

Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und  
Wiederherstellungschirurgie  
der Universität Würzburg  
Direktor: Prof. Dr. med. Rainer H. Meffert

# **Verletzungen im Radsport**

## **Im retro- und prospektiven Studiendesign**

Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
vorgelegt von  
Marc Christoph Rehlinghaus  
aus Düsseldorf, Nordrhein-Westfalen

Würzburg, November 2022

**Referent:** Priv.-Doz. Dr. med. Kai Fehske  
**Korreferent/in:** Univ.-Prof. Dr. med. Thorsten Bley  
**Dekan:** Prof. Dr. med. Matthias Frosch  
**Tag der mündlichen Prüfung:** 13.06.2023  
**Der Promovend ist Arzt.**

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1.	Radsport .....	1
1.2.	Übersicht der Radsportdisziplinen .....	2
1.3.	Radsport in Deutschland .....	2
1.4.	Verletzungen im Radsport.....	3
1.5.	Unfallursachen und Verletzungsmechanismen .....	11
1.6.	Sportschäden.....	13
1.7.	Fragstellung.....	16
2.	Material und Methoden.....	17
2.1.	Patientenkollektiv .....	17
2.2.	Studienkriterien.....	17
2.3.	Statistische Methoden .....	18
2.3.1.	Retro- und prospektive Datenerhebung .....	18
2.3.1.1.	Auswertungstools (Excel, SPSS).....	23
3.	Ergebnisse .....	24
3.1.	Demographische Daten.....	24
3.1.1.	Personenbezogene Angaben.....	24
3.1.2.	Radsport spezifische Angaben .....	25
3.2.	Retrospektive Datenerhebung.....	30
3.2.1.	Ursachen einer Verletzung.....	30
3.2.1.1.	Verletzungsmechanismus .....	30
3.2.1.2.	Verletzungen durch Wettkampf und/oder Training .....	32
3.2.1.3.	Materialfehler .....	32
3.2.2.	Akute Verletzungen.....	34
3.2.2.1.	Verletzungen nach Körperregion .....	34
3.2.2.2.	Verletzungen am Kopf.....	35
3.2.2.3.	Verletzungen des Oberkörpers und der Arme .....	36
3.2.2.4.	Verletzungen an der Hand .....	37
3.2.2.5.	Verletzungen am Rumpf.....	37
3.2.2.6.	Verletzungen der Wirbelsäule.....	38
3.2.2.7.	Verletzungen am Knie .....	39
3.2.2.8.	Verletzungen am Unterkörper .....	40
3.2.2.9.	Verletzungen in den einzelnen Radsportarten .....	41

3.2.2.10.	Verletzungen/ 1000 Std.....	42
3.2.3.	Therapie .....	42
3.2.3.1.	Therapieform (Vergleich operativer zur konservativen Versorgung) .....	42
3.2.3.2.	Anamnestisch erhobene operative Verfahren von Einzelverletzungen: ....	44
3.2.3.3.	Beschwerden und Einschränkungen .....	47
3.2.3.4.	Ausfallzeiten in Bezug auf Radsport und Arbeit.....	49
3.2.4.	Sportschäden.....	50
3.2.4.1.	Aufwärmprogramm.....	50
3.2.4.2.	Übersicht Sportschäden .....	50
3.2.4.3.	Zusammenhang zwischen Pedalsystem und chronischen Kniebeschwerden 55	
3.2.5.	Spezifische Datenerhebung.....	56
3.2.5.1.	Schutzausrüstung .....	56
3.2.5.2.	Kopfverletzungen beim Tragen eines Helmes.....	57
3.2.5.3.	Parallel zum Radsport ausgeübte Sportarten und Ergänzungen zum Radsport	58
3.3.	Prospektive Datenerhebung .....	58
3.3.1.	Akute Verletzungen.....	58
3.3.1.1.	Anzahl der Verletzungen innerhalb von zwei Jahren.....	58
3.3.1.2.	Verletzungen nach Körperregion .....	59
3.3.1.3.	Verletzungen/ 1000 Std.....	61
3.3.2.	Therapie .....	61
3.3.2.1.	Therapieform (Vergleich operativer zu konservativer Versorgung) .....	61
3.3.2.2.	Ausfallzeiten in Bezug auf Radsport und Arbeit.....	62
3.3.2.3.	Beschwerden und Einschränkungen .....	62
4.	Diskussion.....	63
4.1.	Verletzungen .....	63
4.1.1.	Interpretation der Ergebnisse .....	63
4.1.2.	Vergleich mit anderen Studien.....	64
4.1.3.	Möglichkeiten zur Prävention .....	68
4.1.4.	Methodenkritik / Limitation der Studie .....	70
4.1.5.	Vergleich zu anderen Sportarten (Verletzungen/1000 Stunden) .....	71
4.1.6.	Schlussfolgerung im Hinblick auf die eingangs formulierten Fragestellungen ...	72
5.	Zusammenfassung.....	78
6.	Fragebogen.....	80

7. Literaturverzeichnis.....	94
Appendix	
I. Abkürzungen .....	1
II. Abbildungs- und Diagrammverzeichnis.....	2
III. Tabellenverzeichnis.....	3
IV. Danksagung .....	4
V. Curriculum vitae .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

## 1. Einleitung

### 1.1. Radsport

Der Radsport in Deutschland erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Sowohl die Mitgliederzahl des "Bund Deutscher Radfahrer" steigt mit über 150.000 aktiven MitgliederInnen weiter an [1] als auch die Anzahl der RadsportlerInnen ohne Vereinszugehörigkeit. Das spiegeln auch die Verkaufszahlen der Fahrräder wieder, die vor allem seit Beginn der Corona-Pandemie stark angestiegen sind [2].

Von der steigenden Anzahl aktiver RadsportlerInnen sind zahlreiche positive Effekte zu erwarten. Begrüßenswert sind in diesem Zusammenhang vorrangig zuerst einmal die Auswirkungen auf die Gesundheit. Neben den gesundheitlichen Vorteilen wirken sich aber auch die sozialen Veränderungen positiv aus. Durch den Radsport beginnen immer mehr Menschen auch für private Zwecke, wie das Pendeln zur Arbeit, auf das Rad umzusteigen oder kommen umgekehrt über die berufliche Nutzung auch zum Radsport. Dadurch werden über die gesundheitlichen Faktoren hinaus, auch ökonomische- und ökologische Faktoren beeinflusst, darunter fallen die Reduktion des Verkehrsaufkommens und der damit verbundene CO<sup>2</sup>-Ausstoß.

Die positiven Effekte des Radsports auf die Gesundheit sind in vielen Studien wissenschaftlich belegt. In dem Zusammenhang sind die Verringerung des Krebsrisikos, die Verlängerung der Telomerase und damit ein positiver Effekt auf die Zellalterung und die Verringerung des Risikos für ein metabolisches Syndrom zu erwähnen [3].

Die Nutzung der Räder ist ganz unterschiedlich, neben zahlreichen Trainings- und Freizeittouren messen sich viele RadsportlerInnen, Frauen und Männer aller Altersklassen, in Hobby- oder Amateurrennen miteinander, die teilweise mehr als 10.000 Starter zählen.

Zudem entwickelt sich das E-Bike fahren parallel zum konventionellen Radfahren. Entsprechend ist der Absatz an E-Bikes in den vergangenen Jahren kontinuierlich stark angestiegen. Im Jahr 2020 wurden alleine in Deutschland 1.950.000 E-Bikes verkauft und damit ca. 600.000 mehr als im Vorjahr [4].

Auf diesen Trend hat auch die UCI reagiert und 2019 einen E-Mountainbike World-cup initiiert. Dieser unterteilt sich mittlerweile in die beiden Disziplinen Cross-Country und

E-Gravitiy [5]. Da die Entwicklung im Leistungssport sehr jung ist, wurden E-Bike Verletzungen in dieser Studie nicht erfasst.

### 1.2. Übersicht der Radsportdisziplinen

Radsport gliedert sich in verschiedene Bereiche: z.B.: Straßenradsport, wo es um das Überwinden einer Strecke in kürzester Zeit geht. Der Mountainbike Sport, bei dem es, ähnlich zum Straßenradsport, auch um das möglichst schnelle Überwinden einer Strecke geht, der aber in teils äußerst unwegsamem Gelände ausgetragen wird. Im Downhill ist die Strecke zum größten Teil nur bergab zu fahren, das Gelände ist nochmal deutlich anspruchsvoller als beispielsweise in der Kategorie Cross-Country und mit großen Sprüngen oder Stufen versehen. Wie vielseitig sich der Radsport darstellt, sieht man auch, wenn man die unterschiedlichen Disziplinen im Bereich des Leistungssports betrachtet: Straßen-, Bahn- und Kunstradsport, Radball- oder Radpolospiel, Bicycle Moto-Cross (BMX), Mountain-Bike-Rennsport (MTB), Einradfahren und Trial [1]. Einzelne Rubriken, wie der Mountainbike Sport, lassen sich auch noch einmal in Subgruppen unterteilen, dazu zählen Cross Country, Etappenrennen, Marathon, Downhill, 4-Cross, Enduro, Pump Track und Alpine Snow Bike [6].

Die in dieser Arbeit untersuchten Radsportarten lassen sich in Straßen- und Geländerradsport aufgliedern. Während es beim Straßenradsport vor allem um das möglichst schnelle Überwinden einer Strecke in einer kurzen Zeit geht, kommen beim Geländerradsport noch technische Ansprüche hinzu. Entsprechend sind Rennräder auf minimales Gewicht und optimierte Aerodynamik ausgelegt. Dabei sind die Fahrräder für eine gute Kraftübertragung oft steif und bieten weniger Komfort. Mountainbikes oder andere Gelände taugliche Fahrräder haben häufig noch Federelemente, um auch unwegsamere Geländeabschnitte überwinden zu können.

### 1.3. Radsport in Deutschland

Erhoben durch den BDR (Bund Deutscher Radfahrer) fahren in Deutschland 45 Millionen BürgerInnen regelmäßig mit dem Fahrrad, davon sind über 150.000 in den 17 Landesverbänden mit mehr als 2.500 angeschlossenen Vereinen organisiert [7]. ("rad-net.de")

Der professionelle Radsport erlebte das Hoch seiner Popularität nach dem 2. Weltkrieg bis zum Anfang des 21. Jahrhunderts. Positive Dopingproben von Sportlern, wie Jan Ulrich oder Patrik Sinkewitz, führten erstmals zu einem Bann des Radsports in der Übertragung der öffentlich-rechtlichen Medien. Darunter nahm auch die Popularität des Radsports ab [8].

Jedoch gehörte der BDR auch in den vergangenen Jahren zu den weltweit erfolgreichsten Sportverbänden und konnte viele Medaillengewinne bei Olympischen Spielen, Welt- und Europameisterschaften verzeichnen.

### 1.4. Verletzungen im Radsport

Neben den im ersten Abschnitt skizzierten positiven Effekten des Radsports besteht durch das Betreiben einer auf Geschwindigkeit und Geschicklichkeit basierten Sportart auch die Gefahr von Verletzungen mit teilweise schweren Verläufen. Die steigende Zahl an Radsport betreibenden Personen, die unterschiedlichen Anspruchsprofile des Radsports an die SportlerInnen und auch die Unterschiede, in welcher Leistungsklasse der Sport ausgeübt wird, sind Faktoren, die auch das bessere Verständnis über Verletzungen im Radsport immer mehr bedingen.

Im Profisport ist die Vermeidung von Verletzungen ebenfalls ein bedeutsames Thema. So hat im Jahr 2021 die UCI als eine Möglichkeit der Vermeidung von schweren Stürzen, die sehr aerodynamische Supertuck Sitzposition (auf dem Oberrohr sitzend bergab fahren) verboten, da in Abfahrten auf dem Rennrad nicht selten Geschwindigkeiten von über 100 km/h erreicht werden [9]. Eine aerodynamische Haltung geht oft mit einer schlechteren Kontrolle über das Fahrrad einher (Abbildung 1).





*Abbildung 1: Aerodynamische Abfahrtsposition (eigenes Archiv)*

Ein weiteres Verbot stellt das Wegwerfen von Getränkeflaschen außerhalb der sogenannten „green zones“ dar. Somit ist das Wegwerfen von Flaschen im Peloton oder auf der Straße nicht mehr gestattet [9]. Beim Giro d'Italia 2020 stürzte auf der dritten Etappe Geraint Thomas (Tour-de-France-Sieger 2018) über eine Trinkflasche, die auf der Straße lag, und brach sich das Becken.

Aufgrund des schweren Sturzes von Fabio Jacobsen im Rahmen der Zielankunft bei der Polen-Rundfahrt 2020, bei dem er nach einer Kollision mit einem anderen Fahrer die Bande durchbrach und sich schwerste Verletzungen zuzog, wurden weitere Sicherheitsvorkehrungen im Bereich der Bandenstandards geprüft. Um weitere Unfälle dieser Art zu verhindern, wurden die Banden beschwert und die Abstände zwischen den Bandenelementen geprüft. Seit 2022 kommen nur noch Banden bei Sprintankünften zum Einsatz, die den UCI Standards entsprechen. Neu eingeführte Sicherheits-ManagerInnen sollen dann für die Einhaltung dieser Regeln sorgen [9].

Auch der BDR hat in seinem Regelwerk vielseitige Paragraphen zur Vermeidung von Verletzungen bei Wettkampfanstaltungen im Mountainbike Sport ergänzt [6]. So müssen an gefährlichen Stellen der Strecke Warntafeln angebracht und Hindernisse

farblich kenntlich gemacht werden. Hindernisse wie Bäume, Felsen, Baumstämme und Wurzeln, die ein Bestandteil der Strecke sein sollen, müssen zusätzlich mit Polstermaterial versehen werden (Abb. 2).



Abbildung 2: Gesicherte Mountainbike Strecke (eigenes Archiv)

Auch Hinweisschilder müssen besonders gesichert werden, um bei Unfällen ein Eindringen in den Körper zu verhindern (Pfählungsverletzung). In Passagen, wo mit einer höheren Geschwindigkeit zu rechnen ist, werden Sicherheitszonen eingerichtet, die eine Kollision mit den Zuschauern vermeiden sollen (Abb. 3).

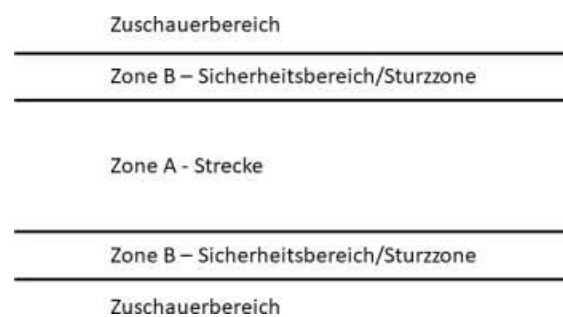


Abbildung 3: Skizze Sicherheitsbereich in Hochgeschwindigkeitspassagen [1]

Auch das Absichern von Holzbrücken durch eine Anti-Rutschbeschichtung (Teppich, Anti-Rutsch-Farbe, Drahtgeflecht) gehört mittlerweile zum Regelwerk [6].

Oft werden neue Sicherheitsfeatures auch kontrovers diskutiert. Seit der Einführung der Scheibenbremse am Rennrad, wie sie seit vielen Jahren an Mountainbikes Standard ist, wird öffentlich viel über die Vor- und Nachteile diskutiert. Die bessere Bremswirkung, vor allem bei Nässe, die geringere Erwärmung des Bremssystems und die damit verbundene konstantere Leistung der Bremse, werden als Vorteile der Scheibenbremse angesehen. Dem gegenüber weisen vor allem die professionellen RadsportlerInnen auf die erhöhte Verletzungsgefahr bei Massenstürzen und das höhere Gewicht der Bremse hin. Der wissenschaftliche Nachweis eines solchen Vorteils kann die Akzeptanz eines Systems erhöhen.

Studien, die sich mit dem Thema Verletzungen im Radsport beschäftigen, untersuchen zwei übergeordnete Fragen. Welche Verletzungen treten am häufigsten und in welcher Frequenz auf? Wie kam es zu dem die Verletzung herbeigeführten Ereignis, und gibt es Möglichkeiten der Prävention solcher Ereignisse?

Als häufigste Verletzungen werden oberflächliche Abschürfungen, Kontusionen und Hämatome beschrieben (Abb. 4). Die Anzahl der Verletzungen dieser Art beliefen sich auf 40-60% [10] [11-14]. Diese Verletzungen entstehen meist durch das Rutschen über Straßen oder Wege, als thermisch-, traumatische Verletzungen aufgrund der exponierten Geschwindigkeit, der die Sportler ausgesetzt sind.

So zeigte auch eine Erhebung von Verletzungen bei 1.638 Straßen RadsportlerInnen während eines Langdistanzrennens über 6 Tage und 339 Meilen durch Dannenberg et al., dass schwere Verletzungen selten vorkommen [15].



*Abbildung 4: Oberflächliche Schürfwunden nach Sturz (eigenes Archiv)*

Als schwere Verletzung werden am häufigsten Frakturen genannt. Vor allem der Schultergürtel ist beim Radsport mit 42-64% der Verletzungen, aufgrund häufiger Stürze über den Lenker exponiert [16].

Besonders häufig ist die Clavicula Fraktur mit 11% aller Verletzungen und bis zu 44% aller Frakturen genannt [13, 15-18]. Daher gilt diese Verletzung auch als Radfahrerverletzung [19].

Auch in einer von Meier und Pralle durchgeführten retrospektiven Analyse wurden über zwei Jahre hinweg 107 Weltcup-Mountainbike FahrerInnen über ihre Verletzungen mittels Fragebogen interviewt. In dieser Analyse sollte vor allem das Verteilungsmuster der Verletzungen auf die einzelnen Körperregionen herausgestellt werden. Hierbei zeigte sich ebenfalls, dass vor allem die obere Extremität signifikant häufiger von Verletzungen betroffen war [20].

Außerdem kamen Frakturen häufig an der Hand, dem Handgelenk, sowie dem Unterarm vor. Der obere Teil der Wirbelsäule war zudem öfter betroffen als der untere Teil [13, 21].

In einer retrospektiven Arbeit aus dem Jahr 2005 von M.P. Arnold wurden vor allem Schädel Hirn Traumata, die 2,6% der Verletzungen pro Jahr ausmachten, als kritische Verletzungen angesehen [22]. Dies geht auf eine Untersuchungsperiode von 1995 bis 2002 zurück. Seit diesem Zeitpunkt ist allgemein eine höhere Akzeptanz beim Tragen von Helmen zu verzeichnen [23], und die damit verbundene Frage, ob dies zu einem Rückgang schwerer Schädel Hirn Traumata führen konnte. Verletzungen des Kopfes machen insgesamt 3-23% aus [11, 16, 24, 25].

Verletzungen der unteren Extremität sind seltener als Verletzungen der oberen Extremität und machen 20-24 % aus [16].

Andere oft genannte Verletzungen sind Verletzungen des Muskel- und Bandapparates. Die häufigste Region für Bänderverletzungen ist die Hand [10]. Insgesamt lässt sich feststellen, dass auch hier die obere Extremität häufiger von Verletzungen betroffen ist. Eine weitere Einzelevent bezogene Analyse über die Verletzungshäufigkeit und –muster beim Rennradfahren führten Übelacker et al. bei der Hamburger UCI-ProTour „Cyclastics“ 2006 durch [24]. Ebenso untersuchten Yanturali et al. Verletzungen und chronische Belastungen während der „Presidential Cycling Tour of Turkey“ 2015 bei 166 Elite Fahrern. Die Inzidenz von Verletzungen betrug 2,82 pro 1000 Radfahrstunden. Die Inzidenz von Erkrankungen wurde mit 3,01 pro 1000 Radfahrstunden etwas häufiger festgestellt. Insgesamt wurden 31 Vorfälle beschrieben. Auch in dieser prospektiven Studie waren die Extremitäten am häufigsten betroffen und Abschürfungen der Haut machten den größten Anteil an Verletzungen aus. Zwei Fahrer konnten das Rennen nicht beenden, von denen ein Fahrer einen Pneumothorax erlitt, welcher als lebensbedrohliche Verletzung eingestuft wurde [26].

In dieser Studie wurde eine Verletzung als jede Verletzung eines Athleten definiert, die durch Training oder Wettkampf entstanden ist, unabhängig von der Notwendigkeit einer medizinischen Behandlung oder einem Ausfall im Beruf oder bei sportlichen Aktivitäten.

Neben der Art der Verletzungen gibt es auch Unterschiede im geschlechterspezifischen Auftreten von Verletzungen. So zeigte sich in Studien, dass sich Frauen proportional häufiger verletzen als Männer.

In einer retrospektiven Analyse über Mountainbike Verletzungen von Nelson et al., welche von 1994 bis 2007 in den USA in Notaufnahmen behandelt wurden, war zwar ein Rückgang an Mountainbike assoziierten Verletzungen zu verzeichnen, jedoch war die Zahl mit mehr als 15.000 Verletzungen weiterhin sehr hoch. Besonders bei Frauen kam es zu schweren Verletzungen, die proportional häufiger stationärer Behandlungen bedurften, sodass geschlussfolgert wurde, dass es weiterer Untersuchungen bedarf, die vor allem die Rolle der spezifischen Unfallprävention untersuchen [27]. Dieser Mechanismus der Unfallverhütung soll in dieser Arbeit besonders beleuchtet werden. Auch Kronisch et al. zeigte in einer geschlechterspezifischen Analyse über akute Mountainbike Verletzungen, die er im Rahmen eines 4-tägigen Rennens in Mammoth Mountain, Kalifornien im Zeitraum von 1994 bis 2001 erhob, dass das Verletzungsrisiko bei Frauen höher ist [28].

Eine weitere Unterscheidung, die für Analysen zu Radsport Verletzungen von Interesse ist, ist der Unterschied zwischen Elite- und Hobbyfahrern. Professionelle RadfahrerInnen absolvieren meist mehr Trainings- und Rennkilometer als HobbyfahrerInnen. Zudem wird vermeintlich mehr Risiko in Kauf genommen, um Siege zu erringen. Bei Hobbyfahren sind auf der anderen Seite Defizite in Kondition und Athletik zu erwarten. Zudem sind bei einem technischen Sport mit dem Versuch, oft auch kleinste Mengen an Gewicht am Fahrrad zu sparen, Mängel am Material möglich. Die UCI hat daher auch weiterhin ein Mindestgewicht des Fahrrades von 6,8kg im Regelwerk verankert, um riskante Tüfteleien zu verhindern.

In dieser Studie wurde zwischen FahrerInnen unterschieden, die angaben nur als Hobby Fahrrad zu fahren und denjenigen, die eine Lizenz gelöst haben. Zudem wurde weiter in den unterschiedlichen Lizenzklassen spezifiziert. Jede FahrerIn und jeder Fahrer, die/der einem Verein angehört, erhält zunächst eine C-Lizenz. Durch Erreichen einer guten Punktzahl innerhalb einer Saison kann man in die höheren B und A-Klassen aufsteigen. Von den befragten Teilnehmenden gaben 12% an, im Besitz einer solchen C-Lizenz zu sein.

Ebenfalls mit Hilfe eines retrospektiven Fragebogens haben Stoop et al. eine Studie durchgeführt, um die Prävalenz von akuten Verletzungen bei Elite- und

AmateurfahrerInnen zu beschreiben und prädiktive Faktoren zu bestimmen. Es wurden Fragen zur Demographie, zum Trainingsumfang, zu Verletzungsereignissen und zum Tragen von Schutzausrüstung gestellt. Die Umfrage fand während des „Swiss Epic Mountain Bike Events“ im Jahr 2017 statt. Es konnten Unterschiede zwischen den Gruppen, wie höherer Trainingsumfang und jüngeres Alter bei den Elite FahrerInnen, herausgestellt werden. Die beiden Gruppen unterschieden sich jedoch nicht in der Inzidenz schwerer Verletzungen, ebenso wurden keine prädiktiven Faktoren für ein schweres Verletzungsereignis gefunden. Die Anzahl der getragenen Schutzausrüstungsgegenstände unterschied sich nicht. ElitefahrerInnen haben aber eine signifikant höhere Expositionszeit, da sie einen deutlich höheren Trainingsumfang haben. Frakturen der unteren Extremitäten waren die häufigsten schweren Verletzungen sowohl bei Elite- als auch AmateurfahrerInnen [29].

Aber nicht nur zwischen Hobby- und professionellen RadsportlerInnen lassen sich Unterschiede in Inzidenz und Ausprägung vermuten, sondern auch zwischen den einzelnen Radsportarten. Gelände- und Straßen-Radsport haben einen anderen Anspruch an FahrerInnen und das Material, sodass sich sowohl ein Unterschied in den Verletzungsmustern, als auch im Hinblick auf die Präventionsmaßnahmen vermuten lässt.

Kotlyar untersucht in einer retrospektiven Erhebung die unterschiedlichen Verletzungsmuster zwischen Straßen- und Geländefahrern. Dafür wurde 304 Fälle über den Zeitraum von 3 Jahren untersucht, die sich einem medizinischen Zentrum in einem Bergresort vorgestellt hatten [30].

Eine retrospektive Kohortenstudie zum Vergleich der Verletzungsmuster zwischen MountainbikerInnen und Straßen RadsportlerInnen führten Roberts et al. durch. Ziel war es, die Inzidenz, Risikofaktoren und Verletzungsmuster bei Erwachsenen mit schweren Verletzungen beim Straßen- und Mountainbikefahren zu vergleichen. Dafür wurde die Southern Alberta Trauma Database verwendet und alle schweren Verletzungen, welche zwischen dem 1. April 1995 und dem 31. März 2009 aufgetreten waren, analysiert. Von den 258 Personen haben sich 209 beim Straßenradsport und 49 beim Mountainbiken verletzt. StraßenradfahrerInnen wurden häufig nach einem

Zusammenstoß mit einem Kraftfahrzeug verletzt, während sich MountainbikerInnen häufig nach fehlerhaften Sprungversuchen, Fahrradtricks und Stürzen verletzt haben. Die Verletzungsmuster waren in beiden Kohorten ähnlich, wobei Verletzungen des Kopfes (67,4 %), der Extremitäten (38,4 %), des Brustkorbs (34,1 %), des Gesichts (26,0 %) und des Abdomens (10,1 %) häufig vorkamen. Verletzungen der Wirbelsäule traten häufiger bei MountainbikerInnen auf. Ein chirurgischer Eingriff war bei einem Drittel der PatientInnen erforderlich. Daraufhin wurde eine Empfehlung für das Tragen eines Helmes und eines Thoraxschutzes ausgesprochen [31].

Trotz der wachsenden Popularität sehen Decock et al. vor allem im nicht professionellen Bereich eine fehlende Anzahl an Studien im Radrennsport. In ihrer retrospektiven Analyse wurden die Inzidenz, Ätiologie und Muster von akuten Verletzungen bei nicht-professionellen RennradfahrerInnen während eines Radrennens in Flandern in den Jahren 2002 und 2012 untersucht. Insgesamt traten in diesem Rennen 1230 Verletzungen auf. Schwere Verletzungen wurden bei einem Drittel der FahrerInnen festgestellt. Das am häufigsten durch eine schwere Verletzung betroffene Körperteil war die Hand. Kollisionen mit anderen FahrerInnen wurden als die häufigste Verletzungsursache herausgestellt [10].

In vielen Studien zur Untersuchung von Sportverletzungen wird die Anzahl der Verletzungen innerhalb von 1000 Stunden Radsport Aktivität berechnet. In einem internationalen Konsens Statement, welches im Oktober 2020 veröffentlicht und vom UCI-Weltverband anerkannt wurde, wurden die relevanten Definitionen für die Verwendung in professionellen Epidemiologiestudien zum Straßenradsport vereinbart. Demnach sollen die Verletzungsraten als pro 1.000 Stunden Radsport angegeben werden [32].

### 1.5. Unfallursachen und Verletzungsmechanismen

Im Radsport gibt es zahlreiche Faktoren, die einen Unfall und die damit assoziierten Verletzungen beeinflussen können. Nicht nur bei Merkmalen wie Geschlecht, Alter, Ambition und gefahrenem Terrain gibt es eine große Spannweite, sondern auch beim verwendeten Material. So erstreckt sich die Spanne von Aluminium gefertigten Rädern mit Felgenbremse bis hin zu High-tec Rädern aus Carbon mit Scheibenbremse.



Hieraus resultiert ein breites Verletzungsspektrum, das wir in dieser Studie untersucht haben. E-Bike Verletzungen wurden im Rahmen unserer Studie aus dem bereits erwähnten Grund nicht untersucht.

Untersuchungen zu Verletzungen und Verletzungsmechanismen im Rahmen von Mountainbike-Rennen führte Kronisch et al. in den USA durch. Dabei wurden auch die mit den Verletzungen assoziierten Faktoren, wie Einfluss des Fahrers oder der Fahrerin, der Ausrüstung sowie des Terrains herausgestellt. Signifikante Verletzungen traten in weniger als einem 1% der Fälle auf. In dieser Analyse zeigte sich ebenfalls, dass Frauen seltener an einem Rennen teilnehmen, sich aber in Proportion häufiger und schwerer verletzen. Das Risiko für Verletzungen kann nach Einschätzung der Autoren weiter reduziert werden bei Steigerung der individuellen Kondition durch Grundlagentraining, Ausbau der Fahrfähigkeiten, der Verwendung von Sicherheitsequipment und einer vorrausschauenden Auswahl der Strecke unter Berücksichtigung von Beschaffenheit und Anspruch des Geländes [33]. Kronisch et al. empfehlen, dass künftige Forschung sich auf die Epidemiologie von Verletzungen bei Freizeit-MountainbikerInnen bezieht mit dem Ziel, Risikofaktoren für Verletzungen herauszustellen und anschließende Strategien zu deren Reduzierung zu entwickeln.

In einer weiteren Analyse von Chow et al. an 97 Wettkämpfen bestreitenden MountainbikerInnen, welche eine Verletzung erlitten hatten, gaben ein Drittel der FahrerInnen den Verlust der Kontrolle über das Mountainbike als Unfallursache an. Kollisionen mit anderen FahrerInnen (16,5%), technische Probleme (15,5%) oder Traktionsverlust (14,4%) wurden halb so häufig benannt. Die Kollision mit feststehenden Hindernissen wie z.B. Bäumen wurden mit 7,2% am seltensten als Unfallursache genannt. Mit einer Häufigkeit von 85,6% kam es fast ausschließlich in der Abfahrt zu Stürzen [34].

In einer Analyse von Ueblacker et al. im Rahmen der Hamburger Cycloclassics 2006 konnten 73,3% der Unfallereignisse auf eine Behinderung durch andere TeilnehmerInnen als Unfallursache zurückgeführt werden, die durch Kollision, Kreuzen oder andere Behinderungen zu Stande kamen [24]. Dannenberg et al. untersuchten zudem noch die

Häufigkeit von Materialfehlern als Unfallursache. 10 % der Unfälle ließen sich auf technische Gründe oder Materialfehler zurückführen [15].

In einer weiteren retrospektiven Untersuchung von Oehlert et al. wurden 49 Wettkampffahrer aus dem deutschsprachigen Raum befragt. Neben der Erhebung akuter Verletzungen und rezidivierender Beschwerden wurden diese Ereignisse im Zusammenhang mit den Trainingsmethoden und der Fahrtechniken untersucht [35].

In einer 2009 von Lion et al. veröffentlichten Studie wurde versucht, die Unterschiede der sensomotorischen Fähigkeiten von MountainbikerInnen und RennradfahrerInnen zur Gleichgewichtskontrolle herauszuarbeiten. Dafür wurden vierundzwanzig Mountainbike- und 24 RennradfahrerInnen (Olympiasieger im Gelände, Welt-, Kontinental- und Landesmeister, Tour-de-France-Teilnehmer, Weltcup-Sieger im Straßenrennen) untersucht. Die Teilnehmenden füllten einen Fragebogen über die Charakteristika ihrer Radfahrpraxis aus und führten einen sensorischen Test zur Gleichgewichtskontrolle durch. In diesem Test zeigte sich, dass die Gleichgewichtsleistungen von RennradfahrerInnen besser ist als die von MountainbikerInnen. Dies war sowohl während des ruhigen Stands mit geöffneten Augen der Fall, als auch wenn somatosensorische Informationen gestört waren. Interpretiert wurde das mit einer höheren Nutzung des Sehvermögens zur Gleichgewichtskontrolle bei RennradfahrerInnen. In dem Kollektiv der MountainbikerInnen hingegen war der Einsatz der Propriozeption durch eine höhere Intensität des Radfahrens im Gelände erhöht [36].

### 1.6. Sportschäden

Im Radsport können neben akuten Verletzungen durch z.B. Stürze auch chronische Beschwerden sogenannte Sportschäden entstehen. HobbyfahrerInnen erreichen nicht selten 10.000 oder mehr absolvierte Kilometer pro Jahr. Bei ProfisportlerInnen können bei Renn- und Trainingsfahrten auch mehr als 30.000 km pro Jahr zusammenkommen. Gerade die Bereiche, die in Verbindung mit dem Fahrrad stehen, wie Gesäß, Hand- und Handgelenke können stark beansprucht werden. Im Bereich des Gesäßes können sich

chronische Druckstellen und Wunden ausbilden. Dies kommt vor allem im Bereich der Sitzhocker vor, welche die direkte Verbindung zum Sattel darstellen.

Im Schambereich können durch lang anhaltende Kompression auf den N. pudendus Hyp- und Dysästhesien ausgelöst werden, was im schweren Fall zum Verlust der erektilen Funktion führen kann [37] [38].

Zudem lastet viel Gewicht auf den Handgelenken, was zu Schmerzen und Neuropathien führen kann. Durch den Druck auf das Handgelenk kann es zu kompressionsbedingten Ausfällen im Bereich des N. medianus und N. ulnaris kommen [39]. Ein starkes Abknicken des Handgelenks kann zu einer Überlastung der Muskulatur führen. Eine falsche Technik oder fehlendes Rumpf-Training sind von den Autoren aufgeführte Gründe für diese Probleme [40].

Auch Sportschäden im Bereich der Kniegelenke, das sogenannte biker knee oder auch als femorpatellares Schmerzsyndrom bezeichnet, zählen aufgrund der hohen Kniegelenkskräfte, muskulären Dysbalancen und anatomischen Formvarianten der Patella oder Beinachsen bei AthletenInnen zu sehr häufig analysierten Beschwerden [39]. In der Literatur finden sich Analysen, nach denen 40- 70 % aller AthletenInnen unter Knieschmerzen leiden [41-44].

In einer Studie von Pommering et al wird berichtet, dass das patellofemorale Syndrom die am häufigsten gemeldete Überlastungsverletzung war. Dicht darauf folgten das iliotibiale Band-Syndrom und die Rotatorenmanschetten-Tendonitis [11].

Bini et al. untersuchten Methoden zur Bestimmung der optimalen Sattelhöhe, da es zwar Informationen über die Auswirkungen der Sattelhöhe auf die Radfahrleistung gibt, aber nur wenige Informationen über die Auswirkungen der Sattelhöhe auf das Verletzungsrisiko der unteren Gliedmaßen. Es wurde herausgestellt, dass ein Bereich von 25-30° Flexion bei der Kniebeugung zu empfehlen ist, um das Risiko von Knieverletzungen zu senken und die VO<sub>2</sub> zu minimieren [41].

Ferrer-Roca et al. und Barrat et al. untersuchten in unabhängigen Arbeiten die Auswirkungen unterschiedlicher Kurbellängen und Kadenzen auf die Kraft und Belastung im Kniegelenk.

Es wurden Versuche mit verschiedenen Kurbellängen bei einer Trittfrequenz von 120 U/min und einer für eine maximale Leistung optimierte Trittfrequenz durchgeführt.

In dieser Untersuchung hatte die Kurbellänge allein keinen Einfluss auf die Kräfte am Kniegelenk, diese stiegen jedoch bei erhöhter Kadenz an. Ferrer-Roca et al. zeigten, dass eine größere Kurbellänge zu einem erhöhten Drehmoment an den Gelenken führt [45-48]. Zusammenfassend scheinen sich aus ergänzendem Mobility- und Krafttraining, Veränderungen der Einstellung des Rades („Bikefitting“) und Verbesserung der Bewegungsdynamik positive Effekte auf die Verhinderung von Sportschäden und die Linderung von Beschwerden erzielen zu lassen.

Ähnliche Erkenntnisse ergaben auch Studien, die Rückenbeschwerden bei Radsportlern untersucht haben. Ein Sportler oder eine Sportlerin mit einem starken, stabilen Rumpf ist in der Lage, Energie effizient mit mehr Kraft und weniger Stress zu übertragen. Ein Sporttreibender mit einer stabilen Körpermitte kann die Verletzungswahrscheinlichkeit aufgrund der erhöhten Bewegungseffizienz verringern [49]. Zudem können auch chronische Rückenbeschwerden durch eine an die Fahrerin/den Fahrer angepasste Einstellung und Geometrie gelindert oder vermieden werden. So schlossen Salai et al., dass eine Neigung des Sattels von 10-15° nach vorne die Häufigkeit und den Schweregrad von Beschwerden im unteren Rückenbereich verringern kann [50].

Die Entstehung von chronischen Schmerzen durch Sportschäden ist eine besonders einschränkende Problematik, die sich über den Sport hinaus auch in den Alltag übertragen kann. In einer Analyse von Wilber et al. zu Überlastungsverletzungen bei Amateurradfahrern zeigte sich, dass Überlastungsverletzungen häufig mit der Entwicklung chronischer Schmerzen im Nacken, den Knien, der Leiste und im Gesäß sowie in Händen und im Rücken einhergehen [51].

Im prospektiven Teil dieser Arbeit wurden die Teilnehmenden daher über eine Zeitspanne von 2 Jahren über das Auftreten und die Auswirkungen chronischer Beschwerden befragt.

### 1.7. Fragstellung

In dieser Arbeit soll das Wissen über die Ursache, die Folgen und die Verletzungen selbst vergrößert werden. Dazu sollen folgende in der Arbeit grundlegende Fragestellungen beantwortet werden:

- 1.) Was sind die vorrangigen Verletzungsarten beim Radsport?
- 2.) Worauf lässt sich ein Unfallereignis zurückführen, und gibt es sinnvoll umsetzbare Möglichkeiten zur Verletzungsprävention im Radsport?
- 3.) Welche Schutzausrüstungen werden getragen und führen diese zu einem verringerten Auftreten von Verletzungen?
- 4.) Wie häufig waren invasive Eingriffe zur Behandlung einer Verletzung notwendig?
- 5.) Welche Folgen haben Verletzungen und Sportschäden auf die Ausübung des Sports und den Alltag?
- 6.) Welche Sportschäden gibt es?
- 7.) Welchen Einfluss haben Pedalsysteme auf die Inzidenz von Sportschäden?

Aus den Ergebnissen und Fragestellungen lassen sich Erkenntnisse gewinnen, die sowohl Vereinen zugutekommen, im Sinne der Einleitung von Präventionsmaßnahmen, als auch der Sanitätsbetreuung in den Krankenhäusern und der Akutversorgung bei Großereignissen.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Patientenkollektiv

Die Analyse untergliedert sich in einen retrospektiven Teil mit 398 Teilnehmenden und einen prospektiven Teil, an welchem sich von den 398 Teilnehmenden der retrospektiven Erhebung insgesamt 96 Probanden ebenfalls beteiligt haben. Für den prospektiven Teil der Analyse war es den Teilnehmenden zwei Saisons über zwei Jahre lang möglich, ihre erlittenen Verletzungen in einem online zur Verfügung gestellten Fragebogen anzugeben. Zudem erhielten die Teilnehmenden quartalsweise eine Erinnerungsemail, die nach neuen Verletzungen fragte.

Aus dem retrospektiven Teil wurden 398 Rückmeldungen von 443 Teilnehmenden berücksichtigt. Es wurden 38 Teilnehmende unter 18 Jahren nicht berücksichtigt, sowie 7 Fragebögen die Plausibilitätsprobleme aufwiesen.

Um ein möglichst breitgefächertes Teilnehmerkollektiv zu erreichen, wurden zur Rekrutierung die beim BDR gelisteten Vereine per E-Mail kontaktiert und um Teilnahme gebeten. Zudem wurde der Fragebogen in Radsport Internetforen online gestellt (<https://www.jotform.com/form/3294130220>).

Damit setzt sich das Patientenkollektiv sowohl aus Breiten-, als auch aus LeistungssportlerInnen zusammen.

Die Unterscheidung, ob ein Teilnehmender als Leistungs-, oder BreitensportlerIn eingestuft wurde, erfolgte über die Angabe, ob eine Rennlizenz von den Teilnehmenden gelöst wurde. Ein Drittel der Teilnehmenden hatte angegeben, eine solche Lizenz gelöst zu haben. Die häufigste Lizenz war dabei die C-Lizenz, welche die erste mögliche Lizenz darstellt.

### 2.2. Studienkriterien

Es wurden alle Teilnehmenden unabhängig vom Geschlecht eingeschlossen, die als Hobby oder Leistungssport Radsport betreiben. Das Alter der Teilnehmenden wurde auf älter als 18 Jahre festgelegt. Die Art des ausgeübten Radsportes wurde sowohl im allgemeinen Teil des Fragebogens differenziert, als auch noch einmal als Pflichtangabe im Verletzungsteil erfragt, um die Unterschiede zwischen den einzelnen Radsportarten

herausstellen zu können. Im retrospektiven Teil wurde um die Angabe von Verletzungsereignissen gebeten, die nicht länger als 4 Jahre zurücklagen. Diese Verletzungsereignisse konnten dann einzeln angegeben werden.

Aufgrund des nicht zu vergleichenden Anforderungsprofil haben wir E-Bike FahrerInnen bewusst aus dieser Studie ausgeschlossen. In Studien, die Verletzungen bei E-Bike und konventionellen RadfahrerInnen verglichen, konnte gezeigt werden, dass sich die Verletzungen in Art und vor allem ihrer Schwere deutlich voneinander unterscheiden.

E-Bike FahrerInnen haben ein größeres Risiko, Verletzungen von einem höheren Schweregrad mit daraus resultierender längerer Hospitalisierungszeit zu erleiden als konventionelle RadfahrerInnen. Zudem lassen sich auch Unterschiede im Verteilungsmuster der Verletzung erkennen. Während Verletzungen der Extremitäten, so wie der Haut ebenfalls häufig vorkommen, sind vor allem Thoraxverletzungen bei E-BikerInnen häufiger. Zudem zeigte sich in den Studien auch, dass E-Bike FahrerInnen ein höheres Alter und mehr Komorbiditäten aufwiesen [52-55].

### 2.3. Statistische Methoden

#### 2.3.1. Retro- und prospektive Datenerhebung

Die retrospektive Datenerhebung erfolgte von 2014 maximal 4 Jahre rückwirkend und die prospektive Datenerhebung von 2014-2016. Die Daten wurden anonymisiert, indem die Teilnehmenden eine Code-Nummer erhielten, mit der sie sich bei der Eingabe der Folgeverletzungen, in einem online zur Verfügung gestellten Fragebogen, registrieren konnten.

Der Fragebogen gliedert sich in folgende Abschnitte: Demographische Daten des Kollektivs, Erhebung zu Radsportgewohnheiten und Angabe der einzelnen Verletzungen mit Verletzungs- und Unfallmechanismus.

Folgende allgemeine Daten wurden als erstes erhoben: Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht. Danach wurden die Jahre seitdem Radsport betrieben wird, die Anzahl der km/Jahr, Anzahl der Stunden, in denen Radsport innerhalb einer Woche ausgeführt wird und die Lösung einer Rennlizenz erfragt. Weiterhin wurden die Teilnehmenden gefragt, welche Radsportarten sie ausüben, ob Sie Fahrtrainings oder organisierte

Radsporturlaube oder Trainingslager wahrnehmen, welche zusätzlichen Sportarten sie ausführen, und welches Pedalsystem sie nutzen.

Im Verletzungsteil des Fragebogens wurden zunächst die einzelnen Körperregionen nach Verletzungen abgefragt (Abb. 5).



**Kopf:**

A.1

<input type="checkbox"/> Unterkieferbruch	<input type="checkbox"/> Oberkieferbruch	<input type="checkbox"/> Zahnverletzungen
<input type="checkbox"/> Schädelhirntrauma	<input type="checkbox"/> Subarachnoidalblutung (Gehirnblutung)	<input type="checkbox"/> Nasenbeinbruch
<input type="checkbox"/> Augenhöhlenbruch	<input type="checkbox"/> Schädelbruch	<input type="checkbox"/> Gehirnerschüttung
<input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch		

Sonstige Verletzung:

**Oberkörper/ Arme:**

B.1

<input type="checkbox"/> Schulterergelenksprennung	<input type="checkbox"/> Schulterblattbruch	<input type="checkbox"/> Handgelenkbruch	<input type="checkbox"/> Unterarmbruch
<input type="checkbox"/> Quetschung	<input type="checkbox"/> Muskelverletzungen	<input type="checkbox"/> Schulterauskugelung	<input type="checkbox"/> Oberarmbruch
<input type="checkbox"/> Ellenbogenbruch	<input type="checkbox"/> Schlüsselbeinbruch	<input type="checkbox"/> Luxation/Auskugeln (Ellenbogen)	<input type="checkbox"/> Luxation/Auskugeln (Schulter)
<input type="checkbox"/> Prellung	<input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch		

Sonstige Verletzung:

**Unterkörper/ Beine:**

E.1

<input type="checkbox"/> Beckenbruch	<input type="checkbox"/> Unterschenkelbruch	<input type="checkbox"/> Sprunggelenkbruch	<input type="checkbox"/> Fussbruch
<input type="checkbox"/> Quetschung	<input type="checkbox"/> Muskelverletzungen	<input type="checkbox"/> Oberschenkelbruch	<input type="checkbox"/> Bänderriss Sprunggelenk
<input type="checkbox"/> Zehenbruch	<input type="checkbox"/> Prellung	<input type="checkbox"/> tiefe Wunde z.B. durch das Kettenblatt	<input type="checkbox"/> großflächige Abschürfung

Sonstige Verletzung:

**Knie:**

F.1

<input type="checkbox"/> hinteres Kreuzbandriss	<input type="checkbox"/> vorderes Kreuzbandriss	<input type="checkbox"/> Meniskusriss	<input type="checkbox"/> äußerer Seitenbandriss
<input type="checkbox"/> innerer Seitenbandriss	<input type="checkbox"/> Patellabruch (Kniescheibe)	<input type="checkbox"/> Luxation / Auskugeln	<input type="checkbox"/> Knorpelschaden

**Bitte tragen Sie die Radsportart ein, bei der es zu dieser Verletzung kam:**

G.1 \*

<input type="radio"/> Cross Country	<input type="radio"/> Mountainbike Tour	<input type="radio"/> Rennrad (bergig)	<input type="radio"/> Trekking
<input type="radio"/> Downhill / Freeride	<input type="radio"/> Trial	<input type="radio"/> Zeitfahren	<input type="radio"/> Mountainbike Marathon
<input type="radio"/> Rennrad (flach)	<input type="radio"/> Cyclocross		

The image shows a digital survey form for injuries, divided into two main sections: 'Hand' and 'Rumpf'.

**Hand:**

- C.1
- Fingerbruch
- Bandverletzung
- Prellung
- Handwurzelknochenbruch (Skaphoid)
- Sehnenverletzung
- Quetschung
- Wunde ohne Bruch

Sonstige Verletzung:

**Rumpf:**

- D.1
- Rippenbruch
- Quetschung
- Brustbeinverletzung
- Pneumothorax
- Prellung
- Wunde ohne Bruch

Halbwirbelsäule Brustwirbelsäule Lendenwirbelsäule

Wirbelsäulenbruch

Abbildung 5: Abfrage Verletzungen

Zudem hatten die Teilnehmenden in jeder Kategorie die Möglichkeit, eigene Angaben zu Verletzungen zu machen.

Im Anschluss daran wurden die Teilnehmenden gefragt, wobei bzw. wie es zu der Verletzung gekommen ist (Training/Wettkampf), Unkenntnis der Strecke, Hindernis, Trail zu schwierig, nasser Boden oder Wurzeln.

Ob ein eigener Fehler zu der Verletzung geführt hat, ein fahrtechnischer Fehler, Überschätzung, Erschöpfung oder zu hohe Motivation. Ob es zu dem Unfall durch Fremdeinwirkung kam, Abdrängung, Kollision, Ausbremsen oder ob ein Materialfehler den Sturz verursacht hat.

Wurde einer dieser Punkt bejaht, öffnete sich ein weiteres Fenster zu einer Subanalyse, in welcher die Art des Defektes und das verwendete Material abgefragt wurden.

Zudem wurden die Teilnehmer befragt, wie sie sich verletzt haben, ob an Elementen des Rades oder durch den Sturz selbst, also beim Aufprall auf den Boden oder dem Anprall an Hindernisse (z.B. Bäume oder Absperrgitter bei Rennen).

Zu jeder erlittenen Verletzung konnte auch die getragene Schutzausrüstung angegeben werden: Helm, Brille, Nackenschutz, Ellbogenschoner, Vollvisierhelm, Handschuhe,

Rückenschutz, Knie/ Unterschenkelschoner, darüber hinaus konnten auch eigene Angaben gemacht werden.

Im Anschluss wurde dann die Art der medizinischen Versorgung erfragt. Es wurde unterteilt in konservativ, mit medizinischen Maßnahmen wie der Anlage einer Schiene, konservativ mit Physiotherapie und operative Behandlungen. Im Falle der Angabe einer operativen Behandlung wurde gebeten, entweder die Behandlung zu skizzieren oder einen anonymisierten Behandlungsbericht hochzuladen.

Als letzter Teil des Abschnittes über akute Verletzungen wurden die Beeinträchtigungen, die durch die Verletzung entstanden sind, erhoben.

Zunächst erfolgte eine quantitative Angabe zum Ausfall an Tagen bei der Arbeit und im Radsport. Außerdem wurde erhoben, ob die Verletzung der Teilnehmenden vollständig kuriert ist. Falls dieses verneint wurde, erfolgte eine Unterteilung in schmerzbedingte und funktionelle Einschränkungen. Auf einer numerischen Skala konnte zudem die Größe der Einschränkung in Bezug auf das Ausüben von Radsport bestimmt werden (1 keine Einschränkung- 10 kein Radsport ausüben).

In dem Teil des Fragebogens, der die Erhebung zu chronischen Beschwerden beinhaltet, wurde zunächst nach der Durchführung eines Aufwärmprogrammes gefragt. Anschließend wurde die Region der Beschwerden in elf einzeln aufgeteilte Kategorien abgefragt: Sprunggelenk, Schultergelenk, Kniegelenk, Ellbogengelenk, Hüftgelenk, Handgelenk und/oder Karpaltunnelsyndrom, Rückenbeschwerden, muskuläre Beschwerden, Nackenbeschwerden, Beschwerden am Steißbein oder in der Skrotalregion, erlittene Stressfraktur.

Zu jeder einzelnen Kategorie wurde erfragt, wie sich die Beschwerden geäußert haben, ob wegen dieser Beschwerden eine ärztliche Konsultation stattgefunden hat, ob das Material umgestellt worden ist, und wenn etwas umgestellt worden ist, was umgestellt wurde, und ob eine Besserung der Beschwerden eingetreten ist.

#### 2.3.1.1. Auswertungstools (Excel, SPSS)

Die im Fragebogen erhobenen Daten wurden anonymisiert in einer Microsoft Office 365 Excel Tabelle (Excel, Word 2016, Microsoft Corporation, Microsoft Deutschland GmbH, Unterschleißheim, Deutschland) gespeichert. Zur Durchführung der Datenanalyse wurden die Daten von der Excel Tabelle in eine statistische Analyseeinheit „Statistical Package for the Social Sciences“ Software (SPSS für Windows, Version 22.0 und 23.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) übertragen. Die Angaben, die im Fragebogen auszuwählen waren, wurden binär codiert. Eigenständige Eingaben wurden individuell ausgewertet und in den Kontext gebracht. Mittels deskriptiver Statistik wurden die Daten analysiert und ausgewertet. Es wurden Summen, Mittelwert und Median sowie Prozentzahlen errechnet. Das Signifikanzniveau ist 0,05. Es wurden der Chi Quadrat Test und der Bonferroni Test verwendet. Eine statistische Beratung ist durch Herrn Dipl.-Ing. Hans Peter Michael Braun (Gesellschafter und selbstständige Tätigkeit für Softwareentwicklung und statistische Analyse) erfolgt.

Für die Erstellung des Literaturverzeichnisses wurde EndNote X6.0.1 verwendet.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Demographische Daten

##### 3.1.1. Personenbezogene Angaben

Im ersten Teil des Fragebogens wurden zunächst allgemeine Angaben zu den Teilnehmenden erhoben. Zu den erhobenen Werten zählten Geschlecht, Alter, Gewicht und die Größe.

##### **Geschlecht:**

In Bezug auf die Geschlechterverteilung zeigte sich, dass der Hauptteil der Befragten männlich ist. So zeigte sich ein Verhältnis von 86,2% (n=343) männlichen zu 13,6% (n=54) weiblichen Teilnehmern.

##### **Alter:**

Der Mittelwert und der Median des Teilnehmeralters lagen bei 40 Jahren (Std.-Abweichung: 14,07). Die älteste Teilnehmerin war 67 Jahre, der älteste Teilnehmer war 80 Jahre. Teilnehmer unter 18 Jahren wurden in der Studie nicht berücksichtigt.

##### **Gewicht:**

Der Mittelwert des Gewichtes lag bei 76 kg Körpergewicht. Das mediane Gewicht der Teilnehmer lag bei 75 kg Körpergewicht (Std.-Abweichung: 12,144). Das Minimum lag bei den weiblichen Teilnehmerinnen bei 46 kg und das Maximum bei 82 kg Körpergewicht.

Bei den männlichen Teilnehmern lag das Minimum bei 52 kg und das Maximum bei 120 kg Körpergewicht.

##### **Größe:**

Der Mittelwert der Teilnehmergröße lag bei 179,81 cm. Die mediane Größe der Teilnehmer lag bei 180 cm (Std.-Abweichung: 7,94). Die Körpergröße bei den Frauen betrug zwischen 155 cm und 200 cm Körpergröße

Bei den männlichen Teilnehmern lag das Minimum bei 162 cm und das Maximum bei 200 cm Körpergröße.

### 3.1.2. Radsport spezifische Angaben

Im zweiten Teil des Fragebogens „Radsport spezifische Angaben“, wurden Fragen über die Art der Radsportausübung erhoben. In diesem Abschnitt ging es insbesondere darum herauszufinden, in welcher Intensität und mit welcher Motivation die Befragten den Sport ausüben, aber auch welche Radsport Disziplinen sie betreiben, welches Pedalsystem sie verwenden, und welche Sportarten sie neben dem Radsport noch ausüben.

#### **Ausübungsdauer**

Im Mittel betrieben die Teilnehmenden seit 13,63 Jahren Radsport (Median: 10 Jahre; Std.-Abweichung: 10,873). Die Dauer verteilte sich dabei auf mindestens 1 und maximal 61 Jahre.

#### **Anzahl Verletzungen**

In der von den Teilnehmenden angegebenen Ausübungsdauer kam es zu durchschnittlich 3,77 Verletzungen (Median: 2; Std.-Abweichung: 7,012). Die Männer verletzten sich mit 3,99 Verletzungen im Durchschnitt häufiger in der gesamten Zeit des Radsports als Frauen im Durchschnitt mit 2,27. Ein männlicher Teilnehmer gab an, sich 77-mal verletzt zu haben. Das Maximum der Verletzungen bei den weiblichen Teilnehmerinnen lag bei 16 (Abb. 6).

Am häufigsten gaben sowohl Teilnehmerinnen als auch Teilnehmer an, sich zweimal verletzt zu haben.

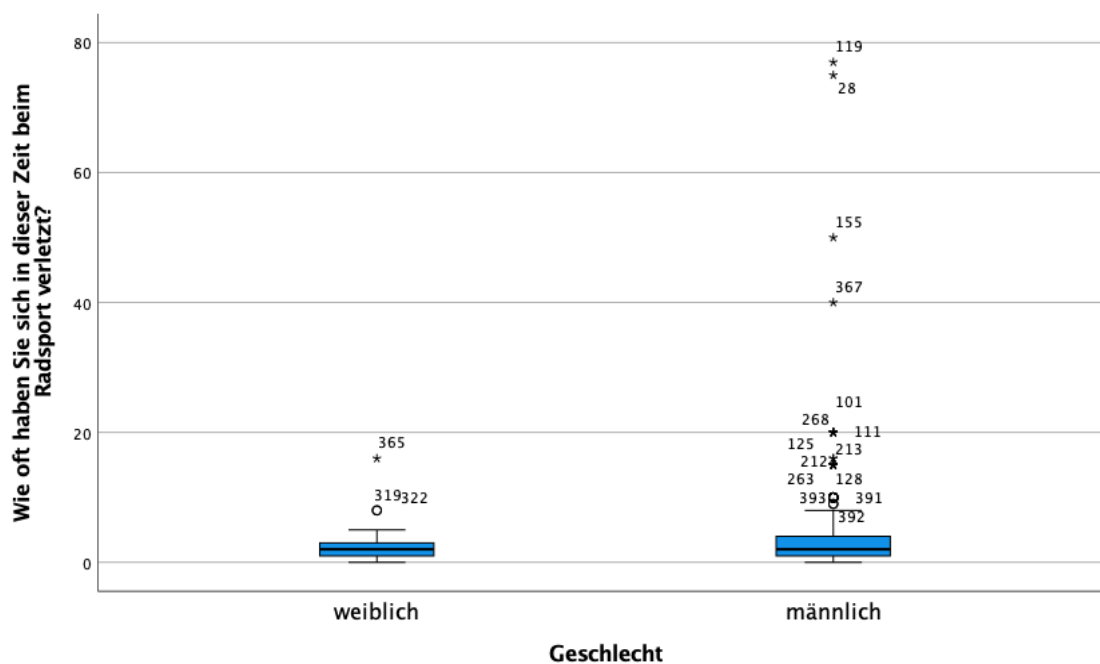


Abbildung 6: Übersicht Anzahl an Verletzungen

### Anzahl Jahreskilometer

Die Frauen haben ihre jährliche Kilometerleistung mit durchschnittlich 6351km und die Männer mit 8183 km angegeben. Dafür wenden Frauen 9 und Männer durchschnittlich 11 Stunden pro Woche auf.

### Motivation

Die Motivation beim Radfahren wurde in Siegesambitionen, das Erringen einer guten Zeit und dem Fahren ohne zeitlichen- oder Wettbewerbsdruck unterschieden. Unter den weiblichen Teilnehmerinnen gaben 36,11% an, Siegesambitionen zu haben, bei den männlichen Teilnehmern hingegen nur 14,05%. Eine gute Zeit war 22,22% der weiblichen und 45,89% der männlichen Teilnehmer wichtig. Lediglich um das Überwinden der Strecke ging es 21,3% der weiblichen und 14,92% der männlichen Teilnehmer. Keine Angabe machten 34,5% der Teilnehmenden.

Es wurde zudem der Zusammenhang zwischen Motivation und gefahrenen Jahreskilometer untersucht. Die Jahreskilometer sind bei FahrerInnen aller Radsportarten mit Ambitionen bei Wettbewerben deutlich höher im Gegensatz zu

FahrerInnen, die ohne Ambitionen fahren. Dies zeigt sich vor allem bei den Teilnehmenden, die sowohl Rennrad als auch Mountainbike Sport in Wettkämpfen betreiben (Abb. 7).

	Welche Motivation haben Sie bei diesem?			
	leer	Sieg	gute Zeit	Ankommen
	Wie viele Kilometer fahren Sie pro Jahr?			
	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
Mountainbiken	2255	2000	3938	2875
Rennrad	4531	13786	14497	6429
Mountainbiken Rennrad	5373	12029	7989	5357

Abbildung 7: Übersicht der Jahreskilometer der einzelnen Radsportarten im Verhältnis zu der persönlichen Motivation

### Übersicht Hobby und Lizenzfahrer

Mit 75,38% gaben mehr als drei Viertel der Teilnehmenden an, dass sie keine Rennlizenz gelöst haben. Von den Teilnehmenden mit Lizenz, machten 10% keine genauere Angabe, welche Lizenz sie haben. Die C-Lizenz, welche die Einstiegslizenz darstellt, wurde von 12,3% der Teilnehmenden angegeben, höhere Klassen wie die B-Lizenz (2%) und die A-Lizenz (3,6%) wurden selten angegeben. Sowohl bei Frauen als auch bei Männern werden Lizenzen vor allem im Rennradsport gelöst (Abb. 8). Bei SportlerInnen, die beide Sportarten angegeben haben, lässt sich nicht differenzieren, ob die Lizenz sowohl im Rennrad- und Mountainbikesport verwendet wird.



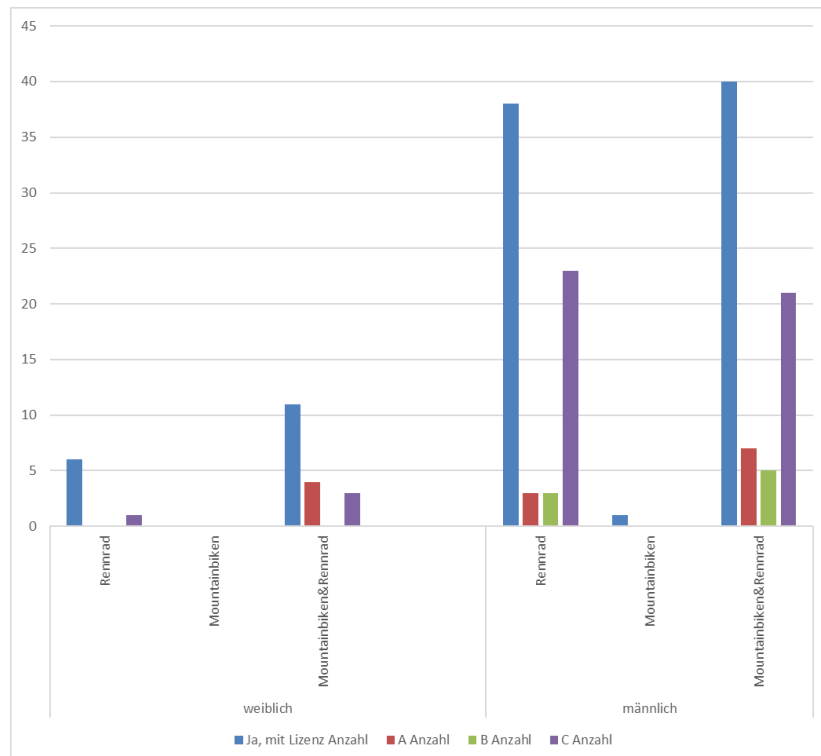
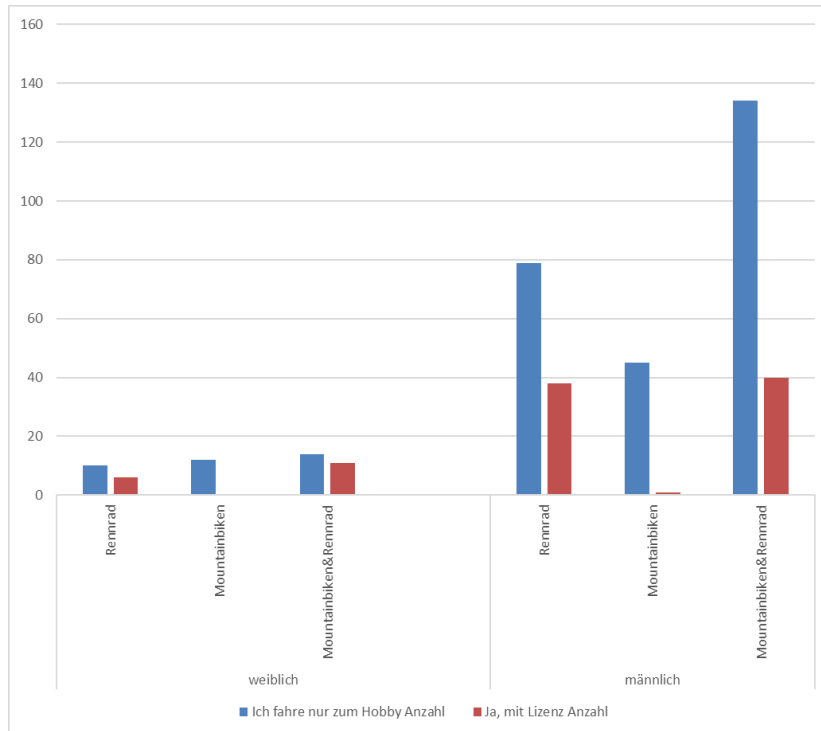


Abbildung 8: Übersicht Hobby und Lizenzfahrer mit Unterteilung in die einzelnen Lizenzklassen aufgeteilt in Geschlecht und Radsportart

## Pedalsystem

Die Wahl des Pedalsystems ist abhängig von der Art der ausgeübten Sportart. Das beliebteste Pedalsystem, war das SPD-Pedalsystem von Shimano. Dieses System, das für Mountainbikesport und Radwanderungen konzipiert ist, wird ebenfalls von RennradsporlerInnen am ehesten verwendet, da es sich mit Schuhen mit einer Laufsohle kombinieren lässt. Häufig finden sich auch SPD-SL und Look Pedalsysteme. Andere Pedalsysteme kommen selten zum Einsatz. In den Angaben waren auch Mehrfachnennung möglich (Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über die Pedalsysteme unterteilt in die Disziplinen

	SPD (n)	SPD- SL (n)	Look (n)	Campagnolo (n)	Speedplay (n)	Bärentatze/ Flat (n)	Eggbeater (n)	Time (n)
Rennrad	182	111	117	6	13	20	27	18
Mountainbike	243	59	82	8	10	41	42	8
Freeride/Downhill	13	4	4	1	0	15	5	0

## Radsportdisziplinen

Die Verteilung zwischen Rennrad oder Mountainbike Sport war in dieser Studie sehr ausgeglichen. Von den Teilnehmenden gaben 49% Rennrad und 47,3% Mountainbikesport an (Tab. 2). Zum Mountainbiken wurden zusätzlich auch die jeweiligen Unterdisziplinen Cross-Country, Marathon und Cyclocross gezählt. Downhill/Freeride wurde einzeln betrachtet, da hier ein anderes Risikoprofil zu erwarten ist. In den weiteren Disziplinen, wie Bahnradsport, BMX, Dirt Jump, Kunstrad und Trekking, erfolgten nur wenige Nennungen, sodass diese in der Auswertung der Arbeit nicht weiter berücksichtigt wurden.

Tabelle 2: Übersicht der Teilnahme der einzelnen Radsportdisziplinen

	Freeride	Mountainbike	Rennrad
Teilnehmer %	3,88	47,3	49,1
Weiblich %	7,4	48,1	44,4
Männlich %	3,4	46,9	49,8

## 3.2. Retrospektive Datenerhebung

### 3.2.1. Ursachen einer Verletzung

#### 3.2.1.1. Verletzungsmechanismus

Im Auswertungsteil zu den Ursachen der Verletzungen wurde zunächst eine Erhebung über den Verletzungsmechanismus durchgeführt. Hierbei wurden die Teilnehmenden befragt, ob sie sich bei einem Sturz auf Asphalt oder Boden verletzt haben, bei einem Sturz gegen einen Gegenstand oder Hindernis oder ob die Verletzung auf Elemente des Fahrrades zurückzuführen war. Es soll damit die Ursache, die zu der Verletzung geführt hat, näher beleuchtet werden.

Hierbei zeigte sich über alle Sportarten hinweg, dass die meisten Verletzungen auf einen Kontakt mit dem Boden oder Asphalt zurückzuführen waren. So wurde bei insgesamt 66,40% der Verletzungen als Ursache ein Sturz auf Boden oder Asphalt angegeben. Proportional am ausgeprägtesten ließ sich dies erwartungsgemäß bei den nicht Geländesportarten beobachten. Unter den RennradfahrerInnen wurde diese Möglichkeit bei insgesamt 227 Verletzungsereignissen ausgewählt, im Vergleich zu 42 Verletzungsereignissen, bei denen eine der anderen Möglichkeiten gewählt wurde.

In 15,52% der Verletzungsereignisse ließen sich die zugezogenen Verletzungen auf eine Kollision mit einem Hindernis, wie beispielsweise einem Baum, zurückführen.

Noch seltener war die Verletzung durch das Rad selbst bedingt.

Insgesamt wurde lediglich bei 3,93% der Verletzungen angegeben, dass sie sich auf einen Kontakt mit dem Rad zurückzuführen ließen.

Bei den Anbauteilen des Rades wurden am häufigsten der Lenker (n=8) und das Kettenblatt (n=5) genannt. Dem Fahrrad selbst ist damit, nur eine untergeordnete Rolle beim Verletzungsmechanismus zuzuschreiben.

Weiterhin wurde im Rahmen der Unfallursache untersucht, welchen Einfluss Unkenntnis und Schwierigkeitsgrad der Strecke, Hindernisse auf der Strecke oder die Wahl einer für die persönlichen Fähigkeiten nicht geeigneten Strecke haben. In der Analyse zeigte sich, dass Unkenntnis (14,15%) und ein zu hoher Schwierigkeitsgrad (3,14%) der Strecke eine untergeordnete Rolle im Zusammenhang mit Unfallhergängen spielen. Die Wahl einer zu schwierigen Strecke scheint vor allem bei RennradfahrerInnen keine Rolle zu spielen, und wurde nur von einem Teilnehmenden angegeben.

Häufiger wurden Hindernisse (22,2%) und Bodenbeschaffenheit (23,38%), wie ein nasser Untergrund oder Wurzeln, als Ursache genannt (Abb. 9).

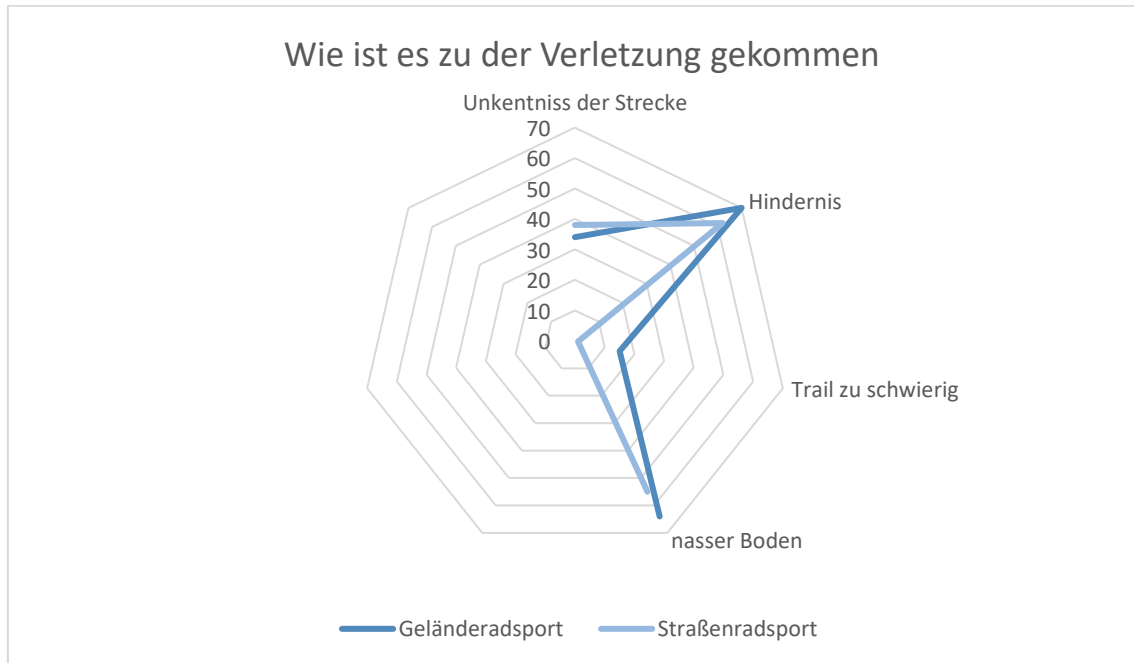


Abbildung 9: Vergleich der Ursachen eines Sturzes in Straßen- und Geländeradsport

### Eigener Fehler

Weiter wurde untersucht, ob Verunfallte eigene Fehler oder Fremdeinwirkung als Unfallursache einschätzten. 310 (60,9%; m= 272; w=38) Teilnehmenden gaben an, dass ein eigener Fehler zu dem Sturzereignis geführt hat.

Über alle Disziplinen hinweg wurden fahrtechnische Fehler (n=238) als häufigste Unfallursache angegeben. Überschätzung (n=62), Erschöpfung (n=34) und übermotivierter Fahrstil (n=54) wurden hingegen deutlich seltener als Unfallursache angegeben.

### Fremdeinwirkung

Auch die Fremdeinwirkung spielt eine Rolle in der Unfallursache. Fremdeinwirkungen wurden unterschieden in Abdrängung, Kollision und Ausbremsen.

118 Fremdeinwirkungen gingen dabei auf eine direkte Kollision zurück. Abdrängen (n=65) und Ausbremsen (n=29) kamen deutlich seltener vor.

Im Vergleich zu den anderen Radsportarten wird überproportional häufig die Fremdeinwirkung in der Gruppe der RennradfahrerInnen angegeben. Von 212 Nennungen einer Fremdeinwirkungen kamen der überwiegende Anteil (n=181) von Rennradfahrenden.

#### *3.2.1.2. Verletzungen durch Wettkampf und/oder Training*

In diesem Abschnitt der Befragung wurde die Relation von Verletzungsereignissen zur Fahrsituation in Bezug auf Wettkampf und Training untersucht. Hier zeigte sich, dass im Vergleich von Unfallhergängen in Wettkampf- und Trainingssituationen, sich 69,94% aller Verletzungen während des Trainings und nicht im Wettkampf ereigneten. Hierzu muss man jedoch das Mehr an Trainingskilometern in Relation setzen.

#### *3.2.1.3. Materialfehler*

Ein anderer Teil der Untersuchung basierte auf der Fragestellung, ob Unfallhergänge im Zusammenhang mit Materialfehlern standen. Diese Fragestellung ist vor allem vor dem Hintergrund interessant, dass zunehmend sehr leichte Materialien wie Carbon Einzug in den Radsport halten.

In der durchgeführten Auswertung zeigte sich, dass nur 6% aller Stürze aus Materialfehlern resultierten (Abb. 10). Ein Drittel (31,8%) der angegebenen Materialfehler ließen sich dabei auf die Reifen (n=10) zurückführen (Abb. 12). Schäden an Material, welches aus Carbon (n=3) gefertigt war, waren selten mit Verletzungen assoziiert. Am häufigsten wurden Materialschäden an Teilen aus Aluminium (n=10) angegeben (Abb. 11).

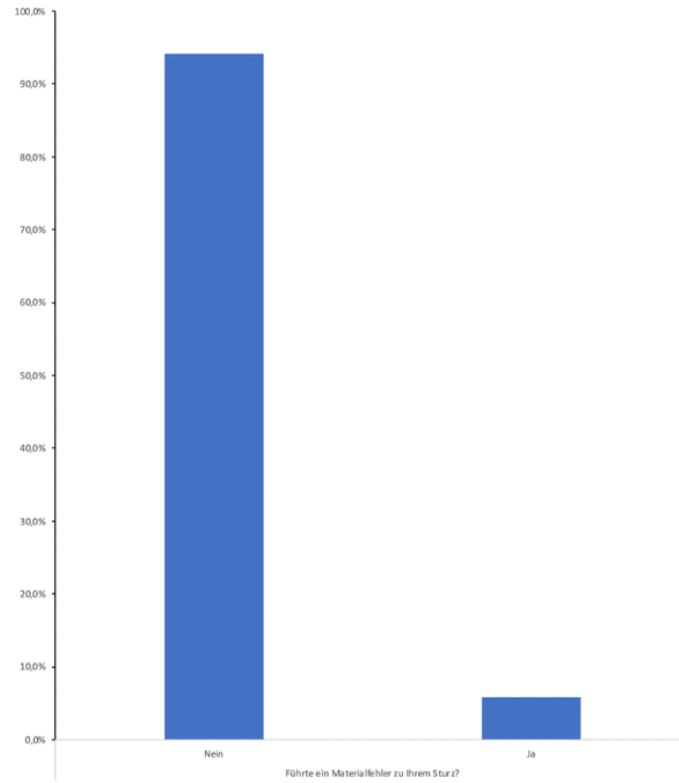


Abbildung 10: Materialfehler als Ursache für ein Sturzereignis

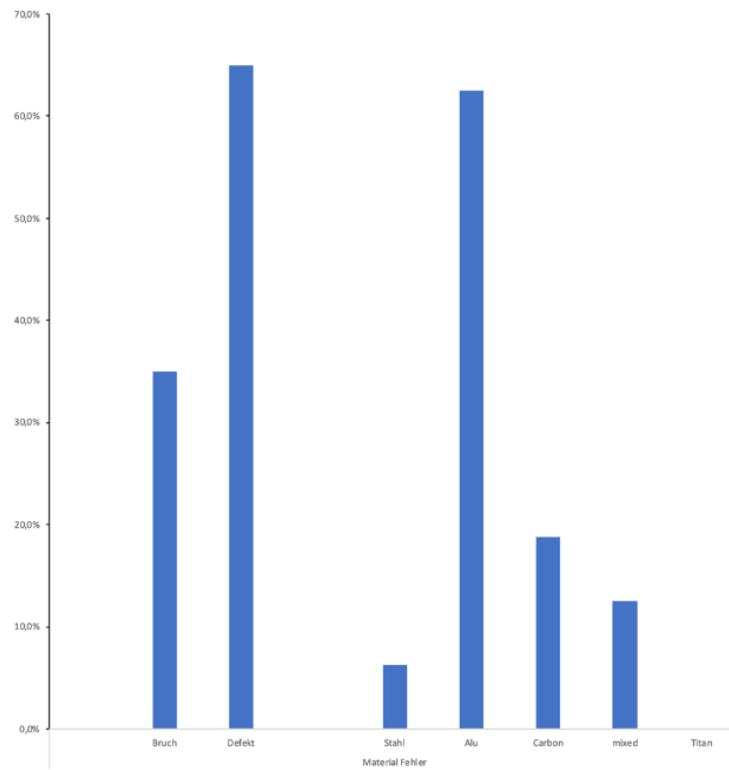


Abbildung 11: Beschaffenheit des gebrochenen oder defekten Materials

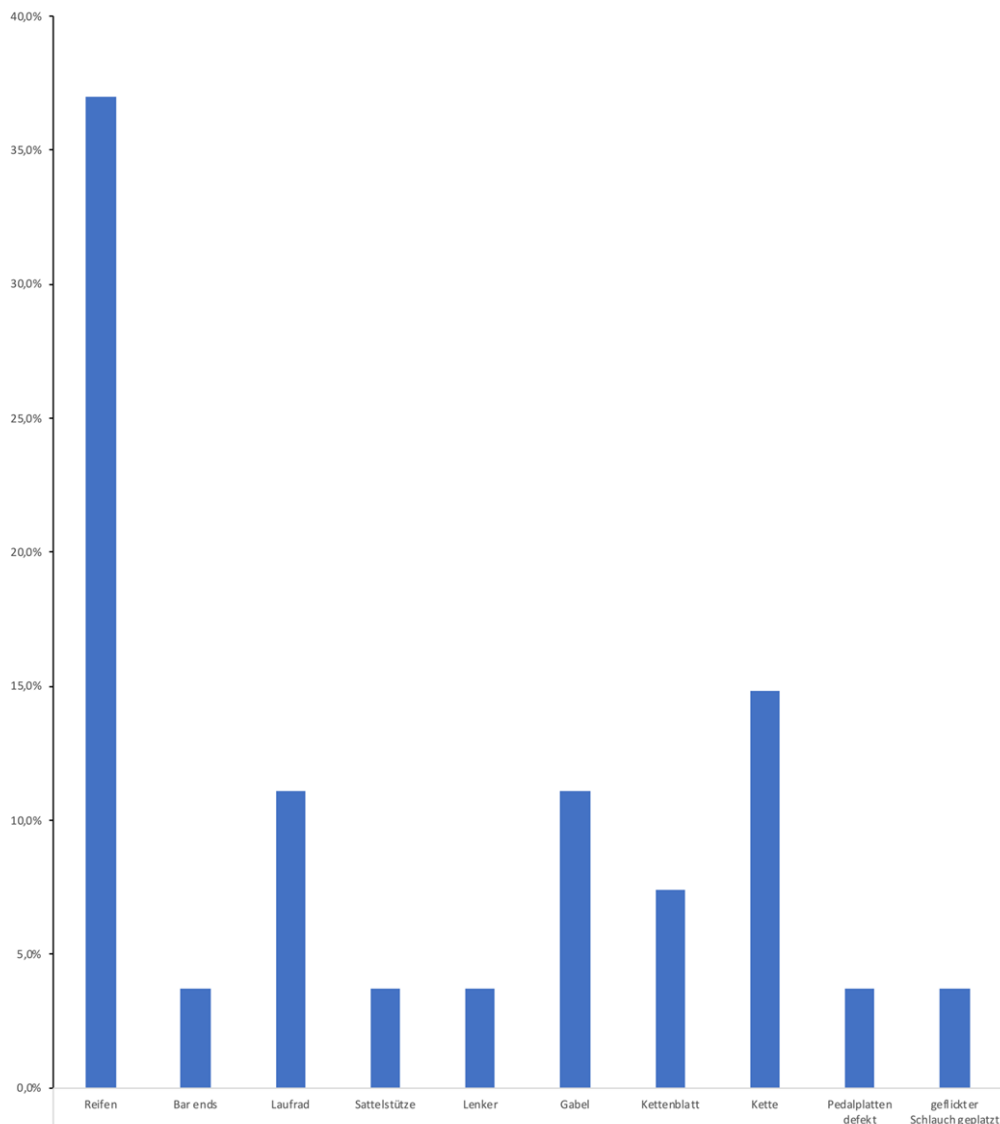


Abbildung 12: Übersicht über die häufigsten Materialfehler

### 3.2.2. Akute Verletzungen

#### 3.2.2.1. Verletzungen nach Körperregion

Von den 398 Teilnehmenden gaben 342 (84,7%) an, sich in den vergangenen 4 Jahren verletzt zu haben, und 47 (11,81%) Teilnehmenden, sich nicht verletzt zu haben.

Für die Analyse der Verletzungen in diesem Teil der Arbeit wurden retrospektiv 509 Sturzereignisse mit insgesamt 1721 Einzelverletzungen verteilt auf die einzelnen Körperregionen erhoben. Diese werden in den folgenden Abschnitten einzeln dargestellt.

3.2.2.2. Verletzungen am Kopf

Von 509 Verletzungsereignissen beinhalteten 147 (28,68 %) eine oder mehrere Kopfverletzungen (n=179).

Insgesamt kam es bei 18 der weiblichen und 129 der männlichen Teilnehmenden zu einer Kopfverletzung. Davon trugen 134 Teilnehmende einen Helm (w: 17; m: 117) und bei 13 Verletzungsereignissen (w: 1; m: 12) wurde kein Helm getragen.

Häufigste Verletzungen sind Abschürfungen (n= 85), eine Commotio cerebri (n=52) gehört mit 35,7% zu den zweithäufigsten Verletzungen des Kopfes und kommt bei 10,22% aller Stürze vor. Frakturen im Bereich des Kopfes kamen selten vor. Die häufigste Fraktur war eine Nasenbeinfraktur (n=5) (Abb. 13).

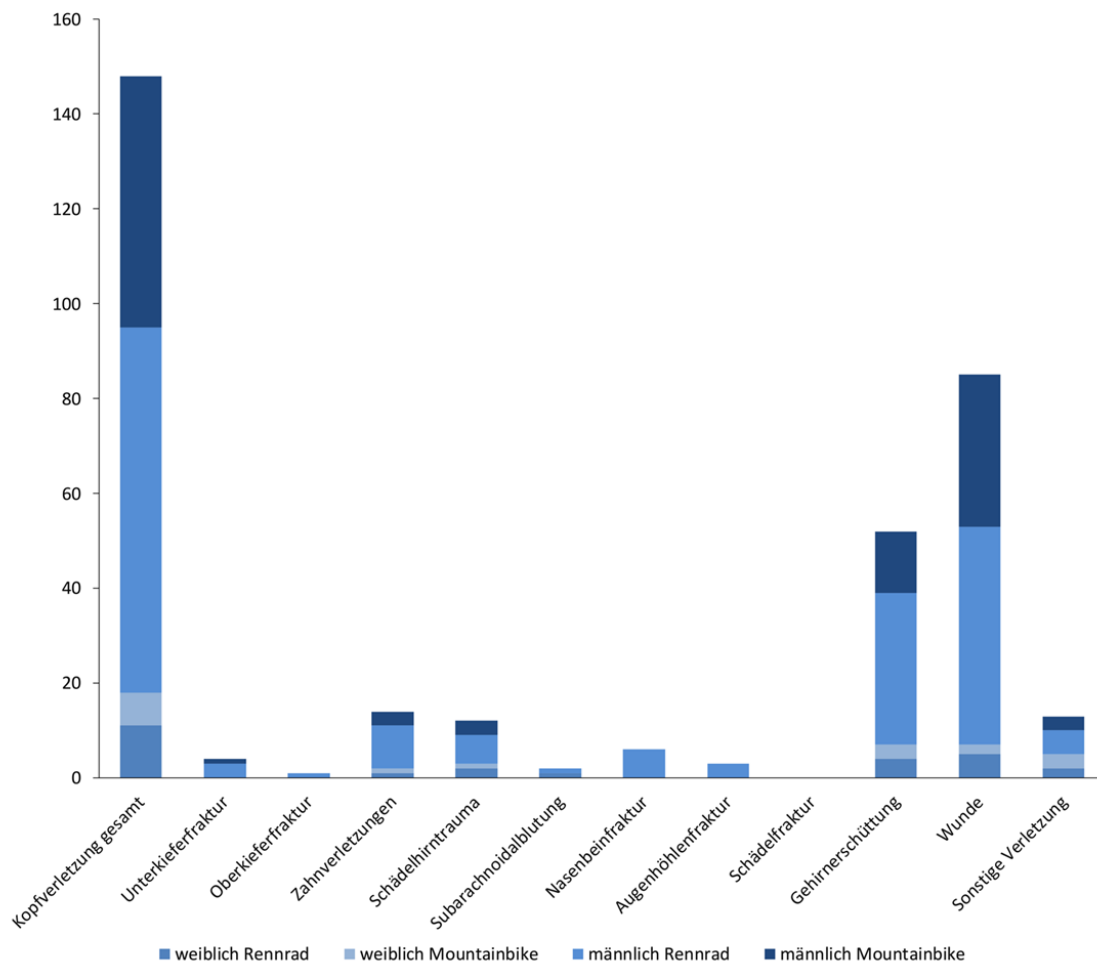


Abbildung 13: Verletzungen am Kopf



3.2.2.3. Verletzungen des Oberkörpers und der Arme

Es wurden 523 Verletzungen an Oberkörper und Armen bei 316 (62,08%) Teilnehmenden dokumentiert, wovon 282 männlich und 34 weiblich waren.

Es dominierten Prellungen (n=166) und Wunden ohne Bruch (n=179). Aber auch Frakturen im Bereich des Oberkörpers kamen häufig vor. Über alle Radsportarten verteilt, treten bei 8,84% der Unfälle Claviculafrakturen (n=45) auf. Frakturen des Schulterblattes (1,57%; n=8), Handgelenks (3,14%; n=16), Unterarms (1,38%; n=7), Oberarms (0,2%; n=1) und Ellenbogen (1,38%; n=7) traten seltener auf. Zudem wurden 38 (7,47%) Muskelverletzungen, 7 (1,38%) Schulter- und 16 (3,14%) Ellbogenluxationen dokumentiert (Abb. 14). Unter „sonstigen Verletzungen“ wurden ein schwerer Armplexusschaden und drei Verletzungen der Bursa olecrani angegeben.

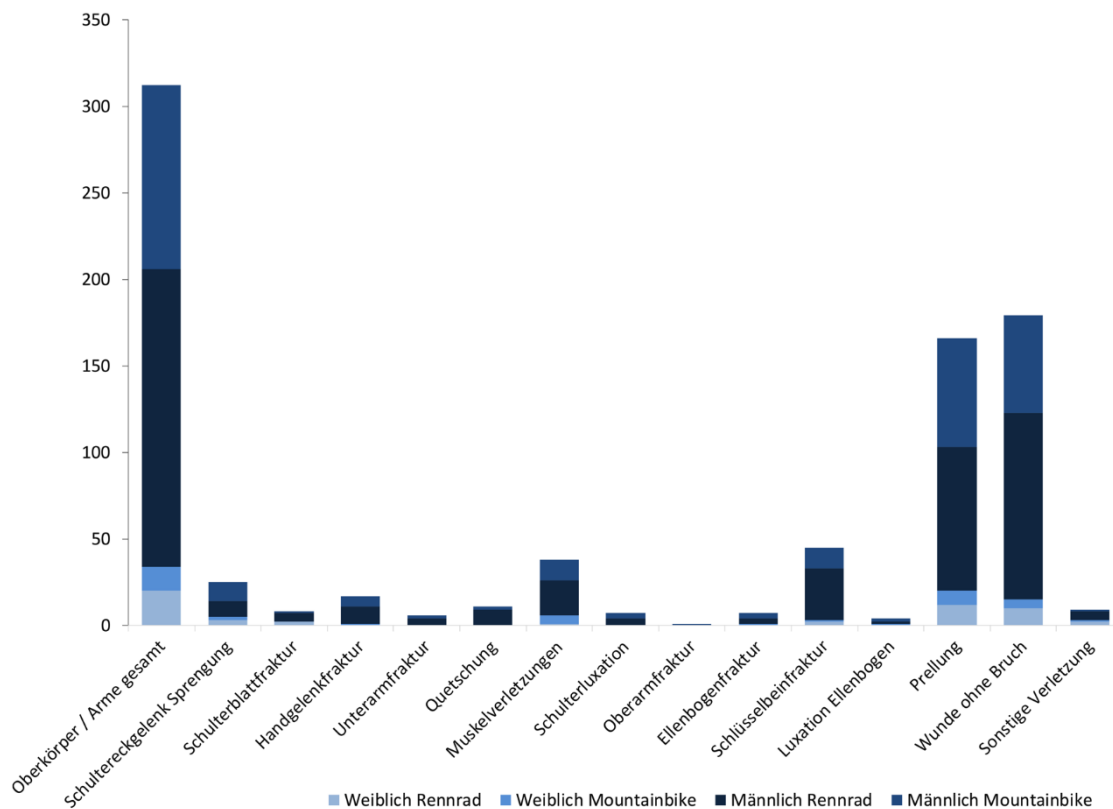


Abbildung 14: Verletzungen des Oberkörpers und der Arme

### 3.2.2.4. Verletzungen an der Hand

Es wurden 287 Verletzungen an der Hand bei 195 (38,31%) Teilnehmenden dokumentiert, wovon 173 männliche und 22 weiblich waren.

Bei Verletzungen der Hände dominieren Schürfwunden (26,92%; n=137) und Prellungen (13,95% n=71). Frakturen der Finger (inkl. Os metacarpale) (3,54%; n=18) oder Handwurzeln (3,14%; n=16) wurden bei wenigen Verletzungsereignissen aufgeführt. Sehnen- (3,54%; n=18) und Bandverletzungen (1,77%; n=9) wurden ähnlich häufig genannt (Abb. 15).

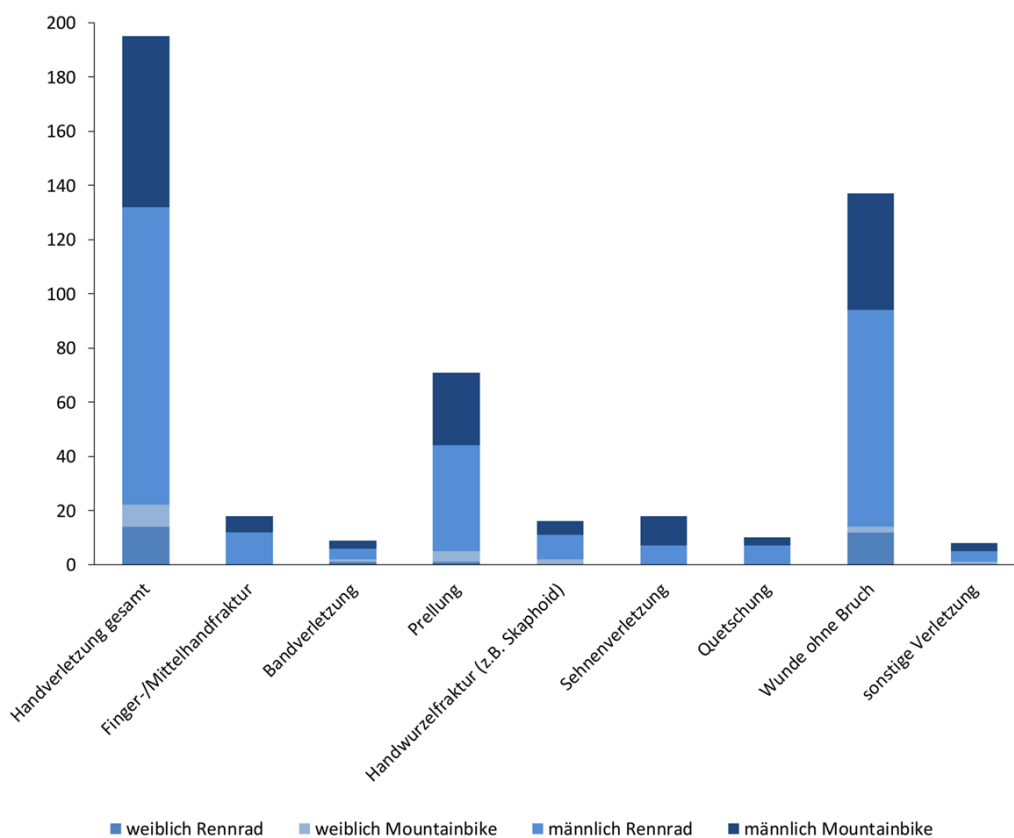


Abbildung 15: Verletzungen an der Hand

### 3.2.2.5. Verletzungen am Rumpf

Es wurden 303 Verletzungen am Rumpf bei 212 (41,65%) Teilnehmenden dokumentiert, wovon 192 männlich und 20 weiblich waren. Auch bei den Verletzungen am Rumpf dominierten leichte Verletzungen, wie Prellungen (26,52%; n=135) und Wunden (19,06%; n=97). Bei den schweren Verletzungen stellten Rippenfrakturen den

Höchstwert (7,86%; n=40) dar, welche am häufigsten bei männlichen Rennradfahrern (n=11) auftraten. Seltener kam es zu Sternumfrakturen (7,86%; n=5), Pneumothoraces (1,57%; n=8) und Verletzungen innerer Organe (0,79%; n=4) (Abb. 16). Zu den Verletzungen innerer Organe gehörten zwei Nierenverletzungen, eine Milzruptur sowie eine Lungen- und Herzkontusion.

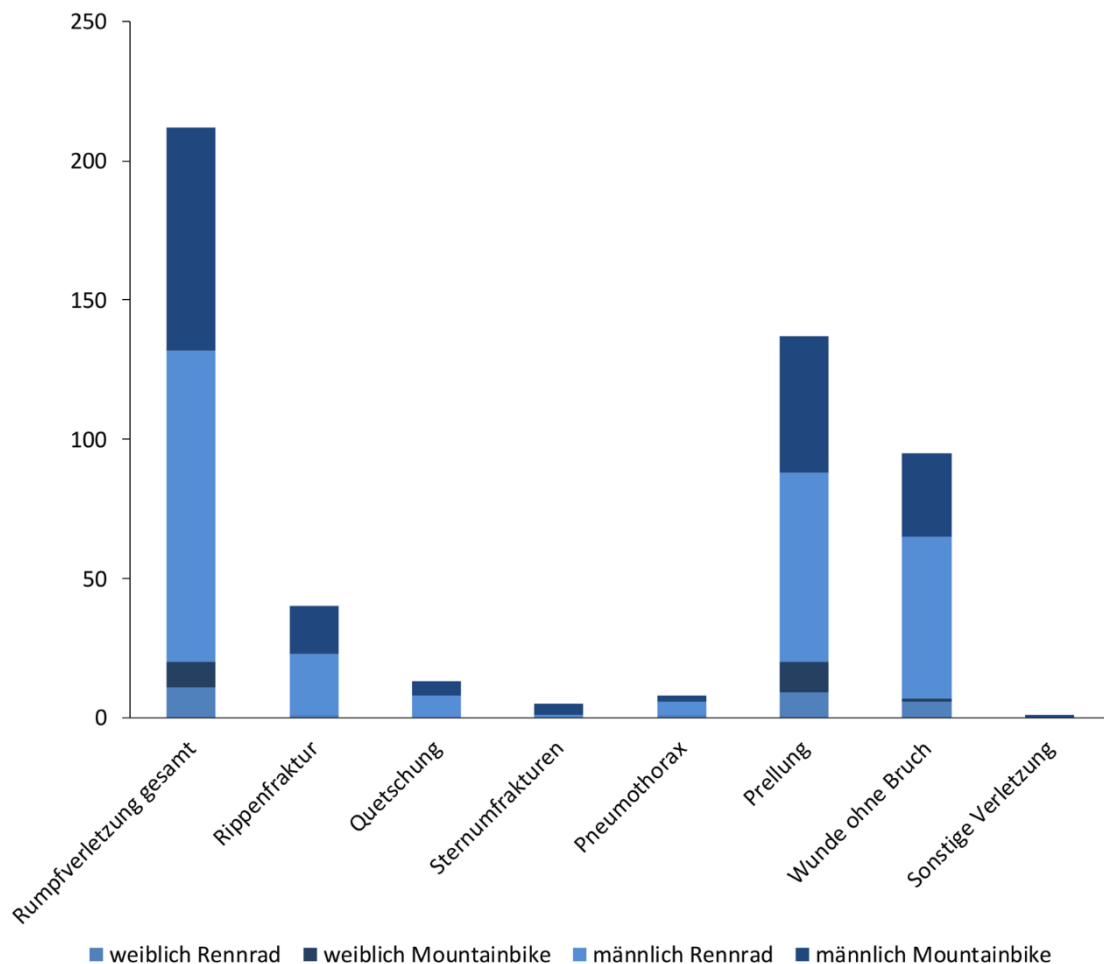


Abbildung 16: Verletzungen am Rumpf

### 3.2.2.6. Verletzungen der Wirbelsäule

Verletzungen der Wirbelsäule kamen nur sehr selten vor.

Verletzungen der Wirbelsäule wurden von 14 Teilnehmenden (2,95%) angegeben, wovon 10 männlich und nur 4 weiblich war. Insgesamt wurden bei diesen Teilnehmenden 15 Verletzungen dokumentiert. Frakturen der einzelnen Wirbelsäulen Abschnitte kamen dabei ähnlich häufig vor (HWS-Fraktur=4 (0,79%); BWS-Fraktur=4

(0,79%); LWS-Fraktur=3 (0,59%) (Abb. 17). Zudem gaben 4 (0,79%) Teilnehmende Stauchungen der Wirbelsäule oder Diskusschäden an.

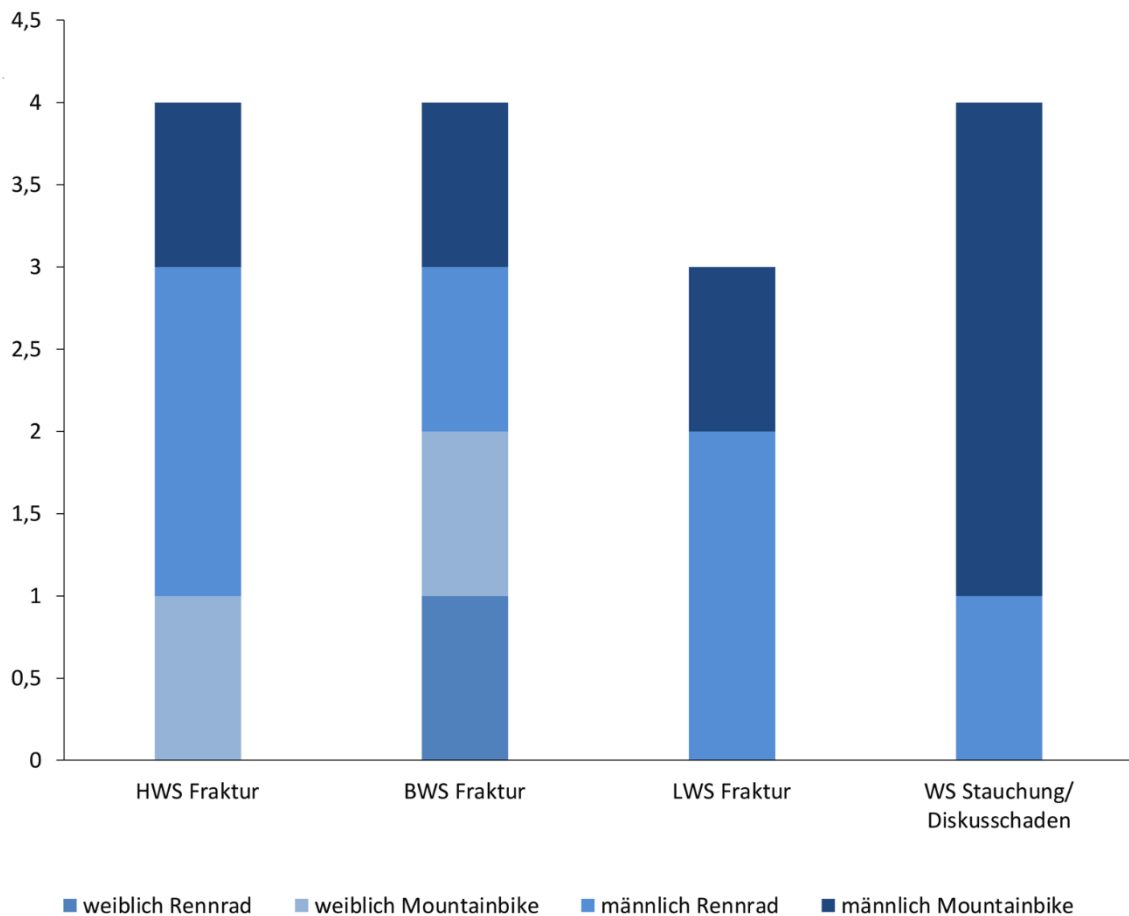


Abbildung 17: Verletzungen der Wirbelsäule

### 3.2.2.7. Verletzungen am Knie

Verletzungen am Knie wurden lediglich von 23 Teilnehmenden (4,52%) angegeben, wovon 22 männlich und nur 1 Teilnehmender weiblich war. Insgesamt wurden bei diesen Teilnehmenden 28 Verletzungen dokumentiert.

Häufigste Verletzungen sind Knorpelschäden (n=12; 2,36%), Meniskus (n=10; 1,96%) und vordere Kreuzbandrisse (n=1; 0,2%) (Abb. 18). Knieverletzungen kommen bei männlichen Freeridern überproportional häufig vor. 20% der männlichen Freerider nannten eine Knieverletzung.

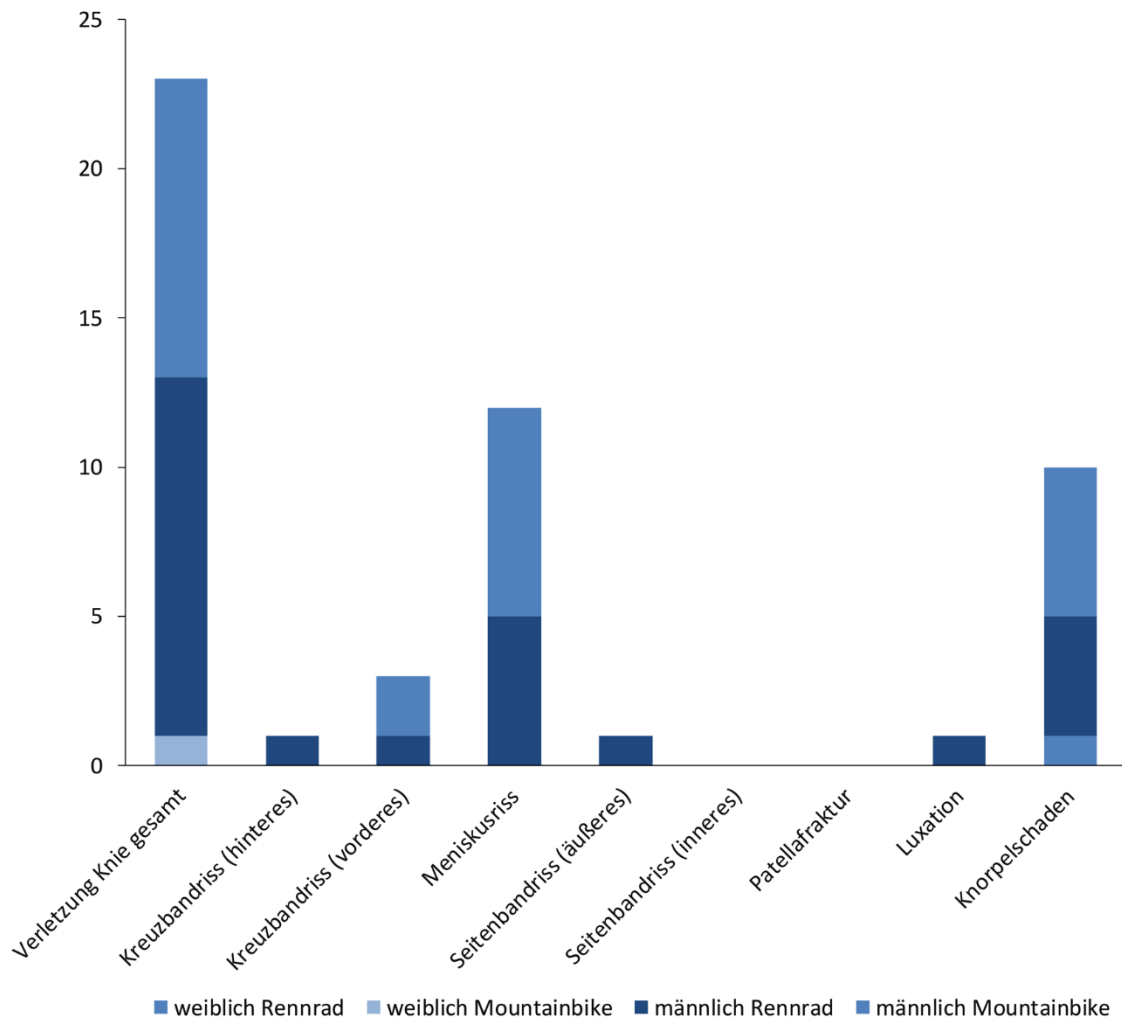


Abbildung 18: Verletzungen am Knie

### 3.2.2.8. Verletzungen am Unterkörper

Verletzungen am Unterkörper wurden von 252 Teilnehmenden (49,51%) angegeben, wovon 121 männlich und 31 weiblich waren. Insgesamt wurden bei diesen Teilnehmenden 393 Verletzungen dokumentiert. Prellungen (n=142; 27,9%), Abschürfungen (n=112; 22%) und tiefe Wunden (n=59; 11,59%) an den Beinen gehörten zu den häufigsten Verletzungen. Von den schwereren Verletzungen wurden am häufigsten Muskelverletzungen (n=12; 2,36%) genannt. Frakturen, wie Becken- (n=6; 1,18%), Unterschenkel- (n=4; 0,797%), Sprunggelenk- (n=7; 1,38%), Fuß- (n=2; 0,39%), Zehen- (n=1; 0,2%) und Oberschenkelfrakturen (n=8; 1,57%), kamen seltener vor. Bänderrisse im Bereich des Sprunggelenks (n=7; 1,38%) kamen in vergleichbarer Häufigkeit vor (Abb. 19).

Auch wenn Verletzungen beim Trekking aus dieser Arbeit aufgrund der geringen Anzahl an Teilnehmenden herausgenommen wurden, fiel auf, dass Beckenfrakturen vor allem bei der Ausübung von Trekking vorkamen.

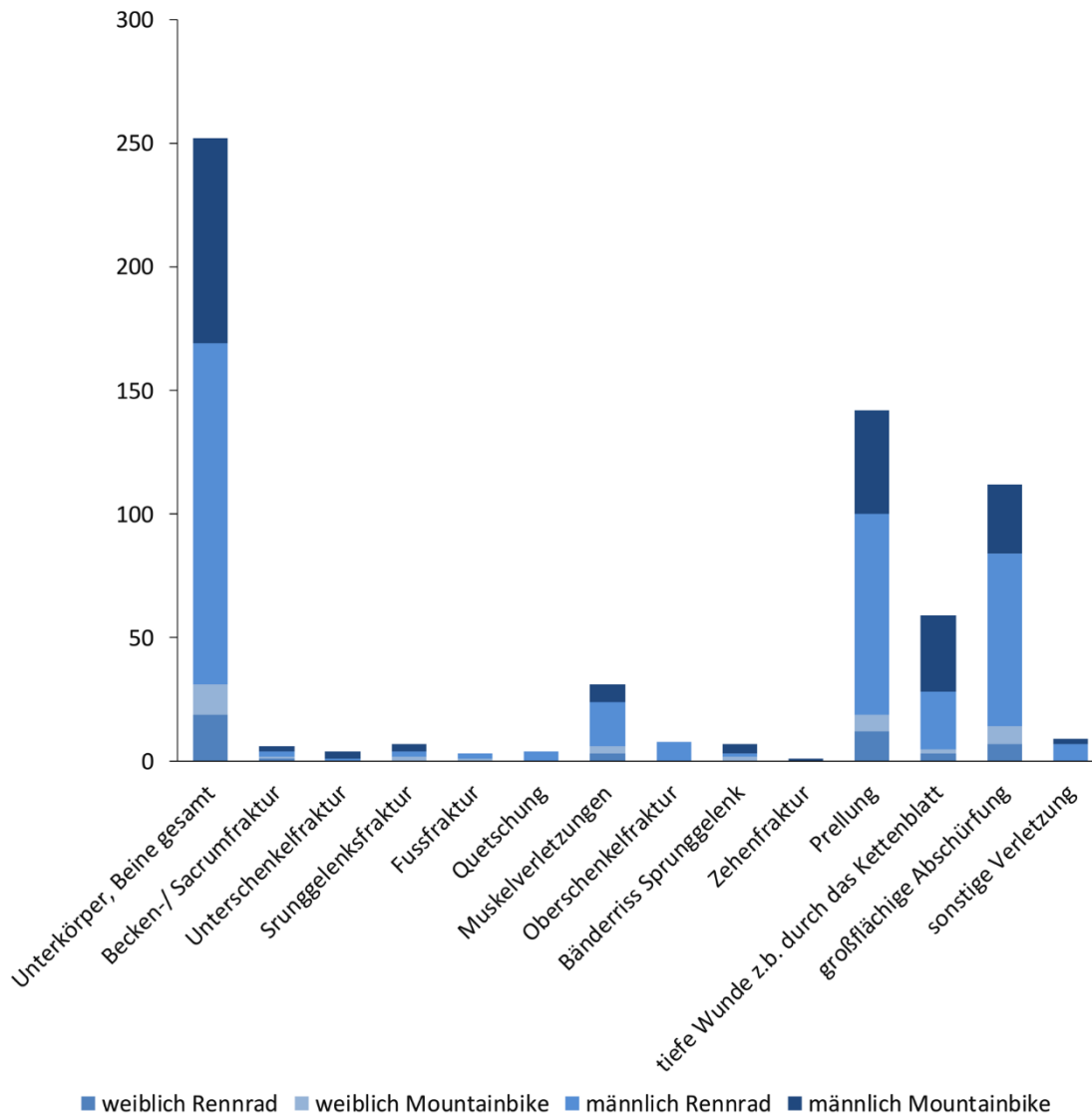


Abbildung 19: Verletzungen am Unterkörper

### 3.2.2.9. Verletzungen in den einzelnen Radsportarten

Proportional haben alle Radsportarten ein ähnliches Verteilungsmuster der Verletzungen. Abweichungen sind bei Kopf- und Knieverletzungen zu beobachten. Verletzungen des/der Oberkörpers/Arme und des Unterkörpers kommen insgesamt am häufigsten vor (Abb. 20).

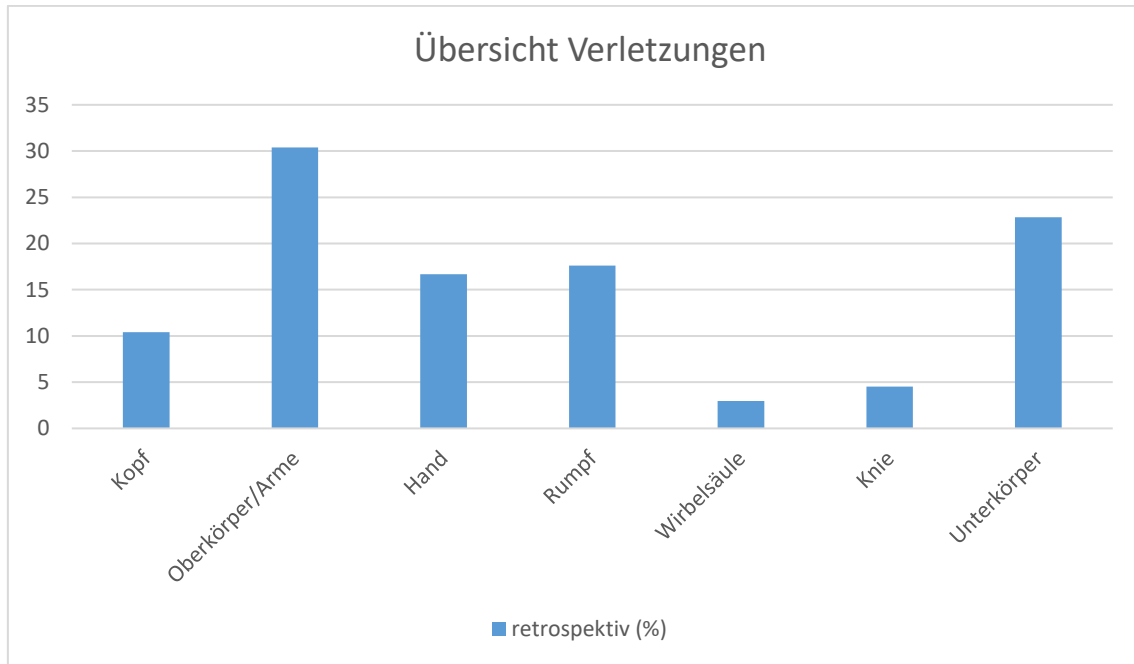


Abbildung 20: Übersicht der Verletzungen der einzelnen Körperregionen

### 3.2.2.10. Verletzungen/ 1000 Std.

In dieser Studie haben sich Frauen durchschnittlich 1,45-mal pro 1000 Stunden verletzt, bei Männern waren es nur 1,06 Verletzungen (Abb. 21). Damit haben sich Frauen beim Radsport proportional häufiger verletzt als Männer.

- **Formel:**

$$\frac{\text{Anzahl Verletzungen}}{(52,14 \cdot \text{Std/Woche} \cdot \text{Jahre Radsport})} \cdot 1000$$

Abbildung 21: Formel zur Errechnung von Verletzungen pro 1000 h Radsport

### 3.2.3. Therapie

#### 3.2.3.1. Therapieform (Vergleich operativer zur konservativen Versorgung)

Zunächst wurde unterschieden, ob die Verletzungen einer Behandlung bedurften. Hier zeigte sich bei 57,76% der Verletzungsereignisse eine akute Behandlungsnotwendigkeit.

Bei den Verletzungen, für die sich die Teilnehmenden einer Behandlung unterziehen mussten, wurde zwischen konservativer und operativer/interventioneller Versorgung unterschieden. Unter einer konservativen Behandlung wurden Wundversorgung, Versorgung von Frakturen mit Gips oder Schiene und physiotherapeutische Maßnahmen gezählt. Bei den operativen Therapien wurden die Behandlungsberichte anamnestisch erhoben.

Im Rahmen von 294 Sturzereignissen war eine Behandlung der Verletzung notwendig. Die Verletzungen von 89 Teilnehmenden mussten operativ versorgt werden. Bei der konservativen Versorgung gaben 111 Teilnehmende an, Physiotherapie zur Therapie der Verletzung in Anspruch genommen zu haben. Die Verletzungen von weiteren 125 Teilnehmenden wurden mit orthopädischen Hilfsmitteln versorgt (Abb. 22).

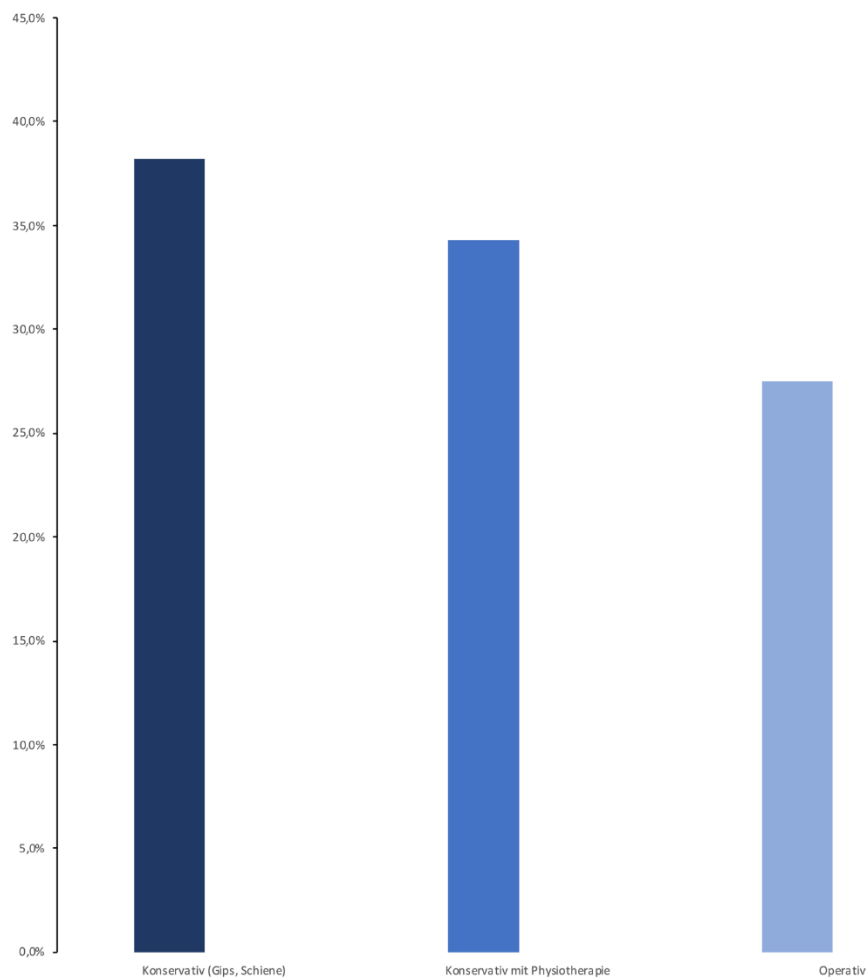


Abbildung 22: Übersicht Therapieform



*3.2.3.2. Anamnestisch erhobene operative Verfahren von Einzelverletzungen:*

PatientInnen, welche sich einer invasiven Behandlung unterziehen mussten, wurden bezüglich dieser spezifischer befragt.

Die häufigste Behandlung war die Wundversorgung mittels Wundnaht (n= 13) über alle Körperregionen hinweg.

Im Bereich des Kopfes waren Zahnbehandlungen (n=4) und zwei operative Versorgungen des Kiefers notwendig sowie einer Mittelgesichtsfraktur. Ein Sportler erlitt eine SAB, die akut entlastet wurde, mit sich anschließendem 4-wöchigen Koma.

Im Bereich der oberen Extremität war die operative Versorgung von Claviculafrakturen am häufigsten, die entweder mittels Platten- oder Drahtosteosynthese (n=8) versorgt wurden. Bei drei Verletzungen des Schultergelenks erfolgte eine arthroskopische Operation, eine Behandlung mittels Plattenosteosynthese und eine mittels Drahtosteosynthese.

Insgesamt vier distale Unterarmfrakturen wurden operativ und alle mit einer Plattenosteosynthese behandelt, zwei Handgelenksfrakturen mit einer Drahtosteosynthese sowie zwei Ellbogenfrakturen mit einer Schraubenosteosynthese. Zwei dieser Verletzungen mussten zuvor mit einem Fixateur externe versorgt werden.

An der Hand kam es zu elf Verletzungen, die operativ behandelt werden mussten, davon waren 10 Verletzungen Frakturen und eine Sehnenverletzung. Am häufigsten traten Mittelhandfrakturen auf (n=5), welche alle mit einer Plattenosteosynthese behandelt wurden. Am zweit häufigsten waren Schraubenosteosynthesen bei Handwurzelfrakturen (n=3).

Vier operative Behandlungen der Wirbelsäule wurden anamnestisch angegeben. An der Halswirbelsäule wurde eine Schraubenosteosynthese des Dens vorgenommen. Zweimal wurden dorsale Fusionen der Brust- und einmal der Lendenwirbelsäule durchgeführt. Zudem wurde eine Diskusnaht angegeben.

Im Bereich der unteren Extremität erfolgten drei operative Versorgungen von Frakturen des Femurs (Gammanagel=1; TEP=1; DHS=1), zwei des Unterschenkels und einer des Sprunggelenks. Zudem wurde eine Zehenfraktur mittels Drahtosteosynthese behandelt. Beckenfrakturen mussten zweimal mit einer Plattenosteosynthese versorgt werden. Verletzungen am Knie mussten fünfmal invasiv behandelt werden. So wurden zwei

Meniskus Operation notwendig, ein arthroskopischer Eingriff bei einem Knorpelschaden, eine Korrektur der Kniescheibe sowie eine Bursektomie.

Im Abdomen kam es bei zwei Teilnehmenden zu schweren Verletzungen. Bei einer Nierenlazeration musste eine notfallmäßige Hämostase mittels einer radiologisch durchgeführten Embolisation erfolgen. Bei einem zweiten Verletzungsereignis war die Entfernung von Milz und Niere notwendig (Tab. 3).

Tabelle 3: Übersicht invasive Eingriffe

Legende: BWK: Brustwirbelkörper; DHS: Dynamische Hüftschraube; HWK: Halswirbelkörper;

LWK: Lendenwirbelkörper; NO: Nagelosteosynthese; PO: Plattenosteosynthese;

SO: Schraubenosteosynthese; TEP: Totalendoprothese

Lokalisation /Verletzung	Therapie	Anzahl (n)
<b>Kopf</b>		
Zahnverletzung	Zahnersatz	4
Unterkieferfraktur	PO/SO	1/1
SAB	Operation	1
Mittelgesichtsfraktur	Operation	1
<b>Oberkörper/Arme</b>		
Schultereckgelenk	Arthroskopische Operation/PO-Drahtschlaufe	1/2
Claviculafraktur	PO/NO	8
Unterarmfraktur	Fixateur externe/ PO	1/4
Handgelenkfraktur	Fixateur externe/ DO	1/2
Ellbogenfraktur	SO	2
<b>Hand</b>		
Fingerfraktur	PO/SO	2
Sehnenverletzung	Operation	1
Mittelhandfraktur	Operation/PO	5
Handwurzelfraktur	(Herbert)schraube	3
<b>Rumpf</b>		
Pneumothorax	Operation	1
Becken-Fraktur	PO	2
<b>Wirbelsäule</b>		
HWK-Fraktur	Densverschraubung	1
BWK-Fraktur	Dorsale Fusion	2
LWK-Fraktur	Ventrale Fusion	1
<b>Unterkörper/Beine</b>		
OSH Fraktur	Gammanagel/TEP	2
Femurfraktur	DHS	1
Unterschenkelfraktur	NO/PO	2
Sprunggelenkfraktur	Operation	1
Zehenfraktur	Draht	1
<b>Knie</b>		
Meniskusriss	Meniskus Operation	2
Knorpelschaden	Arthroskopie	1
Kniescheibe	Lagekorrektur	1
Bursa	Bursektomie	1
<b>Abdomen</b>		
Milzlazeration	Entfernung	2
Nierenlazeration	Embolisation/Entfernung	1/1
<b>Gesamter Körper</b>		
Quetschris Wunde	Wundnaht	13

*3.2.3.3. Beschwerden und Einschränkungen*

Von den Teilnehmenden gaben 76,23% an, dass die Verletzungen ohne Langzeitfolgen ausgeheilt sind. Von den Teilnehmenden, die keine vollständige Ausheilung angaben, litten 11,12% unter schmerzbedingten und 9,23% unter funktionellen Einschränkungen (Abb. 23).

Spezifischer wurde die Frage der Einschränkungen noch einmal auf den Radsport selbst untersucht. Hierzu diente eine numerische Skala von 1-10. Auch in dieser Subanalyse konnten 78,05% der Teilnehmenden ohne Einschränkung Radsport betreiben. Bei Teilnehmenden mit Einschränkung haben die meisten nur eine leichte (17,99%) Einschränkung in Höhe von 2-3 angegeben. Bleibende Einschränkungen (Skala von 10) durch Verletzungen sind sehr selten. Nur 0,61% der Teilnehmenden gaben an, keinen Radsport in Folge der Verletzung mehr ausüben zu können (Abb. 24).

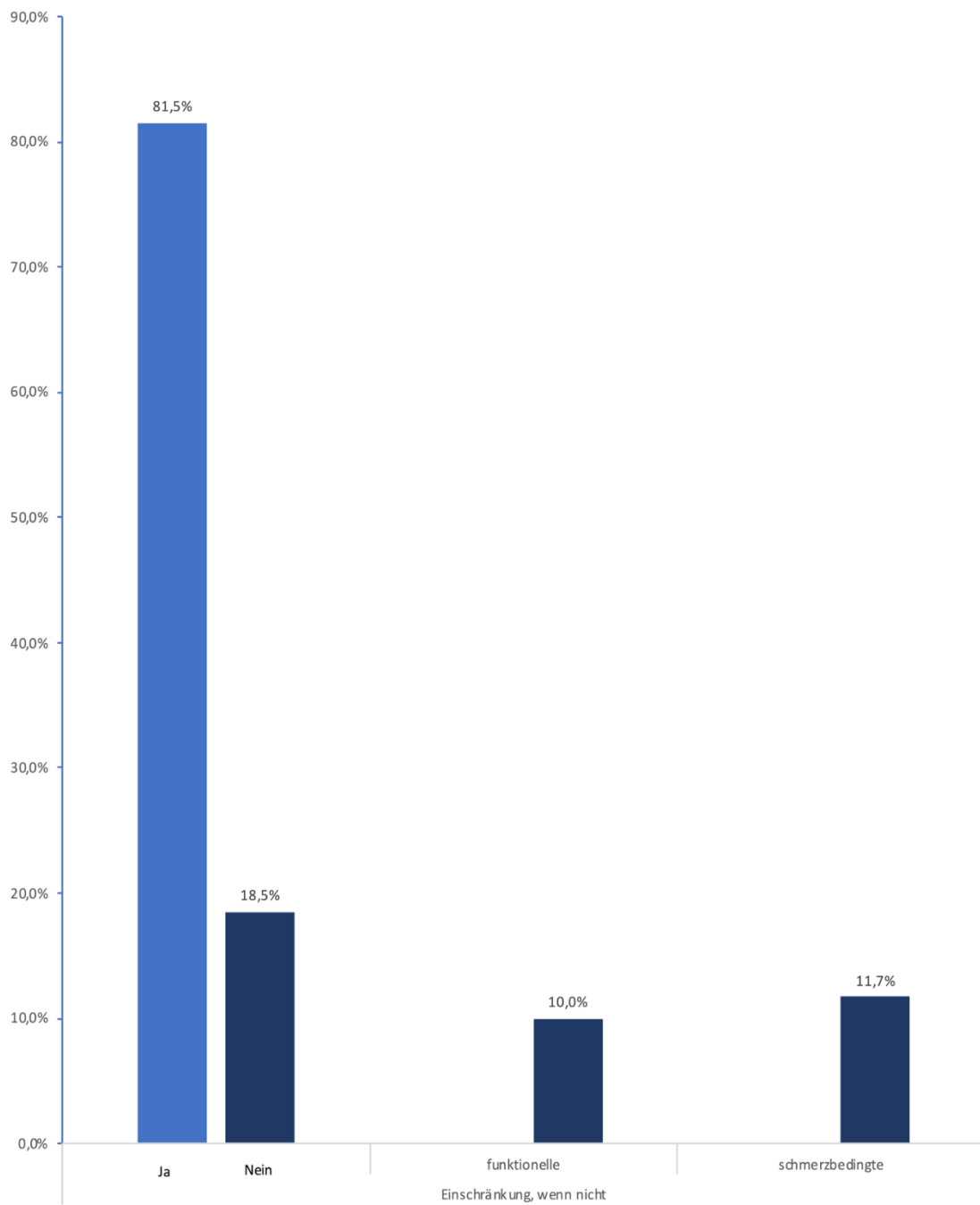


Abbildung 23: Übersicht Kurationsrate und Unterteilung der Einschränkungen

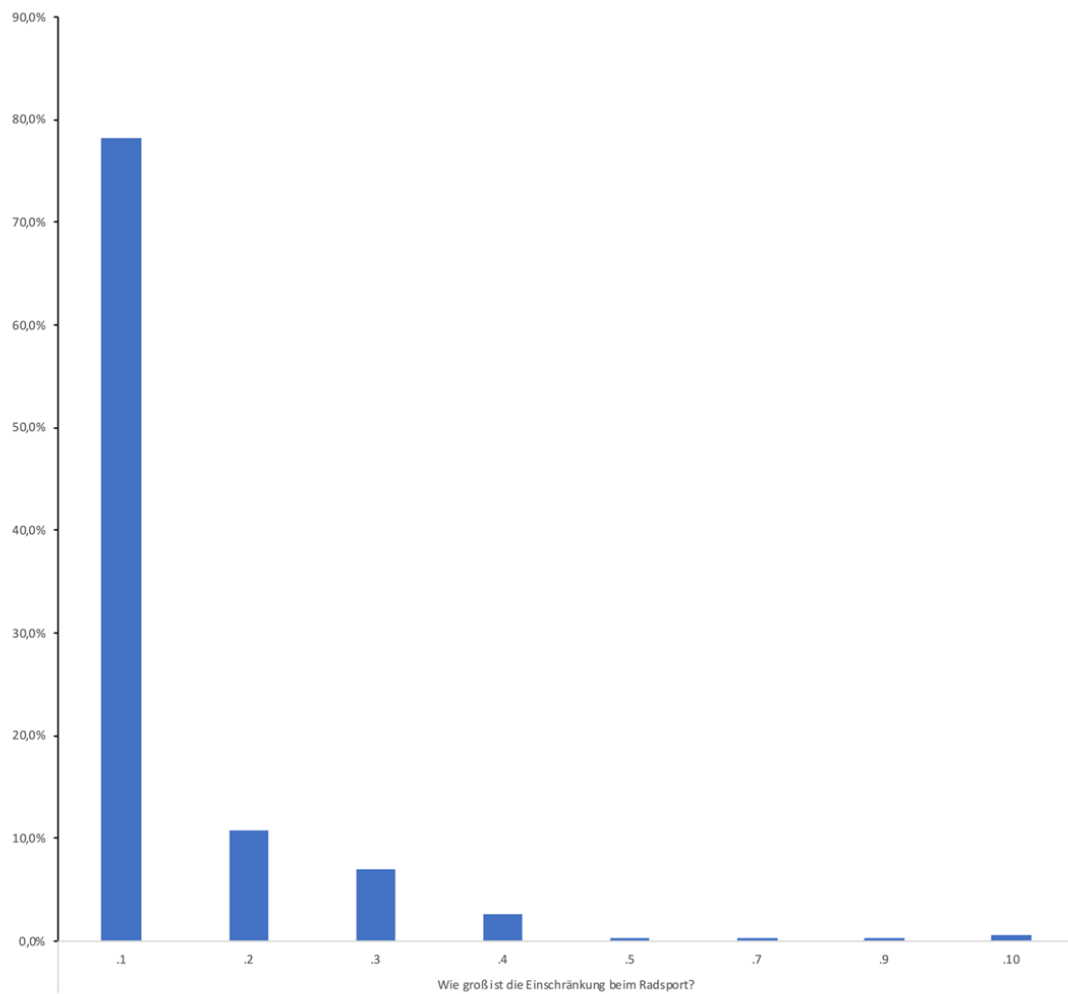


Abbildung 24: Einschränkungen in Bezug auf Radsport nach Verletzung

#### 3.2.3.4. Ausfallzeiten in Bezug auf Radsport und Arbeit

Die Teilnehmenden wurden befragt, wie lange sie nach einer Verletzung mit dem Radsport pausieren mussten oder arbeitsunfähig waren. Mehr als die Hälfte der Teilnehmenden gab an, nicht arbeitsunfähig gewesen zu sein. Der längste Ausfall war 430 Tage lang durch eine Rennrad Verletzung. Die Länge der Gesamtausfälle unterschieden sich zwischen Rennrad und Mountainbike unwesentlich. Ein Drittel der Teilnehmenden musste nach einem Sturz nicht mit dem Radsport pausieren. Die Längste Pause vom Radsport war 3000 Tage lang. Dies Ausfallzeit wurde im Rahmen eines Sturzes im Downhill angegeben. Die durchschnittliche verletzungsbedingte Ausfallzeit in

Verbindung mit einer Krankmeldung betrug 11,5 Tage. Die Ausfallzeit vom Radsport ist mit 36,3 Tagen etwa dreimal so lang.

### 3.2.4. Sportschäden

#### 3.2.4.1. Aufwärmprogramm

Ein Drittel der Teilnehmenden (36%) führt kein Aufwärmprogramm vor dem Radfahren durch. Bei Personen die Downhill/Freeride betreiben wärmt sich die Hälfte der FahrerInnen auf, dabei handelt es sich zu 90% um ein Warmfahren. Das ist eine sehr klassische Variante des Aufwärmens bei Radsportlern und Radsportlerinnen jeder Disziplin und findet häufig auf einer statischen Rolle statt (Abb. 25). Zudem gaben 22,7% der Teilnehmenden an, sich vor der Aktivität zu dehnen. Warmlaufen oder andere Aufwärmprogramme wurden nur sehr selten angegeben (0,84%).

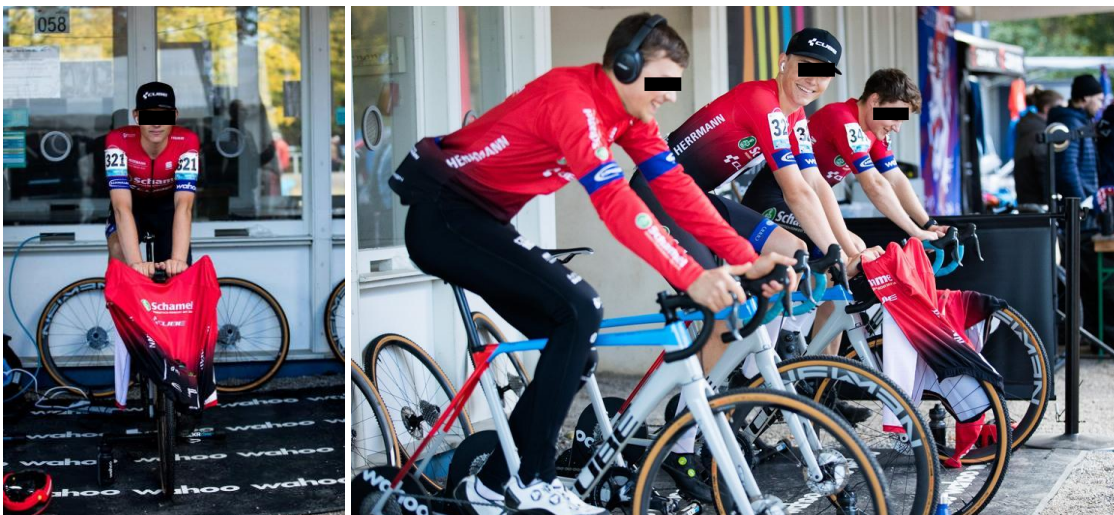


Abbildung 25: Warmfahren auf der Rolle (Foto: Alex Campbell)

#### 3.2.4.2. Übersicht Sportschäden

Für die Erhebung der Sportschäden wurden die Teilnehmenden zu Beschwerden einzelner Regionen befragt (Abb. 26). Wenn sie Beschwerden oder Schäden dieser Regionen angaben, folgte eine Abfrage zur Arztkonsultation, medizinischen Maßnahmen, Umstellung von Material, und ob eine Besserung eingetreten ist. Es erfolgte eine Unterteilung darin, ob die Teilnehmenden Rennrad, Mountainbike oder beide Sportarten betreiben.

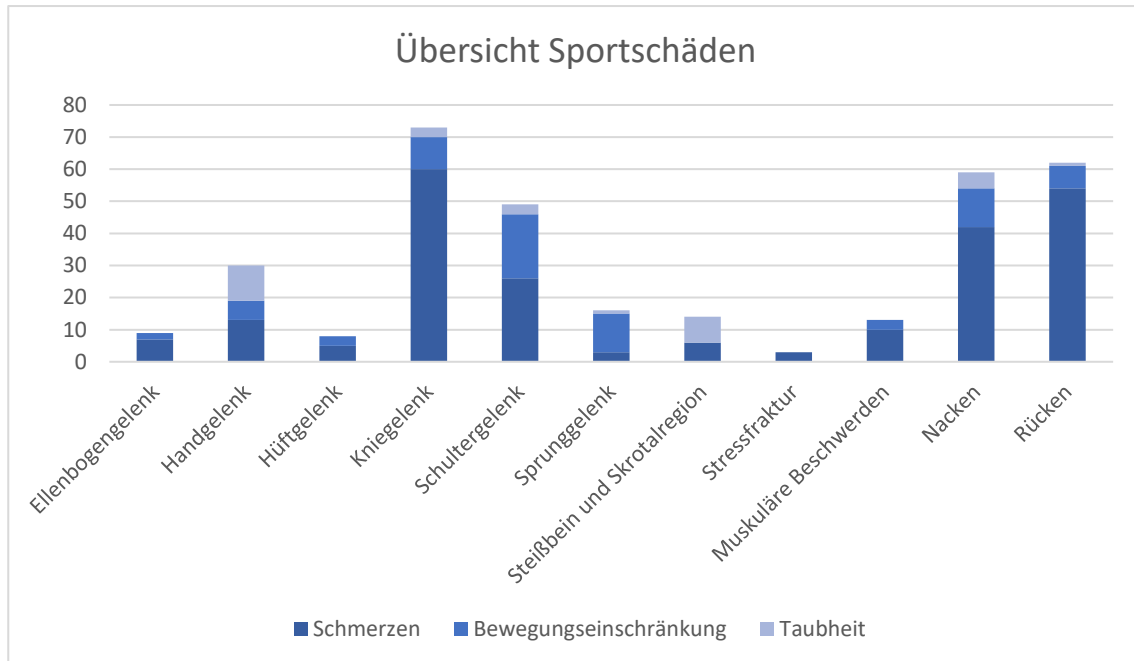


Abbildung 26: Übersicht Sportschäden

### Beschwerden im Ellenbogengelenk

Insgesamt 9 (2,31%) Teilnehmende gaben Beschwerden im Ellenbogengelenk an. Von diesen klagten 7 unter Schmerzen und 2 unter Bewegungseinschränkungen. Taubheit wurde von keinem Teilnehmenden angegeben. 4 Teilnehmende konsultierten einen Arzt (als Maßnahmen wurden Entzündungshemmer, Operation, Reha, Ultraschalltherapie angegeben). Zwei Teilnehmende haben die Stellung des Sattels verändert. Bei einem Teilnehmer kam es zu einer Verbesserung. Vier Teilnehmende gaben an, dass es zumindest teilweise eine Besserung gab. Zwei Teilnehmende konnten keine Verbesserung erzielen.

### Beschwerden im Handgelenk und/oder ein Karpaltunnelsyndrom

Insgesamt 27 (6,94%) Teilnehmende klagten unter Beschwerden im Handgelenk. Von denen gaben jeweils 13 Schmerzen und 11 Taubheit an. Sechs Teilnehmende litten unter Bewegungseinschränkungen. Eine ärztliche Vorstellung erfolgte bei 12 Teilnehmenden. Bei 3 Teilnehmenden erfolgte eine Ruhigstellung und 3 bekamen eine Physiotherapie. Eine Umstellung des Materials, wie das Tragen von Handschuhen mit Dämpfung oder



das Wechseln auf ergonomische Radgriffe, wurde von 14 Teilnehmenden durchgeführt (Abb. 27). Längere Abfahrten führten bei 10 Teilnehmenden zu einer Verschlechterung der Beschwerden. Bei 7 FahrerInnen führten die Umstellungen zu einer Verbesserung, bei 11 kam es zu einer teilweisen Verbesserung, 5 gaben an, keine Verbesserung zu bemerken.



Abbildung 27: Ergonomischer Griff mit Flügel (eigenes Archiv)

### **Beschwerden im Hüftgelenk**

Acht (2,06%) Teilnehmende gaben Beschwerden im Hüftgelenk an. Davon klagten 5 unter Schmerzen und 3 unter Bewegungseinschränkung. Sieben Teilnehmende wurden ärztlich behandelt und 2 haben Veränderungen dahingehend vorgenommen, dass sie Sattel und Vorbau auf eine aufrechtere Sitzposition gebracht haben, was zu einer Verbesserung der Beschwerden geführt hat. Drei Teilnehmende konnten keine Verbesserung erzielen und ein Teilnehmender gab eine teilweise Verbesserung an.

### **Beschwerden im Kniegelenk**

Beschwerden im Kniegelenk wurden von 75 (19,28%) Teilnehmenden angegeben. Davon klagten 60 Teilnehmende unter Schmerzen, 10 unter Bewegungseinschränkungen und 3 unter Taubheit. Eine ärztliche Behandlung nahmen 44 Teilnehmende in Anspruch. Eine operative Sanierung wurde bei 6 Teilnehmenden durchgeführt. 22 Teilnehmende gaben Physiotherapie oder lokale Therapien, wie Ultraschall oder medikamentöse Therapie an (Analgetika, Hyaluronspritzen,

knorpelaufbauende Substanzen). Das Material wurde von 23 Teilnehmenden umgestellt. Die Pedale wurden von 9 Teilnehmenden gewechselt und weitere 9 änderten die Geometrie des Fahrrads. Eine Verbesserung der Beschwerden konnten 25 Teilnehmende erzielen und 17 eine teilweise Verbesserung. Keine Verbesserung gaben 9 Teilnehmende an.

### **Beschwerden im Schultergelenk**

Über Beschwerden im Schultergelenk klagten insgesamt 37 (9,51%) Teilnehmende, die sich auf Schmerzen (n=26), Bewegungseinschränkung (n=20) und Taubheit (n=3) verteilten.

Eine ärztliche Behandlung hatten 19 Teilnehmende, wovon 4 operativ behandelt wurden. Eine Umstellung am Material gaben 5 Personen an. Zu einer Besserung der Beschwerden kam es bei 9, zu einer teilweisen Besserung bei 10 und keine Besserung gaben ebenfalls 10 Teilnehmende an.

### **Beschwerden im Sprunggelenk**

Sprunggelenksbeschwerden kamen insgesamt 14-mal (3,6%) vor, wovon 11 von männlichen und 3 von weiblichen angegeben wurden. Die häufigste Nennung war bei Männern, die sowohl Rennrad als auch Mountainbike als Disziplin angaben (n=9). Am häufigsten wurden Bewegungseinschränkungen (n=12) genannt, Schmerzen (n=3) und Taubheit (n=1) kamen seltener vor. Eine ärztliche Konsultation erfolgte bei 10 Teilnehmenden und 2 änderten das Pedalsystem. Zudem gaben zwei Teilnehmende an, Krankengymnastik betrieben zu haben und ein Teilnehmender spezielles Muskelaufbautraining. Eine ausbleibende Verbesserung wurde dreimal angegeben, viermal konnte eine Verbesserung erzielt werden.

Zudem hatten drei der Teilnehmenden Operationen der Sprunggelenke aufgrund von Unfällen und zwei Teilnehmende führten Ihre Beschwerden auf die parallele Ausübung von Handball und Fußball zurück.

### **Beschwerden am Steißbein oder in der Skrotalregion**

An dieser Frage beteiligten sich ausschließlich männliche Teilnehmer, von denen 18 (5,36%) Beschwerden angaben. Sechs der Teilnehmer klagten unter Schmerzen und acht über Taubheitsgefühlen. Wunden und Abszesse wurden von 6 Teilnehmern genannt. Ein Teilnehmer litt an einer Prostatentzündung. Zwei Teilnehmer konsultierten einen Arzt. Der Sattel wurde von 12 Teilnehmern verändert. Zwei Teilnehmer verwendeten Cremes für die Anwendung am Sitzpolster. Bei den meisten konnte damit eine vollständige (n=3) oder eine teilweise Besserung (n=10) erzielt werden und bei 2 Teilnehmern halfen die Maßnahmen nicht.

### **Stressfraktur**

Nur 3 Teilnehmende gaben an, eine Stressfraktur erlitten zu haben, die alle vollständig unter konservativer Therapie kurierten.

### **Muskuläre Beschwerden**

Bei der Frage nach muskulären Beschwerden gaben 10 (2,57%) Teilnehmende Schmerzen und 3 Bewegungseinschränkungen an, wovon 9 sich einer ärztlichen Behandlung unterzogen haben. Die Sitzposition wurde von einem Teilnehmenden verändert. Eine Besserung wurde von 4 Teilnehmenden angegeben, eine teilweise Besserung von 4 und keine Besserung von 2 Teilnehmenden.

### **Nackenbeschwerden**

Die dritt häufigste Nennung von chronischen Beschwerden waren Nackenbeschwerden (n=53; 13,62%). Am häufigsten äußerten auch diese sich in Schmerzen (n=42). Bewegungseinschränkungen (n=12) und Taubheitsgefühle (n=5) kamen seltener vor.

Die Hälfte der Teilnehmenden (n=19) suchte aufgrund ihrer Beschwerden einen Arzt auf. Die häufigste Therapie war Physiotherapie und manuelle Therapie (n=16). Von 17 Teilnehmenden wurden Veränderungen am Material vorgenommen, die meisten Veränderungen betrafen den Lenker und die Sitzposition (n=14).

Damit konnten 16 der Befragten die Beschwerden verbessern, 13 teilweise und 11 konnten keine Verbesserung erzielen.

### **Rückenbeschwerden**

Der zweit häufigste Sportschaden sind Rückenbeschwerden und sie kommen bei 15,17% (n=59) der Befragten vor. Auch hier waren Schmerzen am häufigsten (n=54), Bewegungseinschränkungen kamen in 7 und Taubheitsgefühl in einem der Fälle vor. Aufgrund ihrer Beschwerden war bei 28 der Teilnehmenden eine ärztliche Vorstellung notwendig. 22 Teilnehmende stellten ihr Material um. Die Veränderung der Geometrie des Rades war die häufigste Veränderung. Bei 21 der Teilnehmenden kam es durch die getroffenen Maßnahmen zu einer Besserung der Beschwerden. Eine teilweise Verbesserung gaben 20 an und über fehlende Besserung berichteten 7 Teilnehmende.

#### *3.2.4.3. Zusammenhang zwischen Pedalsystem und chronischen Kniebeschwerden*

Im Abschnitt der chronischen Beschwerden wurden Kniegelenksbeschwerden als häufigste Beschwerden genannt (n=85). In den Angaben waren Mehrfachnennungen möglich, da oft an verschiedenen Radtypen unterschiedliche Pedalsysteme verwendet wurden. Die Pedaltypen, die in dieser Analyse am häufigsten angegeben wurden, sind SPD (n=189), SPD-SL (n=83) und Look (n=97). 18,52% der Teilnehmenden, die SPD Pedale verwendeten, gaben chronische Beschwerden im Kniegelenk an (Tab. 4). Bei SPD-SL und Look waren es 20,48% und 16,49%. Vier von fünf Frauen gaben Beschwerden bei der Verwendung von SPD-SL Pedalen an, während alle 16 Teilnehmerinnen mit Look-Pedalen beschwerdefrei waren. Am seltensten wurden Beschwerden im Kniegelenk im Zusammenhang mit der Verwendung eines Bärenatze Pedalsystems genannt. Bei diesem Pedalsystem handelt es sich als einziges der aufgeführten Pedalsysteme um kein Klick-Pedal, sodass der Fuß lose auf dem Pedal steht (Abb. 28).

Tabelle 4: Übersicht Kniebeschwerden in Bezug auf das verwendete Pedalsystem

	Haben Sie Beschwerden im Kniegelenk?				%
	männlich		weiblich		
	Ja	Nein	Ja	Nein	
SPD	33	141	2	13	18,52
SPD-SL	13	61	4	5	20,48
Look	16	68	0	13	16,49
Campagnolo	2	2	1	0	60
Speedplay	3	9	0	0	33,33
Bärentatze	3	16	1	9	13,79
Eggbeater	3	16	1	6	18,18
Time	5	10	0	1	45,45



SPD

Look

Speedplay

Bärentatze

Eggbeater

Abbildung 28: Übersicht unterschiedliche Pedalsysteme (eigenes Archiv)

### 3.2.5. Spezifische Datenerhebung

#### 3.2.5.1. Schutzausrüstung

Bei 441 (86,64%) Verletzungsereignissen wurde das Tragen von Schutzausrüstung angegeben. Vor allem beim Tragen eines Helmes (n=426), einer Brille (n=333) und Handschuhen (n=345) gibt es eine große Akzeptanz. Ein Helm wurde von 83,69% der Teilnehmenden getragen. Ein Vollvisierhelm (n=19), welcher einen Bügel zum Schutz des Mittelgesichts und Kiefers hat, wurde ausschließlich von Mountainbikern getragen. Bei den Teilnehmenden, die sich beim Freeride/Downhill verletzt haben, trugen 59,38% einen Vollvisierhelm. Eine Brille (n=333) wird ebenfalls über die verschiedenen Disziplinen mit 65,42% sehr häufig verwendet. Neben dem Sonnenschutz bietet eine Brille Schutz vor Steinen oder anderen Gegenständen, die von den Rädern anderer Fahrer aufgewirbelt werden.

Radhandschuhe (n=345) wurden von 67,78% der Teilnehmenden getragen. Sehr selten und nur in den Disziplinen des Mountainbike Sport wurden darüber hinaus Schutzausrüstungen wie Nackenschutz (n=2; 0,39%), Ellbogenschoner (n=11; 2,16%), Rückenschutz (n=14; 2,75%), Knie/Unterschenkelschoner (n=20; 2,93%) getragen.

3.2.5.2. *Kopfverletzungen beim Tragen eines Helmes*

Bei 147 Verletzungsereignissen gaben Teilnehmende an, sich am Kopf verletzt zu haben. Nur 13 (8,84%) Teilnehmende trugen dabei keinen Helm. Insgesamt wurden 80 schwerere Kopfverletzungen festgestellt zu den Frakturen, intrakranielle Blutungen sowie Commotiones zählen (Abb. 29). Bei 24 (30%) dieser Verletzungen wurde kein Helm getragen. Somit lässt sich feststellen, dass 8,8% derjenigen, welche keinen Helm getragen haben, 30% der schweren Verletzungen erlitten. Es kommt somit häufiger zu schweren Kopfverletzungen, wenn der Fahrer keinen Helm trägt.

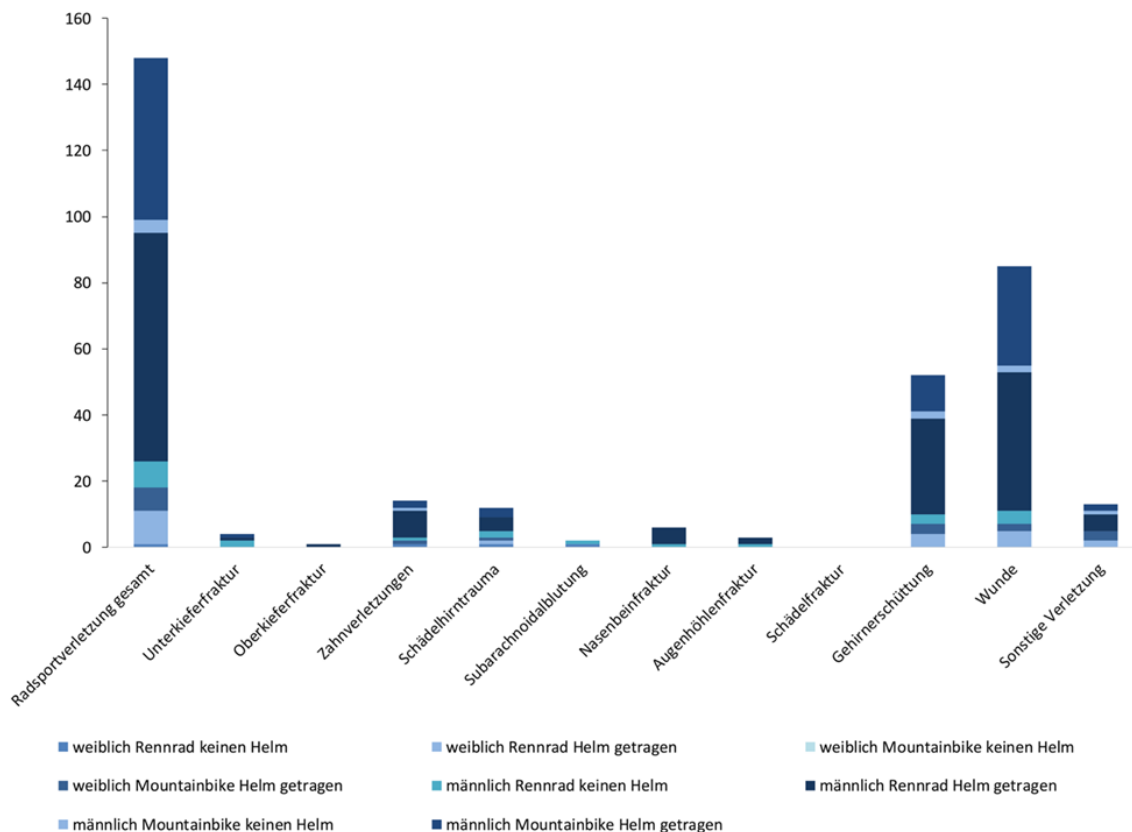


Abbildung 29: Kopfverletzungen beim Tragen eines Helmes

### *3.2.5.3. Parallel zum Radsport ausgeübte Sportarten und Ergänzungen zum Radsport*

In der spezifischen Datenerhebung wurde zudem untersucht, ob die Teilnehmenden ergänzende Sportarten oder Aktivitäten neben dem Radsport ausüben. Darüber hinaus wurde die subjektive Einschätzung erfragt, ob es dadurch zu einer Verbesserung der Fähigkeiten einen Sturz zu vermeiden, gekommen ist. Es gaben 351 Teilnehmende an, ergänzende Sportarten zu betreiben. Am häufigsten wurden Krafttraining (n=131) und Klettern (n=31) als alternative Sportarten genannt.

Unter Ergänzungen zum Radsport wurden Aktivitäten gezählt wie organisierte Radsportcamps, die das Fahren in einer großen Gruppe trainieren, Falltraining und Fahrtechniktraining.

Die häufigste Ergänzung zum Radtraining stellten organisierte Radsportcamps dar (n=114). Fahrtechniktrainings wurden von 99 Teilnehmenden angegeben. Davon waren 78 Teilnehmende, die Mountainbike Sport betreiben und ihr Training durch Fahrtechniktrainings ergänzen.

In der Frage, ob es durch diese Ergänzungen eine Verbesserung der individuellen fahrtechnischen Fähigkeiten erreicht werden konnte, bejahten 62,10% diese Frage. Nur 8,47% verneinten diese Frage und 29,4% gaben an, dass eine Einschätzung schwierig sei.

## 3.3. Prospektive Datenerhebung

### 3.3.1. Akute Verletzungen

#### *3.3.1.1. Anzahl der Verletzungen innerhalb von zwei Jahren*

Für den prospektiven Teil der Arbeit wurden die Teilnehmenden über 2 Jahre vierteljährig angeschrieben und über die Verletzungen des voraus gegangenen Quartals befragt. An diesem Teil nahmen 96 (m=82; w=14) Personen teil. Von diesen verletzten sich 53 (55,21%) Personen (m=47; w=6) in dieser Zeit nicht. Die restlichen 43 Teilnehmenden gaben 64 Sturzereignisse an, welche zu 201 Einzelverletzungen führten. Insgesamt zeigten sich 0,7 Verletzungen pro Person innerhalb von zwei Jahren.

Ursprünglich nahmen 118 Personen teil. Die Dropoutquote in der prospektiven Erhebung liegt bei 22 (18,64%) Personen, die aufgrund Plausibilitätsgründen und eines Alters unter 18 Jahren nicht für die Auswertung berücksichtigt wurden.

#### 3.3.1.2. *Verletzungen nach Körperregion*

Für die Analyse der Verletzungen in diesem Teil der Arbeit wurden prospektiv 64 (w=12; m=52) Sturzereignisse mit insgesamt 201 Einzelverletzungen verteilt auf die einzelnen Körperregionen erhoben (Abb. 30). Diese werden in den folgenden Abschnitten einzeln dargestellt.

#### **Kopfverletzungen**

Von 64 Verletzungsereignissen beinhalteten 15 (23,44%) eine Kopfverletzung (n=15). Insgesamt kam es bei 2 der weiblichen und 13 der männlichen Teilnehmenden zu einer Kopfverletzung. Häufigste Verletzungen sind Abschürfungen (n= 12) und eine Commotio cerebri (n=3). Eine Zahnverletzung kam einmal vor.

#### **Verletzungen des Oberkörpers und der Arme**

Es kam bei 32 (50%) Sturzereignissen zu Verletzungen an Oberkörper und Armen, aus denen 57 Einzelverletzungen resultierten.

Es dominierten Prellungen (n=22) und Wunden ohne Bruch (n=21). Die einzigen Frakturen im Untersuchungszeitraum waren Claviculafrakturen (n=2) und eine Handgelenksfraktur. Zudem wurden Schulterreckgelenkssprengungen (n=5) und Muskelverletzungen (n=4) dokumentiert.

#### **Verletzungen an der Hand**

Es wurden 29 Verletzungen an der Hand, verteilt auf 21 (32,81%) Sturzereignisse, dokumentiert.

Bei Verletzungen der Hände dominieren Schürfwunden (n=14) und Prellungen (n=7). Frakturen der Finger (n=1) oder Handwurzeln (n=4) wurden selten aufgeführt. Sehnen- (n=1) und Bandverletzungen (n=1) traten auch jeweils einmal auf.

#### **Verletzungen am Rumpf**

Es wurden 33 Verletzungen am Rumpf von Teilnehmenden dokumentiert. Diese sind auf 22 (34,38%) Verletzungsereignisse zurückzuführen. Auch bei den Verletzungen am Rumpf dominierten leichte Verletzungen, wie Prellungen (n=20) und Wunden (n=7). Bei



den schweren Verletzungen waren Rippenfrakturen (n=4) am häufigsten. Bei einem Sturz kam es zu einem Pneumothorax (n=1).

### **Verletzungen der Wirbelsäule**

Verletzungen der Wirbelsäule kamen sehr selten vor.

Lediglich bei einem Teilnehmer kam es zu einer LWS-Fraktur im Rahmen eines Sturzereignisses (1,56%).

### **Verletzungen am Knie**

Verletzungen am Knie kamen lediglich bei 3 (4,67%) Sturzereignissen vor. Insgesamt wurden bei diesen Teilnehmenden 8 Verletzungen dokumentiert.

Häufigste Verletzungen sind vordere- (n=2) und hintere Kreuzbandrisse (n=2) sowie Meniskusschäden (n=2). Zudem kam es zu einem Knorpelschaden (n=1) und einem Riss des äußeren Seitenbandes (n=1). Alle Verletzungen kamen bei männlichen Rennradfahrern vor.

### **Verletzungen am Unterkörper**

Es wurden 58 Verletzungen am Unterkörper bei 32 (50%) Sturzereignissen angegeben. Auch bei den Verletzungen am Unterkörper, kam es am häufigsten zu Prellungen (n=21), Abschürfungen (n=16) und tiefen Wunden (n=6), die beispielsweise durch das Kettenblatt entstanden sind. Bei den schwereren Verletzungen waren Beckenfrakturen (n=3) führend. Unterschenkel- (n=1), und Oberschenkelfrakturen (n=1) kamen selten vor. Auch ein Bänderriss im Sprunggelenk (n=1) und eine Muskelverletzung (n=1) kamen jeweils einmal vor.

Als sonstige Verletzungen gaben zwei Teilnehmende ein Patellaspitzenyndrom an.

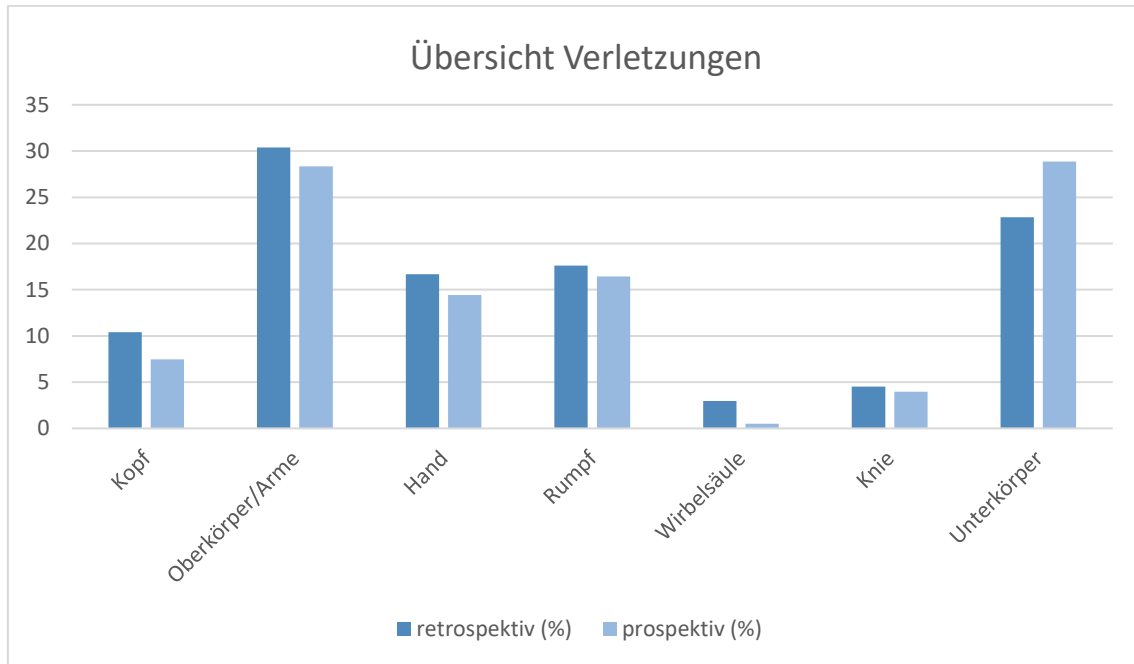


Abbildung 30: Übersicht der Verletzungen nach Körperregion im retro- und prospektiven Teil

### 3.3.1.3. Verletzungen/ 1000 Std.

In dem prospektiven Teil dieser Studie haben sich Frauen durchschnittlich 0,98-mal pro 1000 Stunden verletzt, bei Männern waren es 0,55 Verletzungen pro 1000h (Abb. 31).

- **Formel:**

$$\frac{\text{Anzahl Verletzungen}}{(52,14 * \text{Std/Woche} * \text{Jahre Radsport})} * 1000$$

Abbildung 31: Formel zur Errechnung von Verletzungen pro 1000h Radsport

### 3.3.2. Therapie

#### 3.3.2.1. Therapieform (Vergleich operativer zu konservativer Versorgung)

Im prospektiven Teil dieser Arbeit zeigte sich bei 32 (50%) der Verletzungsereignissen eine akute Behandlungsnotwendigkeit.

Die Verletzungen von 4 Teilnehmenden mussten operativ versorgt werden. Bei der konservativen Versorgung gaben 15 Teilnehmende an, Physiotherapie zur Therapie der

Verletzung in Anspruch genommen zu haben. Die Verletzungen von weiteren 13 Teilnehmenden wurden mit orthopädischen Hilfsmitteln versorgt.

#### *3.3.2.2. Ausfallzeiten in Bezug auf Radsport und Arbeit*

Ebenfalls wurden die Teilnehmenden im prospektiven Teil der Arbeit befragt, wie lange sie nach einer Verletzung mit dem Radsport pausieren mussten oder arbeitsunfähig waren. 85,7% der Teilnehmenden gab an, nicht arbeitsunfähig gewesen zu sein. Der längste Ausfall war 120 Tage lang durch eine Rennrad Verletzung.

Auch in Bezug auf die Ausfallzeit bezogen auf den Radsport selbst gaben 73,4% der Teilnehmenden an, nach einem Sturz nicht mit dem Radsport pausiert zu haben. Die längste Pause vom Radsport war 250 Tage lang. Die durchschnittliche verletzungsbedingte Ausfallzeit in Verbindung mit einer Krankmeldung betrug 37,24 Tage. Die Ausfallzeit vom Radsport betrug durchschnittlich 48,75 Tage.

#### *3.3.2.3. Beschwerden und Einschränkungen*

Von den Teilnehmenden gaben 89,09% an, dass die Verletzungen ohne Langzeitfolgen ausgeheilt sind. Unter den Teilnehmenden, die keine vollständige Ausheilung angaben, verteilten sich die Beschwerden auf 6,06% schmerzbedingte und 4,24% funktionelle Einschränkungen.

In der numerischen Abfrage der Einschränkungen in Bezug auf den Radsport zeigte sich, dass 64,91% (1=keine Einschränkung) der Teilnehmenden Radsport ohne Einschränkung betreiben konnten. Bei Teilnehmenden mit Einschränkung haben die meisten nur eine leichte (17,54%; 2=leichte Einschränkung) Einschränkung angegeben. Einschränkungen (10=können keinen Radsport mehr betreiben) durch Verletzungen, die zur Aufgabe vom Radsport führten, waren sehr selten. Nur 1,75% (n=1) der Teilnehmenden gaben an, keinen Radsport in Folge der Verletzung mehr ausüben zu können.

## 4. Diskussion

### 4.1. Verletzungen

#### 4.1.1. Interpretation der Ergebnisse

In dieser Arbeit konnte ein umfassender Einblick in Verletzungen im Radsport und deren Mechanismus gegeben werden. Bei den Radsportarten Mountainbike und Rennrad dominierten leichte Verletzungen wie Prellungen oder Schürfwunden.

Schwere Verletzungen hingegen kamen zwar selten vor, jedoch bedeuteten diese lange und bis zu einem Jahr dauernde Ausfallzeiten, die sowohl den Sport als auch das Berufsleben betrafen. Zudem waren bei 18% der Befragten invasive Eingriffe notwendig. Auch wenn 80% der Teilnehmenden angaben, dass ihre Verletzungen folgenlos ausgeheilt sind, gaben 20% an, unter schmerzbedingten oder funktionellen Einschränkungen zu leiden. Betrachtet man dies noch einmal isoliert auf den Radsport bezogen, so zeigt sich, dass sogar jeder vierte nach einer Verletzung Einschränkungen beim Ausüben des Radsportes hatte. Diese waren aber meist leicht (13,5%) und nur 0,4% der Befragten mussten aufgrund der Verletzung den Radsport aufgeben.

Die häufigsten schweren Verletzungen bezogen sich auf die obere Extremität, dies überschneidet sich mit anderen großen Studien. Eine Fraktur der Clavikula oder eine Verletzung des Schulterergelenks machten den größten Teil dieser Verletzungen aus. Vor allem Frakturen lassen sich zu den schweren Verletzungen zählen.

Verletzungen innerer Organe sowie ein Pneumothorax kamen sehr selten vor. Zwei Teilnehmer erlitten schwere abdominelle Traumen, die eine Nephrektomie und Splenektomie und eine radiologische Embolisation einer Nierenblutung zur Folge hatten.

Verletzungen der Wirbelsäule traten nur sehr selten auf. Kopfverletzungen machten insgesamt 11% der Verletzungen aus. Das Verhältnis der Verletzungen der einzelnen Körperregionen unterschied sich im prospektiven und retrospektiven Teil nicht wesentlich (Abb. 30).

Die Bedeutung des Tragens eines Helmes wurde durch diese Studie ebenfalls noch einmal hervorgehoben, da nur 9% der Teilnehmenden keinen Helm trugen, diese jedoch 30% der Kopfverletzungen ausmachten. Auch bei anderen Schutzausrüstungen, wie

dem Tragen einer Brille oder von Radhandschuhen, welche von zwei Dritteln der Teilnehmenden getragen wurden, zeigte sich eine große Akzeptanz. Entsprechend wurden keine Augenverletzungen festgestellt und auch schwere Verletzungen wie Frakturen der Handknochen waren sehr selten.

Zwar verletzten sich Männer auf die gesamte Zeit der Ausübung des Radsportes gesehen dreimal häufiger als Frauen, dennoch kam es bei Frauen auf 1000h Ausübungen von Radsport gesehen zu mehr Verletzungen als bei Männern. In der Studie hat sich zudem gezeigt, dass Männer durchschnittlich 21% mehr Kilometer im Jahr Rad fahren und dafür 2 Stunden mehr Zeit in der Woche aufwenden. Der erhöhte Trainingsumfang könnte zu einem sichereren Umgang mit dem Rad führen und die auf die Anzahl von 1000h geringere Inzidenz bei Männern erklären.

Insgesamt wurden fahrtechnische Fehler als häufigste Unfallursache genannt und resultierten mit über 80% aus einem Sturz auf den Boden. Hier bietet sich ein guter Ansatz für Präventionsmaßnahmen an, die in einem nachfolgenden Abschnitt noch näher beleuchtet werden. Überproportional häufig wurde in der Gruppe der RennradfahrerInnen eine Fremdeinwirkung herausgestellt, woraus sich ebenfalls Strategien zur Unfallprävention ableiten lassen.

Bei den Sportschäden oder Belastungsschmerzen dominierten Beschwerden im Kniegelenk (19,28%). Zudem wurde von Nacken- (13,62%) und Rückenbeschwerden (15,17%) häufig berichtet. Operative Versorgungen waren selten. Konservative Therapien waren häufig und Umstellungen am Rad wurden von den Teilnehmenden durchgeführt. Eine Verbesserung der Beschwerden oder vollständige Remission der Beschwerden wurde bei 59,22% erreicht.

### 4.1.2. Vergleich mit anderen Studien

Vergleicht man die Ergebnisse dieser Studie mit anderen Studien, zeigt sich ein ähnliches Verteilungsmuster sowohl bei der Schwere der Verletzungen als auch der betroffenen Körperregionen.

In anderen Studien zeigten sich ebenfalls vorwiegend leichte Verletzungen, wie Schürfwunden oder Prellungen. Diese machten in vergleichbaren Studien insgesamt 30-60% der Verletzungen aus [10, 11, 21, 56, 57].

Auch die Inzidenzen der Verletzungslokalisationen überschneiden sich mit anderen Studien. Es kommen sehr häufig Verletzungen, insbesondere Frakturen, an der oberen Extremität vor. Dies lässt sich am ehesten über den Fallmechanismus erklären. Bei Stürzen nach vorne, zum Beispiel über den Lenker, sind direkte Stürze auf den Schultergürtel sehr wahrscheinlich [10, 16, 21, 58]. Bei dem Versuch einen Sturz abzufangen, wird zudem meist über die Schulter abgerollt.

Kann dabei noch die Hand zum Abstützen verwendet werden, ist die Gefahr eines Handtraumas groß. Daher ist folglich der Bereich der Hand eine Körperregion, die sehr häufig von Verletzungen betroffen ist. Dies bestätigt auch eine Studie von Häberle et al. über Fahrer, deren Verletzungen während der tour de france über einen Zeitraum von 8 Jahren ausgewertet wurden [14].

Verletzungen des Bandapparats kommen in dieser Studie im Bereich der Hand sogar am häufigsten vor, was sich ebenfalls mit den Ergebnissen anderer Studien deckt [10].

Daten über Ausfallzeiten gibt es in Studien wenig. Vor allem die Unterscheidung zwischen Ausfallzeiten im Radsport und im Beruf wurde bisher nicht unterschieden.

In einer Studie über professionelle RadsportlerInnen wurde die Zeit erhoben, die die SportlerInnen benötigten, um wieder Wettkämpfe bestreiten zu können, welche sich auf 52 Tage (+/-52; Median 38 Tage) belief [14]. In dieser Studie belief sich die Ausfallzeit bezogen auf den Radsport auf 36,3 Tage im retrospektiven und 48,75 Tage im prospektiven Teil. Die Vergleichbarkeit ist jedoch aufgrund des erhobenen Kollektivs und der etwas anderen Fragestellung eingeschränkt.

Aufgrund der hohen Inzidenz von Claviculafrakturen beschäftigten sich Konarski et al. in der im November 2022 erschienenen Analyse mit der Frage, wie lange professionelle RennradfahrerInnen nach einer solchen Fraktur benötigen, um wieder an Rennen teilnehmen zu können. Im Schnitt waren bei einer isolierten Claviculafraktur 46,5 Tage notwendig. Teilnehmende mit mehreren Verletzungen wurden aus dieser Studie ausgeschlossen [59].

Die Analyse in Bezug auf den Arbeitsausfall der Teilnehmenden ergab einen Durchschnitt von 11,5 Tagen und betrug damit ein Drittel der gesamten Ausfallzeit beim Ausüben von Radsport.

Hierzu gibt es in der Literatur keine Vergleichsmöglichkeiten.

Der Radsport erlaubt ein früheres Zurückkehren zur Aktivität nach stattgehabter Verletzung als andere Sportarten. Vor allem im Vergleich zu Rotationsportarten. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass Ergometertraining und Fahrrad fahren selbst nach wie vor eine große Rolle im Rehabilitationssport spielen. Dies lässt sich am ehesten mit den reduzierten Kräften die beim Radfahren auf Muskeln und Gelenke wirken erklären.

In dieser Studie zeigte sich sowohl im prospektiven wie auch im retrospektiven Teil, dass sich Frauen, auf 1000h Radsport analysiert, häufiger verletzen als Männer. Die Anzahl der gefahrenen Jahreskilometer war bei den Frauen im Durchschnitt geringer als bei den Männern.

Dies wurde bereits in anderen Studien beschrieben, so zeigte Nelson et al. in einer 2010 veröffentlichten, retrospektiven Analyse über Mountainbike Verletzungen, welche von 1994 bis 2007 in den USA in Notaufnahmen behandelt wurden, dass es besonders bei Frauen zu schweren Verletzungen kam, die proportional häufiger stationärer Behandlungen bedurften. Vor allem die untere Extremität war bei den beschriebenen Unfällen betroffen. Es wurde geschlossen, dass dies mit dem Kontakt niedriger Objekte, mit Verletzungen an Teilen des Fahrrads, dem schwereren Auslösen aus Klickpedalen und der Kraft, die beim Versuch einen Sturz abzufangen auf die untere Extremität wirkt, zusammenhängen könnte [27, 60].

Auch Kronisch et al. zeigte in einer geschlechterspezifischen Analyse über akute Mountainbike Verletzungen, welche er im Rahmen eines 4-tägigen Rennens in Mammoth Mountain, Kalifornien im Zeitraum von 1994 bis 2001 erhob, dass das Verletzungsrisiko bei Frauen höher ist. Analog zu dieser Studie wurde gezeigt, dass Frauen weniger Jahreskilometer und auch eine geringere Radsport Erfahrung haben, was eine höhere Frequenz von Verletzungen zur Folge haben könnte. Zudem wurde

vermutet, dass eine geringere Knochendichte Grund für eine höhere Anzahl von Frakturen sein könnte [28].

Des Weiteren kann auch das durchschnittlich geringere Gewicht einer Frau dazu führen, dass es schneller zum Verlust der Kontrolle über das Rad kommt. Die oft stärker ausgebildete Muskulatur bei Männern kann zudem protektiv wirken. So schlussfolgerten Breedt et al. in ihrer 2019 veröffentlichten Studie zu Verletzungsprofilen zwischen Männern und Frauen, dass das medizinische Personal bei großen Radrennen darauf vorbereitet sein sollte, dass sich tendenziell mehr Frauen verletzen, da sich dies auch in der Verfügbarkeit einer anderen medizinischen Ausrüstung widerspiegeln kann. Als präventiven Schutz wurde ein Kräftigungsprogramm für den Oberkörper empfohlen [60]. In einer 2021 erschienenen Analyse zu Risikofaktoren von schweren Verletzungen, die 102.251 (w=21.897) RadfahrerInnen berücksichtigte, stellte sich sogar das weibliche Geschlecht als einziger Risikofaktor für lebensbedrohliche Verletzungen heraus [61].

Studien, welche sich mit dem Verletzungsmechanismus bei Rennradfahrenden auseinandergesetzt haben, gibt es aktuell noch sehr wenige.

In einer Studie von Decock et al. wurde zwischen fahrerbezogenen Faktoren und nicht fahrerbezogenen Faktoren unterschieden. In dieser Studie wurden 82% der gemeldeten Verletzungen auf fahrerbezogene Faktoren zurückgeführt. Dabei zeigte sich, dass vor allem junge FahrerInnen sich aufgrund eigener Fehler verletzten, was auf eine mangelnde Erfahrung und weniger Fahrpraxis zurückgeführt wurde. Die Kollision mit anderen FahrerInnen (51,2%) und Ausrutschen (16,3%) waren die wichtigsten Ursachen für einen Sturz. Bei den nicht fahrerbezogenen Faktoren waren Schäden an der Straßenoberfläche oder Hindernisse (10,5%) bei etwa einem Zehntel der gemeldeten Vorfälle die Ursache für das Verletzungsereignis. Ebenfalls in der Arbeit von Decock et al. spielten mechanische Probleme am Fahrrad (3,3%) als Ursache eines Sturzes nur eine geringe Rolle [10].

In dieser Arbeit zeigte sich eine ähnliche Verteilung. Während 60% der Teilnehmenden einen eigenen Fehler, wie beispielsweise das Überschätzen der eigenen Fähigkeiten, als



Unfallursache ausmachten, schlossen 40% der Teilnehmenden auf ein Fremdverschulden zurück.

In einer Arbeit über Mountainbike Verletzungen von Chow et al. wurden ebenfalls die Sturzmechanismen ausgewertet. Die Ursache des Sturzes war auch in dieser Analyse sehr unterschiedlich. Die häufigsten Ursachen für einen Sturz waren der Verlust der Kontrolle (32%) und Kollisionen mit anderen FahrerInnen (16,5%). Mechanisches Versagen wurde mit (15,5 %) häufiger als beim Rennradsport genannt [34].

In einer Studie von Amoros et al. über das Tragen eines Helmes und der damit verbundenen Risikoreduktion von Kopf-, Gesicht- und Nackenverletzungen wurden über den Zeitraum 1998-2008 insgesamt 13.797 Fahrradunfälle analysiert.

Diese Studie zeigte, dass das Tragen eines Helmes mit einem verminderten Risiko von Kopfverletzungen unabhängig vom Schweregrad verbunden war. Das Risiko schwerer Kopfverletzungen schien sich dabei stark zu verringern. Zudem fiel auf, dass der Schutzeffekt bei Fahrradunfällen in ländlichen Gebieten viel größer ist als in städtischen Gebieten. Dies wurde zum einen auf die höhere Geschwindigkeit der RadfahrerInnen zurückgeführt und zum anderen auch auf die Tatsache, dass an Unfällen in ländlichen Gebieten sehr viel häufiger SportradfahrerInnen als PendlerInnen beteiligt sind, die bessere Helme tragen und wissen, wie sie diese besser einstellen können [62]. Willick et al. zeigten in einer amerikanischen Studie aus dem Jahr 2021, dass bei 40.000 StudentInnen, die als Athleten Mountainbike Sport betreiben, Commotiones sogar die häufigste angegebene Verletzung war. Insgesamt lässt sich daraus schließen, dass gerade bei RadsportlerInnen das Tragen eines Helmes ein ausschlaggebendes Präventionselement ist [57, 58].

### 4.1.3. Möglichkeiten zur Prävention

Die Arbeit zeigt, dass sich vielfältige Möglichkeiten für präventive Maßnahmen ergeben. Der Radsport geht mit hoher Geschwindigkeit, auf teilweise hoch anspruchsvollem Gelände oder mit dem Fahren in großen Gruppen einher. Eine Vielzahl von Teilnehmenden gab an, den Sturz durch einen eigenen fahrtechnischen Fehler verursacht zu haben. Hier sollte jede/ jeder, der Radsport betreibt, und auch jeder Verein die Möglichkeit wahrnehmen und geben, sich oder seine MitgliederInnen in

Fahrtechniktrainings zu schulen. Radsporttrainingcamps können zudem dazu beitragen, dass unter nicht Wettkampf Bedingungen das Fahren und Bewegen in einer großen Gruppe erlernt werden kann. Dazu gehören das Erlernen von Handzeichen, sich in einer Gruppe mit Trinkflasche oder Riegeln zu versorgen, nahes beieinander Fahren und die Schulung von vorausschauendem Fahren. Auf 1000 Stunden ausgeübten Radsport gesehen zeigte sich, dass Frauen sich häufiger verletzten. Daher wären hier auch spezielle, auf die Bedürfnisse von Frauen angepasste Trainingseinheiten sinnvoll. Diese sollten vorrangig ein Kraft- und Techniktraining beinhalten.

Veranstalter von Radrennen sollten die Möglichkeit bieten und Teilnehmende sollten diese auch wahrnehmen, eine Strecke vor dem jeweiligen Rennen zu befahren, um Stürze durch Unkenntnis der Strecke zu minimieren. Auch getrennte Frauen und Männer Rennen sind empfehlenswert. Zudem sollte sich auch jeder Teilnehmende den Gefahren eines Radrennens bewusst sein. Es zeigte sich in dieser Studie, dass sich ein Drittel der Verletzungen während eines Radrennens ereigneten.

Vor allem eine an das eigene fahrtechnische Können angepasste Geschwindigkeit kann zur Prävention von Verletzungen bei sich und durch Kollisionen entstandene Verletzungen bei anderen Fahrern beitragen.

Doch auch im Training, welches oft im Straßenverkehr stattfindet, ereignen sich viele Unfälle. Zur Vermeidung von Unfällen kann jedoch nicht nur der einzelne Fahrende beitragen, sondern auch die Politik sollte auf die steigende Zahl der Radsport Betreibenden reagieren, indem sukzessive der Rad- und Kraftverkehr voneinander separiert werden. Durch eine moderne Verkehrsinfrastruktur, mit getrennten Radwegen und einem Ausbau des Radschnellnetzes, kann es zu einer Reduzierung schwerer Unfälle kommen [63].

Eine weitere Präventionsmaßnahme bietet die Schutzausrüstung. Etabliert haben sich das Tragen eines Helmes, das Tragen von Handschuhen und einer Brille. Durch das Tragen eines Helmes kann, wie bereits dargestellt, das Auftreten von schweren Kopfverletzungen deutlich reduziert werden. Hier sollte die Akzeptanz dennoch weiter ausgebaut werden und ein Helm auch stets auch bei einfachen Trainingsfahrten getragen werden. Jeder Verein sollte dies zudem auch bei allen Ausfahrten zur Pflicht

machen. Bei Rennveranstaltungen ist das Tragen eines Helmes heutzutage bereits obligat.

Ein Schutz des Oberkörpers, vor allem des Schultergürtels, wäre noch eine wichtige Ergänzung. Schutzpanzer kommen aktuell jedoch nur im Mountainbike Sport und dort vor allem im Freeride/Downhill Bereich zum Einsatz.

Es besteht jedoch die Möglichkeit, Polster oder Verstärkungen in Radjerseys und Hosen einzubauen, die Kräfte beim Sturz an empfindlichen Stellen wie der Clavicula und des Beckens mindern, um die Gefahr vor Frakturen oder tiefen Schürfwunden zu verringern. Bereits in den vergangenen Jahren wurde mit kevlar-verstärkten Radhosen oder anderen modernen Materialien experimentiert, die die Durchstich- und Reißfestigkeit erhöhen sollen [64]. Dies sind Ansatzpunkte, die in Zukunft weiter verstärkt werden müssen.

Beim Betreiben von Radsport außerhalb von Rennen spielt zudem auch Farbe und Design der Radsportkleidung eine wichtige Rolle.

In einer dänischen Studie von Lahrman et. al zeigte sich, dass die Inzidenzrate für Fahrradunfälle mit Personenschaden bei RadfahrerInnen mit Licht um 47 % niedriger war als ohne permanentes Licht. Zudem nahm auch die Inzidenz eines Unfalls mit Dritten bei Tragen einer fluoreszierenden Jacke ab. Die Inzidenzrate für Unfälle mit mehreren Beteiligten und Personenschäden war um 38 % niedriger als in der Kontrollgruppe [65]. Entsprechend dieser Ergebnisse sollte zusätzlich auch eine permanente Beleuchtung am Fahrrad empfohlen werden. Bei heutzutage kompakten und Akku betriebenen LED-Lampen ist dies auch praktisch im Bereich des Radsports umsetzbar.

#### 4.1.4. Methodenkritik / Limitation der Studie

Der Fragebogen gibt einen umfassenden Einblick in die Komplexität des Radsports und die damit verbundenen Verletzungsmechanismen. Dabei detektiert er Verletzungen oder Sportschäden, die häufig vorkommen. Hier sollten spezifischere Analysen folgen, die diese Verletzungen und Schäden genauer beleuchten.

Auch wenn gebeten wurde, an dieser Studie teilzunehmen, auch wenn man sich bisher noch nicht verletzt hatte, gab es insgesamt nur 11,81% Teilnehmende, die keine Verletzung angegeben haben. Hier ist ein gewisser Bias der Studie zu erwarten, und die

Verletzungsrate eher hoch. Dies bestätigt sich auch dadurch, dass im prospektiven Teil der Arbeit die Anzahl an Teilnehmenden, die sich nicht verletzt haben, wesentlich höher (55,21%) war und damit die Anzahl an Verletzungen pro 1000 Stunden niedriger war.

#### 4.1.5. Vergleich zu anderen Sportarten (Verletzungen/1000 Stunden)

Um den Radsport mit anderen Sportarten vergleichen zu können, gibt es die Möglichkeit, die Verletzungen pro ausgeübten Stunden zu betrachten.

In einer retrospektiven Analyse von Gaulrapp et al. wurden 3.873 AthletenInnen mit Hilfe eines Fragebogens nach ihren Verletzungen durch den Mountainbike Sport befragt. Es ergab sich eine Frequenz von 1,1 Verletzungen pro 1.000 Stunden Mountainbike Sport, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen Wettkampf- und HobbysportlerInnen aufgezeigt werden konnte [66]. Diese Zahl ist vergleichbar mit den 1,06 (Männer) – 1,45 (Frauen) Verletzungen pro 1000h in dem retrospektiven Teil dieser Studie.

Die Erhebung der Verletzungsrate auf 1000h Ausübung des Sports wurde bereits für andere Sportarten dargestellt und erlaubt einen objektiven Vergleich auch zwischen unterschiedlichen Sportarten.

In einer retrospektiven Studie über Verletzungen in verschiedenen Sportarten, an der insgesamt 1075 LeistungssportlerInnen teilnahmen, zeigte sich für Fußball ein vergleichbar hohes Risiko für Verletzungen, wohingegen sich die Rate an Verletzungen beim Schwimmen und beim Langdistanz Laufen vergleichbar zeigten. Für das Skifahren ergab sich eine geringere Rate an Verletzungen (Tab. 5) [67].

Auch in anderen geschwindigkeitsbasierten Sportarten finden sich höhere Raten an Verletzungen. So zeigt eine Studie über Verletzungen beim Windsurfen, dass es zu 3,6 Verletzungen pro 1000 Stunden kam [69].

Anders wurde ein Vergleich in einer sportorthopädisch-sporttraumatologischen Spezialambulanz über einen 25-jährigen Zeitraum erhoben. In dieser Studie wurden 34,742 Sport assoziierte Verletzungen untersucht. Hier zeigte sich, dass der Radsport in der Rangliste der Verletzungshäufigkeit die 8 häufigste Sportart darstellte. Auch in dieser Studie zeigten sich die meisten Verletzungen beim Fußball [70].

Tabelle 5: Verletzungen pro 1000 h in den einzelnen Sportarten

Sportart	Verletzungen pro 1000h	
	Männer	Frauen
<b>Diese Studie retrospektiv</b>	<b>1,06</b>	<b>1,45</b>
<b>Diese Studie prospektiv</b>	<b>0,55</b>	<b>0,98</b>
Fussball [67]	3.64	3.11
Ski [67]	0.57	0.85
LD Laufen [67]	1.19	0.85
Schwimmen [67]	0.95	1.24
Enduro Mountain Bike (Training) [68]	3,5	4,7
Enduro Mountain Bike (Wettkampf) [68]	39,1	33,1
Mountainbike Amateure [29]	0,52	
Mountainbike Elite [29]	0,39	
Windsurfen [69]	3,6	

#### 4.1.6. Schlussfolgerung im Hinblick auf die eingangs formulierten Fragestellungen

##### 1. Was sind die vorrangigen Verletzungsarten beim Radsport?

Am häufigsten zeigen sich leichte Verletzungen wie Abschürfungen oder Prellungen. Schwerere Verletzungen wie Frakturen kommen selten vor. Die meisten Verletzungen ereignen sich vor allem im Bereich der oberen Extremität. Die typische und häufigste Fraktur stellt in dieser Arbeit die Claviculafraktur dar, was sich ebenfalls mit anderen großen Studien deckt. Dieses Ergebnis ist bereits aus einer Studie von Dannenberg et al. von 1996 bekannt und ist auch weiterhin, wie in der aktuell veröffentlichten Studie von Bigdon et al. aus dem Jahr 2022, die am häufigsten genannte Fraktur [15, 21, 58, 68].

Der Kopf ist häufig bei Stürzen betroffen [31], die Häufigkeit an Kopfverletzungen hat aber mit der allgemeinen Akzeptanz und der Helmpflicht in allen Radrennen deutlich abgenommen. Dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen dieser Arbeit wider. Der Kopf war bei 26,68 % der Verletzungsereignisse betroffen. Nur 13 (8,84%) Teilnehmende trugen dabei keinen Helm. Insgesamt wurden 80 schwerere Kopfverletzungen festgestellt, zu den Frakturen, intrakranielle Blutungen sowie Commotiones zählen. Bei 24 (30%) dieser Verletzungen wurde kein Helm getragen. Somit lässt sich feststellen, dass das Risiko eine schwere Kopfverletzung zu erleiden steigt, wenn kein Helm getragen wird. Auch in anderen Studien zeigen sich eine hohe Rate an Commotiones (23,6%) [57]. Viszerale Verletzungen kamen in dieser Studie selten vor, wurden aber als sehr schwere Verletzungen gewertet. In anderen Studien finden sich viszerale Verletzungen nicht oder nur in geringer Inzidenz von unter einem Prozent [59].

## **2. Worauf lässt sich ein Unfallereignis zurückführen und gibt es sinnvoll umsetzbare Möglichkeiten zur Verletzungsprävention im Radsport?**

Ansätze für die Vermeidung und Prävention von Verletzungen sind vielfältig. Grundsätzlich lassen sich diese Ansätze in drei Gruppen klassifizieren. Zum einen die gefahrene Strecke und Begebenheit, ob im Rennen oder im Training gefahren wird, und ob der Sport auf der Straße oder im Gelände ausgeübt wird. Auch das Fahrrad selbst spielt eine Rolle in der Prävention von Unfällen. Auch vom Fahrrad selbst gehen Gefahren aus. Dies können beispielsweise Anbauteile am Fahrrad sein, die eine Gefahr für den Fahrenden darstellen. So zeigte Nehoda et al., dass es einen Zusammenhang zwischen der Verwendung von Lenkeraufsätzen beim Mountainbike und viszeralen Verletzungen gab [71]. Vom Einsatz solcher Anbauten wird daher heute abgeraten. Zudem können auch von immer leichteren, meist aus Carbon gefertigten Anbauteilen, durch eine erhöhte Defektanfälligkeit Gefahren für den Fahrenden resultieren.

Die dritte Kategorie stellt der Fahrer/-in selbst dar. Daher sollte zusätzlich auch die persönliche Einschätzung der Teilnehmenden zur Ursache des Sturzes mit einfließen, dazu zählen beispielsweise der Erschöpfungszustand, die eigene Leistungsüberschätzung und die Unkenntnis über die gefahrenen Wege.

Auch bei Materialauswahl und Pflege können bereits präventive Maßnahmen getroffen werden. War in der Anfangszeit lediglich der Hauptrahmen von Rädern aus dem Werkstoff Carbon gefertigt, bestehen mittlerweile auch sensible Teile, wie Laufräder oder Anbauteile (Lenker, Sattelstütze) aus Carbon. Die Anwendung von Carbon kommt heute nicht nur bei Rennrädern zum Einsatz, sondern darüber hinaus auch bei Mountainbikes. Die besondere Eigenschaft von Carbon ist, neben seinem niedrigen Gewicht, dass es eine hohe Zugfestigkeit erreichen kann, bei hoher Empfindlichkeit in eine entgegengesetzte Richtung. Dies kann bei Stürzen oder hoher Belastung zu einem Brechen des Materials führen. So sind beispielweise jedes Jahr bei dem Radklassiker Paris Roubaix, der zu einem großen Teil auf Kopfsteinpflaster ausgetragen wird, schwere Stürze durch Materialschäden zu beobachten. Daher war die Frage von besonderer Bedeutung, ob der Trend zu immer leichteren Rädern auch ein höheres Verletzungsrisiko birgt. In dieser Studie zeigte sich hingegen, dass mit 6% nur ein geringer Teil der Stürze auf Materialfehler zurückgeht. Wenn es zu einem Materialfehler kam, wurde mit 31,8% am häufigsten ein Reifendefekt genannt. Um Rollwiderstand zu minimieren, verzichten Hersteller auf Einlagen im Zwischenbau der Reifen (Abb. 32), die den Pannenschutz erhöhen. Diese Reifen sind für den professionellen Bereich gedacht und werden dann auch meist nur für ein Rennen gefahren. Aber auch nicht professionelle FahrerInnen nutzen diese, dann jedoch meist über einen längeren Zeitraum, was mit zunehmendem Verschleiß das Risiko eines Defektes erhöht.

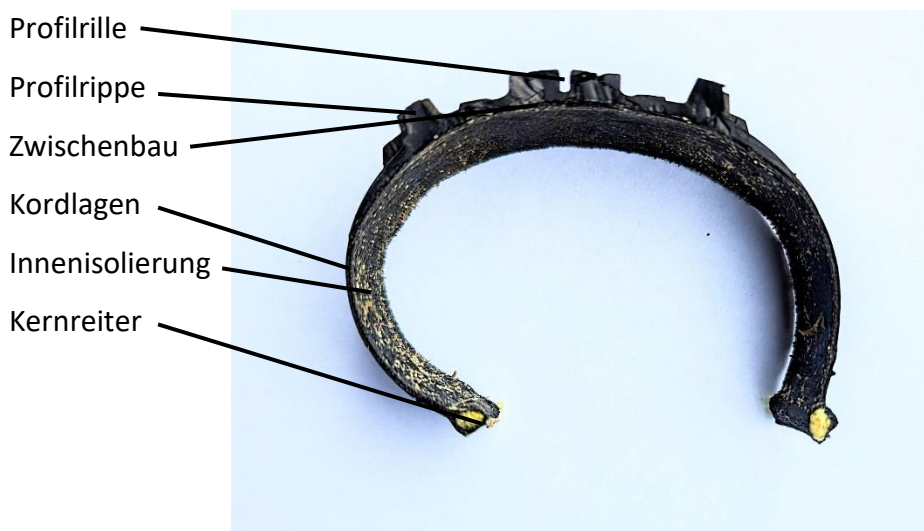


Abbildung 32: Aufbau Reifen (eigenes Archiv)

Daher sollte jede FahrerIn/ jeder Fahrer das Material seinen individuellen Bedürfnissen entsprechend wählen und auf reine Rennreifen und Leichtbauteile an sensiblen Stellen wie beispielsweise dem Lenker verzichten.

### **3. Welche Schutzausrüstungen werden getragen und führen diese zu einem verringerten Auftreten von Verletzungen?**

Bei 86,64% der Verletzungsereignisse wurde Schutzausrüstung getragen. Am häufigsten wurden Helm (83,69%), Radbrille (65,42%) und Handschuhe (67,78%) getragen.

Sehr selten und nur in den Disziplinen des Mountainbike Sport kamen darüber hinaus Schutzausrüstungen wie Nackenschutz (0,39%), Ellbogenschoner (2,16%), Rückenschutz (2,75%), Knie/Unterschenkelschoner (2,93%) zum Einsatz. In einer Studie über Verletzungen im Mountainbike Sport gaben die meisten Teilnehmenden an, einen Helm, eine Brille und Handschuhe getragen zu haben, jedoch war die Akzeptanz von Schutzausrüstung des Ober- und Unterkörpers im Vergleich mit dieser Studie ebenfalls gering [29].

Schwere Verletzungen des Kopfes kamen in einer höheren Frequenz bei Teilnehmenden vor, die keinen Helm trugen. Auch schwere Hand oder Augenverletzungen kamen selten vor, sodass geschlussfolgert werden kann, dass das Tragen der Schutzausrüstung zu einer Minimierung des Risikos, eine schwere Verletzung zu erleiden, beitragen kann.

### **4. Wie häufig waren invasive Eingriffe zur Behandlung einer Verletzung notwendig?**

Bei 17,49% der Teilnehmenden war eine operative Versorgung der Verletzung notwendig. Der häufigste Eingriff war eine Wundversorgung und Wundnaht (n=13). Die häufigsten operativ versorgten Frakturen waren die Claviculafraktur (n=8) und die Mittelhandfraktur (n=5). Von vier operativ versorgten Unterarmfrakturen musste eine zunächst mit einem Fixateur externe versorgt werden. Bei zwei Milzlazeration war eine Splenektomie notwendig. Zwei Nierenlazerationen mussten ebenfalls operativ versorgt werden. Bei einer wurde eine Nephrektomie durchgeführt, eine andere wurde mit einer Embolisation behandelt.



## **5. Welche Folgen haben Verletzungen und Sportschäden auf die Ausübung des Sports und den Alltag?**

Verletzungen und Sportschäden resultieren auch in Ausfallzeiten. Diese sind bezogen auf die Ausübung des Sports und auf die Ausübung der beruflichen Tätigkeit unterschiedlich. Mehr als die Hälfte der Teilnehmenden konnten ihrer Beschäftigung trotz Verletzung nachgehen. Der längste Ausfall der Berufstätigkeit betrug 430 Tage. Die längste Pause vom Radsport war 3000 Tage lang. Die durchschnittliche verletzungsbedingte Ausfallzeit in Verbindung mit einer Krankmeldung betrug 11,5 Tage. Die Ausfallzeit vom Radsport ist mit 36,3 Tagen ungefähr dreimal so lang.

## **6. Welche Sportschäden gibt es?**

Auch wenn Radfahren als Herz-Kreislauf-System unterstützende und Gelenk- und Muskelapparat schonende Sportart bekannt ist und auch die positiven Effekte durch Radsport belegt sind [3], kann das Betreiben von Radsport zu Sportschäden oder Belastungsschmerzen führen [72]. Zu den häufigsten Sportverletzungen zählen Knie- und Rückenschäden [56]. Neben dem Kniegelenk werden aber auch Probleme mit anderen Gelenken wie Sprung-, Hand- oder Hüftgelenk beschrieben.

Zudem treten auch neuronale Schäden auf, dazu zählen das Karpaltunnelsyndrom oder das Pudendusyndrom. Die monotone Bewegung beim Radsport kann vor allem im Zusammenhang mit muskulärer Dysbalance zu chronischen Beschwerden der Nackenmuskulatur führen. In Folge der Belastung wird auch von Stressfrakturen berichtet [18, 73].

Die drei häufigsten von Sportschäden betroffenen Regionen in dieser Arbeit sind das Kniegelenk (19,28%) sowie der Nacken (13,62%) und der Rücken (15,17%). Operative Versorgungen waren selten. Konservative Therapien waren häufig und Umstellungen am Rad wurden von den Teilnehmenden selbst durchgeführt. Eine Verbesserung der Beschwerden oder vollständige Remission der Beschwerden wurde bei 59,22% erreicht. Du Toit et al. zeigten in der großen 2020 veröffentlichten Studie SAFER XIII ähnliche Ergebnisse. Diese retrospektive Studie über 21.824 RadsportlerInnen ergab, dass Knie (26,3%), Schulter (13%) und Rückenbeschwerden (11,5%) am häufigsten vorkamen [56].

## **7. Welchen Einfluss haben Pedalsysteme auf die Inzidenz von Sportschäden?**

Beim Radfahren wird vor allem die untere Extremität beansprucht, da sie einen Großteil der auf das Fahrrad übertragenen Energie aufbringt. Aufgrund der hohen Kräfte zwischen Fuß und Pedal sind die Gelenke einer starken Belastung ausgesetzt. Diese Belastungen können zu Sportschäden und damit verbunden chronischen Knieschmerzen führen. Das Pedal und der Schuh in Verbindung mit der Schuhplatte stellen eine feste, mechanische Verbindung zwischen dem Fahrenden und dem Fahrrad her. Daher ist es wichtig, dass es gerade an dieser Stelle zu einer ergonomischen Energieübertragung kommt. Die Faktoren Kraft und Cadence können sich ansonsten negativ verstärken und zu Sportschäden führen [73]. Bereits in den letzten Jahren wurden Pedalsysteme weiterentwickelt, die einen größeren Bewegungsraum zwischen Pedal und Pedalplatte zulassen. Eine vollständig und auf 0° Abweichung (keine Rotation der Ferse nach innen oder außen möglich) eingestellte Fixierung findet sich heute nur noch selten. Erkenntnisse aus Studien deuten darauf hin, dass eine Art schwimmende Pedalkonstruktion Traumata reduziert und die Leistungsabgabe aufrechterhält [74]. Die SPD und SPD-SL Systeme wurden am häufigsten verwendet und waren zu 18-20% mit Kniebeschwerden assoziiert. Die Bärenkatze, ein Plattformpedal mit dem der Fahrende nicht fest verbunden ist, hatte die geringste Assoziation mit Kniebeschwerden (13,79%). Dies deckt sich mit den Erkenntnissen der genannten Studien, dass eine hohe Bewegungsfreiheit zur Reduktion der Kniebeschwerden führt.

## 5. Zusammenfassung

Es wurden 398 Teilnehmende (männlich: n=343/86,2%; weiblich: n=54/13,6%) retrospektiv befragt. Aus dieser Befragung resultierten 509 Sturzereignisse mit insgesamt 1721 Einzelverletzungen. Zudem wurden von 96 Teilnehmenden (m=82; w=14) die Verletzungen über zwei Jahre prospektiv analysiert. In dieser Zeit kam es bei 43 Teilnehmenden (44,8%) zu 64 Sturzereignissen mit 201 Einzelverletzungen.

Vor allem eigene Fehler, wie fehlende Fahrtechnik oder Überschätzung, wurden mit über 60% als Sturzursache genannt. Von den angegebenen Stürzen ereignete sich jeder Dritte bei Wettkämpfen. Die häufigsten Verletzungsregionen waren der Oberkörper und der Unterkörper. Es dominierten über alle Bereiche hinweg Schürfwunden und Prellungen. Die häufigsten Frakturen waren Clavikulafrakturen sowie Frakturen der Hand. Entsprechend waren bei den 17,49% der Teilnehmenden, bei denen eine operative Versorgung der Verletzung notwendig war, die häufigsten Eingriffe eine Wundversorgung und operativ versorgte Frakturen der Clavicula und der Handknochen. Abdominelle Organverletzungen waren selten (0,79%), führten jedoch zu zwei Splenektomien und einer Nephrektomie.

Von den Teilnehmenden gaben 20% an, unter schmerzbedingten oder funktionellen Einschränkungen zu leiden. Diese sind aber meist leicht (13,5%).


Der Radsport, gemessen an Verletzungen, die pro 1000 Stunden entstanden sind, zeigt kein erhöhtes Verletzungsrisiko im Vergleich zu anderen Sportarten. Adäquate Schutzausrüstung vermindert das Verletzungsrisiko und wird von den meisten RadsportlerInnen getragen. Durch Techniktraining und das Betreiben unterschiedlicher Radsportarten kann das Risiko einen Sturz zu erleiden, gesenkt werden. Bei den Sportschäden dominierten Beschwerden im Kniegelenk (19,28%) sowie Nacken- (13,62%) und Rückenbeschwerden (15,17%). Eine Verbesserung der Beschwerden oder vollständige Remission der Beschwerden wurde bei 59,22% der Teilnehmenden erreicht.

### **Fazit:**

- Im Vergleich zu anderen Sportarten zeigt sich im Radsport kein erhöhtes Verletzungsrisiko.

- Empfohlene Präventionsmaßnahmen sind vor allem das Tragen von an die Radsportdisziplin angepasster Schutzkleidung und die Absolvierung von Techniktrainings. Zudem sollte ein sicheres Bewegen in einem großen Feld, vor allem vor der Teilnahme an einem Radrennen, vorausgesetzt werden.
- Veranstalter von Radrennen sollten Gefahrenstellen auf Strecken kenntlich machen und vorher die Teilnehmenden über diese informieren. Ein Befahren der Strecke vor dem Rennen sollte vor jedem Rennen ermöglicht werden. Nach Möglichkeit sollten Frauen und Männer in getrennten Feldern starten.

## 6. Fragebogen



**Universitätsklinikum Würzburg**

Sehr geehrte Radsportler/innen,

wir betreiben gemeinsam wohl das schönste Hobby, das Gefühl einfach nur mit dem Rad durch die Natur zu brausen oder auf schwierigen Trails Schlüsselstellen zu meistern, lässt sich mit nichts aufwiegen.

Dennoch ist dieser Sport auch mit einigen Risiken verbunden.

Diese Risiken möchte ich in einer Studie, im Rahmen meiner Doktorarbeit im Bereich Unfallchirurgie an der Universität Würzburg näher untersuchen. Meine Arbeit soll Disziplinen übergreifend die verschiedenen Aspekte im Hinblick auf Unfallmechanismus, Art der Verletzung, Behandlung und Langzeitfolgen beleuchten. Zusätzlich soll auch Ihre persönliche Einschätzung zur Ursache des Sturzes, wie der Erschöpfungszustand, die eigene Leistungsüberschätzung, die Unkenntnis über die gefahrenen Wege oder Materialmängel, mit einfließen.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich Erkenntnisse gewinnen, die sowohl Vereinen zu Gute kämen, im Sinne der Einleitung von Präventionsmaßnahmen, als auch der Sanitätsbetreuung und den Krankenhäusern in der akuten Versorgung bei Großereignissen.



**Sollten Sie sich bisher noch nicht verletzt haben, möchte ich Sie trotzdem bitten an dieser Studie teilzunehmen.**

Selbstverständlich ist diese Studie absolut anonym und wird nach den Richtlinien des Datenschutzes behandelt. Dennoch würde ich mich sehr freuen, wenn Sie im ersten Teil des Fragebogens Ihre E-Mail Adresse mit angeben würden. Die Studie läuft über ein Jahr. Monatlich würde ich Ihnen eine kurze E-Mail zusenden, um zu erfahren, ob Sie sich in diesem Zeitraum eine Verletzung zugezogen haben.

Natürlich können Sie auch ohne Angabe Ihrer E-Mail Adresse an der Umfrage teilnehmen.

Im Voraus vielen Dank für Ihre Unterstützung.  
Ich wünsche Ihnen eine weiterhin unfallfreie Fahrt!

Mit besten Grüßen,



**Zugang**

Nur ausfüllen, wenn Sie vom Autor aufgefordert werden!

Code Nummer

**Allgemeine Angaben**

Email

### Angaben zum Radsport

Wie oft haben Sie sich in dieser Zeit beim Radsport verletzt? \*

notwendiger Eintrag

Wie viele Stunden fahren sie in der Woche \*

notwendiger Eintrag

Welche Motivation haben Sie bei diesem?

Sieg  gute Zeit  Ankommen

### Welche Form von Radsport betreiben Sie?

A.

Mountainbiken

B.

Rennrad

C.

andere Radsportarten

Radsportarten

D.

Ergänzungen zum Radsport

Falls Sie zusätzlich zu einer der Radsportarten aus Rennrad und andere Radsportarten eine der Radsportarten aus Mountainbiken betreiben, haben Sie das Gefühl, dass diese Ihnen geholfen hat fahrtechnisch brenzlige Situationen auf der Straße zu beherrschen

Antwort

### Pedalsystem

Welches Pedalsystem nutzen Sie?

<input type="checkbox"/> SPD	<input type="checkbox"/> SPD-SL	<input type="checkbox"/> Look	<input type="checkbox"/> Campagnolo
<input type="checkbox"/> Speedplay	<input type="checkbox"/> Bärenkatze	<input type="checkbox"/> Eggbeater	<input type="checkbox"/> Time
Sontiges: <input type="text"/>			
<b>Sportarten</b>			
sonstige Sportarten			
<input type="checkbox"/> Judo	<input type="checkbox"/> Klettern	<input type="checkbox"/> Krafttraining	
Sontiges: <input type="text"/>			
<b>Verletzungen</b>			
Haben Sie beim Radsport eine Verletzung erlitten? *			
<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein		
<b>Führen Sie ein Aufwärmprogramm durch?</b>			
E.	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein	

<b>Angaben zu chronische Beschwerden</b>	
1. Haben Sie Beschwerden im Sprunggelenk?	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein
2. Haben Sie Beschwerden im Schultergelenk?	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein
3. Haben Sie Beschwerden im Kniegelenk?	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein
4. Haben Sie Beschwerden im Ellenbogengelenk?	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein
5. Haben Sie Beschwerden im Hüftgelenk?	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein
6. Haben Sie Beschwerden im Handgelenk und/ oder ein Karpaltunnelsyndrom?	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein
7. Haben Sie Rückenbeschwerden?	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein
8. Haben Sie muskuläre Beschwerden?	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein

9. Haben Sie Nackenbeschwerden?

Ja

Nein

10. Haben Sie Beschwerden am Steißbein oder in der Skrotalregion (Hoden/Dammregion)?

Ja

Nein

11. Haben Sie eine Stressfraktur (Ermüdungsbruch) erlitten?

Ja

Nein

Anmerkung:

Formular absenden

Formular leeren

 Formular drucken

**Zu den Verletzungen:**

Tragen Sie in der einzelnen Rubrik nur die Verletzung ein, die Sie sich bei dem jeweiligen Unfallereignis zugezogen haben. Sollten Sie sich in vergangener Zeit mehrere Verletzungen zugezogen haben, tragen Sie diese bitte in die später folgenden Rubriken der 2. und 3. Verletzung ein.



**Vielen Dank!**

Sie brauchen auch nicht alle Ihre Verletzungen eintragen. Wählen Sie bitte maximal drei Verletzungen, die auch nicht weiter als vier Jahre zurückliegen, aus. Welche Art der Verletzung haben Sie sich zugezogen? (Die möglichen Verletzungen sind, zur besseren Übersicht, in die einzelnen Bereiche des Körpers untergliedert. Suchen Sie bitte die für Sie zutreffende Körperregion heraus und kreuzen Sie diese entsprechende Verletzung an.)

**Kopf:**

A.1

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Unterkieferbruch  | <input type="checkbox"/> Oberkieferbruch                       | <input type="checkbox"/> Zahnverletzungen  |
| <input type="checkbox"/> Schädelhirntrauma | <input type="checkbox"/> Subarachnoidalblutung (Gehirnblutung) | <input type="checkbox"/> Nasenbeinbruch    |
| <input type="checkbox"/> Augenhöhlenbruch  | <input type="checkbox"/> Schädelbruch                          | <input type="checkbox"/> Gehirnerschüttung |
| <input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch  |  |  |

Sonstige Verletzung:

**Oberkörper/ Arme:**

B.1

- |  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Schulterergelenksprennung | <input type="checkbox"/> Schulterblattbruch | <input type="checkbox"/> Handgelenkbruch    | <input type="checkbox"/> Unterarmbruch |
| <input type="checkbox"/> Quetschung                | <input type="checkbox"/> Muskelverletzungen | <input type="checkbox"/> Schulterauskuglung | <input type="checkbox"/> Oberarmbruch  |

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Ellenbogenbruch | <input type="checkbox"/> Schlüsselbeinbruch | <input type="checkbox"/> Luxation/Auskugeln (Ellenbogen) | <input type="checkbox"/> Luxation/Auskugeln (Schulter) |
| <input type="checkbox"/> Prellung        | <input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch   |  |  |

Sonstige Verletzung:

**Hand:**

C.1

- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fingerbruch      | <input type="checkbox"/> Bandverletzung | <input type="checkbox"/> Prellung         | <input type="checkbox"/> Handwurzelknochenbruch (Skaphoid) |
| <input type="checkbox"/> Sehnenverletzung | <input type="checkbox"/> Quetschung     | <input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch |  |

Sonstige Verletzung:

**Rumpf:**

D.1

- |                                      |   |  |                                       |
|--------------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Rippenbruch | <input type="checkbox"/> Quetschung       | <input type="checkbox"/> Brustbeinverletzung | <input type="checkbox"/> Pneumothorax |
| <input type="checkbox"/> Prellung    | <input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch |  |                                       |

Halswirbelsäule Brustwirbelsäule Lendenwirbelsäule

Wirbelsäulenbruch

Sonstige Verletzung:

**Unterkörper/ Beine:**

E.1

Beckenbruch  Unterschenkelbruch  Sprunggelenkbruch  Fussbruch

Quetschung  Muskelverletzungen  Oberschenkelbruch  Bänderriss  
Sprunggelenk

Zehenbruch  Prellung  tiefe Wunde z.B. durch das Kettenblatt  großflächige Abschürfung

Sonstige Verletzung:

**Knie:**

F.1

hinteres Kreuzbandriss  vorderes Kreuzbandriss  Meniskusriss  äußerer Seitenbandriss

innerer Seitenbandriss  Patellabruch (Kniescheibe)  Luxation / Auskugeln  Knorpelschaden

**Bitte tragen Sie die Radsportart ein, bei der es zu dieser Verletzung kam:**

G.1 \*

Cross Country  Mountainbike Tour  Rennrad (bergig)  Trekking

Downhill / Freeride  Trial  Zeitfahren  Mountainbike Marathon

Rennrad (flach)  Cyclocross

Sonstige:

H.1

Training  Wettkampf

Wobei ist es zu der Verletzung/ den Verletzungen gekommen?

I.1

Unkenntnis der Strecke  Hindernis  Trail zu schwierigem Boden oder Wurzeln

Wie ist es zu der Verletzung gekommen?

J.1

Fahrtechnischer Fehler Überschätzung Erschöpfung Übermotiviert

Eigener Fehler

K.1

Abdrängung Kollision Ausbremsung

Kam es zu dem Unfall durch Fremdeinwirkung?

Führte ein Materialfehler zu Ihrem Sturz?

Ja  Nein

**Material:**

Wie haben Sie sich die Verletzung zugezogen?

Sturz auf Boden / Asphalt  Sturz gegen Gegenstand (Baum, Treppe, Fels)  Elemente des Rades

Haben Sie Schutzausrüstung getragen?

Helm  Brille  Nackenschutz  Ellbogenschoner  
 Vollvisierhelm  Handschuhe  Rückenschutz  Knie / Unterschenkelshoner

Sonstige: (Handgelenk-, Sprunggelenkschoner)

Wie wurde die Verletzung behandelt?

Konservativ (Gips, Schiene)  Konservativ mit Physiotherapie  Operativ

**Beeinträchtigung durch die Verletzung:**

Arbeit: Ausfall in Tagen

Radspport: Ausfall in Tagen

Ist die Verletzung vollständig kuriert?

Ja  Nein

Falls nicht, gibt es Einschränkungen?

funktionelle  schmerzbedingte

Wie groß ist die Einschränkung beim Radspport?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

keine Einschränkung           kein Radspport ausüben

2. Verletzung \*  Ja  Nein

**2. Verletzung**

**Kopf:**

A.2

<input type="checkbox"/> Unterkieferbruch	<input type="checkbox"/> Oberkieferbruch	<input type="checkbox"/> Zahnverletzungen
<input type="checkbox"/> Schädelhirntrauma	<input type="checkbox"/> Subarachnoidalblutung (Gehirnblutung)	<input type="checkbox"/> Nasenbeinbruch
<input type="checkbox"/> Augenhöhlenbruch	<input type="checkbox"/> Schädelbruch	<input type="checkbox"/> Gehirnerschüttung
<input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch		

Sonstige Verletzung:

**Oberkörper/ Arme:**

B.2

<input type="checkbox"/> Schulterreckgelenk sprengung	<input type="checkbox"/> Schulterblattbruch	<input type="checkbox"/> Handgelenkbruch	<input type="checkbox"/> Unterarmbruch
<input type="checkbox"/> Quetschung	<input type="checkbox"/> Muskelverletzungen	<input type="checkbox"/> Schulterauskuglung	<input type="checkbox"/> Oberarmbruch
<input type="checkbox"/> Ellenbogenbruch	<input type="checkbox"/> Schlüsselbeinbruch	<input type="checkbox"/> Luxation/Auskugeln (Ellenbogen)	<input type="checkbox"/> Luxation/Auskugeln (Schulter)
<input type="checkbox"/> Prellung	<input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch		

Sonstige Verletzung:

**Hand:**

C.2

<input type="checkbox"/> Fingerbruch	<input type="checkbox"/> Bandverletzung	<input type="checkbox"/> Prellung	<input type="checkbox"/> Handwurzelknochenbruch (Skaphoid)
<input type="checkbox"/> Sehnenverletzung	<input type="checkbox"/> Quetschung	<input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch	

Sonstige Verletzung:

**Rumpf:**

D.2

<input type="checkbox"/> Rippenbruch	<input type="checkbox"/> Quetschung	<input type="checkbox"/> Brustbeinverletzung	<input type="checkbox"/> Pneumothorax
<input type="checkbox"/> Prellung	<input type="checkbox"/> Wunde ohne Bruch		

Sonstige Verletzung:

Halswirbelsäule Brustwirbelsäule Lendenwirbelsäule

Wirbelsäulenbruch

**Unterkörper / Beine:**

E.2

Beckenbruch     Unterschenkelbruch     Sprunggelenkbruch     Fussbruch  
 Quetschung     Muskelverletzungen     Oberschenkelbruch     Bänderriss Sprunggelenk  
 Zehenbruch     Prellung     tiefe Wunde z.B. durch das Kettenblatt     großflächige Abschürfung

Sonstige Verletzung:

\_\_\_\_\_

**Knie:**

F.2

hinteres Kreuzbandriss     vorderes Kreuzbandriss     Meniskusriss     äußerer Seitenbandriss  
 innerer Seitenbandriss     Patellabruch (Kniescheibe)     Luxation / Auskugeln     Knorpelschaden

**Bitte tragen Sie die Radsportart ein, bei der es zu dieser Verletzung kam:**

G.2 \*

Cross Country     Mountainbike Tour     Rennrad (bergig)     Trekking  
 Downhill / Freeride     Trial     Zeitfahren     Mountainbike

Marathon

Rennrad (flach)     Cyclocross

Sonstige:

\_\_\_\_\_

H.2

TrainingWettkampf

Wobei ist es zu der Verletzung/ den Verletzungen gekommen?

I.2

Unkenntnis der StreckeHinderniTrail zu schwierignasser Boden oder Wurzeln

Wie ist es zu der Verletzung gekommen? Stecke

J.2

Fahrtechnischer FehlerÜberschätzungErschöpfungÜbermotiviert

Eigener Fehler

K.2

AbdrängungKollisionAusbremsung

\_\_\_\_\_

Kam es zu dem Unfall durch Fremdeinwirkung?

Führte ein Materialfehler zu Ihrem Sturz?  
 Ja  Nein

**Material:**

Wie haben Sie sich die Verletzung zugezogen?  
 Sturz auf Boden / Asphalt  Sturz gegen Gegenstand (Baum, Treppe, Fels)  Elemente des Rades

Haben Sie Schutzausrüstung getragen?  
 Helm  Brille  Nackenschutz  Ellbogenschoner  
 Vollvisierhelm  Handschuhe  Rückenschutz  Knie / Unterschenkelschoner

Sonstige: (Handgelenk-, Sprunggelenkschoner)

Wie wurde die Verletzung behandelt?  
 Konservativ (Gips, Schiene)  Konservativ mit Physiotherapie  Operativ

**Beeinträchtigung durch die Verletzung:**

Arbeit: Ausfall in Tagen

Radsport: Ausfall in Tagen

Ist die Verletzung vollständig kuriert?  
 Ja  Nein

Falls nicht, gibt es Einschränkungen?  
 funktionelle  schmerzbedingte

Wie groß ist die Einschränkung beim Radsport?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
keine Einschränkung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	kein Radsport ausüben

3. Verletzung \*  Ja  Nein

**3. Verletzung**

**Kopf:**

A.3  
 Unterkieferbruch  Oberkieferbruch  Zahnverletzungen  
 Schädelhirntrauma  Subarachnoidalblutung (Schädelblutung)  Nasenbeinbruch

(Benennung)

Augenhöhlenbruch     Schädelbruch     Gehirnerschüttung  
 Wunde ohne Bruch

Sonstige Verletzung:

\_\_\_\_\_

**Oberkörper / Arme:**

B.3

Schulterergelenksprennung     Schulterblattbruch     Handgelenkbruch     Unterarmbruch  
 Quetschung     Muskelverletzungen     Schulterauskuglung     Oberarmbruch  
 Ellenbogenbruch     Schlüsselbeinbruch     Luxation/Auskugeln (Ellenbogen)     Luxation/Auskugeln (Schulter)  
 Prellung     Wunde ohne Bruch

Sonstige Verletzung:

\_\_\_\_\_

**Hand:**

C.3

Fingerbruch     Bandverletzung     Prellung     Handwurzelknochenbruch (Skaphoid)  
 Sehnenverletzung     Quetschung     Wunde ohne Bruch

Sonstige Verletzung:

\_\_\_\_\_

**Rumpf:**

D.3

Rippenbruch     Quetschung     Brustbeinverletzung     Pneumothorax  
 Prellung     Wunde ohne Bruch

Sonstige Verletzung:

\_\_\_\_\_

Halswirbelsäule    Brustwirbelsäule    Lendenwirbelsäule

Wirbelsäulenbruch           

**Unterkörper / Beine:**

E.3

Beckenbruch     Unterschenkelbruch     Sprunggelenkbruch     Fussbruch  
 Quetschung     Muskelverletzungen     Oberschenkelbruch     Bänderriss Sprunggelenk  
 Zehenbruch     Prellung     tiefe Wunde z.B.     großflächige

durch das Abschürfung  
Kettenblatt

Sonstige Verletzung:

**Knie:**

F.3

<input type="checkbox"/> hinteres Kreuzbandriss	<input type="checkbox"/> vorderes Kreuzbandriss	<input type="checkbox"/> Meniskusriss	<input type="checkbox"/> äußerer Seitenbandriss
<input type="checkbox"/> innerer Seitenbandriss	<input type="checkbox"/> Patellaabbruch (Kniescheibe)	<input type="checkbox"/> Luxation / Auskugeln	<input type="checkbox"/> Knorpelschaden

**Bitte tragen Sie die Radsportart ein, bei der es zu dieser Verletzung kam:**

G.3 \*

<input type="radio"/> Cross Country	<input type="radio"/> Mountainbike Tour	<input type="radio"/> Rennrad (bergig)	<input type="radio"/> Trekking
<input type="radio"/> Downhill / Freeride	<input type="radio"/> Trial	<input type="radio"/> Zeitfahren	<input type="radio"/> Mountainbike Marathon
<input type="radio"/> Rennrad (flach)	<input type="radio"/> Cyclocross		

Sonstige:

H.3

TrainingWettkampf

Wobei ist es zu der Verletzung/ den Verletzungen gekommen?

I.3

Unkenntnis der StreckeHindernisTrail zu schwierignasser Boden oder Wurzeln

Wie ist es zu der Verletzung gekommen? Stecke

J.3

Fahrtechnischer FehlerÜberschätzungErschöpfungÜbermotiviert

Eigener Fehler

K.3

AbdrängungKollisionAusbremsung

Kam es zu dem Unfall durch Fremdeinwirkung?

Führte ein Materialfehler zu Ihrem Sturz?

Ja  Nein



**Material:**

Wie haben Sie sich die Verletzung zugezogen?

Sturz auf Boden / Asphalt     Sturz gegen Gegenstand (Baum, Treppe, Fels)     Elemente des Rades

Haben Sie Schutzausrüstung getragen?

Helm     Brille     Nackenschutz     Ellbogenschoner  
 Vollvisierhelm     Handschuhe     Rückenschutz     Knie / Unterschenkelshoner

Sonstige: (Handgelenk-, Sprunggelenkschoner)

Wie wurde die Verletzung behandelt?

Konservativ (Gips, Schiene)     Konservativ mit Physiotherapie     Operativ

**Beeinträchtigung durch die Verletzung:**

Arbeit: Ausfall in Tagen  ↓

Radspport: Ausfall in Tagen  ↓

Ist die Verletzung vollständig kuriert?

Ja     Nein

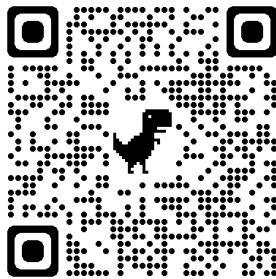
Falls nicht, gibt es Einschränkungen?

funktionelle     schmerzbedingte

Wie groß ist die Einschränkung beim Radspport?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
keine Einschränkung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	kein Radspport ausüben

Abfrage  nächste Seite



*Abbildung 33: QR-Code Link zum Fragebogen*

## 7. Literaturverzeichnis

1. Radfahrer, B.D. *Der BDR - ein Dachverband mit Profil*. 13.02.2021; Available from: [https://bdr-online.org/ajax.aspx/shop/178692da-f672-4182-a0d4-e810b748b383/BDR\\_Verband.html](https://bdr-online.org/ajax.aspx/shop/178692da-f672-4182-a0d4-e810b748b383/BDR_Verband.html).
2. Reidl, A., *Die Hersteller kommen kaum noch hinterher*, in *Zeit.de*. 2021.
3. Werner, C.M., et al., *Differential effects of endurance, interval, and resistance training on telomerase activity and telomere length in a randomized, controlled study*. *Eur Heart J*, 2019. **40**(1): p. 34-46.
4. Kords, M. *Absatz von E-Bikes in Deutschland bis 2020*. 2021 11.03.2021]; Available from: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152721/umfrage/absatz-von-e-bikes-in-deutschland/>.
5. cup, U.E.-M.W. *WES IS WHAT ELECTRIC IS ALL ABOUT*. 2021 Available from: <https://www.worldbikeseries.com/news/>.
6. V., B.D.R.e., *Wettkampfbestimmungen Mountainbike (MTB)*. Ausgabe 04/2019.
7. BDR, *Der BDR - ein Dachverband mit Profil*.
8. *Straßenradsport*. Wikipedia, 02.05.2021.
9. UCI, *RIDER SAFETY - NEW REGULATIONS IN 2021 - EXPLANATION GUIDE FOR ORGANISERS, TEAMS AND RIDERS*. 2021: p. 1-20.
10. Decock, M., et al., *Incidence and aetiology of acute injuries during competitive road cycling*. *Br J Sports Med*, 2016. **50**(11): p. 669-72.
11. Pommering, T.L., et al., *Injuries and Illnesses Occurring on a Recreational Bicycle Tour: The Great Ohio Bicycle Adventure*. *Wilderness Environ Med*, 2017. **28**(4): p. 299-306.
12. Emond, S.D., et al., *Injuries in a 1-Day Recreational Cycling Tour: Bike New York*. *Annals of Emergency Medicine*, 1999. **33**(1): p. 56-61.
13. Boeke, P.S., H.R. House, and M.A. Graber, *Injury incidence and predictors on a multiday recreational bicycle tour: The Register's Annual Great Bike Ride Across Iowa, 2004 to 2008*. *Wilderness Environ Med*, 2010. **21**(3): p. 202-7.
14. Haerberle, H.S., et al., *Prevalence and Epidemiology of Injuries Among Elite Cyclists in the Tour de France*. *Orthop J Sports Med*, 2018. **6**(9): p. 2325967118793392.
15. Dannenberg, A.L., et al., *Predictors of injury among 1638 riders in a recreational long-distance bicycle tour: Cycle Across Maryland*. *Am J Sports Med*, 1996. **24**(6): p. 747-53.
16. Temme, C. and H. Riepenhof, *RadSPORT*. *Sports Orthopaedics and Traumatology Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie*, 2005. **21**(2): p. 73-77.
17. Frobenius, H. and A. Betzel, *[Injuries and their causes in bicycle accidents]*. *Unfallchirurgie*, 1987. **13**(3): p. 135-41.
18. De Bernardo, N., et al., *Incidence and risk for traumatic and overuse injuries in top-level road cyclists*. *J Sports Sci*, 2012. **30**(10): p. 1047-53.
19. Carmont, M.R., *Mountain biking injuries: a review*. *Br Med Bull*, 2008. **85**: p. 101-12.
20. Meier, R. and H. Pralle, *[Trend sports]*. *Unfallchirurg*, 2015. **118**(6): p. 490-5.
21. Killops, J., et al., *Medical encounters, cardiac arrests and deaths during a 109 km community-based mass-participation cycling event: a 3-year study in 102 251 race starters-SAFER IX*. *Br J Sports Med*, 2020. **54**(10): p. 605-611.
22. Arnold, M.P., *[Mountain biking. Cool way to enjoy nature with side effects]*. *Orthopade*, 2005. **34**(5): p. 405-10.
23. Strassenwesen, B.f., *Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung – 2019*. 2019.
24. Ueblacker, P., et al., *[Acute injuries in road bicycle racing. Injury surveillance at the Hamburg UCI ProTour "Cyclclassics" 2006]*. *Unfallchirurg*, 2008. **111**(6): p. 414-20.

25. Townes, D.A., C. Barsotti, and M. Cromeans, *Injury and Illness During a Multiday Recreational Bicycling Tour* ☆. *Wilderness & Environmental Medicine*, 2005. **16**(3): p. 125-128.
26. Yanturali, S., et al., *Injury and illness among athletes during a multi-day elite cycling road race*. *Phys Sportsmed*, 2015. **43**(4): p. 348-54.
27. Nelson, N.G. and L.B. McKenzie, *Mountain biking-related injuries treated in emergency departments in the United States, 1994-2007*. *Am J Sports Med*, 2011. **39**(2): p. 404-9.
28. \*Robert L. Kronisch, M., †Ronald P. Pfeiffer, EdD, ATC, ‡Tony K. Chow, MD, and and M. §Christopher B. Hummel, *Gender Differences in Acute Mountain Bike Racing Injuries*. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2002. **12**(3): p. 158-164.
29. Stoop, R., et al., *Acute Injuries in Male Elite and Amateur Mountain Bikers: Results of a Survey*. *J Sports Sci Med*, 2019. **18**(2): p. 207-212.
30. Kotlyar, S., *Cycling Injuries in Southwest Colorado: A Comparison of Road vs Trail Riding Injury Patterns*. *Wilderness Environ Med*, 2016. **27**(2): p. 316-20.
31. Roberts, D.J., et al., *Severe street and mountain bicycling injuries in adults: a comparison of the incidence, risk factors and injury patterns over 14 years*. *Can J Surg*, 2013. **56**(3): p. E32-8.
32. Heron, N., et al., *International consensus statement on injury and illness reporting in professional road cycling*. *Phys Sportsmed*, 2020: p. 1-7.
33. Kronisch, R.L. and R.P. Pfeiffer, *Mountain biking injuries: an update*. *Sports Med*, 2002. **32**(8): p. 523-37.
34. Chow, T.K. and R.L. Kronisch, *Mechanisms of Injury in Competitive Off-Road Bicycling* ☆. *Wilderness & Environmental Medicine*, 2002. **13**(1): p. 27-30.
35. Oehlert, K., T. Wolk, and J. Hassenpflug, *[Injuries, training and driving technique of competitive mountain-bikers]*. *Sportverletz Sportschaden*, 2004. **18**(4): p. 190-5.
36. Lion, A., et al., *Differentiated influence of off-road and on-road cycling practice on balance control and the related-neurosensory organization*. *J Electromyogr Kinesiol*, 2009. **19**(4): p. 623-30.
37. Vogt, S., et al., *Radsport*. *Sports Orthopaedics and Traumatology Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie*, 2005. **21**(2): p. 95-97.
38. Braun, M., et al., *Epidemiology of erectile dysfunction: results of the 'Cologne Male Survey'*. *Int J Impot Res*, 2000. **12**(6): p. 305-11.
39. Rueger1, P.U.M.G.M.Z.K.-M.B.J.M., *Verletzungen und Fehlbelastungsfolgen im Sport*. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 8 · 2005*, 2005: p. 927-938.
40. Jakubietz, R., *Fitnessforum- Weniger Druck gleich weniger Schmerz*, in *Tour Magazin*. 2019. p. 60.
41. Bini, R., P.A. Hume, and J.L. Croft, *Effects of bicycle saddle height on knee injury risk and cycling performance*. *Sports Med*, 2011. **41**(6): p. 463-76.
42. Wanich, T., et al., *Cycling injuries of the lower extremity*. *J Am Acad Orthop Surg*, 2007. **15**(12): p. 748-56.
43. Barrios C, S.D., Terrados N, Valentin JR, *Traumatic and overuse injuries in elite professional cyclists*. *Sports Exercise and Injury*, 1997(3): p. 176-179.
44. Clarsen, B., T. Krosshaug, and R. Bahr, *Overuse injuries in professional road cyclists*. *Am J Sports Med*, 2010. **38**(12): p. 2494-501.
45. Ferrer-Roca, V., et al., *Acute effects of small changes in crank length on gross efficiency and pedalling technique during submaximal cycling*. *J Sports Sci*, 2017. **35**(14): p. 1328-1335.

46. Barratt, P.R., et al., *Effect of crank length on joint-specific power during maximal cycling*. Med Sci Sports Exerc, 2011. **43**(9): p. 1689-97.
47. Johnston, T.E., et al., *The Influence of Extrinsic Factors on Knee Biomechanics during Cycling: A Systematic Review of the Literature*. Int J Sports Phys Ther, 2017. **12**(7): p. 1023-1033.
48. Barratt, P.R., et al., *Effects of Pedal Speed and Crank Length on Pedaling Mechanics during Submaximal Cycling*. Med Sci Sports Exerc, 2016. **48**(4): p. 705-13.
49. Asplund, C. and M. Ross, *Core stability and bicycling*. Curr Sports Med Rep, 2010. **9**(3): p. 155-60.
50. Salai, M., et al., *Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists*. Br J Sports Med, 1999. **33**(6): p. 398-400.
51. Wilber, C.A., et al., *An epidemiological analysis of overuse injuries among recreational cyclists*. Int J Sports Med, 1995. **16**(3): p. 201-6.
52. Verstappen, E.M.J., et al., *Bicycle-related injuries in the emergency department: a comparison between E-bikes and conventional bicycles: a prospective observational study*. European Journal of Trauma and Emergency Surgery, 2020. **47**(6): p. 1853-1860.
53. Hu, F., et al., *Related risk factors for injury severity of e-bike and bicycle crashes in Hefei*. Traffic Inj Prev, 2014. **15**(3): p. 319-23.
54. Gross, I., et al., *E-Bike-Related Trauma in Children and Adults*. J Emerg Med, 2018. **54**(6): p. 793-798.
55. Berk, T., et al., *Increased injury severity and hospitalization rates following crashes with e-bikes versus conventional bicycles: an observational cohort study from a regional level II trauma center in Switzerland*. Patient Saf Surg, 2022. **16**(1): p. 11.
56. du Toit, F., et al., *Epidemiology, clinical characteristics and severity of gradual onset injuries in recreational road cyclists: A cross-sectional study in 21,824 cyclists - SAFER XIII*. Phys Ther Sport, 2020. **46**: p. 113-119.
57. Willick, S.E., et al., *The National Interscholastic Cycling Association Mountain Biking Injury Surveillance System: 40,000 Student-Athlete-Years of Data*. Curr Sports Med Rep, 2021. **20**(6): p. 291-297.
58. Bigdon, S.F., et al., *Injuries in alpine summer sports - types, frequency and prevention: a systematic review*. BMC Sports Sci Med Rehabil, 2022. **14**(1): p. 79.
59. Jancaitis, G., A.R. Snyder Valier, and C. Bay, *A descriptive and comparative analysis of injuries reported in USA Cycling-sanctioned competitive road cycling events*. Inj Epidemiol, 2022. **9**(1): p. 22.
60. Breedt, M., et al., *The Injury and Illness Profile of Male and Female Participants in a 94.7 km Cycle Race: A Cross-Sectional Study*. Clin J Sport Med, 2019. **29**(4): p. 306-311.
61. Killops, J., et al., *Women, older age, faster cycling speed and increased wind speeds are independent risk factors for acute injury-related medical encounters during a 109 km mass community-based participation cycling event: a 3-year study in 102251 race starters-SAFER XII*. Inj Prev, 2021. **27**(4): p. 338-343.
62. Amoros, E., et al., *Bicycle helmet wearing and the risk of head, face, and neck injury: a French case-control study based on a road trauma registry*. Inj Prev, 2012. **18**(1): p. 27-32.
63. Eichendorf, W. *Sicherheit im Radverkehr verbessern*. dvr.de [06.11.2018] 2018; Available from: <https://www.dvr.de/ueber-uns/beschluesse/sicherheit-im-radverkehr-verbessern>.
64. Norman, P., *Giant-Alpecin's crash protection now extends to its jersey*. Cyclingweekly, 2016.

65. Lahrmann, H., T.K.O. Madsen, and A.V. Olesen, *Randomized trials and self-reported accidents as a method to study safety-enhancing measures for cyclists-two case studies*. *Accid Anal Prev*, 2018. **114**: p. 17-24.
66. Gaulrapp, H., A. Weber, and B. Rosemeyer, *Injuries in mountain biking*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2001. **9**(1): p. 48-53.
67. Ristolainen, L., et al., *Gender differences in sport injury risk and types of injuries: a retrospective twelve-month study on cross-country skiers, swimmers, long-distance runners and soccer players*. *J Sports Sci Med*, 2009. **8**(3): p. 443-51.
68. Palmer, D., G. Florida-James, and C. Ball, *Enduro World Series (EWS) Mountain Biking Injuries: A 2-year Prospective Study of 2010 Riders*. *Int J Sports Med*, 2021. **42**(11): p. 1012-1018.
69. Kai Fehske, J.F., Rainer, Meffert, *Verletzungen im Windsurfen- eine aktuelle deutschlandweite Erhebung*. *SportOrthoTrauma*, 2010. **26**: p. 14-16.
70. Steinbruck, K., *[Epidemiology of sports injuries--25-year-analysis of sports orthopedic-traumatologic ambulatory care]*. *Sportverletz Sportschaden*, 1999. **13**(2): p. 38-52.
71. Nehoda, H., et al., *Central liver hematomas caused by mountain-bike crashes*. *Injury*, 2001. **32**(4): p. 285-287.
72. Bahr, R., et al., *International Olympic Committee consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS))*. *Br J Sports Med*, 2020. **54**(7): p. 372-389.
73. Dettori, N.J. and D.C. Norvell, *Non-traumatic bicycle injuries : a review of the literature*. *Sports Med*, 2006. **36**(1): p. 7-18.
74. Gregor, R.J. and J.B. Wheeler, *Biomechanical factors associated with shoe/pedal interfaces. Implications for injury*. *Sports Med*, 1994. **17**(2): p. 117-31.

### I. Abkürzungen

Abb	Abbildung
BDR	Bund Deutscher Radfahrer
BWK	Brustwirbelkörper
DHS	Dynamische Hüftschraube
HWK	Halswirbelkörper
LD	Long Distance
LWK	Lendenwirbelkörper
NO	Nagelosteosynthese
PO	Plattenosteosynthese
SAB	Subarachnoidalblutung
SO	Schraubenosteosynthese
Tab	Tabelle
TEP	Totalendoprothese
UCI	Union Cycliste Internationale (Weltradsportverband)

## II. Abbildungs- und Diagrammverzeichnis

Abbildung 1: Aerodynamische Abfahrtsposition (eigenes Archiv).....	4
Abbildung 2: Gesicherte Mountainbike Strecke (eigenes Archiv).....	5
Abbildung 3: Skizze Sicherheitsbereich in Hochgeschwindigkeitspassagen [1].....	5
Abbildung 4: Oberflächliche Schürfwunden nach Sturz (eigenes Archiv).....	7
Abbildung 5: Abfrage Verletzungen .....	21
Abbildung 6: Übersicht Anzahl an Verletzungen.....	26
Abbildung 7: Übersicht der Jahreskilometer der einzelnen Radsportarten im Verhältnis zu der persönlichen Motivation .....	27
Abbildung 8: Übersicht Hobby und Lizenzfahrer mit Unterteilung in die einzelnen Lizenzklassen aufgeteilt in Geschlecht und Radsportart .....	28
Abbildung 9: Vergleich der Ursachen eines Sturzes in Straßen- und Geländeradsport .....	31
Abbildung 10: Materialfehler als Ursache für ein Sturzereignis .....	33
Abbildung 11: Beschaffenheit des gebrochenen oder defekten Materials .....	33
Abbildung 12: Übersicht über die häufigsten Materialfehler .....	34
Abbildung 13: Verletzungen am Kopf .....	35
Abbildung 14: Verletzungen des Oberkörpers und der Arme.....	36
Abbildung 15: Verletzungen an der Hand .....	37
Abbildung 16: Verletzungen am Rumpf .....	38
Abbildung 17: Verletzungen der Wirbelsäule .....	39
Abbildung 18: Verletzungen am Knie.....	40
Abbildung 19: Verletzungen am Unterkörper.....	41
Abbildung 20: Übersicht der Verletzungen der einzelnen Körperregionen.....	42
Abbildung 21: Formel zur Errechnung von Verletzungen pro 1000 h Radsport .....	42
Abbildung 22: Übersicht Therapieform.....	43
Abbildung 23: Übersicht Kurationsrate und Unterteilung der Einschränkungen .....	48
Abbildung 24: Einschränkungen in Bezug auf Radsport nach Verletzung .....	49
Abbildung 25: Warmfahren auf der Rolle (Foto: Alex Campbell-Erlaubnis erteilt).....	50
Abbildung 26: Übersicht Sportschäden.....	51
Abbildung 27: Ergonomischer Griff mit Flügel (eigenes Archiv) .....	52
Abbildung 28: Übersicht unterschiedliche Pedalsysteme (eigenes Archiv).....	56
Abbildung 29: Kopfverletzungen beim Tragen eines Helmes .....	57
Abbildung 30: Übersicht der Verletzungen nach Körperregion im retro- und prospektiven Teil .....	61
Abbildung 31: Formel zur Errechnung von Verletzungen pro 1000h Radsport.....	61
Abbildung 32: Aufbau Reifen (eigenes Archiv).....	74
Abbildung 33: QR-Code Link zum Fragebogen.....	93



### III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Pedalsysteme unterteilt in die Disziplinen .....	29
Tabelle 2: Übersicht der Teilnahme der einzelnen Radsportdisziplinen.....	29
Tabelle 3: Übersicht invasive Eingriffe .....	46
Tabelle 4: Übersicht Kniebeschwerden in Bezug auf das verwendete Pedalsystem .....	56
Tabelle 5: Verletzungen pro 1000 h in den einzelnen Sportarten .....	72

#### IV. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen danken, die mich bei der Erstellung meiner Dissertation unterstützt haben. Zunächst allen RadsportlernInnen, die sich die Zeit genommen haben, meine Fragen zu beantworten und damit den entscheidenden Schritt geleistet haben, um diese Arbeit zu ermöglichen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Meffert und Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Fehske für die ausgezeichnete Betreuung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. Braun bedanken, der mich in der technischen Umsetzung des Fragebogens unterstützt hat und damit eine umfangreiche Analyse der Verletzungen erst möglich gemacht hat.

Meiner Frau Christine und meiner ganzen Familie danke ich für ihre Geduld und Zusprüche während der Arbeit an dieser Dissertation.