußerst selten durch das Kopfballsport an sich verursacht. Im Durchschnitt treten Kopftraumata in jedem zweiten bis dritten Profispiel auf und die Frequenz hängt stark von der Anzahl der gespielten Kopfbälle ab. Wenn weniger Zweikämpfe in der Luft stattfinden, nimmt auch die Häufigkeit an Kopfverletzungen ab.

5.1 Kopfballsport und seine Folgen – eine Einordnung

5.1.1 Reales Abbild des Spielbetriebs

Die Spielsituationen, die zu einem Kopfball führen, konnten in dieser Arbeit mithilfe der Fragebögen charakterisiert werden und stellen ein realistisches Abbild dar. Mit dem erfolgreichen Einschluss von allen 612 Partien der beiden höchsten deutschen Spielklassen in der untersuchten Saison ist eine valide Einschätzung des Spielbetriebs möglich. Durch die ermittelten Daten können stichhaltige Aussagen und Prognosen zum Kopfballsport und den daraus resultierenden Verletzungen getroffen werden. Ferner können realitätsnahe Präventionskonzepte ausgearbeitet werden.

Durch diese Arbeit sind nun erstmalig über eine ganze Saison erhobene Durchschnittswerte für die Frequenz von Kopfbällen und -verletzungen bekannt. Die durchschnittlich ermittelten 5,4 Kopfbälle pro Spieler und Spiel sind deutlich weniger

als in der bisherigen Literatur angenommen (Di Virgilio et al. 2016; Haran et al. 2016; Straume-Naesheim et al. 2005). Mit dieser Erkenntnis kann die vorhandene Literatur neu bewertet werden. Ferner müssen kommende interventionelle Studien angepasst werden, um einen realistischen Spielbetrieb zu simulieren.

Die meisten Kopfbälle fanden im defensiven Zentrum statt und wurden von Innenverteidigern ausgeführt. Diese Erkenntnis führt dazu, dass der Kopfball in defensiven Situationen zur Verletzungsprävention verstärkt trainiert und dem defensiven Personal vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte, da diese Spieler der größten Belastung und dem höchsten Verletzungsrisiko ausgesetzt sind. Ein Beispiel für Primärprävention wäre das gezielte Beüben der Nackenmuskulatur, da sich in Studien gezeigt hat, dass eine Stärkung in diesem Bereich zu einem geringeren Verletzungsrisiko führt (Elliott et al. 2021).

Durch die gewählte Definition eines Critical Incidents wurde eine gewisse Überauswahl von Verletzungssituationen in Kauf genommen. Trotzdem muss bedacht werden, dass die Akteure und das medizinische Personal Kopfverletzungen nicht sofort erkennen oder sich der Schwere nicht bewusst sind. In der Verletzungsanalyse der FIFA nach der Weltmeisterschaft von 2014 berichteten die Betreuer nur von den offensichtlichen Läsionen (Cusimano et al. 2017). Kleinere Gehirnerschütterungen und kurze Black-outs, nach denen der Spieler wieder voll einsatzbereit scheint, werden oft nicht erwähnt. Vielleicht müsste man sich an der National Football League oder der National Hockey League in den USA orientieren, die zur objektiven Beurteilung externe Mediziner an die Seitenlinie stellen (Cusimano et al. 2017).

Um eine Gehirnerschütterung in der Eile am Spielfeldrand diagnostizieren und einschätzen zu können, ist es wichtig, ein festgelegtes Schema abzuarbeiten. Das „Concussion recognition tool“ ist ein Hilfsmittel in Form einer Taschenkarte, die in jeder Sporttasche Platz hat. Damit können neurologische Tests schnell und einfach durchgeführt werden (Concussion in Sports Group 2013).

5.1.2 Kopfverletzungen als Folge des Kopfballspiels?

Es stellt sich im abschließenden Teil dieser Arbeit die Frage, was als Ursache für Kopfverletzungen bei Fußballspielern gesehen werden kann. Während der vergangenen 20 Jahre wurde dem Kopfballspiel und seinen Auswirkungen auf das Gehirn mehr und mehr wissenschaftliches Interesse geschenkt. Mit den Ergebnissen,

die diese Studie liefert, lässt sich behaupten, dass akute Kopfverletzungen eher die Folge einer Kollision mit einem anderen Spieler sind und eher weniger durch das bloße Spielen des Balls mit dem Kopf entstehen. Die VBG beschreibt diesen Umstand in ihrem jährlichen Sportreport genauso (VBG 2018).

Was die immer wiederkehrenden Einschläge des Balls auf den Kopf bewirken, lässt sich mit den hier erhobenen Studiendaten nicht sagen. Dies sollte in weiterführenden Forschungsprojekten geklärt werden. Trotzdem bieten diese Statistiken die Möglichkeit, die Anzahl an Kopfbällen und Verletzungen auf eine Saison oder eine Spielerkarriere zu errechnen. Dies stellt einen eminenten Wissensgewinn dar.

In bereits publizierten Arbeiten konnte meist kein klarer Zusammenhang zwischen Kopfballsport und langfristigen neurokognitiven Veränderungen vorgewiesen werden (Stephens et al. 2010). In der bisher größten Metaanalyse von Maher et al., die 49 Artikel umfasste, lagen die statistischen Werte im Bereich anderer Kontaktsportarten (Maher et al. 2014). Auch in Studien, die sich mit der Bildgebung des Gehirns beschäftigen, ist keine klare Tendenz ersichtlich (Jones 2014). Die groß angelegte Metaanalyse von Kontos et al., in der 467 Studien untersucht und 28 davon implementiert wurden, brachte auch keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Kopfballsport und neurokognitiven Veränderungen hervor. Alleine das Alter der Probanden scheint eine Rolle zu spielen (Kontos et al. 2017).

Trotzdem warnen einzelne Arbeiten immer wieder vor den negativen Effekten, die das repetitive Kopfballsport auf die Gehirnmasse hat (Allen und Karceski 2017). Eine aktuelle Publikation im New England Journal of Medicine beschreibt die signifikant erhöhte Anzahl an Todesfällen durch neurodegenerative Erkrankungen bei ehemaligen Profispielern verglichen mit der Gesamtbevölkerung. Außerdem wurden in der Gruppe der früheren Profis mehr Demenz-Medikamente verschrieben (Mackay et al. 2019).

Im Gegensatz dazu zeigten prospektive Studien mit aktiven Spielern, die ihre Aufzeichnungen direkt nach der Kopfball-Exposition machten, keine neurologischen oder kognitiven Auffälligkeiten, weder klinisch (Rieder und Jansen 2011) noch radiologisch (Chrisman et al. 2016). Dies ist ein Zeichen dafür, dass die neurologischen Schäden erst im späteren Leben erkennbar werden.

5.1.3 Unterschiede zwischen 1. und 2.Bundesliga

Insgesamt lässt sich sagen, dass in der 2.Bundesliga mehr Kopfbälle und Verletzungssituationen aufgenommen wurden als in der ersten Liga. Dies kann mit dem höheren spielerischen Niveau, das in der obersten Spielklasse herrscht, erklärt werden. Im Gegensatz dazu veröffentlichte die FIFA im Jahr 2010 eine Verletzungsstatistik, die besagt, dass besonders kompetitive Wettbewerbe ein höheres Verletzungsrisiko in sich bergen (Fédération Internationale de Football Association 2010). Dies konnte hier nicht bestätigt werden. Außerdem liegt die veröffentlichte Verletzungsrate aus der norwegischen Tippeligaen (höchste Spielklasse) mit 1,7 Kopfverletzungen pro 1000 Spielminuten deutlich unter den in dieser Arbeit ermittelten Werten von 4,95 pro 1000 Minuten (Fédération Internationale de Football Association 2010).

Eine weitere Diskrepanz lässt sich bei den Spielsituationen finden. Während in der 1.Bundesliga die Gefahr für eine Kopfverletzung aus dem freien Spiel heraus nicht signifikant erhöht ist, findet sich in der unteren Spielklasse ein zweieinhalbfaches Risiko, eine Kopfverletzung zu erleiden.

Zusätzlich muss erwähnt werden, dass in der 1.Liga um ein Vielfaches öfter drei oder mehr Spieler in einer Verletzungssituation involviert waren. Das Verletzungsrisiko ist somit in der 1.Bundesliga bei Zweikämpfen mit mehr als 2 Spielern deutlich erhöht.

5.1.4 Pädagogische Prävention durch Information und Training

Spieler, die vor der Saison eine Schulung zum Thema Gehirnerschütterungen erfahren, beenden ihre sportliche Aktivität eher als ungeschulte Spieler, trotzdem beginnen 75% wieder mit dem Spiel, obwohl sie noch Symptome an sich erkennen. Außerdem steigt rund ein Viertel der Probanden mit einer diagnostizierten GE trotz Symptomen wieder in den Spielbetrieb ein (Kurowski et al. 2015). O'Conner beschreibt sogar, dass mehr als 80 Prozent der Untersuchten nach einer Woche, unabhängig von ihren Symptomen, wieder partizipieren (O'Connor et al. 2017). Diese Erkenntnisse lassen vermuten, dass es trotz des Wissens über die Gefährlichkeit andere Anreize zur Wiederaufnahme des Spiels geben wird.

Delaney et al. haben festgestellt, dass ein seitlicher Kontakt bzw. der Kontakt am Hinterkopf am öftesten Ursache für eine Gehirnerschütterung sind (Delaney et al. 2006). Sicheres und richtig ausgeführtes Kopfballsport, bei dem der Ball mit der Stirn

getroffen wird, ist deswegen besonders wichtig. Eine umfangreiche Ausbildung des Kopfballspiels ist im Profifußball gewährleistet, denn es werden nur 1-2 Prozent der Bälle temporal bzw. occipital gespielt. Mit dem FIFA 11+ hat der Weltverband ein erfolgreiches Aufwärmprogramm erstellt, mit dem man nachweislich das Risiko einer Verletzung der unteren Extremitäten senken kann. Nachdem die Übungen in der Prävention von Knie- und Sprunggelenksverletzungen so erfolgreich sind, stellt sich die Frage, ob auch Übungen für das Kopfballspiel ins FIFA 11+ integriert werden sollten (Jones 2014).

5.2 Methodische Aspekte

5.2.1 Die Videoanalyse als Instrument der Spielanalyse

Wie unter 1.5 schon erwähnt, verkörpert die Videoanalyse mittlerweile eine vielversprechende Möglichkeit, Verletzungen im Sport zu entdecken und zu analysieren. In unterschiedlichen Sportarten wie Australian Football und Rugby, aber auch im Fußball, bedient man sich dieser Art der Datenerhebung (Tucker et al. 2017; Andersen et al. 2004). Zudem wurde die Zuverlässigkeit der verwendeten Methodik schon bewiesen (Makdissi and Davis 2016a). Die in dieser Studie verwendeten Aufzeichnungen wurden alle von professionellen Fernsehteams mit Kameras aus mehreren Blickwinkeln erstellt und in höchster Bildqualität im Pay-TV ausgestrahlt. Es wurden Standbilder, Bildfolgen und Vergrößerungen verwendet, um unklare Situationen besser beurteilen zu können. Die Situationen wurden von mehreren Beobachtern und im Konsensverfahren analysiert. Dies soll zusammen mit dem erstellten und standardisierten Fragebogen zu einer hohen Objektivität in der Auswertung beitragen.

5.2.2 Standardisierte Fragebögen zur Erfassung der Daten

Zur bestmöglichen Interrater-Reliability wurden zwei standardisierte Fragebögen erstellt, jeweils einen für Kopfball- und Verletzungssituationen. Wie in 3.2 ersichtlich, werden damit unterschiedlichste Charakteristika der untersuchten Kopfbälle aufgenommen, um diese miteinander vergleichbar zu machen.

Auch für den Einsatz der Fragebögen sind klare Voraussetzungen abgesteckt: Der Fragebogen zum Kopfballspiel wurde jedes Mal ausgefüllt, wenn der Ball den Kopf eines Spielers berührt hatte. Der Verletzungsbogen wurde dann herangezogen, wenn

ein Critical Incident bestanden hatte, eine Situation, die drei Voraussetzungen erfüllen muss: Zumindest ein Spieler wurde am Kopf getroffen, er hat offensichtlich Schmerzen oder wird medizinisch behandelt und der Schiedsrichter unterbricht das Spiel bzw. einer oder mehrere Spieler liegen für mindestens 15 Sekunden verletzt am Spielfeld. (Andersen et al. 2004).

5.2.3 Der Critical Incident als Marker potenzieller Verletzungssituationen

Naturgemäß stellt es eine Schwierigkeit dar, Verletzungen eines Spielers mittels Videoanalyse zu erfassen (Hägglund et al. 2005). Fuller et al. haben deswegen im Auftrag der FIFA eine Konsenserklärung für die Definition von Fußballverletzungen erarbeitet (Fuller et al. 2006). Um speziell für die Videoanalyse vergleichbare Werte zu generieren, bedient sich diese Arbeit den oben beschriebenen Critical Incidents. Trotzdem muss festgehalten werden, dass keine der Voraussetzungen einen sicheren Beweis für das Vorliegen einer Verletzung liefert. Die Theatralik des Fußballsports bringt diesen Unsicherheitsfaktor mit sich. Wenn man jedoch die Verletzungsstatistik der VBG, der Verwaltungs- und Berufsgenossenschaft der Fußballerinnen und Fußballer, heranzieht, erkennt man, dass dort ähnlich viele Kopfverletzungen gemeldet, wie in dieser Arbeit erhoben wurden (VBG 2018). Zudem fand man heraus, dass zumindest über 80% der Spieler, die nach einem Zusammenprall mit dem Kopf liegen blieben, mindestens ein Zeichen einer Gehirnerschütterung aufweisen (Cusimano et al. 2017).

5.3 Stärken und Limitierungen der Studie

Einen Vorteil dieser Studie stellt sicherlich die Analyse der gesamten Spielzeit 2017/18 dar, da hiermit ein realistisches Abbild des Spielbetriebs gewährleistet ist. Es konnten Aufnahmen von allen 612 Spielen der untersuchten Saison in die Analyse eingeschlossen werden, die Drop-out-Rate liegt somit bei 0%. Da sich auch kein Unterschied in der Anzahl an Spielen zwischen den Ligen ergibt, ist ein Vergleich zuverlässig möglich.

Zudem wurden standardisierte Fragebögen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten verwendet, um die Auswertung möglichst Untersucher-unabhängig zu gestalten. Die Spielsituationen wurden von mehreren Beobachtern untersucht und Unklarheiten im

Konsensverfahren gelöst. Damit wird eine größtmögliche Untersucherobjektivität gewährleistet.

Die Aufzeichnungen wurden allesamt von professionellen Fernsteams mit mehreren Kameras aus unterschiedlichen Blickwinkeln erstellt. Somit konnten die Situationen genau eingeschätzt werden. Ferner wurden Standbilder, Bildfolgen und Nahaufnahmen zur genaueren Einschätzung genutzt. Die Spiele der qualitativen Analyse wurden per Zufallsprinzip ausgewählt, und es wurde auf eine möglichst ausgeglichene Aufteilung der Mannschaften geachtet.

Eine Schwäche der Arbeit stellt die fehlende Berücksichtigung von Trainingseinheiten dar. Aufgrund der Praktikabilität wurde dieser Umstand jedoch im Vorhinein bewusst in Kauf genommen, mit dem zusätzlichen Wissen dass das generelle Verletzungsrisiko im Spiel viermal höher als im Training (Agel et al. 2007) und das Risiko für eine Gehirnerschütterung im Wettkampf 78-mal höher als im Training ist (Jones 2014).

Zudem ergibt sich bei der gewählten Definition eines Critical Incidents eine Überauswahl an Verletzungssituationen.

5.4 Ausblick

Das Kopfballsport wird aus dem Fußballsport nicht wegzudenken sein. Zu wichtig ist seine Rolle als Spielelement zum Erzielen und Verhindern eines Tores. Trotzdem müssen die gesundheitlichen Risiken bedacht und die Körper der Spieler als einziges Arbeitskapital geschützt werden. Eine strenge Regelauslegung und Präventionsmaßnahmen, wie beispielsweise ausreichend lange Rehabilitationszeiten sowie fachkundige Kopfballschulung von Kindesbeinen an, können zeitnah und tiefgreifend helfen. Zusätzlich zu den hier gemachten Beobachtungen müssen weitere Daten im hochprofessionellen Bereich und im Amateursport erhoben werden. Zudem muss auch die Belastung auf die Köpfe der Athleten während der Trainingseinheiten überprüft werden. Dies ist in weiteren Forschungsprojekten anzustreben.

6 Fazit

Das Spielen des Balls mit dem Kopf ist ein essenzieller Teil des Fußballs. Somit ist ein Verbot schwer vorstellbar. Kopfverletzungen werden immer Teil des Spiels bleiben, da sie, wie diese Arbeit zeigt, nicht vorrangig durch das Stoßen des Balls mit dem Kopf, sondern eher im Kampf um den Ball mit anderen Akteuren auftreten. Die langfristigen Auswirkungen auf das Gehirn, die mit dem Kopfballsport einher gehen, wurden in den vergangenen Jahren oft diskutiert und waren bereits mehrmals Gegenstand der Forschung. Zwar gibt es Tendenzen, abschließend geklärt konnte ein Zusammenhang zwischen Fußballspiel und neurologischen Beeinträchtigungen jedoch nicht werden. Die ermittelten Daten bieten erstmalig Kenntnis über statistische Häufigkeiten von Kopfbällen und -verletzungen während eines Spiels. Die große Datenmenge von über 73.000 Kopfbällen in 612 Spielen gewährleistet eine valide Einschätzung der Belastung im Wettkampf während einer gesamten Saison. Es zeigten sich über die beiden höchsten deutschen Spielklassen Gemeinsamkeiten und leistungsspezifische Unterschiede, die Ansätze für Prävention liefern können. Durch die beschriebene Charakteristik von Kopfbällen und Kopfballsport können Spielerinnen und Spieler präventiv geschult und auf spezielle Gefahren aufmerksam gemacht werden.

Mit den hier gewonnenen Erkenntnissen kann ferner die vorhandene Literatur neu bewertet und zukünftige interventionelle Studien besser an den realen professionellen Spielbetrieb angepasst werden.

Da diese Datenerhebung nur Wettkampfsituationen einfließen ließ und Momentaufnahmen abbildet, kann die Belastung während der Trainingseinheiten nicht quantifiziert und beurteilt werden. Zudem liefert diese Arbeit nur epidemiologische Daten zu akuten Verletzungen, zu Langzeitschäden durch das Kopfballsport können keine neuen Erkenntnisse geliefert werden. Der Anreiz zu weiterführender Forschung ist somit gegeben.

7 Literaturverzeichnis

1. Agel, J., Evans, T. A., Dick, R., Putukian, M., & Marshall, S. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries: National Collegiate Athletic. *Journal of athletic training*, 42, (2, 270–277). Accessed: 14 February 2019.
2. Allen, B., & Karceski, S. (2017). Soccer and head injuries. What is the risk? *Neurology*, 88, (9, 74–77). doi:10.1212/WNL.0000000000003669
3. Andersen, T. E., Arnason, A., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Mechanisms of head injuries in elite football. *British journal of sports medicine*, 38, (6, 690–699). doi:10.1136/bjism.2003.009357
4. Barnes, B. C., Cooper, L., Kirkendall, D. T., McDermott, T. P., Jordan, B. D., & Garrett, W. E. (1998). Concussion history in elite male and female soccer players. *The American journal of sports medicine*, 26, (3, 433–437). doi:10.1177/03635465980260031601
5. Bartens, W. (Sueddeutsche Zeitung, Ed.). (2016). Wie Kopfbälle das Gehirn schädigen. <https://www.sueddeutsche.de/gesundheit/gedaechtnisverlust-wie-kopfbaelle-das-gehirn-schaedigen-1.2873594>. Accessed: 30 May 2021.
6. Baugh, C. M., Stamm, J. M., Riley, D. O., Gavett, B. E., Shenton, M. E., Lin, A., et al. (2012). Chronic traumatic encephalopathy: neurodegeneration following repetitive concussive and subconcussive brain trauma. *Brain imaging and behavior*, 6, (2, 244–254). doi:10.1007/s11682-012-9164-5
7. Beaudouin, F., Fünten, K. aus der, Tröß, T., Reinsberger, C., & Meyer, T. (2017). Head injuries in professional male football (soccer) over 13 years: 29% lower incidence rates after a rule change (red card). *British journal of sports medicine*. doi:10.1136/bjsports-2016-097217
8. Bjørneboe, J., Bahr, R., & Einar Andersen, T. (2014). Video analysis of situations with a high-risk for injury in Norwegian male professional football; a comparison between 2000 and 2010. *British journal of sports medicine*, 48, (9, 774–778). doi:10.1136/bjsports-2012-091856
9. Bretzin, A. C., Mansell, J. L., Tierney, R. T., & McDevitt, J. K. (2017). Sex Differences in Anthropometrics and Heading Kinematics Among Division I Soccer Athletes. *Sports health*, 9, (2, 168–173). doi:10.1177/1941738116678615
10. Broglio, S. P., Eckner, J. T., Paulson, H. L., & Kutcher, J. S. (2012). Cognitive decline and aging: the role of concussive and subconcussive impacts. *Exercise*

and sport sciences reviews, 40, (3, 138–144).

doi:10.1097/JES.0b013e3182524273

11. Bundesgesundheitsministerium. (2015). Prävention. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/p/praevention.html>. Accessed: 21 March 2019.
12. Cantu, R. C. (1998). Second-Impact Syndrome. *Clinics in Sports Medicine*, 17, (1, 37–44). doi:10.1016/S0278-5919(05)70059-4
13. Chrisman, S. P. D., Mac Donald, C. L., Friedman, S., Andre, J., Rowhani-Rahbar, A., Drescher, S., et al. (2016). Head Impact Exposure During a Weekend Youth Soccer Tournament. *Journal of child neurology*, 31, (8, 971–978). doi:10.1177/0883073816634857
14. Concussion in Sports Group. (2013). Concussion Recognition Tool. https://www.dfb.de/fileadmin/_dfbdam/130132-LSHT_taschenkarte.pdf. Accessed: 14 February 2019.
15. Cournoyer, J., & Tripp, B. L. (2014). Concussion knowledge in high school football players. *Journal of athletic training*, 49, (5, 654–658). doi:10.4085/1062-6050-49.3.34
16. Cusimano, M. D., Casey, J., Jing, R., Mishra, A., Solarski, M., Techar, K., et al. (2017). Consensus statement on concussion in sport-the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *British journal of sports medicine*, 51, (11, 838–847). doi:10.1136/bjsports-2017-097699
17. Delaney, J. S., Lacroix, V. J., Leclerc, S., & Johnston, K. M. (2002). Concussions Among University Football and Soccer Players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 12, (6, 331–338). doi:10.1097/00042752-200211000-00003
18. Delaney, J. S., Puni, V., & Rouah, F. (2006). Mechanisms of Injury for Concussions in University Football, Ice Hockey, and Soccer. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16, (2, 162–165). doi:10.1097/00042752-200603000-00013
19. Dezman, Z. D. W., Ledet, E. H., & Kerr, H. A. (2013). Neck strength imbalance correlates with increased head acceleration in soccer heading. *Sports health*, 5, (4, 320–326). doi:10.1177/1941738113480935
20. DFB. (2020). Mitgliederstatistik 2020. https://www.dfb.de/fileadmin/_dfbdam/223584-Mitgliederstatistik.pdf. Accessed: 30 May 2021.

21. DGU (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, Ed.). (2018). Schädel-Hirn-Trauma (SHT). <http://www.dgu-online.de/index.php?id=259>. Accessed: 14 March 2018.
22. Di Virgilio, T. G., Hunter, A., Wilson, L., Stewart, W., Goodall, S., Howatson, G., et al. (2016). Evidence for Acute Electrophysiological and Cognitive Changes Following Routine Soccer Heading. *EBioMedicine*, 13, (66–71). doi:10.1016/j.ebiom.2016.10.029
23. Echemendia, R. J., Meeuwisse, W., McCrory, P., Davis, G. A., Putukian, M., Leddy, J., et al. (2017). The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT5): Background and rationale. *British journal of sports medicine*, 51, (11, 848–850). doi:10.1136/bjsports-2017-097506
24. Elliott, J., Heron, N., Versteegh, T., Gilchrist, I. A., Webb, M., Archbold, P., et al. (2021). Injury Reduction Programs for Reducing the Incidence of Sport-Related Head and Neck Injuries Including Concussion: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. doi:10.1007/s40279-021-01501-1
25. Fédération Internationale de Football Association (Ed.). (2010). *F-MARC. Football Medicine Manual* (2nd ed.). Zurich.
26. Firsching, R., Rickels, E., Mauer, U. M., Sakowitz, O. W., Messing-Jünger, M., Engelhard, K., et al. (2015). Leitlinie Schädel-Hirn-Trauma im Erwachsenenalter, (1–109). Accessed: 4 February 2019.
27. Forbes, C. R., Glutting, J. J., & Kaminski, T. W. (2016). Examining Neurocognitive Function in Previously Concussed Interscholastic Female Soccer Players. *Applied neuropsychology. Child*, 5, (1, 14–24). doi:10.1080/21622965.2014.933108
28. Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., et al. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *British journal of sports medicine*, 40, (3, 193–201). doi:10.1136/bjism.2005.025270
29. fussballdaten.de. (2018a). Einsatzzeiten. Alle eingesetzten Spieler der 2.Bundesliga 2017/18. <https://www.fussballdaten.de/2liga/2018/einsaetze/?page=24>. Accessed: 21 March 2019.

30. fussballdaten.de. (2018b). Einsatzzeiten. Alle eingesetzten Spieler der Bundesliga 2017/18. <https://www.fussballdaten.de/bundesliga/2018/einsaetze/?page=23>. Accessed: 21 March 2019.
31. Gännslen, A., Krutsch, W., Schmehl, I., & Rickels, E. (2016). Wie Sportverletzungen das Gehirn schädigen können. *Deutsches Ärzteblatt*. Accessed: 5 February 2019.
32. Gardner, A., Iverson, G. L., & McCrory, P. (2014). Chronic traumatic encephalopathy in sport: a systematic review. *British journal of sports medicine*, 48, (2, 84–90). doi:10.1136/bjsports-2013-092646
33. Gardner, A. J., Kohler, R. M. N., Levi, C. R., & Iverson, G. L. (2017). Usefulness of Video Review of Possible Concussions in National Youth Rugby League. *International journal of sports medicine*, 38, (1, 71–75). doi:10.1055/s-0042-116072
34. Guskiewicz, K. M., McCrea, M., Marshall, S. W., Cantu, R. C., Randolph, C., Barr, W., et al. (2003). Cumulative effects associated with recurrent concussion in collegiate football players: the NCAA Concussion Study. *JAMA*, 290, (19, 2549–2555). doi:10.1001/jama.290.19.2549
35. Guskiewicz, K. M., Marshall, S. W., Bailes, J., McCrea, M., Cantu, R. C., Randolph, C., et al. (2005). Association between recurrent concussion and late-life cognitive impairment in retired professional football players. *Neurosurgery*, 57, (4, 719-26; discussion 719-26). doi:10.1093/neurosurgery/57.4.719
36. Häggglund, M., Waldén, M., Bahr, R., & Ekstrand, J. (2005). Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *British journal of sports medicine*, 39, (6, 340–346). doi:10.1136/bjsm.2005.018267
37. Haran, H. P., Bressan, S., Oakley, E., Davis, G. A., Anderson, V., & Babl, F. E. (2016). On-field management and return-to-play in sports-related concussion in children: Are children managed appropriately? *Journal of science and medicine in sport*, 19, (3, 194–199). doi:10.1016/j.jsams.2015.02.009
38. Harmon, K. G., Drezner, J. A., Gammons, M., Guskiewicz, K. M., Halstead, M., Herring, S. A., et al. (2013). American Medical Society for Sports Medicine position statement: concussion in sport. *British journal of sports medicine*, 47, (1, 15–26). doi:10.1136/bjsports-2012-091941

39. Jones, N. S. (2014). Update: soccer injury and prevention, concussion, and chronic groin pain. *Current sports medicine reports*, 13, (5, 319–325). Accessed: 2 March 2019.
40. Junge, A., & Dvorak, J. (2013). Injury surveillance in the World Football Tournaments 1998-2012. *British journal of sports medicine*, 47, (12, 782–788). doi:10.1136/bjsports-2013-092205
41. Kirkendall, D. T., Jordan, S. E., & Garrett, W. E. (2001). Heading and Head Injuries in Soccer. *Sports Med.*, 31, (5, 369–386).
42. Koch, M., Zellner, J., Berner, A., Grechenig, S., Krutsch, V., Nerlich, M., et al. (2016). Influence of preparation and football skill level on injury incidence during an amateur football tournament. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 136, (3, 353–360). doi:10.1007/s00402-015-2350-3
43. Koerte, I. K., Ertl-Wagner, B., Reiser, M., Zafonte, R., & Shenton, M. E. (2012). White matter integrity in the brains of professional soccer players without a symptomatic concussion. *JAMA*, 308, (18, 1859–1861). doi:10.1001/jama.2012.13735
44. Koerte, I. K., Lin, A. P., Muehlmann, M., Merugumala, S., Liao, H., Starr, T., et al. (2015). Altered Neurochemistry in Former Professional Soccer Players without a History of Concussion. *Journal of neurotrauma*, 32, (17, 1287–1293). doi:10.1089/neu.2014.3715
45. Koerte, I. K., Mayinger, M., Muehlmann, M., Kaufmann, D., Lin, A. P., Steffinger, D., et al. (2016). Cortical thinning in former professional soccer players. *Brain imaging and behavior*, 10, (3, 792–798). doi:10.1007/s11682-015-9442-0
46. Kontos, A. P., Braithwaite, R., Chrisman, S. P. D., McAllister-Deitrick, J., Symington, L., Reeves, V. L., et al. (2017). Systematic review and meta-analysis of the effects of football heading. *British journal of sports medicine*, 51, (15, 1118–1124). doi:10.1136/bjsports-2016-096276
47. Krutsch, V., Krutsch, W., Jansen, P., Hoffmann, H., Angele, P., Lehmann, J., et al. (2017). Prävention von Gehirnerschütterungen im Juniorenfußball – Ist eine Abschaffung des Kopfballspiels notwendig? *Sportverletzung Sportschaden : Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 31, (3, 143–153). doi:10.1055/s-0043-113208

48. Krutsch, W., Krutsch, V., Hilber, F., Pfeifer, C., Baumann, F., Weber, J., et al. (2018). Anhand von 11361 Sportverletzungen in einer 15-jährigen Studie an einem Level-I-Notfalltraumazentrum werden unterschiedliche Arten schwerer Verletzungen in den 6 häufigsten Teamsportarten aufgezeigt. *Sportverletzung Sportschaden : Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 32, (2, 111–119). doi:10.1055/s-0583-3792
49. Krutsch, V., Gesslein, M., Loose, O., Weber, J., Nerlich, M., Gaensslen, A., et al. (2018). Injury mechanism of midfacial fractures in football causes in over 40% typical neurological symptoms of minor brain injuries. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 26, (4, 1295–1302). doi:10.1007/s00167-017-4431-z
50. Kunz, M. (2007). Big Count. *FIFA magazine*, (7, 10–15). Accessed: 8 March 2019.
51. Kurowski, B. G., Pomerantz, W. J., Schaiper, C., Ho, M., & Gittelman, M. A. (2015). Impact of preseason concussion education on knowledge, attitudes, and behaviors of high school athletes. *The journal of trauma and acute care surgery*, 79, (3, 21-28). doi:10.1097/TA.0000000000000675
52. Langevoort, G., Myklebust, G., Dvorak, J., & Junge, A. (2007). Handball injuries during major international tournaments. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17, (4, 400–407). doi:10.1111/j.1600-0838.2006.00587.x
53. Lehner, S., Wallrapp, O., & Senner, V. (2010). Use of headgear in football A computer simulation of the human head and neck. *Procedia Engineering*, 2, (2, 3263–3268). doi:10.1016/j.proeng.2010.04.142
54. Ling, H., Morris, H. R., Neal, J. W., Lees, A. J., Hardy, J., Holton, J. L., et al. (2017). Mixed pathologies including chronic traumatic encephalopathy account for dementia in retired association football (soccer) players. *Acta neuropathologica*, 133, (3, 337–352). doi:10.1007/s00401-017-1680-3
55. Lipton, M. L., Kim, N., Zimmerman, M. E., Kim, M., Stewart, W. F., Branch, C. A., et al. (2013). Soccer heading is associated with white matter microstructural and cognitive abnormalities. *Radiology*, 268, (3, 850–857). doi:10.1148/radiol.13130545
56. Mackay, D. F., Russell, E. R., Stewart, K., MacLean, J. A., Pell, J. P., & Stewart, W. (2019). Neurodegenerative Disease Mortality among Former

- Professional Soccer Players. *The New England journal of medicine*, 381, (19, 1801–1808). doi:10.1056/NEJMoa1908483
57. Maher, M. E., Hutchison, M., Cusimano, M., Comper, P., & Schweizer, T. A. (2014). Concussions and heading in soccer: a review of the evidence of incidence, mechanisms, biomarkers and neurocognitive outcomes. *Brain injury*, 28, (3, 271–285). doi:10.3109/02699052.2013.865269
 58. Makdissi, M., & Davis, G. (2016a). The reliability and validity of video analysis for the assessment of the clinical signs of concussion in Australian football. *Journal of science and medicine in sport*, 19, (10, 859–863). doi:10.1016/j.jsams.2016.02.015
 59. Makdissi, M., & Davis, G. (2016b). Using video analysis for concussion surveillance in Australian football. *Journal of science and medicine in sport*, 19, (12, 958–963). doi:10.1016/j.jsams.2016.02.014
 60. Makdissi, M., Cantu, R. C., Johnston, K. M., McCrory, P., & Meeuwisse, W. H. (2013). The difficult concussion patient: what is the best approach to investigation and management of persistent (10 days) postconcussive symptoms? *British journal of sports medicine*, 47, (5, 308–313). doi:10.1136/bjsports-2013-092255
 61. McCrory, P., Meeuwisse, W. H., Aubry, M., Cantu, B., Dvorák, J., Echemendia, R. J., et al. (2013). Consensus statement on concussion in sport: the 4th International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2012. *British journal of sports medicine*, 47, (5, 250–258). doi:10.1136/bjsports-2013-092313
 62. McFaull, S., Subaskaran, J., Branchard, B., & Thompson, W. (2016). Emergency department surveillance of injuries and head injuries associated with baseball, football, soccer and ice hockey, children and youth, ages 5 to 18 years, 2004 to 2014. *Health promotion and chronic disease prevention in Canada : research, policy and practice*, 36, (1, 13–14). Accessed: 5 March 2019.
 63. McKee, A. C., Daneshvar, D. H., Alvarez, V. E., & Stein, T. D. (2014). The neuropathology of sport. *Acta neuropathologica*, 127, (1, 29–51). doi:10.1007/s00401-013-1230-6
 64. Moser, R. S., Iverson, G. L., Echemendia, R. J., Lovell, M. R., Schatz, P., Webbe, F. M., et al. (2007). Neuropsychological evaluation in the diagnosis and management of sports-related concussion. *Archives of clinical neuropsychology* :

- the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 22, (8, 909–916). doi:10.1016/j.acn.2007.09.004
65. O'Connor, K. L., Baker, M. M., Dalton, S. L., Dompier, T. P., Broglio, S. P., & Kerr, Z. Y. (2017). Epidemiology of Sport-Related Concussions in High School Athletes: National Athletic Treatment, Injury and Outcomes Network (NATION), 2011-2012 Through 2013-2014. *Journal of athletic training*, 52, (3, 175–185). doi:10.4085/1062-6050-52.1.15
 66. O'Donoghue, P. (2010). *Research methods for sports performance analysis*. London: Routledge.
 67. Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *The American journal of sports medicine*, 32, (4, 1002–1012). doi:10.1177/0363546503261724
 68. Putukian, M., Echemendia, R. J., & Mackin, S. (2000). The acute neuropsychological effects of heading in soccer: a pilot study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10, (2, 104–109). Accessed: 7 March 2019.
 69. REDCap (REDCap, Ed.). (2019). Software. <https://www.project-redcap.org/software/>. Accessed: 20 March 2019.
 70. Rieder, C., & Jansen, P. (2011). No neuropsychological consequence in male and female soccer players after a short heading training. *Archives of clinical neuropsychology : the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 26, (7, 583–591). doi:10.1093/arclin/acr055
 71. Ruhe, A., Gänsslen, A., & Klein, W. (2014). The incidence of concussion in professional and collegiate ice hockey: are we making progress? A systematic review of the literature. *British journal of sports medicine*, 48, (2, 102–106). doi:10.1136/bjsports-2012-091609
 72. Shewchenko, N., Withnall, C., Keown, M., Gittens, R., & Dvorak, J. (2005). Heading in football. Part 2: biomechanics of ball heading and head response. *British journal of sports medicine*, 39 Suppl 1, (i26-32). doi:10.1136/bjsm.2005.019042
 73. Siva, N. (2020). Scotland to ban heading in children's football. *The Lancet*, 395, (10220, 258). doi:10.1016/S0140-6736(20)30118-5

74. Stephens, R., Rutherford, A., & Potter, D. (2010). Neuropsychological consequence of soccer play in adolescent U.K. School team soccer players. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 22, (3, 295–303). doi:10.1176/jnp.2010.22.3.295
75. Straume-Naesheim, T. M., Andersen, T. E., Dvorak, J., & Bahr, R. (2005). Effects of heading exposure and previous concussions on neuropsychological performance among Norwegian elite footballers. *British journal of sports medicine*, 39, (Supplement 1, i70-i77). doi:10.1136/bjsm.2005.019646
76. transfermarkt.de. (2018a). Jüngste/älteste Spieler der 1.Bundesliga. https://www.transfermarkt.de/1-bundesliga/juengsteaelteste/wettbewerb/L1/plus/?saisonIdVon=2017&saisonIdBis=2017&land_id=&pos=&spielerposition_id=. Accessed: 21 March 2019.
77. transfermarkt.de. (2018b). Jüngste/älteste Spieler der 2.Bundesliga. https://www.transfermarkt.de/2-bundesliga/juengsteaelteste/wettbewerb/L2/plus/?saisonIdVon=2017&saisonIdBis=2017&land_id=&pos=&spielerposition_id=. Accessed: 21 March 2019.
78. Tucker, R., Raftery, M., Fuller, G. W., Hester, B., Kemp, S., & Cross, M. J. (2017). A video analysis of head injuries satisfying the criteria for a head injury assessment in professional Rugby Union: a prospective cohort study. *British journal of sports medicine*, 51, (15, 1147–1151). doi:10.1136/bjsports-2017-097883
79. Tucker, R., Raftery, M., Kemp, S., Brown, J., Fuller, G., Hester, B., et al. (2017). Risk factors for head injury events in professional rugby union: a video analysis of 464 head injury events to inform proposed injury prevention strategies. *British journal of sports medicine*, 51, (15, 1152–1157). doi:10.1136/bjsports-2017-097895
80. VBG. (2018). Sportreport 2018. *VBG Sportreport 2018*, (1, 1–110). http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Branchen/Sport/VBG-Sportreport%202018.pdf?__blob=publicationFile&v=5. Accessed: 19 November 2019.
81. Zetterberg, H., Jonsson, M., Rasulzada, A., Popa, C., Styruud, E., Hietala, M. A., et al. (2007). No neurochemical evidence for brain injury caused by heading in

soccer. *British journal of sports medicine*, 41, (9, 574–577).

doi:10.1136/bjsm.2007.037143

82. Zhang, M. R., Red, S. D., Lin, A. H., Patel, S. S., & Sereno, A. B. (2013). Evidence of cognitive dysfunction after soccer playing with ball heading using a novel tablet-based approach. *PloS one*, 8, (2, e57364).
doi:10.1371/journal.pone.0057364

8 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	= Abbildung
BL	= Bundesliga
bzw.	= beziehungsweise
ca.	= zirka
CI	= critical incident
def.	= defensiv
DFB	= Deutscher Fußball Bund
DFL	= Deutsche Fußball Liga
et al.	= et alii
FIFA	= Fédération Internationale de Football Association
g	= Gramm
GE	= Gehirnerschütterung
GCS	= Glasgow Coma Scale
ges.	= gesamt
HZ	= Halbzeit
insg.	= insgesamt
KB	= Kopfbälle
KK	= Körperkontakt
KV	= Kopfverletzungen
mm	= Millimeter
off.	= offensiv
o. g.	= oben genannt
mind.	= mindestens
SD	= Standardabweichung
SHT	= Schädel-Hirn-Trauma
sog.	= sogenannt
v. a.	= vor allem
vgl.	= vergleiche
vs.	= versus
WM	= Weltmeisterschaft
z. B.	= zum Beispiel

9 Danksagung

Ich möchte zum Schluss dieser Arbeit noch einigen Menschen danken, die mich während der gesamten Zeit des Medizinstudiums und der Verfassung dieser Dissertation unterstützt haben:

Ein herzliches Dankeschön an meinen Doktorvater Prof. Dr. Werner Krutsch, der mich mit seiner hilfsbereiten und freundschaftlichen Art stets perfekt betreut und mein Interesse an wissenschaftlicher Arbeit geweckt hat. Durch unsere gemeinsame Liebe zum Fußball und zur Medizin ist er ein großes Vorbild für mich geworden.

Genauso bedanke ich mich bei meinem Betreuer Dr. Johannes Weber, der unheimlich viel Zeit in die Durchführung dieser Studie gesteckt hat und bei Fragen immer ein offenes Ohr für uns Studierende hatte. Ich freue mich sehr auf die weitere Zusammenarbeit mit ihm als Kollegen in der Unfallchirurgie.

Außerdem möchte ich noch dem Zentrum für klinische Studien in Person von Herrn Gunnar Huppertz für die Umsetzung und Verwaltung der digitalen Fragebögen meinen Dank aussprechen. Mit seiner hilfsbereiten Art war er stets meine Anlaufstelle bei technischen Fragen und Problemen.

Zu guter Letzt möchte ich noch meiner Familie danken, die mich während des gesamten Studiums finanziell und emotional unterstützt hat. Und vor allem meiner Lebensgefährtin Laura, die mir stets den Rücken frei hält und meine Arbeit durch viel Geduld und Nachsicht unterstützt. Ihr möchte ich diese Arbeit widmen.

10 Selbstständigkeitserklärung

Ich, Lorenz Maria Huber, geboren am 25.12.1994 in Salzburg, erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Lorenz Maria Huber, Regensburg