

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. MED. DR. BIOL. HOM. VOLKER ALT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Videoanalyse des Verletzungsaufkommens im bezahlten Amateurfußball

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Julia Alexandra Oberhauser

2022

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. MED. DR. BIOL. HOM. VOLKER ALT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Videoanalyse des Verletzungsaufkommens im bezahlten Amateurfußball

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Julia Alexandra Oberhauser

2022

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Hans Werner Krutsch
2. Berichterstatter:	Univ.-Prof. Dr. med. Stephan Schreml
Tag der mündlichen Prüfung	22.08.2022

Zusammenfassung

Einleitung:

Fußball ist eine der beliebtesten, aber auch verletzungsträchtigsten Sportarten der Welt. Während im Profifußball der Männer bereits viele Studien zu Verletzungsmechanismen existieren, findet man bisher kaum die entsprechende Literatur zum semi-professionellen Amateurfußball.

Methodik:

In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurden 305 Spiele der Regionalligasaison 2015/2016 in Bayern mittels Videoanalyse untersucht. Die Auswertung erfolgte anhand standardisierter Analysebögen.

Ergebnisse:

In den 305 analysierten Spielen ereigneten sich 711 Verletzungssituationen mit 919 potenziell verletzten Körperregionen (Traumata). Am häufigsten betroffen waren dabei Sprunggelenk (34,1%), Kopf (17,5%) und Knie (17,0%). Traumata am Knie waren signifikant häufiger auf einen indirekten Kontakt ($p < 0,001$) zurückzuführen, während Traumata am Kopf mit 90,7% signifikant häufiger nach Situationen mit direktem Kontakt ($p < 0,001$) entstanden. Ein Kopf-Trauma wurde vom Schiedsrichter signifikant häufiger als kein Foul ($p < 0,001$), ein Sprunggelenks-Trauma hingegen signifikant häufiger als ein gegnerisches Foul ($p < 0,001$) gewertet und mit einer gelben Karte ($p < 0,001$) geahndet. Situationen mit Kopf-Traumata wiederum wurden signifikant weniger häufig mit einer gelben oder roten Karte versehen ($p < 0,001$). Spieler, die am Kopf betroffen waren, wurden in nur 26,1% der Fälle ausgewechselt und verließen - im Gegensatz zu Spielern mit Traumata am Knie (49,3%) oder am Sprunggelenk (40,9%) - signifikant häufiger das Spielfeld (55,9%; $p < 0,001$).

Schlussfolgerung:

In dieser Arbeit erfolgte erstmals eine Videoanalyse von typischen Verletzungsmechanismen und -mustern im semi-professionellen Fußball. Hierbei dominierten Traumata an den unteren Extremitäten und am Kopf. Im Vergleich zu Traumata an anderen Körperregionen entschieden sich sowohl Spieler als auch Trainer und Schiedsrichter nach Traumata am Kopf häufiger für eine Fortsetzung des Spiels und gegen eine Auswechslung der Betroffenen. Daher sollten kommende Präventionsprogramme zusätzlich auch auf eine Sensibilisierung für die Risiken von und den Umgang mit Kopfverletzungen abzielen, um mögliche Langzeitfolgen vorzubeugen.

Summary

Introduction:

Football (soccer) is not only one of the most popular sports in the world but also one of the most dangerous regarding the risk of injury. Up until now there have been many studies carried out to investigate injury mechanisms in top level male professional football players. Nevertheless, studies into semi-professional football players are few and far between, especially those using standardised video analysis of football games.

Methods:

In this retrospective cohort study, a video analysis of 305 football games of the top-flight men's amateur football league in Germany ("Regionalliga", 4th league) was conducted throughout the 2015/2016 season, using standardised video protocols.

Results:

The total data included 711 critical situations with 919 different body regions. The three most frequently affected body areas were the ankle (34,1%), the head area (17,5%) and the knee (17,0%). Direct contact injuries of the head (90,7%) occurred significantly more often than expected ($p < 0,001$), whereas the number of knee injuries was significantly higher when associated to indirect contact mechanisms ($p < 0,001$). In this study it was clear to see that referees decided to give fouls for head-to-head situations ($p < 0,001$) less frequently, whereas in situations resulting in ankle injuries a yellow card was significantly given more often to the opponent ($p < 0,001$). Even though only 26,1% of all players with head injuries opted for substitution, these players left the field significantly more often (55,9%; $p < 0,001$).

Conclusion:

This study, which represents the first video analysis of injury mechanisms and patterns in semi-professional football games, showed that the most commonly affected body regions were the lower extremities and the head. Since players as well as trainers and referees decided to continue the match and opted for substitution less often after traumata to the head there should be more focus placed on prevention on these injuries.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	9
1.1	Verletzungen im Fußball	9
1.2	Entstehungsmechanismen und Einflussfaktoren von Verletzungen	12
1.3	Verletzungspräventionsstrategien	13
1.4	Datenerhebung bei Fußballverletzungen	16
1.5	Videoanalysen im Fußball.....	17
1.6	Fragestellung.....	18
2	Methodik.....	19
2.1	Klassifikationen und Definitionen.....	19
2.2	Datenerhebung.....	21
2.2.1	Studiendesign	21
2.2.2	Das verwendete Videomaterial	21
2.2.3	Studienpopulation	22
2.2.4	Erhebung des Videokollektivs	22
2.3	Analyseverfahren von Verletzungen.....	23
2.3.1	Quantitative und qualitative Analyse von Verletzungen	23
2.3.2	Videoanalyse der Traumata mittels Beobachtungsbögen	23
2.4	Statistik	25
3	Ergebnisse	25
3.1	Verletzungsprofil der Regionalliga	25
3.2	Analyse der Verletzungssituationen	26
3.2.1	Allgemeines Verletzungsaufkommen	26
3.2.2	Spielphase und Zeitpunkt der Verletzungssituation	26
3.2.3	Verteilung der Verletzungssituationen auf Spielposition und Spielfeld...27	
3.2.4	Verletzungsfolgen und Spieleinsatz.....	29

3.2.5	Spielsituation zum Zeitpunkt des Traumas.....	31
3.2.6	Zweikampfsituation und Fouls.....	34
3.2.7	Betroffene Körperregionen beim Spieler	35
3.2.8	Entstehungsmechanismen der Traumata.....	37
3.2.9	Kontaktregionen bei Gegen- und Mitspielern	39
3.3	Zusatzanalyse der Körperregionen Kopf, Knie, Sprunggelenk.....	41
4	Diskussion	45
4.1	Allgemeines	45
4.2	Verletzungshergang und -mechanismen.....	46
4.3	Verletzungsart und betroffene Körperregionen	50
4.4	Präventionsmöglichkeiten	56
4.5	Videoanalyse von Verletzungen im Fußball und methodische Aspekte	59
4.6	Ausblick	61
5	Fazit.....	62
6	Literaturverzeichnis	64
7	Abkürzungsverzeichnis.....	81
8	Danksagung	83
9	Eidesstattliche Erklärung	84

1 Einleitung

Fußball zählt zu den beliebtesten Teamsportarten der Welt. Ob als medienträchtiges Sportereignis oder als Breitensport, die Begeisterung für diese Sportart ist seit Jahren ungebrochen (1). Schätzungen zufolge gab es 2006 weltweit rund 265 Millionen Fußballspielerinnen und -spieler, wovon etwa 110 000 Profispieler waren (2). Allein in Deutschland zählte der Deutsche Fußball-Bund (DFB) in diesem Jahr mehr als sechs Millionen Vereinsmitglieder (3). Der großen Popularität dieses Ballsportes ist es zu verdanken, dass ein stetig steigendes Interesse an Verletzungsanalysen und deren Präventionsmöglichkeiten vorherrscht. Daher existiert bereits eine breite Studienlage zu spezifischen Fußballverletzungen und es werden immer wieder neue Arbeiten zu dieser Thematik publiziert. Jede weitere Publikation bringt mehr Einsicht in und Verständnis für das Verletzungsgeschehen. Seit der Ligen-Reform zur Saison 2012/2013 existiert die Regionalliga Bayern als eine von bundesweit insgesamt fünf Regionalligen und wird in ihrem Spielbetrieb vom Bayerischen Fußballverband (BFV) organisiert. Als höchste deutsche Amateurspielklasse stellt die Regionalliga mit ihren semi-professionellen Strukturen die Verbindung zwischen Profi- und Amateurfußball dar. Eine Analyse in dieser Spielklasse würde also Aussagekraft in beide Richtungen besitzen. Bisher findet man im Amateurfußball jedoch kaum Daten, die einen Rückschluss auf ganze Spielklassen oder Ligen zulassen.

1.1 Verletzungen im Fußball

Fußball ist eine der Sportarten mit dem höchsten Verletzungsrisiko (4,5). Vor allem zu Verletzungen der unteren Extremitäten lassen sich zahlreiche Studien finden, da diese Körperregionen hierbei am häufigsten (bis zu 82,9%) und schwerwiegendsten verletzt werden (6–9). Dazu zählen Läsionen an Knie- und Sprunggelenk sowie Sehnen- und Muskelverletzungen an Ober- und Unterschenkeln. In der Klinik präsentieren sich diese am häufigsten als Prellungen, Verstauchungen und Zerrungen, letztere häufiger bei Profi- als bei Amateurspielern (10,11). Die Verletzungen können dabei nach Art der Ursache eingeteilt werden. So wird zwischen Verletzungen unmittelbar nach Traumata (englisch: „traumatic injury“) und jenen, die aufgrund von Überlastung entstehen (englisch: „overuse injury“), unterschieden (12). Trotz des Vorschlags von

Fuller et al. (12), diese Definition einheitlich zu verwenden, wird der Begriff von Überlastungsverletzungen nach wie vor heterogen gebraucht und erschwert daher die Vergleichbarkeit von Studien (13). An vorderster Stelle bei Verletzungen der unteren Extremitäten stehen Läsionen des Kniegelenks, sowohl hinsichtlich der Schwere als auch hinsichtlich der Häufigkeit der Verletzungen (6,7). In einer Studie der Verwaltungs- Berufsgenossenschaft (VBG) zum Unfallgeschehen bei den Fußballbundesligisten aus dem Jahr 2016 zeigte sich, dass 37% der Arbeitsunfähigkeitstage und 48,4% der Entgeltersatzleistungen auf Knieverletzungen zurückzuführen waren, obwohl diese lediglich 15,8% der Verletzungen ausmachten (7).

Nicht zu unterschätzen ist weiterhin das Risiko für Kopfverletzungen im Fußball, worüber in letzter Zeit mehr und mehr Studien veröffentlicht werden. Diese entfachen zunehmend Kontroversen über die Langzeitfolgen und die Notwendigkeit einer Abschaffung von Kopfbällen im Fußball (14). Im amerikanischen Jugendfußball haben sie bereits zu einem Verbot des Kopfballspiels geführt (15). Auch in Deutschland wurde dem Thema in den letzten Jahren mit zunehmender Aufmerksamkeit begegnet, sodass ab der Spielzeit 2019/2020 seitens der Deutschen Fußball Liga (DFL) eine sog. Baseline-Testung für alle Spieler der ersten und zweiten Bundesliga verpflichtend eingeführt wurde. Damit folgt die DFL der Empfehlung der medizinischen Kommission des DFB (16).

Hägglund et al. (17) fanden heraus, dass sich die Anzahl an wiederkehrenden Verletzungen indirekt proportional zur Spielklasse verhält, was sie zum einen auf eine bessere medizinische und physiotherapeutische Unterstützung in den höheren Spielklassen zurückführten. Diese sei in den Amateurspielklassen kaum bis nicht existent und die Spieler seien hier selbst für die Rehabilitation verantwortlich. Zum anderen sei es in den Profiklassen aufgrund des größeren Spielerkaders möglich, auf einzelne Spieler länger zu verzichten und diesen ausreichend Genesungszeit zu gewährleisten, ohne dass sich dies negativ auf die Mannschaftsleistung auswirke. In etwa 20 bis 25% der Fälle kam es in Studien sowohl im Profi- als auch im Amateurfußball zu einer wiederkehrenden Verletzung an derselben Körperstelle (englisch: „reinjury“), welche sogar eine längere Ausfallzeit als die Index-Verletzung nach sich zog (18–21).

Betrachtet man die in der Literatur beschriebenen Inzidenzen von Fußballverletzungen, so unterscheiden sich diese grundlegend hinsichtlich Definition,

Spielerkollektiv und Studiendesign. Allen gemein ist die deutlich höhere Verletzungsinzidenz während des Wettkampfes im Gegensatz zum Training (22). Außerdem kann von einer schweren, leistungsbegrenzenden Verletzung pro Jahr bei jedem Fußballspieler der oberen Spielklassen ausgegangen werden (1,23). Je nach Spielklasse, Nationalität und Art der Spielsituation (Wettkampf oder Training) variieren die Verletzungen pro 1000 Spielstunden zwischen 10,2 bis 35,5 im Spiel und 1,5 bis 7,6 im Training (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Verletzungsinzidenz bei Fußballspielern innerhalb eines Jahres oder einer Saison (Junge A, Dvorak J. Soccer Injuries: A Review on Incidence and Prevention. Sports Medicine. 2004. 34 (13) S.931)

Study	Country	No. of players	Skill level	Age (y)	Study period	Injuries per 1000 hours		
						match	match and training	training
Male players								
Arnason et al. ^[34]	Iceland	306	National elite, first league	16–38	1 season (May–Sep 1999)	24.6		2.1
Ekstrand et al. ^[35]	Sweden	1 team	Senior national team		1991–97	30.3		6.5
Hägglund et al. ^[36]	Sweden	310	National top division	17–38	1 season (Jan–Oct 2001)	25.9		5.2
Morgan and Oberlander ^[22]	US	237	Major league soccer (professional)	18–38	1 season (Mar–Oct 1996)	35.5		2.9
Peterson et al. ^[37]	Czech Republic	21	1st, 2nd national league	>18	1y	18.9		
		30	3rd national league			10.2		
		17	Amateur teams			21.6		
		16	Local teams			29.7		
Hawkins and Fuller ^[38]	UK	108	Premier, 1st, 2nd professional league		3 seasons (Nov 1994–May 1997)	25.9		3.4
Arnason et al. ^[23]	Iceland	84	National division league	18–34	1 season (May–Sep 1991)	34.8		5.9
Inklaar et al. ^[24]	The Netherlands		Non-professional	19–60	1 season (Feb–Jun 1987)			
		101	High level			21.7		
		144	Low level			11.7		
Lüthje et al. ^[39]	Finland	263	Highest national league	17–35	1 season (May–Oct 1993)	16.6		1.5
Poulsen et al. ^[40]	Denmark	19	Division 1 (high)	21–28	1986	19.8		4.1
		36	Series 3 and 5 (low)	24–30		20.7		5.7
Engström et al. ^[41]	Sweden	64	1st, 2nd division, semi-professional	24 (mean)	1 season	13		3
Ekstrand and Tropp ^[42]	Sweden	135	Division 1 (high)	17–38	1y	21.8		4.6
		180	Division 2			18.7		5.1
		180	Division 4			16.9		7.6
Ekstrand et al. ^[43]		144	Division 6 (low)		1980	14.6		7.5
Nielsen and Yde ^[25]	Denmark	34	2nd division (high)	>18	1 season	18.5		2.3
		59	Series (low)		Jan–Nov 1986	11.9		5.6

Im deutschen Amateurfußball lag die Inzidenz in der Saison 2015/2016 bei 27,1 Verletzungen pro 1000 Stunden bei Wettkämpfen (24). Die Wettkampfinzidenz der ersten und zweiten Bundesliga lag in der Saison 2014/2015 bei 55,7, in der Saison 2015/2016 bei 40,9 und 2016/2017 bei 50,2 Verletzungen pro 1000 Fußballstunden im Wettkampf (7–9). Bei den betrachteten Saisonen waren in zwei von drei Fällen die Verletzungsinzidenzen der zweiten Bundesliga höher. Dieser Umstand könnte auf das geringere Budget in der zweiten Bundesliga und damit einhergehend auf die verhältnismäßig geringere medizinische und trainings-wissenschaftliche Betreuung

zurückgeführt werden. Außerdem herrsche in der zweiten Bundesliga ein aggressiverer Wettkampfgeist, während in der ersten Bundesliga der Fokus mehr auf technisch-taktische Fähigkeiten gelegt werde (7).

1.2 Entstehungsmechanismen und Einflussfaktoren von Verletzungen

In Hinblick auf den Zeitpunkt im Saisonverlauf fiel bei der Analyse von Verletzungen bei den Fußballbundesligisten auf (7,8), dass diese besonders dann auftraten, wenn auf einen belastungsarmen Monat eine Phase mit einer erhöhten Trainings- oder Wettkampffrequenz folgte. Die allgemeine Annahme, dass sich gegen Ende einer Halbsaison die Verletzungsanzahl häufe, konnte nicht bestätigt werden (8). Betrachtet man den Spielverlauf, so lassen sich widersprüchliche Ergebnisse finden. Während bei Luig et al. (8) die Verletzungen in der ersten Halbzeit überwiegen, treten sie in anderen Studien zu Verletzungen im Profifußball häufiger in der zweiten Hälfte des Spiels auf (25,26).

Auch darüber, welche Spielerpositionen am häufigsten mit Verletzungen assoziiert sind, teilen sich die Meinungen in der Literatur. So verletzten sich laut den Beobachtungen von Hawkins und Fuller (27) bei Profispielern die Abwehrspieler häufiger, während in anderen Studien zu Verletzungen im Profifußball die Mittelfeldspieler mehr Läsionen davontrugen (28,29). Trotz der niedrigeren absoluten Verletzungshäufigkeiten in der Spielposition des Torwarts, sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass Torhüter keinem geringeren Verletzungsrisiko ausgesetzt sind (7). Sie erleiden Kopfverletzungen sogar signifikant häufiger als Feldspieler (30). So ist es nicht nur wichtig, die Häufigkeiten von Traumata je Spielposition zu betrachten, sondern auch den positionsspezifischen Verletzungsmechanismen mehr Bedeutung zu schenken.

Der Großteil der Verletzungen entsteht beim Kontakt zu anderen Spielern (7,8,31). Drei Viertel der Kontaktverletzungen entstehen durch ein Tackling eines anderen Spielers (31). In einem Drittel bis zu der Hälfte der Fälle entstehen Verletzungen aus Foulsituationen heraus (31,32). Kopfverletzungen sind naturgemäß häufiger bei direkten Kontaktsituationen zu finden und entstehen während Flugphasen. Oberschenkelverletzungen, welche sich größtenteils bei Sprints und Ausfallschritten ereignen, treten öfter nach Non-Kontaktsituationen auf (30). Allgemein lässt sich in den letzten Jahren eine Zunahme von Oberschenkelverletzungen verzeichnen (30,33). Bei

Verletzungen ohne Kontakt gibt es zudem einen Unterschied zwischen Fußballspielerinnen und -spielern in der Trauma-Charakteristik. Während sich Männer dabei meist akute Verletzungen der Adduktoren und dorsalen Oberschenkelmuskulatur zuziehen, verletzen sich Frauen häufiger die Sehnen des Knie- und Sprunggelenks (31).

1.3 Verletzungspräventionsstrategien

Laut Bundesgesundheitsministerium ist Prävention ein Sammelbegriff für alle Aktionen und Handlungen, die dazu beitragen, Krankheiten oder Gesundheitsschäden zu vermeiden, das Risiko ihrer Entstehung zu verringern oder ihr Auftreten hinauszuzögern. Präventivmaßnahmen lassen sich in drei Gruppen einordnen, je nachdem, wann sie eingesetzt werden. Die primäre Prävention soll dabei die Entstehung von Krankheiten verhindern, während die sekundäre Prävention der Früherkennung von Erkrankungen dient. Die tertiäre Prävention zielt darauf ab, Folgeerscheinungen zu mildern und eine Verschlechterung bzw. potenzielle Rückfälle bei schon entstandenen Krankheiten zu vermeiden (34).

Die Sportunfallprävention wurde von van Mechelen et al. (35) als eine Abfolge von vier Schritten beschrieben (siehe Abb.1). Zunächst muss das Ausmaß der Verletzungsproblematik abgesteckt werden. Als zweiter Schritt sind die Ätiologie und der Mechanismus der Sportverletzung festzustellen. Basierend auf den Erkenntnissen aus Schritt zwei müssen entsprechende präventive Maßnahmen abgeleitet werden. Diese müssen im letzten Schritt auf ihre Wirksamkeit überprüft werden, indem der erste Schritt wiederholt wird. Der entscheidende Schritt ist also die Entstehung und Ursache von Sportverletzungen zu identifizieren (zweiter Schritt), um geeignete Präventionsprogramme erstellen zu können. Die Notwendigkeit von Präventivmaßnahmen wird deutlich, wenn man sich vor Augen führt, dass Sportverletzungen nicht nur mit Ausfallzeiten für die betroffenen Spieler einhergehen und kurzfristig Behandlungskosten verursachen, sondern auch langfristige Folgen mit sich bringen.

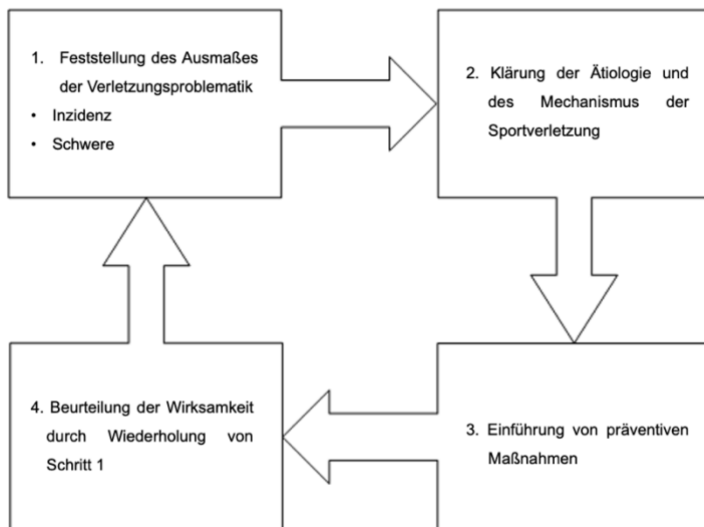


Abbildung 1: Abfolge der Sportunfallprävention: Stufenschema (modifiziert nach van Mechelen et al. Incidence, Severity, Aetiology and Prevention of Sports Injuries: A Review of Concepts. Sports Medicine. 1992;14(2) S.84)

In ihrer Studie zeigten Myklebust und Bahr (36), dass zehn Jahre nach einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes (VKB) bei etwa der Hälfte der Spieler Zeichen einer Osteoarthritis in der Bildgebung nachgewiesen werden konnten. Voraussichtlich nahezu jeder der Betroffenen würde nach 15 bis 20 Jahren an einer Osteoarthritis erkranken. Die möglichen Ansätze, um Fußballverletzungen vorzubeugen, wurden bereits von mehreren Autoren diskutiert (22,37–39) und mittels verschiedener Programme getestet. Trotz der Unterschiede hinsichtlich der Studienpopulationen (Männer, Frauen, Jugendliche) sowie der Dauer und Art der unterschiedlichen Präventionsprogramme zeigte sich in allen Studien eine Abnahme der Verletzungsinzidenz in den Interventionsgruppen im Vergleich zu den Kontrollgruppen (22). Diese machte sich am stärksten bei moderaten Verletzungen, Überbeanspruchungs- und Trainingsverletzungen bemerkbar (22). Außerdem profitierten Spieler aus unteren Spielklassen stärker von Präventionsmaßnahmen als Profispieler (22). Aufgrund der Unterschiede im Studiendesign ist jedoch nicht klar zu eruieren, auf welche Komponente genau die positiven Effekte der jeweiligen Interventionsprogramme zurückzuführen sind (22).

Zur Primärprävention bei Verletzungen im Fußball zählen Aufwärm- und Cool-Down-Phasen (18,40,41), propriozeptives Training (42–44), das Tragen von Schutzkleidung (45,46), gute Spielfeldbedingungen (37,40) und das Einhalten der Spielregeln (47,48).

Hinzu kommen außerdem Informationskampagnen und Regeländerungen. Hierzu gehört beispielsweise die Einführung von härteren Sanktionen im norwegischen Profifußball 2011, die zu einem Rückgang von Ellenbogeneinsätzen und Kopfverletzungen führte (47). Ekstrand et al. (49) befassten sich bereits in den 1980er Jahren mit Präventionsprogrammen im Fußball. In ihrer Studie lag der Schwerpunkt auf dem Aufwärmtraining, protektiver Kleidung wie Schienbeinschutz, wetterabhängig entsprechenden Trainingsschuhen, prophylaktischem Taping, Ausschluss von Spielern mit schwerer Knieinstabilität und einer Supervision durch Ärzte und Physiotherapeuten. In aktuelleren Studien, wie beispielsweise jenen von Junge et al. (37), Heidt et al. (50) und Krutsch et al. (51), kommen Übungen zur Steigerung der Kondition sowie zur Verbesserung der Sprungkraft, Dehnbarkeit, Schnelligkeit und Agilität sowie Übungen zum Muskelaufbau und Koordinationstraining hinzu. Solche multimodalen Präventionsprogramme sollten dazu beitragen, die allgemeinen Verletzungshäufigkeiten zu senken. Es existieren außerdem auch Präventionsprogramme, welche auf spezifische Verletzungsarten zugeschnitten sind, wie beispielsweise neuromuskuläres und propriozeptives Training bei Kniegelenksverletzungen (38,42,52).

Zur Sekundärprävention zählt im Fußball beispielsweise die Früherkennung von Schädel-Hirn-Traumata. Bei schweren Schädel-Hirn-Traumata wird oft schnell eine Diagnose gestellt, da hier die Symptomatik meist klinisch und bildgebend eindeutig ist. Bei den deutlich häufigeren leichten Schädel-Hirn-Traumata beziehungsweise Gehirnerschütterungen ist eine Diagnosestellung meist nicht so einfach. Strukturelle Veränderungen sind selbst durch MRT- oder CT- Untersuchungen nicht immer klar erkennbar (53). Daher empfiehlt das Bundesinstitut für Sportwissenschaft bei Verdacht auf das Vorliegen eines leichten Schädel-Hirn-Traumas, die Betroffenen zum Eigenschutz unmittelbar aus dem Wettkampf oder Training zu nehmen (53). Für die medizinische Sofortabklärung stehen Module wie die Pocket-Recognition-Tool-Testung zur Verfügung, welche eine grob orientierende Einschätzung über die akute Denk- und Gleichgewichtsfunktion geben. Weiterhin ermöglicht es das sog. SCAT-3-Konzept (Sport Concussion Assessment Tool), ein von verschiedenen Sportverbänden gemeinsam entwickeltes Hilfsmittel, klinische und neurokognitive Folgen einer Gehirnerschütterung ausführlicher zu beurteilen (53). Idealerweise ist danach der Vergleich mit der oben beschriebenen Baseline-Untersuchung möglich,

also ein Vergleich mit dem neurologischen Status des betroffenen Spielers vor der Verletzung (53).

Tertiärprävention im Fußball beinhaltet unter anderem Taping, Physiotherapie, Rehabilitationszeiten und spezifische Präventivmaßnahmen je nach betroffener Körperregion. Während bei verletzungsnaiven Spielern neuromuskuläres und propriozeptives Training am wirksamsten zu sein scheint, wird Spielern mit Sprunggelenksverletzungen in der Vorgeschichte empfohlen, semi-rigide Orthesen zu tragen (22,54). Mehrere Studien haben gezeigt, dass vorangegangene Verletzungen und eine inadäquate Rehabilitation eine entscheidende Rolle als Risikofaktoren für die Entstehung neuer Verletzungen spielen (23,48,55,56). Aus präventiver Sicht müssen zudem auch die unterschiedlichen Belastungsgrenzen der einzelnen Spieler und ihr individuell notwendiges Maß an Erholung berücksichtigt werden. Eine Möglichkeit dafür wurde 2019 mit dem Prevention-Management-Tool der VBG entwickelt. Es werden nicht nur Tests zur Bestimmung der Konstitution und Motorik miteinbezogen, sondern auch das subjektive Wohlbefinden und die Schlafdauer abgefragt, um Trainings- und Regenerationszeiten optimal aufeinander abzustimmen und dadurch die bestmögliche Leistung der Spieler zu erzielen (30). Jüngst hat der europäische Fußballverband UEFA die Klub- und Nationalmannschaften dazu aufgerufen, eine 2021 veröffentlichte Charta zu Gehirnerschütterungen zu unterzeichnen (57). Dabei soll im Fall von Kopfverletzungen mit Verdacht auf ein Schädel-Hirn-Trauma eine Unterbrechung des Spiels erfolgen und eine Dauer von drei Minuten zur Behandlung der betroffenen Spieler gewährleistet werden. Sollte nach diesen drei Minuten keine eindeutige Diagnose zu stellen sein oder sich der Verdacht auf eine Gehirnerschütterung erhärten, so ist es den Betroffenen nicht erlaubt weiter am Spiel teilzunehmen. Diese Maßnahmen sollen die Spieler nach Schädel-Hirn-Traumata vor weiteren Kopfverletzungen schützen und können somit als eine Möglichkeit der Tertiärprävention angesehen werden.

1.4 Datenerhebung bei Fußballverletzungen

Es existieren verschiedene Herangehensweisen, um die ursächlichen Entstehungsmechanismen von Sportverletzungen zu beschreiben. Dazu zählen beispielsweise die Datenerhebung mittels Fragebögen, klinischen Studien,

Videoanalysen, Bewegungsanalyse unter Laborbedingungen, In-Vivo-Messungen mittels beispielsweise faseroptischen Sensoren, biomechanische Experimente, Kadaver- oder Dummy-Studien oder mathematisch errechnete Simulationen (58–63). Schon seit über 50 Jahren sind Fußballverletzungen Untersuchungsgegenstand in Studien (64), jedoch variieren die Ergebnisse zum Teil deutlich, vor allem hinsichtlich der Verletzungsinzidenz. Dieser Umstand liegt zum einen an den unterschiedlichen Definitionen, zum anderen an den verschiedenen Studiendesigns (10,65). Mehrere Autoren fordern daher schon seit Längerem eine einheitliche Definition und Methodik in der Sportunfallforschung, welche auf jede einzelne Sportart entsprechend zugeschnitten sein sollte (10,66–68). Während es bis zur Jahrhundertwende Usus war, das Augenmerk auf Inzidenzen und Verletzungsmuster, d.h. Biomechanik, Lokalisation und Schweregrad, zu legen (10,56,69,70), wurde in der Literatur die Forderung nach einer genaueren Beschreibung des Unfallmechanismus laut (29,71,72). Denn nur durch das Erkennen von Risikofaktoren, können diese mithilfe entsprechender Präventionsmaßnahmen minimiert werden.

1.5 Videoanalysen im Fußball

Seit geraumer Zeit existieren bereits Spielanalysen im Fußball (64) und im Jahr 1988 folgte dann die erste Analyse von Sportverletzungen auf der Grundlage von Videoaufzeichnungen (73). Die aktuelle Studienlage bezüglich Videoanalysen im Fußball konzentriert sich derzeit vorwiegend auf den Profifußball oder auf spezifische, typische Fußballverletzungen, wie beispielsweise Verletzungen des vorderen Kreuzbands oder Schädel-Hirn-Traumata (28,74–76). Videoanalysen zu Verletzungen im Amateurfußball sind in der aktuellen Studienlage bislang nur spärlich vertreten (75,77).

Die medialen Analysen im Fußball unterscheiden sich teils grundlegend in Herkunft und Qualität des Videomaterials. Diese reichen von Spielen mit nur einer stationären Kameraperspektive, wie in dieser Arbeit, über Analysen mithilfe von frei zugänglichen Onlineplattformen wie „YouTube“, bis hin zu hochauflösenden Videos aus dem Profifußball (78,79). Videoanalysen zu der Häufigkeit und den Entstehungsmechanismen von Verletzungen im Allgemeinen sind von solchen zu unterscheiden, welche sich der genauen Untersuchung von Läsionen einer einzelnen Körperregion widmen (33,47,71,74,80,81).

In der Literatur (28,78) wird außerdem die Notwendigkeit konstatiert, Verletzungsmechanismen und -situationen exakt zu verstehen, um zukünftig effektive Präventionsmaßnahmen entwickeln zu können. Videoanalysen stellen eine Möglichkeit dar, Verletzungssituationen genau abzubilden und exakt zu analysieren. Sie sind somit nicht nur Grundlage für die Entwicklung von Präventionsprogrammen, sondern auch einigen der weiter oben genannten Möglichkeiten der Datenerhebung durch ihre Objektivität überlegen. Bei retrospektiv erhobenen Verletzungsdaten durch Fragebögen beispielsweise werden Erinnerungen an Traumata über die Zeit verzerrt und teils gänzlich vergessen (65). Ein Vorteil der Analyse mithilfe von Videoaufzeichnungen ist, dass sie nicht von etwaigen Erinnerungsverzerrungen oder -fehlern (englisch: „recall bias“) beeinflusst werden und so eine Möglichkeit bieten, Fußballverletzungen und ihre Mechanismen objektiv zu erfassen (78).

1.6 Fragestellung

Im Gegensatz zu den bereits besser untersuchten Verletzungsdaten im Profifußball fehlen im Amateurfußball noch epidemiologische Daten zu Häufigkeiten von gefährdeten Körperregionen und risikoträchtigen Spielsituationen in ausreichender Stückzahl. Loose et al. (24) untersuchten 2018 erstmals die spezifischen Verletzungen, welche im semi-professionellen Fußball auftreten. Bis dato hatte es zu dieser Spielklasse noch keine detaillierten wissenschaftlichen Verletzungsberichte gegeben (24). Ziel dieser Arbeit ist es, Informationen über Verletzungssituationen und die betroffenen Körperregionen im bezahlten Amateurfußball über eine komplette Saison hinweg zu gewinnen, welche sich in der Videoanalyse darstellen lassen. Auf Grundlage der gewonnenen Daten sollen die Charakteristika der einzelnen Verletzungsereignisse und die hierfür ursächlichen Einflussfaktoren analysiert werden. Zunächst soll als erste Frage geklärt werden, ob und - wenn ja - welcher Zusammenhang zwischen den Verletzungssituationen und den verletzten Körperregionen besteht. Zusätzlich soll als zweite Frage beantwortet werden, wo die Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Videoanalysen im Amateurfußball und Profifußball liegen. Abschließend soll als dritte Frage evaluiert werden, welche Konsequenzen die Spieler, Trainer und Schiedsrichter aus Verletzungssituationen bezüglich des weiteren Spielverlaufs ziehen.

Die Hypothese dieser Arbeit ist, dass Kopfverletzungen verglichen mit Verletzungen an anderen Körperregionen sowohl von den Spielern als auch von den Schiedsrichtern und Trainern anders bewertet werden und folglich zu anderen Entscheidungen führen.

2 Methodik

2.1 Klassifikationen und Definitionen

Zahlreiche Studien (1,10,12,82) weisen auf die Schwierigkeit hin, Verletzungsanalysen in der Sportunfallforschung direkt miteinander zu vergleichen, da sich diese in Definition, Studiendesign, Ergebnisdarstellung und in den daraus gezogenen Schlussfolgerungen oftmals unterscheiden. Um eine Vergleichbarkeit von Daten gewährleisten zu können, ist eine einheitliche Definition des Begriffs „Verletzung“ unerlässlich und spielt dabei eine Schlüsselrolle (82).

Aus diesem Grund existieren seit einigen Jahren vermehrt Studien, die den Versuch unternehmen, einen allgemein gültigen Konsens bezüglich Methoden und Definitionen bei Sportverletzungen zu finden. Diese Übereinstimmungserklärungen, sog. Consensus Statements, existieren unter anderem bereits für Sportarten wie Rugby, Fußball, Cricket, Leichtathletik, Wassersportarten und für Veranstaltungen wie die Olympischen Spiele (12,74,83–87). Im Allgemeinen werden Sportverletzungen in Art der Verletzung (Muskel-/ Sehnen-/ Gelenk-/ Knochen-/ Hautverletzung), betroffene Körperregionen, Schweregrade, Verletzungsursachen (Kontakt versus kein Kontakt; wiederkehrende Verletzungen; Spielfeldbedingungen) und Verletzungsgenese (Überlastung oder Trauma) eingeteilt (12,82,84,85).

Laut dem Consensus Statement von Fuller et al. (12) ist eine Verletzung definiert als jegliche physische Beeinträchtigung eines Spielers, die dieser sich während eines Fußballspiels oder -trainings zuzieht, unabhängig davon, ob die Verletzung zu einer medizinischen Behandlung oder einem konsekutiven Spielausfall führt. Die Verletzungen werden bei Fuller et al. zudem in „Medical Attention Injury“ und „Time Loss Injury“ unterteilt. Die „Medical Attention Injury“ wird hier als Verletzung angesehen, bei welcher eine Einschätzung des Gesundheitszustands oder eine Behandlung des betroffenen Spielers durch medizinisches Personal erfolgt. Eine als „Time Loss Injury“ gewertete Verletzung resultiert darin, dass der Betroffene nicht an

folgenden Trainingseinheiten oder Wettkämpfen teilnehmen kann. Des Weiteren wird eine Einteilung der Verletzung nach Schweregrad empfohlen, welche sich an der Anzahl der Tage orientiert, die der Spieler braucht, um wieder am Training oder am regulären Spielbetrieb teilnehmen zu können.

Fuller et al. (12) betonen außerdem, dass Verletzungen, die nicht in einem unmittelbaren Spielausfall resultieren, umfassender analysiert werden sollten. Denn solche wiederholten Beinahe- Verletzungen können in ihrer Gesamtheit nach einer gewissen Zeitspanne nämlich ebenfalls zu einer Verletzung führen. Da eine solche Verletzung jedoch keiner spezifischen, verursachenden Situation zugeordnet werden kann, bezeichnen Fuller et al. (12) sie als Überlastungsverletzung bezeichnen (englisch: „overuse injury“), welcher die traumatische Verletzung (englisch: „traumatic injury“) mit einem einzelnen, genau bestimmbar auslösenden Ereignis gegenübersteht.

Obwohl immer wieder Versuche unternommen werden, die Definition von Fußballverletzungen zu vereinheitlichen (12,29), monieren Timpka et al. (88), dass die sportspezifische Terminologie noch immer in keiner internationalen Klassifikation, wie beispielsweise jener der World Health Organization (WHO), aufgenommen ist. Sie unterscheiden in ihrer Arbeit unter anderem zwischen Sportverletzungen (englisch: „sports injury“) und Sporttraumata (englisch: „sports trauma“). Sportverletzungen sind hier durch den Verlust von Körperfunktionen gekennzeichnet, die Gegenstand von klinischen Untersuchungen sind. Ein Sporttrauma bezeichnet unmittelbare Schmerzempfindungen, körperliche Beschwerden oder Funktionsverluste, welche Gegenstand der Selbsteinschätzung jedes einzelnen Athleten sind.

Die vorliegende Arbeit orientiert sich an den Definitions- und Klassifikationssystemen ähnlicher Arbeiten (28,29,33,78), im Besonderen jedoch an der Begriffsbestimmung von Andersen et al. (29). Als Verletzungsereignisse (englisch: „injury risk incident“) werden hier alle Spielkonstellationen gewertet, in welchen das Spiel durch den Schiedsrichter unterbrochen wird, der Spieler länger als 15 Sekunden auf dem Feld liegt, eine medizinische Behandlung erhält oder offensichtlich Schmerzen hat.

Die Zeitspanne von 15 Sekunden wird damit begründet, dass diese lang genug sei, um nicht als ein vorsätzliches Liegenbleiben gewertet zu werden, sei es um eine Verschnaufpause einzulegen oder um eine Spielverzögerung erwirken zu können (78). Da in der vorliegenden Arbeit kein Abgleich mit medizinischen Daten und keine Selbsteinschätzung seitens der Fußballspieler erfolgte, wird der Begriff „Trauma“

daher nachstehend für alle Beeinträchtigungen verwendet, die für den betroffenen Spieler eine tatsächliche Verletzung zur Folge haben oder haben könnten und welche mittels Videoanalyse erfasst werden können.

2.2 Datenerhebung

2.2.1 Studiendesign

In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurden mithilfe von Videoanalysen 305 Spiele der höchsten Amateurklasse der Männer in Bayern (Regionalliga bzw. vierte Liga) über die komplette Saison 2015/2016 hinweg untersucht. Die Analyse erfolgte anhand neu generierter Auswertungsbögen, welche Spielsituationen mit potenziellem Verletzungsrisiko sowohl hinsichtlich quantitativer als auch qualitativer Aspekte erfassten. Die Dokumentation der Verletzungssituationen erfolgte in Anlehnung an standardisierte Verfahren der Datensammlung, welche in anderen Studien zu Fußballverletzungen bereits veröffentlicht wurden (12,29,89). Zur vierten Liga mit ihren semi-professionellen Strukturen zählen achtzehn Teams, welche sich größtenteils aus bezahlten Amateurfußballspielern zusammensetzen (24), im Vergleich zu reinen Profiteams jedoch keinen Mannschaftsarzt am Spielfeldrand zu ihrer Unterstützung haben.

2.2.2 Das verwendete Videomaterial

Der BFV und die Medienproduktion „Die Ligen“ stellten das Videomaterial der Regionalligaspiele in Bayern im Zeitraum 2015/2016 online zur Verfügung und ermöglichten durch einen passwortgeschützten Zugang den Download. Für die Aufzeichnung und das Hochladen waren die jeweiligen Heimmannschaften verantwortlich. Die Videoaufzeichnungen umfassten insgesamt 306 Spiele, von denen allerdings aufgrund technischer Probleme nur 305 ausgewertet werden konnten. Diese wurden mithilfe eines FTP-Servers aus dem bereitgestellten Online-Archiv heruntergeladen. Die 34 Spieltage mit je neun Spielen wurden im MP4-Format gespeichert. Die Qualität des Videomaterials variierte von Aufnahme zu Aufnahme. Sowohl die Auflösung der Spiele, die bis zu 1980x1090 Pixel betrug, als auch die Bildwiederholungs- und Datenübertragungsrate unterlagen Schwankungen. Die Bildfrequenz betrug zwischen 25 und 50 Bildern pro Sekunde, die

Datenübertragungsrate lag zwischen 2000 und 6000 kBit pro Sekunde. Für ausnahmslos alle Spiele war nur eine einzelne stationäre Kamera auf Höhe der Mittellinie montiert und somit nur eine einzige Kameraperspektive verfügbar. Die Spiele wurden mit der Software „VLC Media Player 3.0.4“ ausgewertet, mithilfe derer es möglich war, die Szenen in verschiedenen Geschwindigkeitsstufen wiederzugeben oder als Standbild anzuhalten, um einzelne Spielsituationen genau zu analysieren und anhand von Bildschirmfotos spezifische Verletzungsereignisse zu veranschaulichen.

2.2.3 Studienpopulation

Für die Erhebung der beobachteten Studienpopulation wurden all diejenigen Spieler retrospektiv erfasst, die im Beobachtungszeitraum (16.07.2015 bis 21.05.2016) im offiziellen Spielbericht des BFV erfasst wurden. Dabei wurden auch Spieler miteinbezogen, die in dieser Saison gegebenenfalls keinen Einsatz in Wettkämpfen hatten. Die Spieleinsätze und Spielpositionen wurden sowohl oben genannten Spielberichten als auch dem frei zugänglichen Onlineportal „FuPa“ (<http://www.fupa.net>) und den Vereinsseiten entnommen. Diese Vorgehensweise sollte die Fehlerquote bei der Identifizierung der betroffenen Spieler so gering wie möglich halten und die Datenqualität verbessern.

2.2.4 Erhebung des Videokollektivs

In das Videokollektiv wurden alle Spieler aufgenommen, bei denen die Spielsituation zu einer Spielunterbrechung, einer medizinischen Behandlung oder einer Auswechslung führte. Weiterhin wurden Betroffene dazu gezählt, die infolge bestimmter Situationen offensichtlich physisch beeinträchtigt waren. Von einer Grundgesamtheit von 559 Spielern, die laut Spielberichten in der Saison 2015/16 in der Regionalliga Bayern eingesetzt wurden, bildeten 268 Spieler das Videokollektiv. Alle Verletzungssituationen wurden zur Gewährleistung des Datenschutzes mithilfe eindeutiger Identifikationsnummern verschlüsselt. Da kein Abgleich mit medizinischen Daten erfolgte, konnte keine Aussage über tatsächliche Verletzungen respektive über ein Verletztenkollektiv gemacht werden. Der bereits oben beschriebenen Begriffsdefinition folgend bildete das Videokollektiv also gleichzeitig das Betroffenenkollektiv.

2.3 Analyseverfahren von Verletzungen

2.3.1 Quantitative und qualitative Analyse von Verletzungen

Die quantitative Analyse diente der Untersuchung von Häufigkeiten der Verletzungssituationen und Traumata, um einen Eindruck der Prävalenz über eine gesamte Wettkampfsaison hinweg zu bekommen. Die qualitative Analyse sollte Aufschluss über risikoreiche und auslösende Mechanismen und Ereignisse in Wettkampfsituationen geben, welche zu Traumata und potenziellen Verletzungen führen könnten.

2.3.2 Videoanalyse der Traumata mittels Beobachtungsbögen

In Anlehnung an die Variablen und Kategorien, die von Andersen et al. (29) beschrieben wurden, sowie auf Grundlage eines bereits vorhandenen Auswertungsbogens der VBG entstand nach einigen Modifikationen der Beobachtungsbogen für die systematische Videoanalyse der Verletzungsszenen. Ähnliche Analysebögen wurden bereits im Handball verwendet und auf Inter- und Intratesterreliabilität geprüft (90). Es wurden ausschließlich Verletzungen aus den Wettkampfsituationen der aufgezeichneten Spiele miteinbezogen. Verletzungen aus Trainingsexpositionen wurden nicht berücksichtigt. Die Verletzungssituationen wurden in Anlehnung an bereits existierende standardisierte Analyseprotokolle erhoben (29,91,92). Anhand oben genannter Definitionen wurden Verletzungssituationen ermittelt und in verlangsamer Geschwindigkeit sowie als Standbild analysiert, um die Situationen so genau wie möglich zu erfassen. Unklare Situationen wurden innerhalb einer Forschungsgruppe, welche aus zumindest einem Arzt und einem Medizinstudenten oder einer Medizinstudentin bestand, diskutiert. Der Bogen zur Auswertung der Traumata umfasst sieben Gruppen (I. Rahmenbedingungen, II. Situation, III. Betroffene Körperregion beim Spieler, IV. Ort der Verletzung auf dem Spielfeld, V. Bewertung der Situation durch den Schiedsrichter (Foulspiel), VI. Auslöser für die Verletzung, VII. Kontaktierte Körperregion beim Gegen- und/ oder Mitspieler). Diese sieben Gruppen beinhalten insgesamt 35 Variablen. Zu der Gruppe Rahmenbedingungen (I.) zählen Spielerposition, Verletzungszeitpunkt und Spielerschicksal (Auswechslung). Die Situation (II.) setzt sich aus Ballbesitz,

Spielphase, Grundaktion, Spielaktion, Beteiligung anderer Spieler, Zweikampfsituation und Bodenkontakt zusammen. Der Auslöser für die Verletzung (VI.) gliedert sich übergeordnet in direkter, indirekter und kein Kontakt. Untergeordnet wurden die genauen Verletzungsursachen unterschieden, wie beispielsweise Kollision, Tritt, Umknicken und Verdrehen, um nur einige zu benennen. Die Eingabe der Daten, die aus der Analyse des Videomaterials gewonnen wurden, erfolgte online mithilfe von elektronischen Erhebungsbögen (eCRF) über die EDC-Software „REDCap“. Hierfür wurde der Beobachtungsbogen in zwei separate Online-Analysebögen mit Spielstammdaten (Identifikationsnummer, Spieltag, Datum, Begegnung) und Trauma-Daten aufgeteilt. Bei einigen Gruppen und Variablen wurde eine Mehrfachauswahl getroffen. Dies war beispielsweise beim Erfassen der kontaktierten Körperregionen notwendig. Denn in einigen Verletzungssituationen mit mehreren Beteiligten kam es zu Berührungspunkten an mehreren Körperregionen der jeweiligen Kontrahenten. So kontaktierte beispielsweise ein Spieler im Ausfallschritt den Gegenspieler sowohl mit dem Oberschenkel als auch mit dem Fuß. Oft waren in solchen Situationen anatomisch angrenzende Körperregionen, wie zum Beispiel „Knie“ und „Unterschenkel“, betroffen. Dadurch ergaben sich mehr Trauma- und Kontaktregionen als Verletzungssituationen.

Wurde ein Trauma einem indirekten Kontakt zugeschrieben, so konnten als genaue Auslöser ebenfalls mehrere Kategorien ausgewählt werden, da es sich um eine Situation handelte, in welcher eine Krafteinwirkung von außen das Trauma nicht direkt verursachte, sondern den ursprünglichen Bewegungsablauf des Spielers so beeinträchtigte, dass daraus indirekt eine Verletzungssituation resultierte (7). So wurden bei der Variable indirekter Kontakt sowohl der Auslöser für einen direkten Kontakt als auch der Auslöser für Situationen ohne Kontakt miteinberechnet. Beispielsweise konnte es daher bei einer Knieverletzung, die durch eine Kollision mit dem Gegenspieler (direkter Kontakt) zu einem Verdrehen des Kniegelenks (kein Kontakt) führte, zu einer Mehrfachwertung der Trauma-Region Knie kommen. Daher war die Anzahl an Trauma-Regionen bezogen auf alle drei Variablen (direkter/ indirekter/ kein Kontakt) größer als die jeweiligen Verletzungssituationen und auch größer als die jeweiligen Trauma-Regionen insgesamt. Im Gegensatz zu der in dieser Arbeit verwendeten Definition von indirektem Kontakt in Anlehnung an Luig et al. (7) wird in anderen Studien der indirekte Kontakt als jeglicher Kontakt an einer anderen Körperregion als der verletzten beschrieben (76,79). Auch bei der Variable „Art des

Zweikampfs“ wurde in einigen Situationen eine Mehrfachauswahl getroffen. Hierzu zählten zum Beispiel Duellsituationen, bei denen der Spieler wie auch der Gegner versuchten, den Ball mit einer Grätsche zu erreichen. In so einem Fall wurden sowohl die Variable „Eigene Grätsche“ als auch die Variable „Grätsche des Gegners“ ausgewählt.

2.4 Statistik

Alle statistischen Analysen wurden mit der Statistiksoftware „IBM SPSS Statistics“ (Version 25) durchgeführt. In der deskriptiven Statistik wurden nominale und ordinale Variablen als relative und absolute Häufigkeiten dargestellt. In der Inferenzstatistik wurden Unterschiede nominaler Häufigkeiten (explorativ) mittels Chi-Quadrat-Test und paarweise mittels Fisher-Exact-Test untersucht. Wurden multiple Testungen durchgeführt, so erfolgte eine Adjustierung des p-Wertes mithilfe des Bonferroni-Testes, um konfirmatorisch zu testen. Für alle analytisch-statistischen Verfahren wurde das Signifikanzniveau $p \leq 0,05$ als signifikant festgelegt. Die Tests wurden durchweg zweiseitig analysiert. Die Visualisierung von Tabellen und Diagrammen erfolgte mittels Microsoft Excel und Microsoft Word.

3 Ergebnisse

3.1 Verletzungsprofil der Regionalliga

Die Videoanalyse der Regionalliga Bayern in der Saison 2015/16 umfasste insgesamt 306 Spiele, von denen 305 analysiert werden konnten. Dabei ergaben sich 711 Verletzungssituationen mit insgesamt 919 potenziell verletzten Körperregionen, welche im Folgenden der Einfachheit halber Traumata genannt werden. Die Traumata spiegeln lediglich die Spielexposition wider, Aussagen über die Trainingsexposition wurden nicht getroffen. Zwischen akuten, traumatischen Verletzungen und solchen, die auf Überlastung zurückzuführen waren, konnte nicht unterschieden werden.

3.2 Analyse der Verletzungssituationen

3.2.1 Allgemeines Verletzungsaufkommen

Aus den 305 analysierten Spielen ergeben sich durchschnittlich 1,3 Traumata pro Verletzungssituation (919/711) und drei Traumata pro Spiel (919/305), sowie 1,5 Traumata pro Spiel pro Team (919/305/2). Die Gesamtspieldauer in den aufgezeichneten Spielen lag bei insgesamt 457,5 Stunden Fußball. Von allen Spielern erlitten 47,9% (268/559) insgesamt 919 Traumata. Dies entspricht im Mittel 1,6 Traumata pro Spieler (919/559).

In 32 der insgesamt 711 Verletzungssituationen konnten die betroffenen Spieler nicht identifiziert werden. Bei den restlichen 679 Situationen fanden sich einige Spieler in mehreren Verletzungssituationen als Betroffene wieder, sodass am Ende insgesamt 268 verschiedene Spieler das Betroffenenkollektiv bildeten. Davon befanden sich 120 Spieler (44,8%) in einer einzigen Verletzungssituation, während 148 Spieler (55,2%) in zwei oder mehr Verletzungssituationen betroffen waren. Hieraus ergab sich ein Mittelwert von 2,5 Verletzungssituationen pro verletztem Spieler.

3.2.2 Spielphase und Zeitpunkt der Verletzungssituation

Die Dauer eines Spiels wurde in sechs 15-Minuten-Blöcke unterteilt, um eine Aussage über die Verletzungshäufigkeit zu bestimmten Spielzeitpunkten machen zu können. Die Verletzungssituationen waren bis auf einen deutlich niedrigeren Wert in den ersten 15 Minuten (9,7%; n=69) über die gesamte Spielzeit nahezu gleichmäßig verteilt, mit einem leichten Anstieg zum Spielende hin (siehe Abb. 2). Bei der Aufteilung in erste Halbzeit (45,4%; n=323) und zweite Halbzeit (54,6%; n=388) waren die Häufigkeiten der Verletzungssituationen ebenfalls annähernd gleichmäßig verteilt.

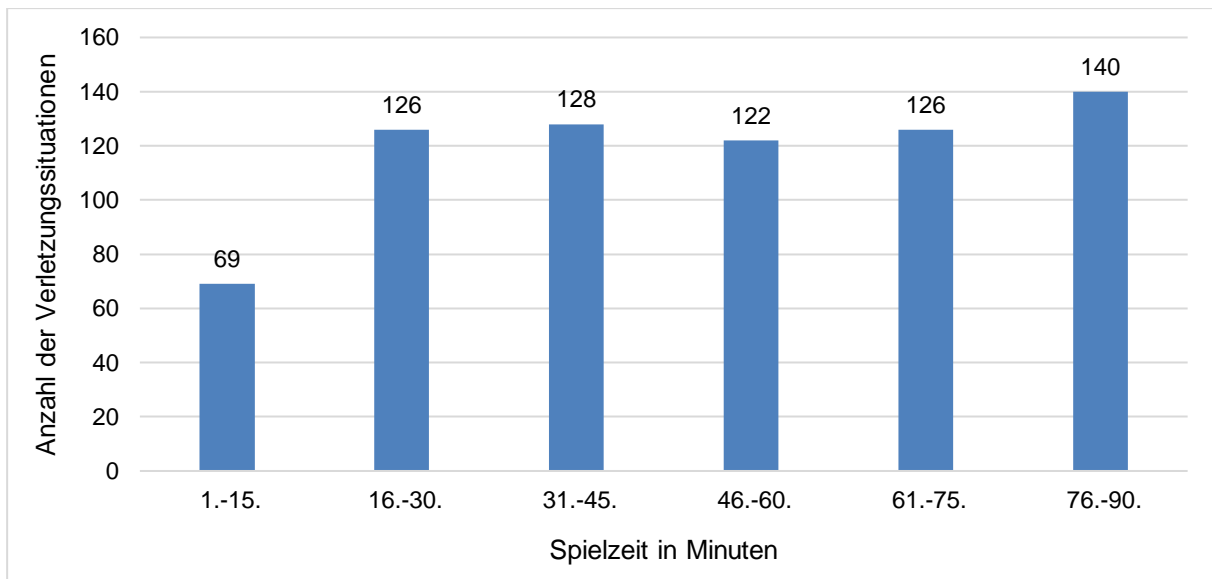


Abbildung 2: Verteilung der Verletzungssituationen auf die Spielzeit (Einteilung in 15-Minuten-Blöcke)

3.2.3 Verteilung der Verletzungssituationen auf Spielposition und Spielfeld

In den analysierten Spielen zeigte sich, dass am häufigsten die Mittelfeldspieler in Verletzungssituationen verwickelt waren (45,9%). Die Verteilung auf die weiteren Spielpositionen ist in Tabelle 2 dargestellt. Während die Mittelfeldspieler bezogen auf alle 711 Verletzungssituationen am häufigsten betroffen waren ($n= 326$), zeigte die Häufigkeitsverteilung innerhalb einer Gruppe von Positionsspielern ein ganz anderes Bild. So waren auf der Position des Torwarts zwölf verschiedene Spieler in insgesamt 21 Verletzungssituationen betroffen, d.h. die jeweiligen Torhüter zogen sich mehrmals Traumata zu. Damit verletzten sich insgesamt 14,3% der 84 Torhüter, die in der gesamten Saison 2015/2016 in der Regionalliga Bayern eingesetzt wurden. Dies steht im Gegensatz zu den insgesamt nur 3,0 %, in welchen die Torhüter anteilig an den 711 Verletzungssituationen, die in Videoaufnahmen detektiert werden konnten, beteiligt waren.

Am häufigsten traten die Traumata im eigenen zentralen (25,6%; $n=182$) und im gegnerischen zentralen Mittelfeld (29,3%; $n=208$) auf. Die weitere Häufigkeitsverteilung bezogen auf das Spielfeld lässt sich Abbildung 3 entnehmen. Nach Unterteilung des Spielfelds in Abwehrzone (48,1%; $n=342$) und Angriffszone (51,2%; $n=364$) zeigt sich eine annähernd gleichmäßige Verteilung der Verletzungssituationen auf beide Zonen.

Tabelle 2: Anzahl der Traumata nach Spielposition

	Betroffene Spieler pro Situation insgesamt (% anteilig an 711 Situationen)	Betroffene Spieler insgesamt (% anteilig an allen Positionsspielern einer Gruppe)	Anzahl der Positionsspieler der Saison 2015/16
Torwart	21 (3,0%)	12 (14,3%)	84
Abwehr	202 (28,4%)	95 (57,9%)	164
Mittelfeld	326 (45,9%)	116 (59,8%)	194
Stürmer	130 (18,3%)	53 (45,3%)	117
Unklar	32 (4,5%)	-	-
Gesamt	711 (100,0%)	268 (47,9%)	559

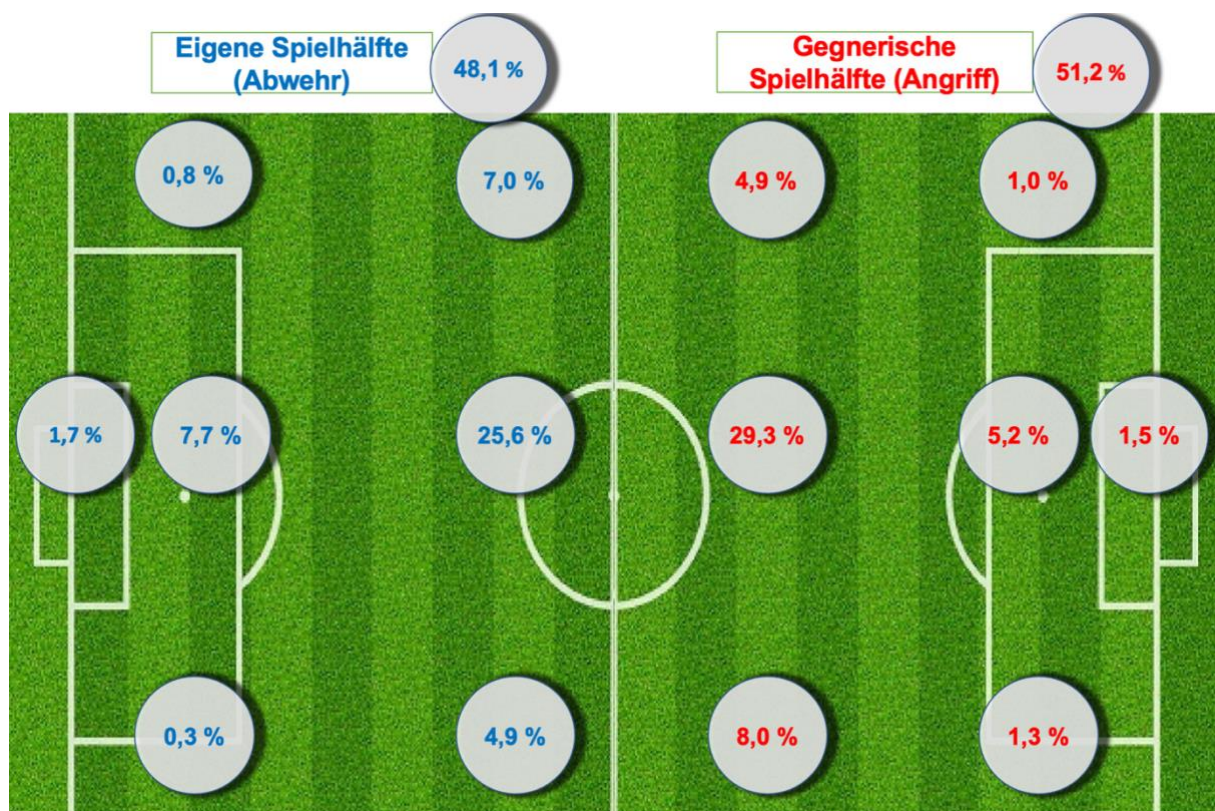


Abbildung 3: Spielfeldbezogene Verteilung der Traumata (0,7% der Situationen konnten nicht eindeutig einem Spielfeldbereich zugeordnet werden)

Nachdem die Bereiche Eckfahne und Mittelfeld zur defensiven Außenbahn im eigenen respektive offensiven Außenbahn im gegnerischen Feldbereich zusammengefügt wurden, erfolgte die Auswertung der Spielpositionen in Abhängigkeit vom Spielfeldort (siehe Abb. 4). Dort zeigte sich, dass im eigenen (n=95) wie auch im gegnerischen Mittelfeld (n=103) jeweils die Mittelfeldspieler am häufigsten betroffen waren. Im eigenen Strafraum (n=28) und der defensiven Außenbahn (n=41) waren meist Abwehrspieler in Verletzungssituationen verwickelt. Die Zugehörigkeit der betroffenen Spieler zur Heimmannschaft (48,8%; n=347) oder zur Gastmannschaft (51,2%; n=364) hielt sich zahlenmäßig annähernd die Waage.

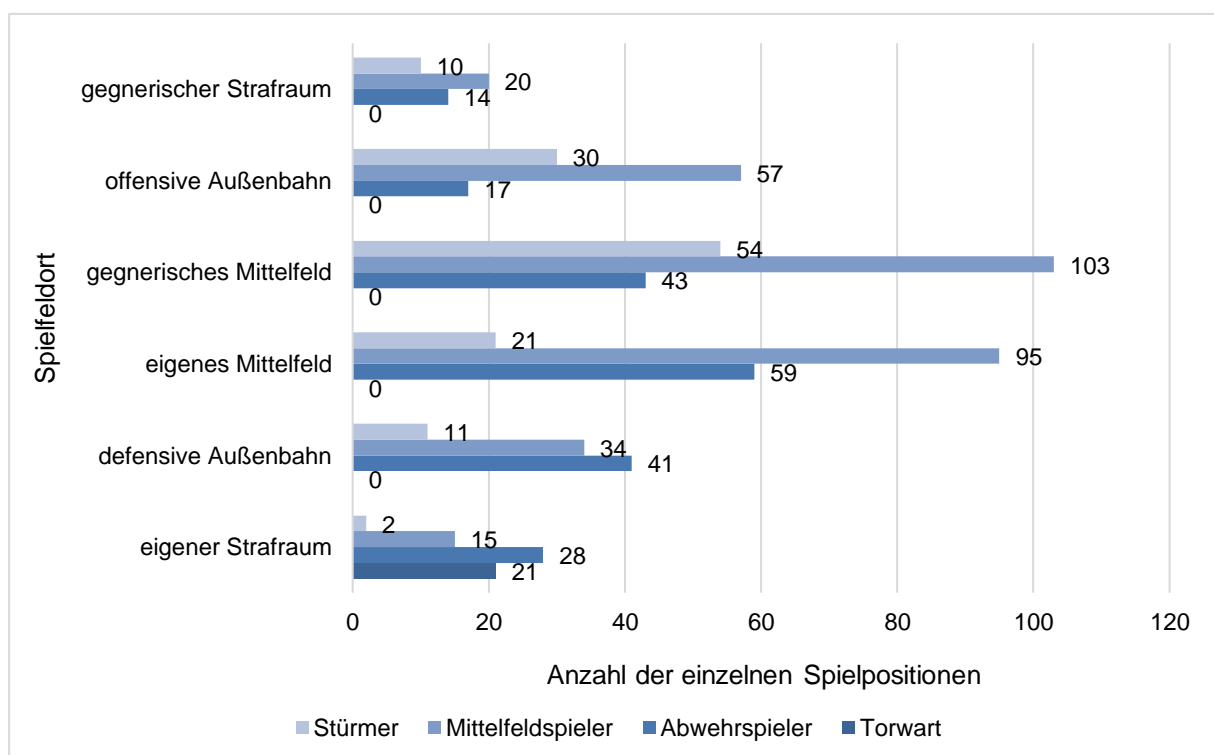


Abbildung 4: Position des betroffenen Spielers in Abhängigkeit vom Spielfeldort

3.2.4 Verletzungsfolgen und Spieleinsatz

Bei über zwei Drittel der 711 Verletzungssituationen erfolgte keine Auswechslung des betroffenen Spielers (69,9%; n=497). Lediglich 5,6% (n=40) aller Situationen führten zu einer verletzungsbedingten sofortigen Auswechslung. Dass die betroffenen Spieler erst später im Spielverlauf ausgewechselt wurden, ergab sich in 165 Verletzungssituationen (23,2%), wovon drei (0,4%) auf die Nachspielzeit fielen. Bei neun Situationen (1,3%) konnte keine Aussage getroffen werden. In knapp der Hälfte

der Verletzungssituationen blieben die Spieler am Spielgeschehen beteiligt (49,6%; n=353/711). Der Großteil der anderen Hälfte entfiel auf Spieler, welche nach einem Trauma selbstständig vom Spielfeld gingen (45,0%; n=320). Nur 29 Spieler (4,1%) konnten den Platz nicht selbstständig verlassen und erhielten beim Hinausgehen Unterstützung oder wurden vom Platz getragen. Wiederum neun Situationen (1,3%) blieben hinsichtlich des Spielerschicksals unklar. In einigen Fällen verließen die betroffenen Spieler das Feld nicht unmittelbar nach dem Verletzungsereignis, sondern erst im Laufe des Spiels (23,2%; n=164/711). Der Zeitpunkt solcher späteren Auswechslungen folgte keiner erkennbaren Regelmäßigkeit (siehe Abb. 5). In der zweiten Halbzeit kam es jedoch deutlich häufiger zu späteren Auswechslungen, mit den höchsten Werten in der 46. und 77. Spielminute.

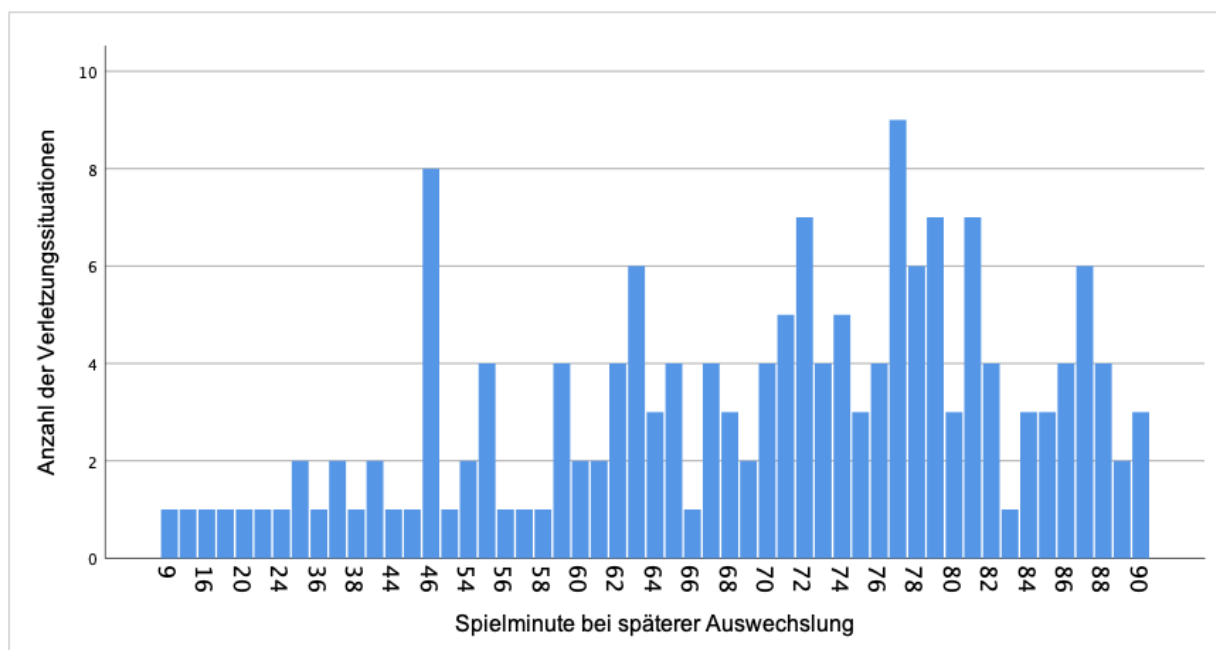


Abbildung 5: Spielminute bei späterer Auswechslung

Bei 90,9% (n=646/711) der Verletzungssituationen waren die betroffenen Spieler ab der ersten Spielminute auf dem Feld. In 33 Situationen (4,6%) wurden die Spieler erstmals zwischen der 24. und der 82. Minute eingesetzt (siehe Abb. 6). Spieler, die direkt zu Beginn der zweiten Halbzeit eingewechselt wurden (46. Minute), verletzten sich dabei deutlich häufiger (1,4%; n=10). Bei 32 Fällen (4,5%) konnten die Spieler

nicht eindeutig identifiziert werden und somit der erste Einsatz nicht klar eruiert werden.

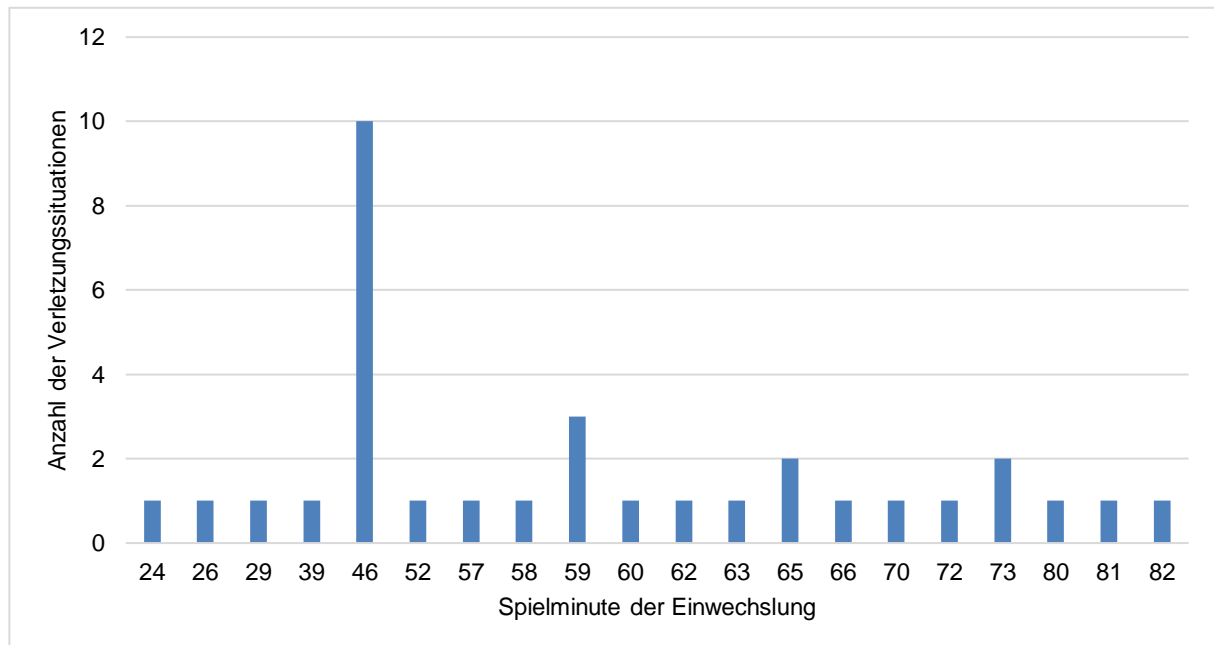


Abbildung 6: Einsatz ab Spielminute (bei späterer Einwechslung des betroffenen Spielers)

3.2.5 Spielsituation zum Zeitpunkt des Traumas

Am häufigsten spielte der betroffene Spieler selbst den Ball während einer Verletzung (30,2%; n=215), am seltensten war der Ball in Besitz eines Mitspielers der eigenen Mannschaft (20,5%; n=146). In 183 Situationen (25,7%) hatte der Gegner den Ball und in 167 Fällen (23,5%) war keine der beiden Mannschaften zum Trauma-Zeitpunkt im Ballbesitz. Dies war beispielsweise bei hohen Bällen der Fall. Betrachtet man die Ballherkunft, so zeichnet sich eine deutliche Tendenz ab. In 74,8 % (n= 532) der Verletzungssituationen befanden sich die betroffenen Spieler im freien Spiel. Die Verteilung der weiteren Spielphasen ist Tabelle 3 zu entnehmen. Die höchste Verletzungsgefahr für die Spieler ergab sich während eines Laufs (32,9%; n=234) oder während Flugphasen (15,0%; n=107) (siehe Abb. 7). Diese beiden Grundaktion sowie das Abstoppen (12,4%; n=88) waren zusammen für 60,3% aller Verletzungssituationen verantwortlich.

Tabelle 3: Übersicht über die Ballherkunft während der Verletzungssituation

Spielphase	Anzahl (n)	Häufigkeit in %
Freies Spiel	532	74,8
Einwurf	35	4,9
Freistoß	33	4,6
Eckball	19	2,7
11er	1	0,1
Abstoß	46	6,5
Konter	45	6,3
Gesamt	711	100,0

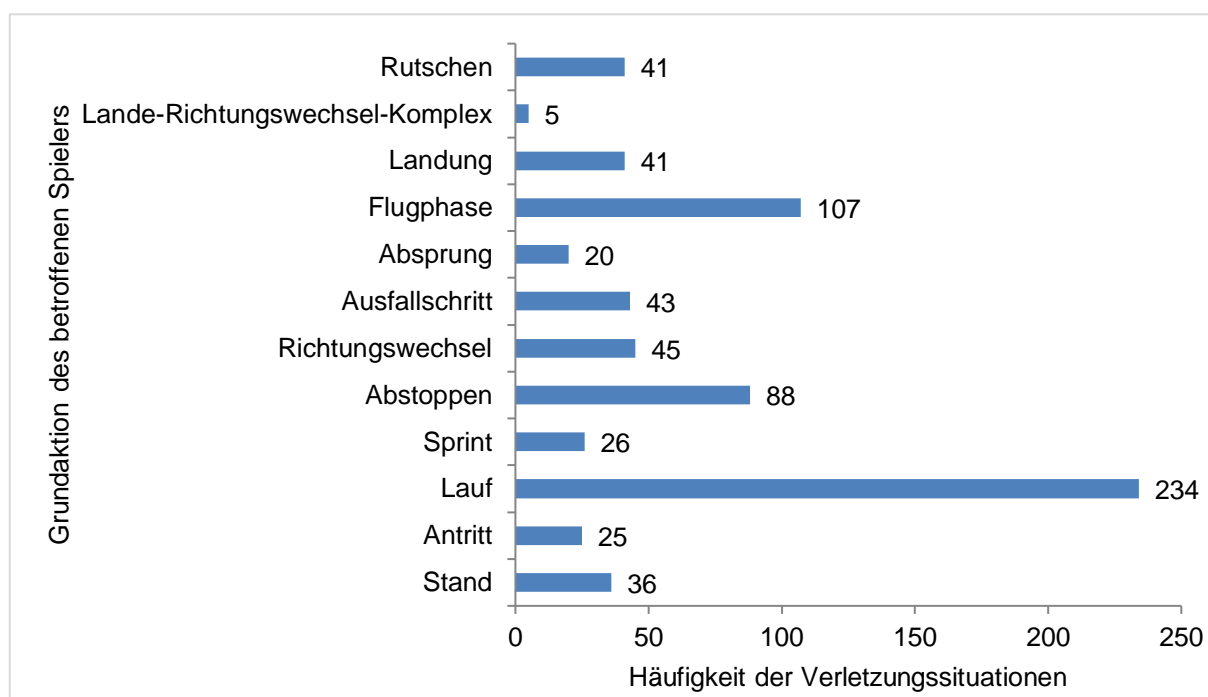


Abbildung 7: Grundaktion des betroffenen Spielers zum Zeitpunkt der Verletzungssituation

Die gefahrenträchtigsten Spielaktionen waren in absteigender Häufigkeit die Ballannahme (24,6%; n=175), der Kopfball (19,7%; n=140), das Dribbling (15,2%; n=108) und der Schuss des Balles (15,0%; n=107). Alle weiteren Spielaktionen sind Tabelle 4 zu entnehmen. In 78 Fällen passte keine der Auswahlmöglichkeiten zur momentanen Spielaktion des betroffenen Spielers, da dieser im Moment des Traumas

nicht aktiv am Ball war. Solche Fälle wurden unter „Sonstiges“ zusammengefasst und weiter untergliedert (siehe Tab. 4, rechte Spalte). Der Lauf ohne Ball unterschied sich dadurch vom Lauf zur Ballannahme, dass ersterer ohne Beziehung zum aktuellen Ballgeschehen stand. Beim Lauf zur Ballannahme war der Spieler nahe am Ball, hatte aber zum Zeitpunkt der Verletzungssituation noch keinen direkten Ballkontakt.

Tabelle 4: Spielaktion zum Zeitpunkt der Verletzungssituation

Spielaktion	Anzahl (n)	Häufigkeit (%)	Sonstiges *	Anzahl (n)	Häufigkeit (%)
Ballannahme	175	24,6	Abstoppen	3	0,4
Kopfball	140	19,7	Antritt	1	0,1
Dribbling	108	15,2	Ballabwehr mit den Händen	5	0,7
Schuss	107	15,0	Kollision mit Ball	15	2,1
Sonstiges *	78	11,0	Landung nach Flugphase	1	0,1
Tackling	51	7,2	Lauf ohne Ball	8	1,1
Pass	34	4,8	Lauf zur Ballannahme	38	5,3
Grätsche	18	2,5	Sprung zum Kopfball	1	0,1
Gesamt	711	100,0	Sprung zur Ballannahme	6	0,8

Nicht überraschend ist, dass die Spieler zumeist mit nur einem Bein (59,5%; n=423) Bodenkontakt hatten, passend zum Lauf als häufigste Grundaktion. Am häufigsten kamen die Spielaktionen Ballannahme und die Grundaktion Lauf dementsprechend auch beim einbeinigen Bodenkontakt vor. Keinen Bodenkontakt hatten die Spieler in 112 Situationen (15,8%). In 95,5% dieser Fälle befand sich der Betroffene dabei in einer Flugphase (n=107/112). Am häufigsten ereigneten sich Verletzungssituationen ohne Bodenkontakt zudem während Kopfballsituationen (83,0%; n=93/112). Beidbeiniger Bodenkontakt (24,8%; n=176) war mehrheitlich mit der Ballannahme (26,7%; n=47), dem Kopfball (22,2%; n=39) und passend dazu mit dem Rutschen (21,0%; n=37), Landen (19,3%; n=34) und Abstoppen (15,3%; n=27) assoziiert.

3.2.6 Zweikampfsituation und Fouls

Die Mehrheit der 711 Verletzungssituationen war von Zweikämpfen geprägt (93,1%; n=662). Hierzu wurden Tacklings, Laufduelle, Kopfballduelle, Grätschaktionen und Pressball-Situationen gezählt. Bei einem Großteil der Situationen war neben dem betroffenen Spieler ein Fußballspieler aus der gegnerischen Mannschaft (90,2%; n=641) beteiligt. In nur 2,3% (n=16) der Situationen waren sowohl Gegen- als auch Mitspieler in einen Zweikampf verwickelt. Eine alleinige Beteiligung eines Mitspielers aus der eigenen Mannschaft gab es in nur 1,1% der Situationen (n=8). Die Art des Zweikampfes folgte einer annähernd gleichmäßigen Verteilung, mit einem Ausreißer nach unten bei nur einer Pressball-Situation (0,1%). Die meisten Zweikampfsituationen ereigneten sich während eines Tacklings von Seiten des Gegners (28,7%; n=190) und während Laufduellen (23,7%; n=157), gefolgt von Kopfballduellen (19,3%; n=128), Grätschaktionen von Seiten des Gegners (18,9%; n=125), sowie Tackling (7,6%; n=50) und Grätsche (2,7%; n=18) des betroffenen Spielers. In acht Fällen kam es zu einer Mehrfachauswahl, beispielsweise bei Situationen, in denen sowohl der Gegner als auch der betroffene Spieler zeitgleich ein Tackling oder eine Grätsche ausführten. Eine einzige Situation ergab sich im Zweikampf ohne Ballkontakt (0,1%; n=1) und konnte daher keiner der untergeordneten Variablen zugeordnet werden. In dieser Situation riss der Gegner den Spieler um, ohne dass es sich dabei um einen konkreten Kampf um den Ballbesitz handelte.

Wenn es im Zweikampf zu einer Grätsche oder einem Tackling (53,2%; n=378) kam, unabhängig davon, ob die Aktion von Seiten des betroffenen Spielers oder seitens des Gegenspielers ausgeführt worden war, geschah dies am häufigsten von der Seite (54,5%; n=206). In 27,0% erfolgte das Trauma durch ein Tackling bzw. eine Grätsche von vorne (n=102) und in 18,5% von hinten (n=70). Die Richtungsherkunft der Angriffsbewegung unterschied sich dabei je nachdem, ob sie vom betroffenen Spieler oder vom Gegner ausgeführt wurde. Ein Tackling seitens des betroffenen Spielers erfolgte am häufigsten von vorne (48,0%; n=24), während ein vom Gegner ausgeführtes Tackling sich am häufigsten von der Seite (53,2%; n=101) ereignete. In fünf Verletzungssituationen (0,7%) wurde ein Tackling oder eine Grätsche zeitgleich sowohl vom Spieler und vom Gegner ausgeführt. Bei gut der Hälfte der insgesamt 711 Verletzungssituationen erfolgte die Bewertung der Situation durch den Schiedsrichter als ein Foul durch den Gegenspieler (55,1%; n=392) und in nur 5,8 % als ein Foul durch den betroffenen Spieler selbst (n=41/711). Von allen Situationen wurden 39,0%

(n=277/711) als nicht regelwidrig eingestuft. Eine Bewertung seitens des Schiedsrichters als Tätlichkeit traf nur einmal zu (0,1%). Der Großteil der insgesamt 711 Verletzungssituationen wurde ohne konsekutive Karte (69,5%; n=494) bewertet. Knapp ein Drittel wurde mit einer gelben Karte (27,4%; n=195) und in 14 Fällen mit einer roten (2,0%) geahndet. Gelb-rote Karten wurden insgesamt nur achtmal verhängt (1,1%).

3.2.7 Betroffene Körperregionen beim Spieler

Da für die Spieler während jeder Verletzungssituation die Möglichkeit bestand, an mehreren Körperregionen gleichzeitig ein Trauma davonzutragen, konnte auch bei der betroffenen Körperregion eine Mehrfachauswahl getroffen werden. Somit ergaben sich bei 711 Verletzungssituationen 911 betroffene Körperregionen (Traumata). Die von einem Trauma betroffenen Körperregionen zeigten in der Häufigkeitsverteilung einen deutlichen Schwerpunkt auf Kopf, Knie und Sprunggelenk (siehe Abb. 8). In drei der 711 Verletzungssituationen war die betroffene Körperregion nicht eindeutig identifizierbar.

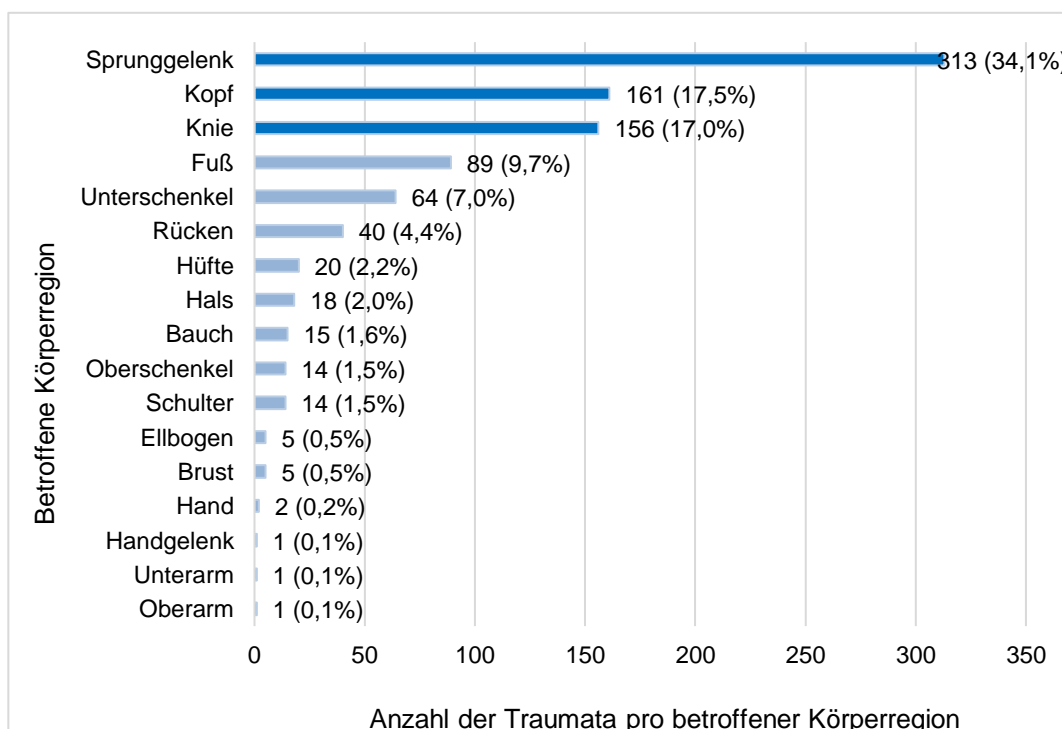


Abbildung 8: Anzahl der Traumata pro betroffener Körperregion (Häufigkeit in %)

Betrachtet man die Traumata (n=919) in Bezug auf die Position des betroffenen Spielers, so ist bei den Torhütern am häufigsten der Kopf (34,8%) betroffen, während bei allen anderen Positionsspielern die Sprunggelenksverletzungen dominieren (29,3% bei Abwehrspielern; 36,5% bei Mittelfeldspielern; 38,5% bei Stürmern). Allen Spielerpositionen gemein ist, dass Traumata in erster Linie den Kopfbereich und die unteren Extremitäten betreffen und im Vergleich zu anderen Körperregionen der Anzahl nach überwiegen (siehe Abb. 9).

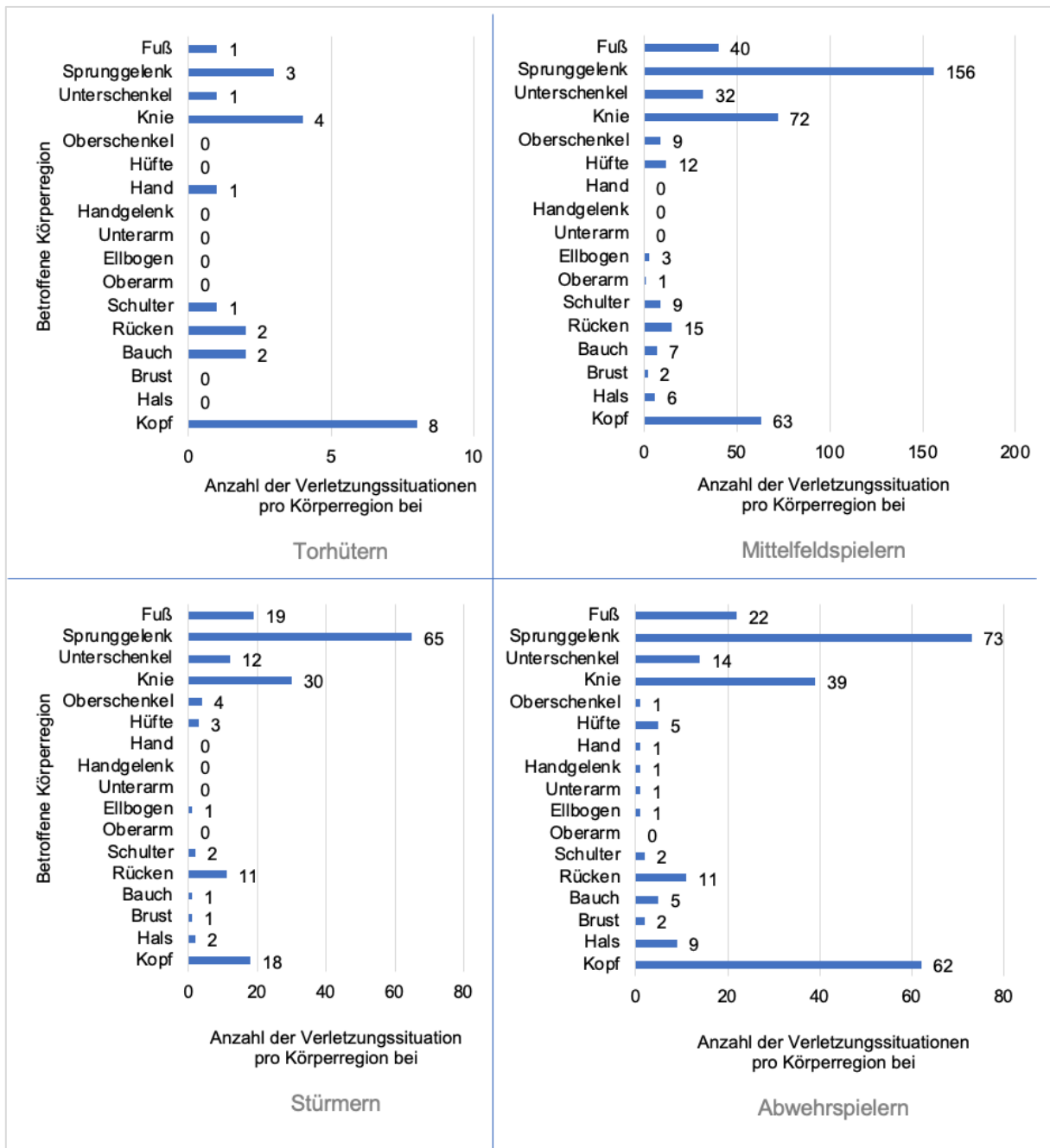


Abbildung 9: Anzahl der Verletzungssituationen pro Körperregion und Spielerposition

3.2.8 Entstehungsmechanismen der Traumata

Bei den 711 Verletzungssituationen waren insgesamt 919 Körperregionen betroffen. Diese Mehrfachzählung, welche bereits weiter oben anhand verschiedener Beispiele erläutert wurde, ist für eine valide Aussage über die Häufigkeit der betroffenen Körperregionen unerlässlich und wurde daher berücksichtigt. Durch die Mehrfachzählung der insgesamt 919 betroffenen Körperregionen ergibt sich eine Gesamtzahl von 971 Trauma-Regionen, bezogen auf alle Auslöser (siehe Abb. 10). Als Beispiel könnte folgendes Szenario dienen: Ein Spieler verletzt sich in einer von insgesamt 711 Verletzungssituationen am Unterschenkel und am Sprunggelenk, d.h. an zwei von insgesamt 919 Körperregionen. Der Grund für die Traumata war ein indirekter Kontakt bei einer Tackling-Situation. Hierbei kommt es zu einem Tritt seitens des Gegners (Trauma am Unterschenkel), woraufhin der Spieler umknickt (Trauma am Sprunggelenk). Daher werden beide Trauma-Regionen (Unterschenkel und Sprunggelenk) jeweils bei den Auslöser-Variablen „Tritt des Gegners“ und „Umknicken“ miteinberechnet. Dadurch entstehen für alle Trauma-Auslöser insgesamt 971 Trauma-Regionen.

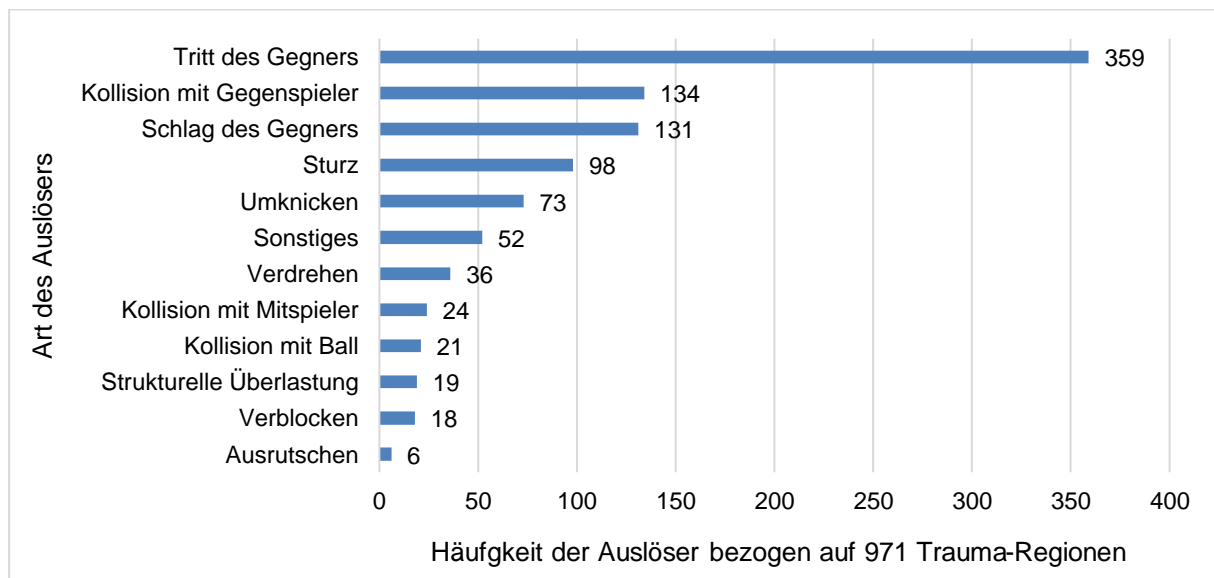


Abbildung 10: Übersicht über die Trauma- Auslöser

Bei allen Verletzungssituationen entstand ein Trauma am häufigsten aus einem direkten Kontakt heraus (72,0%; n=512/711) und dabei aufgrund eines Trittes durch den Gegner (28,4%; n=276/971) (siehe Abb. 12). Innerhalb der Rubrik des direkten

Kontaktes war der Tritt des Gegners sogar für knapp die Hälfte der Traumata ursächlich (49,6%; n=276/557). Bei 162 von 711 Verletzungssituationen (22,8%) war ein indirekter Kontakt der Grund für ein Trauma. Hierbei war der häufigste Auslöser nach Einwirkung von außen ein Sturz des betroffenen Spielers (9,5%; n=92/971), welchem innerhalb der Gruppe der indirekten Kontakte etwa ein Viertel (25,2%; n=92/365) der Traumata zugeschrieben wurde (siehe Abb. 11). Ein ähnlich hoher Anteil innerhalb dieser Rubrik kam dem Tritt des Gegners zu (22,7%; n=83/365). Ein Trauma ganz ohne vorherigen Kontakt zu einem anderen Spieler ereignete sich nur in 5,2% aller Situationen (n=37/711). Aufgrund der Mehrfachauswahlmöglichkeit ergaben sich bei Non-Kontakt-Mechanismen insgesamt 49 Trauma-Regionen. Am häufigsten waren diese auf ein Umknicken des Spielers (siehe Abb. 12) zurückzuführen (26,5%; n=13/49). Annähernd genauso häufig waren für ein Non-Kontakt-Trauma außerdem das Verblocken (22,4%; n=11/49) und die strukturelle Überlastung (18,4%; n=9/49) ursächlich. In absteigender Häufigkeit als Verletzungsursachen ohne vorherigen Kontakt folgten das Verdrehen (14,3%; n=7/49), das Ausrutschen (8,2%; n=4/49) (siehe Abb. 12, Bild links und Bild mittig), der Sturz (6,1%; n=3/49) und sonstige Auslöser (4,1%; n=2/49).

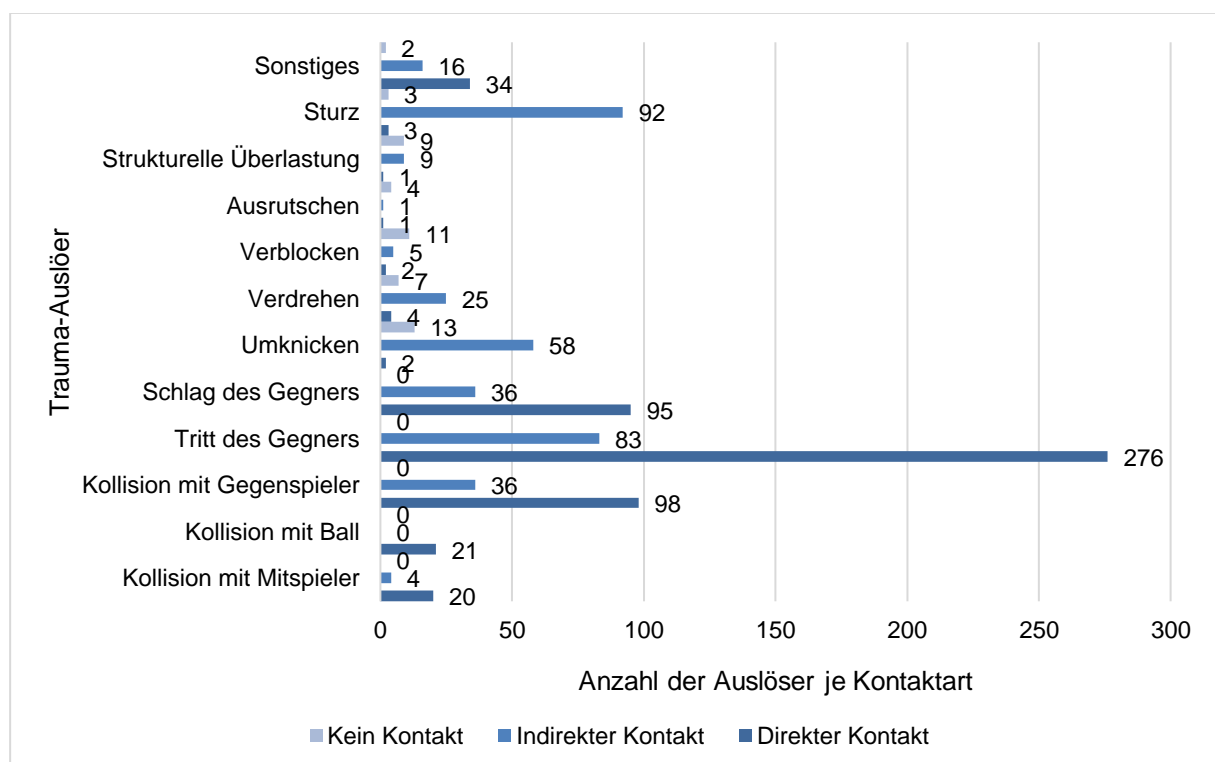


Abbildung 11: Anzahl der Auslöser je Kontaktart

Etwa 5,4% (52/971) der Traumata entstanden aufgrund sonstiger Kontakte, wobei die Mehrheit dem Tackling (4,2%; n=30/711) und der Grätsche (1,8%; n=13/711) des jeweils betroffenen Spielers zuzuschreiben war. Während eine Grätschaktion durch den betroffenen Spieler selbst immer mit einem direkten Kontakt einherging (1,8%; 13/711), waren beim Tackling seitens des Betroffenen nahezu gleich häufig der direkte (2,3%; n=16/711) und indirekte (2,0%; n=14/711) Kontakt ursächlich für Traumata.



Abbildung 12: Auslöser für ein Trauma ohne Kontakt waren beispielsweise das Ausrutschen mit konsekutivem Verblocken (Bild links) sowie das darauffolgende Umknicken im Sprunggelenk und Verdrehen des Knies (Bild mittig). Das Bild rechts zeigt eine weitere Situation mit einem Umknicken in Varusstellung des Sprunggelenks

3.2.9 Kontaktregionen bei Gegen- und Mitspielern

Bei 641 der 711 Verletzungssituationen hatte der betroffene Spieler direkten Körperkontakt zum Gegner, wodurch sich insgesamt 864 Kontaktregionen beim Gegenspieler ergeben. Dieser Wert entsteht, wie bereits oben beschrieben, durch die mögliche Mehrfachauswahl bei kontaktierten Körperregionen. Passend zu dem häufigsten Auslöser von Verletzungssituationen, nämlich dem Tritt des Gegners, waren die drei häufigsten Kontaktregionen beim Gegner (siehe Abb. 13) der Fuß (37,2%; n=321/864), der Unterschenkel (12,0%; n=104/864) und das Knie (11,0%; n=95/864). Zusammen mit dem Ellbogen (9,8%; n=85/864) stellten diese vier Lokalisationen 70,0% der Kontaktregionen beim Gegner dar. Körperregionen des Gegners, die in keiner der 711 Verletzungssituationen berührt wurden, waren Hals, Handgelenk und Bauch.

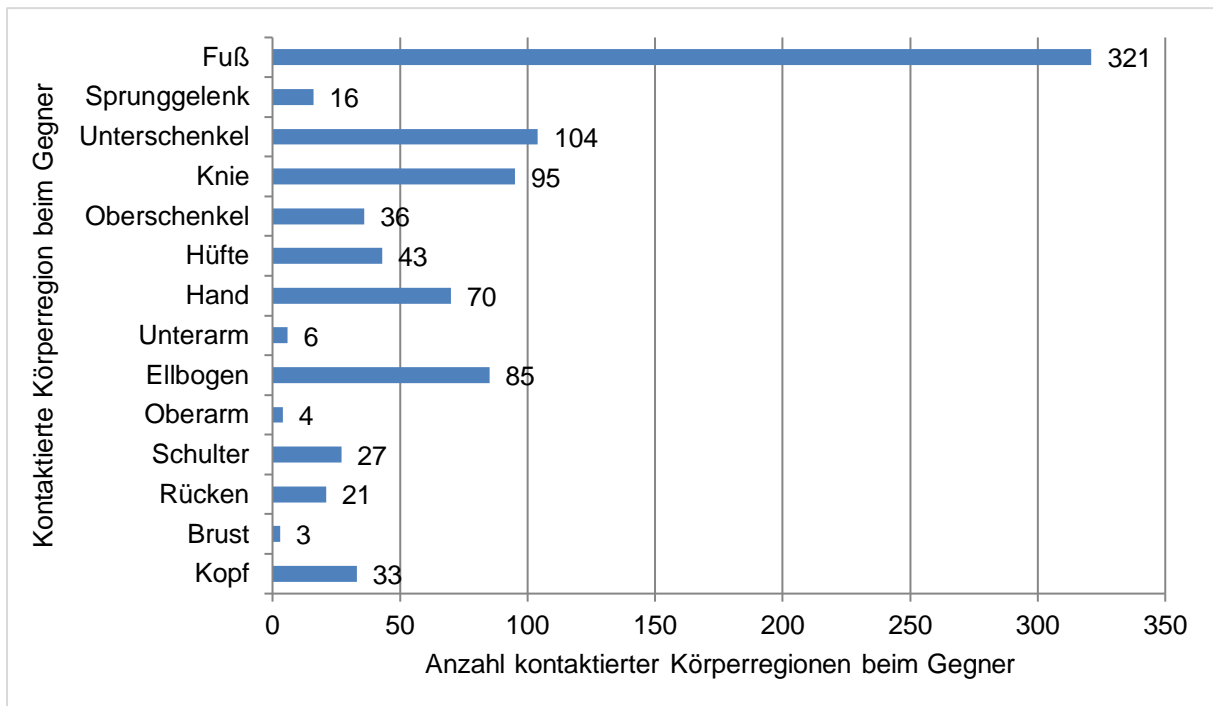


Abbildung 13: Kontaktierte Körperregionen beim Gegenspieler

Die Mitspieler der betroffenen Spieler waren in nur insgesamt 24 Verletzungssituationen verwickelt, welche sich aus acht Situationen mit dem jeweils betroffenen Spieler und 16 Duellen mit Beteiligung aller drei Parteien, d.h. betroffener Spieler, Mitspieler und Gegenspieler, zusammensetzten. Wie in Abbildung 14 zu sehen ist, ergaben sich insgesamt 35, teils mehrfach kontaktierte Körperregionen bei den Mitspielern. Knapp ein Drittel davon entfiel auf die Region Fuß (31,4%; $n=11/35$). Am zweithäufigsten war der Ellbogen betroffen (11,4%; $n=4/35$). Da die 24 Kontaktsituationen zwischen Mitspielern und betroffenen Spielern nur einen geringen Anteil an allen 711 Verletzungssituationen ausmachten (3,4%), sollte ein Rückschluss auf größere Kollektive nur mit Zurückhaltung gezogen werden. Im Vergleich zu den Gegenspielern, die häufiger in Spieler-Gegner-Duellen kontaktiert wurden ($n=641/711$), fanden Körperkontakte zu den Mitspielern häufiger in Situationen statt, an welchen alle drei beteiligt waren ($n=16/711$), als in reinen Mitspieler- Spieler-Situationen ($n=8/711$).

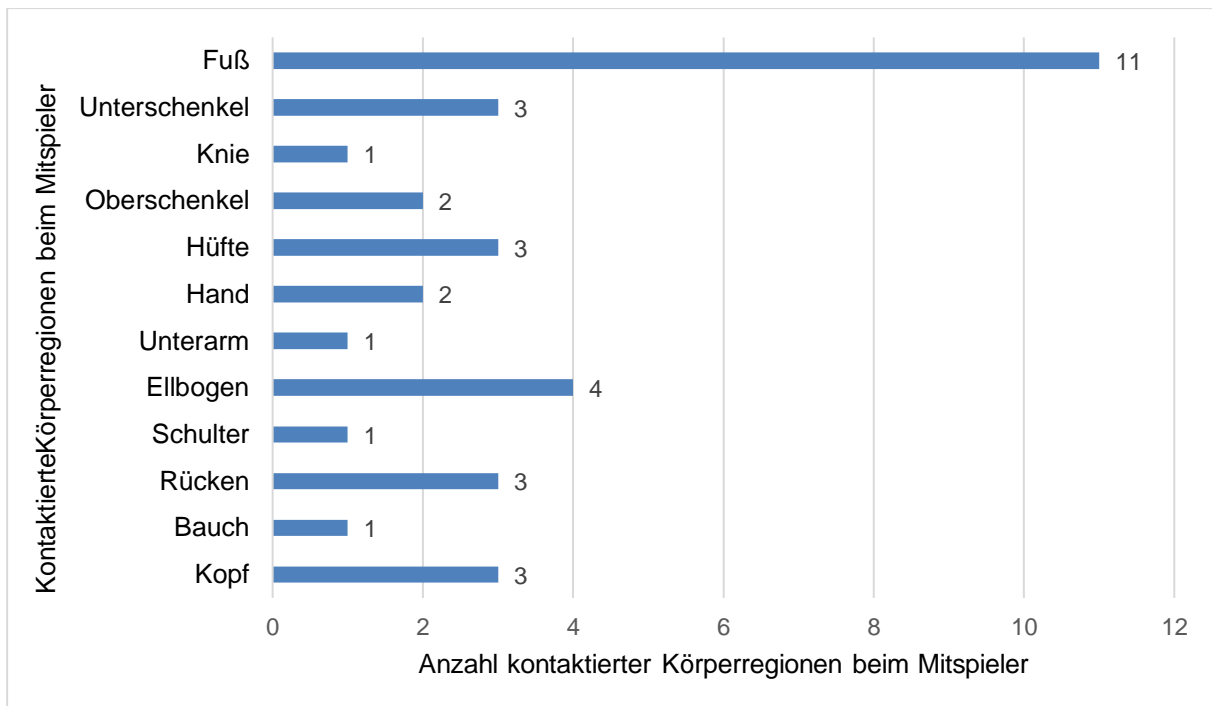


Abbildung 14: Kontaktierte Körperregionen beim Mitspieler

3.3 Zusatzanalyse der Körperregionen Kopf, Knie, Sprunggelenk

Es stellte sich heraus, dass die Regionen Kopf, Knie und Sprunggelenk deutlich häufiger traumatisiert wurden als alle anderen Körperregionen und somit die risikoträchtigen Körperregionen, sog. Hotspots, darstellten. Betrachtet man die häufigsten Verletzungsursachen je Hotspot-Region, so zeigt sich, dass den Traumata an Knie und Sprunggelenk häufig dieselben Verletzungs-Mechanismen zugrunde liegen, was in der anatomischen Nähe begründet sein könnte (siehe Tab. 5).

Bei Läsionen am Kopf zeigte sich, dass der Ballbesitz zum jeweiligen Trauma-Zeitpunkt statistisch signifikant häufiger als erwartet beim Mitspieler ($p=0,004$) oder beim Gegner ($p=0,005$) lag und nicht beim betroffenen Spieler selbst ($p<0,001$). Die Spielphasen, in welchen Traumata am Kopf statistisch signifikant häufiger auftraten, waren Freistöße ($p=0,001$), Eckbälle ($p=0,001$) und Abstöße ($p<0,001$), also im Allgemeinen in Situationen mit hohen Bällen, welche eine Annahme mit dem Kopf erfordern. Statistisch signifikant häufiger traten Läsionen am Kopf außerdem während Kopfballduellen ($p<0,001$), Flugphasen ($p<0,001$) und ohne Bodenkontakt zum Zeitpunkt des Traumas ($p<0,001$) auf.

Tabelle 5: Häufigste Verletzungsursachen je Hotspot-Region (Anzahl n; Häufigkeit in %)

	Kopf	Knie	Sprunggelenk
Ballbesitz	Gegnerische Mannschaft	Verletzter Spieler selbst	
	55/161 (34,2%)	59/156 (37,8%)	135/313 (43,1%)
Spielphase	Freies Spiel		
	90/161 (55,9%)	126/156 (80,8%)	260/313 (83,1%)
Grundaktion	Flugphase	Lauf	
	80/161 (49,7%)	53/156 (34,0%)	126/313 (40,3%)
Spielaktion	Kopfball	Ballannahme	
	95/161 (59,0%)	41/156 (26,3%)	94/313 (30,0%)
Beteiligung anderer Spieler	Gegenspieler		
	133/161 (82,6%)	141/156 (90,4%)	293/313 (93,6%)
Zweikampfarm	Kopfballduell	Tackling des Gegners	
	87/142 (61,3%)	55/145 (37,9%)	104/298 /34,9%
Richtung des Tacklings/der Grätsche	Von der Seite		
	10/19 (52,6%)	50/100 (50,0%)	139/237 (58,6%)
Bodenkontakt	Kein Bodenkontakt	Einbeinig	
	81/161 (50,3%)	102/156 (65,4%)	250/313 (79,9%)
Ort der Verletzung	Gegnerisches Mittelfeld mittig		
	39/161 (24,2%)	48/156 (30,8%)	101/313 (32,3%)
Spielhälfte	Abwehr	Angriff	
	86/161 (52,4%)	81/156 (51,9%)	174/313 (55,6%)
Bewertung durch den Schiedsrichter	Kein Foul	Foul durch den Gegner	
	89/161 (55,3%)	89/156 (57,1%)	203/313 (64,9%)
Konsequenz	Keine Karte		
	135/161 (83,9%)	109/156 (69,9%)	185/313 (59,1%)
Kontaktart	Direkter Kontakt		
	146/161 (90,7%)	83/156 (53,2%)	214/313 (68,4%)
Auslöser	Schlag des Gegners	Tritt des Gegners	
	66/161 (41,0%)	88/156 (56,4%)	230/313 (73,5%)
Kontaktregion beim Gegenspieler	Ellbogen	Fuß	
	53/138 (38,4%)	68/140 (48,6%)	219/292 (75,0%)
Kontaktregion beim Mitspieler	Hüfte und Fuß	Fuß	
	Je 3/12 (25,0%)	3/4 (75,0%)	5/5 (100,0%)
Mannschaft des verletzten Spielers	Heimmannschaft	Gastmannschaft	
	82/161 (50,9%)	79/156 (50,6%)	165/313 (52,7%)
Zeitpunkt der Verletzung	1. Halbzeit	2. Halbzeit	
	84/161 (52,2%)	90/156 (57,7%)	172/313 (55,0%)
Spielminutensechstel	2. Sechstel	5. Sechstel	6. Sechstel
	32/161 (19,9%)	33/156 (21,2%)	65/313 (20,8%)
Position	Mittelfeld		
	63/151 (41,7%)	72/145 (49,7%)	156/297 (52,5%)
Spielerschicksal	Geht raus		Bleibt
	90/161 (55,9%)	78/156 (50,0%)	170/313 (54,3%)

Vor allem Kollisionen mit dem Ball ($p < 0,001$) und direkte Kontakte ($p < 0,001$) mit Mitspielern ($p = 0,001$) und Gegenspielern ($p < 0,001$) führten verstärkt zu Kopftraumata. Zu den direkten Kontakten zählten insbesondere der Schlag durch den Gegenspieler (41%; 66/161; $p < 0,001$) und die Kollision mit dem Gegner (32,9%; 53/161; $p < 0,001$), welche vorwiegend mit den Ellbogen (32,9%; 53/161) und den Händen (21,1%; 34/161) erfolgten. Ein Kopf-an-Kopf-Anprall der Kontrahenten ($p < 0,001$) war für 19,3% (31/161) aller Kopftraumata verantwortlich. Verletzungssituationen, die den Kopf betrafen, wurden außerdem vom Schiedsrichter signifikant häufiger als kein Foul ($p < 0,001$) und ohne konsequente Karte ($p < 0,001$) bewertet und betrafen vorrangig Abwehrspieler ($p = 0,001$). Nach Kopftraumata entschieden sich deutlich mehr Spieler dafür, das Feld zu verlassen (55,9%; $n = 90/161$), als für eine weitere Teilnahme am Spielgeschehen (39,8%; $n = 64/161$) (siehe Tab. 6). In wenigen Fällen (2,5%; $n = 4/161$) brauchten sie sogar Unterstützung bei Verlassen des Spielfeldes. Wenn ein Spieler ersetzt wurde, was in 26,1% ($n = 42/161$) der Fälle eintrat, dann erfolgte bei 81,0% ($n = 34/42$) die Auswechslung erst zu einem späteren Zeitpunkt. Vergleicht man jedoch die drei Hotspot-Körperregionen (siehe Tab. 6) hinsichtlich der Verletzungsfolgen, dann fällt auf, dass Spieler mit Traumata am Kopf seltener ausgewechselt werden (26,1%; $n = 42/161$) als solche mit Traumata am Sprunggelenk (27,8%; $n = 87/313$) oder am Knie (34,0%; $n = 53/156$). Außerdem verließen mehr Spieler nach Kopf-Traumata selbstständig das Spielfeld (55,9%; $n = 90/161$) als nach Sprunggelenks- (40,9%; $n = 128/313$) oder Knie-Traumata (50,0%; $n = 78/156$).

Knieverletzungen resultierten hauptsächlich aus Aktionen wie dem Rutschen ($p < 0,001$) und Grätschen ($p = 0,037$) des betroffenen Spielers sowie aus einem Tackling durch den Gegner ($p = 0,008$). Absolut am häufigsten waren direkte Kontaktmechanismen (53,2%) ursächlich für Knie Traumata, wobei diese zumeist durch einen Tritt des Gegners (56,2%) entstanden. Bei indirekten Verletzungsmechanismen (37,8%) waren Traumata hauptsächlich auf ein Verdrehen des Kniegelenks ($p < 0,001$), strukturelle Überlastungen ($p = 0,02$) und Stürze ($p = 0,002$) zurückzuführen. Nach Kniegelenkstraumata verließen 50,0% ($n = 78/156$) der Betroffenen das Spielfeld eigenständig, wobei zusätzliche 7,1% ($n = 11/156$) von ihnen mit Unterstützung vom Spielfeld gingen oder sogar getragen werden mussten. Im Vergleich zu den Hotspot-Regionen Kopf und Sprunggelenk waren die Betroffenen hier deutlich häufiger auf Hilfe beim Verlassen des Spielfeldes angewiesen (siehe Tab. 6).

Verletzungssituationen, die das Sprunggelenk betrafen, wurden von den Schiedsrichtern häufiger als ein Foul durch den Gegner ($p < 0,001$) bewertet und mit einer gelben Karte ($p < 0,001$) geahndet. Mehr als die Hälfte der betroffenen Spieler (54,3%; $n=170/313$) blieb nach Traumata am Sprunggelenk im Spielgeschehen (siehe Tab. 6). Über zwei Drittel der Betroffenen (70,3%; $n=220$) wurden gar nicht ausgewechselt. Bei knapp einem Viertel (21,8%; $n=19/87$) der ersetzten Spieler (27,8%; $n=87/313$) erfolgte die Auswechslung aber dann sofort nach dem Verletzungsgeschehen. Traumata am Sprunggelenk ereigneten sich am häufigsten bei Mittelfeldspielern ($n=156/297$), beim Zweikampf mit dem Gegenspieler und während eines Tacklings ($p=0,001$) oder einer Grätsche ($p < 0,001$). Passend zu diesen Angriffsbewegungen waren Traumata am Sprunggelenk häufiger auf einen Tritt des Gegners ($p < 0,001$) zurückzuführen. Außerdem war entsprechend der anatomischen Gegebenheiten und der Biomechanik von Sprunggelenksverletzungen (93) hierfür ein Umknicken ($p < 0,001$) des betroffenen Spielers signifikant häufiger ursächlich.

Tabelle 6: Entscheidungen der Spieler nach Verletzungssituationen

	Sprunggelenk n=313 n (%)	Kopf n=161 n (%)	Knie n=156 n (%)
Verletzungsfolgen			
Spieler bleibt im Spiel	170 (54,3%)	64 (39,8%)	64 (41,0%)
Spieler verlässt das Feld	128 (40,9%)	90 (55,9%)	778 (50,0%)
Spieler wird vom Feld getragen	14 (4,5%)	4 (2,5%)	11 (7,1%)
Unklar	1 (0,3%)	3 (1,7%)	3 (1,9%)
Auswechslung			
Auswechslung	87 (27,8%)	42 (26,1%)	53 (34,0%)
Keine Auswechslung	222 (70,9 %)	117 (72,7%)	103 (66,0%)
Unklar	4 (1,3%)	2 (1,2%)	0 (0%)
Zeitpunkt der Auswechslung			
Sofortige Auswechslung	19 (6,1%)	8 (5,0%)	15 (9,6%)
Spätere Auswechslung	66 (21,1%)	34 (21,1%)	38 (24,4%)

4 Diskussion

4.1 Allgemeines

Aufgrund der großen Beliebtheit des Mannschaftssportes Fußball gibt es in der Literatur nicht wenige Studien zu den damit einhergehenden Verletzungen und deren Prävention. Diese beziehen sich allerdings größtenteils auf männliche Profifußballspieler. In den letzten Jahren steigt auch die Anzahl der Studien zu Verletzungen im Frauenfußball (94–99). Wenig vertreten sind bisher Studien zum Amateurfußball (24,100–103) und vor allem wissenschaftlichen Arbeiten zur semi-professionellen Spielklasse in Deutschland, welche bis vor kurzem noch nicht existent waren. Im Jahre 2018 wurde von Loose et al. (24) erstmals eine groß angelegte Studie zu den Verletzungsinzidenzen im deutschen semi-professionellen Fußball veröffentlicht.

Obwohl in der Literatur seit der Veröffentlichung der „Football incident analysis“ (FIA) von Andersen et al. (29) mehr und mehr Studien zur Videoanalyse im Fußball zu finden sind, ist in den vorangegangenen Videoanalysen meist der Profifußball untersucht worden (28,29,33,104,105). Videoanalysen im Amateurfußball sind zum jetzigen Zeitpunkt in der Literatur noch eine Seltenheit und wurden bisher nur an kleinen Kollektiven zur Messung biomechanischer Abläufe genutzt (75,77).

Der semi-professionelle, bezahlte Amateurfußball stellt in seinem Anforderungsprofil eine eigene Entität dar, da die Kondition der Spieler, die Trainingsqualität, die Spielfeldbeschaffenheit, das Foulspiel und die Behandlung von und Rehabilitation nach Verletzungen sich grundlegend sowohl von denen der Profiklassen als auch von denen der Amateurklassen unterscheiden. Im Vergleich zu niedrigeren Amateurklassen sind Spieler der vierten Liga einer höheren Frequenz an Trainings ausgesetzt und müssen höheren physischen und psychischen Anforderungen gerecht werden (24). Diese Umstände stehen jedoch im Kontrast zu der im Vergleich zu Profiklassen schwächer ausgeprägten medizinischen Unterstützung (106). Da den oben genannten Faktoren erwiesenermaßen eine Schlüsselrolle bei der Entstehung schwerer Verletzungen zukommt (107), sie bis dato im semi-professionellen Fußball jedoch noch nicht in ausreichendem Umfang untersucht worden sind, ist eine genauere Analyse notwendig. Nach dem aktuellen Wissensstand stellt diese Arbeit die erste Videoanalyse von Verletzungsmechanismen im deutschen semi-professionellem Fußball über eine komplette Saison hinweg dar. Da sich Fußballverletzungen häufiger

in Wettkampfsituationen als während der Trainingszeit ereignen (22), erscheint eine Videoanalyse als das geeignete Mittel, um die typischen Muster und Mechanismen von Verletzungsgeschehen aufzudecken.

4.2 Verletzungshergang und -mechanismen

Rahnama et al. (108) untersuchten in ihrer Studie den Zeitpunkt, zu dem Verletzungen vermehrt auftraten. Dieser zeigte eine klare Tendenz zu der anfänglichen Phase der einzelnen Spiele, während Hawkins et al. (23) eine Zunahme der Verletzungsinzidenz in den letzten 15 Minuten jeder Halbzeit sowie generell in der zweiten Halbzeit verzeichneten. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt des Auftretens und der Häufigkeit von Verletzungen konnte in dieser Arbeit nicht nachgewiesen werden, jedoch fanden sich die meisten Verletzungen in den letzten 15 Minuten der jeweiligen Halbzeit, wie es auch bei Fitzharris et al. (100) in einer Studie zu Verletzungen von irischen Amateurfußballspielern der Fall war. Dies könnte unter anderem an der im Laufe des Spiels zunehmenden muskulären Erschöpfung der Spieler liegen, welche bereits in einer Studie von Lieber et al. (109) als Risikofaktor für Verletzungen identifiziert wurde. Die unterschiedlichen Ergebnisse verschiedener Studien zu den Verletzungszeitpunkten könnten laut Junge und Dvorak (65) auf die unterschiedlichen Studiendesigns zurückzuführen sein. Schon 1996 machten Arnason et al. (19) die Beobachtung, dass Profispieler in Island, die sich über eine längere Zeit auf die kommende Fußballsaison vorbereiten konnten, signifikant weniger Verletzungen im Laufe einer Saison erlitten als Spieler mit kurzer Vorbereitungszeit. Diese Beobachtung könnte unter anderem ein Erklärungsansatz dafür sein, dass in der vorliegenden Arbeit mehr Spieler verletzt wurden, die direkt am Anfang der zweiten Halbzeit (s. Abb. 6) eingewechselt wurden, als Spieler, die die gesamte erste Halbzeit zum Aufwärmen zur Verfügung hatten. In der Studie von Bradley et al. (110) wurde außerdem eine Zunahme an Auswechslungen direkt zur Halbzeit verzeichnet. Eine größere Anzahl an eingewechselten Spielern könnte daher ebenfalls zu dem oben genannten Ergebnis beitragen. Zudem zeigen vorläufige Untersuchungen (111), dass Stürmer, die erst im Verlauf eines Spiels eingewechselt werden, nicht dieselbe Distanz zurücklegen können, die sie normalerweise zurücklegen, wenn sie bereits zu Beginn eines Wettkampfs am Spiel beteiligt sind.

Das Zusammenspiel von ungenügender physischer Vorbereitung, Erwartungsdruck (112,113) und dem Unvermögen gleich zu Beginn der Einwechslung die übliche Leistung zu erbringen, könnte ursächlich für die deutlich häufigeren Verletzungen von eingewechselten Spielern in der 46. Spielminute sein.

Im Profi- wie auch im Amateurfußball wechseln sich Mittelfeld und Abwehrspieler an der Stelle der meistverletzten Spielposition ab. Es folgen die Stürmer an dritter und die Torhüter an letzter Stelle. Diese Ergebnisse lassen sich sowohl in nicht-medienbasierten Studien als auch in Videoanalysen finden (8,91,101) und korrelieren mit den Resultaten dieser Arbeit. Außerdem verletzen sich Torhüter und Abwehrspieler deutlich häufiger am Kopf (9,30), während Mittelfeldspieler deutlich anfälliger für Sprunggelenksverletzungen (7,30) sind. Dies könnte daran liegen, dass Mittelfeldspieler regelmäßig ins Dribbling gehen und viele Ballaktionen haben (30). Auch in dieser Arbeit machen Traumata am Kopf bei Torhütern den größten Anteil (38,1%), Mittelfeldspieler dagegen waren am häufigsten von Sprunggelenkstraumata betroffen (47,9%), genauso wie Stürmer (50,4%) und Abwehrspieler (36,3%). An zweiter Stelle der häufigsten Verletzungslokalisationen standen bei Mittelfeld- und Angriffsspielern die Knieregionen (22,1% bzw. 23,3%), bei Abwehrspielern war es die Kopfregion (30,8%). Wie in der Videoanalyse zum Profifußball von Klein et al. (30) war auch in dieser Arbeit der betroffene Spieler vor einer Verletzungssituation am häufigsten selbst im Ballbesitz und befand sich im freien Spiel. Bei Videoanalysen der Profiklassen verletzten sich die Spieler am häufigsten während eines Laufs oder Sprints (28,78,91). Auch im Amateurfußball (100) war der Lauf eine der risikoträchtigen Aktionen (30,9%), was ebenfalls mit den Ergebnissen dieser Arbeit korreliert (32,9%). In einer Videoanalyse von Bundesligaspielen zeigten Klein et al. (91) auch für die Flugphase (10,1%) eine ganz ähnliche Häufigkeit wie in dieser Arbeit (15,0%) auf. Bei Andersen et al. (78) kam das Kurzpassspiel als häufigste Teamsituation vor Verletzungen vor. Klein et al. (91) detektierten als häufigste Spielaktionen während einer Verletzung das Dribbling (16,5%), die Balleroberung bzw. den Angriff eines Gegenspielers (14,2%), das Kopfballspiel (13,3%), das Tackling (10,1%) und die Grätsche (6,4%). Traumata in dieser Arbeit ereigneten sich in prozentualer Kongruenz mit den Ergebnissen der oben genannten Studien am häufigsten während der Ballannahme (24,6%), dem Kopfballspiel (19,7%), dem Dribbling (15,2%) und während Schüssen (15,0%).

Wie auch in den Studien von Luig et al. (7,8) ereigneten sich die meisten Verletzungssituationen im eigenen und gegnerischen zentralen Mittelfeld. Die Anteile der verschiedenen Spielfeldbereiche sind in der vorliegenden Arbeit unterschiedlich groß gewählt, da man sich bei der Einteilung an den Spielfeldmarkierung orientiert hat. Diese Aufteilung sollte trotz der singulären Kameraperspektive eine möglichst zuverlässige Identifizierung des Spielfeldortes zum Zeitpunkt des Traumas gewährleisten. Eine alternative Möglichkeit wäre eine Spielfeldunterteilung in Drittel gewesen, wie sie bei Andersen et al. (78) und Arnason et al. (28) vorgenommen wurde. Gleichwohl traten auch hier während der Angriffsphase die meisten Verletzungen bzw. Verletzungssituationen im Mittelfeld auf.

Ein Foul durch den Gegner führte in gut der Hälfte der in der vorliegenden Arbeit analysierten Situationen (55,1%) zu einem Trauma, ein Foul durch den betroffenen Spieler selbst war in nur 5,8% der Fälle dafür verantwortlich. Bei Profispielern resultierten Foulspiele der Gegner deutlich seltener in Verletzungssituationen (18,6% und 22,0%) (8,91). Stattdessen waren Regelwidrigkeiten durch die Spieler selbst häufiger (11,5% und 12,5%) verglichen mit 5,5% der Verletzungssituationen, in welchen den Betroffenen in der vorliegenden Arbeit eine Regelwidrigkeit zugeschrieben wurde. Zudem wurden Fouls in dieser Arbeit deutlich häufiger mit einer gelben Karte geahndet (27,4%) als bei höheren Spielklassen (7,1%) (8). Häufiger als erwartet wurden Situationen außerdem als kein Foul ($p < 0,001$) gewertet und ohne konsequente Karte ($p < 0,001$). Dies könnte zum einen daran liegen, dass insbesondere in offensiven Spielfeldbereichen Verletzungen, die nach Ausführung eines Tacklings entstehen, von Schiedsrichtern weniger wahrscheinlich mit einem Foul geahndet werden (104). Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit, da Verletzungssituationen am häufigsten während des Tacklings und im Mittelfeld stattfanden. Zum anderen muss hier erneut darauf hingewiesen werden, dass auch potenziell unkritische Situationen, welche keine tatsächlichen Verletzungen nach sich zogen und daher auch nicht als Regelwidrigkeit gewertet wurden, in die Bewertung miteinfließen.

Während in höheren Spielklassen (7,8,78) die meisten Verletzungen nach einem direkten Kontakt mit anderen Spielern oder nach einem direkten Kontakt mit dem Ball entstanden (49,9% bis 90%), ist dieser Anteil bei Videoanalysen von Amateurfußballspielern (100,101) deutlich geringer (25,7% bis 34,9%). Dabei gehen den direkten Kontaktverletzungen sowohl bei Amateurspielern (100) als auch bei

Profispielern (91) am häufigsten Kollisionen mit anderen Spielern (22,4% bzw. 46,5%), ein Tritt des Gegners (32,9%) (91) oder Tackling-Situationen (11,2%) (100) voraus. Wie bei einem Großteil der Studien zur Videoanalyse im Fußball (28,78,91) resultierten auch in dieser Arbeit die meisten Verletzungen aus Zweikampfsituationen (93,1%) und aus direkten Kontakten (72,0%) mit anderen Spielern oder mit dem Ball. Traumata entstanden dabei am häufigsten aus einem Tritt des Gegners (49,6%) oder einer Kollision mit dem Gegenspieler (17,6%) heraus. Wenn ein Trauma bei einem direkten Kontaktmechanismus durch ein Tackling entstand, wurde dieses am häufigsten von der Seite ausgeführt (54,5%), was sich mit den Beobachtungen anderer Autoren (78) deckt (20-23%).

Verletzungen ohne Kontakt zu einem Mit- oder Gegenspieler bzw. ohne Kontakt zum Ball oder Torpfosten, also Nicht-Kontakt-Verletzungen, waren bei Videoanalysen in höheren Spielklassen (7,8,78) deutlich seltener vertreten als bei Spielen der Amateurlklassen (100,101). Bei Letzteren verursachten sie bis zu über die Hälfte der Verletzungen (54,6%) und waren größtenteils auf ein Verdrehen einer Körperregion (7,9%) zurückzuführen. Chomiak et al. (107) postulieren in ihrer Studie zu Verletzungen bei Spielern hoher wie auch niedrigerer Spielklassen, dass Non-Kontakt-Verletzungen vor allem durch Überlastungen, unzureichendes Training und schlechte Spielfeldbedingungen entstehen. In einer Studie zu Non-Kontakt-Verletzungen des Kniegelenks (40) fiel auf, dass eine ungenügende Rehabilitation und eine reduzierte Muskelkraft die Spieler ebenfalls anfällig für Verletzungen machen. Die genannten prädisponierenden Faktoren lassen sich allesamt verstärkt in den unteren Spielklassen finden (24,106,114) und könnten mitunter die Ursache für den höheren Anteil an Non-Kontakt-Verletzungen bei Spielern niedrigerer Spielklassen darstellen.

Verletzungen ohne jeglichen Kontakt machten in dieser Arbeit im Gegensatz zu oben genannten Analysen niedriger Spielklassen nur 5,2% aller Verletzungssituationen aus. Dieser Unterschied könnte in der intermittierend niedrigeren Videoauflösung begründet liegen, durch welche eine indirekte Verletzung nicht immer genau von einer Non-Kontakt-Verletzung abzugrenzen war. Auf die Limitationen der Videoanalyse soll später noch eingegangen werden. Eine weitere Erklärung für den niedrigen Anteil an Non-Kontakt-Verletzungen im Vergleich mit entsprechenden Studien könnte sein, dass Überlastungsverletzungen in der vierten Liga verglichen mit allen anderen semi-professionellen Klassen relativ am seltensten anzutreffen sind. In der höchsten semi-professionellen Klasse dominieren hingegen die traumatischen Verletzungen (24).

Indirekte Kontaktmechanismen waren in der vorliegenden Arbeit in 22,8% der Verletzungssituationen der Grund für Traumata, wobei die Hälfte aller indirekten Kontakte auf einen Sturz (25,2%) oder einen Tritt des Gegners (22,7%) zurückzuführen waren, was sich mit den Beobachtungen zu Verletzungen bei Profispielern von Klein et al. (91) deckt. Auch andere Studien zum Profifußball verzeichneten ähnliche Häufigkeiten für Verletzungen nach indirekten Kontakten (7,8). Bei einem Großteil der Studien zu Verletzungen im Amateurfußball wurde jedoch lediglich zwischen direkten Kontakten und Non-Kontakt-Mechanismen unterschieden (37,100,101,115).

4.3 Verletzungsart und betroffene Körperregionen

Bei einem Großteil der Videoanalysen liegt der Verletzungsfokus auf den unteren Extremitäten, insbesondere auf den Körperregionen Oberschenkel, Knie und Sprunggelenk, in jeweils unterschiedlichen Häufigkeitsanteilen je nach Studie. Die unteren Extremitäten bilden auch in dieser Arbeit mit insgesamt 69,3% die Mehrheit der traumatisierten Körperregionen und stimmen somit mit den Daten der im Folgenden genannten Studien überein. Traumata am Oberschenkel waren in der vorliegenden Arbeit mit 1,5% im Vergleich zu anderen Studien (7,28,91,116) deutlich unterrepräsentiert (18,7% bis 23,5%). Kopftraumata hingegen wurden in dieser Videoanalyse (17,5%) deutlich häufiger verzeichnet als in vergleichbaren Arbeiten (3,8% bis 7,8%). In einer Studie von Krutsch et al. (117) erlitten die Spieler der höchsten Amateurklasse am häufigsten Verletzungen am Knie (22,3%) und am Sprunggelenk (21,0%), was mit den Ergebnissen dieser Videoanalyse ebenfalls gut vereinbar (Sprunggelenk 34,1%, Knie 17,0%) und in Bezug auf die Studienpopulation (vierte Liga) am besten vergleichbar ist.

Im Profifußball scheint die Oberschenkelmuskulatur am anfälligsten für Verletzungen zu sein. Für diese Körperregion zeigt sich in den letzten Jahren zudem ein deutlicher Anstieg der Verletzungsinzidenz (8,9,30). Während sich also die Tendenz zu Läsionen der Oberschenkelmuskulatur als die häufigsten Fußballverletzungen in den Profiklassen fortzusetzen scheint, sollte ein Blick auf die Verletzungsschwere geworfen werden. Hier dominieren deutlich Verletzungen des Kniegelenks, auf welche gut ein Drittel aller verletzungsbedingten Arbeitsunfähigkeitstage und fast die Hälfte aller Heilbehandlungskosten und Entgeltersatzleistungen im Profifußball fallen (7).

Insbesondere bei der Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) kommt zu den langen Ausfallzeiten der Spieler zusätzlich eine aufwendige Rehabilitation hinzu. Jedoch wird die hierfür empfohlene Dauer von den betroffenen Spielern nur selten eingehalten und eine Rückkehr zum Trainings- und Wettkampfalltag findet meist früher statt (9). Erschwerend hinzu kommt, dass eine VKB-Ruptur ein potenziell karrierebeeinträchtigendes oder sogar -beendendes Ereignis darstellt und teils langfristige Folgeerscheinungen wie die Entwicklung einer Gonarthrose mit sich bringen kann (118).

In der aktuellen Studienlage sind prädisponierende Risikofaktoren für Verletzungen des vorderen Kreuzbandes gut dokumentiert. Hierzu gehören Wettkampfsituationen, bereits vorangegangene Knieverletzungen (119,120) und das weibliche Geschlecht (121,122). Außerdem ist in höheren Spielklassen die Inzidenz (123) und bei jüngeren Spielerinnen und Spielern das Verletzungsrisiko höher (124).

Krutsch et al. (117) konnten in ihrer Studie außerdem beobachten, dass nach Einführung einer neuen zusätzlichen Profiligen in Deutschland die Inzidenz an Verletzungen des vorderen und hinteren Kreuzbandes anstieg, und führten dies auf die akute Steigerung der Intensität sowohl im Training als auch im Wettkampf zurück. Verletzungen des vorderen Kreuzbandes kommen verglichen mit Zerrungen der Oberschenkelmuskulatur oder Verstauchungen des Sprunggelenks zwar seltener vor (124), sind jedoch typische Non-Kontakt-Verletzungen im Fußball (76,125,126). Spezifische Mechanismen, welche im Profifußball zu Rupturen des vorderen Kreuzbandes führen können, sind bei Non-Kontakt-Mechanismen das Pressing, der Schuss, die Landung, der Richtungswechsel, das Abstoppen, das Verdrehen und Verblocken, das Tackling und Grätschen sowie der mediale Valguskollaps, wobei die Situationen zumeist als regelkonform gewertet werden (9,76,126). VKB-Rupturen, die im Zuge eines indirekten Kontakt-Mechanismus entstehen, werden ebenfalls selten als Foul gewertet und entstehen meist durch Kollision mit Gegenspielern, Verdrehen, Verblocken und medialem Valguskollaps bei Landungen, Landungs-Richtungswechsel-Komplexen und beim Lauf. Ein typisches Aktionsmuster ist hierbei der Kopfball, das Grätschen, Dribbling oder Tackling (9). Grassi et al. (79) beobachteten in ihrer Videoanalyse ebenfalls, dass VKB-Verletzungen bei Profispielern vorwiegend während Situationen ohne oder mit indirektem Kontakt auftraten. Die am häufigsten durchgeführten Spielaktionen waren dabei Schuss (21%), Dribbling (18%), Tackling (15%) und Pressing (26%).

Bei direkten Kontaktverletzungen am Kniegelenk eines Spielers kommt es typischerweise zu Verletzungen der Patellasehne oder des vorderen Kreuzbandes. Der Anteil der Foulspiele an Knieverletzungen (30,5% bis 58%) variiert je nach Studie stark (7,79,91). Ein charakteristischer Mechanismus ist in solchen Kontaktsituationen die Kollision mit oder der Schlag durch einen Gegner, das Tackling und der Lauf oder das Sprinten als typisches Bewegungsmuster (91).

Die genannten Verletzungsmechanismen stimmen im Großen und Ganzen mit den Beobachtungen dieser Videoanalyse überein, in welcher sich absolut gesehen Knie Traumata am häufigsten während des Laufs (34,0%) und aufgrund eines Tritts des Gegners (56,4%) ereignen und aus einem direkten Kontaktmechanismus resultieren (53,2%). Statistisch signifikant häufiger als erwartet jedoch waren indirekte Kontaktmechanismen ($p < 0,001$), das Grätschen des betroffenen Spielers ($p = 0,037$) und das Tackling durch den Gegner ($p = 0,008$) ursächlich. Außerdem kann auch in dieser Arbeit davon ausgegangen werden, dass Knieverletzungen oftmals von schwerwiegenderer Akutsymptomatik sind als Traumata an anderen Körperregionen, da die Spieler bei 56,4% der Situationen mit Knieverletzungen nicht mehr am Spiel teilnehmen konnten. In Anbetracht der Tatsache, dass ein Großteil der Traumata am Knie (57,1%) zudem als ein Foul durch den Gegner gewertet wurde und Knieverletzungen, wie bereits beschrieben, mit langen Ausfallzeiten, hohen Kosten und teils chronischer Beeinträchtigung verbunden sind, scheinen die Entscheidungen der Schiedsrichter in der vorliegenden Arbeit gerechtfertigt. Anders verhält es sich bei Traumata im Kopfbereich, worauf im Folgenden eingegangen werden soll.

Deutlich häufiger als in vergleichbaren Arbeiten zu Verletzungen bei semi-professionellen Fußballspielern (24,101) war in dieser Videoanalyse der Kopf von Traumata betroffen (17,5%). Luig et al. (8) beschreiben es als eine Herausforderung, eine eindeutige Diagnose bei leichten Schädel-Hirn-Traumata (SHT) nach Kopfballverletzungen zu stellen, da im Vergleich zu schweren SHT eine typische Symptomatik, die meist mit Erbrechen oder Bewusstlosigkeit des Betroffenen einhergeht, oft fehle. Dennoch besteht die Gefahr, dass selbst leichte Kopftraumata potenziell Langzeitschäden nach sich ziehen (127,128). Trotz dieses Risikos entscheiden sich Profi-Spieler häufig gegen die Inanspruchnahme medizinischer Hilfe, auch wenn die erlittene Kopfverletzung bereits als leichtes Schädel-Hirn-Trauma diagnostiziert wurde oder die Spieler ihre Verletzung als ein SHT einschätzten (8,129).

Dieses Verhalten begründet sich zum einen in dem Verkennen der Verletzungsschwere, zum anderen in dem Wunsch, den Wettkampf fortzuführen und in den Folgespielen nicht auszufallen (129). Dieser Umstand lässt auf eine hohe Dunkelziffer an Schädel-Hirn-Traumata schließen, welche sich so womöglich auch im bezahlten Amateurfußball wiederfinden könnte, da die Erwartungen an den Kampfgeist der Spieler hier höher sind als in unbezahlten Amateurklassen (24,113). Möglicherweise bildet also die hohe Anzahl an Kopftraumata in dieser Arbeit mitunter die normalerweise nicht-detektierten leichten Schädel-Hirn-Traumata ab. Gleichwohl stimmt diese Arbeit mit der von Luig et al. (8) zum Verletzungsgeschehen bei Profispielern insofern überein, als dass nach den unteren Extremitäten der Kopf am zweithäufigsten von Verletzungen betroffen war, auch wenn sich die prozentualen Anteile an allen Verletzungen in den beiden Arbeiten deutlich unterscheiden (6,6% vs. 17,5% in dieser Arbeit).

Weiterhin konnte beobachtet werden, dass sich Kopftraumata signifikant häufiger als erwartet im gegnerischen Strafraum ($p < 0,001$) ergaben, wobei dies absolut gesehen am häufigsten (24,2%) im gegnerischen rechtsseitigen Mittelfeld der Fall war. Kirkendall et al. (130) gehen davon aus, dass der Strafraum einen der Feldbereiche mit dem höchsten Risiko für Kopfverletzungen darstellt, da sich hier Situationen ergeben, in denen entweder viele Spieler um die Annahme eines Eckballs oder einer hereingeschlagenen Flanke konkurrieren oder aber angreifende Spieler mit dem gegnerischen Torwart kollidieren. Fuller et al. (131) dagegen beobachteten, dass Kopfverletzungen am häufigsten im vermeintlich risikoärmeren seitlichen Mittelfeld vorkamen. Beide Beobachtungen sind mit jenen aus der vorliegenden Arbeit kongruent.

Den in dieser Arbeit beobachteten Kopftraumata gingen am häufigsten hohe Bälle voraus und die Traumata fanden signifikant häufiger während Kopfballduellen und Flugphasen statt, was ebenfalls mit den Ergebnissen anderer Studien übereinstimmt (81,131,132). Signifikant häufiger als andere Auslöser führten direkte Kontakte mit den Gegnern oder mit den Mitspielern zu Kopftraumata. Auch diese Beobachtung steht in Einklang mit der von Beaudouin et al. (132), die den Körperkontakt mit dem Gegner oder Mitspieler als Hauptrisikofaktor für Kopfverletzungen identifiziert. In bereits veröffentlichten Studien (81,131,132) wurden dafür vor allem die Kontakte von Ellbogen und Kopf verantwortlich gemacht, die bis zu 35% aller Kopfverletzungen ausmachten und mit den rund 34% an Ellbogen-Kopf-Kontakten ($p < 0,001$) in dieser

Arbeit kongruent sind. Der direkte Kopf-an-Kopf-Zusammenstoß verursachte in dieser Arbeit rund 21% der Kopftraumata, was sich in einem ähnlichen Anteil in den Studien von Boden et al. (133) (28%) und Fuller et al. (131) (30%) wiederfindet. Fuller et al. (131) beobachteten in ihrer Studie aus dem Jahr 2005, dass die risikoträchtigsten Situationen durch Zusammenstöße jeglicher Körperregionen mit den oberen Extremitäten oder dem Kopf entstünden und diese zu einem Großteil sogar als regelkonform angesehen wurden. Nach der Regeländerung im Jahr 2006, seit welcher ein absichtlicher Ellbogeneinsatz gegen den Kopf mit einer roten Karte geahndet wird, zeigte sich in der Studie von Beaudouin et al. (132) im Jahr 2020 bereits ein niedrigerer Anteil von nur 23% an Ellbogeneinsätzen gegen die verletzten Spieler, während der Anteil in Studien vor 2006 bis zu 35% betrug (81,131). In der Fußball-Weltmeisterschaft im Jahr 2010 war die allgemeine Verletzungsinzidenz sogar signifikant niedriger als in den drei vorangegangenen Weltmeisterschaften (25). Diese Daten unterstreichen, dass sich eine Veränderung im Spielverhalten, sei es durch Regelwerkänderungen (132) oder durch ein besseres Verständnis für die Entstehung von Traumata (114), auf die Verletzungsinzidenz auswirken kann.

In einigen Studien wird zwar postuliert (130,134), dass die korrekte Durchführung eines Kopfballs ein niedrigeres Kopfverletzungsrisiko birgt als ein Zusammenstoß mit dem Kopf eines anderen Spielers, jedoch gehen die Meinungen in der Literatur bezüglich der tatsächlichen neurophysiologischen Folgen von Kopfballspielen stark auseinander. Während Kontos et al. (135) und Maher et al. (136) keinen eindeutigen Hinweis auf negative Folgen nach Kopfbällen sehen, zeigen die Ergebnisse von Di Virgilio et al. (137) kurz nach dem Ausführen eines Kopfballs eine messbare elektrophysiologische Veränderung sowie kurzfristige, kognitive Einbußen. Diese würden sich zwar nach 24 Stunden normalisieren, ließen aber keine Aussage über potenzielle Langzeitfolgen zu. Auf diesem Gebiet bedarf es also noch weiterer Studien, um valide Aussagen treffen zu können. Bisher wurde in der Literatur der Frage, wie Spieler und Schiedsrichter mit Verletzungssituationen umgehen, noch keine große Beachtung geschenkt. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit untermauern jedoch die Vermutungen einiger weniger vorangegangener Studien zum Umgang mit Kopftraumata (8,129). Verletzungssituationen mit Kopfbeteiligung wurden in dieser Arbeit statistisch signifikant häufiger ($p < 0,001$) von Schiedsrichtern als regelkonform gewertet und daher seltener (16,1%) mit einer Karte versehen als Situationen mit Knie- (30,1%) oder Sprunggelenkstraumata (40,9%). Solche Entscheidungen seitens der

Schiedsrichter könnten auf der Annahme basieren, dass bei Kopfbällen ein direkter Kontakt zweier Spieler der Situation geschuldet oft unvermeidbar sei und zum normalen Spielablauf gehöre. Jedoch sollten Schiedsrichter auch im Amateurfußball jede Kopfverletzung ernst nehmen und ein Foul in solchen Situationen nicht nur zur Bestrafung von regelwidrigem Verhalten pfeifen, sondern auch, um die Spieler vor möglichen Kopftraumata zu schützen. Da die Spieler im Amateurfußball von keinem Mannschaftsarzt unterstützt werden, entscheiden sie eigenverantwortlich, wie sie mit einer Verletzungssituation umgehen. Die vorliegende Arbeit befasst sich - nach dem jetzigen Wissensstand - als erste mit eben diesem Entscheidungsverhalten. Der Großteil der Spieler, die ein Kopftrauma erlitten hatten, entschieden sich dafür, zunächst weiter am Spielgeschehen teilzunehmen (39,8%). Bezogen auf die insgesamt 161 Situationen mit Kopftraumata entschieden sich die Spieler in 72,7% gegen eine Auswechslung. Dies steht im Gegensatz zu dem Anteil der nach Knie- oder Sprunggelenkstraumata ausgewechselten Spielern (34,0% bzw. 27,8%). Eine sofortige Auswechslung war nach Traumata am Kopf (5,0%) ebenfalls niedriger als nach jenen am Knie (9,6%) oder Sprunggelenk (6,7%) und könnte mit einer mildereren Akutsymptomatik gleichgesetzt werden. Wie bereits erwähnt werden leichte Schädel-Hirn-Traumata aufgrund der fehlenden typischen Symptomatik selten als solche von den Spielern erkannt werden und daher könnte die niedrigere Anzahl an sofortigen Auswechslungen auch von einem Bagatellisieren der Verletzungssituation herrühren. In solchen Situationen würden Spieler wie auch Schiedsrichter und Trainer davon profitieren, das Bewusstsein für die Langzeitfolgen von Kopfverletzungen zu schärfen.

Das Sprunggelenk war in dieser Videoanalyse die am häufigsten traumatisierte Körperregion (34,1%). Zwar wechseln sich in den meisten Verletzungsanalysen Oberschenkel und Knie als Körperregion mit den meisten Verletzungen ab (9,28,91,116), Sprunggelenksverletzungen sind jedoch nach wie vor in einem Großteil der Studien (9,24,28,91,100,101,116), sowohl in der Profi- als auch in der Amateurklasse, auf Platz drei der häufigsten Verletzungen, wenngleich in den letzten Jahrzehnten ein Rückgang dieser Verletzungshäufigkeit beobachtet werden konnte (138). Andersen et al. (80) fanden heraus, dass die Spieler meist einen seitlichen Tritt auf den medialen Anteil des Unterschenkels bzw. auf den Innenknöchel bekamen, was zu einer Landung in Supinationsstellung des Gelenkes und schließlich zu einer Verletzung führte. Sie betrachten dies als einen typischen Verletzungsmechanismus,

der für Sprunggelenksläsionen prädisponiert. Dies deckt sich mit den Beobachtungen der vorliegenden Arbeit, dass sich Sprunggelenkstraumata überwiegend in Tackling-Situationen (34,9%), die von der Seite stattfanden (58,6%), ereignen und mit einem Tritt des Gegners ($p < 0,001$) und einem Umknicken ($p < 0,001$) des Betroffenen einhergehen (siehe Abb. 11). Giza et al. (139) sahen ebenfalls die von der Seite kommende Krafteinwirkung auf das Sprunggelenk als Auslöser für signifikant mehr Verletzungen, unabhängig davon ob die Verletzung durch ein Tackling oder eine Grätschsituation verursacht wurde, was kongruent zu den Beobachtungen in dieser Arbeit ist (Grätsche 33,2%, Tackling 34,9%).

Signifikant häufiger traten in der vorliegenden Videoanalyse zudem Sprunggelenksverletzungen bei Mittelfeldspielern ($p < 0,036$) und nach Foulspielen durch den Gegner ($p < 0,001$) auf; eine Beobachtung, welche ebenfalls mit der anderer Studien kongruent ist (7,30,107,140). Bei 64,9% der Sprunggelenksverletzungen wurde die Situation als ein Foul des Gegners bewertet und signifikant häufiger als erwartet mit einer gelben Karte geahndet ($p < 0,01$). Dies deutet, wie auch bei Traumata am Knie schon beschrieben, darauf hin, dass die Schiedsrichter hier eine der Verletzung angemessene Entscheidung trafen.

Meist traten Traumata am Sprunggelenk in dieser Arbeit durch direkte Kontakt-Situationen mit anderen Spielern auf (68,4%), was nahezu ident ist mit den Ergebnissen von Chomiak et al. (107), welche eine Studie sowohl mit Profi- als auch mit Amateurspielern im Alter von 14 bis 42 Jahren durchführten. Dabei waren in 68% der Fälle direkte Kontaktsituationen ursächlich für die Läsionen. Von den 32% Non-Kontakt-Verletzungen waren in gut zwei Dritteln der Fälle bereits frühere Sprunggelenksverletzungen bei den Spielern bekannt. Diese Beobachtung konnte auch in anderen Studien gemacht werden (19,141) und unterstreicht erneut die Wichtigkeit von Präventionsmaßnahmen.

4.4 Präventionsmöglichkeiten

Junge et al. (4) fanden heraus, dass Sprunggelenksverstauchungen zu den häufigsten „Time-Loss“-Verletzungen zählen. Eine Beobachtung, welche von Luig et al. (9) geteilt wird und bei welchen 14,4% aller Ausfalltage bei den Bundesligisten der ersten und zweiten Liga auf Verletzungen des Sprunggelenks entfielen. Mit 39,0% zogen

Kniegelenksverletzungen von allen betroffenen Körperregionen die meisten Ausfallzeiten nach sich. Um solchen schwerwiegenden Verletzungen mit ihren zeitintensiven Ausfällen entgegen wirken zu können, bedarf es entsprechender Präventionsprogramme. Das Lebenszeitrisko für die Entwicklung von Knieschmerzen ist bei ehemaligen Fußballspielern im Vergleich zu anderen ehemaligen Profi-Athleten signifikant erhöht (142). Die Langzeitfolgen nach Knieverletzungen bei ehemaligen Spielern reichen dabei von sich teils früh manifestierenden Osteoarthritis des Knie- und Hüftgelenks bis hin zur Gonarthrose und einer allgemeinen Abnahme der Lebensqualität (118,143–146). Wenngleich unverletzte ehemalige Profispieler ein niedrigeres Risiko haben im Verlauf eine Arthrose oder Arthritis zu entwickeln als ihre damaligen verletzten Mitspieler, sind letztere dennoch stärker gefährdet als Personen in der altersentsprechenden Kontrollgruppe (143,147). Dieser Umstand macht die Notwendigkeit einer adäquaten Verletzungsprävention im Fußball erneut deutlich. Einige Risikofaktoren für die Entstehung von Verletzungen im Kniebereich können mit Präventionsprogrammen nicht beeinflusst werden. Dazu gehören beispielsweise eine familiäre Prädisposition für VKB-Rupturen (97), das weibliche Geschlecht (124,148,149) oder anatomische Begebenheiten. Zu letzteren zählen unter anderem der Neigungsgrad des hinteren Tibiaplateaus, welcher bei verletzten im Vergleich zu unverletzten Spielern deutlich größer ist (150). Studien zeigen jedoch, dass neuromuskuläre und biomechanische Einflussfaktoren sehr wohl durch gezieltes Training reduziert werden können. Webster und Hewett (151) zeigten in ihrer Meta-Analyse, dass sich durch spezifische Präventionsprogramme bei der Hälfte der Athleten eine Risikoreduktion für Verletzungen am vorderen Kreuzband um 50% erreichen ließ, bei Frauen waren es für VKB-Verletzungen, welche durch Non-Kontakt-Mechanismen entstanden, sogar über zwei Drittel (67%). Auch bei Dargo et al. (42) halbierten sich die VKB-Verletzungen nach neuromuskulärem und propriozeptiven Trainingsübungen. Krusch et al. (51) beobachteten, dass durch die Einführung eines regelmäßigen Präventionsprogramms bei Profispielern das Auftreten von schweren Knieverletzungen signifikant reduziert werden konnte. Außerdem resultieren Verletzungen oftmals aus komplexen und multimodalen Entstehungsmechanismen. So sind Kreuzbandverletzungen beispielsweise nicht nur auf Verletzungsmechanismen, die das Knie direkt betreffen, zurückzuführen. Denn eine eingeschränkte Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk führt zu einem potenziell schlechteren Landeverhalten, welches als Risikofaktor für Kreuzbandverletzungen gilt

(9). Auch eine Schwäche der Hüftmuskulatur geht mit einer verstärkten Valgusstellung im Knie einher und erhöht somit das Risiko für VKB-Verletzungen (9,152). Es ist folglich zielführend ein ganzheitliches Präventionskonzept zu entwickeln, bei welchem alle Körperregionen angesprochen und trainiert werden. Einige Studien (39,45,153) zeigen außerdem eine Reduktion von Sprunggelenksverletzungen durch die Verwendung von Orthesen bei Spielern mit einer entsprechenden Anamnese, also im Sinne einer tertiären Prävention. Eine primäre Prävention dieser Verletzungen hingegen ist vor allem durch propriozeptives Training zu erreichen (153), wobei dieses in einigen Studien auch als Tertiärprävention wirksam war (43,154). Obwohl Trainer im Vergleich zu Spielern häufiger den Rat von medizinischem Fachpersonal erfragen, bevor sie eine Entscheidung darüber treffen, wann sie die Betroffenen nach Verletzungen wieder am Training und Wettkampf teilnehmen lassen, werden ebenjene Empfehlungen dennoch häufig sowohl von den betroffenen Spielern als auch von den Trainern selbst nicht befolgt (155). Werden die Rehabilitationsprogramme jedoch wie empfohlen umgesetzt, so können Wiederholungsverletzungen effektiv vermieden werden (43,114,154). Die Notwendigkeit Wiederholungsverletzungen vorzubeugen wird noch deutlicher, wenn man sich die Ergebnisse der Studie von Hawkins et al. (23) vor Augen führt. Sie fanden in einer Studie zu Verletzungen im englischen Profifußball heraus, dass das Risiko für Spieler sich innerhalb einer Saison mehrfach an den unteren Extremitäten zu verletzen stark erhöht war und die entsprechenden Folgeverletzungen jeweils deutlich schwerwiegender ausfielen.

Ekstrand et al. (156) fanden heraus, dass die Inzidenz an schweren Verletzungen deutlich höher war, wenn die interne Kommunikation zwischen Trainern und medizinischem Personal auf einem qualitativ niedrigeren Niveau lag. Hägglund et al. (114) machten bei der Analyse von Verletzungen im Amateurfußball eine ähnliche Entdeckung. Sie konnten in ihrer Studie beobachten, dass bei Durchführung von Rehabilitationsprogrammen unter Anleitung der Trainer das Risiko für Wiederholungsverletzungen um 66% im Allgemeinen und bei Verletzungen der unteren Extremitäten im speziellen um 75% gesenkt werden konnte. Die Tatsache, dass Trainer im Amateurfußball sowohl für den Spielerfolg als auch für die Entscheidungen bei gesundheitlichen Einschränkungen verantwortlich sind, kann also auch als Chance gesehen werden, wenn Trainer intensiver bezüglich ihres Wissens um Verletzungen geschult würden. Solche Schulungsprogramme könnten beispielsweise auch die Sensibilität für Kopfverletzungen erhöhen und somit ein

Trivialisieren von Kopfverletzungen auch bei Schiedsrichtern und Spielern reduzieren. Hierbei wäre eine bessere Kommunikation zwischen Trainern und Spielern essenziell. Sollten solche Programme zu keiner Verhaltensveränderung im Spiel und am Spielfeldrand führen, so könnte eine erneute Anpassung des Regelwerks in Betracht gezogen werden.

Spielergruppen mit hohem Risiko zu identifizieren könnte die Wirksamkeit von Präventionsprogrammen zusätzlich erhöhen (22). Krusch et al. (51) weisen in ihrer Studie darauf hin, wie wichtig es ist, Präventionsprogramme an die verschiedenen Leistungsniveaus anzupassen und die Trainer in Entscheidungsprozesse miteinzubeziehen, um eine dauerhafte Integration von Präventionsübungen in den Trainingsalltag zu gewährleisten. Insbesondere im semiprofessionellen Fußball sind Präventionsprogramme von größter Bedeutung, da hier die Quantität und Qualität medizinischer Unterstützung geringer ist als im Profifußball (24,106), jedoch die Spielweise von niedrigeren Ligen deutlich unüberlegter und weniger technikorientiert ist (157). Zudem ist der Erfolgsdruck bei bezahlten Amateurfußballspielern naturgemäß höher als bei unbezahlten Amateur- oder Hobbyfußballern (24). Dieser Erfolgsdruck konnte im Zuge einer groß angelegten Präventionsstudie im deutschen Amateurfußball mit Hilfe von psychologischen Tests nachgewiesen werden (113). Dabei zeigte sich, dass Spieler der vierten Liga im Gegensatz zu Spielern niedrigerer Amateurlevels signifikant höhere Angstwerte aufweisen, insbesondere dann, wenn die Spieler vor Saisonbeginn eine Verletzung erlitten hatten. Aber auch Profifußballspieler mit schweren muskuloskelettalen Verletzungen entwickelten in einer Studie von Kilic et al. (158) im Vergleich zu unverletzten Spielern bis zu siebenmal häufiger Symptome psychischer Störungen, wie Verzweiflung, Angst, Depression, Schlafstörungen und Alkoholabusus. Zusammenfassend kann postuliert werden, dass Präventionsprogramme der Vorbeugung sowohl von physischen als auch von psychischen Erkrankungen und ihren Folgen dienen.

4.5 Videoanalyse von Verletzungen im Fußball und methodische Aspekte

Aktuell steht eine Vielzahl frei zugänglicher Informationen und ein großer medialer Datensatz zu Verletzungssituationen im Fußball im Netz zur Verfügung, die in den kommenden wissenschaftlichen Studien genutzt werden können.

Vor allem von Spielen der Profiklassen sind qualitativ hochwertige Aufnahmen online frei verfügbar und leicht zugänglich. So war es Grassi et al. (79) möglich Verletzungssituationen und -mechanismen von VKB-Rupturen bei Profispielern nur auf Grundlage des auf der Website „YouTube“ verfügbaren Videomaterials zu beschreiben. Die erste Studie auf Grundlage einer Videoanalyse wurde vor über 30 Jahren von Silver und Gill (73) zu Halswirbelsäulenverletzungen im Rugby veröffentlicht und machte auf Missstände im Regelwerk aufmerksam. In einer ebenfalls frühen Version der Videoanalyse von Ettliger et al. (159) wurden VKB-Verletzungen bei Skifahrern analysiert und die gewonnenen Informationen genutzt, um die Wintersportler über risikoträchtige Situationen aufzuklären, wodurch die VKB-Verletzungsrate bei Profiskifahrern um 62% gesenkt werden konnte. Die Arbeit stellt damit eines der ersten erfolgreichen Präventionsprogramme auf Grundlage einer Videoanalyse dar.

Videoanalysen von Verletzungen im Fußball haben den Vorteil, im Gegensatz zu beispielsweise Fragebögen, Verletzungsmechanismen objektiv beschreiben zu können und nicht durch die bereits erläuterten Erinnerungsverzerrungen seitens der Betroffenen beeinflusst zu werden.

In ihrer Studie verglichen Junge und Dvorak (65) Verletzungsdaten, die wöchentlich von medizinischem Personal erfasst wurden, mit jenen, welche die Spieler am Ende der Beobachtungszeit retrospektiv in Fragebögen selbst erhoben. Nur etwa jede dritte moderate Verletzung und weniger als 10% der leichten Verletzungen waren den Spielern rückblickend erinnerlich. Je kürzer die Dauer der Symptomatik und je länger der Zeitraum zwischen der Verletzung und dem Ausfüllen des Fragebogens war, desto häufiger wurden die Verletzungen vergessen. Sogar schwere Verletzungen wie Knochenbrüche wurden in den Fragebögen nicht angegeben. Zusätzlich zur Erfassung offensichtlicher Verletzungen stellt die Videoanalyse daher auch eine Möglichkeit dar, Überlastungsverletzungen (englisch: „overuse injury“) abzubilden. Solche Verletzungen entstehen aufgrund von wiederkehrenden Mikrotraumata und können – wie bereits beschrieben – keinem spezifischen Auslöser zugeschrieben werden (12). Die hohe Anzahl an betroffenen Körperregionen, die in dieser Videoanalyse medial ermittelt wurde, könnte daher auf die zusätzliche Abbildung solcher Mikrotraumata zurückzuführen sein. Videoanalysen könnten also - neben dem Erfassen von klar ersichtlichen Verletzungen, die von medizinischem Personal dokumentiert oder von

den Spielern erinnert werden – das Potenzial dazu haben, Vorstufen von zukünftigen Verletzungen zu detektieren.

Wie alle Videoanalysen weist diese Arbeit einige Limitationen auf. Dazu gehört zum einen die Videoqualität. Während im Profifußball hochauflösende Bilder von mehreren Kameras aus verschiedenen Perspektiven und Winkeln verfügbar sind, wurden die in dieser Arbeit analysierten Spiele der vierten Liga nur von einer einzelnen, stationären Kamera auf Höhe der Mittellinie aufgezeichnet. Durch diese singuläre Kameraeinstellung konnten Verletzungssituationen beispielsweise durch sich im Vordergrund befindende Spieler verdeckt werden. Aufgrund der teils ungenügenden Tiefenschärfe konnten in manchen Fällen die verletzten Spieler oder Verletzungsmechanismen nicht klar identifiziert werden. Bei schnellen Schwenkbewegungen der Kamera verschlechterte sich die Auflösung zusätzlich.

Bis auf ein Spiel, welches aufgrund technischer Probleme nicht heruntergeladen werden konnte, wurden alle vorhandenen Spiele der gesamten Saison 2015/2016 analysiert. Eine weitere Limitation dieser Arbeit besteht darin, dass sich die Studienpopulation ausschließlich aus männlichen Amateurfußballspielern zusammensetzt. Eine Aussage über den Amateurfußball der Frauen oder den Jugendfußball kann daher nicht getroffen werden. Zum anderen muss erneut darauf hingewiesen werden, dass durch den fehlenden Abgleich mit medizinischen Daten keine Aussage über tatsächliche Verletzungen oder über in den Videoaufzeichnungen nicht identifizierte Läsionen gemacht werden konnte. In Videoanalysen zum Profifußball betrug die Rate an tatsächlich identifizierten Verletzungen zwischen 40,3% und 54% (28,78,91). Im Gegensatz zum Profifußball stehen den Spielern der Amateurklassen keine Mannschaftsärzte zur Verfügung, die während des Spiels den einzelnen Verletzungssituationen eine eindeutige Diagnose zuordnen können. Trotzdem war es uns bei dieser Videoanalyse aufgrund der methodischen Vorgehensweise mit klaren Definitionen möglich, eine präzise Aussage über die Entscheidungen der Spieler nach Verletzungssituationen zu machen.

4.6 Ausblick

Der semi-professionelle Fußball unterscheidet sich hinsichtlich Kondition, Trainingsqualität, Wettkampfmentalität, medizinischer Versorgung und Rehabilitation nach Verletzungen deutlich vom Profifußball. Auf dieser Grundlage müssen eigens für

diese Spielklassen konzipierte Präventionskonzepte entwickelt werden. Mehr noch sollten auf die einzelnen Klassen des semi-professionellen Levels zugeschnittene Präventionsprogramme erarbeitet werden, da selbst innerhalb dieser Klasse deutliche Unterschiede in den Verletzungsmustern existieren (24).

Zu guter Letzt ist es wichtig, die Trainer bei der Gestaltung von Präventionsprogrammen miteinzubeziehen, da sie größtenteils für deren Umsetzung und Weiterführung verantwortlich sind (160). Die Einführung von entsprechenden Schulungen sowohl für die Schiedsrichter und Trainer als auch für die Spieler wird insbesondere im Amateurfußball von zentraler Bedeutung sein, um das allgemeine Verständnis für Verletzungen im Fußball zu verbessern und das Bewusstsein für risikoträchtige Situationen zu schärfen.

5 Fazit

In der Literatur existieren mehr und mehr Videoanalysen mit dem Ziel, Verletzungshergänge genau nachzuvollziehen, um auf dieser Grundlage potenzielle Präventivmaßnahmen entwickeln zu können. Da sich die Verletzungsmechanismen und -ursachen in den Amateur- und semi-professionellen Spielklassen grundlegend von denen in Profiklassen unterscheiden, bedürfen sie noch weiterer genauer Untersuchung mittels Videoanalyse. In der vorliegenden Arbeit wurden mithilfe von Videoanalysen 305 Spiele der Regionalligasaison 2015/2016 in Bayern untersucht. Dabei stellte sich deutlich heraus, dass die Körperregionen Sprunggelenk, Knie und Kopf am häufigsten von Traumata betroffen waren. Bei Verletzungen am Kopf blieben Spieler häufiger am Spiel beteiligt und wurden seltener ausgewechselt als bei Verletzungen an anderen Körperregionen. Die Schiedsrichter förderten dieses Verhalten oft, indem sie sich mit dem Entschluss für einen Regelverstoß bei Situationen mit Traumata am Kopf zurückhielten. Da die Entscheidung über das weitere Vorgehen nach Kopfverletzungen in Amateurklassen jedoch bei den betroffenen Spielern selbst und den Trainern liegt und eine wesentliche Rolle in der Prävention von Langzeitfolgen bagatellisierter Schädel-Hirn-Traumata spielt, ist es unerlässlich ein tieferes Verständnis für Fußballverletzungen im Allgemeinen und Kopfverletzungen im Besonderen zu schaffen. Sowohl Spieler und Trainer als auch Schiedsrichter sollten durch entsprechende Schulungen für risikoreiche Situationen

sensibilisiert werden. Außerdem sind weitere groß angelegte Studien zu den spezifischen Anforderungs- und Verletzungsprofilen im Amateurfußball notwendig, um gerade in diesen medizinisch weniger unterstützten Spielklassen geeignete Präventionsprogramme zu entwickeln, die das Potenzial haben, Verletzungen und deren Langzeitfolgen vorzubeugen.

6 Literaturverzeichnis

1. Dvorak J, Junge A. Football Injuries and Physical Symptoms. *Am J Sports Med.* September 2000;28(5_suppl):3–9.
2. FIFA Communications Division, Information Services. FIFA Big Count 2006 [Internet]. 2007 [zitiert 4. April 2021]. Verfügbar unter: <https://digitalhub.fifa.com/m/55621f9fdc8ea7b4/original/mzid0qmguixkcmruvema-pdf.pdf>
3. DFB Mitgliederstatistik 2006 [Internet]. [zitiert 4. April 2022]. Verfügbar unter: https://www.dfb.de/fileadmin/_dfbdam/25673-mitgliederstatistik_2006.pdf
4. Junge A, Langevoort G, Pipe A, Peytavin A, Wong F, Mountjoy M, u. a. Injuries in Team Sport Tournaments during the 2004 Olympic Games. *Am J Sports Med.* 1. April 2006;34(4):565–76.
5. de Loës M. Epidemiology of Sports Injuries in the Swiss Organization „Youth and Sports“ 1987-1989 - Injuries, Exposure and Risks of Main Diagnoses. *Int J Sports Med.* Februar 1995;16(02):134–8.
6. Stubbe JH, van Beijsterveldt A-MMC, van der Knaap S, Stege J, Verhagen EA, van Mechelen W, u. a. Injuries in Professional Male Soccer Players in the Netherlands: A Prospective Cohort Study. *J Athl Train.* Februar 2015;50(2):211–6.
7. Luig P, Bloch H, Klein C. VBG-Sportreport 2016: Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball & Handball. [Internet]. 2016 [zitiert 18. Oktober 2020]. Verfügbar unter: http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Branchen/Sport/VBG-Sportreport%202016.pdf?__blob=publicationFile&v=6
8. Luig P, Bloch H, Burkhardt K, Klein C, Kühn N. VBG-Sportreport 2017 – Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball und Handball [Internet]. 2017 [zitiert 3. November 2020]. Verfügbar unter: <http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Branchen/Sport/VBG->

Sportreport%202017.pdf?__blob=publicationFile&v=8

9. Luig P, Bloch H, Burkhardt K, Klein C, Kühn N. VBG-Sportreport 2018 – Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball und Handball [Internet]. 2018 [zitiert 3. November 2020]. Verfügbar unter: http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Branchen/Sport/VBG-Sportreport%202018.pdf?__blob=publicationFile&v=5
10. Inklaar H. Soccer injuries. I: Incidence and severity. Sports medicine. 1994;18,1:55–73.
11. Tucker AM. Common Soccer Injuries. Sports Med. 1. Januar 1997;23(1):21–32.
12. Fuller CW. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. British Journal of Sports Medicine. 1. März 2006;40(3):193–201.
13. Sobhani S, Dekker R, Postema K, Dijkstra PU. Epidemiology of ankle and foot overuse injuries in sports: A systematic review. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2013;23(6):669–86.
14. Krutsch V, Krutsch W, Jansen P, Hoffmann H, Angele P, Lehmann J, u. a. Prävention von Gehirnerschütterungen im Juniorenfußball – Ist eine Abschaffung des Kopfballspiels notwendig? Sportverletz Sportschaden. September 2017;31(03):143–53.
15. Kalwa J, York N. Jugendfußball: Amerikaner verbieten Kopfbälle. FAZNET [Internet]. [zitiert 18. Oktober 2020]; Verfügbar unter: <https://www.faz.net/1.3906755>
16. Baseline-Screening künftig verpflichtend | DFL Deutsche Fußball Liga [Internet]. DFL Deutsche Fußball Liga GmbH - dfl.de. 2019 [zitiert 18. Oktober 2020]. Verfügbar unter: <https://www.dfl.de/de/aktuelles/baseline-screening-in-bundesliga-und-2-bundesliga-ab-saison-2019-20-verpflichtend/>
17. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Injury recurrence is lower at the highest professional football level than at national and amateur levels: does sports medicine

and sports physiotherapy deliver? *Br J Sports Med.* Juni 2016;50(12):751–8.

18. Hawkins RD, Fuller CW. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British Journal of Sports Medicine.* 1. Juni 1999;33(3):196–203.

19. Árnason Á, Gudmundsson Á, Dahl HA, Jóhannsson E. Soccer injuries in Iceland. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 1996;6(1):40–5.

20. Nielsen AB, Yde J. Epidemiology and traumatology of injuries in soccer. *Am J Sports Med.* 1. November 1989;17(6):803–7.

21. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *Am J Sports Med.* 1. Juni 2011;39(6):1226–32.

22. Junge A, Dvorak J. Soccer Injuries: A Review on Incidence and Prevention. *Sports Medicine.* 2004;34(13):929–38.

23. Hawkins RD, Hulse MA, Wilkinson C, Hodson A, Gibson RD. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine.* 1. Februar 2001;35(1):43–7.

24. Loose O, Fellner B, Lehmann J, Achenbach L, Krutsch V, Gerling S, u. a. Injury incidence in semi-professional football claims for increased need of injury prevention in elite junior football. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1. März 2019;27(3):978–84.

25. Dvorak J, Junge A, Derman W, Schwellnus M. Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup. *Br J Sports Med.* Juni 2011;45(8):626–30.

26. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine.* 1. Juni 2011;45(7):553–8.

27. Hawkins RD, Fuller CW. Risk assessment in professional football: an examination of accidents and incidents in the 1994 World Cup finals. *British Journal of Sports Medicine.* 1. Juni 1996;30(2):165–70.

28. Arnason A, Tenga A, Engebretsen L, Bahr R. A Prospective Video-Based

Analysis of Injury Situations in Elite Male Football: Football Incident Analysis. *Am J Sports Med.* September 2004;32(6):1459–65.

29. Andersen TE. Football incident analysis: a new video based method to describe injury mechanisms in professional football. *British Journal of Sports Medicine.* 1. Juni 2003;37(>3):226–32.

30. Klein C, Bloch H, Burkhardt K, Kühn N, Schäfer M. VBG-Sportreport 2019 – Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball, Handball. Eine Längsschnittbetrachtung drei aufeinanderfolgender Spielzeiten. Hamburg: VBG [Internet]. 2019 [zitiert 18. Oktober 2020]. Verfügbar unter: http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Branchen/Sport/VBG-Sportreport_2019.pdf?__blob=publicationFile&v=6

31. Dvorak J, Junge A, Grimm K. *Football Medicine Manual* (2nd ed.) [Internet]. Altstätten, Schweiz: RVA Druck und Medien AG; 2009 [zitiert 10. November 2020]. Verfügbar unter: <http://static.onemansblog.com/wp-content/uploads/2016/06/FIFA-Medicine-Manual.pdf>

32. Hawkins RD, Fuller CW. An examination of the frequency and severity of injuries and incidents at three levels of professional football. *Br J Sports Med.* Dezember 1998;32(4):326–32.

33. Bjørneboe J, Bahr R, Einar Andersen T. Video analysis of situations with a high-risk for injury in Norwegian male professional football; a comparison between 2000 and 2010. *Br J Sports Med.* Mai 2014;48(9):774–8.

34. Prävention [Internet]. Bundesgesundheitsministerium. [zitiert 3. November 2020]. Verfügbar unter: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/p/praevention.html>

35. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG. Incidence, Severity, Aetiology and Prevention of Sports Injuries: A Review of Concepts. *Sports Medicine.* August 1992;14(2):82–99.

36. Myklebust G, Bahr R. Return to play guidelines after anterior cruciate ligament

surgery. *Br J Sports Med.* März 2005;39(3):127–31.

37. Junge A, Rösch D, Peterson L, Graf-Baumann T, Dvorak J. Prevention of Soccer Injuries: A Prospective Intervention Study in Youth Amateur Players. *Am J Sports Med.* 1. September 2002;30(5):652–9.

38. Caraffa A, Cerulli G, Proietti M, Aisa G, Rizzo A. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1996;4(1):19–21.

39. Tropp H, Askling C, Gillquist J. Prevention of ankle sprains. *Am J Sports Med.* 1. Juli 1985;13(4):259–62.

40. Ekstrand J, Gillquist J. The Avoidability of Soccer Injuries. *Int J Sports Med.* Mai 1983;04(02):124–8.

41. Engström BKO, Renström PAFH. HOW CAN INJURIES BE PREVENTED IN THE WORLD CUP SOCCER ATHLETE? *Clinics in Sports Medicine.* Oktober 1998;17(4):755–68.

42. Dargo L, Robinson KJ, Games KE. Prevention of Knee and Anterior Cruciate Ligament Injuries Through the Use of Neuromuscular and Proprioceptive Training: An Evidence-Based Review. *J Athl Train.* Dezember 2017;52(12):1171–2.

43. Rivera MJ, Winkelmann ZK, Powden CJ, Games KE. Proprioceptive Training for the Prevention of Ankle Sprains: An Evidence-Based Review. *J Athl Train.* November 2017;52(11):1065–7.

44. Schiftan GS, Ross LA, Hahne AJ. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 1. Mai 2015;18(3):238–44.

45. Surve I, Schwellnus MP, Noakes T, Lombard C. A Fivefold Reduction in the Incidence of Recurrent Ankle Sprains in Soccer Players Using the Sport-Stirrup Orthosis. *Am J Sports Med.* 1. September 1994;22(5):601–6.

46. Bir CA, Cassatta SJ, Janda DH. An Analysis and Comparison of Soccer Shin Guards: *Clinical Journal of Sport Medicine.* April 1995;5(2):95–9.

47. Bjørneboe J, Bahr R, Dvorak J, Andersen TE. Lower incidence of arm-to-head contact incidents with stricter interpretation of the Laws of the Game in Norwegian male professional football. *Br J Sports Med.* 1. Mai 2013;47(8):508–14.
48. Dvorak J, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Peterson L, Rosch D, u. a. Risk Factor Analysis for Injuries in Football Players. *Am J Sports Med.* 1. September 2000;28(5_suppl):69–74.
49. Ekstrand J, Gillquist J, Liljedahl S-O. Prevention of soccer injuries: Supervision by doctor and physiotherapist. *Am J Sports Med.* 1. Mai 1983;11(3):116–20.
50. Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, Tekulve FX. Avoidance of Soccer Injuries with Preseason Conditioning. *Am J Sports Med.* 1. September 2000;28(5):659–62.
51. Krutsch W, Lehmann J, Jansen P, Angele P, Fellner B, Achenbach L, u. a. Prevention of severe knee injuries in men's elite football by implementing specific training modules. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* Februar 2020;28(2):519–27.
52. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The Effect of Neuromuscular Training on the Incidence of Knee Injury in Female Athletes. *Am J Sports Med.* 1. November 1999;27(6):699–706.
53. Gänsslen A, Schmehl I. Leichtes Schädel-Hirn-Trauma im Sport: Handlungsempfehlungen. Stand: Februar 2015. Köln: Sportverl. Strauß; 2015. 44 S.
54. Handoll HH, Rowe BH, Quinn KM, Bie R de. Interventions for preventing ankle ligament injuries. *Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet].* 2001 [zitiert 4. November 2020];(3). Verfügbar unter: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD000018/full?cookiesEnabled>
55. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk Factors for Injuries in Football. *Am J Sports Med.* 1. März 2004;32(1_suppl):5–16.
56. Inklaar H. Soccer injuries. II: Aetiology and prevention. *Sports Med.* August 1994;18(2):81–93.

57. UEFA.com. Zum Schutz der Spielerinnen und Spieler: die UEFA-Charta zu Gehirnerschütterungen für Klub- und Nationalmannschaften | Die UEFA [Internet]. UEFA.com. 2021 [zitiert 4. April 2022]. Verfügbar unter: <https://de.uefa.com/returntoplay/news/026f-13d65beee708-e0501509209c-1000--zum-schutz-der-spielerinnen-und-spieler-die-uefa-charta-zu-gehi/>
58. Krosshaug T. Research approaches to describe the mechanisms of injuries in sport: limitations and possibilities. *British Journal of Sports Medicine*. 1. Juni 2005;39(6):330–9.
59. Mclean SG, Lipfert SW, Van Den Bogert AJ. Effect of Gender and Defensive Opponent on the Biomechanics of Sidestep Cutting: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Juni 2004;36(6):1008–16.
60. Finni T, Komi PV, Lepola V. In vivo human triceps surae and quadriceps femoris muscle function in a squat jump and counter movement jump. *European Journal of Applied Physiology*. 14. November 2000;83(4–5):416–26.
61. Fung DT, Zhang L-Q. Modeling of ACL impingement against the intercondylar notch. *Clinical Biomechanics*. Dezember 2003;18(10):933–41.
62. Furman W, Marshall JL, Girgis FG. The anterior cruciate ligament. A functional analysis based on postmortem studies. *J Bone Joint Surg Am*. März 1976;58(2):179–85.
63. Zernicke RF, Garhammer J, Jobe FW. Human patellar-tendon rupture. *J Bone Joint Surg Am*. März 1977;59(2):179–83.
64. Reep C, Benjamin B. Skill and Chance in Association Football. *Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)*. 1968;131(4):581–5.
65. Junge A, Dvorak J. Influence of Definition and Data Collection on the Incidence of Injuries in Football. *Am J Sports Med*. September 2000;28(5_suppl):40–6.
66. van Mechelen W. Sports Injury Surveillance Systems. *Sports Med*. 1. September 1997;24(3):164–8.
67. Wallace RB. Application of Epidemiologic Principles to Sports Injury Research.

Am J Sports Med. 1. Januar 1988;16(1_suppl):S-22.

68. Noyes FR, Lindenfeld TN, Marshall MT. What determines an athletic injury (definition)? Who determines an injury (occurrence)? Am J Sports Med. 1988;16 Suppl 1:S65-68.

69. Dvorak J, Junge A. Football Injuries and Physical Symptoms. Am J Sports Med. September 2000;28(5_suppl):3–9.

70. Larson M, Pearl A, Jaffet R, Rudawsky A. Epidemiology of sports injuries. Caine D, Caine C, Lindner K, Herausgeber. Champaign, IL: Human Kinetics; 1996. 387–398 S.

71. Serner A, Mosler AB, Tol JL, Bahr R, Weir A. Mechanisms of acute adductor longus injuries in male football players: a systematic visual video analysis. Br J Sports Med. Februar 2019;53(3):158–64.

72. Bahr R. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. British Journal of Sports Medicine. 1. Juni 2005;39(6):324–9.

73. Silver JR, Gill S. Injuries of the spine sustained during rugby. Sports Med. Mai 1988;5(5):328–34.

74. Davis GA, Makdissi M, Bloomfield P, Clifton P, Echemendia RJ, Falvey ÉC, u. a. International consensus definitions of video signs of concussion in professional sports. Br J Sports Med. Oktober 2019;53(20):1264–7.

75. Sasaki S, Nagano Y, Kaneko S, Imamura S, Koabayshi T, Fukubayashi T. The Relationships Between the Center of Mass Position and the Trunk, Hip, and Knee Kinematics in the Sagittal Plane: A Pilot Study on Field-Based Video Analysis for Female Soccer Players. Journal of Human Kinetics. 1. März 2015;45(1):71–80.

76. Waldén M, Krosshaug T, Bjørneboe J, Andersen TE, Faul O, Hägglund M. Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. Br J Sports Med. November 2015;49(22):1452–60.

77. Smith T, Gilleard W. Three-dimensional analysis of a lofted instep kick by male and female footballers. European Journal of Sport Science. 2. Januar 2016;16(1):57–

64.

78. Andersen TE, Tenga A, Engebretsen L, Bahr R. Video analysis of injuries and incidents in Norwegian professional football. *British Journal of Sports Medicine*. 1. Oktober 2004;38(5):626–31.

79. Grassi A, Smiley SP, Roberti di Sarsina T, Signorelli C, Marcheggiani Muccioli GM, Bondi A, u. a. Mechanisms and situations of anterior cruciate ligament injuries in professional male soccer players: a YouTube-based video analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. Oktober 2017;27(7):967–81.

80. Andersen TE, Floerenes TW, Arnason A, Bahr R. Video Analysis of the Mechanisms for Ankle Injuries in Football. *Am J Sports Med*. März 2004;32(1_suppl):69–79.

81. Andersen T, Arnason A, Engebretsen L, Bahr R. Mechanisms of head injuries in elite football. *Br J Sports Med*. Dezember 2004;38(6):690–6.

82. Brooks JHM, Fuller CW. The Influence of Methodological Issues on the Results and Conclusions from Epidemiological Studies of Sports Injuries: Illustrative Examples. *Sports Medicine*. 2006;36(6):459–72.

83. Alonso JM, Junge A, Renström P, Engebretsen L, Mountjoy M, Dvorak J. Sports Injuries Surveillance During the 2007 IAAF World Athletics Championships: *Clinical Journal of Sport Medicine*. Januar 2009;19(1):26–32.

84. Fuller CW, Molloy MG, Bagate C, Bahr R, Brooks JHM, Donson H, u. a. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures for studies of injuries in rugby union. *British Journal of Sports Medicine*. 29. Januar 2007;41(5):328–31.

85. Junge A, Engebretsen L, Alonso JM, Renstrom P, Mountjoy M, Aubry M, u. a. Injury surveillance in multi-sport events: the International Olympic Committee approach. *British Journal of Sports Medicine*. 7. April 2008;42(6):413–21.

86. Mountjoy M, Junge A, Alonso JM, Clarsen B, Pluim BM, Shrier I, u. a. Consensus statement on the methodology of injury and illness surveillance in FINA (aquatic sports): Table 1. *Br J Sports Med*. Mai 2016;50(10):590–6.

87. Orchard JW, Ranson C, Olivier B, Dhillon M, Gray J, Langley B, u. a. International consensus statement on injury surveillance in cricket: a 2016 update. *Br J Sports Med.* Oktober 2016;50(20):1245–51.
88. Timpka T, Jacobsson J, Bickenbach J, Finch CF, Ekberg J, Nordenfelt L. What is a Sports Injury? *Sports Med.* April 2014;44(4):423–8.
89. Hagglund M. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *British Journal of Sports Medicine.* 1. Juni 2005;39(6):340–6.
90. Luig P. Verletzungen im deutschen Profihandball der Männer - Epidemiologische Aspekte von Wettkampfverletzungen bei Erst- und Zweitligaspielern (2010 - 2013) unter Berücksichtigung systematischer Videoanalysen. 2015.
91. Klein C, Luig P, Henke T, Bloch H, Platen P. Nine typical injury patterns in German professional male football (soccer): a systematic visual video analysis of 345 match injuries. *Br J Sports Med.* 26. August 2020;bjsports-2019-101344.
92. Luig P, Krutsch W, Henke T, Klein C, Bloch H, Platen P, u. a. Contact — but not foul play — dominates injury mechanisms in men’s professional handball: a video match analysis of 580 injuries. *Br J Sports Med.* August 2020;54(16):984–90.
93. Feria-Arias E, Boukhemis K, Kreulen C, Giza E. Foot and Ankle Injuries in Soccer. *Am J Orthop [Internet].* 1. Oktober 2018 [zitiert 7. Januar 2021];47(10). Verfügbar unter: <https://www.amjorthopedics.com/article/foot-and-ankle-injuries-soccer>
94. Allen MM, Pareek A, Krych AJ, Hewett TE, Levy BA, Stuart MJ, u. a. Are Female Soccer Players at an Increased Risk of Second Anterior Cruciate Ligament Injury Compared With Their Athletic Peers? *Am J Sports Med.* Oktober 2016;44(10):2492–8.
95. Blokland D, Thijs KM, Backx FJG, Goedhart EA, Huisstede BMA. No Effect of Generalized Joint Hypermobility on Injury Risk in Elite Female Soccer Players: A Prospective Cohort Study. *Am J Sports Med.* Februar 2017;45(2):286–93.

96. Fältström A, Kvist J, Gauffin H, Hägglund M. Female Soccer Players With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Have a Higher Risk of New Knee Injuries and Quit Soccer to a Higher Degree Than Knee-Healthy Controls. *Am J Sports Med.* 2019;47(1):31–40.
97. Hägglund M, Waldén M. Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* März 2016;24(3):737–46.
98. Ness BM, Zimney K, Schweinle WE. Analysis of Gauntlet Test Performance and Injury Risk in Intercollegiate Division I Female Soccer (Football) Players: A Retrospective Study. *J Sport Rehabil.* November 2017;26(6):536–43.
99. Sugimoto D, Howell DR, Tocci NX, Meehan WP. Risk factors associated with self-reported injury history in female youth soccer players. *Phys Sportsmed.* 2018;46(3):312–8.
100. Fitzharris N, Jones G, Jones A, Francis P. The first prospective injury audit of League of Ireland footballers. *BMJ Open Sport Exerc Med [Internet].* 9. Oktober 2017 [zitiert 15. Dezember 2020];3(1). Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5640117/>
101. Herrero H, Salinero JJ, Del Coso J. Injuries Among Spanish Male Amateur Soccer Players: A Retrospective Population Study. *Am J Sports Med.* 1. Januar 2014;42(1):78–85.
102. Koch M, Zellner J, Berner A, Grechenig S, Krutsch V, Nerlich M, u. a. Influence of preparation and football skill level on injury incidence during an amateur football tournament. *Arch Orthop Trauma Surg.* März 2016;136(3):353–60.
103. Krutsch V, Clement A, Heising T, Achenbach L, Zellner J, Gesslein M, u. a. Influence of poor preparation and sleep deficit on injury incidence in amateur small field football of both gender. *Arch Orthop Trauma Surg.* April 2020;140(4):457–64.
104. Fuller CW, Junge A, Dvorak J. An Assessment of Football Referees' Decisions in Incidents Leading to Player Injuries. *Am J Sports Med.* März 2004;32(1_suppl):17–22.
105. Hawkins RD, Fuller CW. A prospective epidemiological study of injuries in four

- English professional football clubs. *British Journal of Sports Medicine*. 1. Juni 1999;33(3):196–203.
106. Krutsch W, Voss A, Gerling S, Grechenig S, Nerlich M, Angele P. First aid on field management in youth football. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1. September 2014;134(9):1301–9.
107. Chomiak J, Junge A, Peterson L, Dvorak J. Severe Injuries in Football Players. *Am J Sports Med*. 1. September 2000;28(5_suppl):58–68.
108. Rahnema N, Reilly T, Lees A. Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *British Journal of Sports Medicine*. 1. Oktober 2002;36(5):354–9.
109. Lieber RL, Fridén J. Selective damage of fast glycolytic muscle fibres with eccentric contraction of the rabbit tibialis anterior. *Acta Physiol Scand*. 1988;133(4):587–8.
110. Bradley PS, Lago-Peñas C, Rey E. Evaluation of the Match Performances of Substitution Players in Elite Soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Mai 2014;9(3):415–24.
111. Carling C, Espié V, Le Gall F, Bloomfield J, Jullien H. Work-rate of substitutes in elite soccer: A preliminary study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. März 2010;13(2):253–5.
112. Woods B, Thatcher J. A Qualitative Exploration of Substitutes' Experiences in Soccer. *The Sport Psychologist*. Dezember 2009;23(4):451–69.
113. Jansen P, Lehmann J, Fellner B, Huppertz G, Loose O, Achenbach L, u. a. Relation of injuries and psychological symptoms in amateur soccer players. *BMJ Open Sport Exerc Med [Internet]*. 24. April 2019 [zitiert 13. Dezember 2020];5(1). Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6540317/>
114. Hägglund M, Walden M, Ekstrand J. Lower Reinjury Rate with a Coach-Controlled Rehabilitation Program in Amateur Male Soccer: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 1. September 2007;35(9):1433–42.
115. Nogueira M, Laiginhas R, Ramos J, Costa O. Injuries in Portuguese Amateur Youth Football Players: A Six Month Prospective Descriptive Study. *Acta Médica*

Portuguesa. 29. Dezember 2017;30(12):840–7.

116. Faude O, Meyer T, Federspiel B, Kindermann W. Verletzungen im deutschen Profifußball - eine Analyse auf der Basis von Medieninformationen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin [Internet]. 2009 [zitiert 14. Juli 2020]; Verfügbar unter: https://www.germanjournalsportsmedicine.com/fileadmin/content/archiv2009/heft06/Hompage_Dateien%200906/06_originalia_faude_609.pdf

117. Krutsch W, Zeman F, Zellner J, Pfeifer C, Nerlich M, Angele P. Increase in ACL and PCL injuries after implementation of a new professional football league. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1. Juli 2016;24(7):2271–9.

118. Gouttebarga V, Aoki H, Kerkhoffs GMMJ. Knee osteoarthritis in professional football is related to severe knee injury and knee surgery. *Inj Epidemiol* [Internet]. 18. Juni 2018 [zitiert 6. Januar 2021];5. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6004342/>

119. Kucera K, Marshall S, Kirkendall D, Marchak P, Garrett W. Injury history as a risk factor for incident injury in youth soccer. *Br J Sports Med.* Juli 2005;39(7):462.

120. Häggglund M, Waldén M, Ekstrand J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med.* September 2006;40(9):767–72.

121. Waldén M, Häggglund M, Werner J, Ekstrand J. The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1. Januar 2011;19(1):3–10.

122. Zazulak BT, Paterno M, Myer GD, Romani WA, Hewett TE. The Effects of the Menstrual Cycle on Anterior Knee Laxity. *Sports Med.* 1. Oktober 2006;36(10):847–62.

123. Bjordal JM, Arnøy F, Hannestad B, Strand T. Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Soccer. *Am J Sports Med.* 1. Mai 1997;25(3):341–5.

124. Waldén M, Häggglund M, Magnusson H, Ekstrand J. Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol*

Arthrosc. 1. Januar 2011;19(1):11–9.

125. Rochcongar P, Laboute E, Jan J, Carling C. Ruptures of the anterior cruciate ligament in soccer. *Int J Sports Med.* Mai 2009;30(5):372–8.

126. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, u. a. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1. Juli 2009;17(7):705–29.

127. McCrory P, Meeuwisse W, Dvorak J, Aubry M, Bailes J, Broglio S, u. a. Consensus statement on concussion in sport—the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *Br J Sports Med.* 1. Juni 2017;51(11):838–47.

128. Manley G, Gardner AJ, Schneider KJ, Guskiewicz KM, Bailes J, Cantu RC, u. a. A systematic review of potential long-term effects of sport-related concussion. *Br J Sports Med.* Juni 2017;51(12):969–77.

129. Delaney JS, Caron JG, Correa JA, Bloom GA. Why Professional Football Players Chose Not to Reveal Their Concussion Symptoms During a Practice or Game: *Clinical Journal of Sport Medicine.* Januar 2018;28(1):1–12.

130. Kirkendall DT, Jordan SE, Garrett WE. Heading and head injuries in soccer. *Sports Med.* 2001;31(5):369–86.

131. Fuller C, Junge A, Dvorak J. A six year prospective study of the incidence and causes of head and neck injuries in international football. *Br J Sports Med.* August 2005;39(Suppl 1):i3–9.

132. Beaudouin F, Aus der Füntten K, Tröß T, Reinsberger C, Meyer T. Match Situations Leading to Head Injuries in Professional Male Football (Soccer)-A Video-Based Analysis Over 12 Years. *Clin J Sport Med.* März 2020;30 Suppl 1:S47–52.

133. Boden BP, Kirkendall DT, Garrett WE. Concussion Incidence in Elite College Soccer Players. *Am J Sports Med.* 1. März 1998;26(2):238–41.

134. McCrory PR. Brain injury and heading in soccer. *BMJ.* 16. August 2003;327(7411):351–2.

135. Kontos AP, Braithwaite R, Chrisman SPD, McAllister-Deitrick J, Symington L, Reeves VL, u. a. Systematic review and meta-analysis of the effects of football heading. *Br J Sports Med.* 1. August 2017;51(15):1118–24.
136. Maher ME, Hutchison M, Cusimano M, Comper P, Schweizer TA. Concussions and heading in soccer: A review of the evidence of incidence, mechanisms, biomarkers and neurocognitive outcomes. *Brain Injury.* 1. März 2014;28(3):271–85.
137. Di Virgilio TG, Hunter A, Wilson L, Stewart W, Goodall S, Howatson G, u. a. Evidence for Acute Electrophysiological and Cognitive Changes Following Routine Soccer Heading. *EBioMedicine.* 23. Oktober 2016;13:66–71.
138. Henke T, Luig P, Schulz D. Sportunfälle im Vereinssport in Deutschland. Aspekte der Epidemiologie und Prävention. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz.* 1. Juni 2014;57:628–37.
139. Giza E, Fuller C, Junge A, Dvorak J. Mechanisms of Foot and Ankle Injuries in Soccer. *Am J Sports Med.* 1. Juli 2003;31(4):550–4.
140. Klein C, Bloch H, Burkhardt K, Kühn N, Pietzonka M, Schäfer M. VBG-Sportreport 2020 – Analyse des Unfall- geschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball, Handball. Hamburg: VBG. 2020 [zitiert 10. Januar 2021]; Verfügbar unter: https://www.vbg.de/DE/3_Praevention_und_Arbeitshilfen/1_Branchen/11_Sport/Sportreport_2020/Sportreport_2020_node.html
141. Ekstrand J, Gillquist J. Soccer injuries and their mechanisms: a prospective study. *Med Sci Sports Exerc.* 1983;267–70.
142. Rätty HP, Kujala UM, Videman T, Impivaara O, Crites Battié M, Sarna S. Lifetime musculoskeletal symptoms and injuries among former elite male athletes. *Int J Sports Med.* November 1997;18(8):625–32.
143. Roos H, Lindberg H, Gärdsell P, Lohmander LS, Wingstrand H. The Prevalence of Gonarthrosis and Its Relation to Meniscectomy in Former Soccer Players. *Am J Sports Med.* 1. März 1994;22(2):219–22.

144. Roos H. Are there long-term sequelae from soccer? *Clin Sports Med*. Oktober 1998;17(4):819–31, viii.
145. Petrillo S, Papalia R, Maffulli N, Volpi P, Denaro V. Osteoarthritis of the hip and knee in former male professional soccer players. *Br Med Bull*. 1. März 2018;125(1):121–30.
146. Arliani GG, Astur DC, Yamada RKF, Yamada AF, Miyashita GK, Mandelbaum B, u. a. Early osteoarthritis and reduced quality of life after retirement in former professional soccer players. *Clinics (Sao Paulo)*. September 2014;69(9):589–94.
147. Larsen E, Jensen PK, Jensen PR. Long-term outcome of knee and ankle injuries in elite football. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 1999;9(5):285–9.
148. Quisquater L, Bollars P, Vanlommel L, Claes S, Corten K, Bellemans J. The incidence of knee and anterior cruciate ligament injuries over one decade in the Belgian Soccer League. *Acta Orthop Belg*. Oktober 2013;79(5):541–6.
149. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A Meta-analysis of the Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears as a Function of Gender, Sport, and a Knee Injury–Reduction Regimen. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 1. Dezember 2007;23(12):1320-1325.e6.
150. Şenişik S, Özgürbüz C, Ergün M, Yüksel O, Taskiran E, İşlegen Ç, u. a. Posterior Tibial Slope as a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Rupture in Soccer Players. *J Sports Sci Med*. 1. Dezember 2011;10(4):763–7.
151. Webster KE, Hewett TE. Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury reduction training programs. *Journal of Orthopaedic Research*. 2018;36(10):2696–708.
152. Khayambashi K, Ghoddosi N, Straub RK, Powers CM. Hip Muscle Strength Predicts Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury in Male and Female Athletes: A Prospective Study. *Am J Sports Med*. 1. Februar 2016;44(2):355–61.
153. Handoll HH, Rowe BH, Quinn KM, de Bie R. Interventions for preventing ankle ligament injuries. In: *The Cochrane Collaboration, Herausgeber. Cochrane Database*

of Systematic Reviews [Internet]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2001 [zitiert 4. November 2020]. S. CD000018. Verfügbar unter: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD000018>

154. Mohammadi F. Comparison of 3 Preventive Methods to Reduce the Recurrence of Ankle Inversion Sprains in Male Soccer Players. *Am J Sports Med.* 1. Juni 2007;35(6):922–6.

155. Loose O, Achenbach L, Fellner B, Lehmann J, Jansen P, Nerlich M, u. a. Injury prevention and return to play strategies in elite football: no consent between players and team coaches. *Arch Orthop Trauma Surg.* Juli 2018;138(7):985–92.

156. Ekstrand J, Lundqvist D, Davison M, D’Hooghe M, Pensgaard AM. Communication quality between the medical team and the head coach/manager is associated with injury burden and player availability in elite football clubs. *Br J Sports Med.* März 2019;53(5):304–8.

157. Klein C, Luig P, Henke T. Injury burden differs considerably between single teams from German professional male football (soccer): surveillance of three consecutive seasons. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;(28):1656–64.

158. Kiliç Ö, Aoki H, Goedhart E, Hägglund M, Kerkhoffs GMMJ, Kuijjer PPFM, u. a. Severe musculoskeletal time-loss injuries and symptoms of common mental disorders in professional soccer: a longitudinal analysis of 12-month follow-up data. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(3):946–54.

159. Ettlinger CF, Johnson RJ, Shealy JE. A method to help reduce the risk of serious knee sprains incurred in alpine skiing. *Am J Sports Med.* Oktober 1995;23(5):531–7.

160. Krutsch W, Lehmann J, Jansen P, Angele P, Fellner B, Achenbach L, u. a. Prevention of severe knee injuries in men’s elite football by implementing specific training modules. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1. Februar 2020;28(2):519–27.

7 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	<i>Abbildung</i>
BFV	<i>Bayerischer Fußballverband</i>
bzw.	<i>beziehungsweise</i>
CT	<i>Computertomografie</i>
DFB	<i>Deutscher Fußball-Bund</i>
DFL	<i>Deutsche Fußball Liga</i>
eCRF	<i>electronic Case Report Form</i>
EDC	<i>electronic data capture</i>
FIA	<i>Football Incident Analysis</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
MRT	<i>Magnetresonanztomografie</i>
SCAT	<i>Sport Concussion Assessment Tool</i>
SHT	<i>Schädel-Hirn-Trauma</i>
sog.	<i>sogenannte/-r</i>
Tab.	<i>Tabelle</i>
UEFA	<i>Union of European Football Associations</i>
VBG	<i>Verwaltungs-Berufsgenossenschaft</i>
VKB	<i>Vorderes Kreuzband</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>

8 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei alldenjenigen bedanken, die mir die Vollendung dieser Promotionsarbeit ermöglichten.

Allen voran danke ich Herrn Prof. Dr. med. Werner Krutsch für die Möglichkeit, unter seiner Leitung meine Promotionsarbeit anfertigen zu dürfen. Ich danke dir ganz besonders für deine Geduld. Dass du jederzeit erreichbar warst, um mir bei Fragen hilfsbereit zur Seite zu stehen, und das sogar in deiner Freizeit, weiß ich sehr zu schätzen.

Herrn Dr. med. Volker Krutsch und Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Michael Worlicek danke ich für die neuen Anregungen und die kameradschaftliche Zusammenarbeit bei der Erstellung des Papers. Außerdem danke ich euch für euer Durchhaltevermögen, mit dem ihr mich unermüdlich unterstützt habt.

Bedanken möchte ich mich darüber hinaus bei Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Stephan Schreml für die Zweitbegutachtung meiner Arbeit.

Ein weiterer Dank gilt dem Bayerischen Fußball Verband (BFV) für die Bereitstellung des Videomaterials sowie der Verwaltungsberufsgenossenschaft (VBG) für die Unterstützung bei der Erstellung der Auswertungsbögen für die Videoanalyse. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei den teilnehmenden Vereinen und beim Zentrum für klinische Studien an der Universität Regensburg für die unermüdliche Hilfsbereitschaft bei IT-Fragen.

Zu guter Letzt geht ein großer Dank an meine Familie und an meinen Lebenspartner, die mir auf dem Weg zu dieser Promotionsarbeit den Rücken gestärkt haben.

9 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, 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 des Literaturzitates gekennzeichnet. Ich versichere außerdem, dass ich die beigefügte Dissertation nur in diesem und keinem anderen Promotionsverfahren eingereicht habe und, dass diesem Promotionsverfahren keine endgültig gescheiterten Promotionsverfahren vorausgegangen sind.

München, 04.04.2022