

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

**Inzidenzen und Risikofaktoren von Kreuzbandverletzungen im Profisport
verschiedener Teamsportarten – Ein Vergleich zwischen Fußball, Handball,
Basketball und Eishockey**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Dominik Markus Szymiski

2020

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

**Inzidenzen und Risikofaktoren von Kreuzbandverletzungen im Profisport
verschiedener Teamsportarten – Ein Vergleich zwischen Fußball, Handball,
Basketball und Eishockey**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Dominik Markus Szymiski

2020

Dekan:

Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. Hans Werner Krutsch

2. Berichterstatter:

PD Dr. Veronika Vielsmeier

Tag der mündlichen Prüfung:

19.02.2021

Gliederung

1	Zusammenfassung.....	10
2	Summary	12
3	Einleitung	14
3.1	Popularität der Sportarten Fußball, Handball, Basketball und Eishockey	14
3.2	Verletzungen im Sport.....	15
3.2.1	Häufigkeit und Lokalisation von Sportverletzungen	15
3.2.2	Vordere Kreuzbandverletzung (VKB).....	17
3.2.2.1	Anatomie des Kniegelenks im Hinblick auf das VKB.....	17
3.2.2.2	Verletzungsmechanismen des vorderen Kreuzbandes	21
3.3	Pathophysiologische und natürliche Folgen einer vorderen Kreuzbandinstabilität	23
3.4	Verletzungsprävention	24
3.5	Hinführung zur Fragestellung.....	26
4	Material und Methoden	28
4.1	Studienpopulation.....	28
4.1.1	Einschlusskriterien.....	29
4.1.2	Ausschlusskriterien	30
4.2	Screening der verletzten Sportler	30
4.3	Analyseprotokoll	31
4.3.1	Konzeptionierung des Fragebogens.....	31
4.3.2	Beschwerden vor der Kreuzbandverletzung.....	31
4.3.3	Spezifische Fragen zur Kreuzbandverletzung	32
4.3.4	Medizinische Vorgeschichte.....	33
4.3.5	Zusätzliche Informationen zur Verletzung.....	33
4.3.6	Subjektive Meinung der Spieler zur aufgetretenen Verletzung	33
4.4	Datenauswertung	34
4.5	Inzidenzberechnung	34
4.5.1	Training exposure.....	35
4.5.1.1	Vergleich der Trainingsbelastung unter den einzelnen Sportarten.....	42
4.5.2	Match exposure.....	44

5	Ergebnisse	46
5.1	VKB-Rupturen im Profi-Teamsport	47
5.1.1	Anthropometrische Daten.....	47
5.1.2	Frequenz von vorderen Kreuzbandrupturen.....	48
5.1.3	Inzidenz von vorderen Kreuzbandrupturen.....	49
5.1.4	Spielpositionen	51
5.1.5	Medizinische Vorgeschichte.....	54
5.1.5.1	Schwächen in der Spielfähigkeit vor der VKB-Ruptur	54
5.1.5.2	Vorangegangene Knieverletzungen und Operationen.....	55
5.1.6	Verletzungsumstände.....	56
5.1.6.1	Saison- und Belastungsphase	56
5.1.6.2	Definition der Verletzungssituation und Spielphase.....	59
5.1.6.3	Verletzungsmechanismus	65
5.1.6.4	Foulspiel und Abbruch der Spiel- oder Trainingstätigkeit	67
5.1.6.5	Subjektive Verletzungseinschätzung und Stabilität des Kniegelenks	67
5.1.7	Zeitpunkt der Verletzung.....	68
5.1.8	Diagnostik und Therapie.....	73
5.1.9	Aktuelle Verletzung.....	74
5.1.10	Einflussfaktoren auf die Verletzung.....	76
5.1.10.1	Vereins- und Trainerwechsel.....	76
5.1.10.2	Belastungs- und Ablaufänderungen.....	78
5.1.10.3	Schuhe und Einlagen	79
5.1.10.4	Sportpause und Urlaub.....	80
5.1.10.5	Aufwärmen	80
5.1.10.6	Return-to-Play	82
5.1.10.7	Sonstige Einflussfaktoren	83
5.2	VKB-Rupturen im weiblichen und männlichen Profifußball	84
5.2.1	Anthropometrische Daten.....	84
5.2.2	Frequenz von vorderen Kreuzbandverletzungen im Geschlechtervergleich.....	85
5.2.3	Inzidenz von vorderen Kreuzbandverletzungen im Geschlechtervergleich.....	86
5.2.4	Spielpositionen	87

5.2.5	Medizinische Vorgeschichte.....	88
5.2.5.1	Schwächen in der Spielfähigkeit vor der Kreuzbandverletzung 88	
5.2.5.2	Vorverletzungen und Voroperationen	88
5.2.6	Verletzungsumstände.....	89
5.2.6.1	Saison- und Belastungsphase	89
5.2.6.2	Definition der Verletzungssituation und Spielphase.....	91
5.2.6.3	Verletzungsmechanismus	94
5.2.6.4	Foulspiel und Abbruch der Spiel- oder Trainingstätigkeit	96
5.2.6.5	Subjektive Verletzungseinschätzung	96
5.2.7	Zeitpunkt der Verletzung.....	97
5.2.8	Diagnostikzeitraum und Methoden	99
5.2.9	Aktuelle Verletzung.....	100
5.2.10	Einflussfaktoren auf die Verletzung.....	101
5.2.10.1	Vereins- und Trainerwechsel.....	101
5.2.10.2	Belastungs- und Ablaufänderungen.....	102
5.2.10.3	Schuhe und Einlagen	103
5.2.10.4	Sportpause und Urlaub	104
5.2.10.5	Aufwärmen	104
5.2.10.6	Return-to-Play	105
5.2.10.7	Sonstige Faktoren	106
6	Diskussion	109
6.1	Unterschiede in den Teamsporten	109
6.2	Unterschiede im Geschlechtervergleich	119
6.3	Schlussfolgerungen für den praktischen Alltag	126
6.4	Limitationen und Perspektiven.....	127
7	Fazit	128
8	Literaturverzeichnis	130
9	Abkürzungsverzeichnis	144
10	Danksagung	146

1 Zusammenfassung

EINLEITUNG

Die Ballsportarten Fußball, Handball, Basketball und Eishockey zählen weltweit zu den populärsten Teamsportarten und erfreuen sich einer wachsenden Beteiligung, sowohl im Profi-, als auch Amateursportbereich. Gleichzeitig treten jährlich unzählige Verletzungen im Zusammenhang mit den jeweiligen Sportarten auf und sind für den Großteil der Sportverletzungen in Deutschland verantwortlich. Insbesondere unter professionellen Athleten lassen sich aufgrund der erhöhten Belastung vermehrt Verletzungen feststellen. Häufig wird dabei die Lokalisierung an der unteren Extremität und speziell am Kniegelenk beobachtet. Hier hat sich die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) als besonders schwere Verletzung mit langen Ausfallzeiten, und hohen Kosten definiert. Umfassende vergleichende Untersuchungen zwischen den großen Teamsportarten mit Fokus auf VKB-Läsionen fehlen bisher in den deutschen Profiligen. Diese Arbeit vergleicht deswegen erstmalig die Profiligen im Fußball, Handball, Basketball, Eishockey im Herrensport und den Fußball im Frauensport in Hinblick auf Inzidenz und Risikofaktoren für vordere Kreuzbandrupturen.

METHODIK

Im Rahmen des „Deutschen Kreuzbandregisters im Sport“ wurden in dieser prospektiven Kohortenstudie alle Vereine der jeweiligen Profiligen im männlichen und weiblichen Fußball, sowie männlichen Handball, Basketball und Eishockey vor Beginn der Datenerfassung und zu Beginn jeder Saison kontaktiert und über die Ziele der Untersuchung informiert. Medienbasiert wurden alle Kreuzbandverletzungen in den jeweiligen Spielklassen registriert und den entsprechenden Spieler/-innen, sowie Vereinsvertretern und Mannschaftsärzten der Fragebogen mit Fokus auf Anthropometrie, Spielsituation, Verletzungsmechanismus und Belastungs-, sowie Ablaufänderungen vor der Verletzung. Zur Berechnung der Verletzungsinzidenz in 1000 Stunden Sport wurde literatur- und medienbasiert die Trainings- und Spielbelastung in den jeweiligen Ligen ermittelt.

ERGEBNISSE

Im Vergleich der professionellen männlichen Teamsportarten zeigte sich eine erhöhte Inzidenz im Fußball und Handball. Hier wurden insbesondere in den niedrigeren Profispielklassen häufiger Kreuzbandrupturen festgestellt. Direkte Kontaktverletzungen traten vor allem im Eishockey auf (83,3%), während im Fußball

42,9% der Spieler sich nach direktem Kontakt verletzte. Im Handball und Basketball hingegen dominierten indirekte Läsionen und Verletzungen ohne Kontakt. Der Großteil der Kreuzbandverletzungen ereignete sich in allen Sportarten in Wettkampfsituationen. Bei der Verteilung der Begleitverletzungen zeigte sich, dass im Fußball meistens der laterale Meniskus (57,9%) als mit betroffen angegeben wurde, während im Handball (61,1%) und Basketball (100%) der mediale Meniskus mitbeteiligt war.

Beim Vergleich beider Geschlechter im professionellen Fußball zeigte sich eine Häufung von Kreuzbandverletzungen in allen weiblichen Ligen. Die verletzen Spielerinnen waren hierbei jünger (22,5 vs. 25,1 Jahre) und unerfahrener (15,9 vs. 19,4 Jahre) als ihre verletzen Kollegen im männlichen Fußball. Der Anteil der direkten Kontaktverletzungen war in den weiblichen Profiligen massiv geringer im Vergleich zu den Herren (42,9% vs. 13,6%). Parallel dazu verhielt sich die Rate an Foulspielen (25,0% vs. 0%).

FAZIT

Insbesondere der weibliche Profifußball zeigte in dieser Arbeit eine erhöhte Auftrittswahrscheinlichkeit für vordere Kreuzbandverletzungen. Der hohe Anteil an Nicht-Kontakt Verletzungen in dieser Population bietet einen guten Ansatz für zukünftige Präventionsprogramme, um bestimmte (neuro-)muskulären Defizite auszugleichen. Ebenso lässt die hohe Anzahl an direkten Kontaktverletzungen im Eishockey auf potentielle Mechanismen zur Verhinderung von VKB-Rupturen schließen. Geänderte Spielregeln oder verbessertes Schutzmaterial mit Fokus auf dem Kniegelenk sind mögliche Ideen. Aufgrund des kurzen Untersuchungszeitraums und der Anzahl an befragten Athletinnen und Athleten, empfiehlt sich eine Weiterführung dieser Studie, um genaueren Aussagen und Vorhersagen für das Auftreten der vorderen Kreuzbandruptur in den Profiligen treffen zu können. Anhand dieser Ergebnisse lassen sich Rückschlüsse auf Spielsituationen oder Phasen mit erhöhter Verletzungsanfälligkeit schließen und bieten Grundlagendaten für die Erforschung von Kreuzbandverletzungen im Profisport.

2 Summary

INTRODUCTION

The ball sports soccer, handball, basketball and ice hockey are among the most popular team sports worldwide and enjoy a growing participation, both in the professional and amateur sports sector. At the same time, countless injuries occur every year in connection with the respective sports and are responsible for the majority of sports injuries in Germany. Particularly among professional athletes, injuries are more frequent due to the increased stress. Often the localization is observed in the lower extremity and especially at the knee joint. Here, the rupture of the anterior cruciate ligament (ACL) has been defined as a particularly severe injury with long downtimes and high costs. Comprehensive comparative studies between the major team sports with a focus on ACL lesions are still missing in the German professional leagues. This study therefore compares for the first time the professional leagues in soccer, handball, basketball, ice hockey in men's sports and soccer in women's sports with regard to incidence and risk factors for anterior cruciate ligament ruptures.

METHODS

Within the framework of the "German Cruciate Ligament Register in Sports", all clubs of the respective professional leagues in male and female soccer, as well as male handball, basketball and ice hockey were contacted in this prospective cohort study before the start of data collection and at the beginning of each season and informed about the goals of the study. Media-based, all cruciate ligament injuries in the respective leagues were registered and the respective players, club representatives and team physicians were provided with questionnaires focusing on anthropometry, game situation, injury mechanism and load and process changes prior to injury. To calculate the injury incidence in 1000 hours of sport, the training and match load in the respective leagues was determined based on literature and media.

RESULTS

A comparison of professional male team sports showed an increased incidence in soccer and handball. Here, cruciate ligament ruptures were found more frequently in the lower professional game classes. Direct contact injuries occurred primarily in ice hockey (83.3%), while in soccer 42.9% of players injured themselves after direct contact. In handball and basketball, however, indirect lesions and injuries without contact dominated. The majority of cruciate ligament injuries in all sports occurred in

competitive situations. The distribution of concomitant injuries showed that in soccer the lateral meniscus was most often reported as being affected (57.9%), while in handball (61.1%) and basketball (100%) the medial meniscus was involved.

A comparison of both sexes in professional soccer showed an accumulation of cruciate ligament injuries in all female leagues. The injured spierlinnen were younger (22.5 vs. 25.1 years) and less experienced (15.9 vs. 19.4 years) than their injured colleagues in male soccer. The proportion of direct contact injuries was massively lower in the female professional leagues compared to the men (42.9% vs. 13.6%). At the same time, the rate of foul play was lower (25.0% vs. 0%).

CONCLUSION

In this study, female professional soccer showed an increased probability of occurrence of anterior cruciate ligament injuries. The high proportion of non-contact injuries in this population offers a good approach for future prevention programs to compensate for certain (neuro-)muscular deficits. Similarly, the high number of direct contact injuries in ice hockey suggests potential mechanisms to prevent ACL ruptures. Changed rules of the game or improved protective material with focus on the knee joint are possible ideas. Due to the short investigation period and the number of athletes interviewed, a continuation of this study is recommended in order to be able to make more precise statements and predictions for the occurrence of anterior cruciate ligament rupture in the professional leagues. Based on these results, conclusions can be drawn about game situations or phases with increased susceptibility to injury and provide basic data for research into cruciate ligament injuries in professional sports.

3 Einleitung

3.1 Popularität der Sportarten Fußball, Handball, Basketball und Eishockey

Fußball, Handball, Basketball und Eishockey zählen zu den weltweit beliebtesten und bekanntesten Teamsportarten und werden tagtäglich von Millionen Menschen praktiziert. Laut der „Fédération Internationale de Basketball“ (FIBA) spielten beispielsweise im Jahr 2007 weltweit über 450 Millionen Menschen im Profi- oder Amateurbereich Basketball. Die Popularität jener Sportart wurde zudem bereits im April 1997 durch Raper Starch herausgestellt, welcher in einer repräsentativen Studie 35.000 Testpersonen befragte. Starch zeigte damals, dass 11% der Weltbevölkerung Basketball spielte und somit bereits den Fußball als beliebteste Sportart in Asien und Afrika abgelöst hat (Rowe, 2011; FIBA, 2018). Im Bereich des Fußballs wurde 2007 die groß angelegte „Big Count“ Studie im Auftrag der „Fédération Internationale de Football Association“ (FIFA) veröffentlicht, aus der ersichtlich wird, dass zwischen den Jahren 2000 und 2007 die gesamte Anzahl der Spielerinnen und Spieler um 9,5% von 242 Millionen auf über 265 Millionen angestiegen ist. Der Anteil der Spielerinnen wuchs hierbei im gleichen Zeitraum von 22 Millionen auf 26 Millionen. Die Popularität des Fußballs ist somit weltweit ansteigend und erfreut sich nach wie vor wachsender Beliebtheit (von Kunz, 2007). Auf den Handball- und Eishockeysport fallen dagegen weniger Spieler/-innen, dennoch lag die Anzahl der weltweit registrierten Eishockeyspieler laut IIHF (International Ice Hockey Federation) im Jahr 2017 bei über 14 Millionen (IIHF, 2017). Dazu kommt noch die Zahl der nichtregistrierten Amateursportler, welche nicht genau bestimmt werden kann, aber ebenfalls im mittleren siebenstelligen Bereich liegen dürfte.

Deutschlandweit bietet die Bestandserhebung des Deutschen Olympischen Sportbundes e.V. (DOSB e.V.) aus dem Jahr 2019 den besten Überblick über Sportler. Dort werden allerdings nur Athleten aufgeführt, die in einem Verein aktiv sind bzw. in die Vereinsstruktur eingebunden sind, weshalb die tatsächliche Anzahl der Akteure wohl deutlich höher ausfallen dürfte. Fest steht jedoch, dass über 8 Millionen Deutsche Mitglied in einem Verein für eine der vier großen Teamsportarten sind. Mit 7,1 Millionen fällt dabei der größte Anteil an Aktiven auf den Fußball, gefolgt von rund 750.000 in Handballvereinen und 210.000 im Basketball, sowie 25.000 im Eishockey (DOSB,

2020). Rund 10% der deutschen Bevölkerung sind daher aktiv oder passiv in eine dieser Sportarten involviert.

3.2 Verletzungen im Sport

3.2.1 Häufigkeit und Lokalisation von Sportverletzungen

Die global steigende Popularität der Sportarten Fußball, Basketball, Handball und Eishockey und die parallel anwachsende Menge aktiver Spieler führt zu einer höheren Zahl von Sportverletzungen. Allein in Deutschland lassen sich über 60% der insgesamt 2 Millionen Sportunfälle in Vereinen auf die vier genannten Sportarten zurückführen, wobei der Fußball mit einer Prävalenz von 46,5% die Spitzenrolle einnimmt (Henke et al., 2014). Nachdem über 15 Jahre hinweg die Sportverletzungen (n=11.361) eines Trauma Level 1 Zentrums beobachtet wurden, konnte festgestellt werden, dass 34% der Blessuren auf die Teamsportarten fallen und der Anteil des Fußballs 71,4% beträgt (Krutsch et al., 2018).

Speziell der Profibereich birgt, durch die erhöhten Belastungen, erhöhte Risiken für Läsionen jeglicher Art. Die wissenschaftliche Literatur rechnet, je nach Sportart, mit Inzidenzen zwischen 0,65 und 2,4 Verletzungen pro Spiel (Junge et al., 2006; Luig et al., 2017). Professionelle Sportler weisen dabei, im Vergleich zu Amateurspielern, ein signifikant höheres Risiko auf, Verletzungen zu erleiden (Dvorak et al., 2009). Durch die starke Belastung im Leistungssport ist auch die Gefahr für posttraumatische Schäden und degenerative Veränderungen besonders hoch. Exemplarisch dafür spricht, dass bei früheren Bundesligafußballern zwei Drittel ihre aktive Laufbahn aufgrund einer, oder der Summe mehrerer Verletzungen beenden mussten (Angele et al., 2013).

Passend dazu publiziert die Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) einen jährlichen Sportreport über die Läsionen der Profiligen im Fußball, Handball, Basketball und Eishockey. Für jeden Sportler ist eine jährliche kumulative Verletzungsinzidenz von 2,5 beschrieben, woraus sich eine durchschnittliche Ausfallzeit von 25 Tagen ergibt (Luig et al., 2017). Solch hohe Verletzungsinzidenzen sind über alle vier Sportarten hinweg dokumentiert und stellen ein gravierendes Problem dar. Hierbei zeigen sich neben Ereignissen in Wettkämpfen, auch Verletzungen während des Trainings (Hootman et al., 2007).

Dass speziell Fußball, Handball und Basketball besonders gefährliche Mannschaftssportarten sind, lässt sich anhand der Verletzungsstatistik der Olympischen Sommerspiele 2004 validieren (Abbildung 1).

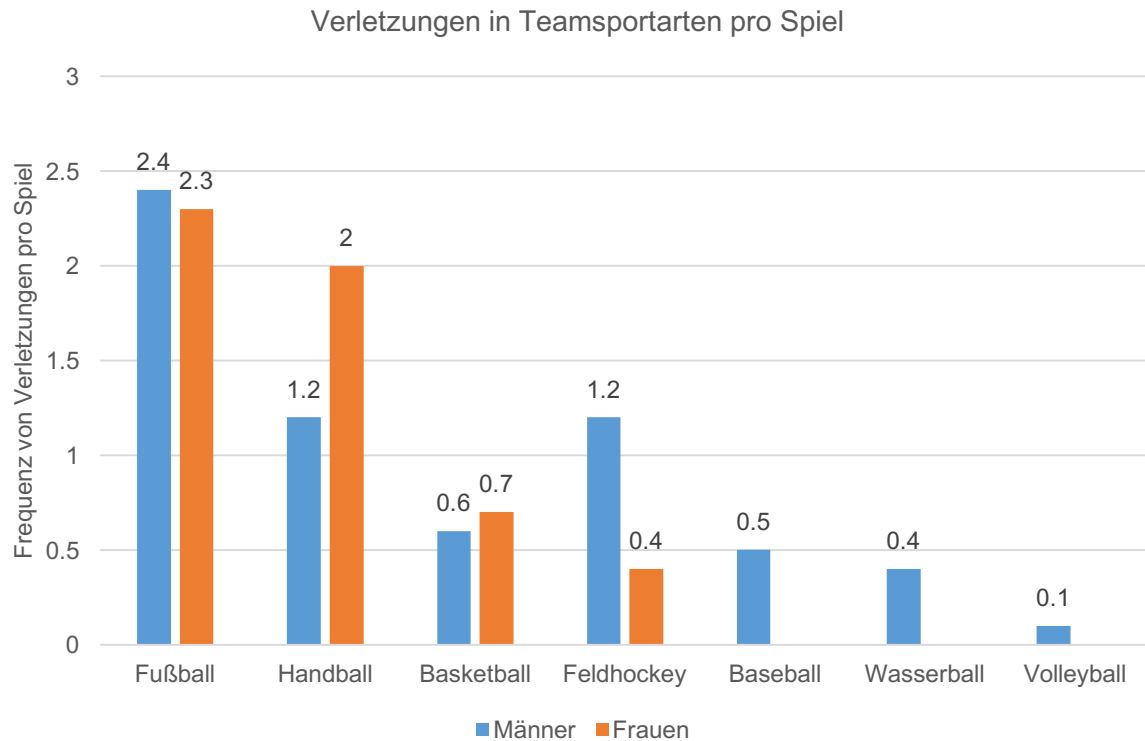


Abbildung 1: Verletzungen pro Spiel während der Olympischen Sommerspiele 2004 in den 7 Mannschaftssportarten (Junge et al., 2006)

Die meisten Verletzungen fanden pro Spiel im Herren- und Frauenfußball statt, mit Inzidenzen von 2,4 (Männer) bzw. 2,3 (Frauen) Läsionen pro Spiel. Auch im Handball konnten hohe Raten festgestellt werden. Die Männer erlitten 1,2 und die Frauen 2,0 Verletzungsereignisse je Spiel. Basketball zeigte sich zwar weniger risikoreich, aber mit einer durchschnittlichen Quote von 0,7 Verletzungen im Frauen- und 0,6 pro Spiel im Herrenbereich dennoch sehr hoch (Junge et al., 2006). Hinsichtlich des Wintersports wurden bei den olympischen Winterspielen 2014 im Eishockey 32 Verletzungen bei 30 Spielen erfasst, was einer Frequenz von 1,06 Verletzungen pro Spiel entspricht. Insofern lässt sich Eishockey, im Vergleich der Quoten, hinter Fußball und Handball einordnen und ist ebenfalls als relativ verletzungsanfällige Sportart zu beurteilen (Soligard et al., 2015).

Vor allem die untere Extremität ist als Lokalisation für Verletzungen besonders gefährdet. Einzig Eishockey stellt hierbei eine Ausnahme dar. Dort ist bevorzugt die obere Extremität (34,6%) bzw. der Kopf/Hals Bereich (19,7%) betroffen und nur rund

19% aller Verletzungen lassen sich in der unteren Körperhälfte diagnostizieren. Für die anderen aufgeführten Sportarten wurden Anteile zwischen 35 bis 66,3% aller Läsionen in den unteren Extremitäten identifiziert (Henke et al., 2014; Åman et al., 2018; Krutsch et al., 2018).

Besonders das Kniegelenk ist im deutschen Vereinssport häufig betroffen und die Inzidenz von Verletzungen in jener Region ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Zwischen 1990 und 2012 nahm der Anteil von Knieverletzungen an allen insgesamt aufgetretenen Verletzungen im Herrenbereich von 19,7 auf 20,5% zu. Während im Damensport der Anstieg von 14,6 auf 20,0% sogar noch stärker ausfiel (Henke et al., 2014).

Besonders hervorzuheben ist dabei die vordere Kreuzbandruptur. Jene zählt zu den gravierendsten und schwersten Verletzungen im Profisport, speziell im Bereich der unteren Extremitäten (Loose et al., 2018). Dies zeigt sich durch die hohe Ausfallzeit zwischen 6 und 11,8 Monaten nach Rekonstruktion und einer Rate von 85% der Profispieler, die ihren Sport wiederaufnehmen. Dass nur 83% der Verletzten wieder auf das Niveau erreichen, welches sie vor der Ruptur hatten, unterstreicht die prekäre Lage dieser Läsion (Zaffagnini et al., 2014; Lai et al., 2018). Auch aus ökonomischer Sicht ist eine VKB-Ruptur ungünstig, da sie zu den kostenintensivsten Verletzungen in der Sportmedizin zählt (de Loës et al., 2000; Alentorn-Geli et al., 2009b; Joseph et al., 2013).

3.2.2 Vordere Kreuzbandverletzung (VKB)

Unter allen Läsionen, gehört die des vorderen Kreuzbandes zu den häufigsten Bänderverletzungen im Kniegelenk (Scuderi und Tria, 2010b). Per Definition handelt es sich bei einer frischen Kreuzbandruptur um einen akut aufgetretenen kompletten oder partiellen Verlust der ligamentären Kontinuität, bei der durch eine indirekte oder seltener durch eine direkte äußere Gewalteinwirkung die Elongationsreserve des Bandes überschritten wurde (Wilcke, 2004b).

3.2.2.1 Anatomie des Kniegelenks im Hinblick auf das VKB

Das Kniegelenk (Art. genus) kann als Zusammenschluss der drei Knochen Femur, Tibia und Patella, sowie der daraus resultierenden Gelenke Tibiofemoral- und

Patellofemoralgelenk verstanden werden (Abbildung 2). Durch einen ausgeprägten Kapsel- und Bandapparat und die Menisken wird das Kniegelenk stabilisiert und die Bewegungen geführt (Flandry und Hommel, 2011).

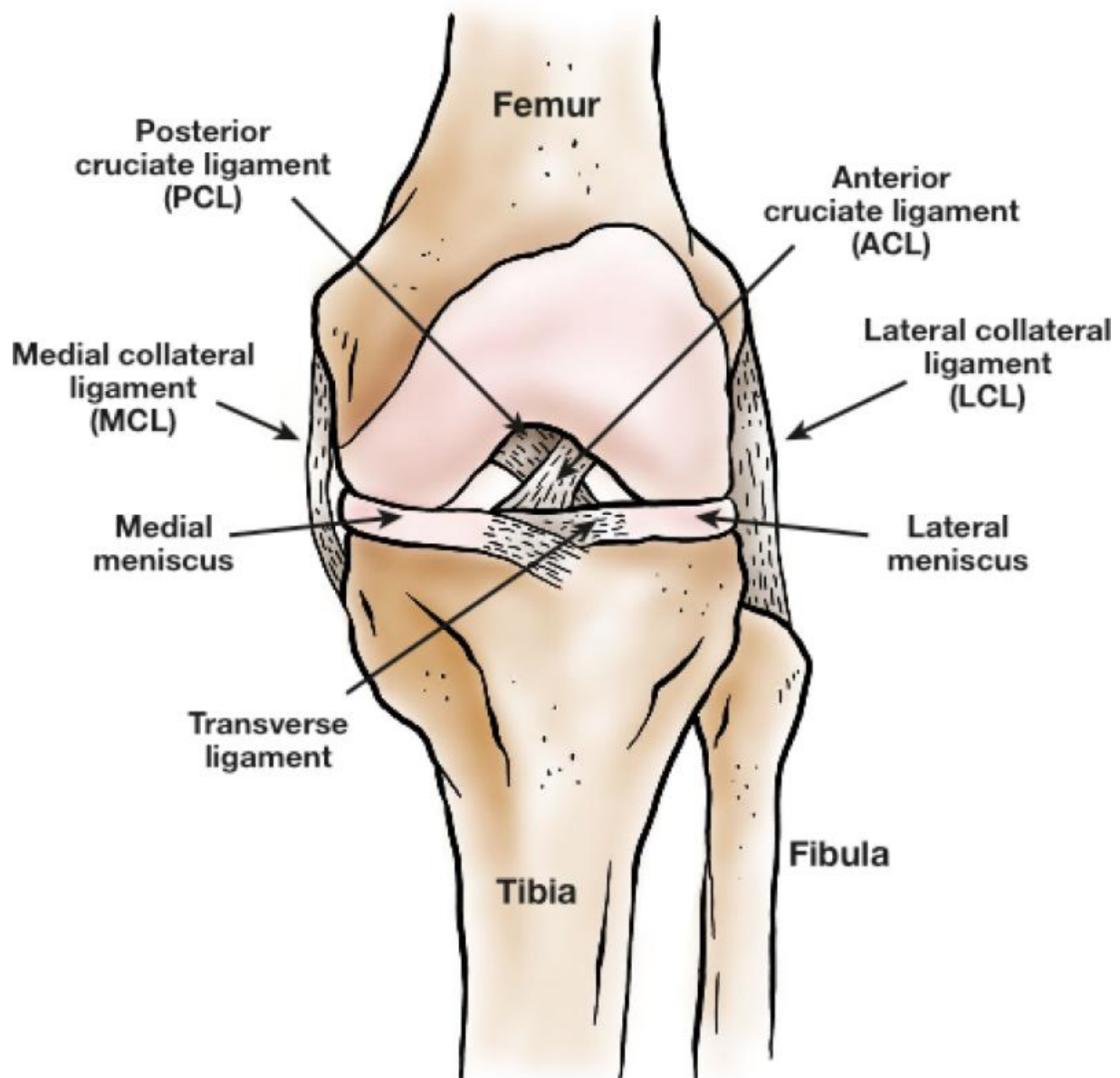


Abbildung 2: Anatomie des Kniegelenks im Hinblick auf ligamentäre Strukturen (Anterior cruciate ligament = vorderes Kreuzband, Posterior cruciate ligament = hinteres Kreuzband, Lateral collateral ligament = laterales Kollateralband, Medial collateral ligament = mediales Kollateralband) (aus Makris et al., 2011)

Das vordere Kreuzband (Lig. cruciatum anterius, VKB) zählt dabei mit Kraftanteilen von bis zu 86% zu den Hauptstabilisatoren des anterioren Drifts der Tibia gegenüber des Femurs und sekundär auch als Hemmmechanismus der tibialen Rotation und der Beschränkung des, auf das Kniegelenk wirkenden, Valgus- und Varusstress (Markolf

et al., 1976; Tria, 1995; Makris et al., 2011; Markatos et al., 2013). Außerdem wird dem VKB aufgrund vieler Mechanorezeptoren und freien Nervenendigungen eine wichtige Rolle in der Propriozeption des Kniegelenks zugeschrieben. Die Fasern des Kreuzbandes liegen intraartikulär, werden allerdings wegen der synovialen Ummantelung als extrasynovial gesehen.

Histologisch gesehen handelt es sich um eine komplexe Kollagenmatrix, bei der der Kollagenanteil zu 90% über Kollagen Typ I und zu 10% vom Kollagen Typ III gedeckt wird. Unter physiologischen Bedingungen besteht das Nettogewicht des vorderen Kreuzbands zu 60% aus Wasser.

Das Band entspringt der medialen Seite des posterolateralen Femurkondyls und zieht in die anteriore interkondyläre Fläche der Tibia (Eminentia), wo das VKB zum Teil mit dem Vorderhorn des lateralen Meniskus verwachsen ist (Markatos et al., 2013). Die Position auf der Tibia ist 15mm hinter der anterioren Grenzfläche und medial zur Verknüpfung des Vorderhorns des lateralen Meniskus lokalisiert (Fu et al., 1999). Beim vorderen Kreuzband wird in zwei Bündel unterschieden: dem anteromedialen (AM) und dem posterolateralen (PL) Bündel, die jeweils bei unterschiedlichen Bewegungen beansprucht werden (Abbildung 3). Das AM-Bündel ist bei 90° Flexion straff, während der PL-Faseranteil bei voller Extension angespannt ist. Die Bündel sind nach der Lokalisation ihrer Einmündung in die Fläche der Tibia anterior der interkondylären Eminentia benannt (Peterson und Krabak, 2014).

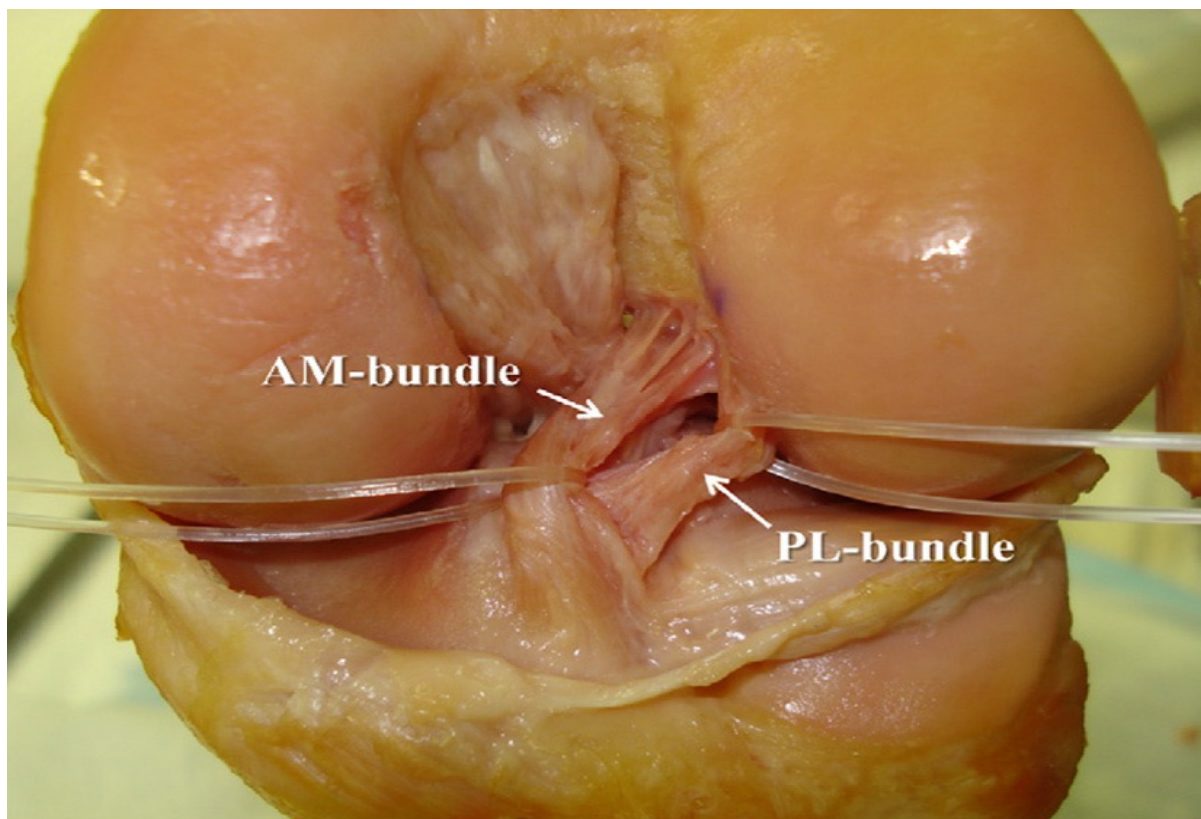


Abbildung 3: Aufteilung des Kreuzbandes in anteromedialen (AM) und posterolateralen (PL) Anteil (aus Peterson und Krabak, 2014)

Die Versorgung des vorderen Kreuzbandes mit Blut und Nährstoffen wird durch die Anastomose der A. inferior lateralis genus und A. inferior medialis genus durch das Fettpolster und über die Endäste der A. media genus aus der posterioren Kapsel sichergestellt. Bei Ruptur des VKB ist mit einer permanenten Unterbrechung der Versorgung zu rechnen, weshalb die Tendenz zur Spontanheilung als eher niedrig einzuschätzen ist (Kennedy et al., 1982; Flandry und Hommel, 2011; Markatos et al., 2013).

Das hintere Kreuzband (Lig. cruciatum posterius, HKB) ist das Zentrum der axialen Rotation des Knies und dient bei voller Extension der Beschränkung jeglicher Translation und der zweidimensionalen Rotation in der Koronarebene. Der Beginn ist an der medialen Fläche der interkondylären Notch lokalisiert und zieht in die Fovea centralis der proximalen Tibia. Das HKB ist, wie auch das vordere Kreuzband, in zwei Faserbündel unterteilt: ein posteromediales (PM) und ein anterolaterales (AL) Bündel. Bei der Extension ist der posteromediale Anteil angespannter, bei der Flexion hingegen steht der anterolaterale Bündelteil vermehrt unter Spannung. Die Blutversorgung wird durch die posteriore Kapsel gewährleistet, weswegen bei einer

Ruptur des hinteren Kreuzbandes kein dauerhafter Verlust dieser zu befürchten ist (Kennedy et al., 1982; Flandry und Hommel, 2011).

3.2.2.2 Verletzungsmechanismen des vorderen Kreuzbandes

Bei vorderen Kreuzbandverletzungen lässt sich eine Klassifikation in Teil- und Kompletttrupturen vornehmen. Dabei ist der Anteil isolierter Teilrupturen mit 10 bis 27% relativ gering. Von einer Teilruptur spricht man, wenn entweder das AM- oder das PL-Bündel des vorderen Kreuzbandes gerissen ist. Bei einer Kompletttraktur hingegen reißen beide Komponenten (Wilcke, 2004c; Scuderi und Tria, 2010a).

Als gesichert gilt, dass die meisten vorderen Kreuzbänder in Situationen ohne Kontakt bzw. ohne unmittelbares Einwirken eines Mit- oder Gegenspielers rupturieren. Die Literatur spricht hierbei von Quoten zwischen 70 und 84% an Nicht-Kontakt-Verletzungen am Anteil aller VKB-Rupturen in den behandelten Sportarten (Boden et al., 2000; Alentorn-Geli et al., 2009a; Kiapour und Murray, 2014; Della Villa et al., 2020).

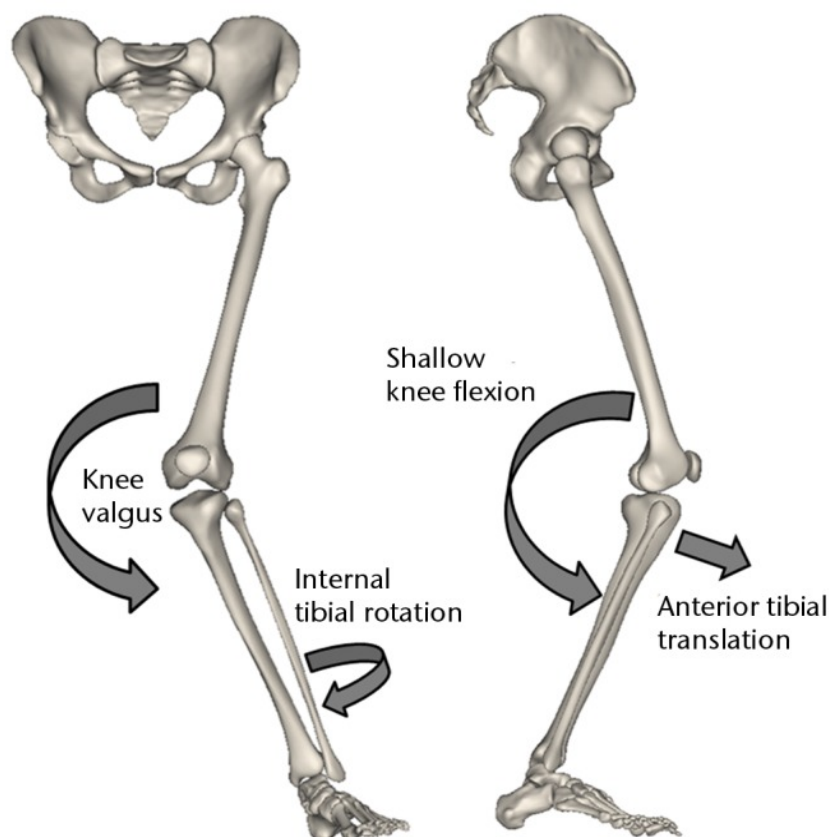


Abbildung 4: Schematische Zeichnung des typischen Verletzungsmechanismus einer Nicht-Kontakt Verletzung des vorderen Kreuzbandes (aus Kiapour und Murray, 2014)

Die meisten Läsionen treten dabei in multi-planaren statt uni-planaren Bewegungsabläufen auf, oftmals beim Wiedererlangen des Gleichgewichts nach einem Schuss bzw. einer Landung (Waldén et al., 2015; Oshima et al., 2018). In der Verletzungssituation wurden bei den betroffenen Spielerinnen und Spielern folgende Verletzungsmuster beobachtet (Alentorn-Geli et al., 2009b; Hewett et al., 2016) (Abbildung 4):

- verstärkte seitliche Rumpfbeweglichkeit
- größere Knieabduktionsbewegung
- Plattfußposition bei initialem Bodenkontakt
- verstärkte Hüftflexion

Bei weiblichen Individuen lässt sich darüber hinaus noch eine signifikant größere Knie- und Hüftflexion während des Verletzungsereignisses identifizieren.

Als typisch für VKB-Verletzungen wurden bereits folgende Mechanismen in der Literatur beschrieben (Boden et al., 2000; Wilcke, 2004a; Shimokochi und Shultz, 2008; Alentorn-Geli et al., 2009a; Waldén et al., 2015; Della Villa et al., 2020):

- Valgus-Außenrotation-Flexions-Stress
- Varus-Innenrotation-Flexions-Stress
- Innenrotationstrauma
- Hyperextension (Vorwärtssturz)
- Hyperflexion (Rückwärtsfall, maximale Quadrizepskontraktion)
- Bagatelltraumen (bei muskulärer Ermüdung oder reflektorischer Hemmung)

Generell wird für Kreuzbandläsionen ein Defizit der neuromuskulären Kontrolle während dynamischer Bewegungen verantwortlich gemacht und zusätzlich führt eine fehlende, bis schlecht ausgeprägte, Propriozeption zu Kontrollverlusten im Kniegelenk. Dadurch kommt es bei abrupten Richtungswechseln, wie im Fußball, Handball, Basketball und Eishockey, häufig zu Verletzungen im Bereich des Kniegelenks. Speziell die Becken-Bein-Achse und deren muskuläre Kontrolle sind wichtig, da es bei deren Einbuße, zu einem Wegknicken des Knies kommt (Mandelbaum et al., 2005; Dvorak et al., 2009; Hewett et al., 2013; Hewett et al., 2016).

Durch fortführende Literaturrecherche ließen sich außerdem einige spezifische Verletzungsmuster, Risikofaktoren und Spielsituationen, die mit VKB-Verletzungen im Zusammenhang stehen, finden. Landungen nach Sprüngen, vor allem mit durchgestrecktem Bein und Situationen in denen das Knie, trotz fixiertem Unterschenkel, rotiert wird, sind häufig verletzungstypisch. Ebenso wie das Abbremsen bei gleichzeitig erhöhter Knie-Innenrotation-Extensionskraft mit fixiertem Fuß am Untergrund, während einer dynamischen Valgusrotation und der Verlagerung des Körpergewichts auf das verletzte Bein. Ein Zusammenhang zwischen steifen Landungen mit verringerter Knieflexion und Rupturen wurde ebenfalls beobachtet (Shimokochi und Shultz, 2008; Alentorn-Geli et al., 2009a; Dvorak et al., 2009; Waldén et al., 2015; Leppänen et al., 2017).

3.3 Pathophysiologische und natürliche Folgen einer vorderen Kreuzbandinstabilität

Neben weiteren Folgen ist Kniegelenksinstabilität die Hauptkonsequenz eines rupturierten VKBs. Jene zeigt sich durch einen vermehrten anterioren Vorschub der Tibia gegen den Femur, der sogenannten vorderen Schublade, die auch in der Diagnostik als charakteristisches Kreuzbandzeichen bekannt ist (Markatos et al., 2013). Außerdem sind Schmerzen und teils wiederkehrende Gelenksergüsse pathognomonisch. Durch die fehlende Kreuzbandkontinuität wird die Biomechanik des Kniegelenks entscheidend beeinflusst: Der bisherige Roll-Gleitmechanismus fällt weg, stattdessen kommt es bei der Flexion zu einer stärkeren Rollbewegung. Der Gleitmechanismus wird durch die ventrale Subluxation der Tibia und deren Rückluxieren ersetzt. Dieser Vorgang wird als Pivot-Shift bezeichnet. Auf dem Tibiaplateau wird infolgedessen die Hauptbelastungszone dorsalwärts verschoben und vermehrte anterior-posteriore Translation tritt auf. Durch den fehlenden kompakten Zusammenhalt der Gelenkflächen werden auch die anderen Strukturen des Kniegelenks vermehrt beansprucht und anfälliger für Verletzungen. Besonders degenerative Meniskus- und Knorpelschäden sind durch die Ausgleichsbewegungen des verletzten Knies aufzufinden. So weisen 70% der Patienten mit unbehandelten Kreuzbandrupturen eine sekundäre Meniskusruptur auf. Vor allem an den medialen Femurkondylen finden sich bei unbehandelten VKB-Rupturen sekundäre

Knorpelschäden, die durch die neu auftretenden Scherkräfte, verursacht werden. Die gesteigerte Abnutzung des Gelenkknorpels führt unweigerlich zu einer Gonarthrose und letztendlich zu der Indikation einer Gelenkersatztherapie (Wilcke, 2004d; Lohmander et al., 2007).

Bei Spielerinnen und Spielern mit einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist die Zahl derer mit Osteoarthrose und chronischer Knieinstabilität, im Vergleich zu Verletzungsfreien, erhöht, wodurch sich die Schwere der dieser Verletzung erkennen lässt. So haben zwischen 10 bis 15 Jahre nach der Verletzung bis zu 90% der Patienten radiologische Zeichen einer Arthrose und es lässt sich diesbezüglich kein signifikanter Vorteil einer chirurgischen Rekonstruktion des VKB finden (Engström et al., 1990; Myklebust und Bahr, 2005; Lohmander et al., 2007; Meunier et al., 2007; Friel und Chu, 2013). Nicht ohne Grund wird deswegen die vordere Kreuzbandruptur von Amateur- und Profifußballern unter allen Verletzungen am meisten gefürchtet. Bei einer Umfrage gaben 60% der befragten Profi- und Amateursportler an, dass sie Angst hätten, durch eine mögliche VKB-Ruptur ihre aktive Fußballlaufbahn beenden zu müssen (Angele et al., 2013).

3.4 Verletzungsprävention

Die sich unmittelbar ergebenden Folgen, wie lange Ausfallzeiten, Rehabilitationszeit und das oftmalige nicht Wiedererlangen des alten Leistungsniveaus, sowie langfristige Konsequenzen in Form von Instabilität, geänderter Bewegungsmechanik und letztlich Abnutzung des Kniegelenks sowie folgender Arthrose, lassen die Kreuzbandverletzung immer wieder in den Fokus der Forschung rücken (Engström et al., 1990; Myklebust und Bahr, 2005; Lohmander et al., 2007; Meunier et al., 2007; Friel und Chu, 2013; Markatos et al., 2013; Zaffagnini et al., 2014; Lai et al., 2018; Loose et al., 2018). Aus diesem Grund versuchen Wissenschaftler und Ärzte, in Zusammenarbeit mit Sportverbänden und Vereinen, durch Studien und Programme die Prävention zu verbessern, um zukünftige VKB-Rupturen möglichst zu vermeiden. Verschiedenste Ansätze stehen dabei zur Verfügung, von der Früherkennung verletzungsgefährdeter Spielerinnen und Spieler, der Entwicklung von Aufwärm- bzw. Trainingsprogrammen, bis zu der Verbesserung der neuromuskulären Kontrolle. Das „FIFA 11+“ Programm wurde 2006 als Aufwärmprogramm entwickelt und ist sowohl für Amateur-, als auch Profifußballer anwendbar. Dabei zeigte sich ein

Rückgang der allgemeinen Verletzungsinzidenz von 30% (Sadigursky et al., 2017). Trotz der ursprünglichen Konzeptionierung ausschließlich für den Fußball, wurde, aufgrund des starken Rückgangs an Läsionen, FIFA 11+ auch für andere Sportarten angewandt und sorgte ebenfalls im Profibasketball für einen signifikanten Rückgang der Kreuzbandläsionen (Longo et al., 2012).

Auch der Einbau neuromuskulärer Übungen in das Trainingsprogramm reduziert das Risiko von Verletzungen. Im Gegensatz zu anatomischen Risikofaktoren, lassen sich die neuromuskulären Faktoren durch Training beseitigen. Unter neuromuskulären Faktoren versteht man dabei Defizite in Muskelkraft, Koordinierung und Aktivierungsmustern. Es wird von vier grundlegenden Defiziten ausgegangen: Einerseits die Bänderdominanz (ligament dominance), die als Dysbalance zwischen neuromuskulärer und ligamentärer Kontrolle des Kniegelenks definiert ist, sowie andererseits die Quadrizepsdominanz (quadriceps dominance), die die Imbalance zwischen Flexoren- und Extensorenmuskulatur bezüglich Kraft, Koordination und Rekrutierung angibt. Außerdem die Beindominanz (leg dominance), welche das Ungleichgewicht in Stärke und Koordinierung zwischen beiden Beinen beschreibt. Zuletzt spielt die Imbalance der Rumpfmuskulatur unter dem Aspekt der Rumpfdominanz (trunk dominance) eine Rolle. Mit einer Reduktion der Verletzungsraten um bis zu 50%, zeigt sich das neuromuskuläre Training als sehr effektives Präventionswerkzeug (Hewett et al., 1999; Myer et al., 2004; Hewett et al., 2006; Myer et al., 2007; Sutton und Bullock, 2013; Achenbach et al., 2017; Nessler et al., 2017).

Für die Vorhersage von möglichen vorderen Kreuzbandverletzungen und der dafür gefährdeten Athletinnen und Athleten, gibt es eine Vielzahl von Methoden, wie Single Leg Jump, Drop Jump, Single Leg Squat, Functional Movement Screen, Drop Vertical Jump oder Knee Abduction Moment. Alle diese Testbatterien haben es zum Ziel, Risikofaktoren, wie die oben beschriebenen neuromuskulären Defizite, zu identifizieren und die entsprechenden Spielerinnen und Spieler einem spezifischen Training zuzuführen, um so Eventualitäten zu beseitigen (Hewett et al., 2005; Myer et al., 2010; Myer et al., 2011; Swart et al., 2014; Donnell-Fink et al., 2015; Achenbach et al., 2017; Mehl et al., 2018; Krutsch et al., 2020b).

3.5 Hinführung zur Fragestellung

Wegen der hohen Relevanz von Kreuzbandverletzungen aus sowohl wirtschaftlicher, als natürlich auch persönlicher und medizinischer Sicht, wurden schon einige Studien veröffentlicht, die mögliche Risikofaktoren und Präventionsmaßnahmen beleuchteten (Prodromos et al., 2007; Alentorn-Geli et al., 2009b; Waldén et al., 2012; Peterson und Krabak, 2014; Ramirez et al., 2014; Taylor et al., 2015; Hewett et al., 2016; Waldén et al., 2016). Allein die Folgeschäden, welche eine VKB-Verletzung mit sich bringen kann, macht die Untersuchung von Risikofaktoren zu einem essentiellen Aspekt aktueller Forschungen. Zudem basiert die hohe Relevanz der Verletzung auf der langen Ausfallzeit von bis zu 13 Monaten und dem einhergehenden Verlust des früheren Leistungsniveaus (Zaffagnini et al., 2014; Lai et al., 2018). Die bisher veröffentlichten Studien, die Sportarten miteinander vergleichen, beziehen sich bisher allerdings oft nur auf den Bereich des Frauensports im Fußball, Handball, Basketball und Eishockey. Untersuchungen im Profimännerbereich und speziell in den deutschen Profiligen lassen sich derzeit nicht finden, was diese Studie einzigartig im deutschen Profisport macht (Mandelbaum et al., 2005; Steffen et al., 2008; Tegnander et al., 2008; Waldén et al., 2012; Ramirez et al., 2014; Hägglund und Waldén, 2016; Johnson et al., 2016; Tuominen et al., 2016; Leppänen et al., 2017; Benis et al., 2018; Shimozaki et al., 2018). Die vorhandenen Studien, welche Sportarten und Verletzungsinzidenzen miteinander vergleichen, sind aus dem Jugendsport bzw. Schulsport und lassen sich deshalb nur bedingt auf den Profibereich anwenden (de Loës et al., 2000; Agel et al., 2005; Joseph et al., 2013; Beynnon et al., 2014; Monfort et al., 2015; Padua et al., 2015; Agel et al., 2016; Gornitzky et al., 2016; Kaeding et al., 2017; Shimozaki et al., 2018). Eine Analyse von Unterschieden und Gemeinsamkeiten zwischen männlichen und weiblichen Profifußballern wurde zwar zum Teil schon durchgeführt, allerdings noch nicht im Bereich des deutschen Fußballs (Brophy et al., 2010; Sutton und Bullock, 2013).

Um Risikofaktoren einer VKB-Ruptur in Zukunft besser zu verstehen und präventive Maßnahmen voranzutreiben, ist es sinnvoll, in den 4 großen Teamsportarten, eine umfassende Studie durchzuführen, um einen direkten Vergleich der Inzidenzen und Risikofaktoren zu erlangen. Folglich wurde im Jahr 2014 das als Datenbank fungierende Kreuzbandregister gegründet. Ab der Saison 2014/15 wurden hier die

VKB-Rupturen in den höchsten drei Profiligen und bayerischen Amateurligen kontinuierlich erfasst. Ab der Saison 2016/17 wurde das Register um den Profibereich des Frauenfußballs und im Bereich des Herrensports um Handball, Basketball und Eishockey erweitert. Die Basis dieser Dissertation besteht aus den in dieser Studie gewonnenen Daten beginnend ab der Saison 2016/17.

Fragestellung:

Inwiefern lassen sich Unterschiede oder Gemeinsamkeiten bezüglich der Verletzungsinzidenzen und Risikofaktoren für vordere Kreuzbandverletzungen im Profisport finden? Dabei werden einerseits die Frauen- und Herrenbundesligen im Profifußball, andererseits auch die Sportarten Fußball, Handball, Basketball und Eishockey in den männlichen Ligen untereinander verglichen.

4 Material und Methoden

4.1 Studienpopulation

Bei der durchgeführten Studie handelt es sich um eine prospektive Kohortenstudie. Mittels eines Onlineportals und in schriftlicher Form wurden die Daten in einem pseudoanonymisierten Fragebogen, der auf dem „Konsensus Statement für Verletzungsdefinitionen und Datenerhebung im Fußball“ („Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries“) von Fuller et al. (2006) aufgebaut ist und auf die Sportarten Handball, Basketball und Eishockey angepasst und übertragen wurde, erfasst. Über moderne sportspezifische Online-Medien wurden die verletzen Spielerinnen und Spieler systematisch monatlich erfasst und anschließend persönlich oder über Mannschaftsbetreuer bzw. Vereinsärzte kontaktiert. Der gesamte Profibereich des Herrenfußballs, Frauenfußballs, Herrenhandballs, Herrenbasketballs und Herreneishockey wurde hierbei berücksichtigt und in das Screening eingeschlossen. Zu Beginn der Studie und vor dem Start jeder Saison wurden die Verantwortlichen und Mannschaftsärzte der entsprechenden Vereine kontaktiert und über die Studie informiert. Die verletzen Spieler/-innen erhielten den Fragebogen postalisch und/oder per Mail als Link zur Onlineversion des Formulars, durch einen speziell eingerichteten E-Mail-Account, über den die gesamte E-Mail Korrespondenz der Studie abgewickelt wurde.

Ausgehend von den untersuchten Sportarten ergibt sich folgende Einteilung der Kohorten:

- | | |
|-----------------------|--|
| - Fußball (Herren) | : 1.Bundesliga, 2.Bundesliga, 3.Liga |
| - Fußball (Frauen) | : 1.Bundesliga, 2.Bundliga Staffel Nord,
2.Bundesliga Staffel Süd |
| - Handball (Herren) | : 1.Bundesliga, 2.Bundesliga |
| - Basketball (Herren) | : Basketballbundesliga (BBL), ProA |
| - Eishockey (Herren) | : Deutsche Eishockey Liga (DEL),
Deutsche Eishockey Liga 2 (DEL2) |

4.1.1 Einschlusskriterien

In diese Studie wurden alle Spielerinnen und Spieler, die in den Saisons 2016/17 und/oder 2017/18 (Abbildung 5) aktiv im Profibereich gespielt haben inkludiert. Explizit handelt es sich hierbei um alle männlichen Fußballspieler der 1.-3. Fußballbundesliga, sämtliche weibliche Fußballerinnen der 1. und 2. Frauenfußballbundesliga, sowie die männlichen Handballspieler in der 1. und 2. Handballbundesliga, alle Basketballspieler in der Basketballbundesliga und der ProA, ferner sämtliche Eishockeyspieler der 1. und 2. Deutschen Eishockey Liga. Für die im Anschluss folgende Berechnung der Verletzungsinzidenzen wurde die exakte Anzahl der Spielerinnen und Spieler in den jeweiligen Ligen und Spielzeiten bestimmt (Abbildung 5).

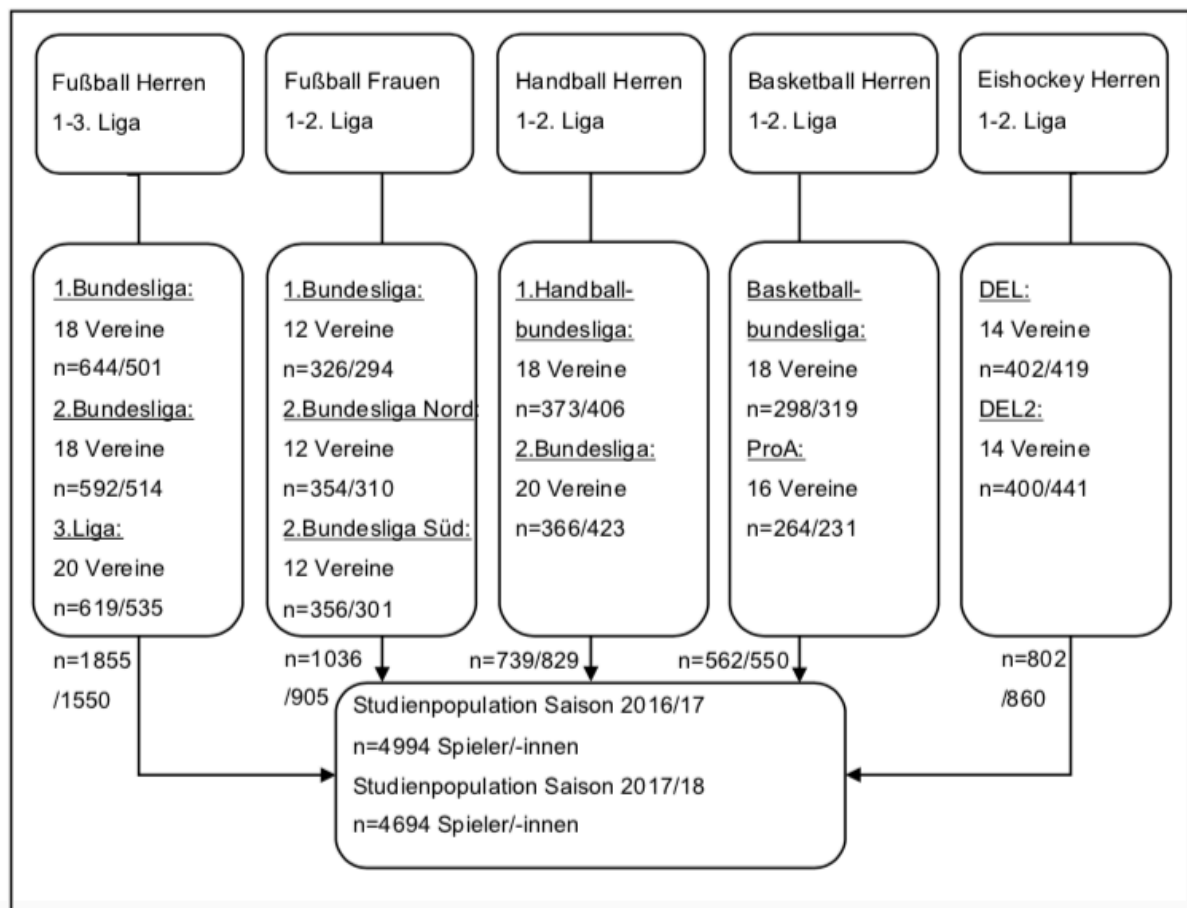


Abbildung 5: Zusammensetzung der Studienpopulation in den Spielzeiten 2016/17 und 2017/18 (exakte Anzahl der Spieler/-innen jeweils angegeben als n= 2016-17 / 2017-18)

4.1.2 Ausschlusskriterien

Nicht in das Kreuzbandregister eingeschlossen wurden alle Spielerinnen und Spieler, die fehlerhafte Angaben gemacht haben oder den Fragebogen nicht ausgefüllt haben. Aufgrund der fehlenden Professionalisierung wurden die folgenden Ligen im Handball und Basketball von der Studie ausgeschlossen, sowie alle Ligen, die unter den eingeschlossenen Ligen zu finden sind:

- Handball: 3. Liga Staffel Nord, 3. Liga Staffel Süd, 3. Liga Staffel West, 3. Liga Staffel Ost
- Basketball: ProB

4.2 Screening der verletzten Sportler

Zur Erfassung der vorderen Kreuzbandrupturen der verletzten Spieler/-innen, wurden jeweils zu Beginn der Saison alle Vereine in den betroffenen Ligen kontaktiert und über die Studie informiert, sowie aufgefordert neu aufgetretene Kreuzbandverletzungen an das Kreuzbandregister zu melden. Außerdem wurde eine regelmäßige Online-Recherche durchgeführt und die Betroffenen in einer Datenbank registriert. Diese Methodik der Datenerhebung ist im Fußball bereits für schwere Verletzungen und insbesondere VKB-Rupturen validiert (Krutsch et al., 2020a). Hierbei wurden im Herrenfußball vor allem die Homepages von www.kicker.de und www.transfermarkt.de zu Screeningzwecken genutzt, wohingegen im Frauenfußballbereich auf www.soccerdonna.de und www.womansoccer.de zurückgegriffen wurde. Die Webseites www.handball-wold.news und www.dkb-handball-bundesliga.de wurden zur Suche der Verletzten im Handball genutzt, www.schönen-dunk.de und www.basketball.de im Basketball. Über den Onlineauftritt der DEL (www.del.org) und DEL2 (www.del-2.org) und die Nachrichtenportale www.eishockeynews.de und www.hockeyweb.de wurden Läsionen im Eishockey gesucht. Zusätzlich wurde zu allen Sportarten auch immer die Newsfunktion von www.google.com nach Kreuzbandverletzungen in den Profiligen durchsucht, um fehlende Compliance der Vereine auszugleichen.

4.3 Analyseprotokoll

4.3.1 Konzeptionierung des Fragebogens

Die Basis für die Erfassung der Daten der Akteurinnen und Akteure stellt ein sportartenspezifischer Fragebogen, der von dem Verletzten bzw. einem Vertreter der medizinischen Abteilung des jeweiligen Vereins auszufüllen ist. Dieser Fragebogen besteht aus insgesamt 63 Fragen, die in 4 Kategorien aufgeteilt sind. Hierbei werden anthropometrische und fußballspezifische Daten, sowie die medizinische Vorgeschichte, mit dem Augenmerk auf frühere Verletzungen vor allem Kreuzbandrupturen erfragt. Außerdem wurde nach Informationen bezüglich des Trainings, sowie Trainingsbelastung und Änderungen gefragt. Anschließend gab es für die Athletinnen und Athleten die Möglichkeit sich in einem freien Textfeld individuell zu der VKB-Ruptur zu äußern. Die E-Mail-Adresse jeder und jedes Verletzten wurden ebenfalls erfasst, um den Kontakt für eine mögliche Folgestudie hinsichtlich des Rehabilitationsverlaufes, der Performance nach der Verletzung und dem Return to Play zu haben. Die Sportspezifität der Fragebögen zeigt sich in Fragen wie der Spielposition, dem Untergrund auf dem sich die Verletzung ereignete oder der Spielsituation bzw. Spielaktion. Die Fragen orientierten sich an dem „Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries“ (Konsensus Statement zu Verletzungsdefinition und Datensammlung in Studien zu Fußballverletzungen) (Fuller et al., 2006).

Zunächst wurden anthropometrische und personenspezifische Daten wie Alter, Gewicht, Größe und Nationalität abgefragt. Im Folgenden wurde auf die Spielposition, das aktuelle Level (Ligenzugehörigkeit), die Dauer der Karriere, über Berufungen zur Nationalmannschaft und die Frage nach dem dominanten Schussbein im Fußball, bzw. dem Sprungbein im Handball, Basketball und Eishockey oder allgemein dominanten Bein eingegangen.

4.3.2 Beschwerden vor der Kreuzbandverletzung

Anschließend ist nach Beschwerden oder Schmerzen einer oder mehrerer Körperregionen in den letzten sechs Wochen vor dem Verletzungsereignis gefragt worden. Die Aufteilung erfolgte hierbei mittels Lokalisation, je nachdem ob Kopf, Hals,

Schulter, Oberarm, Ellbogen, Unterarm, Handgelenk, Hand, Finger, Rücken, Bauch, Brust, Hüfte, Leiste, Oberschenkel, Knie, Unterschenkel, Sprunggelenk, Fuß, Zehen und sonstigen Körperregionen betroffen war. Durch selbiges Schema wurde nach Verletzungen im gleichen Zeitraum gesucht, wobei eine Verletzung durch einen Ausfall von mindestens einer zukünftigen Trainingseinheit oder eines Spiels definiert wird. Mehrfachauswahlen waren in beiden Fragestellungen möglich.

4.3.3 Spezifische Fragen zur Kreuzbandverletzung

Die Fragen zu der Kreuzbandverletzung stellen das Kernstück des Fragebogens dar. Zu Beginn wird dabei abgefragt, ob es sich um eine vordere oder hintere Kreuzbandverletzung oder sogar eine Verletzung, bei der beide Kreuzbänder betroffen sind, handelt. Anschließend werden die genaueren Verletzungsumstände und der Zeitpunkt geklärt. Dabei wird untersucht, ob es sich um eine Trainings- oder Wettkampfverletzung handelte, ob sich die Ruptur in der Vorbereitung oder während der Saison ereignete und in welcher Trainings- bzw. Spielminute diese auftrat. Neben der Frage nach der Spiel-/Trainingssituation, -aktion und -phase, wird auch abgefragt ob man sich im Angriff oder der Abwehr befunden hat und wer in Ball-/Puckbesitz war. Des Weiteren wird betrachtet in welchem Monat, an welchem Tag und auf welchem Untergrund das Ereignis stattgefunden hat. Auch auf die Fragen ob das Schuss- oder Standbein betroffen war, ob ein Weiterspielen noch möglich war, nach der angewandten medizinischen Diagnostik, den Begleitverletzungen und der erfolgten Therapie wurde eingegangen. Die/der Spieler/-in wurde auch gebeten den Verletzungsmechanismus in eine direkte, indirekte oder keine Kontaktverletzung einzuteilen, wobei die direkte Kontaktverletzung als Verletzung mit direkter Krafteinwirkung vom Mit- oder Gegenspieler oder eines Gegenstands an der verletzen oder einer angrenzenden Körperregion definiert ist. Indirekte Kontaktverletzungen sind hingegen als Verletzungen, bei denen unmittelbar vor oder während der Verletzung eine äußere Krafteinwirkung einer anderen Person oder eines Gegenstandes beteiligt ist, die nicht direkt verletzungsursächlich ist, jedoch den natürlichen Bewegungsablauf des Sportlers beeinflusst und somit die verletzungsauslösende Situation indirekt herbeigeführt hat, zu betrachten. Folglich ist keine Kontaktverletzung, wenn die Verletzung durch ein Ereignis ohne Krafteinwirkung eines anderen Spielers oder Gegenstandes verursacht wird. Die/Der Betroffene wird ebenfalls über sein

persönliches Gefühl während der Verletzung befragt, ob er sich des Ausmaßes bewusst war, ein Wegknicken gespürt hat und letztlich auch ein freies Textfeld, damit der Mechanismus möglichst genau mit eigenen Worten beschrieben werden kann.

4.3.4 Medizinische Vorgeschichte

Die medizinische Vorgeschichte des Patienten ist darüber hinaus ein weiterer Aspekt, der bei der Untersuchung nach Risikofaktoren für vordere Kreuzbandverletzungen beobachtet wurde. Im Fragebogen wird deswegen nach Verletzungen, Voroperationen am ipsilateralen und kontralateralen Kniegelenk gefragt, sowie nach vorangegangener Analgetikaeinnahme.

4.3.5 Zusätzliche Informationen zur Verletzung

Neben der medizinischen Vorgeschichte wurden im Fragebogen auch die Umstände im Verein, wie Vereinswechsel, Spielklassenwechsel, Trainerwechsel, Änderungen in Trainingsablauf und –intensität, sowie Erhöhte Belastung durch häufige Spiele erfragt. Ferner wurden auch die/den Spieler/-in persönlich betreffenden Parameter, wie Schlafzeiten, Gewichtsänderungen, längere Sportpausen, Schuhwechsel, Einlagenwechsel erfasst, sowie abgefragt, welche Aufwärmübungen besonders bevorzugt werden.

4.3.6 Subjektive Meinung der Spieler zur aufgetretenen Verletzung

Die Verletzten wurden des Weiteren gefragt, wie ihre persönliche Perspektive zu der Kreuzbandruptur ist. Im Detail wurde dies bezüglich ihre Einschätzung eines Karriereendes, die von ihnen vermutete Ausfallzeit und Bewertung der Vorhersehbarkeit, sowie mögliche Verhinderung des Kreuzbandrisses analysiert. Zuletzt wurde die Möglichkeit gegeben weitere Faktoren, welche für die Entstehung der Verletzung eine Rolle gespielt haben, aufzuzählen und den bisherigen, falls bereits begonnen, Rehabilitationsverlauf zu beurteilen.

4.4 Datenauswertung

Entsprechend der zuvor formulierten Fragestellung der Studie wurden die benötigten Daten aus den erfassten Fragebögen aller Verletzten analysiert. Zur Bearbeitung und Auswertung der Ergebnisse wurde das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics Version 24.0 verwendet. Die Beschreibung der ausgewerteten Datensätze erfolgte durch Häufigkeitstabellen und Diagramme.

Zur Auswertung wurde Microsoft Excel verwendet und das Signifikanzniveau auf $p < 0,05$ festgelegt.

Diese Studie erhielt die Genehmigung der Ethikkommission der Universität Regensburg.

4.5 Inzidenzberechnung

Die Berechnung der Inzidenzen ist notwendig, um sportarten- und ligenübergreifende Vergleichswerte und Vorhersagewerte zu haben. Die Inzidenzen neu entstandener Kreuzbandrupturen für die einzelnen Ligen, der untersuchten Sportarten, wurden als Verletzungen, die sich während der definierten „Exposure“ von 1000h Spiel- und Trainingsstunden ereigneten, dargestellt. Die nachfolgenden Formeln wurden für die Berechnung der „exposure“ benutzt (Fuller et al., 2006):

match exposure: $N_M \times P_M \times D_M \div 60$

N_M = Anzahl der Spieler pro Mannschaft

P_M = Anzahl der gespielten Spiele pro Mannschaft

D_M = Dauer eines Spieles in Minuten

training exposure: $P_T \times D_T \div 60$

P_T = Anzahl der Spieler die im Training teilgenommen haben

D_T = Dauer des Trainings in Minuten

Um einen adäquaten Vergleich zwischen den festgelegten Kohorten und den einzelnen Ligen innerhalb der Sportarten und sportübergreifend durchführen zu können, ist es notwendig die spezifische Belastung zu kennen. Diese wird in Wettkampf- und Trainingsbeanspruchung (match exposure und training exposure)

unterteilt. Die Anzahl der Rupturen wird dann mithilfe der Summe der Spiel- und Trainingsbelastung zur Inzidenzberechnung verrechnet. Dabei wird die Zahl der VKB-Verletzungen pro 1000 Stunden Wettkampf und Training im jeweiligen Sport und der jeweiligen Liga und Spielzeit angegeben.

4.5.1 Training exposure

Die zur Berechnung der Verletzungsinzidenz benötigte totale Training exposure, die ein Spieler pro Saison an Trainingsstunden absolviert hat, wurde anhand aktueller internationaler Literatur abgeschätzt. Die dazu vorhandenen Studien sind im Folgenden aufgezählt, sowie die eingeschlossenen Studien, aus denen der Mittelwert für die verwendete „exposure“ berechnet wurde. Aufgrund der geringen Studienlage wurde auf eine Unterteilung in erste und zweite Liga im Frauenfußball, Basketball und Eishockey verzichtet und die Trainingsbelastung pro Spieler für alle Spielklassen einer Sportart gleichgesetzt. Lediglich im Bereich des Herrenfußballs und des Handballs ließen sich in Publikationen zur Belastung in den jeweiligen Ligen finden und wurden deswegen die Berechnung kalkuliert.

Bei der Suche nach Literatur mit Angabe von Trainingsbelastung im Herrenfußball ließen sich 14 Publikationen mit relevanten Daten finden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zusammenfassung der Literatur bezüglich der Trainingsbelastung im Herrenprofifußball

	Land	Studien- zeitraum	Liga (Eigenname der Liga)	Teams (Spieler)	Trainings exposure pro Saison und Spieler
(Engström et al., 1990)	Schweden	1 Saison Jahr n.a.	1. Liga (Allsvenskan) 2. Liga (Superettan)	3 Teams (64 Spieler)	228h
(Hawkins und Fuller, 1999)	England	1994-1997 3 Saisons	1. Liga (Premier League)	4 Teams (108 Spieler)	518h
(Morgan und Oberlander, 2001)	USA	1996-1997 1 Saison	1. Liga (Major Soccer League)	10 Teams (237 Spieler)	241h
(Waldén et al., 2005)	International (UEFA)	2001-2002 1 Saison	1. Ligen aus 5 europäischen Ligen	11 Teams (266 Spieler)	218h
(Hägglund et al., 2009a)	Schweden	2005-2006 1 Saison	1. Liga (Allsvenskan)	11 Teams (239 Spieler)	260h
(Ekstrand et al., 2011b)	International (UEFA)	2001-2008 7 Saison	1. Liga aus 10 Ländern	23 Teams (alle Top 50 in der UEFA) (2226 Spieler)	213h
(Ekstrand et al., 2011a)	International	2001-2009 8 Saisons	UEFA Champions League	24 Teams (1210 Spieler)	210h
	Schweden		1. Liga (Allsvenskan)	15 Teams (508 Spieler)	262h
	International (UEFA)		2. Liga in 5 Ländern	15 Teams (661 Spieler)	193h
(Waldén et al., 2011)	International (UEFA)	2001-2009 8 Saisons	11 europäische 1. Ligen	28 Teams (1367 Spieler)	454h
	Schweden		1. Liga (Allsvenskan)	16 Teams (652 Spieler)	440h
(Eirale et al., 2013)	Quatar	2008-2009 1 Saison	1. Liga (Quatar Star League)	10 Teams (230 Spieler)	142,8h
(Noya Salces et al., 2014)	Spanien	2008-2009 1 Saison	2. Liga (Segunda Division)	11 Teams (301 Spieler)	510h
(der Fünten et al., 2014)	Deutschland	2008-2010 2 Saisons	1. und 2. Liga (1. Bundesliga, 2. Bundesliga)	7 Teams (372 Spieler)	115,1h
(Stubbe et al., 2015)	Niederlande	2009-2010 1 Saison	1. Liga (Eredivisie)	8 Teams (217 Spieler)	189h
(Krutsch et al., 2016)	Deutschland	2008-2009 1 Saison	3. Liga (3. Liga)	18 Teams (366 Teams)	335,3h
(Larruskain et al., 2018)	Spanien	2010-2015 5 Saisons	1. Liga (La Liga)	1 Team (50 Spieler)	264h

Im Herrenfußball ließ sich am meisten Literatur zu der Trainingsbelastung unter Profis finden. Lediglich die Studien von Morgan und Oberlander (2001) und Eirale et al. (2013) wurden aufgrund der fehlenden Vergleichbarkeit der Ligen mit den deutschen Ligen ausgeschlossen.

Aufgrund der guten Studienlage und Daten in den einzelnen Spielklassen, konnte im Fußball eine Unterteilung mit angepassten Berechnungswerten erfolgen. Dazu wurden, mit Ausnahme der oben ausgeschlossenen Publikationen, die Mittelwerte der vom Spielniveau gleichen Ligen berechnet und für die Gesamtberechnung verwendet. Der Mittelwert für die erste Liga betrug dabei 280,9 Stunden, in der zweiten Bundesliga 351,5 h und in der 3. Liga wurde 335,3 Stunden pro Spieler und Saison trainiert.

Unter Implikation der Formel für die Berechnung der „training exposure“ wurden folgende Anzahlen an Stunden für die gesamte Population in den jeweiligen Spielklassen errechnet (Tabelle 2).

Tabelle 2: Trainingsbelastung für die gesamte Population des Herrenfußballs nach Liga und Saison aufgeteilt

	Belastung pro Spieler pro Saison	Belastung gesamte Population Saison 2016/17	Belastung gesamte Population Saison 2017/18
1. Bundesliga	280,9 h	180.899,6 h	140.730,9 h
2. Bundesliga	351,5 h	208.088 h	180.671 h
3. Liga	335,3 h	207.550,7 h	179.385,5 h

Auch im Frauenfußball ließ sich eine effektive Recherche der Trainingsbelastung im Profibereich durchführen. Bei der Literatursuche wurden sieben valide Publikationen gefunden (Tabelle 3).

Tabelle 3: Zusammenfassung der Literatur bezüglich der Trainingsbelastung im Frauenprofifußball

	Land	Studien- zeitraum	Liga (Eigenname der Liga)	Teams (Spielerinnen)	Trainings exposure Saison Spielerin pro und
(Engström et al., 1991)	Schweden	1 Saison Jahr n.a.	1. Liga (Damallsvenskan) 2. Liga (Division I)	2 Teams (41 Spielerinnen)	124h
(Faude et al., 2005)	Deutschland	2003-2004 1 Saison	1. Liga (1. Frauen-Bundesliga)	9 Teams (165 Spielerinnen)	183h
(Jacobson und Tegner, 2007)	Schweden	2000-2001 1 Saison	1. Liga (Damallsvenskan)	12 Teams (Spielerinnen n.a.)	338h
(Tegnander et al., 2008)	Norwegen	2001-2002 1 Saison	1. Liga (Toppserien)	10 Teams (181 Spielerinnen)	149h
(Hägglund et al., 2009a)	Schweden	2005-2006 1 Saison	1. Liga (Damallsvenskan)	12 Vereine (228 Spielerinnen)	203h
(Waldén et al., 2011)	Schweden	2001-2009 8 Saisons	1. Liga (Damallsvenskan)	13 Teams (310 Spielerinnen)	288h
(Larruskain et al., 2018)	Spanien	2010-2015 5 Saisons	1. Liga (Primera Division)	1 Team (35 Spielerinnen)	221h

Unter den untersuchten Quellen wurde lediglich Engström et al. (1991), aufgrund des lange zurückliegenden Studienzeitraumes bzw. Publikationszeitpunktes, aus der Berechnung ausgeschlossen.

Die anderen sechs aufgeführten Publikationen aus dem europäischen Profibereich erbrachten eine durchschnittliche Belastung von 230,3 Stunden pro Spielerin pro Spielzeit.

Für die gesamte Population an Spielerinnen resultieren folgende Werte für die totale exposure je nach Saison und Liga (Tabelle 4):

Tabelle 4: Trainingsbelastung der gesamten Population des Frauenfußballs nach Liga und Saison aufgeteilt

	Belastung pro Spielerin pro Saison	Belastung gesamte Population Saison 2016/17	Belastung gesamte Population Saison 2017/18
1. Frauen-Bundesliga	230,3 h	75.077,8 h	67.708,2 h
2. Bundesliga Nord	230,3 h	81.526,2 h	71.393 h
2. Bundesliga Süd	230,3 h	81.986,8 h	69.320,3 h

Im Bereich des Handballsportes wurden drei Studien, in denen die „exposure“ mit aufgeführt wurde, ermittelt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Zusammenfassung der Literatur bezüglich der Trainingsbelastung im Handball

	Land	Studien-zeitraum	Liga (Eigenname der Liga)	Teams (Spieler)	Trainings exposure pro Saison und Spieler
(Myklebust et al., 1998)	Norwegen	1993-1996 3 Saisons	1. Liga (Elite Division)	12 Teams (Spieler n.a.)	384 h
(Rafnsson et al., 2017)	Island	2007-2008 1 Saison	1. Liga (Olis Deildin), 2. Liga (N1 Deild)	6 Teams (106 Spieler)	268,5 h
(Luig et al., 2018b)	Deutschland	2010-2013 3 Saisons	2. Liga (2. Handball-Bundesliga)	Teams n.a. (1194 Spieler)	540 h

Alle Artikel beziehen sich adäquat auf den europäischen Profibereich und den ungefähren Studienzeitraum, weswegen keine der Publikation aus der Rechnung ausgeschlossen wurde.

Wie bereits im Herrenfußball konnte hier, aufgrund der guten Studienlage bezüglich des Unterschiedes zwischen erster und zweiter Liga, eine Unterteilung der Trainingsbelastung nach Liga erfolgen. Als Mittelwert für die erste Liga wurde 326,25h und für die zweite Liga die Anzahl von 540 Übungsstunden verwendet. Für die Summe

der Handballspieler errechnen sich so die folgenden Gesamttrainingsstunden nach Spielzeit und Liga aufgeteilt (Tabelle 6):

Tabelle 6: Trainingsbelastung der gesamten Population des Handballs aufgeteilt nach Liga und Saison

	Belastung pro Spieler pro Saison	Belastung gesamte Population Saison 2016/17	Belastung gesamte Population Saison 2017/18
1. Handball- Bundesliga	326,25h	121.691,3 h	132.457,5 h
2. Handball- Bundesliga	540h	197.640 h	228.420 h

Ebenfalls drei Publikationen wurden zum Profisport im Basketball in Europa in den letzten 10 Jahren bewertet und alle in die Kalkulation einbezogen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Zusammenfassung der Literatur bezüglich der Trainingsbelastung im Basketball

	Land	Studien- zeitraum	Liga (Eigennamen der Liga)	Teams (Spieler)	Trainings exposure pro Saison und Spieler
(Manzi et al., 2010)	Italien	2006-2007 12 Wochen	1. Liga (Serie A1)	Teams n.a. (8 Spieler)	375 h
(de Vries et al., 2015)	Niederlande	2008 und 2011	1. Liga (Dutch Basketball Association (NBB))	Teams n.a. (90 Spieler)	247,5 h
(Caparrós et al., 2016)	Spanien	2007-2014 7 Saisons	1. Liga (Spanish Division 1)	1 Team (13 Spieler)	340 h

Im Querschnitt ergab sich insofern eine Belastung von 320,8 Stunden in einer Saison für einen Basketballspieler in europäischen Profiligen.

Für die gesamte Anzahl von Spielern in den höchsten deutschen Spielklassen wurden daher die nachfolgenden totalen Belastungen in jeder Liga beziffert (Tabelle 8):

Tabelle 8: Trainingsbelastung der gesamten Population des Basketballs nach Liga und Saison aufgeteilt

	Belastung pro Spieler pro Saison	Belastung gesamte Population Saison 2016/17	Belastung gesamte Population Saison 2017/18
Basketball- Bundesliga	320,8h	95.598,4 h	102.335,2 h
ProA	320,8h	84.691,2 h	74.104,8 h

In der Recherche zu Arbeiten im Profibereich des Eishockeys wurden vier Studien ermittelt, davon drei aus den skandinavischen Ländern und eine aus dem asiatischen Raum (Tabelle 9).

Tabelle 9: Zusammenfassung der Literatur bezüglich der Trainingsbelastung im Eishockey

	Land	Studien- zeitraum	Liga (Eigenname der Liga)	Teams/Spieler (Eigenname des Teams)	Trainings exposure pro Saison und Spieler
(Lorentzon et al., 1988)	Schweden	1982-1985 3 Saisons	Elitserien (1. Liga)	74 Spieler	226,9 h
(Pettersson und Lorentzon, 1993)	Schweden	1986-1990 4 Saisons	Elitserien (1. Liga)	1 Team (AIK Ishockey Team) 94 Spieler	208,5 h
(Mölsa et al., 1997)	Finnland	1988-1989 1 Saison	Finnish National League FNL (1. Liga)	4 Teams	256,25 h
			Division I DIV (2. Liga)	3 Teams	181,25 h
(Kuzuhara et al., 2009)	Japan	2002-2005 3 Saisons	Asian Ice Hockey League (1. Liga, Amateurniveau)	1 Team (Kokudo Icehockey Team) 93 Spieler	126,9 h

Trotz des Alters der Publikationen von Lorentzon et al. (1988), Pettersson und Lorentzon (1993) und Mölsa et al. (1997) wurden die Ergebnisse für die Trainingsbelastung, aufgrund der ansonsten mangelhaften Studienlage, in diese Dissertation übernommen. Einzig die Belastung der „Division I DIV“ von Mölsa et al.

(1997) und die Veröffentlichung von Kuzuhara et al. (2009) wurden angesichts des Amateurniveaus, welches in den Publikationen beschrieben wurde, ausgeschlossen. Der Mittelwert für die Trainingsbeanspruchung aus den restlichen drei verwendeten Studien beträgt demnach 230,6 Stunden für jeden Spieler in einer Saison. Hiernach kalkulieren sich die anschließenden Stundenanzahlen für die Gesamtpopulation an Aktiven in den deutschen Profieishockeyligen (Tabelle 10):

Tabelle 10: Trainingsbelastung in der gesamten Population des Eishockeys aufgeteilt nach Liga und Saison

	Belastung pro Spieler pro Saison	Belastung gesamte Population Saison 2016/17	Belastung gesamte Population Saison 2017/18
Deutsche Eishockey Liga	230,6 h	92.701,2 h	96.621,4 h
Deutsche Eishockey Liga 2	230,6 h	92.240 h	101.694,6 h

4.5.1.1 Vergleich der Trainingsbelastung unter den einzelnen Sportarten

Untersucht man nun die Unterschiede in den einzelnen Sportarten, so lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die Trainingsbelastung in der 2. Bundesliga im Handball am höchsten (540h) und im Frauenfußball (230,3h) am niedrigsten ist. Ebenso ist die Zahl der Stunden im Eishockey im Vergleich relativ niedrig (230,6h), während im Basketball (320,8h) fast 100 Stunden länger pro Saison trainiert wurde. Im Herrenfußball wurde am meisten in der 2. Bundesliga (351,5h) und am wenigsten in der 1. Bundesliga (280,9h) trainiert (Abbildung 6).

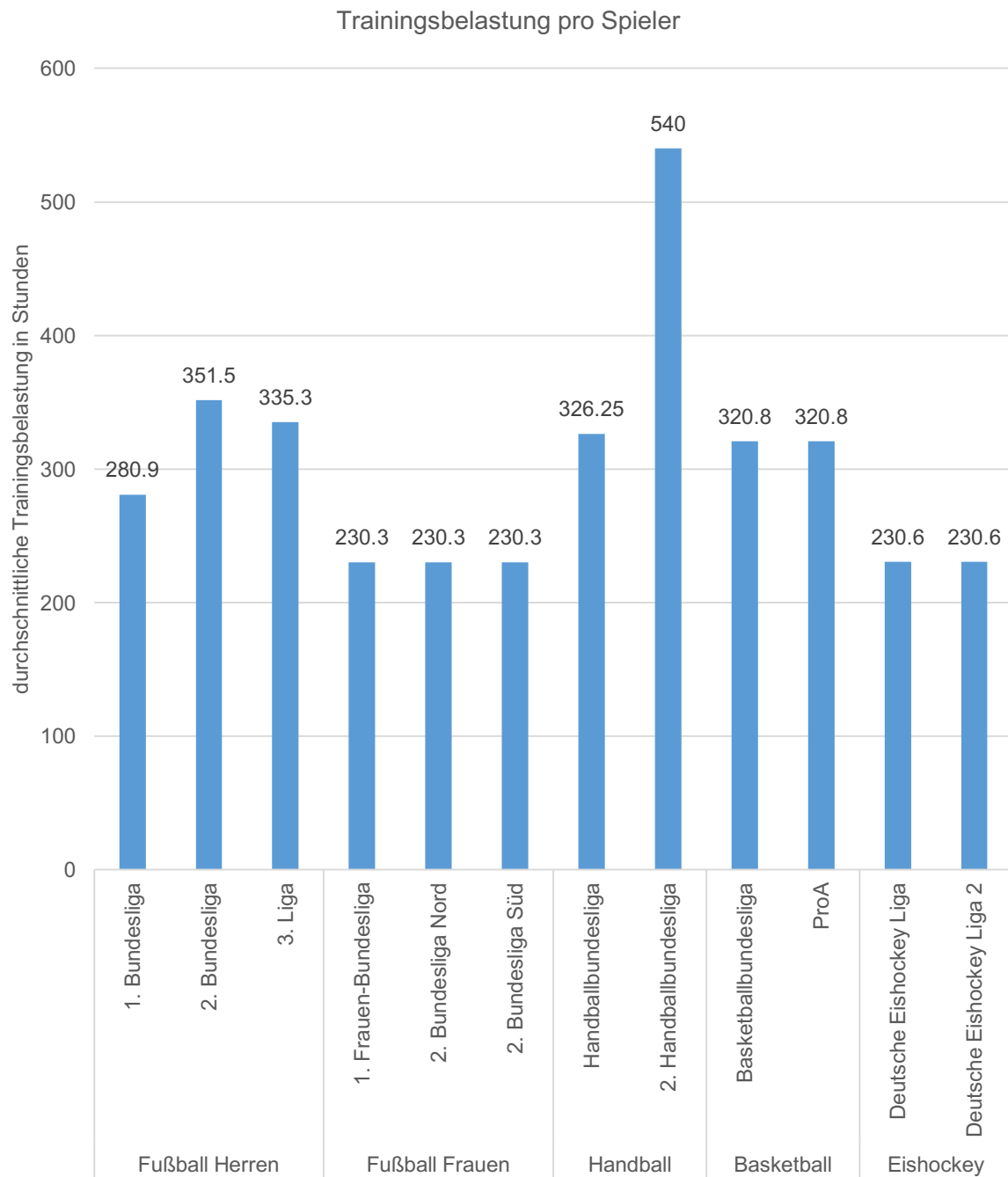


Abbildung 6: Vergleich der durchschnittlichen, aus der Literatur ermittelten, Trainingsbelastung pro Spieler pro Saison in Stunden

4.5.2 Match exposure

Zur Berechnung der Spielbelastung wurden die Online-Portale der einzelnen Ligen und die Web-Auftritte der zum Screening genutzten Seiten (vgl. Kapitel 4.2) nach der Anzahl der Liga-, Pokal- und Testspiele, sowie internationalen Partien durchsucht. Mittels der in Kapitel 4.5 genannten Formel wurde somit für jede Liga die „match-exposure“ für alle Spieler berechnet.

Nachfolgend zeigt sich die Aufteilung nach „match exposure“ in den einzelnen Sportarten und Spielklassen in Stunden pro gesamter Liga und im Durchschnitt pro Mannschaft (mit n für die Anzahl der Vereine):

- Herrenfußball:
 - 1. Bundesliga (n=18): 14850h (825h pro Team)
 - 2. Bundesliga (n=18): 13662h (759h pro Team)
 - 3. Liga (n=20): 16005h (800,3h pro Team)
- Frauenfußball:
 - 1. Frauen-Bundesliga (n=12): 6930h (577,5h pro Team)
 - 2. Frauen-Bundesliga Nord (n=12): 6732h (561h pro Team)
 - 2. Frauen-Bundesliga Süd (n=12): 6732h (561h pro Team)
- Handball:
 - 1. Handball-Bundesliga (n=18): 6539h (363,3h pro Team)
 - 2. Handball-Bundesliga (n=20): 6965h (348,3h pro Team)
- Basketball:
 - Basketball-Bundesliga (n=18): 2713h (150,7h pro Team)
 - ProA (n=16): 2117h (132,3h pro Team)
- Eishockey:
 - Deutsche Eishockey Liga (n=14): 5611h (400,8h pro Team)
 - Deutsche Eishockey Liga 2 (n=14): 5477h (391,2h pro Team)

Bei der Beobachtung der durchschnittlichen Spielbelastung pro Spieler in den jeweiligen Sportarten lässt sich eine nahezu kongruente Verteilung in den einzelnen Sportarten finden. Die höchste Belastung wurde mit Anteilen zwischen 24,7 und 27,7h im Herrenfußball und die niedrigste mit Werten zwischen 8,6 und 8,8h im Basketball pro Spieler ermittelt (Abbildung 7).

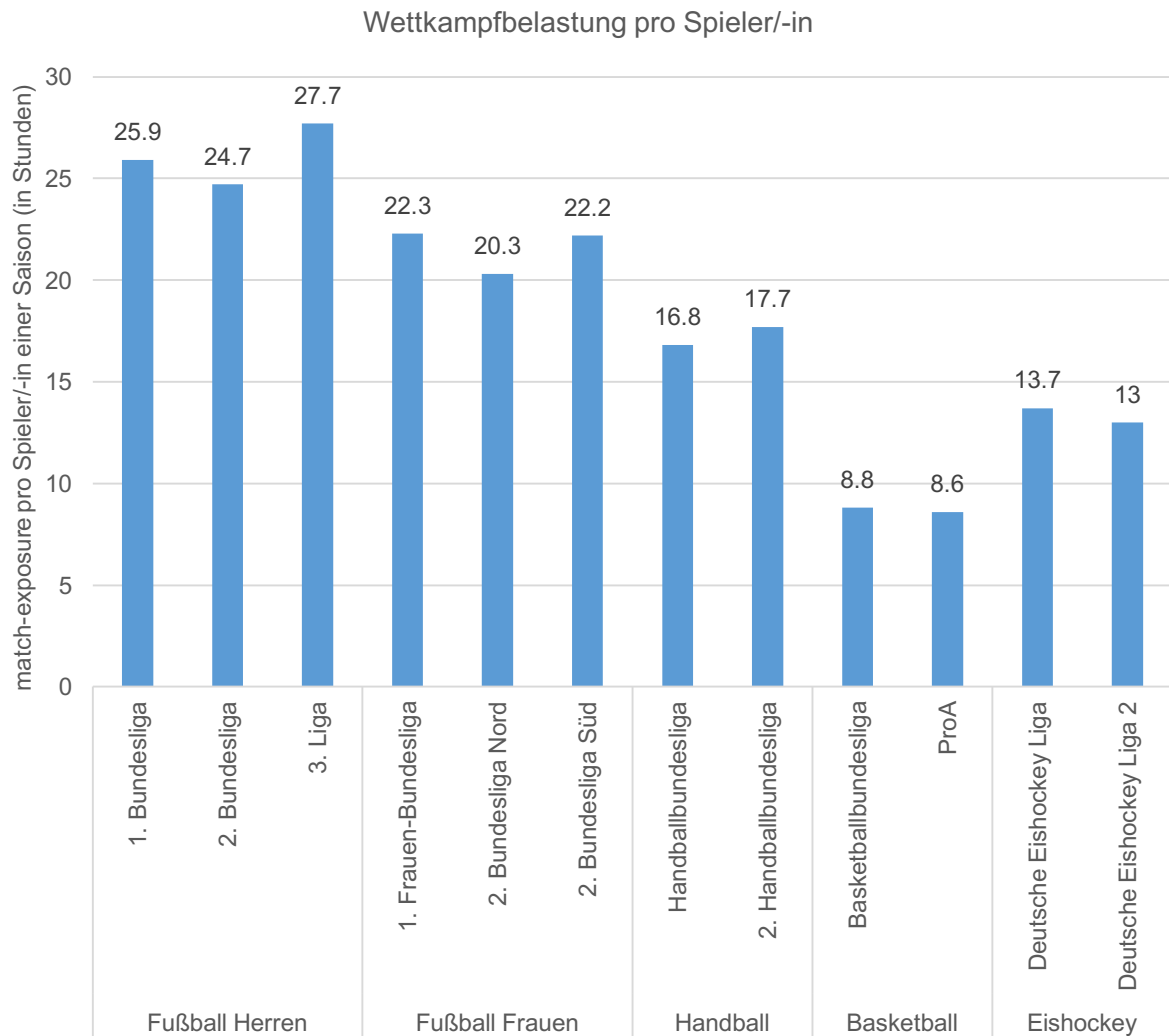


Abbildung 7: Vergleich der durchschnittlichen Spielbelastung pro Spieler/-in in den untersuchten Sportarten nach Ligen aufgeteilt (in Stunden)

5 Ergebnisse

Bei allen in die Studie eingeschlossenen Ligen ($n=12$) war eine systematische Datenerfassung und -sammlung möglich, sodass keine Liga ausgeschlossen werden musste. Die Studienpopulation für die Saison 2016/17 betrug $n=4994$ Spielerinnen und Spieler, die auf 160 Vereine aufgeteilt waren, während für die Saison 2017/18 eine Population von $n=4694$ Akteuren in ebenfalls 160 Vereinen zu verzeichnen war. Im untersuchten Zeitabschnitt wurde eine Gesamtzahl von 170 VKB-Rupturen in den untersuchten Profiligen in die Datenbank aufgenommen, von denen 94 in der Saison 2016/17 und 76 in der Saison 2017/18 auftraten.

5.1 VKB-Rupturen im Profi-Teamsport

5.1.1 Anthropometrische Daten

Bei Betrachtung der Anthropometrie der verletzten Spieler im Fußball, Handball, Basketball und Eishockey zeigte sich, dass Eishockeyspieler (30,12) im Durchschnitt signifikant älter waren als die Athleten der anderen drei Sportarten, welche zwischen 24,9 und 25,9 Jahren alt waren. Bei der Größe hingegen konnte festgestellt werden, dass Basketballspieler im Schnitt mit 201,2 cm am größten und Fußballer mit 181,4 cm am kleinsten waren. Ähnliches zeigte sich auch bei der Verteilung des Körpergewichtes, wo die Fußballspieler mit einem durchschnittlichen Gewicht von 79,9 kg am leichtesten und die Basketballprofis mit 101,0 kg am schwersten waren. Mit diesem Ergebnis korrelierte die Verteilung des Body Mass Index (BMI), welche bei Fußballern im Schnitt 23,9 beträgt und im Vergleich zu den anderen Sportarten am niedrigsten ist, während der BMI im Eishockey mit 25,8 am höchsten liegt.

Die Analyse der durchschnittlichen Spielerfahrung ergab, dass Verletzte im Eishockey bereits 19,25 Jahre, im Fußball 19,4 und im Handball 18,2 Jahre an Spielpraxis gesammelt hatten. Lediglich im Basketball wurde die Sportart 12,0 Jahre ausgeführt. Bei der Untersuchung des Anteiles an Nationalspielern stellte sich heraus, dass jeder Zweite Basketballer als Kaderathlet für seine Nation spielte, wohingegen im Fußball nur knapp jeder sechste (16,4%) Nationalspieler war.

Die Beindominanz wurde im Fußball und Eishockey nach dem bevorzugten Schussbein abgefragt, wobei hier knapp drei Viertel der Fußballer (74,1%) und alle Eishockeyspieler das rechte Bein als Schussbein angaben. Im Handball und Basketball wurde nach dem Sprungbein gefragt, wobei jeweils auch knapp drei Viertel der Befragten das linke Bein als Sprungbein angaben (Handball: 77,8%; Basketball: 75%) (Tabelle 11).

Tabelle 11: Anthropometrische Daten der Verletzten in den Team-Sportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=29)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Ø Alter	25,1 ($\sigma=3,7$)	24,9 ($\sigma=4,5$)	25,9 ($\sigma=3,7$)	30,12 ($\sigma=4,9$)
Ø Größe in cm	181,4 ($\sigma=6,5$)	191,1 ($\sigma=6,0$)	201,2 ($\sigma=7,9$)	183,4 ($\sigma=5,0$)
Ø Gewicht in kg	79,9 ($\sigma=8,2$)	93,1 ($\sigma=9,0$)	101,0 ($\sigma=11,6$)	86,6 ($\sigma=3,5$)
Ø BMI	23,9 ($\sigma=0,9$)	25,6 ($\sigma=1,9$)	24,9 ($\sigma=1,7$)	25,8 ($\sigma=1,7$)
Ø Erfahrung in Jahren	19,4 ($\sigma=3,0$)	18,2 ($\sigma=4,5$)	12,0 ($\sigma=5,6$)	19,25 ($\sigma=2,7$)
Anteil National-spieler in %	16,4	41,7	50,0	27,3
Beindominanz in %				
rechts	74,1 (Schussbein)	22,2 (Sprungbein)	25 (Sprungbein)	100 (Schussbein)
links	25,9	77,8	75	0

5.1.2 Frequenz von vorderen Kreuzbandrupturen

Im deutschen Profibereich des Herrenfußballs wurden über die Saisons 2016/17 und 2017/18 Daten gesammelt und 67 Kreuzbandrupturen in den drei höchsten Spielklassen erfasst.

Die meisten Verletzungen traten in der Saison 2016/17 in der 3. Liga auf (n=20).

Eine Gesamtanzahl von 39 Kreuzbandverletzungen wurde im Handball über zwei Spielzeiten in der ersten und zweiten Bundesliga registriert. 10 Kreuzbandrupturen wurden im Studienzeitraum im Rahmen des Kreuzbandregisters in den zwei höchsten deutschen Basketballligen beobachtet. Im Bereich des deutschen Eishockeyprofisportes wurden in der ersten und zweiten Liga, der Deutschen Eishockey Liga (DEL) und Deutschen Eishockey Liga 2 (DEL2), über die beiden Spielzeiten 13 Kreuzbandläsionen festgestellt (Abbildung 8).

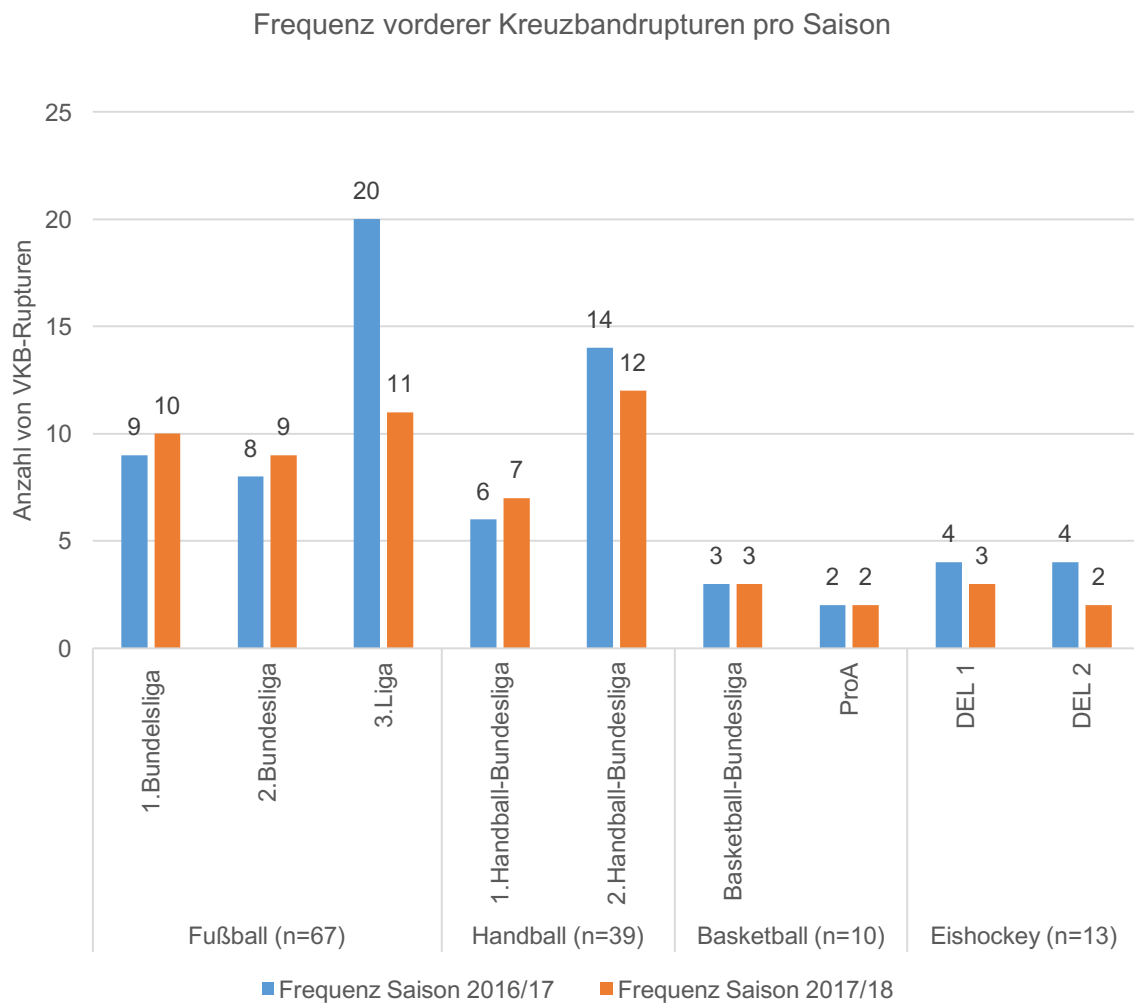


Abbildung 8: Frequenz vorderer Kreuzbandrupturen nach Liga und Saison

5.1.3 Inzidenz von vorderen Kreuzbandrupturen

Die Inzidenz für vordere Kreuzbandverletzungen in 1000 Stunden Spiel- und Trainingsbelastung wurde anhand der in Kapitel 4.5 beschriebenen Methoden und der dort festgestellten Belastung, sowie der von Fuller et al. (2006) erhobenen Formeln berechnet. Dadurch lassen sich die einzelnen Ligen und Sportarten trotz unterschiedlicher Spiel- und Trainingsstunden adäquat miteinander vergleichen.

Bei der Untersuchung ließ sich feststellen, dass die höchsten Inzidenzen in der Saison 2016/17 in der 3. Liga im Fußball, mit 0,0895 Verletzungen in 1000h Belastung, im Handball in der 2. Bundesliga (0,068) und in der Saison 2017/18 in der ersten Bundesliga mit einer Quote von 0,064 festgestellt wurden. Die niedrigsten Inzidenzen

wurden in der Saison 2017/18 in der DEL2 (0,019), sowie im Basketball in beiden Spielzeiten der ProA (2016/17: 0,023; 2017/18: 0,026) registriert (Tabelle 12).

Allgemein lässt sich postulieren, dass im Basketball die Inzidenzen über alle Sportarten gesehen am niedrigsten waren und im Fußball und Handball am höchsten. Die Quote der 1. Basketball-Bundesliga zeigte sich leicht erhöht im Vergleich zur zweithöchsten Spielklasse, der ProA. Im Eishockey sticht vor allem die erste Saison in beiden Ligen hervor. In der nachfolgenden Saison 2017/18 fielen die Inzidenzen in beiden Ligen, in der DEL2 von 0,041 auf 0,019.

Der deutsche Profihandball zeigte sich vom Niveau höher als Basketball und Eishockey auf einer Ebene mit dem Fußball. Auffällig war ein Rückgang von 25% der Inzidenz in der 2. Bundesliga von der ersten zur zweiten Saison.

Anstiege wurden hingegen in den höchsten beiden Spielklassen des deutschen Fußballs, der 1. und 2. Bundesliga, von der Saison 2016/17 auf die Saison 2017/18 verzeichnet. In der 3. Liga wurde dagegen im gleichen Zeitraum ein Rückgang der Inzidenz registriert.

Tabelle 12: Inzidenzen vorderer Kreuzbandrupturen in den Ligen der vier großen Teamsportarten in 1000 Stunden Belastung (Spiel und Training)

Sportart	Liga	Inzidenz Saison 2016/17	Inzidenz Saison 2017/18
Fußball (n=67)	1. Bundesliga	0,046	0,064
	2. Bundesliga	0,036	0,046
	3. Liga	0,090	0,056
Handball (n=39)	1. Handball-Bundesliga	0,047	0,050
	2. Handball-Bundesliga	0,068	0,051
Basketball (n=10)	Basketball-Bundesliga	0,031	0,029
	ProA	0,023	0,026
Eishockey (n=13)	DEL 1	0,041	0,029
	DEL 2	0,041	0,019

5.1.4 Spielpositionen

Die Verteilung der Spielpositionen unter den Verletzten im Fußball ist unter den drei Feldspielerpositionen, Abwehr, Mittelfeld und Sturm, relativ gleichmäßig aufgeteilt. Alle drei haben Anteile knapp unter einem Drittel. Den größten Anteil stellen die Mittelfeldspieler (n=21) mit einem prozentualen Anteil von 33%, gefolgt von der Gruppe der Abwehrspieler (n=20) mit 32%. Die kleinste Gruppe der Feldspieler stellen die Stürmer (n=18) dar, welche 29% der Verletzten stellen. Die Torhüter (n=4) gehen mit 6% in die Gesamtzahl Spieler mit VKB-Ruptur im deutschen Profifußball in der Saison 2016/17 und 2017/18 ein (Abbildung 9).

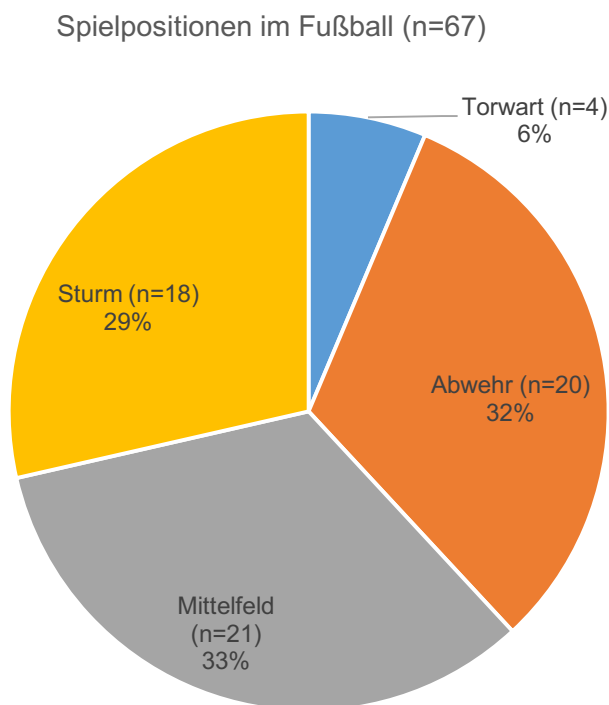


Abbildung 9: Verteilung der Spielpositionen unter den Verletzten im Herrenfußball

Mit 66% aller im deutschen Profihandball kreuzbandrupturierten Athleten stellen die Rückraumspieler (n=23) den größten Anteil. Der restliche Anteil ist gleichmäßig auf die Spieler der Außen (n=6) und des Kreises (n=6) aufgegliedert und beträgt jeweils 17%. Torhüter und Abwehrspieler haben sich im zweijährigen Studienzeitraum nicht verletzt und gehen mit je 0% in die Statistik ein (Abbildung 10).

Spielpositionen im Handball (n=39)

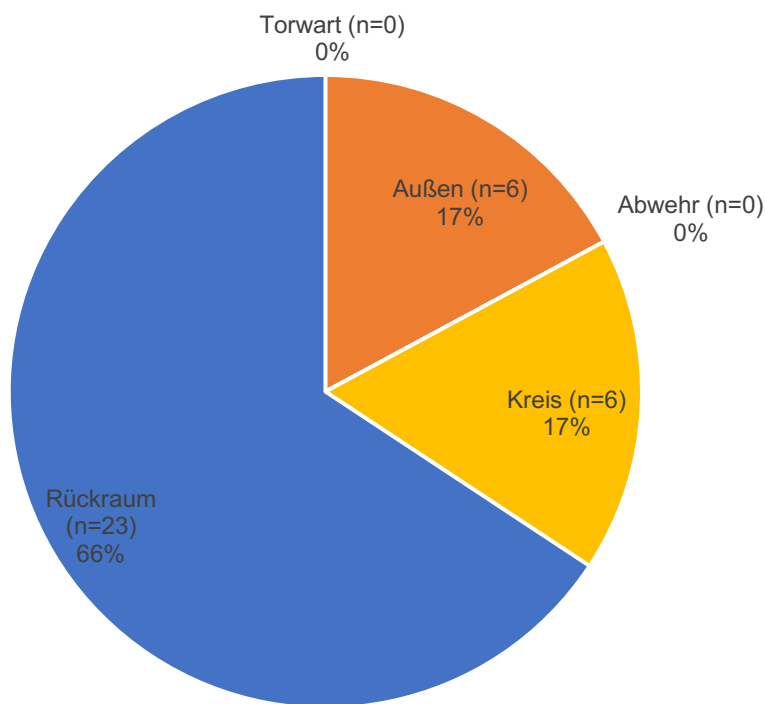


Abbildung 10: Verteilung der Spielpositionen unter den Verletzten in Handball

Im professionellen Basketball bildet auf die Spielposition bezogen die „Center“ (n=4) mit 40% die größte Gruppe der Basketballspieler, welche sich eine vordere Kreuzbandruptur zugezogen haben. Der restliche Anteil von 60% ist gleichmäßig auf die Spielpositionen des „Point Guard“ (n=3) und des „Power Forward“ (n=3) fraktioniert. Die Spielstellung des „Shooting Guard“ und des „Small Forward“ war im Untersuchungszeitraum in der Basketball-Bundesliga und der ProA nicht betroffen (Abbildung 11).

Spielpositionen im Basketball (n=10)

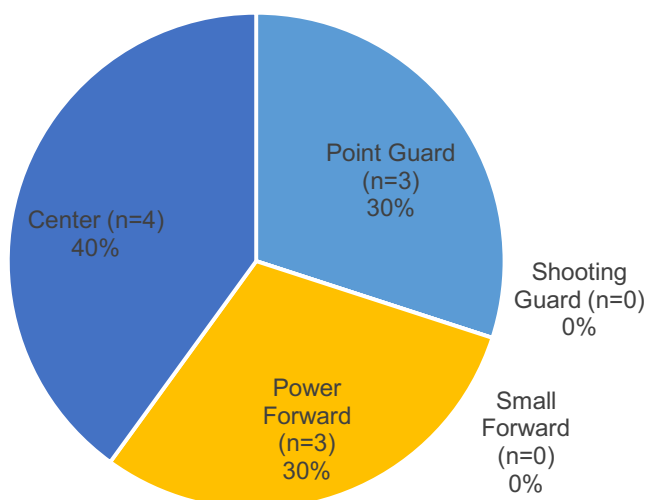


Abbildung 11: Verteilung der Spielpositionen unter den Verletzten im Basketball

Ein Großteil der im Eishockey verletzten Athleten spielte in der Position des „Center“ (n=5), dabei handelte es sich um einen Anteil von 46%. Die zweitgrößte Gruppe stellten jeweils die Spieler des linken und rechten Flügels, die „Left Wing“ (n=2) und „Right Wing“ (n=2), die beide mit je einem Anteil von 18% eingehen. Mit je 9% bilden die „Goalies“ (n=1) und die „Defense“ (n=1) die kleinste Gruppe der Spieler, die sich im professionellen deutschen Eishockey in den Spielzeiten der Jahre 2016 bis 2018 eine VKB-Ruptur zugezogen haben (Abbildung 12).

Spielpositionen im Eishockey (n=13)

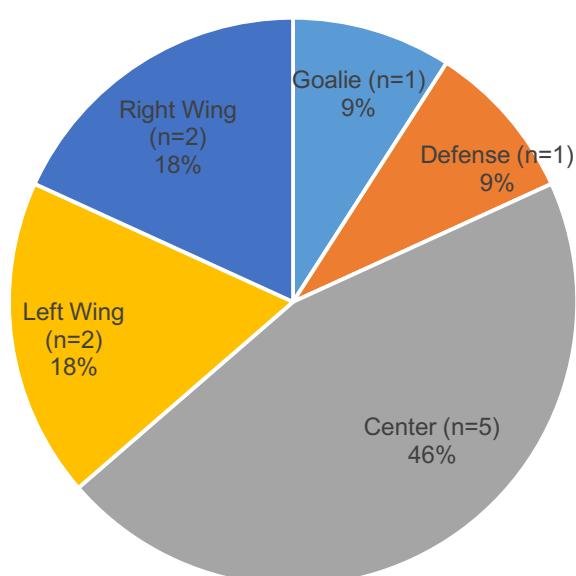


Abbildung 12: Verteilung der Spielpositionen unter den Verletzten im Eishockey

5.1.5 Medizinische Vorgeschichte

5.1.5.1 Schwächen in der Spielfähigkeit vor der VKB-Ruptur

Beschwerden und Schmerzen sind oft ein Hinweis für eine nichtausgeheilte Verletzung oder ein Ungleichgewicht im Bewegungsablauf. Mindestens jeder Dritte Spieler dieser Studie gab sportartenübergreifend an, in den letzten 6 Wochen vor der Verletzung Beschwerden oder Schmerzen empfunden zu haben. Bei Eishockeyspielern lag der Anteil sogar bei 50%, während im Fußball 40% und im Basketball und Handball je 33% der Athleten diese Frage bejahten.

In der Studie wurde neben Schmerzen und Beschwerden 6 Wochen vor der Kreuzbandverletzung auch nach Verletzungen gefragt, die 6 Wochen vor der VKB-Ruptur stattfanden. Eine Verletzung war dabei als solche definiert, wenn sie den Ausfall von mindestens einer zukünftigen Trainingseinheit oder eines Spiels zur Folge hatte. Die wenigsten Verletzungen ereigneten sich dabei im Handball, wo 21,1% der kreuzbandverletzten Spieler in der 6-wöchigen Periode vor der Läsion eine weitere Verletzung erlitten. Im Vergleich zu den anderen Sportarten traten die meisten Verletzungen mit 66,7% bei Basketballspielern auf (Tabelle 13).

Tabelle 13: Prozentuale Angabe zu Beschwerden oder Verletzungen in den letzten 6 Wochen vor der Verletzung und Lokalisation dieser

Angabe in %	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Beschwerden (letzte 6 Wochen)	40,0	33,3	33,3	50,0
Verletzungen (letzte 6 Wochen)	30,0	21,1	66,7	25,0

5.1.5.2 Vorangegangene Knieverletzungen und Operationen

Zur medizinischen Vorgeschichte gehört ebenso die Frage nach bereits vorangegangenen Verletzungen im Kniegelenk und Operationen dessen. Hier zeigte sich, dass vor allem im Handball mehr als die Hälfte der Spieler (52,6%) eine vorherige Kreuzbandverletzung erlitten hatte. Knapp ein Viertel der Fußballspieler (26,1%) hatte ebenfalls eine vorangegangene VKB-Ruptur erlitten, während im Basketball und Eishockey keiner der Athleten eine Läsion der ligamentären Struktur des Kreuzbandes vorzuweisen hatte.

Ähnlich verhielten sich die Anteile bei anderen Vorverletzungen am nun betroffenen Kniegelenk, ausgenommen Kreuzbandrupturen, wie z.B. Meniskusläsionen, Kollateralbandrupturen oder Knorpelverletzungen. Im Basketball und Eishockey wurden keine vorangegangenen Verletzungen am kreuzbandruptierten Knie angegeben. Knapp ein Viertel aller Handballspieler (27,8%) hatte dagegen bereits eine vorherige Verletzung. Nur im Fußball lag der Anteil mit 36,8% noch höher.

Ebenso hatte keiner der kreuzbandverletzten Basketball- und Eishockeyspieler eine vorangegangene Operation an dem später lädierten Kniegelenk. Im Gegensatz dazu wurden ein Drittel der Handballspieler (33,3%) und 23,8% der Fußballer am Knie voroperiert (Tabelle 14).

Tabelle 14: Prozentualer Anteil vorheriger Verletzungen und operativer Eingriffe des Kniegelenks im Herrenbereich der Teamsportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Vorherige Kreuzbandverletzung	26,1	52,6	0	0
sonstige Vorverletzungen am betroffenen Kniegelenk	36,8	27,8	0	0
Vorangegangenen Operationen am betroffenen Kniegelenk	23,8	33,3	0	0

5.1.6 Verletzungsumstände

5.1.6.1 Saison- und Belastungsphase

Die Unterteilung des Verletzungszeitpunktes in der Saisonphase wurde in Vorbereitungsverletzungen und in Läsionen, die während der Saison auftraten, vorgenommen. In jeder Sportart traten deutlich mehr Kreuzbandrupturen während der Saison auf, was aber mit der längeren Dauer der Saison im Vergleich zur Vorbereitungsphase zu erklären ist. Die höchste Zahl an Vorbereitungsverletzungen trat im Eishockey auf, wo 30% aller Läsionen in der Periode vor der Saison stattfanden, während mit 9,7% die wenigsten im Handball auftraten (Abbildung 13).

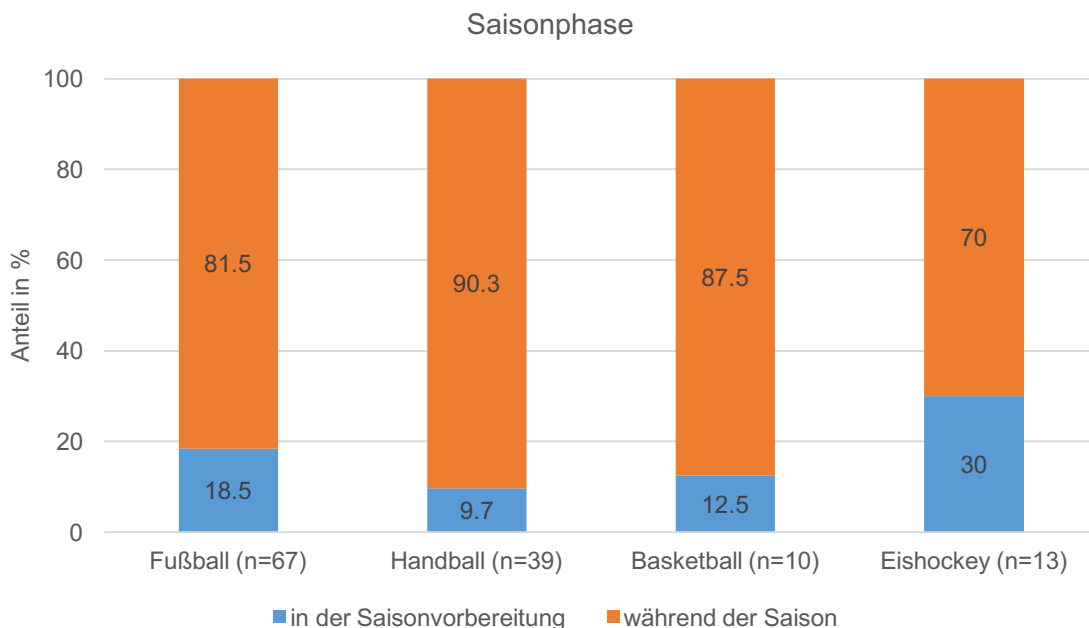


Abbildung 13: Darstellung der Verteilung der Kreuzbandverletzungen nach Saisonphase

Unterscheidet man die Kreuzbandläsionen nun in Trainings- und Wettkampfverletzungen, so fällt auf, dass sich in jeder Sportart mindestens 60% der Rupturen während eines Wettkampfes ereigneten. Die wenigsten Wettkampfläsionen waren mit 60,7% im Fußball verzeichnet, während im Handball mit 84,4% im Vergleich zu den anderen vier Sportarten die meisten Rupturen während eines Matches auftraten. Im Basketball war die Quote, ähnlich wie im Fußball, ebenfalls mit 62,5% bei knapp drei Fünftel (Abbildung 14).

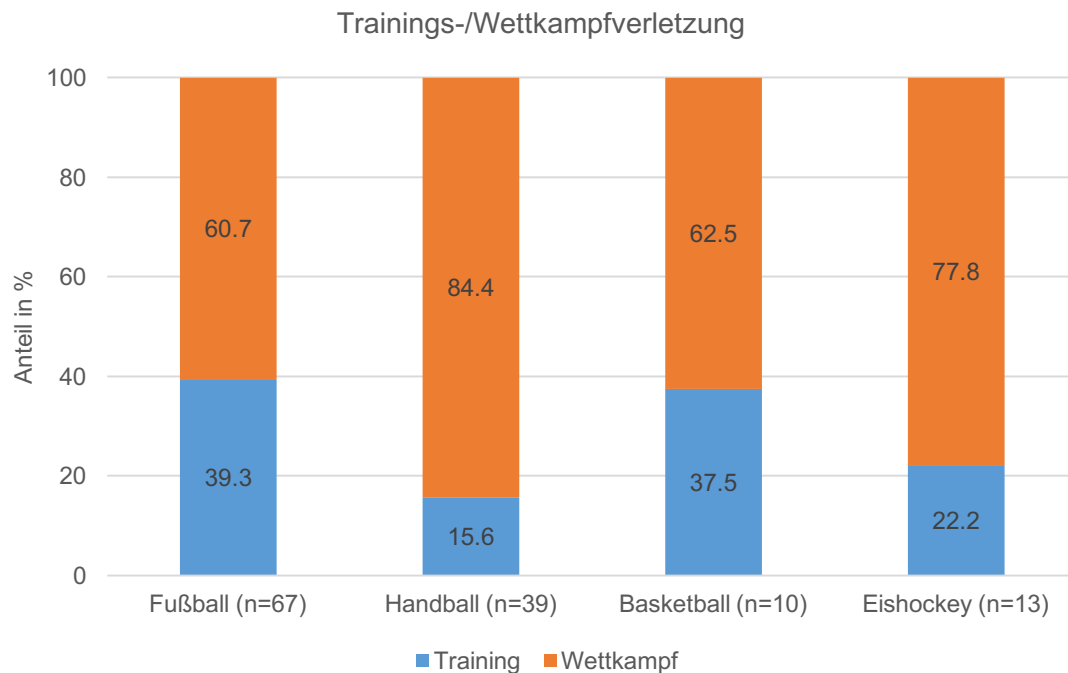


Abbildung 14: Darstellung der Kreuzbandverletzungen nach Trainings- oder Wettkampfverletzung

Bei der genaueren Betrachtung der Trainingsverletzungen wurde abgefragt, welche Art von Training die Läsion auslöste. Im Fußball, Handball und Basketball traten alle Trainingsrupturen während eines für die Sportart spezifischen Trainings auf. Lediglich im Eishockey war die Hälfte der Kreuzbandrupturen auf unspezifisches Training zurückzuführen, wogegen die andere Hälfte ebenfalls in sportartspezifischen Übungen vorkam (Abbildung 15).

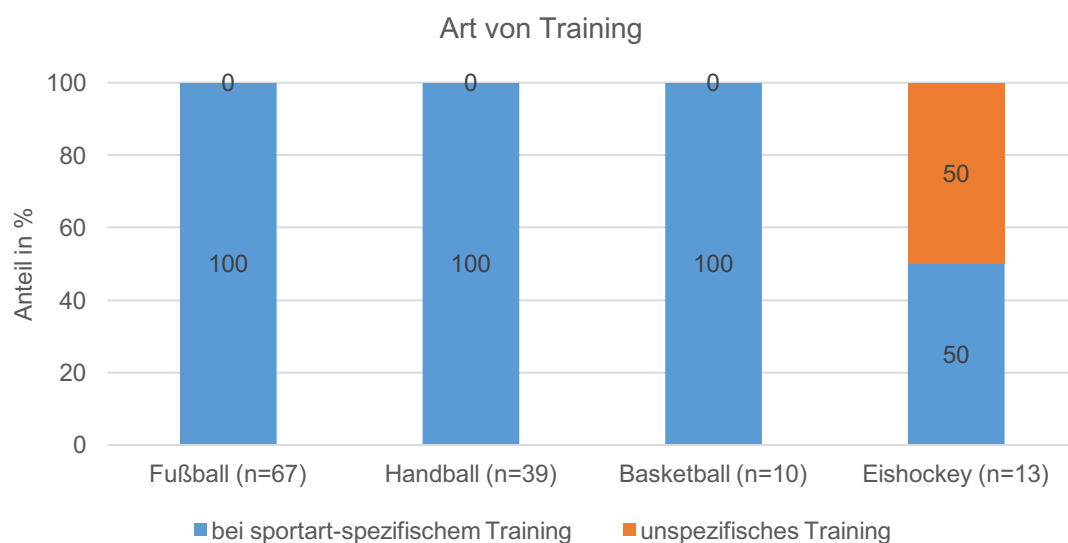


Abbildung 15: Arten der Trainingsverletzungen in den Teamsportarten

Untersucht man die Art von Wettkampfverletzungen und differenziert diese weiter in Meisterschaftsspiele, Länderspiele, nationale und internationale Pokalspiele, Testspiele, Turniere und sonstige, fällt auf, dass die meisten Rupturen in Meisterschaftsspielen stattfanden. Im Basketball waren dies sogar alle erfassten Läsionen. Im Eishockey gestaltet sich die Situation differenzierter, denn dort verteilen sich die Verletzungen auf die verschiedenen Wettkampffarten.

Der Großteil der vorderen Kreuzbandrupturen im Handball fand mit einer Quote von 62,5% während Meisterschaftsspielen statt. Auch im Fußball waren die Meisterschaftsspiele mit 60% die häufigste Ursache für VKB-Rupturen in Wettkämpfen und weitere 30% traten bei Testspielen auf (Abbildung 16).

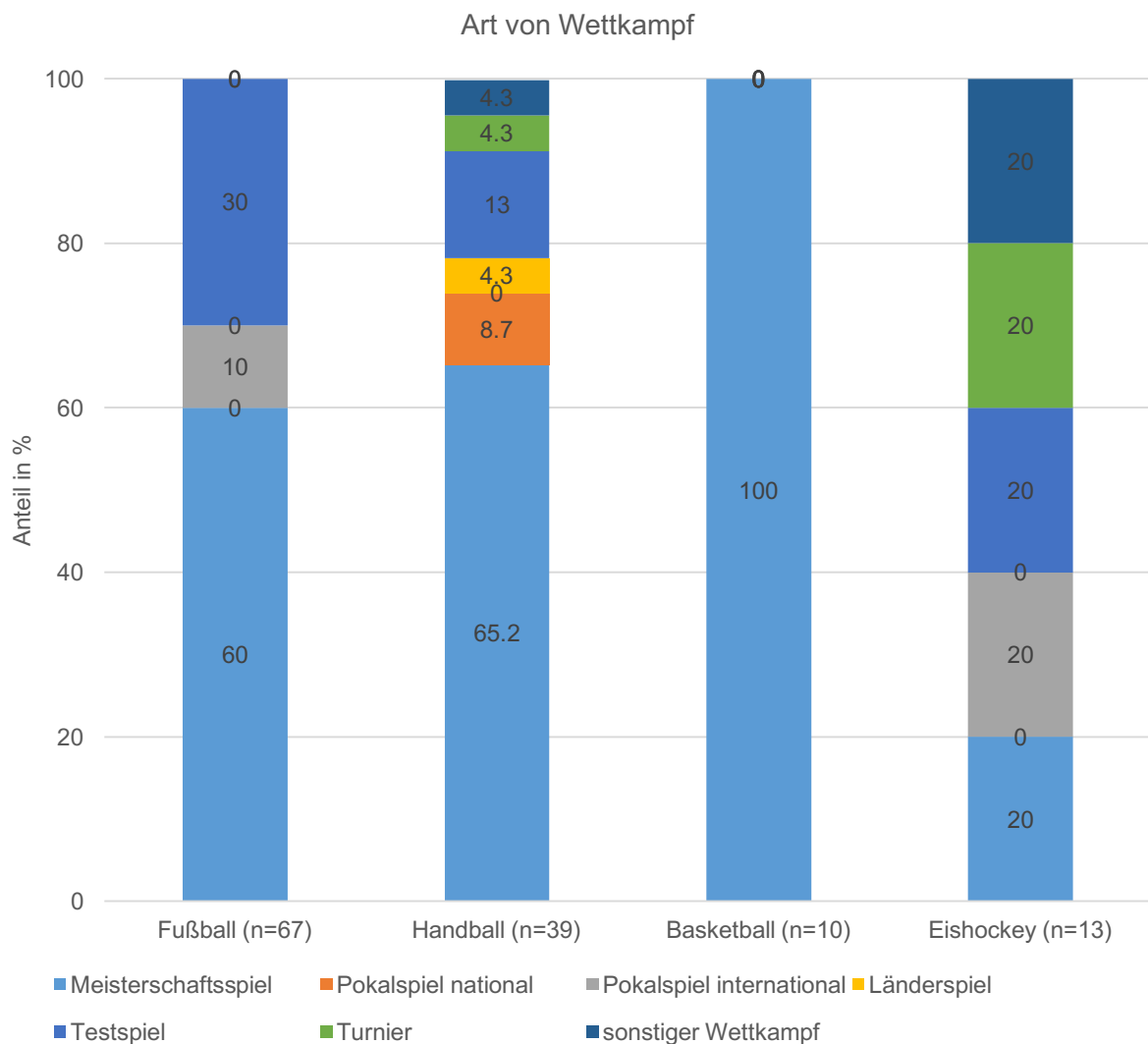


Abbildung 16: Art der Wettkampfverletzungen in den Teamsportarten

5.1.6.2 Definition der Verletzungssituation und Spielphase

Analysiert man die Situationen, in denen die vorderen Kreuzbandverletzungen in den einzelnen Sportarten auftraten so, kann man beobachten, dass vor allem Richtungswechsel, Landungen, Abstopp- und Seitwärtsbewegungen zu den verletzungsauslösenden Situationen zählten. Im Fußball waren daher 30% der Läsionen auf Richtungswechsel, 25% auf Landungen und 15% auf Seitwärtsbewegungen zurückzuführen. Mit 31,6% war der Richtungswechsel auch im Handball die häufigste Situation, in der Athleten eine vordere Kreuzbandruptur erlitten. Auch Abstoppen (26,3%) und Landungen (21,1%) hatten großen Anteil an allen Verletzungen. Die Landung war mit 75% im professionellen Basketball die Situation, die am öftesten zu einer VKB-Ruptur geführt hat. Die restlichen 25% der Spieler erlitten ihre Verletzung während einer Seitwärtsbewegung. Bei der Betrachtung des Eishockeysportes traten jeweils 25% der Läsionen beim Skaten vorwärts und bei Richtungswechsel auf, während die restlichen 50% in sonstigen, nicht näher beschriebenen Situationen passierten (Tabelle 15).

Tabelle 15: Verletzungssituationen in den vier Teamsportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Laufen / Skaten vorwärts	10,0	0	0	25,0
Sprinten	5,0	0	0	0
Seitwärtsbewegung	0	0	25,0	0
Abstoppen	15,0	26,3	0	0
Richtungswechsel	30,0	31,6	0	25,0
Absprung	5,0	5,3	0	0
Flugphase	0	5,3	0	0
Landung	25,0	21,1	75,0	0
Ausfallschritt	5,0	0	0	0
Sonstige Situation	5,0	10,5	0	50,0

Im Gegensatz zu den oben behandelten Spiel- und Trainingssituationen wurde auch nach den Aktionen gefragt, die zu der vorderen Kreuzbandverletzung geführt haben. Da sich hier die Sportarten eklatant voneinander unterscheiden, sind die Ergebnisse in die jeweiligen Sportarten unterteilt, aufgeführt.

Die häufigste Spiel- und Trainingsaktion in der eine vordere Kreuzbandruptur im Fußball stattfand, war mit 35,3% das Tackling. Auch das Dribbling (17,6%) sowie Kopfball und Ballannahme mit jeweils 11,8% waren Aktionen, die während der Verletzungsentstehung oft beschrieben wurden (Tabelle 16).

Tabelle 16: Verletzungsursächliche Spiel-/Trainingsaktion im Fußball (n=67)

Spiel-/Trainingsaktion in %	
Ballannahme	11,8
Pass	5,9
Flanke	0
Schuss	5,9
Grätsche	0
Kopfball	11,8
Tackling	35,3
Dribbling	17,6
Sonstige Aktion	11,8

Im Handball waren mit jeweils knapp einem Drittel die Körpertäuschung und der Zweikampf die Aktionen, mit dem größten Anteil an allen VKB-Rupturen (je 31,6%). Ebenfalls der Pass bzw. Wurf war mit rund einem Fünftel (21,1%) eine häufige Verletzungsaktion (Tabelle 17).

Tabelle 17: Verletzungsursächliche Spiel-/Trainingsaktion im Handball (n=39)

Spiel-/Trainingsaktion in %	
Körpertäuschung	31,6
Pass, Wurf	21,1
Ballannahme/Fangen	5,3
Block	0
Sperre	0
Parade	0
Zweikampf	31,6
Sonstige Aktion	10,5

Eine gleichmäßige Verteilung von je einem Viertel auf die Aktionen Ballannahme/Fangen, Penetration, Shotblock und Rebound wurde im Basketball bei der Untersuchung der verletzungsauslösenden Spiel- oder Trainingsaktion beobachtet (Tabelle 18).

Tabelle 18: Verletzungsursächliche Spiel-/Trainingsaktion im Basketball (n=10)

Spiel-/Trainingsaktion in %	
Körpertäuschung	0
Ballannahme/Fangen	25,0
Pass, Korbleger	0
Wurf	0
Penetration	25,0
Screen	0
Close-Out	0
Shotblock	25,0
Box-out	0
Rebound	25,0
Sonstiges 1 gegen 1	0

Im professionellen Eishockey in Deutschland wurden die meisten vorderen Kreuzbandverletzungen während des Body Checkings (60%) registriert (Tabelle 19).

Tabelle 19: Verletzungsursächliche Spiel-/Trainingsaktion im Eishockey (n=13)

Spiel-/Trainingsaktion in %	
Body Fake	0
Puckannahme	0
Stick work/Dribbling	0
Pass	0
Schuss	0
Body Checking	60,0
Protection	0
Sonstige Aktion	40,0

Unterteilt man nun die VKB-Rupturen in die Phase des Geschehens, so registriert man einen Großteil der Verletzungen im Fußball (78,9%) mit einem Auftreten während des des freien Spiels (Tabelle 20).

Tabelle 20: Verletzungsursächliche Spiel-/Trainingsphase im Fußball (n=67)

Spiel-/Trainingsphase in %	
Freies Spiel	78,9
Einwurf	0
Freistoß	0
Eckball	0
11er	0
Abstoß	0
Konter	15,8
Pressing	5,3

Im Handball waren vor allem die Angriffsphasen mit Verletzungen am Kreuzband assoziiert. Im Positionsangriff (66,7%) fanden zwei Drittel aller Läsionen statt, während im Tempospielangriff 27,8% auftraten (Tabelle 21).

Tabelle 21: Verletzungsursächliche Spiel-/Trainingsphase im Handball (n=39)

Spiel-/Trainingsphase in %	
Positionsangriff	66,7
Positionsabwehr	0,0
Tempospielangriff	27,8
Tempospielabwehr	5,6

Mit genau der Hälfte aller Läsionen war die Phase der Halfcourt-Defense im Basketball die verletzungsreichste Phase (Tabelle 22).

Tabelle 22: verletzungsursächliche Spiel-/Trainingsphase im Basketball (n=10)

Spiel-/Trainingsphase in %	
Set-Offense	0
Fast-Break	25,0
Halfcourt-Defense	50,0
Transition-Defense	0
Ballsicherung	0
Sonstige Phasen	25,0

Im Eishockey fand sich im Forecheck, also der Angriffverteidigung, mit 66,7% der Großteil aller VKB-Rupturen. Die Übrigen 33,3% wurden in sonstigen Phasen beobachtet (Tabelle 23).

Tabelle 23: Verletzungsursächliche Spiel-/Trainingsphase im Eishockey (n=13)

Spiel-/Trainingsphase in %	
Breakout	0
Schnellangriff	0
Backcheck	0
Forecheck	66,7
Defense	0
Transition	
Offense	0
Transition	
Fight	0
Sonstige Phasen	33,3

Die Betrachtung, ob der jeweilige Athlet bzw. die Mannschaft des Verletzten sich während des Verletzungsgeschehens im Angriff oder der Abwehr befand, war in den einzelnen Teamsportarten sehr divergent. Im Handball und Eishockey befanden sich mit großer Mehrheit die meisten Spieler während der Läsion im Angriffsspiel, im Eishockey traf dies auf alle Spieler zu, während dies bei 94,7% der Handballer der Fall war. Im Gegensatz dazu verletzten sich Fußballer und Basketballer vorwiegend in der Abwehr. Im Fußball waren 70% der Athleten zum Zeitpunkt ihrer Kreuzbandruptur in der Abwehr, wohingegen es beim Basketball sogar 100% waren (Tabelle 24).

Tabelle 24: Angriff- oder Abwehrposition des Athleten während des Verletzungsereignisses

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Angriff	30,0	94,7	0	100,0
Abwehr	70,0	5,3	100,0	0

Die Analyse welcher Athlet während des Verletzungsgeschehens im Ball- oder Puckbesitz war teilt Fragestellung nochmals genauer auf. Besonders auffällig ist hier, dass im Handball sehr häufig der verletzte Spieler selbst ballführend war. So gaben die Athleten einen Anteil von 89,5% Eigenballbesitz an, wohingegen der direkte Gegenspieler nie Ballbesitz hatte.

Im Fußball war ebenfalls die Mehrheit der Athleten zum Zeitpunkt der Ruptur in eigenem Ballbesitz (42,1%). Im Gegensatz dazu war der direkte Gegenspieler in 31,6% der Fälle in Besitz des Balles. Die eigene Mannschaft des Verletzten hatte in dieser Studie, zum Zeitpunkt der Läsion, keinen Ballanteil. Weniger divers zeigte sich der Basketball, bei dem jeweils zur einen Hälfte die eigene Mannschaft und zur anderen Hälfte der direkte Gegenspieler in Ballbesitz war. Der verletzte Basketballer selbst und die restliche gegnerische Mannschaft, ausgenommen vom direkten Gegenspieler, war zum Zeitpunkt der Ruptur nicht in Ballbesitz. In Eishockey hingegen fällt der größte Puckanteil, mit 40%, wiederum auf den verletzten Spieler (Abbildung 17).

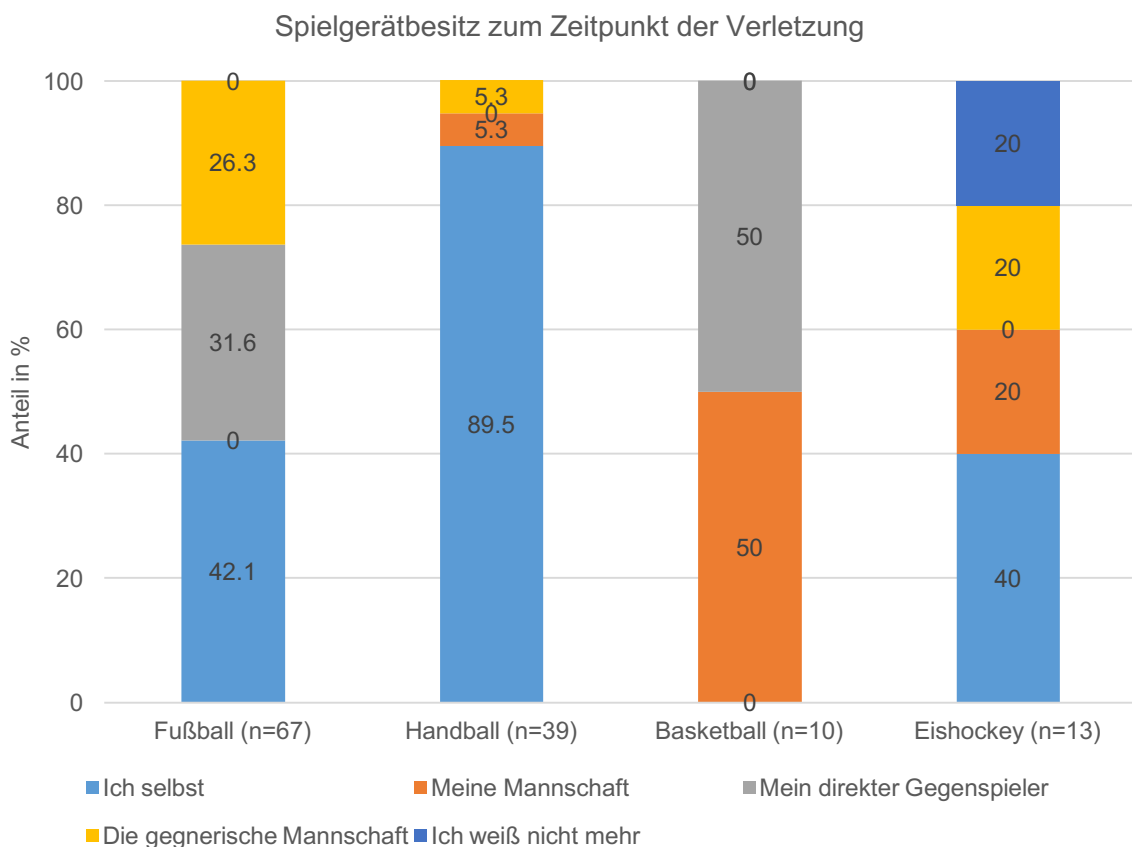


Abbildung 17: Ball-/Puckbesitz zum Zeitpunkt der Verletzung

5.1.6.3 Verletzungsmechanismus

Bei der Zuordnung des Verletzungsmechanismus erfolgte die Einteilung in „direkte Kontaktverletzung“, „indirekte Kontaktverletzung“, „keine Kontaktverletzung“ und „kann ich nicht zuordnen“. Dabei beschreibt eine direkte Kontaktverletzung jede Verletzung, die durch eine direkte äußere Krafteinwirkung einer anderen Person oder

eines Gegenstandes an der verletzten Körperregion bzw. einer angrenzenden Körperregion verursacht wird. Die indirekte Kontaktverletzung ist hingegen als jede Verletzung, bei der unmittelbar vor oder während der Verletzung eine äußere Krafteinwirkung einer anderen Person oder eines Gegenstandes beteiligt ist definiert. Dabei ist die Krafteinwirkung selbst zwar nicht direkt verletzungsursächlich, beeinflusst aber den natürlichen Bewegungsablauf des Sportlers so stark, dass sie die verletzungsauslösende Situation indirekt herbeiführt. Wird das Verletzungsereignis ohne Krafteinwirkung eines anderen Spielers, eines Spielgeräts oder der Spielfeldeinrichtung verursacht, so spricht man von keiner Kontaktverletzung. Direkte Kontaktverletzungen waren im Eishockey mit 83,3% der häufigste Verletzungsmechanismus, während sich im Basketball die Mechanismen uniform mit jeweils einem Drittel für direkte, indirekte und keine Kontaktverletzung verteilten. Ein ähnliches Bild hat sich auch bei der Untersuchung der Läsionen im Handball gezeigt. Hier haben jeweils 28,3% der Spieler angegeben, dass es sich bei dem Verletzungsmechanismus um direkte, indirekte und keine Kontaktverletzung handelte. Polymorpher zeigte sich dagegen der professionelle Fußball in Deutschland, bei dem 42,9% der Verletzungen als direkte Kontaktverletzung gewertet wurden. Ebenfalls 42,9% wurden als keine Kontaktverletzung deklariert (Abbildung 18).

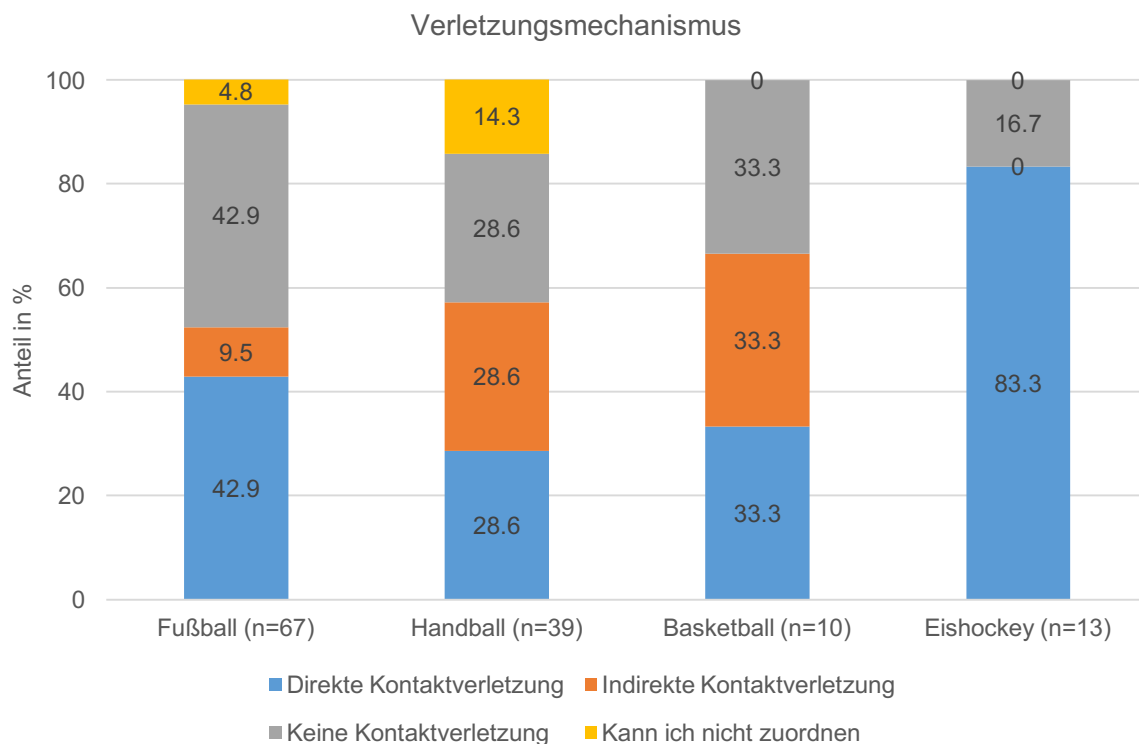


Abbildung 18: Verletzungsmechanismen in den Teamsportarten

5.1.6.4 Foulspiel und Abbruch der Spiel- oder Trainingstätigkeit

Sportartenübergreifend sind die meisten Kreuzbandverletzungen in Situationen aufgetreten in denen laut Schiedsrichtermeinung kein Foulspiel stattgefunden hat. Im Basketball war dies bei keiner der Rupturen der Fall, während beim Fußball und Eishockey jeweils 25% der Läsionen in einer Situation mit Foul entstanden sind.

Die Anzahl der Athleten, die ihr Training oder Spiel nach der Verletzung beenden mussten, ist in alle betrachteten Teamsportarten sehr hoch. Den vergleichsweise niedrigsten Anteil findet man bei den Eishockeyspielern, bei denen lediglich 80% abbrechen mussten, während der Anteil beim Basketball mit 100% am höchsten war. Im Fußball lag die Quote auf ähnlichem Niveau wie beim Eishockey bei 81,8% (Tabelle 25).

Tabelle 25: Anteil der Foulspiele und Abbrüche des Spiel-/Trainingsbetriebs (in Prozent)

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Foulspiel laut Schiedsrichter- entscheidung	25,0	20,0	0	25,0
Abbruch der Spiel- oder Trainingstätigkeit nötig	81,8	89,5	100,0	80,0

5.1.6.5 Subjektive Verletzungseinschätzung und Stabilität des Kniegelenks

Bei der Frage nach dem subjektiven Empfinden der Verletzten zum Ausmaß der Verletzung gaben die meisten Spieler der Teamsportarten an, sich der Tragweite nicht bewusst gewesen zu sein. Lediglich im Eishockey erkannten zwei Drittel der Athleten die Schwere ihrer Verletzung.

Ein Gefühl des Wegknickens und/oder der Instabilität spürte mindestens die Hälfte aller Spieler nach dem Verletzungsereignis. So war der Anteil der Eishockeyspieler und Basketballer, die dies registrierten, bei je 66,7%. Im Fußball war die Quote derer,

die die subjektiven Folgen einer Kreuzbandruptur in Form von Instabilität und Wegknicken wahrnahmen, bei 52,6% (Tabelle 26).

Tabelle 26: Subjektive Einschätzung des Spielers zum Verletzungsausmaß und der Stabilität des Kniegelenks (in Prozent)

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
War mit über den Ausmaß der Verletzung bewusst	45,0	38,9	33,3	66,7
Spürte Instabilität oder Wegknicken	52,6	61,1	66,7	66,7

5.1.7 Zeitpunkt der Verletzung

Untersucht man nun die Verteilung der Verletzungen in den einzelnen Monaten, fällt vor allem im Eishockey auf, dass die Hälfte der VKB-Rupturen im Januar stattgefunden haben. Die Monate Februar, April, Mai, Juni und Juli blieben hingegen verletzungsfrei. Diese Zahlen korrelieren mit den Saisonspielzeiten, die normalerweise in Deutschland von September bis Ende April angesetzt sind. Im Basketball war die Unterteilung der Ereignisse, über das Jahr verteilt, diverser. Die verletzungshäufigsten Monate waren Januar und März mit 20%. Auch beim Handball zeigte sich eine gleichmäßigere Aufteilung der Verletzungshäufigkeit in den einzelnen Monaten. Mit 16,7% fanden im Februar die meisten und mit 2,8% im Januar, Juni und Dezember die wenigsten VKB-Rupturen statt. August (13,9%) und Mai (11,1%) zählten ebenfalls zu den Monaten mit gehäuften Läsionen. Im deutschen Profifußball traten im August und September mit je 17,4% die meisten vorderen Kreuzbandverletzungen auf. März und April (je 13,0%) waren die in der Verletzungsstatistik zweithäufigsten Monate. Einzig der November blieb im Untersuchungszeitraum frei von VKB-Läsionen (Tabelle 27).

Tabelle 27: Monatsverteilung der VKB-Rupturen in den Teamsportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Januar	4,3	2,8	20,0	50,0
Februar	4,3	16,7	0	0
März	13,0	8,3	20,0	10,0
April	13,0	8,3	10,0	0
Mai	8,7	11,1	10,0	0
Juni	4,3	2,8	0	0
Juli	4,3	8,3	0	0
August	17,4	13,9	10,0	10,0
September	17,4	8,3	0	20,0
Oktober	8,7	5,6	10,0	10,0
November	0	11,1	10,0	0
Dezember	4,3	2,8	10,0	0

Analysiert man die Verteilung der vorderen Kreuzbandverletzungen auf die Wochentage, so kann man, ähnlich wie in der Monatsanalyse, Besonderheiten der einzelnen Sportarten herauslesen (Tabelle 28). Der Wochentag mit den meisten Läsionen im Fußball war der Samstag (33,0%) gefolgt vom Freitag (19,0%). Dienstag bis Donnerstag traten zu je 14,3% Verletzungen auf. Im Handball zeigte sich eine weitgehend regelmäßige Verteilung der Verletzungen. In der ersten Wochenhälfte, von Montag bis Mittwoch, jeweils zu 12,5% und in der zweiten Wochenhälfte, von Donnerstag bis Sonntag, zu je 20,8%. Ähnliches wurde bei der Untersuchung der vorderen Kreuzbandläsionen im Basketball beobachtet. Von Montag bis Mittwoch und am Samstag kam es zu einer jeweiligen Häufigkeit von 16,7%. Am Sonntag wurde mit 33,3% der verletzungshäufigste Tag notiert. Eishockey präsentiert sich als Sportart, in der die VKB-Rupturen hauptsächlich am Wochenende auftraten. Der Sonntag war dabei mit 57,1% der mit Abstand verletzungshäufigste Tag, gefolgt vom Samstag mit 28,6% und Freitag mit 14,3%. Die restlichen Tage, von Montag bis Donnerstag, blieben in dieser zweijährigen Studie frei von vorderen Kreuzbandläsionen.

Tabelle 28: Verteilung der VKB-Rupturen auf Tage in den Teamsportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Montag	0	12,5	16,7	0
Dienstag	14,3	12,5	16,7	0
Mittwoch	14,3	12,5	16,7	0
Donnerstag	14,3	20,8	0	0
Freitag	19,0	20,8	0	14,3
Samstag	33,3	20,8	16,7	28,6
Sonntag	4,8	20,8	33,3	57,1

Auch eine Unterteilung der Verletzung nach Spiel- oder Trainingsminute ist sinnvoll, da sich hier Häufungen finden lassen und diese mit Spielereignissen, wie Halbzeitpausen, in Korrelation gebracht werden können.

Kurz vor Ende der ersten Halbzeit (31. – 45. Minute) verletzten sich in dieser Studie im deutschen Profifußball mit 28,6% die meisten Spieler (Abbildung 19). Auch in der Endphase der zweiten Halbzeit (76. – 90. Minute) und zu Beginn der beiden Halbzeiten (1. – 15. Minute und 46. – 60. Minute) ergaben sich mit jeweils 19,0% hohe Anteile an der Gesamtzahl der VKB-Rupturen.

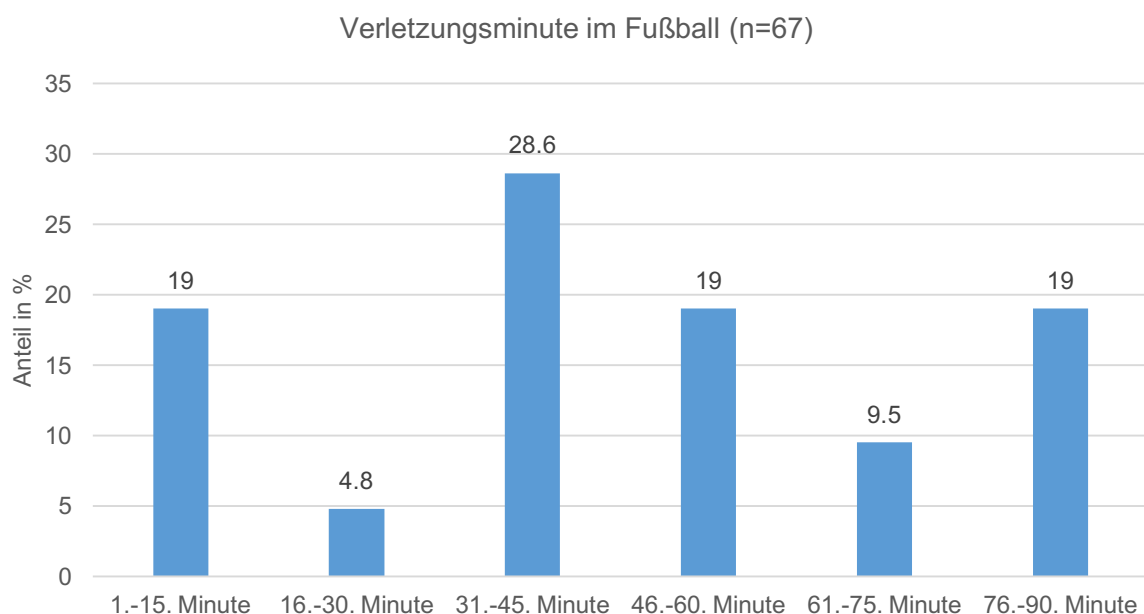


Abbildung 19: Verteilung der VKB-Rupturen auf Spiel- und Trainingsminute im Fußball

Im Handball zeigte sich ein weniger diverses Bild (Abbildung 20). Die wenigsten vorderen Kreuzbandverletzungen ereigneten sich mit einem Anteil von 9,5% zu Beginn des Spiels oder Trainings (1. – 10. Minute). Die meisten Läsionen traten hingegen in der Mittel- und Endphase der ersten (11. – 20. Minute und 21. – 30. Minute) und der Mittelphase der zweiten Halbzeit (41. – 50. Minute) mit einem jeweiligen prozentualen Anteil von 19,0% auf.

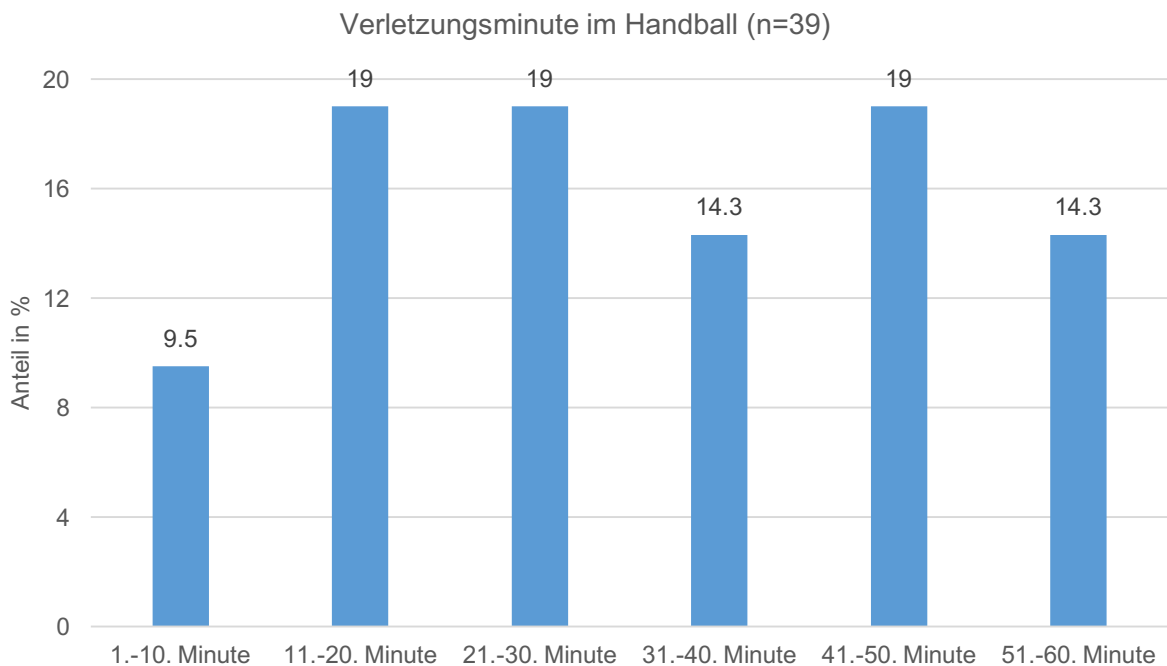


Abbildung 20: Verteilung der VKB-Rupturen auf Spiel- und Trainingsminute im Handball

Im Basketball ist ein Spiel in Viertel von je 10 Minuten aufgeteilt, mit einer kurzen Pause zwischen jedem Viertel, und einer fünfzehnminütigen Halbzeitpause nach dem zweiten Viertel. Vor allem in der ersten Halbzeit fanden die meisten Verletzungen, summiert 75%, statt (Abbildung 21). 25% wurden dabei jeweils bei Ende des ersten Viertels (6. – 10. Minute), sowie zu Beginn (11. – 15. Minute) und Ende des zweiten Viertels (16. – 20. Minute) registriert.

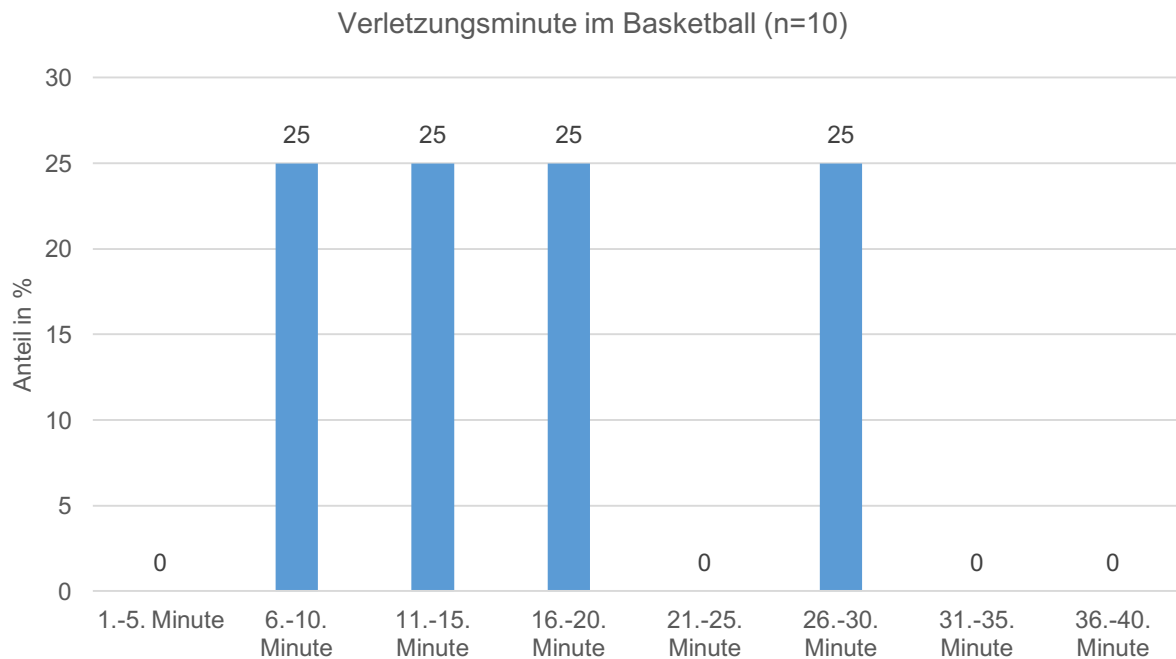


Abbildung 21: Verteilung der VKB-Rupturen auf Spiel- und Trainingsminute im Basketball

Im Eishockey wird ein Spiel in Drittel zu je 20 Minuten unterteilt, mit jeweils 15-minütiger Pause zwischen den einzelnen Dritteln. In der vorliegenden Studie traten mit 40% zu Beginn des letzten Drittels (41. – 50. Minute) die meisten VKB-Rupturen auf (Abbildung 22). Zu Beginn des ersten (1. – 10. Minute) und des zweiten Drittels (21. – 30. Minute) wurden keine Verletzungen festgestellt.

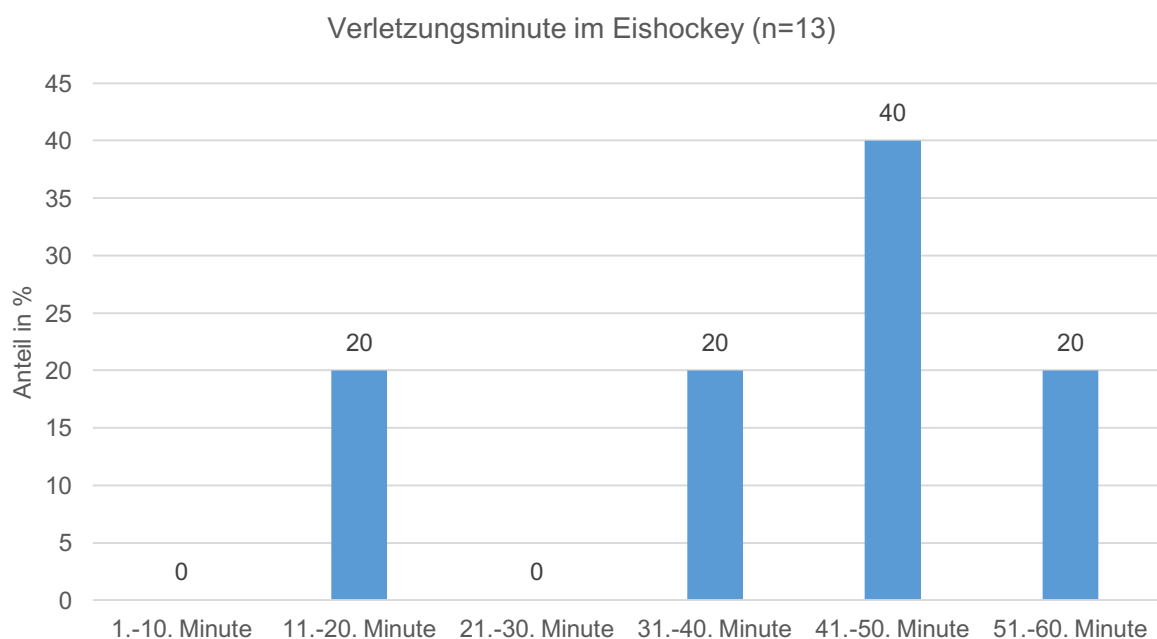


Abbildung 22: Verteilung der VKB-Rupturen auf Spiel- und Trainingsminute im Eishockey

5.1.8 Diagnostik und Therapie

Der Zeitraum der Diagnosestellung war, über alle vier Sportarten hinweg, relativ rasch (Tabelle 29). Fast alle Verletzungen wurden innerhalb der ersten drei Tage diagnostiziert. Lediglich 5,3% der Rupturen im Handball wurden im Zeitraum von 4 bis 7 Tagen nach dem Ereignis festgestellt. Der Großteil der Verletzungen wurde hier 1 bis 3 Tage nach Stattfinden erfasst (88,9%). Betrachtet man hingegen den Eishockeysport, so fällt auf, dass hier die meisten Verletzungen bereits am Ereignistag (60%) diagnostiziert wurde. Im Gegensatz dazu stehen der Basketball und der Fußball, wo, ähnlich wie im Handball, der Hauptteil der Art der Verletzungen zwischen dem ersten und dritten Tag erkannt wurde. Im Basketball handelt es sich um 66,7% und im Fußball um 80%.

Tabelle 29: Zeitraum der Diagnosestellung in den Teamsportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Am Tag der Verletzung	20,0	5,6	33,3	60,0
1-3 Tage nach der Verletzung	80,0	88,9	66,7	40,0
4-7 Tage nach der Verletzung	0	5,6	0	0

Bei der Diagnosestellung der vorderen Kreuzbandruptur wurde vorwiegend auf Magnetresonanztomographie (MRT) und orthopädische Untersuchung zurückgegriffen (Tabelle 30). Im Fußball wurde so in 71,4% der Fälle ein MRT und in 46,4% eine orthopädische Untersuchung angewendet. Im Handball wurde dagegen bei 77,8% der Verletzungen eine orthopädische Untersuchung durchgeführt, während sogar in allen Fällen ein MRT benutzt wurde. Auch im Basketball zeigte sich, dass das MRT in allen Verletzungen zur Diagnose benutzt wurde, während in nur 33,3% der Fälle auch auf die orthopädische Untersuchung zurückgegriffen wurde. Im Vergleich der Sportarten kam im Eishockey der orthopädischen Untersuchung, mit einem Anteil von 80%, der größte Stellenwert zu. Das MRT wurde hier nur in 60% der Verletzungen verwendet.

Tabelle 30: Benutzte Methoden bei der Diagnosestellung

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Orthopädische Untersuchung	46,4	77,8	33,3	80,0
MRT	71,4	100,0	100,0	60,0
Röntgen	17,9	22,2	0	0
Computertomographie	0	5,6	0	0
Sonographie	7,1	16,7	0	20,0

Auch die Versorgung der VKB-Ruptur war in den vier Teamsportarten nahezu gleich (Tabelle 31). Im Fußball, Basketball und Eishockey wurden alle Läsionen operativ behandelt, wohingegen im Handball ein Anteil von 3,3% einer konservativen Behandlung zugeführt wurde.

Tabelle 31: Versorgung der aktuellen Kreuzbandverletzung

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
konservativ	0	3,3	0	0
operativ	100,0	96,7	100,0	100,0

5.1.9 Aktuelle Verletzung

Die meisten vorderen Kreuzbandrupturen sind in dieser Studie nicht isoliert aufgetreten, sondern mit unterschiedlichen weiteren Begleitverletzungen im betroffenen Kniegelenk (Abbildung 23). Am geringsten war der Anteil der weiteren Läsionen im Handball, wo nur in 60,7% der Fälle Co-Verletzungen auftraten. Die Begleitverletzungen fanden mit 83,3% im Basketball statt.

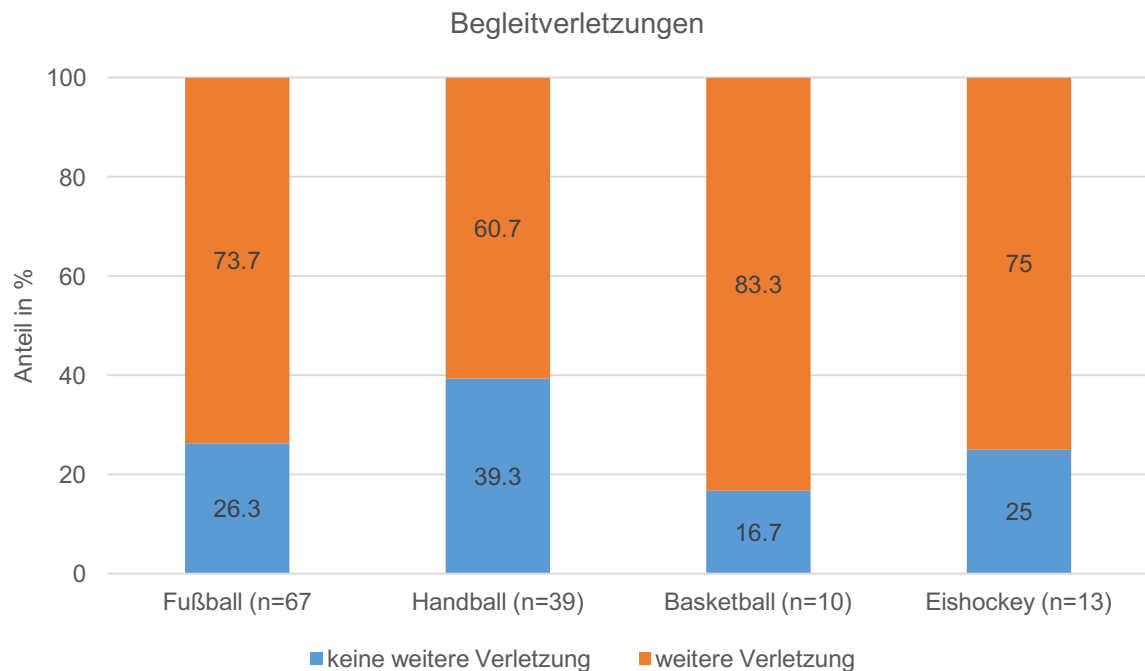


Abbildung 23: Anteil der Begleitverletzungen am gleichen Kniegelenk in den Teamsportarten

Betrachtet man nun die genaue Art der Begleitverletzungen, so entsteht über die vier Sportarten verteilt, ein diverses Bild (Abbildung 24). Im Fußball war der laterale Meniskus mit 57,9% am häufigsten bei der vorderen Kreuzbandverletzung mitbetroffen. 36,8% der Athleten hatten sich am medialen Seitenband (Innenband) verletzt. Der mediale Meniskus (61,1%) hingegen war im professionellen Handball in Deutschland die häufigste Position einer Begleitverletzung. Des Weiteren erlitten auch 27,7% eine Läsion am lateralen Meniskus. Im Vergleich der Sportarten war im Handball mit 16,6% der Gelenkknorpel im Knie am häufigsten betroffen. Ein anderes Bild zeigte sich im Basketball, wo alle befragten Spieler, die sich im Profisport das Kreuzband gerissen hatten und dabei eine Begleitverletzung erlitten, angaben, dass diese sowohl am medialen Meniskus als auch am medialen Seitenband auftrat. Bei der Hälfte der Eishockeyspieler mit Begleitverletzung wurde das mediale Seitenband als mitverletzt registriert und ergab somit die häufigste Lokalisation.

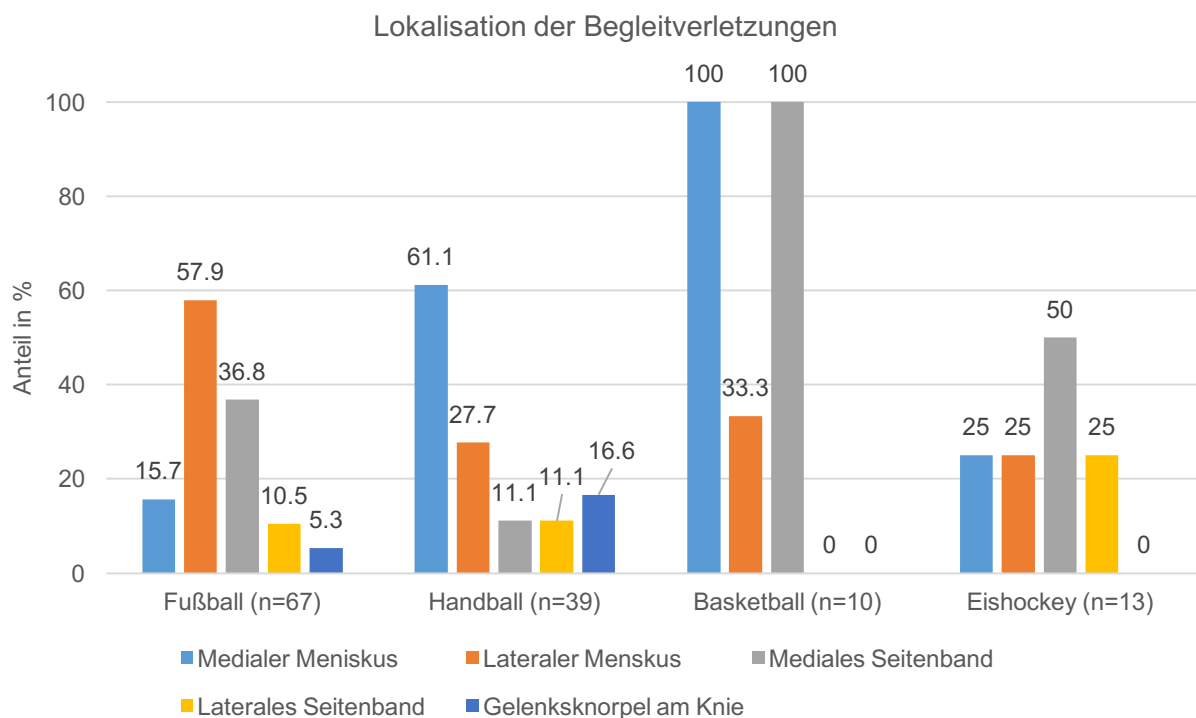


Abbildung 24: Lokalisation der Verletzungen bei Spielern mit Begleitverletzungen

5.1.10 Einflussfaktoren auf die Verletzung

5.1.10.1 Vereins- und Trainerwechsel

Vereinswechsel vor der Saison waren besonders häufig im Basketball der Fall, wo dies zu 70% auftrat. In den anderen Sportarten lag die Quote der gewechselten Spieler bei rund 40% (Tabelle 32).

Tabelle 32: Anteil der Spieler, die vor der Verletzung den Verein gewechselt haben

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Vereinswechsel	40,8	36,1	70,0	40,0
Kein Vereinswechsel	59,2	63,9	30,0	60,0

Untersucht man den Spielklassenwechsel, so fällt auf, dass im Eishockey die wenigsten (20%) und im Fußball die meisten Wechsel (46%) stattfanden. Dabei wechselten 40% der Fußballer in eine höhere Liga (Tabelle 33).

Tabelle 33: Anteile der Spieler mit Spielklassenwechsel vor der Verletzung

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Kein Spielklassenwechsel	54,0	65,7	66,7	80,0
Wechsel in höhere Spielklasse	40,0	22,9	22,2	10,0
Wechsel in niedrigere Spielklasse	6,0	11,4	11,1	10,0

Die meisten Trainerwechsel vor Spielbeginn fanden im Vergleich der Sportarten vor allem im Eishockey (75%) statt, während im Handball mit 15% am seltensten die Trainer gewechselt wurden. Im Fußball fällt auf, dass in einem Viertel der Verletzungen der Wechsel kurz vor der VKB-Ruptur vonstatten ging, wogegen sich ansonsten nur noch im Handball in 10% der Fälle kurz vor Verletzungsereignis ein Austausch des Übungsleiters ereignete (Tabelle 34).

Tabelle 34: Trainerwechsel in den Teamsportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Kein Trainerwechsel	65,0	85,0	50,0	25,0
Wechsel vor Saisonbeginn	10,0	5,0	50,0	75,0
Wechsel kurz vor der Verletzung	25,0	10,0	0	0

Bei den Athletik- und Fitnesstrainern wurden vor Saisonbeginn vor allem Wechsel bei den Basketballern (66,7%) und Eishockeyspielern (62,5%) registriert. Im Fußball und Handball hingegen gab es jeweils bei rund drei Viertel der Betroffenen keinen Wechsel des Fitness- oder Athletiktrainers (Tabelle 35). Auffallend ist, dass 10,5% der Verletzten im Profifußball keinen speziellen Übungsleiter für die Fitness- und Athletik hatten.

Tabelle 35: Athletik-/Fitnesstrainerwechsel in den Teamsportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Kein Fitness- /Athletiktrainerwechsel	73,7	73,6	33,3	37,5
Wechsel vor Saisonbeginn	10,5	21,1	66,7	62,5
Wechsel kurz vor der Verletzung	5,3	0	0	0
Kein Fitness- /Athletiktrainer in der Mannschaft	10,5	5,3	0	0

5.1.10.2 Belastungs- und Ablaufänderungen

Änderungen in Ablauf und Belastung ließen sich in allen Sportarten, bis auf Eishockey, beobachten (Tabelle 36). Hier gab lediglich ein Drittel, der Betragten, an mehr als zwei Spiele in den letzten sieben Tagen vor der Ruptur gehabt zu haben. Dies war ebenfalls bei 33,3% der Handballer der Fall. Im Basketball wurde vor allem die Belastungsänderung (66,7%) registriert, wohingegen ein Drittel der Fußballer und Handballspieler über mehr Spiele und Trainingseinheiten als gewöhnlich klagte.

Tabelle 36: Änderungen in Ablauf und Belastung

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Ablaufänderung	10,0	16,7	0	0
Belastungsänderung	15,0	22,2	66,7	0
Mehr Spiele/Training als gewöhnlich	35,0	33,3	0	0
Mehr als 2 Spiele in den letzten 7 Tagen vor der Verletzung	15,0	33,3	0	33,3

5.1.10.3 Schuhe und Einlagen

Im Basketball und Eishockey fand in der Woche vor der Verletzung kein Schuhwechsel statt. Im Fußball dagegen wechselte rund jeder vierte Spieler (26,3%) sein Schuhwerk vor der vorderen Kreuzbandruptur. Dies taten jeweils 40% der Spieler am Spieltag selbst und ebenso viele in der Spieltagswoche (Tabelle 37).

Tabelle 37: Schuhwechsel und dessen Zeitpunkt in den Teamsportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Kein Schuhwechsel	73,7	88,9	100,0	100,0
Schuhwechsel	26,3	11,1	0	0
davon:				
Am Spieltag	40,0	0	0	0
In der Spieltagswoche	40,0	50,0	0	0
1 Woche vor dem Spieltag	20,0	50,0	0	0

Vergleicht man die Sportarten miteinander so fällt auf, dass grundsätzlich selten Einlagen getragen werden (Tabelle 38). Lediglich im Basketball hatten zwei Drittel der Verletzten Einlagen benutzt, von denen die Hälfte ihre Einlagen kurz vor der Ruptur gewechselt hatte. Im Fußball benutzten 15% der Athleten Einlagen und bei allen gab es einen Wechsel.

Tabelle 38: Einlagenbenutzung und -wechsel in den Teamsportarten

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Keine Einlagen	85,0	83,3	33,3	100,0
Einlagen	15,0	16,7	66,7	0
davon Einlagenwechsel	100,0	0	50,0	0

5.1.10.4 Sportpause und Urlaub

Eine Sportpause von mehr als 4 Wochen in der eigenen Sportart wurde bei zwei Drittel der Eishockeyspieler registriert, wobei keiner von diesen in den letzten 3 Monaten mehr als 1 Woche im Urlaub war. Im Gegensatz dazu gab fast die Hälfte der Fußballer (45%) an, dass sie in den drei Monaten vor dem Verletzungsereignis mehr als eine Woche im Urlaub gewesen waren (Tabelle 39).

Tabelle 39: Sportpause und Urlaub vor der Verletzung

	Fußball (n=67)	Handball (n=39)	Basketball (n=10)	Eishockey (n=13)
Länger als 4 Wochen Sportart nicht ausgeübt	25,0	22,2	33,3	66,7
Mehr als 1 Woche im Urlaub in den letzten 3 Monaten	45,0	11,1	0	0

5.1.10.5 Aufwärmen

Lauf-ABC und Laufübungen zählten ebenso wie dynamisches Dehnen in allen Sportarten zu den beliebtesten Übungen beim Aufwärmen. Vor allem Fußballer gaben an, Lauf-ABC und Laufübungen (90%), Übungen am Ball (75%) und Koordinationsübungen (70%) zu bevorzugen, während Handballspieler Mobilisationsübungen (77,7%), Dynamisches Dehnen (72,2%) und Lauf-ABC (72,2%) präferierten. Foam Rolling und dynamisches Dehnen wurde von allen Basketballern vorzugsweise beim Aufwärmen praktiziert, im Gegensatz zu den Eishockeyspielern, die Lauf-ABC und Laufübungen (66,7%), sowie dynamisches Dehnen (66,7%) priorisierten. Zweikämpfe, kleinere Spielformen, Richtungswechselläufe, statisches Dehnen, Rumpfstabilitätsübungen und Gleichgewichtsübungen zählten in allen vier untersuchten Sportarten zu den am wenigsten beliebten Aufwärmpraktiken (Abbildung 25).

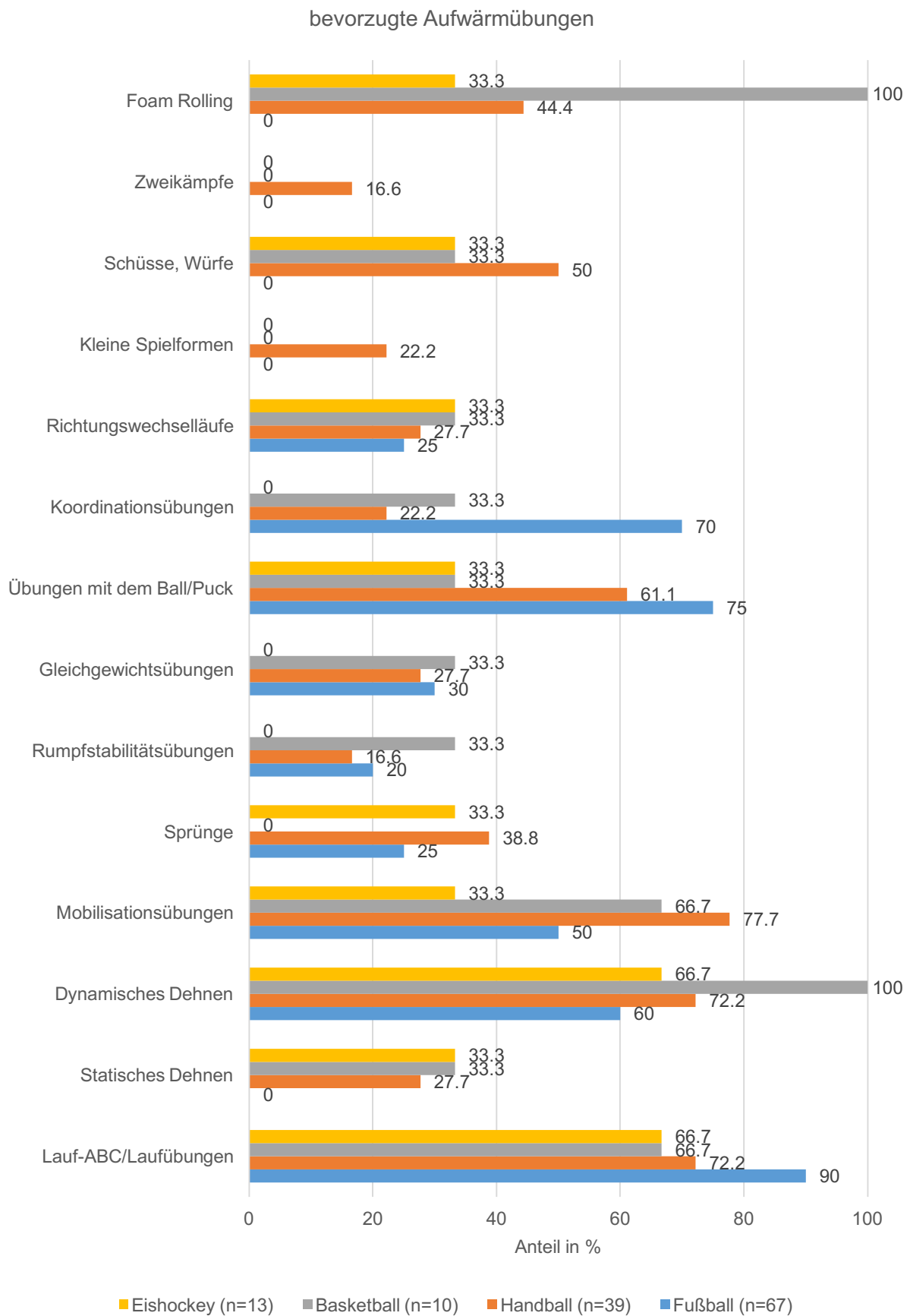


Abbildung 25: Bevorzugte Aufwärmübungen der betroffenen Spieler

5.1.10.6 Return-to-Play

Unter Return-to-Play versteht man den Zeitpunkt, an dem der verletzte Spieler wieder aktiv in das Spielgeschehen bei einem Wettkampf eingreifen kann. Bei der subjektiven Einschätzung der Verletzten gab die Hälfte der Athleten im Eishockey an zu glauben, dass sie nach 7 Monaten wieder auf das Eis zurückkehren könnten, wogegen im Handball jeweils 27,8% 8 und 9 Monate als Zeitpunkt der Wiederaufnahme der Spieltätigkeit angaben. Im Fußball gab die Mehrheit an, vor 9 Monaten zum aktiven Spielbetrieb zurückzukommen, genauer je 35% nach 7 und 35% nach 8 Monaten. Länger als 12 Monate Ausfallzeit schätzen 33,3% der Basketballer und 11,1% der Handballer ihre Abwesenheit vom Spiel ein (Abbildung 26).

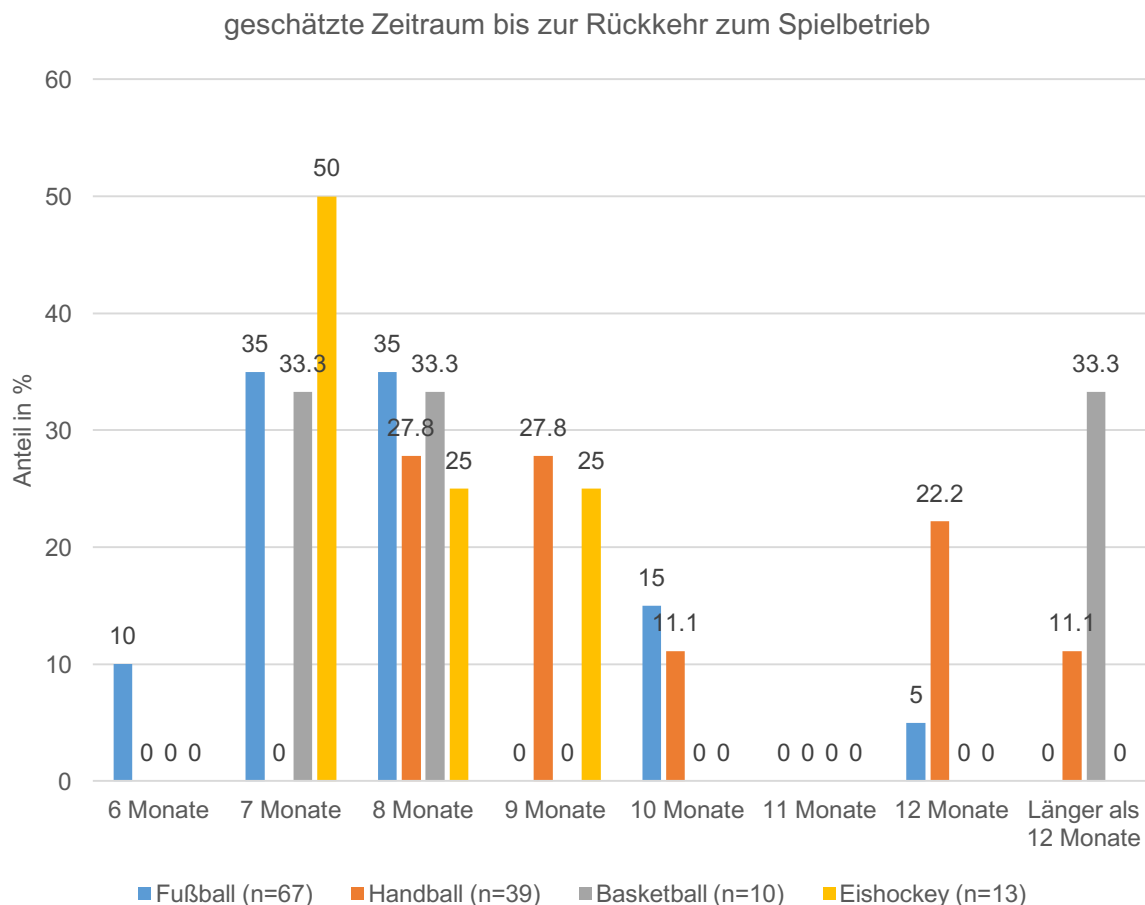


Abbildung 26: Dauer der geschätzten Abwesenheit vom aktiven Spielbetrieb

5.1.10.7 Sonstige Einflussfaktoren

Die meisten Sportler haben in den Wochen vor ihrer Kreuzbandverletzung zwischen 7 und 8 Stunden am Tag geschlafen. Nur im Eishockey gab die Hälfte an, 6 Stunden geschlafen zu haben. Im Handball hingegen gab es 11,1% die 9 Stunden am Tag schliefen und einen weiteren Anteil von 11,1% die nur 6 Stunden nächtigten (Abbildung 27).

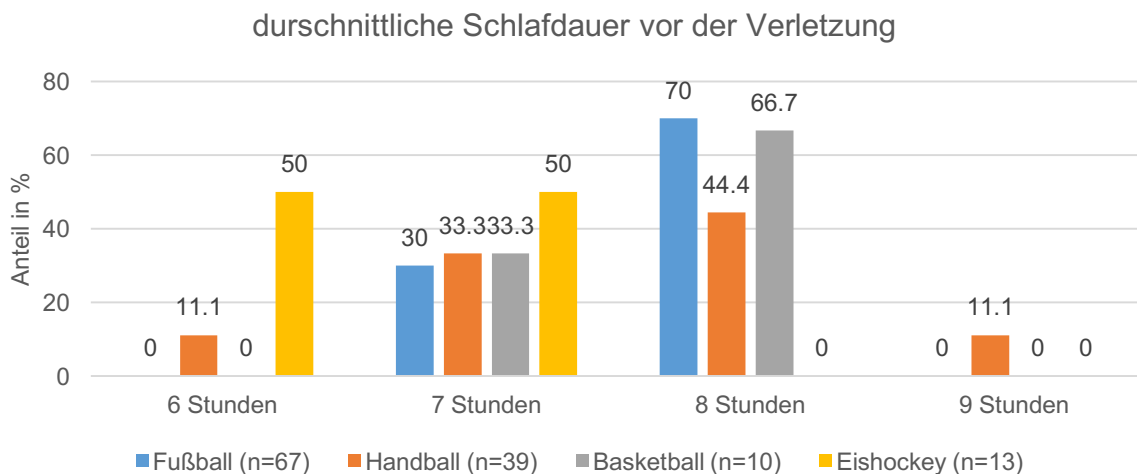


Abbildung 27: Durchschnittliche Schlafdauer vor der Verletzung

Bei der Betrachtung der Schmerzmitteleinnahme in den letzten sechs Wochen vor der Verletzung, gaben alle Eishockeyspieler an, Schmerzmittel konsumiert zu haben. Im Basketball nahmen auch zwei Drittel der Athleten Analgetika, während im Fußball 42,1% und im Handball nur 22,2% schmerzlindernde Medikamente einnahmen (Abbildung 28).

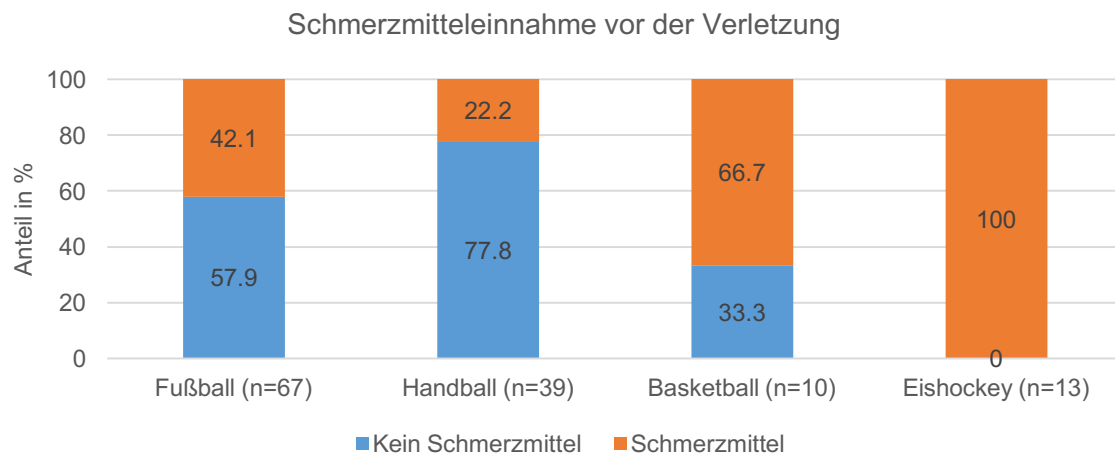


Abbildung 28: Analgetikaeinnahme in den letzten 6 Wochen vor der Verletzung

5.2 VKB-Rupturen im weiblichen und männlichen Profifußball

Im Rahmen der Studie wurde ebenfalls ein Vergleich zwischen Herren und Frauen im Profifußball vorgenommen und Risikofaktoren, sowie Inzidenzen einander gegenübergestellt.

5.2.1 Anthropometrische Daten

In der Anthropometrie fällt auf, dass die Herren sowohl älter und schwerer, als auch größer waren und mehr Spielerfahrung hatten. Mit durchschnittlich 25,1 Jahren waren die männlichen Athleten zum Zeitpunkt der Verletzung rund 2,6 Jahren älter als ihre weiblichen Kolleginnen und spielten schon seit 19,4 Jahren Fußball, was einem Erfahrungsvorsprung von 3,8 Jahren entspricht. Der Body Mass Index (BMI) war bei den Damen im Schnitt um 2,6 niedriger. Auffallend ist zudem der signifikant höhere Anteil von Kreuzbandrupturierten Frauen in Nationalmannschaften. Mit 47,5% war rund die Hälfte aller Verletzten in den Auswahlmannschaften ihrer Nationen vertreten, während im Herrenbereich nur 16,4% der Spieler in der Kaderauswahl stand. Hinsichtlich der Beindominanz ließ sich bei Frauen in 95% der Fälle das rechte Bein als bevorzugtes Schussbein beobachten, wogegen nur 74,1% der männlichen Spieler das rechte Bein als präferiertes Schussbein nutzten (Tabelle 40).

Tabelle 40: Anthropometrische Daten im Gendervergleich

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Ø Alter	25,1 ($\sigma=3,7$)	22,5 ($\sigma=3,0$)
Ø Größe in cm	181,4 ($\sigma=6,5$)	167,4 ($\sigma=3,8$)
Ø Gewicht in kg	79,9 ($\sigma=8,1$)	59,9 ($\sigma=5,0$)
Ø BMI	23,9 ($\sigma=0,9$)	21,3 ($\sigma=1,7$)
Ø Erfahrung in Jahren	19,4 ($\sigma=3,0$)	15,6 ($\sigma=3,6$)
Anteil Nationalspieler in %	16,4	47,5
Beindominanz (Schussbein) in %		
rechts	74,1	95,0
links	25,9	5,0

5.2.2 Frequenz von vorderen Kreuzbandverletzungen im Geschlechtervergleich

Im deutschen Frauenfußball zeigte sich im Profibereich über die beobachteten zwei Spielzeiten eine Gesamtanzahl von 41 Kreuzbandrupturen. In der höchsten deutschen Liga im Frauenfußball, der 1. Frauenbundesliga, wurde über beide Saisons eine Gesamtinzidenz von 23 Ereignissen erfasst. Die zweithöchste Spielklasse im Frauenfußball ist in regional begrenzte, aber klassentechnische äquivalente Ligen aufgeteilt: Die 2. Bundesliga Staffel Nord und die 2. Bundesliga Staffel Süd. In der nördlichen Staffel der 2. Liga wurde eine Gesamtzahl von 10 Kreuzbandverletzungen registriert, während eine Anzahl von 8 Verletzten in der Staffel Süd der 2. Frauenbundesliga auftrat. Davon wurden 7 Rupturen in der ersten der untersuchten Saisons und nur eine Kreuzbandverletzung in der darauffolgenden Saison 2017/18 registriert.

Die Gesamtzahl von 67 vorderen Kreuzbandverletzungen wurde im Herrenfußball festgestellt, wobei sich diese auf 19 Rupturen in der ersten Liga, 17 in der 2. Bundesliga und 31 in der 3. Liga verteilten. Jene 31 Ereignisse in der 3. Liga, der niedrigsten in dieser Studie erfassten Spielklasse, teilten sich auf 20 Läsionen in der Saison 2016/17 und 11 Rupturen in der Spielzeit 2017/18 auf (Abbildung 29).

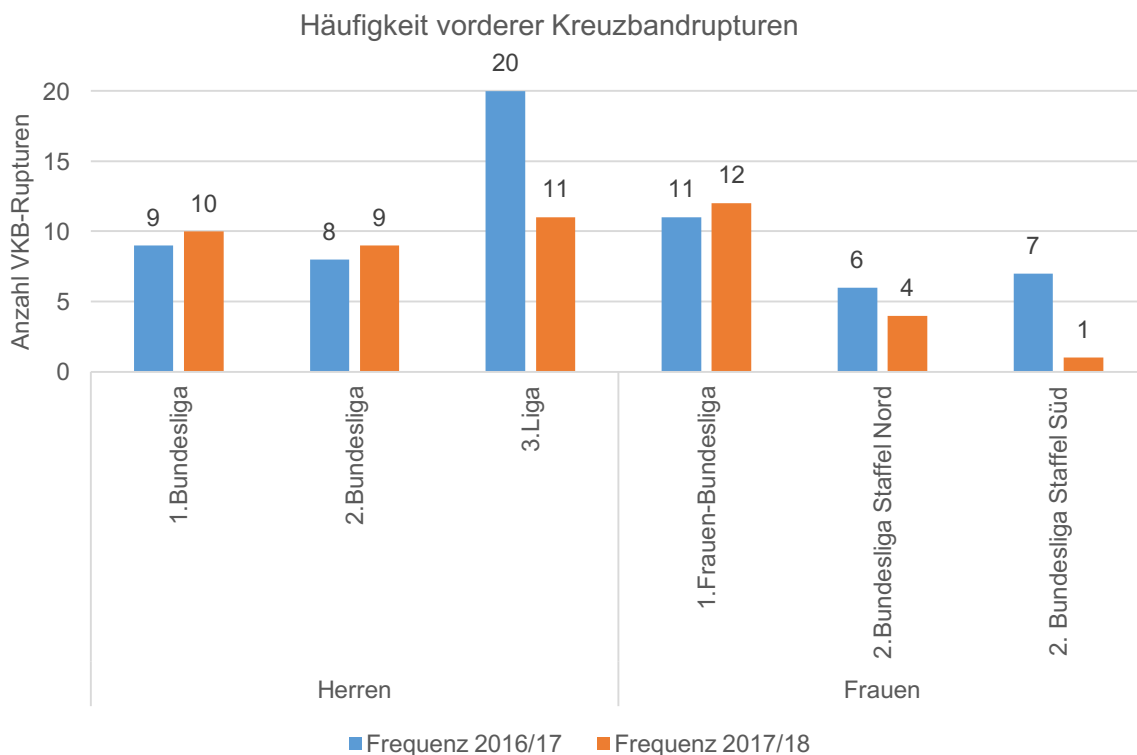


Abbildung 29: Frequenz vorderer Kreuzbandverletzungen im Geschlechtervergleich pro Saison und Liga

5.2.3 Inzidenz von vorderen Kreuzbandverletzungen im Geschlechtervergleich

Ebenso wie beim Teamsportvergleich wurde auch im Gendervergleich die Inzidenz der vorderen Kreuzbandrupturen in 1000h Belastung, also Spiel und Training, berechnet. Hierbei zeigte sich im Frauenbereich ein großes Gefälle zwischen der ersten und den beiden zweiten Ligen. Die Inzidenz in der Saison 2016/17 war in der 1. Frauen-Bundesliga doppelt so hoch wie die jeweiligen Quoten in den beiden 2. Frauen-Bundesligen (1. Frauenbundesliga - Saison 2016/17: 0,134, Saison 2017/18: 0,161; 2. Bundesliga Nord – Saison 2016/17: 0,068, Saison 2017/18: 0,051; 2. Bundesliga Süd – Saison 2016/17: 0,079, Saison 2017/18: 0,013). Die Saison 2017/18 in der 2. Frauen-Bundesliga Staffel Süd sticht durch ihre geringe Rate explizit ins Auge, da sie im Vergleich zur Vorsaison in der gleichen Liga sechsmal niedriger ist.

Bei den Herren imponiert vor allem die erste Saison in der 3. Liga, welche die verletzungsreichste Spielzeit im männlichen Fußball war. Die Saison mit den meisten Verletzungen in der gesamten Untersuchung war die zweite Spielzeit in der ersten Liga der Damen mit einer fast doppelt so hohen Inzidenz für vordere Kreuzbandrupturen im Vergleich zu den Herren. Auffallend ist ebenfalls der starke Rückgang der Inzidenzen von der Saison 2016/17 zur Saison 2017/18 in der 3. Liga im Herrenbereich sowie bei den Damen in der 2. Bundesliga Staffel Süd (Tabelle 41).

Tabelle 41: Inzidenzen im Profifußball im Vergleich der Geschlechter pro Saison und Liga in 1000 Stunden Trainings- und Spielbelastung

	Liga	Inzidenz Saison 2016/17	Inzidenz Saison 2017/18
Herrenfußball	1.Bundesliga	0,046	0,064
	2.Bundesliga	0,036	0,046
	3.Liga	0,090	0,056
Frauenfußball	1.Frauenbundesliga	0,134	0,161
	2.Bundesliga – Staffel Nord	0,068	0,051
	2.Bundesliga – Staffel Süd	0,079	0,013

5.2.4 Spielpositionen

Im professionellen Herrenfußball traten 93,4% der Kreuzbandläsionen bei Feldspielern auf, während die übrigen 6,3% auf die Position des Torwartes fielen. Die restlichen Verletzungen verteilten sich recht gleichmäßig auf Abwehr (31,7%), Mittelfeld (33,3%) und Sturm (28,6%) (Abbildung 30).

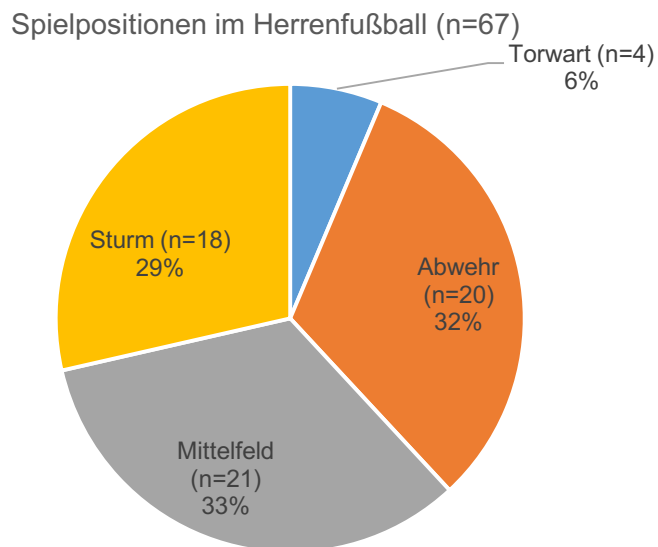


Abbildung 30: Prozentuale Verteilung der Spielpositionen im Herrenfußball (n=67)

Im Bereich des Frauenfußballs gab es im Vergleich dazu einen doppelt so hohen Anteil verletzter Torhüterinnen (15%). Die Abwehrspielerinnen (27%) und Mittelfeldspielerinnen (39%) bildeten die beiden größten Gruppen, während auf die Athletinnen im Sturm nur ein Kontingent von 19% fiel (Abbildung 31).

Spielpositionen im Frauenfußball in %

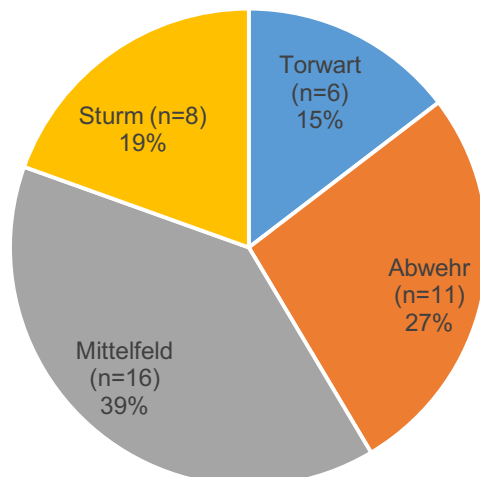


Abbildung 31: Prozentuale Verteilung der Spielpositionen im Frauenfußball (n=41)

5.2.5 Medizinische Vorgeschichte

5.2.5.1 Schwächen in der Spielfähigkeit vor der Kreuzbandverletzung

Zwei Fünftel der männlichen und rund ein Viertel der weiblichen (26,3%) Athleten gab im Rahmen der Studie an in den letzten sechs Wochen vor der Verletzung Beschwerden oder Schmerzen gehabt zu haben. Die Rate der Verletzungen im Zeitraum von sechs Wochen vor der Kreuzbandverletzung war sowohl bei den Herren, als auch bei den Frauen niedriger als die der Beschwerden und Schmerzen. Läsionen kamen dabei bei den Männern (30%) fast doppelt so häufig vor wie bei den Frauen (16,7%) (Tabelle 42).

Tabelle 42: Beschwerden und Schmerzen in den letzten 6 Wochen vor der Verletzung und Lokalisation dieser

Anteil in %	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Beschwerden 6 Wochen vor Verletzung	40,0	26,3
Verletzungen 6 Wochen vor der Verletzung	30,0	16,7

5.2.5.2 Vorverletzungen und Voroperationen

Zum Rahmen der medizinischen Vorgeschichte gehören auch länger zurückliegende Verletzungen und Voroperationen, wobei sich diese Studie auf vorangegangene Kreuzbandverletzungen, Vorverletzungen im betroffenen Kniegelenk und Voroperationen am jetzt verletzten Knie fokussiert. Auffällig ist, dass der Anteil der weiblichen Spielerinnen die bereits eine Kreuzbandverletzung erlitten haben mit 39,1% deutlich höher ist als bei den Herren, mit 26,1%. Äquivalent dazu ist auch die Rate derer, welche bereits am nun betroffenen Kniegelenk operiert wurden. Der Anteil der Frauen lag bei 33,3%, die Quote bei den Herren lediglich bei 23,8% (Tabelle 43).

Tabelle 43: Anteil der Spielerinnen und Spieler mit vorheriger Verletzung oder operativem Eingriff am betroffenen Kniegelenk

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Vorherige Kreuzbandverletzung	26,1	39,1
Andere Vorverletzungen am betroffenen Kniegelenk	36,8	38,1
vorangegangene Operationen am betroffenen Kniegelenk	23,8	33,3

5.2.6 Verletzungsumstände

5.2.6.1 Saison- und Belastungsphase

Sowohl im Herren-, als auch im Frauenfußball traten die meisten Verletzungen während der Saison und nicht in der Saisonvorbereitung auf (Abbildung 32).

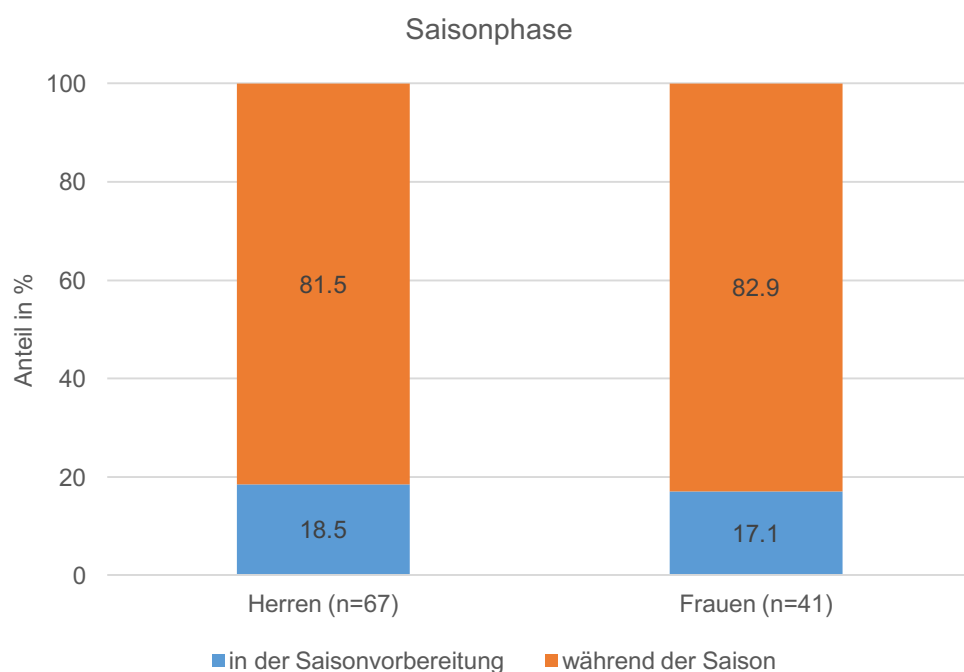


Abbildung 32: Einteilung der Kreuzbandverletzungen in Verletzungen in der Saisonvorbereitung und während der Saison in Prozent

Der Anteil der Trainingsverletzungen war demnach bei den Männern mit 39,8% im Vergleich zu nur 28,6% bei den Damen leicht erhöht (Abbildung 33).

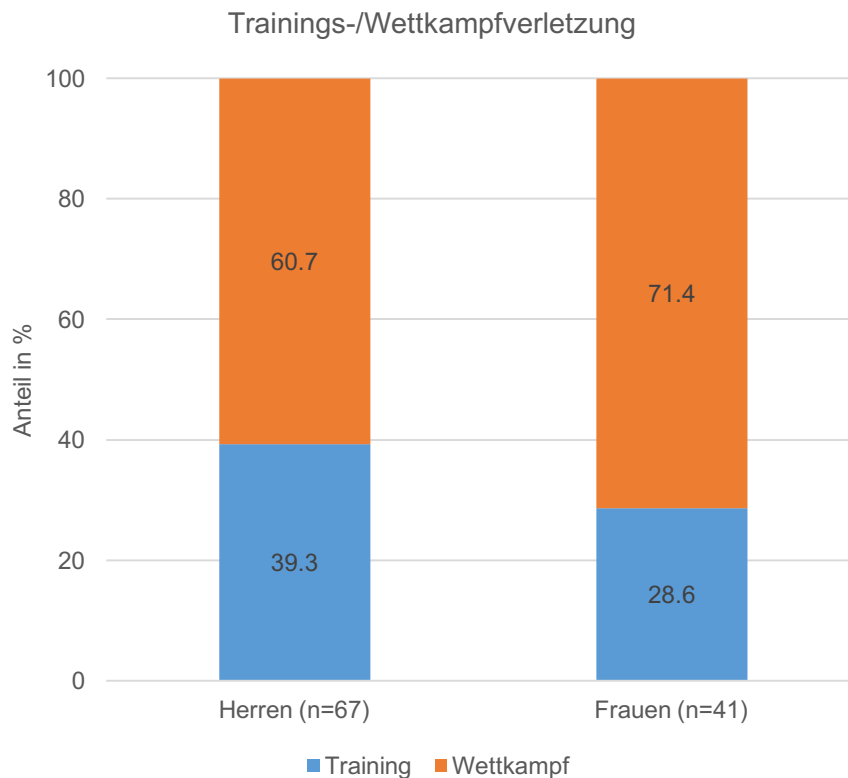


Abbildung 33: Prozentuale Verteilung der Kreuzbandverletzungen in Training und Wettkampf

Der verbleibende Teil der Kreuzbandrupturen trat bei beiden Geschlechtern in Wettkämpfen, wie Meisterschafts- oder Testspielen auf, wobei die Rate der Testspielverletzungen im Herrenbereich mit 30% mehr als dreimal so hoch war, wie die des Frauenfußballs (8,7%). Im Gegensatz dazu lag der Anteil der Läsionen in den Meisterschaftsspielen der Damen mit 73,9% höher als die 60% der Verletzungen im männlichen Profifußball (Abbildung 34).

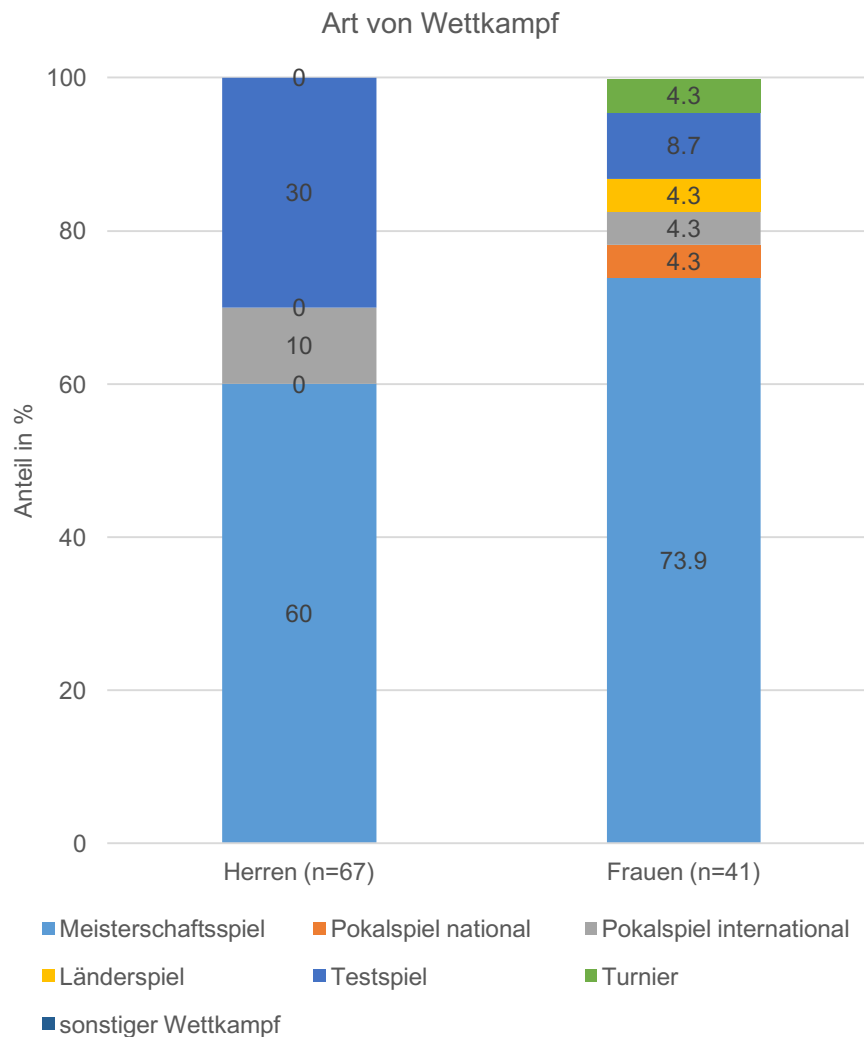


Abbildung 34: Differenzierung der Wettkampfverletzungen im Geschlechtervergleich in Prozent

5.2.6.2 Definition der Verletzungssituation und Spielphase

Sowohl bei den Herren (30%), als auch bei den Frauen (42,1%) war der Richtungswechsel die häufigste Situation, die zu einer vorderen Kreuzbandruptur führte. Im männlichen Fußball waren außerdem noch Landungen (25%) und Abstoppen (15%) Spielsituationen, in denen ein Großteil der VKB-Verletzungen stattfanden. Betrachtet man hingegen den weiblichen Profibereich, so handelte es sich um sonstige, nicht näher definierte Situationen (26,3%) und Landungen (10,5%) (Tabelle 44).

Tabelle 44: Prozentualer Anteil von Situationen, die zur Kreuzbandverletzung geführt haben

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Laufen	10,0	5,3
Sprinten	5,0	5,3
Seitwärtsbewegung	0	0
Abstoppen	15,0	5,3
Richtungswechsel	30,0	42,1
Absprung	5,0	0
Flugphase	0	0
Landung	25,0	10,5
Ausfallschritt	5,0	5,3
Sonstige Situation	5,0	26,3

Betrachtet man die Aktionen, welche zur Läsion geführt haben, ergibt sich ein diverseres Bild, bei dem das Tackling (35,3%) bei den Herren die häufigste zur Ruptur führende Aktion war, während es im Frauenfußball die sonstigen Aktionen (31,6%) waren. Das Dribbling war bei beiden Geschlechtern ebenfalls eine wiederholte verletzungstypische Aktion (Herren: 17,6%; Frauen: 21,1%) (Tabelle 45).

Tabelle 45: Prozentualer Anteil der Aktionen, die zur Kreuzbandruptur geführt haben

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Ballannahme	11,8	10,5
Pass	5,9	15,8
Schuss	5,9	10,5
Kopfball	11,8	5,3
Tackling	35,3	5,3
Dribbling	17,6	21,1
Sonstige Aktion	11,8	31,6

Bei der Analyse der Spiel- oder Trainingsphase kann man nun wieder deutlich mehr Ähnlichkeiten im Vergleich der beiden Geschlechter erkennen. Jeweils mehr als die Hälfte der Rupturen trat im freien Spiel auf (Herren: 78,9%; Frauen: 66,7%). Bei Männern waren ebenfalls noch Konterphasen (15,8%) von einer gehäuften Anzahl von

Verletzungen begleitet, während bei den Damen Pressing und sonstige Spiel- und Trainingsphasen (je 11,1%) vermehrt in die Statistik eingingen (Tabelle 46).

Tabelle 46: Spiel- und Trainingsphasen, die zur Kreuzbandruptur geführt haben (in Prozent)

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Freies Spiel	78,9	66,7
Einwurf	0	5,6
Konter	15,8	5,6
Pressing	5,3	11,1
Sonstige Phase	0	11,1

Bei der Frage, ob sich die betroffene Spielerin bzw. der betroffene Spieler während des Verletzungsgeschehens im Angriff oder der Abwehr befand, gab es zwischen den Geschlechtern einen großen Unterschied. Männer rissen sich ihr vorderes Kreuzband vor allem, als sie sich mit ihrer Mannschaft in der Defensive (70%) befanden, wohingegen die Damen zum Zeitpunkt der Verletzung hauptsächlich im Angriff (63,2%) agierten (Abbildung 35).

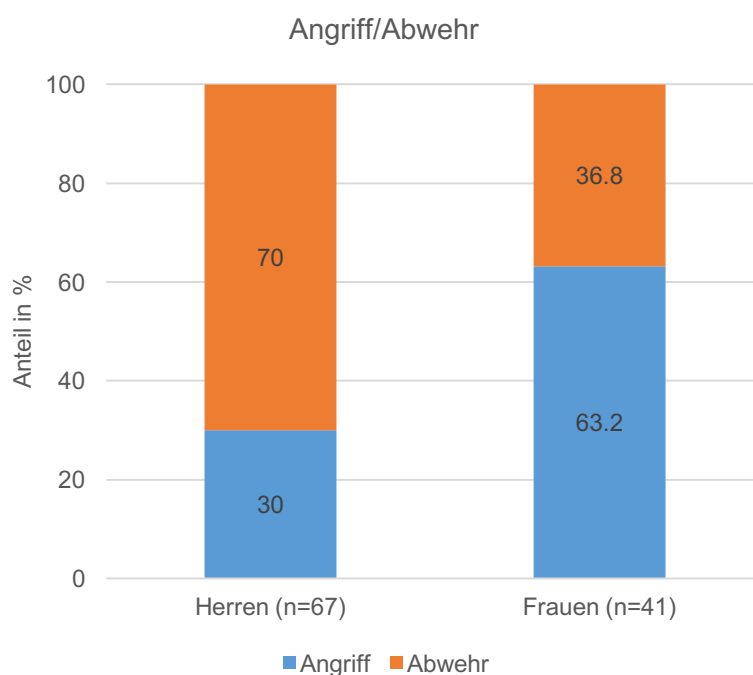


Abbildung 35: Angriff- oder Abwehrverhalten der Spielerinnen und Spieler während der Verletzungssituation (in Prozent)

Bei beiden Geschlechtern kam es am häufigsten zum Zeitpunkt des eigenen Ballbesitzes zu einer vorderen Kreuzbandverletzung. Im Herrenfußball trat dies in 42,1% und beim Frauenfußball in 52,6% der Fälle auf. Der zweithäufigste Ballführende während der Ruptur war bei den Herren der direkte Gegenspieler (31,6%), während bei den Frauen zu je 15,8% die eigene Mannschaft oder die gegnerische Mannschaft am Ball war (Abbildung 36).

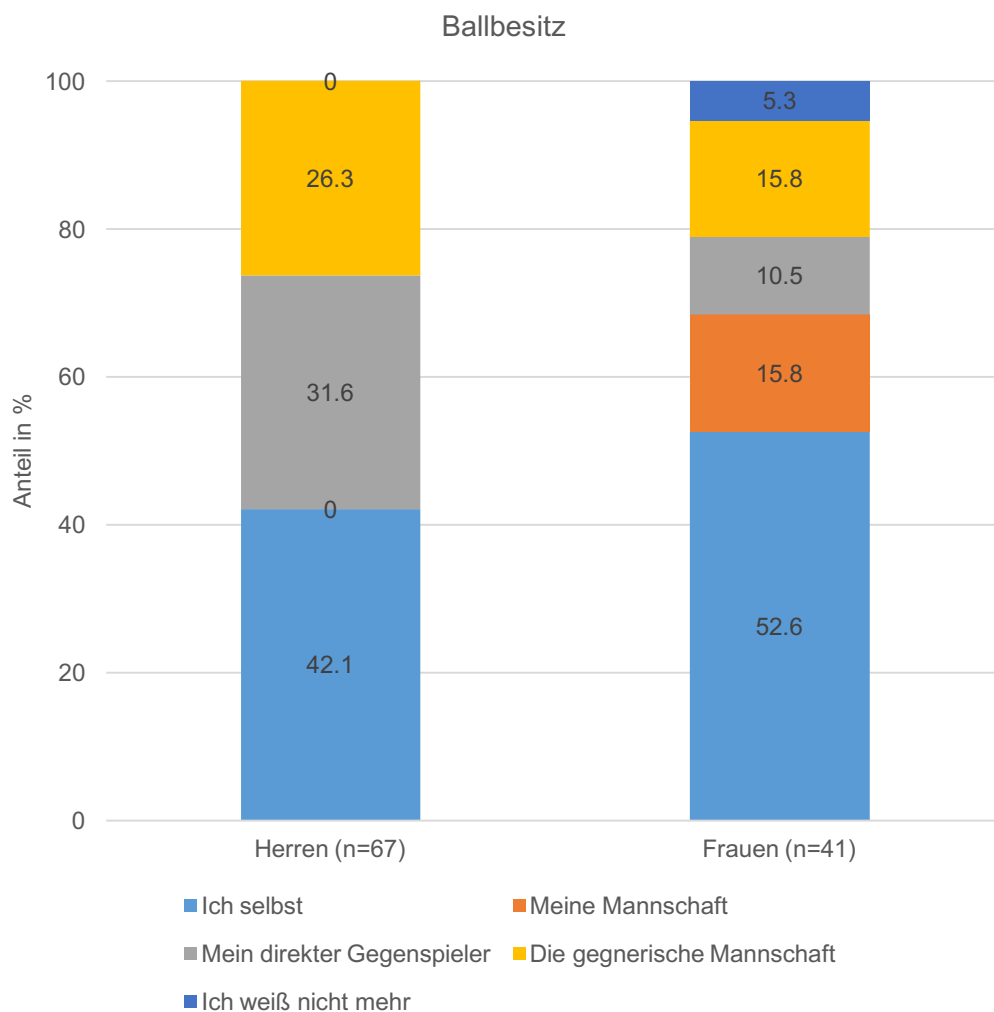


Abbildung 36: Ballbesitz zum Zeitpunkt der Verletzung

5.2.6.3 Verletzungsmechanismus

In der Gegenüberstellung der Verletzungsmechanismen gab es vor allem bei den direkten Kontaktverletzungen einen Unterschied zwischen Herren und Frauen im professionellen Fußball. In der männlichen Sektion handelte es sich bei der direkten Kontaktverletzung, neben keinen Kontaktverletzungen (jeweils 42,9%), um den häufigsten Mechanismus der zu einer VKB-Ruptur führte. Die Verletzung ohne Kontakt

(Keine Kontaktverletzung) war bei den Damen dagegen der Mechanismus, auf den die meisten Läsionen fielen, während die direkten Kontaktverletzungen mit 13,6% seltener vorkamen. Indirekte Kontaktverletzungen hingegen ließen sich in 22,7% der Fälle finden (Abbildung 37).

Dabei beschreibt eine direkte Kontaktverletzung jede Verletzung, die durch eine direkte äußere Krafteinwirkung einer anderen Person oder eines Gegenstandes an der verletzten Körperregion bzw. einer angrenzenden Körperregion verursacht wird. Die indirekte Kontaktverletzung ist hingegen als jede Verletzung, bei der unmittelbar vor oder während der Verletzung eine äußere Krafteinwirkung einer anderen Person oder eines Gegenstandes beteiligt ist, die nicht direkt verletzungsursächlich ist, jedoch den natürlichen Bewegungsablauf des Sportlers beeinflusst und somit die verletzungsauslösende Situation indirekt herbeiführt, definiert. Wird das Verletzungsereignis ohne Krafteinwirkung eines anderen Spielers, eines Spielgeräts oder der Spielfeldeinrichtung verursacht, so spricht man von keiner Kontaktverletzung.

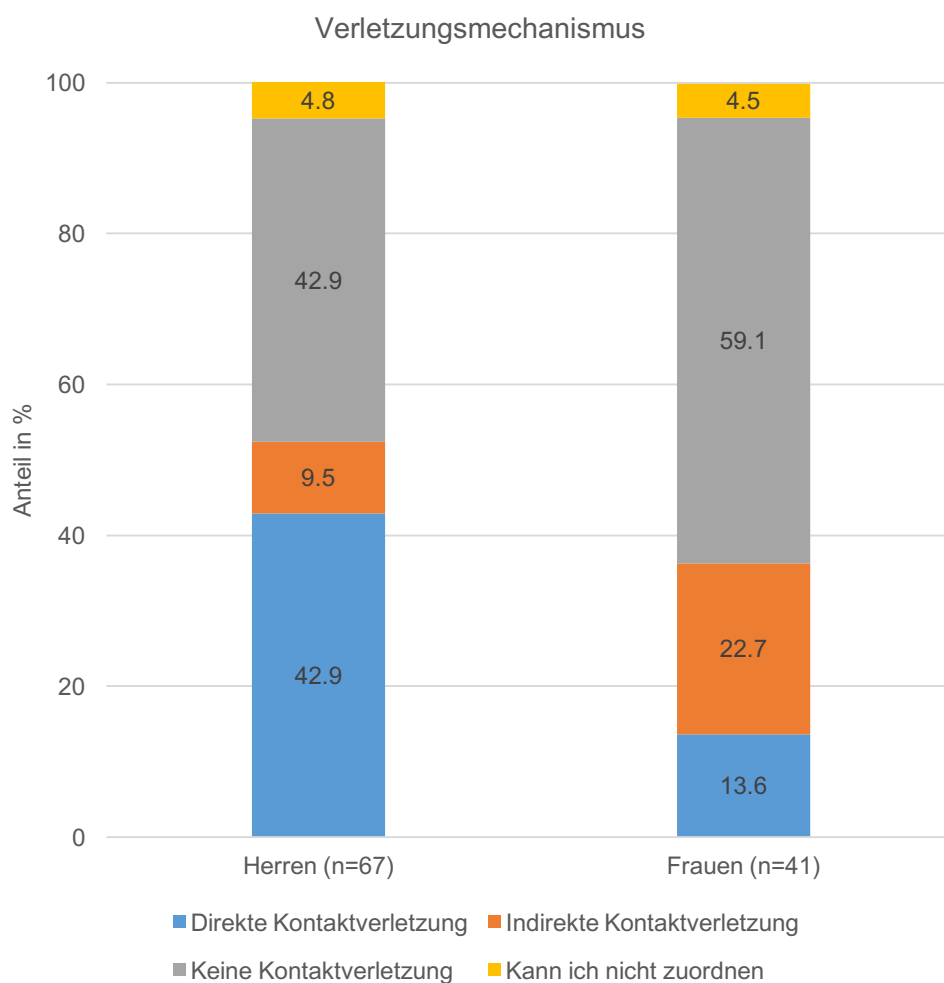


Abbildung 37: Verletzungsmechanismen im Geschlechtervergleich (in Prozent)

5.2.6.4 Foulspiel und Abbruch der Spiel- oder Trainingstätigkeit

Untersucht man die Anzahl der Verletzungen, die sich laut Schiedsrichterentscheidung nach einem Foul abgespielt haben, so lag der Anteil der Foulspiele im Herrenfußball bei einem Viertel. Bei den Damen hingegen fand keine der Verletzung im Rahmen eines Foulspieles statt.

Ähnlich hoch zeigte sich dagegen, mit einer rund vier Fünftel hohen Abbruchquote, der Anteil der Spielerinnen und Spieler, die nach dem Verletzungsgeschehen das Training oder Spiel abbrechen mussten (Herren: 81,8%; Frauen: 80%) (Tabelle 47).

Tabelle 47: Anteil der Foulspiele und Abbrüche im Spiel- und Trainingsbetrieb im Geschlechtervergleich (in Prozent)

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Foulspiel laut Schiedsrichterentscheidung	25,0	0
Spiel- oder Trainingsabbruch nötig	81,8	80,0

5.2.6.5 Subjektive Verletzungseinschätzung

Im Vergleich der subjektiven Wahrnehmung über die Schwere der Verletzung gaben die meisten Frauen an sich des Ausmaßes bewusst gewesen zu sein (73,7%), während nur 45% der Männer sich darüber im Klaren waren.

Äquivalent dazu spürten Frauen viel häufiger ein Instabilitätsgefühl oder ein Wegknicken nach der Verletzung im betroffenen Kniegelenk (84,2%). Bei den Herren gab hingegen nur rund die Hälfte (52,6%) der Befragten an, ein solches Gefühl nach der Läsion gehabt zu haben (Tabelle 48).

Tabelle 48: Subjektive Einschätzung der Spielerin oder des Spielers zum Verletzungsmaß und der Kniegelenksstabilität (in Prozent)

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
War mir über das Ausmaß der Verletzung bewusst	45,0	73,7
Spürte Instabilität oder Wegknicken	52,6	84,2

5.2.7 Zeitpunkt der Verletzung

Sowohl bei den Frauen, als auch bei den Herren zeigte sich in der Verteilung der Verletzungen über die einzelnen Monate hinweg eine Häufung von Verletzungen zu zwei bestimmten Zeiträumen. In den Monaten März, April und Mai, sowie August, September und Oktober traten bei den Spielerinnen (75%) und Spielern (78,2%) rund drei Viertel aller Kreuzbandverletzungen, die im gesamten Jahr anfielen, auf. Die jeweils verletzungsreichsten Monate sind ebenfalls in diesen Zeitperioden zu finden. Im Herrenbereich waren dies August und September mit jeweils einem Anteil von 17,4% aller Läsionen und bei den Frauen der Monat April mit 16,7%, sowie März und Mai (je 13,9%) (Abbildung 38).

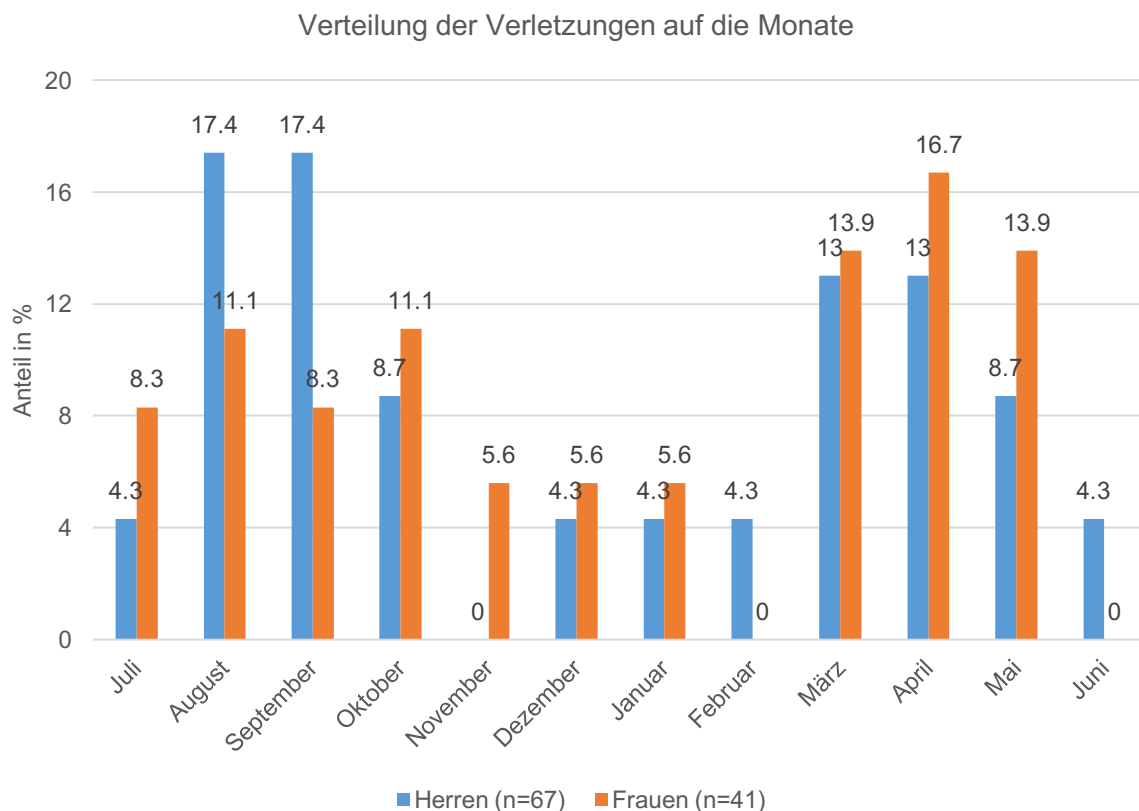


Abbildung 38: Verteilung der Verletzungen auf Monate (in Prozent). Hier aufgrund des zeitgleichen Saisonverlaufs nach Abfolge der Monate in der Spielzeit sortiert.

Bei der Untersuchung der Verteilung der Kreuzbandrupturen nach Wochentagen ließen sich hingegen Unterschiede zwischen Herren und Frauen registrieren. Bei den Frauen fanden die meisten Läsionen am Sonntag (37%) und am Mittwoch (25,9%) statt. Samstag (33,3%) und Freitag (19,0%) hingegen waren die häufigsten Wochentage mit Verletzungen im männlichen Profifußball (Abbildung 39).

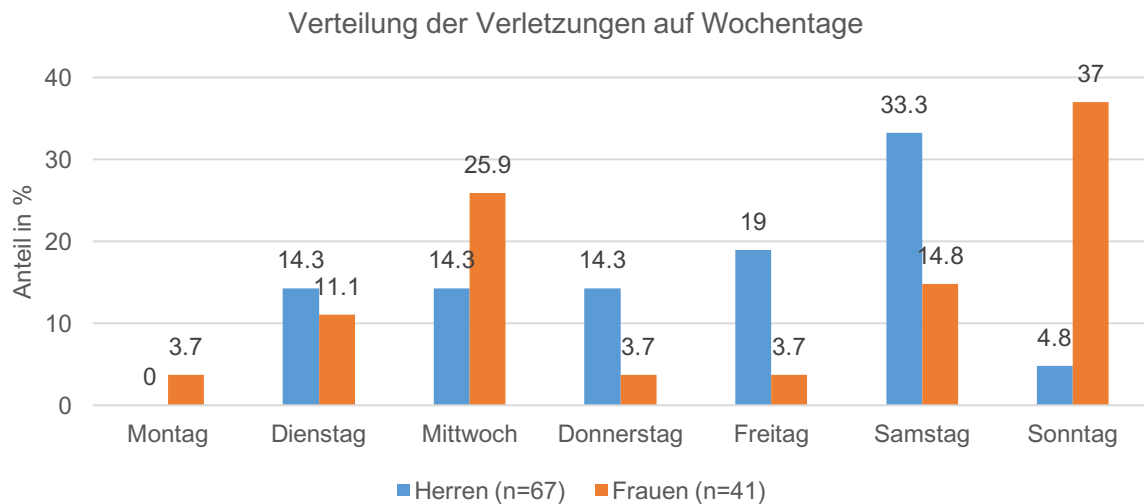


Abbildung 39: Verteilung der Verletzungen auf Wochentage (in Prozent)

Betrachtet man die Kreuzbandläsionen unter dem Aspekt des exakten Verletzungszeitpunktes, so traten die meisten Rupturen bei den Herren (28,6%) zum Ende der ersten Halbzeit, also zwischen der 31. und 45. Minute auf. Im Frauenfußball kam es dagegen vermehrt gegen Ende der zweiten Halbzeit (25%), etwa zwischen der 76. und 90. Minute zu Kreuzbandläsionen. Ein weiterer kritischer Verletzungszeitraum war bei den Männern mit jeweils 19% der Beginn der ersten und der zweiten Halbzeit (1. – 15. Minute; 46. – 60. Minute), sowie das Ende der zweiten Halbzeit (76. – 90. Minute). Im Gegensatz dazu zählten bei den Damen das Ende der ersten und der Beginn der zweiten Halbzeit mit je 12,5% zu den verletzungsärmsten Spielminuten (Abbildung 40).

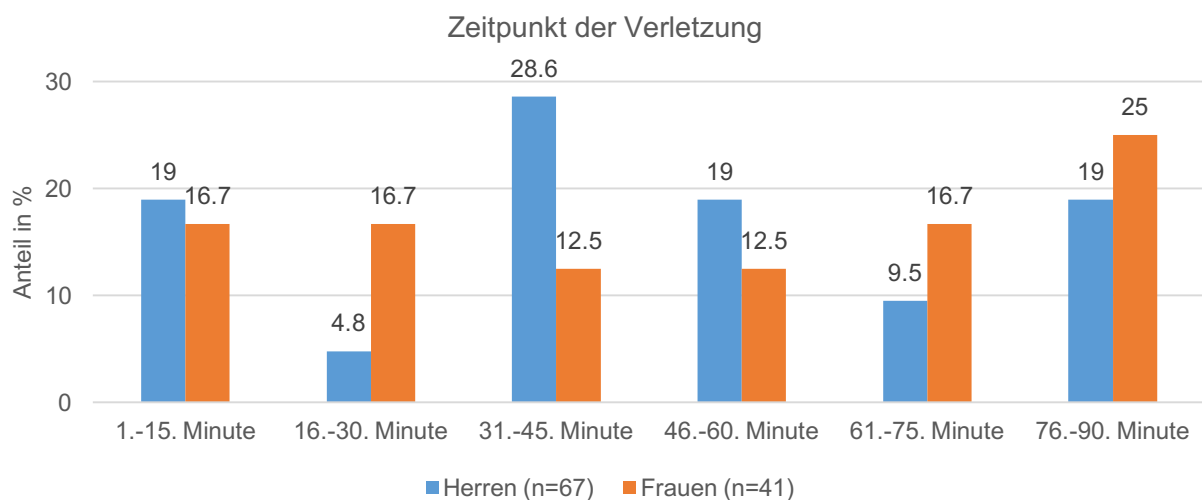


Abbildung 40: Verteilung der Verletzungen nach Spiel- oder Trainingsminute im Geschlechtervergleich

5.2.8 Diagnostikzeitraum und Methoden

Sowohl im Herren-, als auch im Frauenbereich wurden die meisten Kreuzbandverletzungen im Zeitraum von einem bis drei Tagen nach der Läsion diagnostiziert (Herren: 80%; Frauen: 73,7%). Auffallend ist, dass in der Population des weiblichen Fußballs jeweils 5,3% der Rupturen im Zeitraum von 4 bis 7 Tagen oder 8 bis 13 Tage nach der Verletzung diagnostiziert wurden (Tabelle 49).

Tabelle 49: Dauer bis zur Diagnosestellung

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Am Tag der Verletzung	20,0	15,8
1-3 Tage nach der Verletzung	80,0	73,7
4-7 Tage nach der Verletzung	0	5,3
8-13 Tage nach der Verletzung	0	5,3

Die Magnetresonanztomographie erwies sich bei beiden Geschlechtern als Diagnostikum der Wahl und wurde bei den Männern in 71,4% der Fälle und bei den Damen in allen Ereignissen eingesetzt. Die orthopädische Untersuchung wurde ebenfalls bei den meisten Patienten angewendet (Herren: 46,4%; Frauen: 68,4%). Auffallend hoch war auch die Rate an klassischen Röntgenbildern im Frauenfußball mit 42,1% und 10,5% die noch eine Computertomographie erhielten (Tabelle 50).

Tabelle 50: Diagnostik, die zur Diagnosestellung verwendet wurde

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Orthopädische Untersuchung	46,4	68,4
MRT	71,4	100,0
Röntgen	17,9	42,1
Computertomographie	0	10,5
Sonographie	7,1	5,3

5.2.9 Aktuelle Verletzung

Verletzungen, die zusammen mit der Kreuzbandverletzung entstanden sind, traten bei einem Großteil der Spielerinnen (57,1%) und Spieler (73,7%) auf (Abbildung 41).

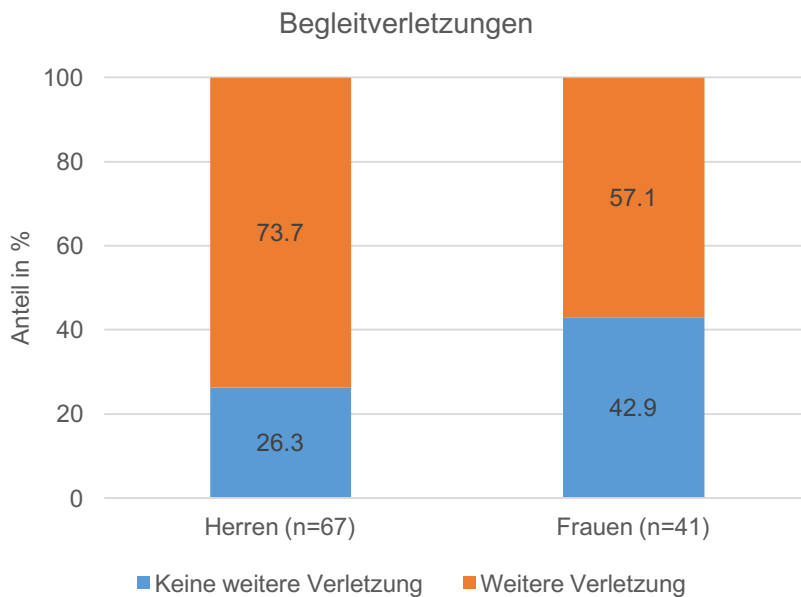


Abbildung 41: Anteil der Spielerinnen und Spieler mit Begleitverletzungen

Bei Herren waren dabei vor allem der laterale Meniskus (57,9%) und das mediale Seitenband (36,8%) betroffen. Frauen hingegen erlitten die meisten Begleitverletzungen am medialen (38,1%) sowie auch am lateralen Meniskus (28,6%) (Abbildung 42).

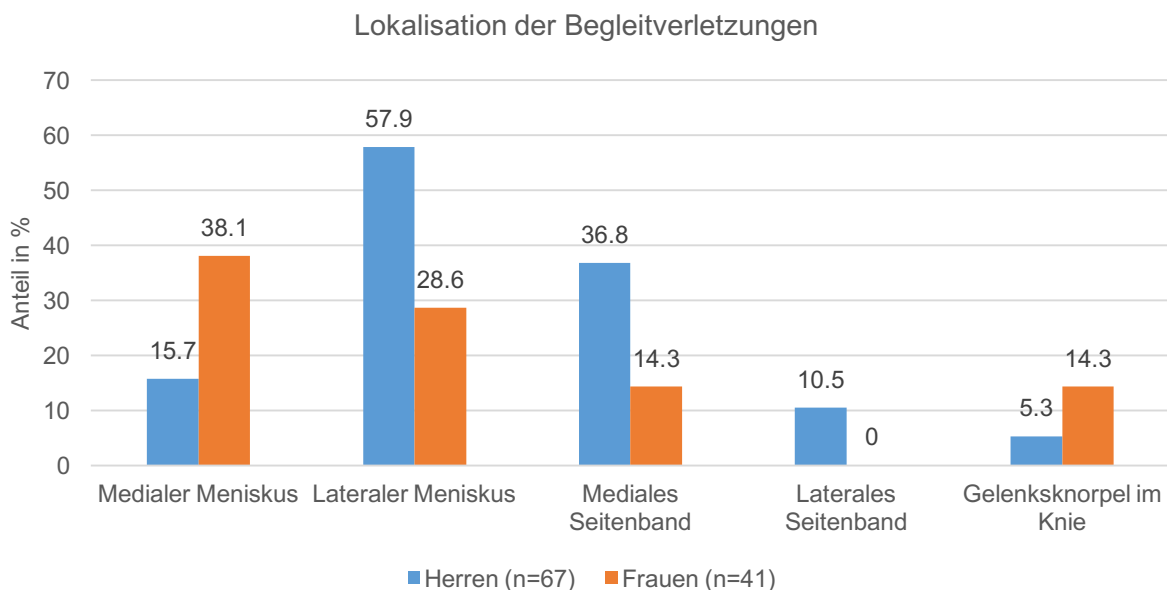


Abbildung 42: Lokalisation der Begleitverletzungen

5.2.10 Einflussfaktoren auf die Verletzung

5.2.10.1 Vereins- und Trainerwechsel

Die meisten Athletinnen und Athleten wechselten vor ihrer Verletzung nicht den Verein, allerdings fällt bei dem Teil derer, die sich doch für einen Wechsel entschieden auf, dass der Anteil der Männer (40,8%) mehr als doppelt so groß war, wie der der Damen (16,2%) (Tabelle 51).

Tabelle 51: Vereinswechsel vor der Verletzung

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Vereinswechsel	40,8	16,2
Kein Vereinswechsel	59,2	83,8

Betrachtet man den Anteil der Spielklassenwechsel, so blieb ein Großteil der Frauen (86,8%) in der gleichen Liga wie in der Vorsaison, während die Quote bei den Männern nur bei 54% lag. Die meisten Spieler wechselten dabei in eine höhere Spielklasse (40%) (Tabelle 52).

Tabelle 52: Spielklassenwechsel vor der Saison

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Kein Spielklassenwechsel	54,0	86,8
Wechsel in höhere Spielklasse	40,0	13,2
Wechsel in niedrigere Spielklasse	6,0	0

Trainerwechsel kamen bei beiden Geschlechtern mit je 35% (Herren) und 33,3% (Frauen) in etwa gleich häufig vor (Tabelle 53). Allerdings ereignete sich der Austausch des Trainers bei den Frauen meist vor Saisonbeginn (23,8%), während er bei den Herren oft kurz vor der Verletzung stattfand (25%).

Tabelle 53: Trainerwechsel und dessen Zeitpunkt

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Kein Trainerwechsel	65,0	66,7
Wechsel vor Saisonbeginn	10,0	23,8
Wechsel kurz vor der Verletzung	25,0	9,5

Bei den Fitness- und Athletiktrainern gab es in den meisten Fällen ebenfalls keinen Wechsel. Lediglich in 26,3% der Fälle bei den Frauen und bei 15,8% der Herren wurde doch ein Wechsel vorgenommen (Tabelle 54). Jeweils 10,5% der Verletzten hatte sowohl im männlichen, als auch im weiblichen Profifußball keinen Fitness- oder Athletiktrainer in der Mannschaft.

Tabelle 54: Fitness- oder Athletiktrainerwechsel und Zeitpunkt

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Kein Fitness-/Athletiktrainerwechsel	73,7	63,2
Wechsel vor Saisonbeginn	10,5	26,3
Wechsel kurz vor der Verletzung	5,3	0
Kein Fitness-/Athletiktrainer in der Mannschaft	10,5	10,5

5.2.10.2 Belastungs- und Ablaufänderungen

Änderungen in Belastung und Ablauf vor der Kreuzbandverletzung wurden im Vergleich der Geschlechter vermehrt bei den Herren festgestellt. In allen Kategorien war der Anteil der Männer höher. Vor allem wurden in 35% der Fälle mehr Spiele und Trainingseinheiten als gewöhnlich absolviert, im Gegensatz zu 21,1% bei den Damen (Tabelle 55).

Tabelle 55: Änderung in Belastung und Ablauf vor der Verletzung

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Ablaufänderung	10,0	5,3
Belastungsänderung	15,0	10,5
Mehr Spiele/Training als gewöhnlich	35,0	21,1
Mehr als 2 Spiele in der letzten Woche	15,0	10,5

5.2.10.3 Schuhe und Einlagen

Ein Schuhwechsel kam bei den Herren in rund einem Viertel (26,3%) und bei den Damen in rund einem Fünftel (21,1%) der Fälle vor. Dabei wechselten die meisten männlichen Verletzten ihre Schuhe direkt am Spieltag oder in der Spieltagswoche (je 40%) und die Frauen zu 75% eine Woche vor dem Spieltag (Tabelle 56).

Tabelle 56: Schuhwechsel und Zeitpunkt

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Kein Schuhwechsel	73,7	78,9
Schuhwechsel	26,3	21,1
davon:		
<i>Am Spieltag</i>	40,0	25,0
<i>In der Spieltagswoche</i>	40,0	0
<i>1 Woche vor dem Spieltag</i>	20,0	75,0

Der Anteil von Spielern und Spielerinnen ohne Einlagen in den Schuhen lag für beide Geschlechter bei rund neun Zehnteln (Herren: 85%; Frauen: 89,5%). Einlagenwechsel vor der Verletzung kamen dabei nur bei den Männern vor, hier allerdings bei allen Verletzten die Einlagen benutzten (Tabelle 57).

Tabelle 57: Einlagen und Einlagenwechsel

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Keine Einlagen	85,0	89,5
Einlagen	15,0	10,5
Davon Einlagenwechsel	100,0	0

5.2.10.4 Sportpause und Urlaub

Eine Pause von mehr als 4 Wochen vom Fußball in den letzten 6 Monaten vor der Verletzung und mehr als eine Woche Urlaub in den letzten 3 Monaten wurde von Männern deutlich häufiger angegeben. So haben 45% mehr als eine Woche Urlaub gemacht, während es bei den Frauen nur ein Anteil von 26,3% war (Tabelle 58).

Tabelle 58: Sportpause und Urlaub vor der Verletzung

	Herren (n=67)	Frauen (n=41)
Länger als 4 Wochen Sportart nicht ausgeübt	25,0	10,5
Mehr als 1 Woche Urlaub in den letzten 3 Monaten	45,0	26,3

5.2.10.5 Aufwärmen

Bei den bevorzugten Aufwärmübungen zeigten sich im Herren- und Frauenbereich im deutschen Profifußball weitestgehend ähnliche Zahlen. Am beliebtesten waren Lauf-ABCs bzw. Laufübungen (Herren: 90%; Frauen 81%), Übungen mit dem Ball (Herren: 75%; Frauen: 61,9%) und dynamisches Dehnen (Herren: 60%; Frauen: 66,7%). Herausstechend ist die Popularität von Koordinationsübungen in der Männerpopulation mit einer Quote von 70%, während die Damen nur 23,8% angaben. Dagegen schienen vor allem Frauen kleinere Spielformen (42,9%), Schüsse (47,6%) und Foam Rolling (44,4%) zu präferieren, wogegen keiner der männlichen Kollegen diese Aufwärmübungen angab (Abbildung 43).

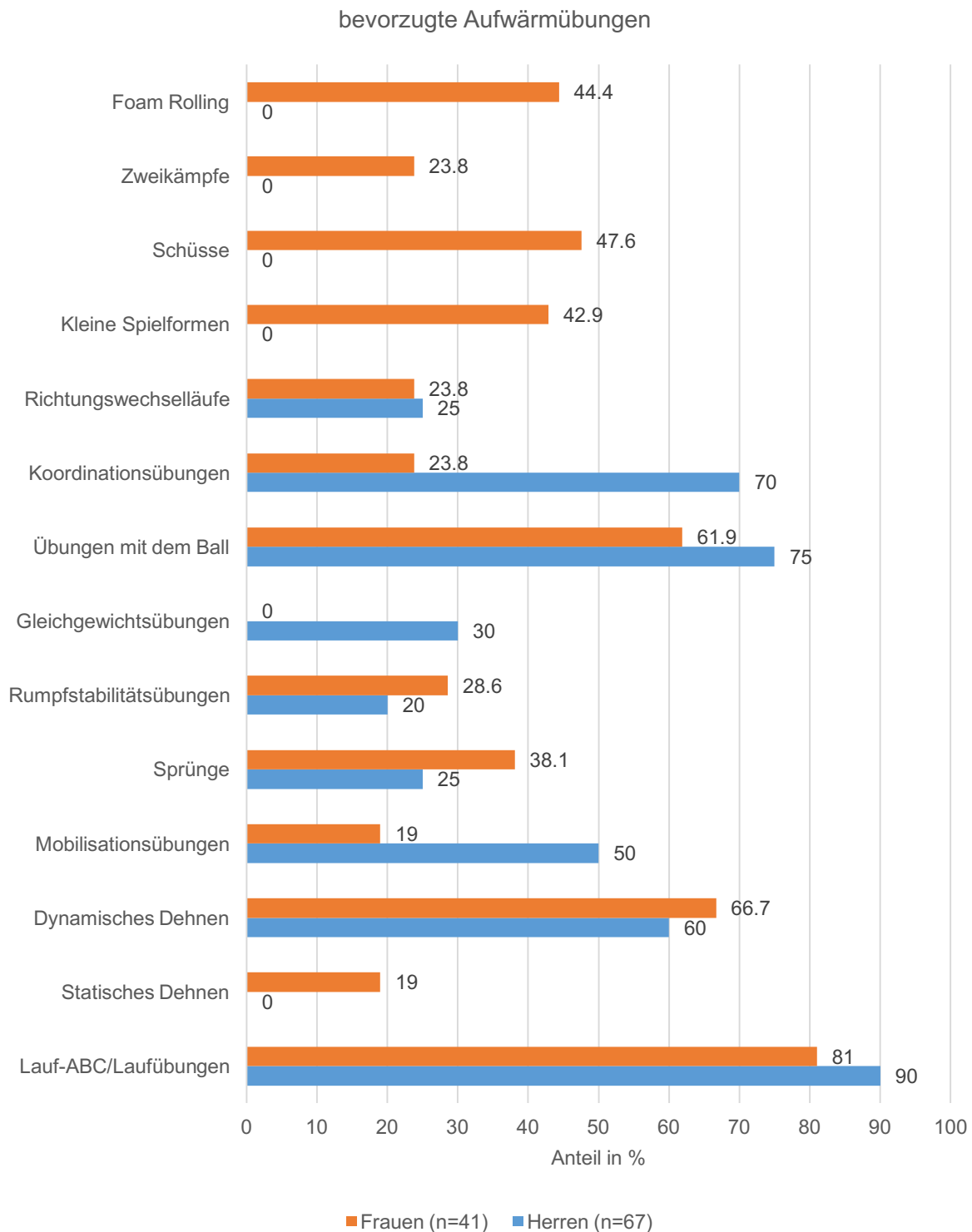


Abbildung 43: Bevorzugte Aufwärmübungen im Geschlechtervergleich (in Prozent)

5.2.10.6 Return-to-Play

Bei der geschätzten Zeit bis zur Rückkehr zum aktiven Spielgeschehen gaben die männlichen Verletzten zu 80% an, dass sie zwischen 6 und 8 Monaten wieder

teilnehmen könnten (6 Monate: 10%; 7 Monate: 35%; 8 Monate: 35%). Gegenteiliges lässt sich bei den Frauen beobachten, wo in diesem Zeitraum nur 10,6% dachten, dass sie wieder an den Wettkämpfen partizipieren könnten. Die meisten hielten 9 Monate (26,3%) für die Zeitspanne, die sie zur Rehabilitation benötigen würden. Ebenfalls häufig wurde mit 21,1% der Zeitraum von 12 Monaten angegeben (Abbildung 44).

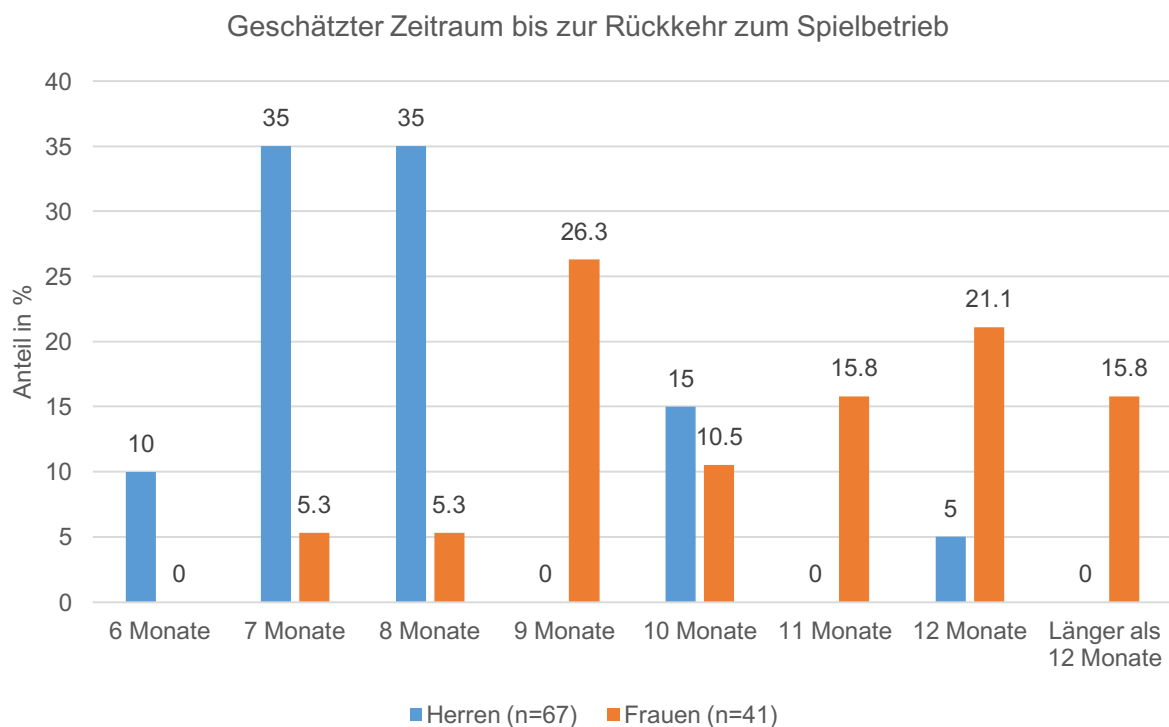


Abbildung 44: Zeitraum bis zur Rückkehr zum Spiel

5.2.10.7 Sonstige Faktoren

Ein signifikanter Unterschied zeigte sich bei der Frage nach der Befürchtung eines möglichen Karriereendes durch die vordere Kreuzbandruptur. Keiner der Herren gab an Angst vor solch einem Szenario zu haben. Im Gegensatz dazu befürchtete rund ein Drittel (31,6%) aller verletzten Frauen ein Ende ihrer Karriere durch die VKB-Läsion (Abbildung 45).

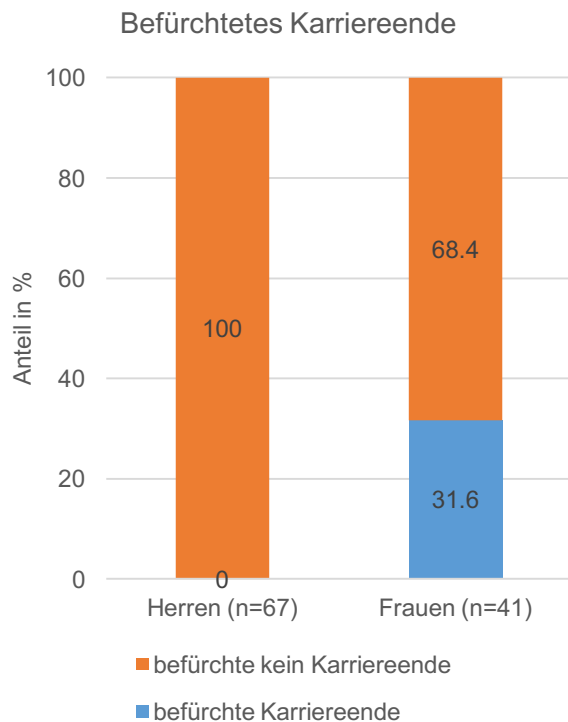


Abbildung 45: Befürchtetes Karriereende durch die Verletzung

Der Großteil der Spielerinnen und Spieler schlief vor der Kreuzbandläsion 7 Stunden oder mehr. Bei den Männern handelte es sich um alle Spieler, bei den Frauen um 79%. Lediglich 15,8% der Damen schlief 6 Stunden und sogar 5,3% der Athletinnen nur durchschnittlich 5 Stunden (Abbildung 46).

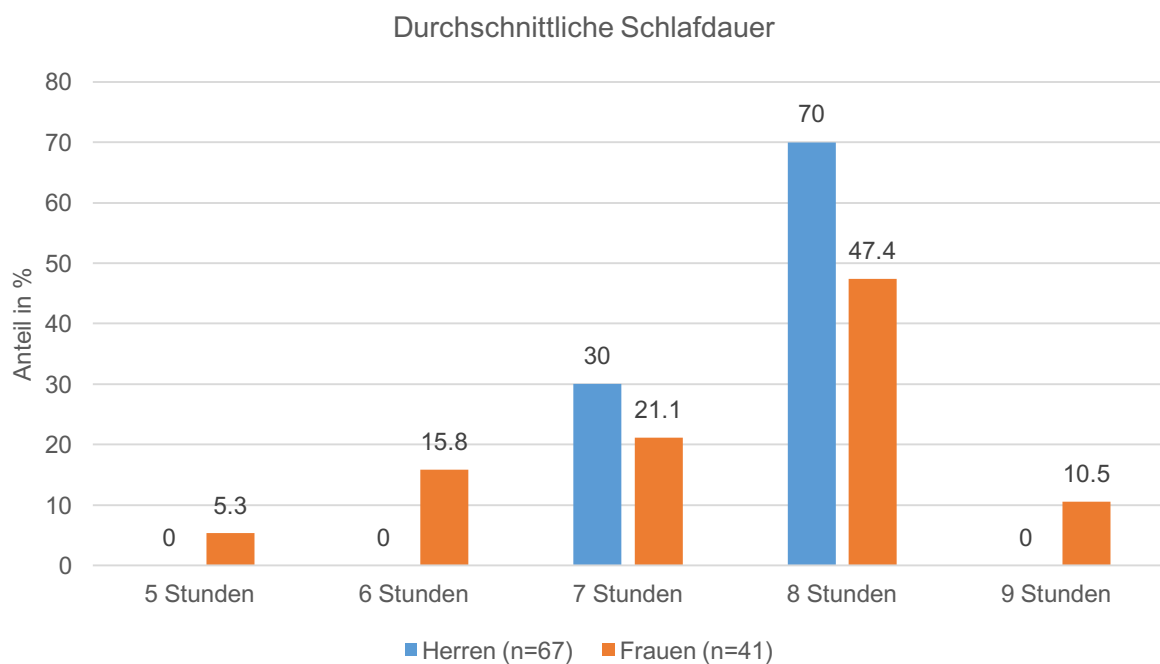


Abbildung 46: Schlafdauer vor der Verletzung

Analgetikaeinnahme trat bei beiden Geschlechtern im Zeitraum von sechs Wochen vor der Verletzung auf. Von den männlichen Sportlern gaben im Vergleich zu den Frauen (22,2%) ungefähr doppelt so viele an vor der Ruptur ein Schmerzmittel eingenommen zu haben (Abbildung 47).

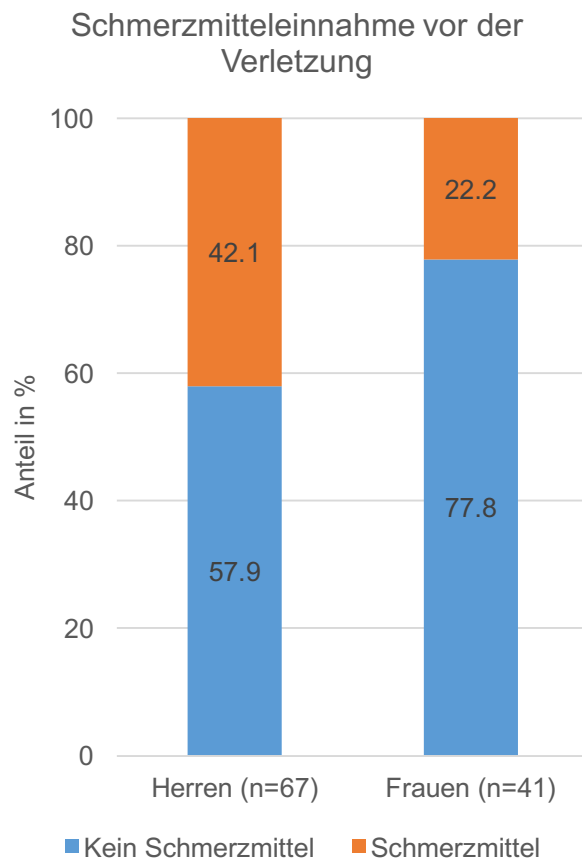


Abbildung 47: Schmerzmitteleinnahme 6 Wochen vor der Verletzung

6 Diskussion

In dieser Dissertation wurden alle kreuzbandverletzten Spielerinnen und Spieler der Profiligen im deutschen Fußball, sowie die Spieler im professionellen Handball, Basketball und Eishockey in die Untersuchung der Inzidenz und der Risikofaktoren einbezogen. Das Studienkollektiv setzt sich dabei aus insgesamt 12 professionellen Spielklassen der genannten Sportarten zusammen. Die Studienteilnehmer wurden eingeladen einen standardisierten Fragebogen, zur Ermittlung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in den einzelnen Populationen, auszufüllen. Insgesamt wurden 170 Athleten im zweijährigen Studienzeitraum von 2016 bis 2018 einbezogen. Hierbei wurden die zwei aufeinander folgenden Saisons 2016/17 und 2017/18 betrachtet.

Die Untersuchung zeigte einige signifikante Auffälligkeiten, die größtenteils mit der Literatur übereinstimmen. Die Konzeption eines deutschen Kreuzbandregisters im Profisport ist einmalig und zeigt erstmals die Inzidenzen und Risikofaktoren der vier größten Teamsportarten im Vergleich auf.

6.1 Unterschiede in den Teamsporten

Das Thema und die Fragestellung dieser Dissertation beinhaltet die Untersuchung der Risikofaktoren und Inzidenzen der Teamsportarten Fußball, Handball, Basketball und Eishockey im Profibereich. Wie bereits in der Literatur beschrieben, zeigte sich auch in dieser Studie im zweijährigen Beobachtungsraum Fußball und Handball als Disziplinen mit erhöhter Inzidenzrate im Vergleich zu Basketball und Eishockey (Arnason et al., 2004; Prodromos et al., 2007; Joseph et al., 2013; Beynnon et al., 2014). Der Trend, der Anpassung der Verletzungen der neustrukturierten zweiten Liga im Handball an die erste Liga, den Luig (2018) beschrieb setzte sich in den untersuchten Spielzeiten fort. In der Saison 2016/17 wurde sogar eine signifikant höhere Inzidenz in der zweiten Handball-Bundesliga registriert. Ebenfalls im Fußball zeigte sich dieser Trend. Hier wurden, neben der Saison 2017/18 in der 1. Bundesliga, die höchsten Inzidenzen in der 3. Liga registriert. Für Amateure ist hier oftmals die erste Station im Profisport und erhöhte Intensität und Belastung sind mögliche Faktoren für die erhöhte Rupturrate in den unteren Profiligen (Myklebust et al., 1997; Krutsch et al., 2016; Luig et al., 2018b). Im Basketball und Eishockey fanden sich die höheren Raten für Verletzungen in 1000h Belastung in den ersten Ligen dieser

Sportarten. Das Problem der Vergleichbarkeit von Verletzungsinzidenzen mit der Literatur wurde bereits in anderen Publikationen beschrieben. Verschiedene Methoden zur Sammlung von Belastungsdauer, Verletzungsdefinitionen und unterschiedliches Studiendesign stellen hier Limitationen dar (Beynnon et al., 2014). Nicht desto trotz zeigte sich in der Regel, wie in dieser Arbeit, Fußball und Handball als verletzungsanfälliger in Hinsicht auf das vordere Kreuzband (Joseph et al., 2013; Beynnon et al., 2014; Gornitzky et al., 2016). Als gute Referenz zu dieser Arbeit lässt sich der VBG-Sportreport aus dem Jahr 2018 heranziehen, der über 3 Jahre ebenfalls Kreuzbandläsionen in deutschen Profiligen untersucht hat. Überraschenderweise wurde hier bei Betrachtung der Inzidenzen, allerdings nur im Wettkampf, die höchste Quote im Handball (0,81 Rupturen/1000h Spiel) ermittelt wogegen im Basketball (0,45 Rupturen/1000h) und Fußball (0,44 Rupturen/1000h) gleiche Raten beobachtet wurden (Luig et al., 2018a). Auch andere Quellen, vor allem aus Amerika, zeigten ebenfalls diesen Trend. Meist handelte es sich hierbei um Publikationen aus dem Collegiesport, die somit nur bedingt vergleichbar sind (Agel et al., 2005; Prodromos et al., 2007; Agel et al., 2016). Dem entgegen spricht auch die Untersuchung von Knieverletzungen unter de Lões et al. (2000), der das niedrigste Risiko für Knieverletzungen bei Basketballspielern identifiziert hat (de Loës et al., 2000).

Die Anthropometrie der Athleten betrachtend zeigt sich ein bereits aus der Literatur bekanntes Bild. Basketballspieler sind im Schnitt die Größten und Schwersten, gefolgt von Handballern, Eishockeyspielern und Fußballern (Bjordal et al., 1997; Mölsä et al., 1997; Myklebust et al., 1997; Arnason et al., 2004; Deitch et al., 2006; Hägglund et al., 2006; Hägglund et al., 2009a; Kuzuhara et al., 2009; Brophy et al., 2010; Ekstrand et al., 2011a; Ekstrand et al., 2011b; Waldén et al., 2011; der Fünthen et al., 2014; Caparrós et al., 2016; Kluczynski et al., 2016; Mai et al., 2017; Okoroha et al., 2017; Rafnsson et al., 2017; Krutsch et al., 2018; Larruskain et al., 2018; Luig et al., 2018b). Signifikant fällt das erhöhte Alter von Eishockeyspielern ($\bar{x}$ 30,12), die sich in den deutschen Profiligen das Kreuzband gerissen haben, auf. Sportler der anderen Disziplinen waren im Durchschnitt zwischen 24,9 und 25,9 Jahren alt. Darüber hinaus fällt vor allem der hohe Anteil an Nationalspielern im Handball und Basketball von rund der Hälfte, im Gegensatz zu Fußball und Eishockey auf.

Bei der Untersuchung der Risikofaktoren für vordere Kreuzbandverletzungen in den Teamsportarten zeigte sich unter anderem als Besonderheit, dass mehr als die Hälfte der Handballspieler bereits eine vorherige Kreuzbandverletzung erlitten hatten,

während in den anderen Teamsportarten der Anteil geringer war. Ähnliches Muster zeigte sich auch bei anderen vorangegangenen Läsionen im betroffenen Kniegelenk und vorherigen Operationen. Vorverletzungen stellen dabei einen der relevantesten Risikofaktoren für Kreuzbandverletzungen dar (Arnason et al., 2004). Im Handball wurde hier ein dreifach erhöhtes Risiko bei einer vorherigen Kreuzbandruptur beschrieben und im professionellen Fußball wird sogar von einem relativen Risiko von 4,8 berichtet (Waldén et al., 2006; Steffen et al., 2017). Die inadäquate Rehabilitation von Läsionen und Instabilität in Gelenken führt folglich zu weiteren Verletzungen (Dvorak und Junge, 2000; Hägglund et al., 2006).

Zeitpunkt der Verletzung war in allen vier Sportarten zum überwiegenden Teil die Phase unter der Saison. Im Eishockey wurde hierbei der höchste Anteil an Vorbereitungsläsionen erfasst. Im Eishockey speziell lässt sich die hohe Zahl an Rupturen in der Vorbereitung durch die kürzere Saisonphase von rund 8 Monaten, aufgrund der klimatischen Gegebenheiten in Deutschland, erklären. Auch in der Literatur zeigte sich die Verteilung der Verletzungen größtenteils während der Spielzeit (Waldén et al., 2005; Okoroha et al., 2017). Betrachtet auf Monate lässt sich das Muster im professionellen Eishockey hier weiterverfolgen. Keine Verletzungen ereigneten sich in den spielfreien Monaten von April bis Juli. Die Hälfte der Rupturen wurde im Januar, also am Mittelpunkt der Saison, registriert und ein weiterer Großteil zu Beginn der Saison bzw. in der Endphase der Vorbereitung zwischen den Monaten August und Oktober. In der Basketballbundesliga ist die reguläre Spielzeit von Ende September bis Ende Juni angesetzt. Rupturen zeigten sich dabei über das ganze Jahr regelmäßig. Entgegen der Lehrbuchmeinung, die Verletzungen vor allem im ersten Saisonviertel sieht, waren in dieser Arbeit VKB-Verletzungen vor allem mittig in der Saison verzeichnet (Okoroha et al., 2017). Ähnliche Wettkampfperioden werden in den Profiligen im Fußball und Handball abgehalten. Die Saison dauert hier jeweils von Ende August bis Mai und in beiden Sportarten zeigten sich gehäuft Läsionen in den ersten Monaten der neuen Spielzeit. Im Fußball sind so rund ein Drittel der Rupturen im August und September, den ersten beiden Monaten, aufgetreten und im Handball rund ein Fünftel. Ebenfalls mit erhöhten Quoten für Kreuzbandverletzungen zeigten sich die letzten drei Monate der Saison im Fußball und im Handball die letzten vier Monate (Februar bis Mai) in denen knapp die Hälfte der Läsionen auftraten. In der Literatur sind Verletzungen zu Beginn und zum Ende der jeweiligen Spielzeit bereits erwiesen. Durch die erhöhte körperliche Belastung, die mit Beginn der Punktspiele

einhergeht, zeigen sich in diesem Zeitraum gehäuft Rupturen. Ebenso durch den nochmals vergrößerten sowohl psychischen, als auch physischen Druck in der Periode am Ende der Saison, in der Tabellenplätze gesichert, Auf- oder Abstiegskampf geführt und um Playoff-Plätze gekämpft wird, treten vordere Kreuzbandverletzungen intensiviert auf (Engström et al., 1990; Faude et al., 2009; Ekstrand et al., 2011b; Bjørneboe et al., 2014; Rafnsson et al., 2017).

Die Spielminute betrachtend zeigt auch hier die Literatur zu Beginn und Ende der Halbzeiten, Drittel und Viertel Tendenzen zu erhöhten Verletzungsraten (Engström et al., 1990; Hawkins et al., 2001; Faunø und Wulff Jakobsen, 2006; Ekstrand et al., 2011a; Ekstrand et al., 2011b; Waldén et al., 2011). In den höchsten drei Fußballligen in Deutschland wurden die meisten VKB-Rupturen zum Ende der ersten Halbzeit, sowie zu Beginn der ersten und zweiten, als auch Ende der zweiten Halbzeit beobachtet. Differenzierter war die Verteilung der Läsionen im Handball, bei der jeweils in der Mitte beider und zum Ende der ersten Halbzeit die meisten Kreuzbandereignisse beobachtet wurden. Die Halbzeiten untereinander zeigten, wie in anderen Publikationen im Handball, keine Unterschiede zwischen der ersten und zweiten Spielhälfte (Myklebust et al., 1997). Die Aufteilung der Spielzeit im Basketball unterscheidet sich grundsätzlich vom Handball und Fußball. 40 Minuten sind hier in Viertel von je zehn Minuten aufgeteilt und werden durch kurze bzw. eine längere Pause, nach dem zweiten Viertel, getrennt. Jeweils zum Ende des ersten, zweiten und dritten Viertels, sowie zu Beginn des zweiten Viertels wurden alle Verletzungen gleichmäßig verteilt beobachtet. In einer Untersuchung der National Basketball Association (NBA), der höchsten Basketballliga in Amerika, wurden hingegen vor allem im ersten und dritten Viertel, also direkt nach Spielbeginn und nach der fünfzehnminütigen Pause, die meisten Kreuzbandrisse beobachtet. Das zweite Viertel, welches in dieser Arbeit mit 50% den höchsten Anteil an Läsionen zeigt, war in der NBA mit den wenigsten Verletzungen assoziiert (Okoroha et al., 2017). Ein Punktspiel im Eishockey ist ebenfalls durch andere Zeitregeln gekennzeichnet. Drittel von je 20 Minuten werden von zwei fünfzehnminütigen Pausen unterteilt. In aktueller Studie waren Kreuzbandrupturen vor allem im letzten Drittel aufzufinden und die restlichen je zum Ende jedes Drittels. Gegensätzliches zeigte der VBG Sportreport 2018, der Verletzungen im Allgemeinen betrachtete und eine signifikante Erhöhung der Verletzungen im ersten Drittel aufzeigte (Luig et al., 2018a). Zusammenfassend lässt sich meist ein Anstieg der Quote der vorderen Kreuzbandverletzungen zu Beginn und

Ende des Spiels bzw. Spielabschnittes finden. Aufgrund von inadäquatem Aufwärmen kann es zu der gehäuften Menge an Rupturen zu Beginn kommen, während die erhöhte Motivation zum Ende der Abschnitte ebenfalls für viele Ereignisse verantwortlich gemacht wird.

Einer, der in Publikationen am Besten beschriebene Aspekt, ist die Unterteilung der Verletzungen in Trainings- und Wettkampfverletzungen. Zwar wurden in allen Disziplinen ein Überwiegen der Wettkampfverletzungen festgestellt, allerdings mit Differenzen untereinander. Im Fußball und Basketball waren rund doppelt so viele Rupturen Folge von Trainingsgeschehnissen im Vergleich zu den anderen Teamsportarten. In der VBG-Studie zeigte sich ebenfalls dieses Bild. Rund 40% der VKB-Läsionen traten im Fußball und Basketball während des Trainings auf, während im Eishockey hier über 90% während des Wettkampfes auftraten. Einzig im Handball wurde in dieser Studie ein Anteil von 51,8% der Verletzungen unter dem Spiel erfasst (Luig et al., 2018a). Andere Publikationen, den professionellen Handball betreffend, gaben hingegen einen Überschuss an Rupturen während des Spielgeschehens an (Myklebust et al., 1997; Myklebust et al., 1998; Olsen et al., 2004; Rafnsson et al., 2017; Krutsch et al., 2018). Im Basketball zeigt sich die Literatur ebenfalls differenzierter. In amerikanischen und spanischen Profiligen wurden nur geringe Anteile an Kreuzbandverletzungen während des Trainings beschrieben. Okoroha et al. (2107) spricht hierbei von 3,6% der Rupturen die außerhalb des Wettkampfes auftraten (Joseph et al., 2013; Caparrós et al., 2016; Okoroha et al., 2017). Andere Arbeiten belegen ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Verletzungen im Wettkampf und Training bzw. gaben sogar höhere Anteile während des Trainings an (Agel et al., 2016; Krutsch et al., 2018). Bei der Betrachtung der in der Methodik dieser Arbeit ermittelten Spielbelastung lässt sich der hohe Teil der Trainingsverletzungen plausibel erklären. Basketballer zeigten hier in beiden Ligen die niedrigsten Anzahlen an Spielstunden in einer Saison verglichen mit anderen Disziplinen. Im Eishockey und Fußball ist sich die Literatur dagegen bei der Unterteilung in Trainings- und Wettkampfrupturen einig. Im Fußball wird von bis zu 80% der VKB-Läsionen in Spielen berichtet (Engström et al., 1990; Dvorak und Junge, 2000; Hawkins et al., 2001; Hägglund et al., 2009a; Waldén et al., 2011; Joseph et al., 2013; Agel et al., 2016; Krutsch et al., 2016; Krutsch et al., 2018). Der schon in dieser Arbeit beschriebene hohe Anteil an Wettkampfverletzungen wurde auch schon in anderen Werken untersucht. In jeder Publikation fanden sich mehr Rupturen während der

Punktspiele mit Raten bis zu 95,5% (Lorentzon et al., 1988; Pettersson und Lorentzon, 1993; Mölsä et al., 1997; Kuzuhara et al., 2009; LaPrade et al., 2009; Agel et al., 2016; Krutsch et al., 2018; Longstaffe et al., 2018). Ein möglicher Erklärungsansatz ist die geringe Zahl der Trainingsstunden im Eishockey. Allerdings relativiert sich diese Zahl durch die hohe Menge an Spieltagen und bietet somit ein Argument für den hohen Anteil der Wettkampfverletzungen.

Ferner ist der Verletzungsmechanismus ebenfalls einer der am meisten in der Literatur diskutierten Begrifflichkeiten bezüglich vorderer Kreuzbandrupturen im Sport. Allgemein wird differenziert zwischen Kontakt und Nicht-Kontakt Läsionen bzw. im Fall dieser Arbeit auch noch in direkte und indirekte Kontaktverletzungen. Die direkten Kontakt ereignisse sind durch eine direkte äußere Krafteinwirkung beschrieben während die indirekten durch eine Krafteinwirkung, die den natürlichen Bewegungsablauf des Athleten beeinflusst und so indirekt die Verletzung auslöst. Die Rupturen im Eishockey wurden in dieser Arbeit zu über 80% den direkten Kontaktverletzungen zugeordnet und waren damit signifikant gegenüber anderen Sportarten erhöht. Durch das sowohl körperbetone Spiel und die häufigen Zweikämpfe bzw. Checks, als auch die häufigen Kollisionen mit Gegnern und Spielfeldeinrichtung setzt sich diese hohe Anzahl an Kontaktverletzungen zusammen. Untersuchungen in der National Hockey League (NHL), der höchsten Spielklasse in Amerika, ergaben ein ähnliches Bild. Dabei wurden Anteile von 70 bis 97,8% an direkten Kontaktläsionen beobachtet (LaPrade et al., 2014; Sikka et al., 2016; Longstaffe et al., 2018). Luig et al. (2018) fanden bei der Untersuchung der deutschen Eishockeyligen ausschließlich Kreuzbandrupturen mit Kontaktbeteiligung. Dabei war die Hälfte mit direktem und die andere Hälfte mit indirektem Kontakt. Die meisten Verletzungen ohne jegliche Beteiligung von Kontakt wurden mit 42,9% im professionellen Fußball registriert. Der gleiche Anteil fällt auf direkte Kontaktverletzungen. Somit bilden alle Rupturen unter Beteiligung von Kontakt über die Hälfte der Läsionen. Der typische Verletzungsmechanismus im Fußball wird üblicherweise als Nicht-Kontakt beschrieben (Yu und Garrett, 2007; Alentorn-Geli et al., 2009a). Durch einige Studien, unter anderem den europäischen Profifußball betreffend, wurden die meisten Kreuzbandrupturen ebenfalls dem Mechanismus ohne Kontakt zu Gegenspieler und Spielgerät zugeordnet (Agel et al., 2005; Faunø und Wulff Jakobsen, 2006; Hägglund et al., 2009a; Rochcongar et al., 2009; Waldén et al., 2011; Sutton und Bullock, 2013; Waldén et al., 2015; Larruskain et al., 2018; Della Villa et al., 2020). Andere Studien

hingegen unterstützen die in dieser Arbeit beobachteten Ergebnisse und zeigen ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Kontakt und Nicht-Kontakt Verletzungen mit dem Trend zu mehr Rupturen während eines Kontaktes (Joseph et al., 2013; Junge und Dvorak, 2013; Brophy et al., 2015; Junge und Dvořák, 2015; Monfort et al., 2015; Krutsch et al., 2016). Auch die Untersuchung der VBG, die als Versicherer der Profisportler auftritt, zeigte den Großteil der Läsionen im Kontaktbereich. Entgegen unserer Beobachtungen wurde hier 48% aller Rupturen einem indirekten Kontakt zugeschrieben. Direkten Kontaktverletzungen und Nicht-Verletzungen wurden Anteile von 28 bzw. 24% zugeschrieben (Luig et al., 2018a). Dieser Unterschied lässt sich durch das Studiendesign erklären. Während in unserer Arbeit auf die eigene Einschätzung des Spielers oder der Betreuer zurückgegriffen wurde, benutzte Luig et al. (2018) Fernsehbilder, um die Verletzung einem Mechanismus zuzuordnen. Eine gleichmäßige Aufteilung der Rupturen auf die drei verschiedenen Mechanismen wurde im Basketball und auch Handball im Rahmen dieser Arbeit festgestellt. Dies ist überraschend, da die meisten Kreuzbandverletzungen im Basketball als nicht Kontaktverletzung beschrieben werden (Agel et al., 2005; Krosshaug et al., 2007; Joseph et al., 2013; Monfort et al., 2015). In deutschen Profiligen wurde keine einzige VKB-Ruptur mit direktem Kontakt assoziiert, sondern zum Großteil mit indirektem Kontakt. Laut Luig et al. (2018) gingen mehr als die Hälfte der Ereignisse ohne Kontakt von statten und ein weiterer Großteil viel auf indirekte Kontaktverletzungen. Auch frühere Studien aus Skandinavien erfassten, unter anderem auch in Video-Analysen, einen signifikanten Überschuss an Läsionen ohne Kontakt (Myklebust et al., 1997; Myklebust et al., 1998; Olsen et al., 2004).

Ein klares Muster, ob sich die Spieler zum Verletzungszeitpunkt im Angriff oder der Abwehr befanden, gab es unter den einzelnen Disziplinen. Beinahe alle Rupturen im Handball und Eishockey wurden in einer Phase des Angriffs festgestellt, wogegen im Fußball und Basketball das Gegenteil der Fall war. Hier befanden sich die jeweiligen Athleten vermehrt in einer Abwehrsituation. Für den Fußball und Basketball ist bereits ein erhöhtes Risiko während Verteidigungssituationen beschrieben (Monfort et al., 2015). Dem entgegen stehen Studien keine statistische Differenz zwischen Angriff und Abwehr erkannt haben (Faunø und Wulff Jakobsen, 2006). Allerdings wurde auch im Basketball, im Rahmen einer Video-Analyse, das Angriffsspiel als verletzungsträchtiger beschrieben (Krosshaug et al., 2007). Dies steht im Gegensatz zu den von uns ermittelten Daten und der Arbeiten von Monfort et al. (2015), Walden

et al. (2015) und Brophy et al. (2015). Typischerweise wurden Verletzungen im Handball, wie bereits in dieser Studie beschrieben, im Angriff erlitten. Drei Quellen sprechen dabei von signifikanten Anteilen von Spielern während einer Offensivaktion. Die Raten betrugen dabei jeweils über 90% (Myklebust et al., 1997; Myklebust et al., 1998; Olsen et al., 2004). Dies unterstreicht die von uns erhobenen Werte und zeigt Handball als Sportart mit besonders gefährdetem Offensivverhalten.

Um die genaue Verletzungsursache und Risikofaktoren genauer zu differenzieren, wurden die zur Ruptur führenden Situationen, Aktionen und Phasen genauer untersucht. Alle vier Sportarten zählen zu der Gruppe der Disziplinen mit schnellen Abstoppbewegungen, Richtungswechseln und Antritten, wodurch sie ein hohes Risiko für vordere Kreuzbandrupturen besitzen (Granan et al., 2013). Vor allem im Fußball und Handball ereignete sich ein Großteil der Rupturen in Folge von Abstopp- und Richtungswechselsituationen. Ebenfalls häufig aufgetreten sind Landung nach Kopfballduellen. Diese treten sowohl im Handball, als auch im Fußball zusammen mit einer Valgus-Stellung und Extension des Beines, sowie eventueller Rotation der Tibia auf. Sie sind neben den Läsionen, die sich bei Richtungswechseln präsentieren, die am öftesten beschriebenen Verletzungssituationen im Fußball und Handball (Myklebust et al., 1997; Myklebust et al., 1998; Olsen et al., 2004; Faunø und Wulff Jakobsen, 2006; Rochcongar et al., 2009; Waldén et al., 2015; Della Villa et al., 2020). Der Charakteristik des Sportes Basketball entsprechend wurden hier die meisten VKB-Rupturen in Folge von Landungen beobachtet. Bereits Krosshaug et al. (2007) beschrieben die Landung als verletzungshäufigste Spielsituation im Basketball durch oftmals verdrehte Landungen mit wenig Flexion und steifem Kniegelenk (Fujii et al., 2012; Leppänen et al., 2017; Teng et al., 2017). Im Eishockey hingegen sind durch die hohe Anzahl von direkten Kontaktverletzungen, vor allem Bodychecks, die gefährlichste Aktion, die zu einer VKB-Ruptur führen kann. Ähnliches zeigten Sikka et al. (2016) und Longstaffe et al. (2018) in der NHL, wo Checks und andere Aktionen mit direktem Kontakt ebenfalls die meisten Kreuzbandläsionen auslösten.

Um die Situationen und Aktionen besser zuordnen zu können, ist auch die Betrachtung des Ball- bzw. Puckbesitzes zum Zeitpunkt der Ruptur entscheidend. Vor allem Handballspieler waren während der Verletzung selber die ballführenden Athleten. Studien aus Skandinavien haben ebenfalls schon ähnlich hohe Zahlen festgestellt. Dort hatten über 90% der Athleten zum Zeitpunkt der Läsion Kontakt zum Spielgerät (Myklebust et al., 1998; Olsen et al., 2004). Eigener Ballbesitz wurde auch schon im

Fußball und Basketball mit höherem Risiko für vordere Kreuzbandrupturen beschrieben (Monfort et al., 2015). In unserer Arbeit zeigte sich dabei überraschenderweise keine der Verletzungen im Basketball während des eigenen Ballbesitzes. Auch Video-Analysen aus Amerika belegten, dass 72% der Läsionen bei eigenem Ballbesitz auftraten und stehen entgegen der hier erhobenen Daten (Krosshaug et al., 2007). Im Fußball bestätigten sich die von Monfort et al. (2015) aufgestellte Hypothese, dass die meisten Verletzungen bei eigenem Ballbesitz auftraten. In der Literatur wurde dies bereits in verschiedenen europäischen Ligen beschrieben und stützt die erhobenen Ergebnisse (Faunø und Wulff Jakobsen, 2006; Waldén et al., 2015). Auch im Eishockey war der eigene Ballbesitz am häufigsten mit Kreuzbandverletzungen verbunden. Das passt vor allem in das Muster mit dem großen Anteil von direkten Kontaktverletzungen und häufigem Offensivspiel.

Bei der detaillierteren Betrachtung der Kreuzbandläsion fällt auf, dass die meisten Verletzungen nicht isoliert auftraten, sondern in Verbindung mit anderen Läsionen im betroffenen Kniegelenk. In jeder Sportart war bei mehr als der Hälfte der Fälle, neben dem Kreuzband, auch noch eine weitere Struktur im Knie verletzt. Auch hier zeigten sich spezifische Muster von Begleitverletzungen, die den jeweiligen Disziplinen zuzuordnen waren. Im Fußball waren vor allem der laterale Meniskus und das mediale Kollateralband bei VKB-Rupturen mitbeteiligt. Walden et al. (2011) beschrieb die gehäufte Anzahl von lateralen Meniskusläsionen und medialen Seitenbandverletzungen ebenfalls und macht den Valgus-Stress und den dadurch resultierenden Bewegungsablauf während der Verletzung verantwortlich. Gegensätzliches wurde im Handball beobachtet, wo der mediale Meniskus in den meisten Fällen mitverletzt war. Der Außenmeniskus hingegen war nur bei rund einem Viertel mitbeteiligt. In der Literatur war dagegen der Außenmeniskus, neben dem Gelenksknorpel, die häufigste Begleitverletzung bei Kreuzbandrupturen im Handball (Myklebust et al., 1998). Bei den Basketballern wurden ebenfalls der mediale Meniskus und das mediale Kollateralband am häufigsten Lokalisationsort von zusätzlichen Läsionen. Alle in diese Studie eingeschlossenen Spieler dieser Sportart verletzten sich an diesen beiden Strukturen. Wenn man dazu den professionellen Eishockey vergleicht bemerkt man vor allem eine Beteiligung des medialen Kollateralbandes. 50% der Eishockeyspieler in den deutschen Ligen erlitten hier eine begleitende Läsion. Kluczynski et al. (2016) beschrieben das gleiche Phänomen und führten dies auf die vielen Kontaktverletzungen und Kollisionen während des Verletzungsgeschehens

zurück. Auch die häufige Valgusstellung des Kniegelenks spielt dabei eine entscheidende Rolle. Weitere Studien im internationalen Profieishockey identifizierten ebenso das Innenband als Struktur, die oftmals während einer vorderen Kreuzbandruptur im Eishockey mitverletzt wird (Kluczynski et al., 2016; Sikka et al., 2016; Longstaffe et al., 2018).

Klassenwechsel, speziell in eine höhere Liga, sind durch die erhöhte Belastung und Intensität ebenfalls ein immenser Risikofaktor für Kreuzbandverletzungen (Arnason et al., 2004). Im Handball und Basketball gaben rund ein Fünftel der Verletzten an in der Vorsaison einen Transfer in eine höhere Spielklasse vollzogen zu haben. Im Fußball der Profiklassen in Deutschland lag hierbei der Anteil noch höher. Krutsch et al. (2016) erfasste ebenfalls bei der Untersuchung von VKB-Rupturen in der damals neustrukturierten 3. Liga einen hohen Anteil von Spielern aus niedrigeren Spielklassen. Die Perzentile von 90 ist hier allerdings auch durch die Neustrukturierung und die Aufnahme der Vereine aus unteren Ligen erklärbar. Nichts desto trotz zeigte auch diese Studie, dass vor allem Athleten, die einen Klassenwechsel, insbesondere in eine stärkere Liga, hinter sich gebracht haben, ein erhöhtes Risiko für vordere Kreuzbandläsionen haben.

Die Schätzungen der Spieler bezüglich ihrer Ausfallzeit war in allen Sportarten bis auf den Handball ähnlich. Dort vermuteten die meisten Spieler einen Zeitraum zwischen 8 und 10 Monaten bis sie wieder voll im Spielbetrieb integriert sind. Basketballer, Fußballer und Eishockeyspieler dagegen gaben vermehrt an, dass sie voraussichtlich vor 8 Monaten wieder aktiv an Wettkämpfen teilnehmen werden. In den deutschen Profiligen zeigte die VBG tatsächlich längere Ausfallzeiten. Einzig im Eishockey brauchten die Athleten rund 7,4 Monate (224 Tage) und lagen damit im Rahmen ihrer Schätzungen (Luig et al., 2018a). Im angloamerikanischen Raum wurde hier ein weites Spektrum von 5 bis über 8 Monaten an Zeit bis zur Rückkehr in der NHL registriert (LaPrade et al., 2014; Longstaffe et al., 2018). Für die anderen Sportarten registrierte Luig et al. (2018) jeweils Perioden von über 8 Monaten bzw. im Basketball sogar über 10 Monate Spielpause der Athleten.

6.2 Unterschiede im Geschlechtervergleich

Ziel dieser Arbeit war, wie bereits im Vergleich der Teamsportarten im Herrenbereich, die Untersuchung der Häufigkeit und Risikofaktoren von vorderen Kreuzbandrupturen in beiden Geschlechtern im deutschen Profifußball. Einer der wichtigsten Punkte war dabei die Registrierung der Inzidenzen, bei der sich ein großer Unterschied in der höchsten Spielklasse, wo im Damenfußball eine mehr als doppelt so hohe Inzidenz festgestellt wurde, zeigte. In den zweiten Ligen beider Geschlechter wurde ein ähnliches Muster beobachtet, sodass sich allgemein postulieren lässt, dass ein höheres Risiko für Kreuzbandverletzungen im weiblichen Profifußball festgestellt wurde. In der Literatur wird dabei für Spielerinnen von einem Relativen Risiko zwischen 2 und 8 berichtet (Engström et al., 1991; Giza et al., 2005; Beynnon et al., 2014; Montalvo et al., 2018). Die Größte zu dieser Thematik bisher veröffentlichte Studie von Walden et al. (2011) betrachtete die vordere Kreuzbandverletzung bei einer Population von $n=2.329$ Spielerinnen und Spielern über 8 Spielzeiten in Schwedens erster Liga (Männer und Frauen) und den ersten Ligen verschiedener europäischer Verbände (Männer). Dabei wurde in beiden Männerkohorten eine Inzidenz von 0,060 (europäische Top-Ligen) in 1000h Belastung. Ebenfalls äquivalent zu der in dieser Arbeit errechneten Inzidenz wurden in Schwedens erster Frauenliga 0,14 VKB-Ereignisse registriert (Waldén et al., 2011). Ähnliches zeigte auch in einer Meta-Analyse aus dem Jahr 2007 bei der eine Frau-zu-Mann Ratio von 2,67 und Verletzungsraten von 0,32 für Frauen und 0,12 für Herren in 1000 Stunden errechnet wurden (Prodromos et al., 2007). Durch die Untersuchung der ersten Ligen im Spanischen Profifußball über fünf Saisons (2010-2015) zeigt sich die Publikation von Larruskain et al. (2018) als aktuellste und vom Spielniveau kongruenteste zu den von uns erhobenen Daten. Mit einer Rate von 0,05 Kreuzbandläsionen bei den Herren in Spanien zeigten sich übereinstimmende Zahlen zur gleichen Kohorte in Deutschland, während bei den Damen die Inzidenz mit 0,24 in 1000 Stunden Training und Spiel signifikant höher ausfiel (Larruskain et al., 2018). Ähnliches zeigte sich auch bei Studien im Profibereich in Norwegen, Island, der USA und den ersten Ligen in 16 europäischen Ländern, sowie dem Juniorensport in den USA. Verletzungsraten waren, wie auch in dieser Arbeit, jeweils bei Frauen erhöht (Bjordal et al., 1997; Ostenberg und Roos, 2000; Arnason et al., 2004; Agel et al., 2005; Giza et al., 2005; Tegnander et al., 2008; Joseph et al., 2013; Waldén et al., 2016; Montalvo et al., 2018). Die einzige

Publikation den weiblichen Profifußball in Deutschland betreffen wurde 2005 von Faude et al. veröffentlicht. Aufgrund der methodischen Unterschiede und der Berechnung der Inzidenz nur anhand von Spielbelastung wurde hier ein Risiko von 2,2 Verletzungen in 1000 Stunden Wettkampffußball berechnet (Faude et al., 2005).

Anthropometrisch zeigte sich vor allem das durchschnittliche Alter der Verletzten signifikant. Zum Zeitpunkt der Verletzung waren Männer im Schnitt um 2,6 Jahre älter als die Frauen der gleichklassigen Kohorte. In der Literatur ist dieses Phänomen bereits gut bekannt und in vielen verletzungsepidemiologischen Studien beschrieben (Bjordal et al., 1997; Hägglund et al., 2009a; Brophy et al., 2010).

Betrachtet man die Verteilung der Verletzungen auf Spielpositionen im Fußball, lässt sich zwischen Männern und Frauen auf den Positionen im Tor und Sturm ein Unterschied feststellen. Der Anteil der Torfrauen mit Ruptur war verglichen zu den Tormännern doppelt so hoch. Auf der Position der Stürmerin bzw. des Stürmers zeigte sich ein gegenteiliges Bild. Die gleiche Verteilung an Verletzungen bezogen auf die Spielposition zeigte sich bereits in Studien aus Frankreich und den USA (Giza et al., 2005; Rochcongar et al., 2009). Lediglich Krutsch et al. (2016) zeigte bei der Untersuchung von Kreuzbandverletzungen in der 3. Liga in Deutschland einen ebenfalls hohen Anteil von 16,7% bei männlichen Torhütern.

Die Relevanz von vorausgegangenen Verletzungen für spätere Läsionen ist aus vorherigen Untersuchungen bereits bekannt. Inadäquate Rehabilitation, Defizite im Bewegungsapparat und mentale Hemmnisse nach einer Verletzung lassen das Risiko für nachfolgende Erkrankungen ansteigen (Dvorak und Junge, 2000; Hägglund et al., 2006). Speziell im Kniegelenk zeigten Vorverletzungen bei beiden Geschlechtern ein signifikant erhöhte Wahrscheinlichkeit für vordere Kreuzbandverletzungen. Bei vorausgegangener VKB-Ruptur spricht die Literatur sogar von einem Relativen Risiko von 4,8 für erneute Läsionen (Arnason et al., 2004; Faude et al., 2006; Hägglund et al., 2006; Waldén et al., 2006). Nicht verwunderlich waren somit die hohen Anteile der Spielerinnen und Spieler, die bereits eine vorherige Verletzung oder Operation am Kniegelenk erlitten hatten. Andere Vorverletzungen im Kniegelenk, ausgeschlossen Kreuzbandläsionen, wurden in beiden Geschlechtern bei rund zwei Fünftel der Fälle gefunden. Faude et al. hat schon 2005 über den Zusammenhang zwischen Vorverletzungen und Kreuzbandrupturen im deutschen Frauenfußball berichtet. 45% der Spielerinnen, die eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes erlitt, hatte zuvor eine Läsion an einem der Kniebänder (Faude et al., 2005). Einen niedrigeren Anteil an

Vorverletzungen im Knie wurde in Dänemark erfasst. Hier berichteten rund ein Viertel der Spieler von zuvor erlittenen Läsionen im betroffenen Kniegelenk (Faunø und Wulff Jakobsen, 2006).

Analysiert man den Zeitpunkt des Verletzungsgeschehens fallen, sowohl bei Frauen, als auch bei den Herren, ein Großteil der Läsionen in die Wettkampfphase. Dies ist bei Betrachtung der Zeiträume der einzelnen Phasen plausibel (Bjørneboe et al., 2014). Anteile von 20% der Verletzungen in der Vorsaison und 80% unter der Saison wurden auch im europaweiten Vergleich registriert (Waldén et al., 2005).

Bei der Verteilung der Rupturen über die gesamte Spielzeit gesehen fallen bei beiden Geschlechtern zwei Zeiträume mit gehäuften VKB-Läsionen auf, in denen mehr als drei Viertel der Ereignisse liegen. In den Monaten August, September und Oktober, also zu Beginn der Hinrunde, traten vor allem in den Männerligen rund die Hälfte aller Verletzungen gehäuft auf. In der Periode zwischen dem Monat März und Mai wurden hingegen im weiblichen Profifußball rund die Hälfte der Rupturen registriert. Diese Zeitspanne fällt in das Ende der Rückrunde und markiert das Ende der Saison. Giza et al. (2005) beschrieb die Phase zum Saisonende hin ebenfalls mit gehäufte Anzahl an Verletzungen. Viele Publikationen diskutieren eine Häufung von VKB-Rupturen zum Ende der Hin- und Rückrunde, aufgrund von wiederholter Belastung und zum Ende der gesamten Spielzeit durch die gesteigerte Relevanz der einzelnen Spiele und somit gesteigertem Einsatz der Athleten (Engström et al., 1990; Faude et al., 2009). Über sechs Spielzeiten hinweg wurden in Norwegen akute Verletzungen vor allem im April und September beobachtet. Dabei handelt es sich, aufgrund der klimatischen Begebenheiten in Norwegen um den ersten Monat der Spielbelastung und das Ende der Saison. Grund hierfür sind neben der vermehrten Belastung zum Ende der Saison, die ungewohnte hohe Belastung zu Beginn der Spielzeit (Bjørneboe et al., 2014). Engström et al. (1991) beschrieb die gehäufte Rate an Verletzungen zu Beginn der Saison im schwedischen Frauenfußball ebenfalls.

Differenziert man den Zeitpunkt der Kreuzbandruptur genauer und betrachtet die Spiel- oder Trainingsminute, lässt sich eine homogene Verteilung in erste und zweite Halbzeit erfassen. Bei Männern fanden sich die meisten Verletzungen zum Ende der ersten und zweiten Halbzeit, sowie zu Beginn beider Halbzeiten. Auch bei den Frauen wurden vermehrt Läsionen zum Ende der zweiten und Beginn der ersten Halbzeit diagnostiziert. Einzig das Ende der ersten und der Beginn der zweiten Spielhälfte waren hier die verletzungsärmsten Phasen. Die erhöhte Belastung, aufgrund der

bevorstehenden Pause bzw. des Spielendes, zum Ende der Halbzeiten hin wurde schon oftmals in der Literatur beschrieben (Engström et al., 1990; Hawkins et al., 2001; Ekstrand et al., 2011a; Ekstrand et al., 2011b). Auch die hier festgestellte Verteilung der Rupturen auf erste und zweite Spielhälfte wurde schon 2006 in Dänemark von Faunø und Wulff Jakobsen beobachtet. Die erhöhte Rate an Läsionen zu Beginn der jeweiligen Halbzeiten wird vor allem mangelhaftem Aufwärmen zugeschrieben (Waldén et al., 2011).

Ein Großteil der aufgetretenen Kreuzbandereignisse fand während des Wettkampfes statt. Bei Frauen lag der Anteil knapp über dem der Männer. Zur Unterteilung in Trainings- und Wettkampfverletzungen hat die Literatur ebenfalls eine einheitliche Meinung. Durch die reduzierte Intensität und fehlende Wettkampfhärte tritt bei beiden Geschlechtern der geringere Anteil an Rupturen während des Trainings auf (Engström et al., 1990; Engström et al., 1991; Bjordal et al., 1997; Dvorak und Junge, 2000; Hawkins et al., 2001; Arnason et al., 2004; Giza et al., 2005; Hägglund et al., 2009b; Hägglund et al., 2009a; Waldén et al., 2011; Joseph et al., 2013; Krutsch et al., 2016). Faude et al. (2005) beschrieb sogar alle aufgetretenen VKB-Läsionen als Wettkampfverletzung.

Der Verletzungsmechanismus ist einer der entscheidenden Punkte bei der Entwicklung von Präventionsprogrammen. Zwischen Männern und Frauen im Profifußball fiel vor allem der Anteil direkter Kontaktverletzungen, also mit direkter äußerer Krafteinwirkung assoziierte Läsionen, signifikant auf. Bei den Herren erlitten 42,9% der Spieler durch diesen Mechanismus ihre Ruptur, während bei Spielerinnen der Anteil bei 13,6% lag. Dagegen wurden bei den Damen mehr indirekte und Verletzungen ohne Kontakt festgestellt. Dies ist insofern interessant, da ein Großteil der Literatur von einer Häufung von Nicht-Kontakt-Verletzungen berichtet. Die Anteile variieren dabei zwischen 60 und über 80% (Agel et al., 2005; Faunø und Wulff Jakobsen, 2006; Rochcongar et al., 2009; Waldén et al., 2011; Waldén et al., 2011; Waldén et al., 2015; Larruskain et al., 2018). Krutsch et al. zeigte hingegen 2016 ein ähnliches Muster, mit einer ebenfalls hohen Anzahl an Kreuzbandrupturen durch Kontaktverletzungen. Der Anteil lag hier bei 53,8% und 46,2% bei Nicht-Kontaktläsionen. Analog wurden gleiche Raten bei einer Videoanalyse in Amerika erfasst (Brophy et al., 2015). Der vergrößerte Anteil von Herren mit direkter Kontaktruptur ist durch den größeren körperlichen Einsatz, vermehrte Intensität in Zweikämpfen und somit erhöhter Anteil an Kontaktsituationen, sowie auch verringertes

Fair-Play Verhalten zu erklären (Hägglund et al., 2009a). In den Publikationen, die weibliche Ligen betreffen, wird die Nicht-Kontaktruptur, als häufigster Mechanismus beschrieben (Joseph et al., 2013; Sutton und Bullock, 2013). Bei der Betrachtung der ersten Frauenbundesliga in Deutschland ermittelte Faude et al. (2005) einen Anteil von 63% an Rupturen ohne Krafteinwirkung, Giza et al. (2005) hingegen stellte sogar 75% von VKB-Läsionen mit diesem Verletzungsmechanismus in der ersten Liga in Nordamerika fest. Brophy et al. (2015) registrierte hingegen, wie bereits bei den Herren, auch hier einen, mit 60,9%, erhöhten Anteil von Rupturen mit Kontakt während des Ereignisses. Allerdings unterscheidet die Literatur oftmals nur in Kontakt und Nicht-Kontakt Ereignisse und ist so für einen Vergleich mit der hier verwendeten genaueren Unterteilung in direkte und indirekte Kontaktverletzungen nur bedingt geeignet.

Kontaktverletzungen im Fußball stehen auch immer mit Foulspielen in Verbindung. Passend zu den Ergebnissen bezüglich des Mechanismus, wurde bei einem Viertel der Herren in der Verletzungssituation vom Schiedsrichter auf Foul entschieden. Bei den Spielerinnen war es hingegen in keiner der Konstellationen der Fall. Bei der vorangegangenen Untersuchung der Saison 2003/04 der deutschen Frauenbundesliga waren 10% der Kreuzbandverletzungen mit einem Foulspiel assoziiert (Faude et al., 2005). In männlichen Ligen zeigte sich dagegen eine erhöhte Zahl von Verletzungen in Verbindung mit Verstößen gegen die Spielregeln. Engström et al. (1990) fand bei Knieverletzungen durch Traumata eine Rate von 28%, die durch Foulspiele entstanden sind. Aktueller sind noch die Zahlen von Walden et al. (2011), der 8 Saisons lang über 2.300 Spieler in europäischen Spitzenligen untersucht hat. Dabei war ein Anteil von 17% aller vorderen Kreuzbandverletzungen durch ein Foul ausgelöst worden. Der signifikant geringere Anteil von VKB-Rupturen in den weiblichen Profiligen, die durch ein Foulspiel verursacht wurden, lässt sich wie die Differenzen bezüglich des Verletzungsmechanismus erklären. Die verringerte Menge an Kontaktsituationen entsteht durch reduzierten körperlichen Einsatz und Intensität in Zweikämpfen und durch verstärktes Fairnessverhalten verglichen mit den Herren (Hägglund et al., 2009a).

Auch die Untersuchung, ob sich die Spielerin oder der Spieler während der Ruptur im Angriff oder der Abwehr befunden hat, ist in dieser Hinsicht relevant. Spielerinnen agierten während des Verletzungsereignisses vermehrt im Angriff, wogegen die Spieler in der Mehrheit im Abwehrspiel beteiligt waren. Trotz Publikationen die von

keinen statistischen Unterschieden zwischen Angriff und Abwehr sprechen, wurden hier diese signifikanten Daten erhoben (Faunø und Wulff Jakobsen, 2006). Ein Großteil der Literatur spricht allerdings von höheren Verletzungsraten in der Abwehr (Monfort et al., 2015). Brophy et al. (2015) stellte im Rahmen einer Videoanalyse ebenfalls fest, dass sich die meisten Athletinnen und Athleten in einer Abwehrsituation befanden. Hier lag der Anteil der Damen überraschenderweise sogar höher als bei den Männern bei 87% (Brophy et al., 2015). In einer weiteren Video-Analyse Studie wurde bei den Herren ebenfalls gehäuft Abwehrverhalten (78,8%) während der Läsion ermittelt (Waldén et al., 2015). Erklärbar wird dies durch das Bewegungsmuster, welches während der Abwehr abläuft. Häufige Richtungswechsel, Kopfbälle und schnelle unerwartete Bewegungen sind dabei festzustellen und zählen zu typischen Verletzungsmechanismen (Yu und Garrett, 2007; Alentorn-Geli et al., 2009a).

Bei der genauen Untersuchung des Verletzungsgeschehens wurde in dieser Arbeit in Situation, Aktion und Phase differenziert. Häufigste Situation die in beiden Geschlechtern zu einer VKB-Ruptur geführt hat war der Richtungswechsel und die Landung. Bei Herren wurden außerdem vermehrt Läsionen bei Abstoppbewegungen verzeichnet. Unter den häufigsten Aktionen zeigte sich bei den männlichen Spielern das Tackling und Dribbling. Dem entgegen fanden sich bei den Athletinnen die meisten Verletzungen in Dribblings und Pässen. Ein gleichmäßigeres Bild wurde bei der Spiel-/Trainingsphase beobachtet. Die meisten Kreuzbandrupturen wurden sowohl bei den Herren, als auch bei den Damen während des freien Spiels registriert. Bei der Diskussion dieser Ergebnisse mit der Literatur ist feststellbar, dass bisher eine so genaue Unterscheidung in Situation, Aktion und Phase nicht publiziert wurde. Faude et al. (2005) beschrieb dabei bereits für die 1. Frauen-Bundesliga den Richtungswechsel als häufigste Situation. Ebenso wurde im männlichen Profifußball in Frankreich und Dänemark der Wechsel der Laufrichtung als eine der häufigsten Situationen, neben der Landung nach einem Kopfball, erkannt (Faunø und Wulff Jakobsen, 2006; Rochcongar et al., 2009). Viele die männlichen Spieler betreffende Publikationen berichten auch von Anteilen um die 40% von Tacklings während der Verletzungsaktion. Ebenfalls für Spielerinnen sind solche Zahlen bzw. noch höhere Raten (bis zu 65%) beschrieben (Bjordal et al., 1997; Faude et al., 2005; Brophy et al., 2015). Aufgrund der in dieser Arbeit niedrigen Zahl von 13,6% der Athletinnen mit direkten Kontaktverletzungen ist der hier erfasste geringe Anteil Rupturen während eines Tacklings plausibel. Bei den meisten Situationen lässt sich dabei das typische

multi-planare Verletzungsmuster der vorderen Kreuzbandruptur erkennen. Bei fehlender neuromuskulärer Kontrolle knickt das Kniegelenk im Valgus-Außenrotations-Flexions-Stress, Varus-Innenrotations-Flexions-Stress, bei Innenrotationstrauma, Hyperextension oder Hyperflexion weg. Auch nach Wiedererlangen der Balance oder bei Landung im Valgus oder mit relativ gestrecktem Bein sind vermehrt Verletzungen beschrieben (Boden et al., 2000; Wilcke, 2004a; Mandelbaum et al., 2005; Shimokochi und Shultz, 2008; Alentorn-Geli et al., 2009a; Dvorak et al., 2009; Waldén et al., 2015; Hewett et al., 2016).

Die Rolle von Ballbesitz zeigten bereits Highschool-Schüler, die eine signifikant erhöhte Rate für Verletzungen aller Arten am Kniegelenk aufwiesen (Monfort et al., 2015). Auch in dieser Arbeit wurden bei beiden Geschlechtern die meisten Rupturen bei Besitz des Spielgeräts beobachtet. Auch in Dänemark bei Herren ein Großteil der Rupturen bei Ballführung durch den Verletzten (Faunø und Wulff Jakobsen, 2006).

Die eigentliche Kreuzbandverletzung trat in den seltensten Fällen isoliert auf. Bei beiden Geschlechtern war die Mehrheit der Rupturen mit einer anderen Verletzung im Kniegelenk assoziiert. Der Großteil der Herren erlitt weitere Läsionen am lateralen Meniskus, wogegen bei den weiblichen Spielerinnen vor allem der mediale Meniskus betroffen war. Das mediale Kollateralband war darüber hinaus ebenfalls häufig bei männlichen Fußballern betroffen. Bereits bei Walden et al. (2011) zeigte sich diese Verteilung von Begleitverletzungen im Profifußball. Aufgrund des häufigen Valgus-Stress während des Rupturgeschehens sind vor allem lateraler Meniskus und das mediale Seitenband Lokalisation von assoziierten Läsionen (Waldén et al., 2011).

Als Risikofaktor für männliche Athleten ließ sich auch der Spielklassenwechsel, insbesondere in eine höhere Liga, festmachen, während dieser bei den Damen eher zu vernachlässigen war. Ähnliche Zahlen existieren in der Literatur nicht, allerdings wurde bei der Neustrukturierung der 3. Liga in Deutschland beobachtet, dass 90,5% der VKB-Verletzten aus einem niedrigeren Spielniveau kommen (Krutsch et al., 2016). Ein weiterer signifikanter Unterschied besteht in der Einschätzung nach geschätzter Ausfallzeit vom Spielgeschehen. Die meisten Männer gaben hier an zwischen 6 und 8 Monaten zu Fehlen. Gegensätzliches wurde bei den Frauen dokumentiert, wo ein Großteil 9 bis 12 Monate Auszeit vom Spielbetrieb erwartete. Tatsächlich zeigten Studien, dass im professionellen Herrenfußball oft nur 6 Monate Pause bis zur Rückkehr zum aktiven Spielbetrieb nötig sind und in den Frauenligen, je nach Quelle, zwischen 6 und mehr als 8 Monaten (Faude et al., 2005; Larruskain et al., 2018;

Krutsch et al., 2020b). Die lange Ausfallzeit und Schwere der Verletzung sorgt auch für die Angst eines Karriereendes. Vor allem Damen gab an, dass sie ein Karriereende aufgrund der Kreuzbandverletzung befürchten. Vor allem die schlechten Raten der Aktiven, die wieder zum gleichen Niveau, wie vor der Ruptur, kommen und die Ausfallzeit, die bei Frauenligen sogar für 43% aller Fehlzeiten verantwortlich ist, lassen diese Verletzung so schwerwiegend werden (Hewett et al., 2006; Angele et al., 2013).

6.3 Schlussfolgerungen für den praktischen Alltag

Wie bereits beschrieben trat die vordere Kreuzbandverletzung auch in dieser Studie mit hoher Frequenz auf. Obwohl sie im Profisport nur 0,5% aller Verletzungen ausmacht, verursacht sie bis zu 19% der Arbeitsunfähigkeitstage und bis zu 15% der Kosten (Luig et al., 2018a). Oberstes Ziel ist die Prävention der Verletzung, nicht nur in Hinblick auf die langen Ausfallzeiten zwischen 9 und 12 Monaten, sowie die hohen Kosten, sondern vor allem hinsichtlich der degenerativen Folgeschäden im Kniegelenk (Engström et al., 1990; Myklebust und Bahr, 2005; Lohmander et al., 2007; Meunier et al., 2007; Norris et al., 2012; Friel und Chu, 2013; Zaffagnini et al., 2014; Luig et al., 2018a). Speziell die Unterschiede zwischen den einzelnen Disziplinen identifizieren Handball und Fußball, insbesondere den Frauenfußball, als besonders verletzungsgefährdet.

Im Rahmen dieser Studie wurden auch typische Verletzungssituationen beobachtet. Speziell Richtungswechsel und Landungen waren dabei besonders mit Kreuzbandrupturen assoziiert. Hier lassen sich durch Änderungen von Training und das Setzen von neuen Schwerpunkten eine Verringerung von Rupturraten erreichen. Vor allem die Implementierung von Präventionsprogrammen, wie dem FIFA11+ Programm, spielt dabei eine große Rolle. Dadurch wurde eine Reduktion der Läsionen im Fußball von bis zu 30% beobachtet (Sadigursky et al., 2017). Obwohl FIFA11+ ursprünglich nur für den Fußball entwickelt wurde, konnte damit auch im Basketball eine signifikante Reduktion der Läsionen erreicht werden (Longo et al., 2012). Bei der Vermeidung von Läsionen während der Landung können für die anderen Sportarten auch Erkenntnisse aus dem Basketball übernommen werden. Die Stärkung des M. biceps femoris sorgte hier für die Reduktion von Verletzungen nach Landungen (Fujii et al., 2012). Auch vermehrtes Propriozeptionstraining und Neuromuskuläres Training können bei der Prävention von VKB-Rupturen helfen (Petersen et al., 2002; Peterson

und Krabak, 2014; Swart et al., 2014; Donnell-Fink et al., 2015; Minhas et al., 2016; Petersen et al., 2016; Mohtadi und Chan, 2017; Mehl et al., 2018).

All diese Mechanismen zählten auf die Reduktion von Verletzungen ohne Kontakt, wie sie im Fußball, Handball und Basketball üblich sind, ab. Aber vor allem im Eishockey entstanden die meisten VKB-Rupturen durch direkte Kontaktverletzungen, meist infolge von Body-Checks. Insbesondere wegen dem vermehrten Auftreten von Läsionen während Wettkämpfen würde sich hier ein härteres Eingreifen der Schiedsrichter bzw. eine Regeländerung als Ansatz zur Reduktion anbieten.

Ein größeres Augenmerk sollte ebenso auf den Saisonzeiten mit vermehrten Verletzungen liegen. Zu Beginn und zum Ende der Spielzeiten traten verstärkt Kreuzbandverletzungen auf. Durch eine Änderung der Trainings- und Belastungssteuerung kann hier der Versuch unternommen werden die Zahl der Läsionen in diesen Zeiträumen zu minimieren.

6.4 Limitationen und Perspektiven

Durch die Anlage und Charakteristik der Studie bedingt traten einige Limitationen auf. Die Mediensuche nach Verletzten hat zwar valide Zahlen für Verletzungen ermittelt und wurde bereits hinreichend validiert (Krutsch et al., 2020a), allerdings lässt sich nicht ausschließen, dass vereinzelte Rupturen nicht veröffentlicht wurden, vor allem außerhalb des medial sehr präsenten professionellen Herrenfußballs. Auch durch fehlende Rückmeldung der Spielerinnen und Spieler auf unsere Anfrage gingen Daten verloren und konnten nicht ausgewertet werden. Bei der Ermittlung der Trainingsbelastung, die die Zahlen anderer Publikationen verglichen hat und einen Mittelwert daraus gebildet hat, gab es einen Unterschied in der Quantität und Qualität der verwendeten Literatur. Im Herrenfußball und Handball war somit aufgrund der guten Studienlage eine Unterteilung der Belastung in einzelne Ligen möglich, während in den anderen Disziplinen ein Mittelwert für die jeweilige Sportart bestimmt wurde und für alle Ligen angewendet wurde. In zukünftigen Studien wäre hier eine Abfrage der wöchentlichen Trainingsbelastung erstrebenswert, um eine adäquate Berechnung der Inzidenz zu gewährleisten. Trotz des „Consensus Statements“ von Fuller et al. (2006) zeigte sich der Vergleich der Inzidenzen mit der Literatur als problematisch, da keine einheitliche Form der Erhebung zur Trainings- und Spielbelastung verwendet wird. Häufig wird in Publikationen nur mit der Spielexposure gerechnet und Inzidenzen damit

verfälscht. Limitationen ergaben sich darüber hinaus auch in der Beantwortung und Qualität der aufgefüllten Fragebögen. Zwar wurden die Fragebögen sowohl an Spieler, als auch an die Mannschaftsärzte verschickt, allerdings zeigen einige Ergebnisse, dass die Bearbeitung ohne medizinisches Personal ausgeführt wurde. Anteile von 33,3% bei Spielern (Basketball), denen eine orthopädische Untersuchung zugekommen ist oder Röntgenquoten bei 17,9% (Fußball) bzw. 0% (Basketball und Eishockey) lassen auf das Nichtwissen der Athleten bezüglich der diagnostischen Methodik schließen, da es sich bei diesen Untersuchungen, laut Leitlinien, um notwendige Maßnahmen handelt (Herbort und Lobenhoffer, 2018). Auch dass nicht Alle einer Magnetresonanztomographie zugeführt wurden (z.B.: Eishockey: 60%) ist schwer vorzustellen, zumal es Publikationen im Profisport gibt, die 100-prozentige MRT-Raten beschreiben (Waldén et al., 2011). Positiv hervorzuheben sind das longitudinale Studiendesign und die Laufzeit des Kreuzbandregisters über inzwischen schon 4 Jahre und somit stetig wachsende Bekanntheit und Akzeptanz. Ebenfalls die prospektive Auslegung wirkte sich positiv aus.

7 Fazit

Diese prospektive Kohortenstudie erfasste über zwei Spielzeiten alle Kreuzbandläsionen, die in den männlichen deutschen Profiligen im Fußball, Handball, Basketball und Eishockey, sowie den weiblichen Frauenbundesligen aufgetreten sind. Dabei stand die Untersuchung der Auftrittswahrscheinlichkeit und der Risikofaktoren in den jeweiligen Disziplinen im Vordergrund.

Bereits bei der Ermittlung der Trainings- und Wettkampfanzahl und Dauer wurden Unterschiede zwischen den Disziplinen erfasst. In den niedrigeren Profiligen fanden sich höhere Belastungen bezogen auf die Trainingsanzahl, allerdings geringere Stundenanzahlen in Wettkämpfen.

Insbesondere Fußball und Handball stachen mit einer erhöhten Inzidenz von VKB-Rupturen im Vergleich der Teamsportarten heraus. Über alle Sportarten hinweg waren hierbei vor allem der Beginn der Saison und jeweils das Ende am meisten gefährdet. Bei Betrachtung des Verletzungsmechanismus ist vor allem im Eishockey der hohe Anteil an direkten Kontaktläsionen auffallend. Auch im Fußball zeigte sich knapp die Hälfte der Verletzungen bei Kontakt mit Gegen- oder Mitspieler. Die Kreuzbandrupturen traten überwiegend während der Wettkämpfe auf und hier

insbesondere bei Meisterschaftsspielen, die den Großteil der Spielbelastung ausmachen. Interessant verhält sich die Verteilung der Begleitverletzungen in den jeweiligen Sportarten. Im Fußball wurde meistens der laterale Meniskus als mit betroffen angegeben, während im Handball und Basketball der mediale Meniskus mitbeteiligt war. Diese Tatsache lässt sich nicht durch unterschiedliche Verletzungssituationen erklären, da in allen drei Sportarten vor allem beim Abstoppen, Richtungswechseln und Landungen die Läsionen auftraten.

Die Untersuchung beider Geschlechter im professionellen Fußball in Deutschland ergab, trotz der geringeren Gesamtzahl an Spiel- und Trainingsstunden, eine Häufung von Kreuzbandläsionen in den weiblichen Ligen. Die verletzen Spielerinnen waren darüber hinaus aus signifikant jünger und hatten folglich auch weniger Spielerfahrung, was zusätzlich zu der erhöhten Rupturrate geführt haben könnte. Wie bereits in den Mannschaftssportarten wurden auch im Vergleich dieser Populationen vermehrt Verletzungen während der Wettkämpfe gefunden. Dabei traten die Rupturen sowohl bei den Frauen, als auch bei den Männern gehäuft bei Richtungswechseln und Landungen auf. Auffallend ist in den weiblichen Profiligen der geringe Anteil an direkten Kontaktverletzungen, im Vergleich zu den Herren. Die Läsionen ohne Kontakt waren hier signifikant erhöht, was sich ebenfalls in der Rate an Foulspielen während der Verletzungssituation zeigt. Betrachtet man den Verletzungszeitpunkt zeigen sich keine Unterschiede, sondern bei beiden Geschlechtern vermehrt Rupturen zu Beginn der Saison und an Ende. Auch hier war die Verteilung der Begleitverletzungen, die mit der Kreuzbandverletzung aufgetreten sind, interessant zu analysieren. Während Männer oftmals eine zusätzliche Läsion am lateralen Meniskus erlitten, traten bei Frauen gehäuft Verletzungen am medialen Meniskus auf.

Aufgrund des kurzen Untersuchungszeitraums und der Menge an befragten Athletinnen und Athleten, empfiehlt sich eine Weiterführung dieser Studie. Mit gesammelten Daten über einen längeren Zeitraum hinweg, lassen sich genauere Aussagen und Vorhersagen für das Auftreten der vorderen Kreuzbandruptur in den Profiligen treffen. Anhand dieser Ergebnisse lassen sich weitere Rückschlüsse auf Spielsituationen oder Phasen mit erhöhter Verletzungsanfälligkeit schließen und bieten Grundlagendaten für die Erforschung von Kreuzbandverletzungen im Profisport.

8 Literaturverzeichnis

1. Achenbach L, Krutsch V, Weber J, Nerlich M, Luig P, Loose O, Angele P, Krutsch W. 2017. Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* DOI: 10.1007/s00167-017-4758-5.
2. Agel J, Arendt EA, Bershadsky B. 2005. Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer: a 13-year review. *Am J Sports Med*, 33(4):524–530 DOI: 10.1177/0363546504269937.
3. Agel J, Rockwood T, Klossner D. 2016. Collegiate ACL Injury Rates Across 15 Sports: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System Data Update (2004-2005 Through 2012-2013). *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*, 26(6):518–523 DOI: 10.1097/JSM.0000000000000290.
4. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. 2009a. 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 Off J ESSKA*, 17(7):705–729 DOI: 10.1007/s00167-009-0813-1.
5. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. 2009b. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*, 17(8):859–879 DOI: 10.1007/s00167-009-0823-z.
6. Åman M, Forssblad M, Larsén K. 2018. Incidence and body location of reported acute sport injuries in seven sports using a national insurance database. *Scand J Med Sci Sports*, 28(3):1147–1158 DOI: 10.1111/sms.12956.
7. Angele P, Eichhorn H-J, Hoffmann H, Krutsch W. 2013. Prävention von vorderen Kreuzbandrupturen. *Stift Zur Förd Arthrosc*, (26):28.
8. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. 2004. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med*, 32(1 Suppl):5S-16S DOI: 10.1177/0363546503258912.
9. Benis R, LA Torre A, Bonato M. 2018. Anterior cruciate ligament injury profile in female elite Italian basketball league. *J Sports Med Phys Fitness*, 58(3):280–286 DOI: 10.23736/S0022-4707.16.06663-9.
10. Beynon BD, Vacek PM, Newell MK, Tourville TW, Smith HC, Shultz SJ, Slauterbeck JR, Johnson RJ. 2014. The Effects of Level of Competition, Sport, and Sex on the Incidence of First-Time Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *Am J Sports Med*, 42(8):1806–1812 DOI: 10.1177/0363546514540862.
11. Bjordal JM, Arnøy F, Hannestad B, Strand T. 1997. Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Soccer. *Am J Sports Med*, 25(3):341–345 DOI: 10.1177/036354659702500312.

12. Bjørneboe J, Bahr R, Andersen TE. 2014. Gradual increase in the risk of match injury in Norwegian male professional football: A 6-year prospective study. *Scand J Med Sci Sports*, 24(1):189–196 DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01476.x.
13. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, Garrett WE. 2000. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6):573–578.
14. Brophy R, Silvers HJ, Gonzales T, Mandelbaum BR. 2010. Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *Br J Sports Med*, 44(10):694–697 DOI: 10.1136/bjsm.2008.051243.
15. Brophy RH, Stepan JG, Silvers HJ, Mandelbaum BR. 2015. Defending Puts the Anterior Cruciate Ligament at Risk During Soccer: A Gender-Based Analysis. *Sports Health*, 7(3):244–249 DOI: 10.1177/1941738114535184.
16. Caparrós T, Alentorn-Geli E, Myer GD, Capdevila L, Samuelsson K, Hamilton B, Rodas G. 2016. The Relationship of Practice Exposure and Injury Rate on Game Performance and Season Success in Professional Male Basketball. *J Sports Sci Med*, 15(3):397–402.
17. Deitch JR, Starkey C, Walters SL, Moseley JB. 2006. Injury risk in professional basketball players: a comparison of Women's National Basketball Association and National Basketball Association athletes. *Am J Sports Med*, 34(7):1077–1083 DOI: 10.1177/0363546505285383.
18. Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, Nabiuzzi A, Tosarelli F, Zaffagnini S, Della Villa S. 2020. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *Br J Sports Med*, 54(23):1423–1432 DOI: 10.1136/bjsports-2019-101247.
19. Donnell-Fink LA, Klara K, Collins JE, Yang HY, Goczalk MG, Katz JN, Losina E. 2015. Effectiveness of Knee Injury and Anterior Cruciate Ligament Tear Prevention Programs: A Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 10(12) DOI: 10.1371/journal.pone.0144063.
20. DOSB. 2020. Bestandserhebung 2019. [Aufruf am: 19.07.2020] URL: https://cdn.dosb.de/user_upload/www.dosb.de/medien/BE/BE-Heft_2019.pdf.
21. Dvorak J, Junge A. 2000. Football injuries and physical symptoms. A review of the literature. *Am J Sports Med*, 28(5 Suppl):S3-9.
22. Dvorak J, Junge A, Grimm K. 2009. F-MARC Football Medicine Manual 2nd Edition. URL: http://www.ffiri.ir/Uploads/Aeen-Nameh/FMM_Medicine%20Manual_FINAL_E.pdf.
23. Eirale C, Farooq A, Smiley FA, Tol JL, Chalabi H. 2013. Epidemiology of football injuries in Asia: a prospective study in Qatar. *J Sci Med Sport*, 16(2):113–117 DOI: 10.1016/j.jsams.2012.07.001.
24. Ekstrand J, Häggglund M, Waldén M. 2011a. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*, 39(6):1226–1232 DOI:

10.1177/0363546510395879.

25. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. 2011b. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med*, 45(7):553–558 DOI: 10.1136/bjsm.2009.060582.
26. Engström B, Forssblad M, Johansson C, Törnkvist H. 1990. Does a major knee injury definitely sideline an elite soccer player? *Am J Sports Med*, 18(1):101–105 DOI: 10.1177/036354659001800118.
27. Engström B, Johansson C, Törnkvist H. 1991. Soccer injuries among elite female players. *Am J Sports Med*, 19(4):372–375 DOI: 10.1177/036354659101900408.
28. Faude O, Junge A, Kindermann W, Dvorak J. 2005. Injuries in Female Soccer Players: A Prospective Study in the German National League. *Am J Sports Med*, 33(11):1694–1700 DOI: 10.1177/0363546505275011.
29. Faude O, Junge A, Kindermann W, Dvorak J. 2006. Risk factors for injuries in elite female soccer players. *Br J Sports Med*, 40(9):785–790 DOI: 10.1136/bjsm.2006.027540.
30. Faude O, Meyer T, Federspiel B, Kindermann W. 2009. Verletzungen im deutschen Profifußball: eine Analyse auf Basis von Medieninformationen. *Dtsch Z Für Sportmed*, 60(6):S. 139-144.
31. Faunø P, Wulff Jakobsen B. 2006. Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Int J Sports Med*, 27(1):75–79 DOI: 10.1055/s-2005-837485.
32. FIBA. 2018. fcom - About FIBA - Quick facts. FIBA.basketball [Aufruf am: 30.05.2018] URL: <http://www.fiba.basketball/en/Page/f439097c-85aa-4996-97d6-65f4b4b193d8/0fe4dd12-c1d0-4fb5-9e36-0f4559c28993>.
33. Flandry F, Hommel G. 2011. Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports Med Arthrosc Rev*, 19(2):82–92 DOI: 10.1097/JSA.0b013e318210c0aa.
34. Friel NA, Chu CR. 2013. The role of ACL injury in the development of posttraumatic knee osteoarthritis. *Clin Sports Med*, 32(1):1–12 DOI: 10.1016/j.csm.2012.08.017.
35. Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB. 1999. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part 1: Biology and biomechanics of reconstruction. *Am J Sports Med*, 27(6):821–830 DOI: 10.1177/03635465990270062501.
36. Fujii M, Sato H, Takahira N. 2012. Muscle activity response to external moment during single-leg drop landing in young basketball players: the importance of biceps femoris in reducing internal rotation of knee during landing. *J Sports Sci Med*, 11(2):255–259.
37. Fuller C W, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, Hägglund M, McCrory P, Meeuwisse WH. 2006. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Br J Sports*

Med, 40(3):193–201 DOI: 10.1136/bjism.2005.025270.

38. Fuller C. W., Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, Hägglund M, McCrory P, Meeuwisse WH. 2006. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scand J Med Sci Sports*, 16(2):83–92 DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00528.x.
39. der Fünten K aus, Faude O, Lensch J, Meyer T. 2014. Injury Characteristics in the German Professional Male Soccer Leagues After a Shortened Winter Break. *J Athl Train*, 49(6):786–793 DOI: 10.4085/1062-6050-49.3.51.
40. Giza E, Mithöfer K, Farrell L, Zarins B, Gill T. 2005. Injuries in women's professional soccer. *Br J Sports Med*, 39(4):212–216; discussion 212-216 DOI: 10.1136/bjism.2004.011973.
41. Gornitzky AL, Lott A, Yellin JL, Fabricant PD, Lawrence JT, Ganley TJ. 2016. Sport-Specific Yearly Risk and Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears in High School Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*, 44(10):2716–2723 DOI: 10.1177/0363546515617742.
42. Granan L-P, Inacio MCS, Maletis GB, Funahashi TT, Engebretsen L. 2013. Sport-specific injury pattern recorded during anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 41(12):2814–2818 DOI: 10.1177/0363546513501791.
43. Hägglund M, Waldén M. 2016. Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*, 24(3):737–746 DOI: 10.1007/s00167-015-3922-z.
44. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. 2009a. Injuries among male and female elite football players. *Scand J Med Sci Sports*, 19(6):819–827 DOI: 10.1111/j.1600-0838.2008.00861.x.
45. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. 2006. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med*, 40(9):767–772 DOI: 10.1136/bjism.2006.026609.
46. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. 2009b. UEFA injury study--an injury audit of European Championships 2006 to 2008. *Br J Sports Med*, 43(7):483–489 DOI: 10.1136/bjism.2008.056937.
47. Hawkins RD, Fuller CW. 1999. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *Br J Sports Med*, 33(3):196–203.
48. Hawkins RD, Hulse MA, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. 2001. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med*, 35(1):43–47 DOI: 10.1136/bjism.35.1.43.
49. Henke T, Luig P, Schulz D. 2014. [Sports injuries in German club sports, Aspects of epidemiology and prevention]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 57(6):628–637 DOI: 10.1007/s00103-014-1964-x.

50. Herbolt M, Lobenhoffer P. 2018. DGU-Leitlinie 012-005 Vordere Kreuzbandruptur. AWMF Online:37.
51. Hewett TE, Di Stasi SL, Myer GD. 2013. Current concepts for injury prevention in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 41(1):216–224 DOI: 10.1177/0363546512459638.
52. Hewett TE, Ford KR, Myer GD. 2006. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med*, 34(3):490–498 DOI: 10.1177/0363546505282619.
53. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. 1999. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med*, 27(6):699–706 DOI: 10.1177/03635465990270060301.
54. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. 2005. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med*, 33(4):492–501 DOI: 10.1177/0363546504269591.
55. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. 2016. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc*, 34(11):1843–1855 DOI: 10.1002/jor.23414.
56. Hootman JM, Dick R, Agel J. 2007. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train*, 42(2):311–319.
57. IIHF. 2017. Survey of Players. [Aufruf am: 30.05.2018] URL: <http://www.iihf.com/iihf-home/the-iihf/survey-of-players/>.
58. Jacobson I, Tegner Y. 2007. Injuries among Swedish female elite football players: a prospective population study. *Scand J Med Sci Sports*, 17(1):84–91 DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00524.x.
59. Johnson U, Ivarsson A, Karlsson J, Hägglund M, Waldén M, Börjesson M. 2016. Rehabilitation after first-time anterior cruciate ligament injury and reconstruction in female football players: a study of resilience factors. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 8:20 DOI: 10.1186/s13102-016-0046-9.
60. Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. 2013. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J Athl Train*, 48(6):810–817 DOI: 10.4085/1062-6050-48.6.03.
61. Junge A, Dvořák J. 2015. Football injuries during the 2014 FIFA World Cup. *Br J Sports Med*, 49(9):599–602 DOI: 10.1136/bjsports-2014-094469.
62. Junge A, Dvorak J. 2013. Injury surveillance in the World Football Tournaments

- 1998-2012. *Br J Sports Med*, 47(12):782–788 DOI: 10.1136/bjsports-2013-092205.
63. Junge A, Langevoort G, Pipe A, Peytavin A, Wong F, Mountjoy M, Beltrami G, Terrell R, Holzgraefe M, Charles R, Dvorak J. 2006. Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. *Am J Sports Med*, 34(4):565–576 DOI: 10.1177/0363546505281807.
 64. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. 2017. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med*, 36(1):1–8 DOI: 10.1016/j.csm.2016.08.001.
 65. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. 1982. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med*, 10(6):329–335 DOI: 10.1177/036354658201000601.
 66. Kiapour AM, Murray MM. 2014. Basic science of anterior cruciate ligament injury and repair. *Bone Jt Res*, 3(2):20–31 DOI: 10.1302/2046-3758.32.2000241.
 67. Kluczynski MA, Kang JV, Marzo JM, Bisson LJ. 2016. Magnetic Resonance Imaging and Intra-articular Findings After Anterior Cruciate Ligament Injuries in Ice Hockey Versus Other Sports. *Orthop J Sports Med*, 4(5):2325967116646534 DOI: 10.1177/2325967116646534.
 68. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, Hewett TE, Bahr R. 2007. Mechanisms of Anterior Cruciate Ligament Injury in Basketball: Video Analysis of 39 Cases. *Am J Sports Med*, 35(3):359–367 DOI: 10.1177/0363546506293899.
 69. Krutsch V, Grechenig S, Loose O, Achenbach L, Zellner J, Striegel H, Alt V, Weber J, Braun M, Gerling S, Krutsch W. 2020a. Injury Analysis in Professional Soccer by Means of Media Reports - Only Severe Injury Types Show High Validity. *Open Access J Sports Med*, (11):123–131 DOI: 10.2147/OAJSM.S251081.
 70. Krutsch W, Krutsch V, Hilber F, Pfeifer C, Baumann F, Weber J, Schmitz P, Kerschbaum M, Nerlich M, Angele P. 2018. 11.361 sports injuries in a 15-year survey of a Level I emergency trauma department reveal different severe injury types in the 6 most common team sports. *Sportverletz Sportschaden Organ Ges Orthopadisch-Traumatol Sportmed*, 32(2):111–119 DOI: 10.1055/s-0583-3792.
 71. Krutsch W, Lehmann J, Jansen P, Angele P, Fellner B, Achenbach L, Krutsch V, Nerlich M, Alt V, Loose O. 2020. Prevention of severe knee injuries in men's elite football by implementing specific training modules. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*, 28(2):519–527 DOI: 10.1007/s00167-019-05706-w.
 72. Krutsch W, Memmel C, Krutsch V, Angele P, Tröß T, Aus Der Füntten K, Meyer T. 2020b. High return to competition rate following ACL injury - A 10-year media-based epidemiological injury study in men's professional football. *Eur J Sport Sci*, 20(5):682–690 DOI: 10.1080/17461391.2019.1648557.

73. Krutsch W, Zeman F, Zellner J, Pfeifer C, Nerlich M, Angele P. 2016. Increase in ACL and PCL injuries after implementation of a new professional football league. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24(7):2271–2279 DOI: 10.1007/s00167-014-3357-y.
74. von Kunz M. 2007. Big Count. URL: https://de.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/gmaga_9471.pdf.
75. Kuzuhara K, Shimamoto H, Mase Y. 2009. Ice hockey injuries in a Japanese elite team: a 3-year prospective study. *J Athl Train*, 44(2):208–214 DOI: 10.4085/1062-6050-44.2.208.
76. Lai CCH, Ardern CL, Feller JA, Webster KE. 2018. Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. *Br J Sports Med*, 52(2):128–138 DOI: 10.1136/bjsports-2016-096836.
77. LaPrade RF, Surowiec RK, Sochanska AN, Hentkowski BS, Martin BM, Engebretsen L, Wijdicks CA. 2014. Epidemiology, identification, treatment and return to play of musculoskeletal-based ice hockey injuries. *Br J Sports Med*, 48(1):4–10 DOI: 10.1136/bjsports-2013-093020.
78. LaPrade RF, Wijdicks CA, Griffith CJ. 2009. Division I intercollegiate ice hockey team coverage. *Br J Sports Med*, 43(13):1000–1005 DOI: 10.1136/bjsm.2009.067884.
79. Larruskain J, Lekue JA, Diaz N, Odriozola A, Gil SM. 2018. A comparison of injuries in elite male and female football players: A five-season prospective study. *Scand J Med Sci Sports*, 28(1):237–245 DOI: 10.1111/sms.12860.
80. Leppänen M, Pasanen K, Kujala UM, Vasankari T, Kannus P, Äyrämö S, Krosshaug T, Bahr R, Avela J, Perttunen J, Parkkari J. 2017. Stiff Landings Are Associated With Increased ACL Injury Risk in Young Female Basketball and Floorball Players. *Am J Sports Med*, 45(2):386–393 DOI: 10.1177/0363546516665810.
81. de Loës M, Dahlstedt LJ, Thomée R. 2000. A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scand J Med Sci Sports*, 10(2):90–97 DOI: 10.1034/j.1600-0838.2000.010002090.x.
82. Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM. 2007. The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med*, 35(10):1756–1769 DOI: 10.1177/0363546507307396.
83. Longo UG, Loppini M, Berton A, Marinozzi A, Maffulli N, Denaro V. 2012. The FIFA 11+ program is effective in preventing injuries in elite male basketball players: a cluster randomized controlled trial. *Am J Sports Med*, 40(5):996–1005 DOI: 10.1177/0363546512438761.
84. Longstaffe R, Leiter J, MacDonald P. 2018. Anterior Cruciate Ligament Injuries in the National Hockey League: Epidemiology and Performance Impact. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med* DOI: 10.1097/JSM.0000000000000584.

85. Loose O, Achenbach L, Fellner B, Lehmann J, Jansen P, Nerlich M, Angele P, Krutsch W. 2018. Injury prevention and return to play strategies in elite football: no consent between players and team coaches. *Arch Orthop Trauma Surg*, 138(7):985–992 DOI: 10.1007/s00402-018-2937-6.
86. Lorentzon R, Wedrén H, Pietilä T. 1988. Incidence, nature, and causes of ice hockey injuries. A three-year prospective study of a Swedish elite ice hockey team. *Am J Sports Med*, 16(4):392–396 DOI: 10.1177/036354658801600415.
87. Luig P, Bloch H, Burkhardt K, Klein C, Kühn N. 2017. VBG-Sportreport 2017 - Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball und Handball. URL: http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Branchen/Sport/VBG-Sportreport%202017.pdf?__blob=publicationFile&v=7.
88. Luig P, Bloch H, Burkhardt K, Klein C, Kühn N. 2018a. VBG-Sportreport 2018 - Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball und Handball. [Aufruf am: 17.04.2019] URL: http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Branchen/Sport/VBG-Sportreport%202018.pdf?__blob=publicationFile&v=5.
89. Luig P, Krutsch W, Nerlich M, Henke T, Klein C, Bloch H, Platen P, Achenbach L. 2018b. Increased injury rates after the restructure of Germany's national second league of team handball. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* DOI: 10.1007/s00167-018-4851-4.
90. Mai HT, Chun DS, Schneider AD, Erickson BJ, Freshman RD, Kester B, Verma NN, Hsu WK. 2017. Performance-Based Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Professional Athletes Differ Between Sports. *Am J Sports Med*, 45(10):2226–2232 DOI: 10.1177/0363546517704834.
91. Makris EA, Hadidi P, Athanasiou KA. 2011. The knee meniscus: structure-function, pathophysiology, current repair techniques, and prospects for regeneration. *Biomaterials*, 32(30):7411–7431 DOI: 10.1016/j.biomaterials.2011.06.037.
92. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W. 2005. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med*, 33(7):1003–1010 DOI: 10.1177/0363546504272261.
93. Manzi V, D'Ottavio S, Impellizzeri FM, Chaouachi A, Chamari K, Castagna C. 2010. Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *J Strength Cond Res*, 24(5):1399–1406 DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d7552a.
94. Markatos K, Kaseta MK, Lallios SN, Korres DS, Efstathopoulos N. 2013. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol*, 23(7):747–752 DOI: 10.1007/s00590-012-

1079-8.

95. Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC. 1976. Stiffness and laxity of the knee--the contributions of the supporting structures. A quantitative in vitro study. *J Bone Joint Surg Am*, 58(5):583–594.
96. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, Petersen W, Achtnich A. 2018. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg*, 138(1):51–61 DOI: 10.1007/s00402-017-2809-5.
97. Meunier A, Odensten M, Good L. 2007. Long-term results after primary repair or non-surgical treatment of anterior cruciate ligament rupture: a randomized study with a 15-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports*, 17(3):230–237 DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00547.x.
98. Minhas SV, Kester BS, Larkin KE, Hsu WK. 2016. The Effect of an Orthopaedic Surgical Procedure in the National Basketball Association. *Am J Sports Med*, 44(4):1056–1061 DOI: 10.1177/0363546515623028.
99. Mohtadi NG, Chan DS. 2017. Return to Sport-Specific Performance After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Am J Sports Med*:363546517732541 DOI: 10.1177/0363546517732541.
100. Mölsä J, Airaksinen O, Näsman O, Torstila I. 1997. Ice hockey injuries in Finland. A prospective epidemiologic study. *Am J Sports Med*, 25(4):495–499 DOI: 10.1177/036354659702500412.
101. Monfort SM, Comstock RD, Collins CL, Onate JA, Best TM, Chaudhari AMW. 2015. Association between ball-handling versus defending actions and acute noncontact lower extremity injuries in high school basketball and soccer. *Am J Sports Med*, 43(4):802–807 DOI: 10.1177/0363546514564541.
102. Montalvo AM, Schneider DK, Silva PL, Yut L, Webster KE, Riley MA, Kiefer AW, Doherty-Restrepo JL, Myer GD. 2018. „What’s my risk of sustaining an ACL injury while playing football (soccer)?“ A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* DOI: 10.1136/bjsports-2016-097261.
103. Morgan BE, Oberlander MA. 2001. An Examination of Injuries in Major League Soccer: The Inaugural Season. *Am J Sports Med*, 29(4):426–430 DOI: 10.1177/03635465010290040701.
104. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. 2007. Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in "high-risk" versus „low-risk“ athletes. *BMC Musculoskelet Disord*, 8:39 DOI: 10.1186/1471-2474-8-39.
105. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. 2011. New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic-based measurements and freeware computer analysis. *Br J Sports Med*, 45(4):238–244 DOI: 10.1136/bjsm.2010.072843.
106. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. 2004. Rationale and Clinical Techniques

for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. *J Athl Train*, 39(4):352–364.

107. Myer GD, Ford KR, Khoury J, Succop P, Hewett TE. 2010. Clinical Correlates to Laboratory Measures for use in Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Prediction Algorithm. *Clin Biomech Bristol Avon*, 25(7):693–699 DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2010.04.016.
108. Myklebust G, Bahr R. 2005. Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *Br J Sports Med*, 39(3):127–131 DOI: 10.1136/bjsm.2004.010900.
109. Myklebust G, Maehlum S, Engebretsen L, Strand T, Solheim E. 1997. Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scand J Med Sci Sports*, 7(5):289–292 DOI: 10.1111/j.1600-0838.1997.tb00155.x.
110. Myklebust G, Maehlum S, Holm I, Bahr R. 1998. A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scand J Med Sci Sports*, 8(3):149–153.
111. Nessler T, Denney L, Sampley J. 2017. ACL Injury Prevention: What Does Research Tell Us? *Curr Rev Musculoskelet Med*, 10(3):281–288 DOI: 10.1007/s12178-017-9416-5.
112. Norris R, Thompson P, Getgood A. 2012. The Effect of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on the Progression of Osteoarthritis. *Open Orthop J*, 6:506–510 DOI: 10.2174/1874325001206010506.
113. Noya Salces J, Gomez-Carmona PM, Moliner-Urdiales D, Gracia-Marco L, Sillero-Quintana M. 2014. An examination of injuries in Spanish Professional Soccer League. *J Sports Med Phys Fitness*, 54(6):765–771.
114. Okoroha KR, Marfo K, Meta F, Matar R, Shehab R, Thompson T, Moutzouros V, Makhni EC. 2017. Amount of Minutes Played Does Not Contribute to Anterior Cruciate Ligament Injury in National Basketball Association Athletes. *Orthopedics*, 40(4):e658–e662 DOI: 10.3928/01477447-20170503-04.
115. Olsen O-E, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. 2004. Injury Mechanisms for Anterior Cruciate Ligament Injuries in Team Handball: A Systematic Video Analysis. *Am J Sports Med*, 32(4):1002–1012 DOI: 10.1177/0363546503261724.
116. Oshima T, Nakase J, Kitaoka K, Shima Y, Numata H, Takata Y, Tsuchiya H. 2018. Poor static balance is a risk factor for non-contact anterior cruciate ligament injury. *Arch Orthop Trauma Surg*, 138(12):1713–1718 DOI: 10.1007/s00402-018-2984-z.
117. Ostenberg A, Roos H. 2000. Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports*, 10(5):279–285.

118. Padua DA, DiStefano LJ, Beutler AI, de la Motte SJ, DiStefano MJ, Marshall SW. 2015. The Landing Error Scoring System as a Screening Tool for an Anterior Cruciate Ligament Injury-Prevention Program in Elite-Youth Soccer Athletes. *J Athl Train*, 50(6):589–595 DOI: 10.4085/1062-6050-50.1.10.
119. Petersen W, Diermeier T, Mehl J, Stöhr A, Ellermann A, Müller P, Höher J, Herbolt M, Akoto R, Zantop T, Herbst E, Jung T, Patt T, Stein T, Best R, Stoffels T, Achtnich A. 2016. Prävention von Knieverletzungen und VKB-Rupturen. OUP:9.
120. Petersen W, Zantop T, Steensen M, Hypa A, Wessolowski T, Hassenpflug J. 2002. Prävention von Verletzungen der unteren Extremität im Handball: Erste Ergebnisse des Kieler Handball-Verletzungs-Präventionsprogrammes. *Sportverletz · Sportschaden*, 16(3):122–126 DOI: 10.1055/s-2002-34753.
121. Peterson JR, Krabak BJ. 2014. Anterior cruciate ligament injury: mechanisms of injury and strategies for injury prevention. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 25(4):813–828 DOI: 10.1016/j.pmr.2014.06.010.
122. Pettersson M, Lorentzon R. 1993. Ice hockey injuries: a 4-year prospective study of a Swedish élite ice hockey team. *Br J Sports Med*, 27(4):251–254.
123. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. 2007. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*, 23(12):1320-1325.e6 DOI: 10.1016/j.arthro.2007.07.003.
124. Rafnsson ET, Valdimarsson Ö, Sveinsson T, Árnason Á. 2017. Injury Pattern in Icelandic Elite Male Handball Players. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med* DOI: 10.1097/JSM.0000000000000499.
125. Ramirez RN, Baldwin K, Franklin CCD. 2014. Prevention of Anterior Cruciate Ligament Rupture in Female Athletes: A Systematic Review. *JBJS Rev*, 2(9) DOI: 10.2106/JBJS.RVW.M.00129.
126. Rochcongar P, Laboute E, Jan J, Carling C. 2009. Ruptures of the anterior cruciate ligament in soccer. *Int J Sports Med*, 30(5):372–378 DOI: 10.1055/s-0028-1105947.
127. Rowe D. 2011. *Global Media Sport: Flows, Forms and Futures*. Bloomsbury Academic.
128. Sadigursky D, Braid JA, De Lira DNL, Machado BAB, Carneiro RJF, Colavolpe PO. 2017. The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 9 DOI: 10.1186/s13102-017-0083-z.
129. Scuderi GR, Tria AJ. 2010a. Anatomy. In: *The Knee - A Comprehensive Review*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, S. 215–217.

130. Scuderi GR, Tria AJ. 2010b. Anterior cruciate ligament biomechanics. In: *The Knee - A Comprehensive Review*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, S. 218.
131. Shimokochi Y, Shultz SJ. 2008. Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train*, 43(4):396–408 DOI: 10.4085/1062-6050-43.4.396.
132. Shimozaki K, Nakase J, Takata Y, Shima Y, Kitaoka K, Tsuchiya H. 2018. Greater body mass index and hip abduction muscle strength predict noncontact anterior cruciate ligament injury in female Japanese high school basketball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* DOI: 10.1007/s00167-018-4888-4.
133. Sikka R, Kurtenbach C, Steubs JT, Boyd JL, Nelson BJ. 2016. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Professional Hockey Players. *Am J Sports Med*, 44(2):378–383 DOI: 10.1177/0363546515616802.
134. Soligard T, Steffen K, Palmer-Green D, Aubry M, Grant M-E, Meeuwisse W, Mountjoy M, Budgett R, Engebretsen L. 2015. Sports injuries and illnesses in the Sochi 2014 Olympic Winter Games. *Br J Sports Med*, 49(7):441–447 DOI: 10.1136/bjsports-2014-094538.
135. Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R. 2008. Preventing injuries in female youth football--a cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*, 18(5):605–614 DOI: 10.1111/j.1600-0838.2007.00703.x.
136. Steffen K, Nilstad A, Krosshaug T, Pasanen K, Killingmo A, Bahr R. 2017. No association between static and dynamic postural control and ACL injury risk among female elite handball and football players: a prospective study of 838 players. *Br J Sports Med*, 51(4):253–259 DOI: 10.1136/bjsports-2016-097068.
137. Stubbe JH, van Beijsterveldt A-MMC, van der Knaap S, Stege J, Verhagen EA, van Mechelen W, Backx FJG. 2015. Injuries in professional male soccer players in the Netherlands: a prospective cohort study. *J Athl Train*, 50(2):211–216 DOI: 10.4085/1062-6050-49.3.64.
138. Sutton KM, Bullock JM. 2013. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg*, 21(1):41–50 DOI: 10.5435/JAAOS-21-01-41.
139. Swart E, Redler L, Fabricant PD, Mandelbaum BR, Ahmad CS, Wang YC. 2014. Prevention and Screening Programs for Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Athletes. *J Bone Joint Surg Am*, 96(9):705–711 DOI: 10.2106/JBJS.M.00560.
140. Taylor JB, Ford KR, Nguyen A-D, Terry LN, Hegedus EJ. 2015. Prevention of Lower Extremity Injuries in Basketball: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Health*, 7(5):392–398 DOI: 10.1177/1941738115593441.
141. Tegnander A, Olsen OE, Moholdt TT, Engebretsen L, Bahr R. 2008. Injuries in Norwegian female elite soccer: a prospective one-season cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*, 16(2):194–198 DOI:

10.1007/s00167-007-0403-z.

142. Teng PSP, Kong PW, Leong KF. 2017. Effects of foot rotation positions on knee valgus during single-leg drop landing: Implications for ACL injury risk reduction. *The Knee*, 24(3):547–554 DOI: 10.1016/j.knee.2017.01.014.
143. Tria AJ. 1995. Ligaments of the Knee. In: *Ligaments of the Knee*. Churchill Livingstone Inc., New York City, S. 20.
144. Tuominen M, Stuart MJ, Aubry M, Kannus P, Tokola K, Parkkari J. 2016. Injuries in women's international ice hockey: an 8-year study of the World Championship tournaments and Olympic Winter Games. *Br J Sports Med*, 50(22):1406–1412 DOI: 10.1136/bjsports-2015-094647.
145. de Vries AJ, van der Worp H, Diercks RL, van den Akker-Scheek I, Zwerver J. 2015. Risk factors for patellar tendinopathy in volleyball and basketball players: A survey-based prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports*, 25(5):678–684 DOI: 10.1111/sms.12294.
146. Waldén M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Häggglund M. 2012. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ*, 344:e3042.
147. Waldén M, Häggglund M, Ekstrand J. 2006. High risk of new knee injury in elite footballers with previous anterior cruciate ligament injury. *Br J Sports Med*, 40(2):158–162; discussion 158-162 DOI: 10.1136/bjsm.2005.021055.
148. Waldén M, Häggglund M, Ekstrand J. 2005. UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001-2002 season. *Br J Sports Med*, 39(8):542–546 DOI: 10.1136/bjsm.2004.014571.
149. Waldén M, Häggglund M, Magnusson H, Ekstrand J. 2016. ACL injuries in men's professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *Br J Sports Med*, 50(12):744–750 DOI: 10.1136/bjsports-2015-095952.
150. Waldén M, Häggglund M, Magnusson H, Ekstrand J. 2011. Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*, 19(1):11–19 DOI: 10.1007/s00167-010-1170-9.
151. Waldén M, Krosshaug T, Bjørneboe J, Andersen TE, Faul O, Häggglund M. 2015. 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*, 49(22):1452–1460 DOI: 10.1136/bjsports-2014-094573.
152. Wilcke A. 2004a. Ätiologie: Pathogenese. In: *Vordere Kreuzbandläsion*. Steinkopff Verlag, Düsseldorf, S. 47–49.
153. Wilcke A. 2004b. Definition. In: *Vordere Kreuzbandläsion*. Steinkopff

Verlag, Düsseldorf, S. 3.

154. Wilcke A. 2004c. Grundlagen zur Anatomie, Physiologie, Biomechanik und Pathologie des Kniegelenks. In: Vordere Kreuzbandläsion. Steinkopff Verlag, Düsseldorf, S. 18.
155. Wilcke A. 2004d. Pathophysiologie und natürliche Folgen der VKB-Insuffizienz. In: Vordere Kreuzbandläsion. Steinkopff Verlag, Düsseldorf, S. 53–56.
156. Yu B, Garrett WE. 2007. Mechanisms of non-contact ACL injuries. Br J Sports Med, 41 Suppl 1:i47-51 DOI: 10.1136/bjsm.2007.037192.
157. Zaffagnini S, Grassi A, Marcheggiani Muccioli GM, Tsapralis K, Ricci M, Bragonzoni L, Della Villa S, Marcacci M. 2014. Return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction in professional soccer players. The Knee, 21(3):731–735 DOI: 10.1016/j.knee.2014.02.005.

9 Abkürzungsverzeichnis

A.	:	Arteria
ACL	:	Anterior cruciate ligament
AM	:	antero-medial
bzw.	:	beziehungsweise
ca.	:	circa
DEL	:	Deutsche Eishockey Liga
DOSB	:	Deutscher Olympischer Sportbund
etc.	:	et cetera
e.V.	:	eingetragener Verein
FIBA	:	Fédération Internationale de Basketball
FIFA	:	Fédération Internationale de Football Association
HKB	:	Hinteres Kreuzband
IIHF	:	International Icehockey Federation
Lig.	:	Ligamentum
M.	:	Musculus
MRT	:	Magnetresonanztomographie

n.a.	:	nicht angegeben
NBA	:	National Basketball Association
NHL	:	National Hockey League
PL	:	postero-lateral
UEFA	:	Union of European Football Associations
VBG	:	Verwaltungs-Berufsgenossenschaft
VKB	:	Vorderes Kreuzband
z.B.	:	zum Beispiel

10 Danksagung

Meinen besonderen Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Werner Krutsch für die Anregung zu dieser Arbeit und Möglichkeit zur Mitarbeit in seiner Forschungsgruppe. Seine herausragende und engagierte Betreuung, sowie tatkräftige Unterstützung zu jeder Zeit der Entstehung dieser Dissertation halfen mir sehr bei der Verfassung dieser Arbeit. Insbesondere der regelmäßige konstruktive und freundschaftliche Austausch waren eine große Hilfe für mich.

Mein Dank gilt ebenfalls Gunnar Huppertz für die Erstellung und Verwaltung der Datenbanken und die große Hilfe beim Management der Daten.

Herrn Prof. Dr. Michael Nerlich und seinem Nachfolger Herrn Prof. Dr. Dr. Volker Alt danke ich sehr für die Möglichkeit, diese Arbeit in ihrer Abteilung durchführen zu können.

Meinen Kommilitonen und Doktoranden Andreas Fraunhofer, Robin Müsserer und Tobias Pohl danke ich für die kooperative und freundschaftliche Zusammenarbeit.

Mein besonderer Dank gilt außerdem Maximilian Piendl für die moralische und freundschaftliche Unterstützung.

Für die motivierende und hilfreiche Unterstützung bin ich Luisa Pollmann tief verbunden und außerordentlich dankbar.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, Johanna und Markus Szyski, die mich jederzeit und in jeder Hinsicht liebevoll unterstützt und bestärkt haben und mir diesen Weg ermöglicht haben. Ihnen widme ich diese Arbeit.