

**Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und
Wiederherstellungschirurgie (Chirurgische Klinik II)
der Universität Würzburg**

Direktor: Professor Dr. med. Rainer H. Meffert

**Altersbezogene Analyse polytraumatisierter Fahrradfahrer
anhand des TraumaRegister DGU®**

**Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von
Roman Backhaus
aus Würzburg**

Würzburg, Juni 2022

Referent: PD. Dr. med. Fabian Gilbert

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. med. Maximilian Rudert,
i.V. PD Dr. Iannis Stratos

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung:

16.05.2023

Der Promovend ist Arzt

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AIS	Abbreviated – Injury – Scale
ASA	American Society of Anesthesiologists
ATLS®	Advanced – Trauma – Live – Support®
AUC	Akademie der Unfallchirurgie GmbH
BP	Blood Pressure
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
EK	Erythrozytenkonzentrat
GCS	Glasgow Coma Scale
INR	International Normalized Ratio
ISS	Injury Severity Score
MAIS	Maximum Abbreviated Injury Scale
mmHg	Millimeter – Quecksilbersäule
NIS	Sektion Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletzten- versorgung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
OP	Operation
PKW	Personenkraftwagen
RISC	Revised Injury Severity Classification
RISC II	Revised Injury Severity Classification, Version II
SHT	Schädel – Hirn – Trauma
SMR	Standardized Mortality Ratio
TNW	TraumaNetzwerk DGU®
TR – DGU	TraumaRegister DGU®
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

Widmung

Meiner Familie in Dankbarkeit und Liebe gewidmet.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Dissertation die gewohnte männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	Verkehrsunfallstatistik	2
1.1.1	Statistisches Bundesamt – Zahlen 2019	2
1.1.2	TraumaRegister DGU® (Jahresbericht 2020)	4
1.2	Unfallbedingte Todesursachen in Deutschland	5
1.3	Statistik und Epidemiologie von Fahrradunfällen in Deutschland	5
1.4	Der Schwerverletzte und das Polytrauma	7
1.5	Behandlungsalgorithmus von Schwerverletzten nach der S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten – Behandlung	8
1.6	Das TraumaRegister DGU®	8
1.7	Motivation und Ziel der vorliegenden Arbeit	11
2	MATERIAL UND METHODEN	12
2.1	Studiendesign	12
2.2	Datenerhebung	13
2.2.1	Erhobene Variablen	13
2.2.2	Ein- und Ausschlusskriterien TraumaRegister DGU®	15
2.3	Verwendete Scores und Methoden	17
2.3.1	ASA – Klassifikation	17
2.3.2	Glasgow Coma Scale (GCS)	18
2.3.3	Revised Injury Severity Classification Score (RISC II Score)	19
2.3.4	Injury Severity Score (ISS)	21
2.4	Statistik	24
3	ERGEBNISSE DES TraumaRegister DGU® (2010 – 2019)	25
3.1	Das Unfallgeschehen von Fahrradfahrern im Überblick	25
3.1.1	Verunglückte nach Geschlecht und Alter	25

3.1.2	Tageszeitliche und saisonale Verteilung	27
3.1.3	Alkoholkonzentration im Blut der Patienten	29
3.1.4	Level der Versorgungsstufe	30
3.2	Verletzungsschwere primär versorgter Fahrradfahrer	31
3.2.1	Gegenüberstellung verwendeter Bewertungsschemata	31
3.2.2	Frühsterblichkeit und Mortalität	33
3.2.3	Stationäre Liege- und Intubationsdauer	33
3.3	Verletzungsmuster der verunglückten Fahrradfahrer	35
3.3.1	Kopf, Extremitäten, Abdomen AIS ≥ 3	35
3.3.2	Arme und Beine (ohne Becken) AIS ≥ 2	36
3.3.3	Wirbelsäule und Becken AIS ≥ 2	37
3.3.4	Verletzungsmuster junger versus alter Patienten AIS ≥ 2	38
3.4	Therapierelevante Parameter und initiale Behandlung	39
3.4.1	Präklinik	39
3.4.2	Schockraum	41
4	DISKUSSION	43
4.1	Aktueller Stand der Literatur	43
4.2	Methodische Stärken und Schwächen der Studie	44
4.3	Ergebnisse des TraumaRegister DGU®	45
4.3.1	Geschlecht und Alter	45
4.3.2	Tages- und jahreszeitlicher Unfallzeitpunkt	47
4.3.3	Liege- und Beatmungsdauer	48
4.3.4	Traumaspezifische Parameter und Scores	49
4.4	Verletzungsmuster verunfallter Fahrradfahrer	52
4.4.1	Limitationen der Analyse von Verletzungsmustern	59
4.5	Präklinik und Schockraum	60

5	ZUSAMMENFASSUNG	63
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	66
7	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	81
8	TABELLENVERZEICHNIS	82
9	ANHANG.....	83

1 EINLEITUNG

Fahrradfahrer und deren bundesweite Teilnahme im Straßenverkehr rücken in der Gegenwart immer öfter in den Blickpunkt der medialen Wahrnehmung. Nicht zuletzt aus Gründen der Umweltfreundlichkeit werden Fahrradfahrer und deren Verletzungsfolgen bei Verkehrsunfällen regelmäßig in der Presse, aber auch in medizinischer Fachliteratur thematisiert. Im 21. Jahrhundert dient das Fahrrad nicht mehr nur als herkömmliches Fortbewegungsmittel für den Weg zur Arbeit, zum Sport oder für einen Freizeitausflug ^[1], sondern wird zunehmend von einem Großteil der Bevölkerung Deutschlands als Sportgerät genutzt. Diesen Eindruck bestätigen Zahlen des Statistischen Bundesamtes, die darlegen, dass alleine im Jahr 2018 die Zahl der nach Deutschland importierten Elektrofahrräder im Vergleich zum Vorjahr um 32,3 % angestiegen ist ^[2].

Einen Zusammenhang lässt sich durch die gesundheitlichen Vorteile der sportlichen Betätigung herstellen. Zum einen hat bereits leichtes Ausdauertraining, wie beispielsweise regelmäßiges Fahrradfahren, eine kardioprotektive Wirkung ^[3]. Es senkt das Risiko für arterielle Hypertonie ^[4] und beeinflusst den Fettstoffwechsel positiv ^{[5][6]}. Zum anderen entwickeln sich durch den systematischen Muskelaufbau bei sportlich Aktiven seltener orthopädische Beschwerden wie chronische Rückenschmerzen oder Osteoporose ^{[5][7]} und die Funktionseinschränkungen im Alter sind geringer ausgeprägt ^[8]. Bei Kindern schult regelmäßiges Fahrradfahren frühzeitig den Orientierungs- und Gleichgewichtssinn ^[9].

Ein weiterer positiver Effekt zeigt sich vor allem auch am gesteigerten Umweltbewusstsein im Zuge des Klimawandels. Steigende Preise für Kraftstoffe stellen sicherlich einen wichtigen Grund für die Zunahme des Fahrrades als Fortbewegungsmittel dar. Um den Anteil des Radverkehrs weiter zu fördern und die Nutzung von Fahrrädern sicherer zu machen, wurden bereits verschiedene Projekte wie der „Nationaler Radverkehrsplan 2020“ entwickelt.

Dennoch ereignen sich in der Bundesrepublik Deutschland täglich zahlreiche Verkehrsunfälle, bei denen Fahrradfahrer zu Schaden kommen. Diese sind häufig mit erheblichen Verletzungen der Verkehrsteilnehmer verbunden und stellen für die betroffene Person ein schwerwiegendes gesundheitliches Leid dar. Neben dem persönlichen Schaden der verunfallten Verkehrsteilnehmer kommt es zu ferner zu einem

EINLEITUNG

gewaltigen volkswirtschaftlichen Schaden ^[10].

Um die Komplexität des polytraumatisierten Fahrradfahrers besser zu verstehen, werden in dieser Datenanalyse Verletzungsschwerpunkte verunfallter Fahrradfahrer in verschiedenen Alterskollektiven charakterisiert.

1.1 Verkehrsunfallstatistik

1.1.1 Statistisches Bundesamt – Zahlen 2019

Im Jahr 2018 wurden im deutschen Straßenverkehr insgesamt circa 2,7 Millionen Straßenverkehrsunfälle polizeilich registrierte, so viele wie noch nie seit 1991 (vgl. Abbildung 1). Im Vergleich zum Vorjahr bedeutet dies einen Anstieg von Straßenverkehrsunfällen um 1,9 %. Bei 2,4 Millionen dieser Verkehrsunfälle handelte es sich um Sachschadenumfälle (+2,5 %), wobei 69.189 Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden verbunden waren. Die Unfallzahl, die mit Personenschaden assoziiert ist, ging gegenüber 2017 um 2,8 % auf 300.143 zurück. Dabei zählte die Polizei 573.799 beteiligte Personen. Bei ca. 11 % der Unfälle wurde ein Mensch verletzt oder getötet. 44,8 % der Verkehrstoten und 53,6 % der Verletzten kamen in einem Pkw zu Schaden, wohingegen 14,6 % ein Fahrrad benutzten. Hier spiegelt sich die Dominanz des PKW im Straßenverkehr wieder ^[11].

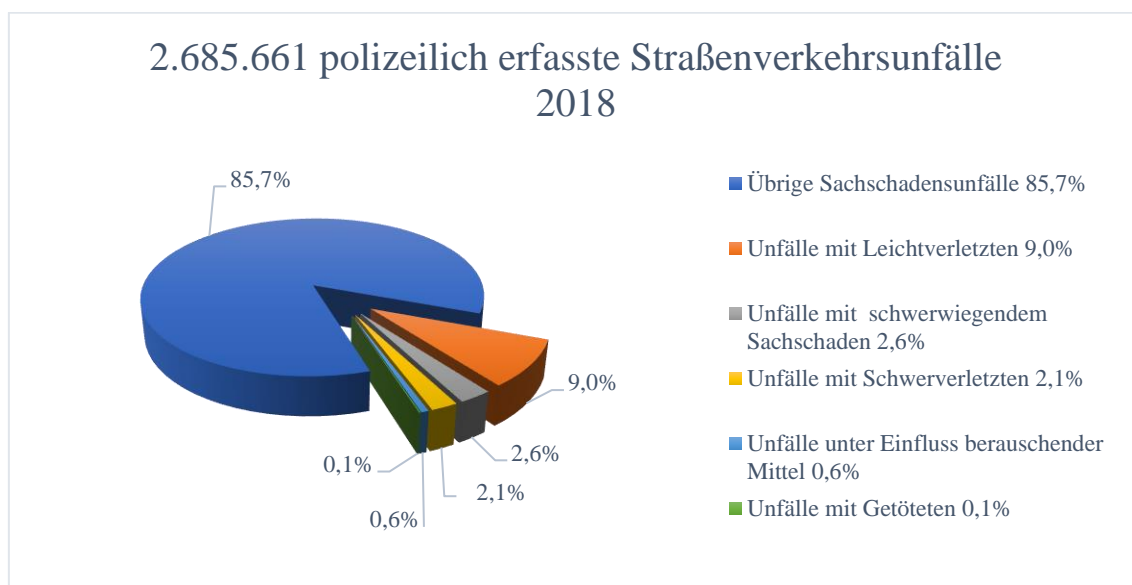


Abbildung 1: Straßenverkehrsunfälle 2018

Quelle: In Anlehnung an Statistisches Bundesamt. Verkehrsunfälle - Fachserie 8 Reihe 7, 2019, www.destatis.de ^[11]

EINLEITUNG

Die meisten Unfälle, bei denen es zu einem Personenschaden kam, ereigneten sich innerhalb geschlossener Ortschaften (69,2 %). Hier kam es jedoch lediglich zu 30,6 % der tödlich verlaufenden Verkehrsunfälle. Außerhalb geschlossener Ortschaften (ohne Autobahnen) verunfallten 24,2 % der Verkehrsteilnehmer, bei denen 57,7 % der Unfallopfer ums Leben kamen. Unfälle mit Personenschaden auf Autobahnen wurden in 6,7 % der Fälle gezählt, die 11,7 % aller Getöteten ausmachten.

Insgesamt sind in Deutschland im Jahr 2019 3.045 Menschen bei Unfällen im Straßenverkehr tödlich verunglückt (vgl. Abbildung 2). Das entspricht dem niedrigsten Stand seit 60 Jahren und einem Rückgang um 7 % oder 229 Menschen im Vergleich zum Vorjahr. Betrachtet man die absoluten Zahlen, zeigte sich der stärkste Rückgang bei den Nutzern von Krafträdern mit amtlichen Kennzeichen (- 77 Getötete oder - 12,4 %). Ebenso bei PKW – Insassen (- 60 Getötete oder - 4,2 %) und bei Fußgängern (- 41 Getötete oder - 9,0 %) sank die Todeszahl. Unverändert hingegen blieb die Zahl getöteter Fahrradfahrer mit 445 Getöteten ^[11].

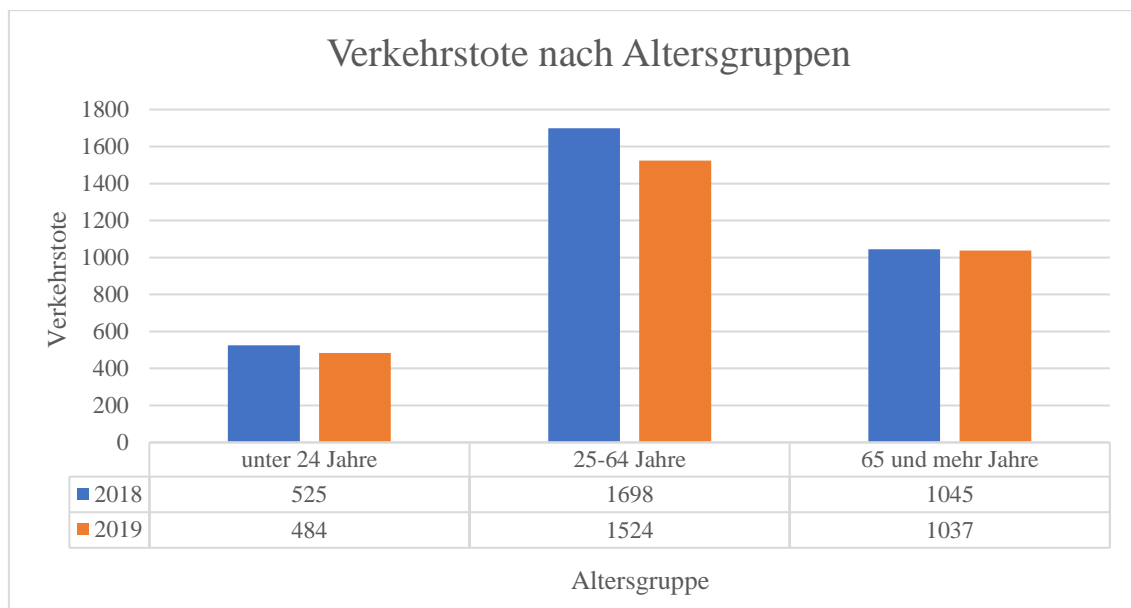


Abbildung 2: Verkehrstote nach Altersgruppen

Quelle: In Anlehnung an Statistisches Bundesamt, Verkehrsunfälle - Fachserie 8 Reihe 7, 2019, www.destatis.de ^[11]

EINLEITUNG

1.1.2 TraumaRegister DGU® (Jahresbericht 2020)

Die klinikspezifischen Jahresberichte und der allgemeine Jahresbericht des TraumaRegister DGU® spiegeln die Datenlage verunglückter Traumapatienten sowohl der jeweils dateneinreichenden Klinik als auch des gesamten Registers bis zum Ende der entsprechenden Berichtsperiode wider. Auf dem Gebiet der Unfallchirurgie erlaubt dies den teilnehmenden Kliniken eine Qualitätssicherung und ermöglicht sich mit den Zahlen anderer Häuser zu vergleichen ^[12]. Ausführlicher wird das TraumaRegister DGU® unter dem Punkt 1.6 vorgestellt.

Laut des Jahresberichts 2020 zählte das Basiskollektiv des TraumaRegister DGU® 29.345 Fälle aus dem Jahre 2019, die als schwerverletzt definiert wurden. Annähernd die Hälfte (46,8 %) aller dokumentierten Unfallursachen stellten Unfälle im Straßenverkehr dar. Dabei verunglückten 19,3 % des Basiskollektivs in einem Auto, 11,8 % auf einem Motorrad und 10,5 % auf einem Fahrrad. Bei den Fußgängern lag die Zahl der im Verkehr Verunfallten bei 5,2 %.

Begutachtet man die Zahlen des TraumaRegister DGU® des letzten Jahrzehnts (2010 – 2019), waren 48,9 % aller dokumentierten Unfallverletzten Opfer von Verkehrsunfällen. Auffallend hierbei ist, dass ausschließlich die Zahl der verunglückten Fahrradfahrer anstieg, wohingegen die Zahl der PKW- und Motorradfahrer sowie die der Fußgänger abnahm (vgl. Abbildung 3) ^[13].

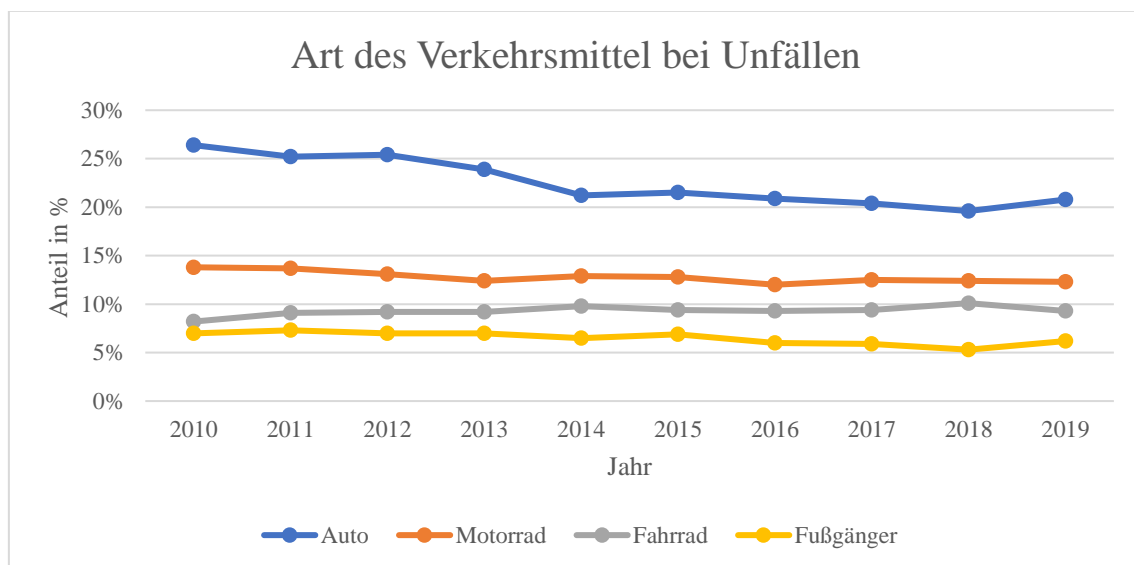


Abbildung 3: Art des Verkehrsmittels bei Unfällen aller Art

Quelle: In Anlehnung an Höfer et al., Jahresbericht 2020 - TraumaRegister DGU®, 2019 ^[13]

1.2 Unfallbedingte Todesursachen in Deutschland

In Deutschland verstarben im Jahr 2019 insgesamt 939.520 Personen. Im Vergleich zum Vorjahr entspricht das einem Rückgang von 1,61 %. Dabei stellen Erkrankung des Kreislaufsystems die häufigste Todesursache dar, gefolgt von malignen Neoplasien und Krankheiten des Atmungssystems. Unfälle, Suizide sowie vorsätzliche Handlungen und damit für die Studie relevante Ursachen waren in 4,4 % der Fälle Grund für das Versterben des Betroffenen ^[14].

Die häufigste Todesursache bei Personen, die jünger als 40 Jahre sind, stellen Unfälle dar ^[15]. Polytraumen und die daraus resultierenden Folgen für die Patienten spielen nicht nur für die Volkswirtschaft eine große Relevanz, sondern ziehen für die Überlebenden meist langanhaltende Konsequenzen und mentalen sowie mechanischen Beeinträchtigungen nach sich ^{[16][17]}.

Betrachtet man die Todesursachenstatistik für Deutschland aus dem Jahr 2018, führt der häusliche Unfall mit 11.960 Fällen am häufigsten zu einem tödlichen Unfall. Am zweithäufigsten, mit 3.420 Fällen, kam es bei Verkehrsunfällen zu tödlichen Verletzungen. 530 Personen kamen entweder bei Spiel- oder Arbeits-, beziehungsweise Schulunfällen ums Leben. „Sonstigen Unfälle“, die keiner eindeutigen Unfallkategorie zugeordnet werden kann, machten 11.262 Unfallopfer der Todesursachenstatistik aus.

Bei der Analyse der Todeszahlen 2018, die durch Unfälle verursacht werden, ist festzustellen, dass Personen jünger als 55 Jahren am häufigsten bei einem Verkehrsunfall sterben. Erst ab einem Alter von 55 Jahren löste der häusliche Unfall als klar definierte und tödliche Unfallursache den Verkehrsunfall ab und nahm in seiner Häufigkeit kontinuierlich zu („sonstige Unfälle“ ausgenommen) ^[18].

1.3 Statistik und Epidemiologie von Fahrradunfällen in Deutschland

Einer Publikation des Statistischen Bundesamtes ist zu entnehmen, dass jeder siebte Mensch, der im Jahr 2019 einen tödlichen Verkehrsunfall erlitt, mit dem Fahrrad verunglückte. Von 445 bei einem Unfall verstorbenen Radfahrerinnen und -fahrern verunfallten 118 Personen mit einem Elektrofahrrad (Pedelec), also einem Rad, welches mit einem Unterstützungsmotor angetrieben wird und bis zu 25 Kilometer pro Stunde erreichen kann. Im Vergleich zum Jahr 2010 bedeutet das einen Anstieg um 16,8 %, wobei im Jahr

EINLEITUNG

2019 die Zahl der Verkehrstoten insgesamt um 16,5 % niedriger als 2010 lag. Diese Entwicklung spiegelt nicht den Trend sinkender Todeszahlen bei Verkehrsunfällen wider, da relativ betrachtet mehr Radfahrende im Straßenverkehr als früher sterben. Wie das Statistische Bundesamt mitteilte, sind ältere Radfahrer besonders gefährdet. Unter den tödlich verunglückten Personen waren 2019 mehr als die Hälfte (53,8 %) der Fahrradfahrer 65 Jahre oder älter ^[19].

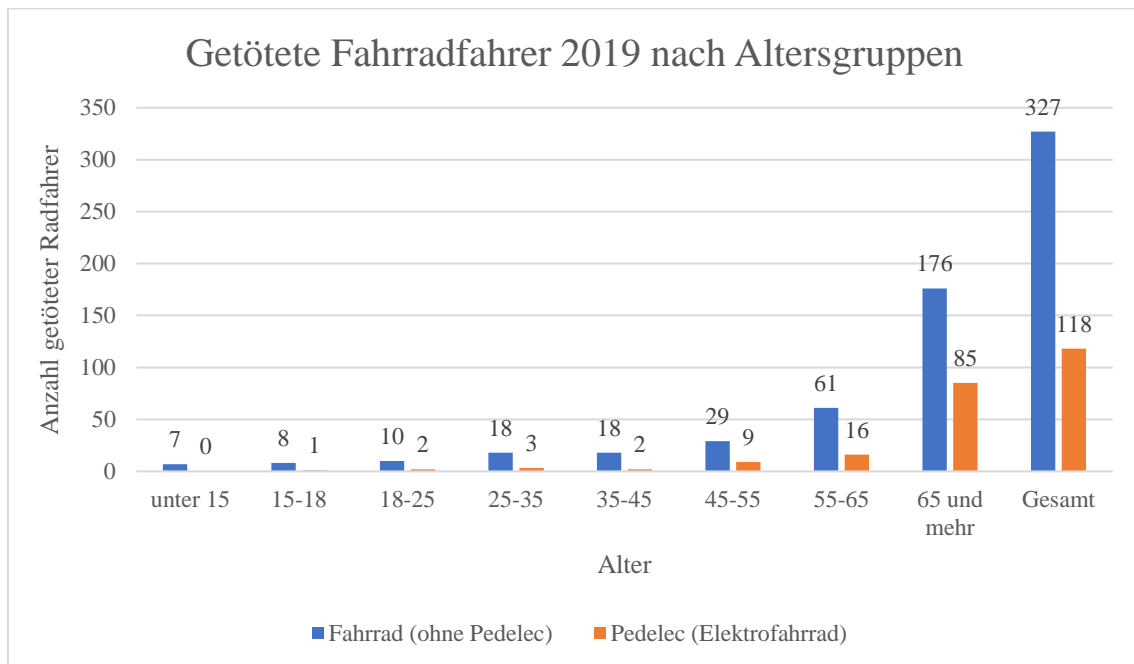


Abbildung 4: Anzahl tödlicher Fahrradunfälle 2019

Quelle: In Anlehnung an Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung Nr. N 049, 2020, www.destatis.de ^[19]

Von 87.253 Fahrradunfällen mit Personenschaden waren 22,4 % Unfälle, bei denen alleine die Fahrradfahrerin bzw. der Fahrradfahrer beteiligt waren ^[20]. Bei rund 65.200 Fahrradunfällen mit Personenschaden war ein weiterer Verkehrsteilnehmer beteiligt. In 73,9 % der Fälle handelte es sich hierbei um eine Autofahrerin oder einen Autofahrer (48.230 Unfälle). Des Weiteren ist den Zahlen zu entnehmen, dass Fahrradfahrer bei 45,4 % der Unfälle mit Personenschaden die Schuld am Unfall selbst trugen. ^[19] Generell lässt sich feststellen, dass die Zahlen von Fahrradunfällen steigen. So ereigneten sich im Jahr 2000 noch 73.927, im Jahr 2019 bereits 87.253 Fahrradunfälle mit Personen-

schaden. Bezogen auf das Geschlecht verunglückten 62,6 % männliche und 37,4 % weibliche Fahrradfahrer. Bei 445 Fahrradunfällen mit Todesfolge steig die Zahl bei den Männern auf 76,6 %, wohingegen die Zahl tödlich verunfallter Frauen auf 23,4 % sank ^[20].

1.4 Der Schwerverletzte und das Polytrauma

Das Fehlen vergleichbarer Definitionen sowie die lückenhafte Datenerhebung innerhalb der Europäischen Union führen dazu, dass Informationen über Art und Umfang schwerer Verletzungen unzureichend und unvollständig sind. Um aussagekräftige Vergleichsstudien zu erstellen und den Umfang der Thematik schwerer Verletzungen restlos zu verstehen, bedarf es aussagekräftiger Daten sowie einer allgemeinen Definition ^{[21][22]}. Im Zuge dessen wird eine Verletzung durch die Europäische Kommission als „serious injury“ definiert, deren maximaler Schweregrad AIS 3 (MAIS 3+) oder mehr beträgt. Dadurch wird das Risiko willkürlicher und unzuverlässiger Diagnosen reduziert ^[22]. Beurteilt man einen Schwerverletzten nach dieser neu etablierten Definition, muss dieser wenigstens eine Verletzung aufweisen, deren Wert auf dem „Maximum Abbreviated Injury Score“ mit drei oder mehr klassifiziert wird ^[21]. Um die internationale Vergleichbarkeit schwerer Verletzungen zu präzisieren und fehlerhafte Berichterstattung zu minimieren, soll diese Definition zukünftig in die Berichterstattung zu Verkehrsunfällen aufgenommen werden ^[23].

Die Verwendung des Begriffs „Polytrauma“ ist in der Nomenklatur der Traumatologie inkonsistent und mangelhaft validiert ^[24]. Dabei wurde die Bezeichnung erstmals bereits Anfang der 1970er Jahre literarisch beschrieben, ohne jedoch über die Jahrzehnte zu einer Definition zu kommen, die sowohl universell anwendbar als auch international akzeptierten ist ^[25].

Dies bestätigt sich in einer 2009 von Butcher und Balogh veröffentlichten Studie, bei der insgesamt 1.665 Publikationen untersucht wurden, die den Begriff „Polytrauma“ verwendeten. Davon enthielten 47 Veröffentlichungen eine Definition dieses Begriffes. Die bisher verfügbaren Definitionen konnten entsprechend der Kernaussage der Definition in acht Gruppen unterteilt werden ^[26].

In der hier vorliegenden retrospektiven Untersuchung werden jene Patienten als Polytrauma eingestuft, die einen maximaler Schweregrad AIS 3 (MAIS 3+) oder mehr aufweisen.

1.5 **Behandlungsalgorithmus von Schwerverletzten nach der S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten – Behandlung**

Leitlinien sind von großer Bedeutung, um medizinische Entscheidungen in der Patientenversorgung auf eine transparente, aber auch rationale Basis zu stellen [27]. Bei der Therapie von polytraumatisierten Patienten folgt die klinische Versorgung festen Standards, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen [28]. Grund hierfür ist nicht nur die quantitative Herausforderung, die der schwerstverletzte Unfallpatient für das Rettungssystem mitbringt, sondern auch die medizinische Versorgung von der präklinischen Phase am Unfallort bis zur posttraumatischen Rehabilitation. Hier gilt es eine Rettungskette zu etablieren, die nahtlos von der Notfallversorgung bis zur innerklinischen Koordination im Traumazentrum ineinandergreift [29]. Deshalb wird die Behandlung des Schwerverletzten typischerweise im interdisziplinärem Zusammenspiel bewältigt und folgt den Prinzipien des „Advanced – Trauma – Live – Support® – (ATLS®) – Konzeptes“ [28][30][31]. Eine entscheidende Rolle spielt der Faktor Zeit, präklinisch beginnend, über den Schockraum bis zur Phase im Operationssaal bzw. der Intensivstation. Eine unvorhersehbare Anzahl an Verletzten, gekoppelt mit dem schlagartigen Auftreten unterschiedlichster Unfallsituationen aus einem heterogenen Patientengut verdeutlicht die Komplexität der Behandlung eines polytraumatisierten Patienten [32].

Aus diesem Grund wurde im Jahr 2011 die S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten – Behandlung publiziert [33][34][35], die im Jahr 2016 überarbeitet wurde [36]. Dabei handelt es sich um eine interdisziplinäre evidenzbasierte Leitlinie, die Empfehlungen der drei folgenden Behandlungsabschnitte beinhaltet: Präklinik, Schockraum, erste Operationsphase [37]. Die Behandlung von Patienten, die in den diversen Kliniken des TraumaNetzwerk DGU® aufgenommen werden, steht sowohl im Einklang mit der oben genannten Leitlinie, als auch dem Weißbuch der Schwerverletztenversorgung [38].

1.6 **Das TraumaRegister DGU®**

Das TraumaRegister DGU®, im Jahr 1993 von der Arbeitsgruppe „Polytrauma“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) gegründet, stellt einen Zusammenschluss unfallchirurgischer Schwerpunktkliniken dar. Diese multizentrische Datenbank dient der

EINLEITUNG

standardisierten Erfassung von Unfallverletzungen und wertet die Behandlung schwerverletzter Patienten im Verlauf wissenschaftlichen aus. Die Datenerhebung erfolgt hierbei pseudonymisiert und prospektiv präklinisch vom Ort des Unfallgeschehens bis zur Klinikentlassung ^{[12][27]}.

Um das Ziel, die flächendeckende Verbesserung der Versorgungsqualität von Unfallopfern zu erreichen, wurde im Jahre 2008 das Projekt TraumaNetzwerk DGU[®] (TNW) initiiert ^{[38][39]}. Dadurch etablierte sich eine verstärkte interdisziplinäre und interhospitalen Zusammenarbeit der teilnehmenden Krankenhäuser.

Ein wesentliches Merkmal des TraumaNetzwerk DGU[®] ist die Differenzierung einer Klinik innerhalb eines regionalen Netzwerks in ein lokales (Krankenhaus der Grund- und Regelversorgung), ein regionales (Krankenhaus der Schwerpunktversorgung) oder ein überregionales Traumazentrum (Krankenhaus der Maximalversorgung bzw. zwei Krankenhäuser der Schwerpunktversorgung). Ein regionales Traumanetzwerk soll aus mindestens einem überregionalen, zwei regionalen und drei lokalen Traumazentren bestehen ^[27]. Im TraumaRegister DGU[®] sind 665 Traumazentren erster bis dritter Ordnung in 53 regionalen Traumanetzwerken organisiert, wobei sich 90 % der Kliniken in Deutschland befinden (Stand Dezember 2019). Neben den 608 deutschen Kliniken beteiligen sich weitere Krankenhäuser aus acht verschiedenen Ländern am Register. 22 Kliniken haben ihren Standort in Österreich, 14 in Belgien und 11 in der Schweiz. Weitere teilnehmende Länder sind Finnland, Luxemburg, Niederlande, Slowenien und die Vereinigten Arabischen Emiraten ^[13]. Die Beteiligung am TraumaRegister DGU[®] basiert auf freiwilliger Basis, wobei ausschließlich die Eingabe von einheitlichen Datensätzen zur Qualitätssicherung für die dem TraumaNetzwerk DGU[®] zugehörigen Kliniken verpflichtend ist ^[40]. Dies führt dazu, dass im Jahr 2018 rund 33.000 Fälle verunfallter Patienten in die Datenbank des TraumaRegister DGU[®] eingepflegt wurden ^{[12][27]}.

Resultat ist eine enge organisatorische und fachliche Kooperation regionaler Krankenhäuser, die an der Versorgung schwerverletzter Patienten teilnehmen. Durch zusätzliche Unterstützung aller an der Verletztenversorgung beteiligten Institutionen (z.B. Rettungsdienste), Berufsgruppen und medizinischen Fachrichtungen sollen Sicherheit und Qualität kontinuierlich optimiert werden ^{[27][39]}.

Im Rahmen der Qualitätssicherung unterliegen die Netzwerke und die dazugehörigen Kli-

EINLEITUNG

niken im Abstand von drei Jahren einer Auditierung, wobei unter anderem die Datenqualität überprüft wird. Des Weiteren werden neben allgemeinen qualitätssichernden Maßnahmen auch spezielle Struktur- und Prozessparameter überprüft, die auf die interdisziplinäre Versorgung schwerverletzter Patienten ausgerichtet sind. Die Schaffung dieser Netzwerke geht mit dem Ziel einher, flächendeckend die Qualität der Versorgung von Unfallopfern zu verbessern. Dies soll durch eine bessere Kommunikation, situationsgerechte Standards bei der Patientenbehandlung und qualitätsgestützte Kooperationen der Krankenhäuser untereinander erreicht werden ^[27].

Das TraumaRegister DGU[®] und das TraumaNetzwerk DGU[®] sollen weiterhin Behandlungsleitlinien in der Schwerverletztenversorgung entwickeln und ein Verbundsystem zur Fort- und Weiterbildung schaffen ^[41].

Die Daten der verunglückten Patienten werden prospektiv – konsekutiv im TraumaRegister DGU[®] gesammelt und in vier chronologisch zusammenhängenden Phasen strukturiert: A) Präklinik, B) Schockraum und anschließende Operationsphase, C) Intensivstation und D) Zustand bei Entlassung und Diagnosen. Die Patientendaten werden im Erhebungsbogen unter Punkt S) Stammdaten erfasst (siehe Erhebungsbogen im Anhang) ^{[12][42]}. Die Traumazentren speisen online die erhobenen Daten pseudonymisiert in eine zentrale Datenbank ein. Die Dokumentation ermöglicht eine strukturierte Erhebung detaillierter Informationen bezüglich des Unfallgeschehens, der präklinischen Behandlung, des innerklinischen Therapiemanagements, dem Verlaufs auf der Intensivstation sowie den Patientenstatus, wenn dieser aus dem Krankenhaus entlassen wird. Weitere vorgeschriebenen Dokumentationsbefunde sind mitunter wichtige Laborbefunde sowie Transfusionsdaten und seit der Coronapandemie im Jahr 2020 auch die Testung auf COVID – 19 ^[42].

In den Anfängen des TraumaRegister DGU[®] musste ein Verunfallter über den Schockraum, mit anschließend potenzieller Intensivpflichtigkeit aufgenommen werden, um als Patient im Register erfasst zu werden. Seit 2013 werden auch diejenigen Patienten registriert, die mit Vitalzeichen im Krankenhaus aufgenommen werden, aber vor Verlegung auf die Intensivstation versterben. Neben Patienten, die den Schockraum nicht mehr lebend erreichen, sind Ausschlusskriterien Erhängen, Ertrinken oder schweren Verbrennungen bzw. Vergiftungen. Eine Altersbeschränkung gibt es nicht, das heißt auch Kinder werden im TraumaRegister DGU[®] erfasst ^[43].

EINLEITUNG

Die Infrastruktur, die man für die Dokumentation, das Datenmanagement und die Datenanalyse benötigt, wird von der Akademie für Unfallchirurgie GmbH (AUC) bereitgestellt. Die AUC ist der DGU sowie anderen Gesellschaften angegliedert. Durch diese Kooperationen und die daraus resultierende gemeinsame Nutzung moderner Technologiestrukturen lässt sich der hohe Anspruch an Qualität erfüllen ^[44].

Die Sektion Notfall-, Intensiv- und Schwerverletztenversorgung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (Sektion NIS) fungiert als wissenschaftliche Leitung des TraumaRegister DGU[®]. In ihrer Verantwortung liegt unter anderem die Weiterentwicklung des Datensatzes und die Erarbeitung neuer Qualitätsindikatoren ^[45].

Beabsichtigt man klinikfremde Daten des TraumaRegister DGU[®] einzusehen, bedarf es der Abgabe eines Antrags auf Datenauswertung, der anschließend nach einem Peer – Review – Verfahren der Sektion NIS geprüft wird. Hier werden nicht nur die klinische Relevanz und die Machbarkeit des Themas kritisch hinterfragt, sondern auch Methodik und politischer Nutzen. Kommt es zu einer positiven Bewertung des Antrags, darf man die zur Verfügung gestellten Daten für eine Arbeit nutzen.

Die vorliegende Arbeit stimmt mit den Richtlinien des TraumaRegister DGU[®], die für eine Publikation gelten, überein und ist unter der TR – DGU Projekt – ID 2020-013 registriert.

1.7 Motivation und Ziel der vorliegenden Arbeit

Dem Fahrradfahrer als eigenständige Verkehrsteilnehmergruppe kommt in Straßenverkehrsstatistiken, sowohl national als auch international, eine besondere Bedeutung zu ^[46]. Dementsprechend existieren zahlreiche medizinische Studien, die sich mit diesem Kollektiv befassen. Häufig finden sich Arbeiten zu isolierten Verletzungen bestimmter Körperregionen ^{[47][48]} oder der Nutzen von Fahrradhelmen zur Vermeidung schwerer Verletzungen des Kopfes wird analysiert ^{[47][49][50]}. Darüber hinaus beschäftigen sich diverse Publikationen mit Verletzungsmuster von Mountainbiker ^{[51][52]} oder mit Unfällen von Rennradsportlern ^{[48][53]}.

Es mangelt jedoch an Arbeiten, welche das Gesamtverletzungsmuster in verschiedenen Alterskollektiven untersuchen (vgl. 2.2.2.1) und dabei die Schwere der Verletzung homogen definieren. Mehrfach zeigen bestehende Studien eine uneinheitliche Definition bei

MATERIAL UND METHODEN

der Verletzungsschwere in den jeweiligen Studienkollektiven. Nichtsdestotrotz evaluiert bestehender Literatur spezifische Verletzungsmuster, genauso wie die Epidemiologie von Fahrradunfällen, Schwerpunkte in der Behandlung der Unfallopfer und der Outcome der Patienten ^{[54][55][56][57]}.

Ziel der Datenanalyse in dieser Arbeit war es alle Verletzungen verunfallter Fahrradfahrer zu erfassen und daraus resultierend mögliche Verletzungsschwerpunkten der Unfallopfer zu charakterisieren und diese in vier Alterskollektiven zu untergliedern. Des Weiteren wurden Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten bei der (prä-)klinischen Versorgung und der Mortalität der Patienten herausgearbeitet.

Zudem verdeutlicht die Altersverteilung dokumentierter Fahrradunfälle zwischen 2010 und 2019 im TraumaRegister DGU[®], dass immer mehr Radfahrer im Alter höher als 80 Jahre verunglücken (vgl. Abbildung 9 im Kapitel 3.1.1). Bei dieser Gruppe und der damit zusammenhängenden Alterungsprozesse bestehen zahlreiche, teils degenerative, Veränderungen, wie die Verschlechterung der kognitiven Fähigkeiten, eine Abnahme der Knochen- bzw. Muskelmasse oder eine gesteigerte Weichteilvulnerabilität ^[58]. Solche Faktoren erhöhen das Risiko für eine schwere Verletzung.

Die Arbeitshypothese dieser Arbeit lautet: „Das Alter polytraumatisierter Fahrradfahrer steht als Risikofaktor in Verbindung mit einem schlechteren Outcome und einer höheren Mortalität, da schwerverletzte Fahrradfahrer im steigenden Alter vermeintlich mehr Vorerkrankungen und ein ungünstigeres Risikoprofil bezüglich bestimmter, traumaspezifischer Parameter haben.“

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Studiendesign

Es handelt sich bei dieser Arbeit um eine retrospektive, multizentrische Querschnittsstudie, deren Fokus in der Darstellung von Unterschieden zwischen definierten Patientenkollektiven liegt.

Um deutschlandweit die Versorgung schwerverletzter Fahrradfahrer zu analysieren und deren Verletzungsmuster in verschiedenen Alterskollektiven zu vergleichen, dienten hierbei Daten des TraumaRegister DGU[®], die prospektiv – konsekutiv in standardisierten

MATERIAL UND METHODEN

Erfassungsbögen (siehe Erhebungsbogen im Anhang) eingegeben wurden.

Für die Studie wurden die Daten derjenigen Patienten (n= 14.651) untersucht, die im Zeitraum vom 01.01.2010 bis zum 31.12.2019 als verunfallte Fahrradfahrer mit einem MAIS 3+ im TraumaRegister DGU® dokumentiert und in einem Krankenhaus innerhalb der Bundesrepublik Deutschland behandelt wurden. Die verschiedenen Altersgruppen teilen sich wie folgt auf: Patientenkollektiv 1 im Alter zwischen 20 und 59 Jahre, Patientenkollektiv 2 im Alter zwischen 60 und 69 Jahre, Patientenkollektiv 3 im Alter zwischen 70 und 79 Jahre und Patientenkollektiv 4 umfasst alle Patienten älter als 80 Jahre.

Da die Patientenbehandlung zum Zeitpunkt der Datenauswertung bereits abgeschlossen war und es somit auch zu keiner Änderung der Therapiestrategie kam, war die Zustimmung einer Ethikkommission nicht erforderlich. Das Review Board des TraumaRegister DGU® hat diese Studie geprüft und zugelassen.

2.2 Datenerhebung

2.2.1 Erhobene Variablen

Die Daten der Studie wurden vier chronologisch zusammenhängenden Phasen erhoben: A) Präklinische Phase, B) Schockraum und anschließende OP – Phase, C) Intensivstation und D) Abschluss / Entlassung.

In der vorliegenden Arbeit wurden zum Zeitpunkt A (Präklinische Phase) folgende Parameter erhoben:

- Geschlecht und Geburtsdatum des Patienten
- Unfalldatum
- Rettungszeit (Zeit in Minuten von der Versorgung am Unfallort bis zur Einlieferung in den Schockraum des versorgenden Traumazentrums)
- ASA – Klassifikation des Verunglückten
- Antikoagulation des Patienten
- initialer GCS – Wert des Patienten am Unfallort
- initial arterieller Blutdruck
- Indikation zur präklinischen Intubation und Beatmung
- Status der infundierten Infusionsmenge

MATERIAL UND METHODEN

- intravenöse Gabe von Antifibrinolytika
- präklinisches Legen einer Thoraxdrainage

Im Schockraum und in der OP – Phase (Zeitpunkt B) lag der Fokus der Analyse auf folgenden Parametern:

- Art des Traumazentrums (lokal, regional, überregional)
- Umfang einer Katecholamintherapie
- Gabe von Erythrozytenkonzentraten bis zur Aufnahme auf die Intensivstation
- Massentransfusion (≥ 10 EK's)
- Laborparameter: INR, Quick, Baseexcess und Alkoholkonzentration im Blut
- Intubation im Schockraum oder im Operationssaal
- Legen einer Thoraxdrainage (entweder zusätzlich zu den präklinisch Gelegten oder Erstanlage)

In der dritten Phase (C: Intensiv) umfassten die erhobenen Parameter:

- Beatmungsdauer auf der Intensivstation in Stunden
- Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation in Tagen
- Gabe von Erythrozytenkonzentraten in den ersten 48 Stunden nach Aufnahme auf die Intensivstation
- Kreislaufstabilisation auf der Intensivstation mit Katecholamine

In der letzten Versorgungsphase (D: Abschluss / Entlassung) wurden folgende Kenngrößen untersucht:

- Gesamtaufenthaltsdauer (inklusive des Intensivstationsaufenthaltes) im Krankenhaus in Tagen
- errechnete RISC – II – Score
- innerklinische Mortalität
- Verletzungsschwere anhand des Injury Severity Scores

Weitere Parameter umfassten: Unfallzeitpunkt (werktags / wochenends), Lichtverhältnisse zum Unfallzeitpunkt (hell / dunkel), Frühsterblichkeit (innerhalb von 24 Stunden nach Klinikaufnahme) und Mortalitätsanalyse nach standardisierter Mortalitätsrate (SMR).

MATERIAL UND METHODEN

2.2.2 Ein- und Ausschlusskriterien TraumaRegister DGU®

2.2.2.1 Einschlusskriterien

Die Einführung der Online – Datenerfassung im TR – DGU im Jahr 2002 ermöglicht seit diesem Zeitpunkt separate Angaben für Fahrradfahrer. In den Jahren zuvor gab es lediglich eine gemeinsame Kategorie „Zweiradfahrer“. Diese erfassten verunglückten Fahrrad- und Motorradfahrer zusammen. Das Patientenkollektiv, welches bei dieser Arbeit mit Hilfe des TraumaRegister DGU® analysiert wird, bezieht sich auf Verkehrsunfälle innerhalb Deutschlands.

Teil der Studie waren diejenigen Patienten, die zwischen dem 01.01.2010 und dem 31.12.2019 aufgrund eines Fahrradunfalls im TR – DGU dokumentiert wurden. Das Mindestalter wurde auf 20 Jahre festgelegt, wohingegen das maximale Alter nicht eingegrenzt wurde. Das Patientenkollektiv aus dem TraumaRegister DGU® wurde nach Studieneinschluss in folgende Altersgruppen separiert: 20 – 59 Jahre, 60 – 69 Jahre, 70 – 79 Jahre und ≥ 80 Jahre.

Voraussetzung war neben der Patientenaufnahme über den Schockraum, eines am Register partizipierenden Krankenhauses innerhalb Deutschlands, auch das Vorhandensein von Vitalparametern und anschließender Überwachungspflichtigkeit auf einer Intermediate – Care – Station beziehungsweise der Intensivstation. Patienten, die noch im Schockraum, auf der Intensivstation oder während des anschließenden Krankenhausaufenthaltes verstarben, wurden ebenfalls in dieser Studie inkludiert. Weiter musste bei dem verunfallten Fahrradfahrer eine Verletzungsschwere von AIS ≥ 3 (Maximum Abbreviated Injury Scale 3+) vorliegen. Das entspräche einem ISS von neun (vgl. Tabelle 4 im Kapitel 2.3.4). Um die Patienten den verschiedenen Unfallursachen zuzuordnen, bedarf es auf dem Erhebungsbogen einer klaren Angabe zum Unfallhergang.

2.2.2.2 Ausschlusskriterien

Im eingeschlossenen Zeitraum wurden 352.899 verunfallte Patienten im TraumaRegister DGU® erfasst. Patienten, die im Zeitraum von 48 Stunden nach Klinikaufnahme weiterverlegt wurden ($n = 22.630$), die zum Unfallzeitpunkt jünger als 20 Jahre waren ($n = 35.440$) oder deren Alter unbekannt war ($n = 790$) wurden von der Arbeit ausgeschlossen. Außerdem wurden diejenigen Patienten ausgeschlossen, die zwar

MATERIAL UND METHODEN

im TraumaRegister DGU[®] aufgenommen wurden, aber nicht in der Bundesrepublik Deutschland behandelt wurden (n = 39.680) und diejenigen, die als leicht verletzt kategorisiert wurden (n = 86.487). Ein weiteres Ausschlusskriterium war das präklinische Versterben, sowie die Verlegung auf eine Normalstation ohne vorhergehende Intensivpflichtigkeit. Anhand dieser Ein- und Ausschlusskriterien ergab sich eine Anzahl von insgesamt (alle Unfallhergänge) 164.375 Patienten, von denen 14.651 (8,9 %) Patienten auf einem Fahrrad verunglückten (vgl. Abbildung 5).

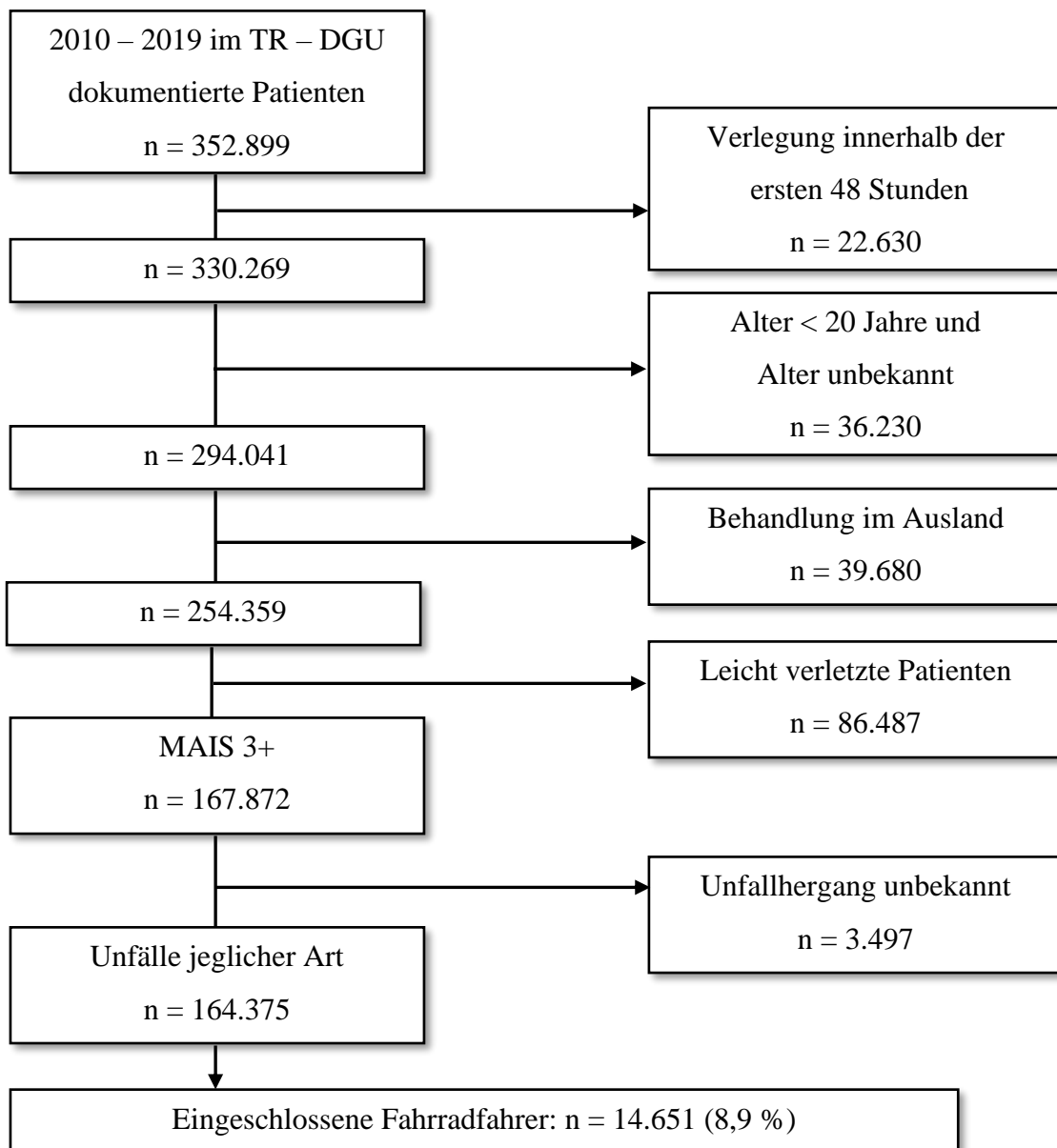


Abbildung 5: Studienflussdiagramm zur Veranschaulichung der Patientenauswahl gemäß TraumaRegister DGU[®]

Quelle: Eigene Darstellung

2.3 Verwendete Scores und Methoden

2.3.1 ASA – Klassifikation

Die „American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification“, im deutschsprachigen Raum häufig als ASA – Klassifikation bezeichnet, ist ein Risikoklassifikationssystem aus der Anästhesie und Notfallmedizin ^[59].

1941 von Saklad ^[60] zur Beschreibung des Gesamtzustandes des Patienten publiziert, berücksichtigt diese Klassifikation weder das Alter, noch den geplanten chirurgischen Eingriff. Im Jahr 1963 wurde diese von der American Society of Anesthesiologists modifiziert. Die Einteilung umfasst fünf Klassen, wobei es möglich ist den Zusatz „E“ (emergency) für nicht vorhersehbare Notoperationen zu verwenden. Ein Notfall liegt dann vor, wenn bei Behandlungsverzögerung die Lebensgefahr für den Patienten oder für einen Körperteil signifikant ansteigt ^[59].

Tabelle 1: ASA – Klassifikation der körperlichen Verfassung von 1963

ASA – Klassifikation	Definition
ASA I	gesunder, normaler Patient
ASA II	Patient mit leichter Allgemeinerkrankung
ASA III	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung und Leistungseinschränkung
ASA IV	Patient mit lebensbedrohlicher Allgemeinerkrankung
ASA V	moribunder Patient, Tod innerhalb von 24 Stunden mit oder ohne Operation zu erwarten

Quelle: In Anlehnung an Irlbeck et al., 2017;66: S5–10 ^[61]

Durch die Beschreibung des präoperativen Status war die Vergleichbarkeit von Patientenkollektiven das primäre Ziel der ASA – Klassifikation. Ursprünglich diente sie demnach nicht als Risikoscore. Jedoch zeigten sich in diversen Untersuchungen deutliche Zusammenhänge sowohl mit der perioperativen Letalität als auch den postoperativen Komplikationen ^{[62][63][64]}. Vacanti et al. ^[64] bewiesen in einer Studie mit insgesamt 68.388 eingeschlossenen Patienten die Zunahme der Mortalitätsrate bei zunehmenden

MATERIAL UND METHODEN

ASA – Status.

Eine Schwäche der ASA – Klassifikation ist zum einen die fehlende wissenschaftliche Präzision, zum anderen der Mangel an objektiven Kriterien, die es erlauben Patienten sicher nachvollziehbar zuzuordnen. Owens et al. ^[65] stellten eine unzureichende Kongruenz bei der Gruppierung in die verschiedenen ASA – Klassen fest. In einer Studie sollten Anästhesisten zehn fiktive Patienten beurteilen und in die ASA – Klassen einteilen. Dabei stimmten lediglich 5,9 der zehn Patienten in der Einschätzung der Anästhesisten überein.

Die ASA – Physical – Status – Klassifizierung hat sich dennoch vor allem wegen ihrer Einfachheit und Vergleichbarkeit, sowie der schnellen Durchschaubarkeit des Gesundheits- und Krankheitszustandes des chirurgischen Patienten weltweit durchgesetzt ^[66].

Bei der Dokumentation der Daten schwerverletzter Traumapatienten im TR – DGU wird die ASA – Klassifikation auf dem Erhebungsbogen unter „Zeitpunkt S: Stammdaten“ erhoben. Hier wird der prätraumatische, allgemeine Patientenzustand notiert, wobei ASA V hier nicht berücksichtigt wird (siehe Erhebungsbogen im Anhang).

2.3.2 Glasgow Coma Scale (GCS)

Die Glasgow Coma Scale, entwickelt 1974 von Graham Teasdale und Bryan J. Jennett, dient der standardisierten, schnellen Beurteilung von Bewusstseinsbeeinträchtigungen sowie klinischer Kennzeichen akuter Hirnverletzungen. Vor allem in der Notfall- und Intensivmedizin ist eine Bewusstseinsbewertung (Schwere eines Schädel – Hirn – Traumas) essenziell für die weitere medizinische Versorgung ^[67].

Um den Score zu berechnen, werden in drei Rubriken separat Punktwerte erhoben und anschließend addiert: Augenöffnen (1 – 4 Punkte), verbale Kommunikation (1 – 5 Punkte) und beste motorische Reaktion (1 – 6 Punkte). Maximal kann eine Punktzahl von 15 (volles Bewusstsein) erzielt werden, minimal beträgt die Punktzahl 3 (tiefes Koma) (vgl. Tabelle 2). Die zu vergebenen Punkte orientieren sich an der Reaktion auf einen Stimulus. Bei unzureichender Antwort auf einen Stimulus werden in der entsprechenden Kategorie dementsprechend weniger Punkte vergeben als bei adäquater Reizantwort. Der ermittelte Wert ist stets in Relation zu anderen Vitalparametern zu sehen und

MATERIAL UND METHODEN

bedarf einer regelmäßigen Reevaluation. Von leichten Verletzungen spricht man bei Werten zwischen 13 und 15, Werte zwischen 9 und 12 werden als moderate Verletzungen eingestuft, Werte ≤ 8 gelten als schwere Schädigungen. Die Punkte werden folgendermaßen vergeben ^{[67][68]}.

Tabelle 2: Glasgow Coma Scale (GCS)

Punkte	Augen öffnen	Kommunikation	Motorische Reaktion
6	X	X	befolgt Aufforderungen
5	X	konversationsfähig, orientiert	gezielte Schmerzabwehr
4	spontan	konversationsfähig, desorientiert	ungezielte Schmerzabwehr
3	auf Aufforderung	unzusammenhängende Worte	auf Schmerzreiz Beugesynergismen (abnormale Beugung)
2	auf Schmerzreiz	unverständliche Laute	auf Schmerzreiz Streckesynergismen
1	keine Reaktion	keine verbale Reaktion	keine Reaktion auf Schmerzreiz

Quelle: In Anlehnung an Kretz et al., 2008, S347–63 ^[69]

2.3.3 Revised Injury Severity Classification Score (RISC II Score)

Bei der im Jahr 2003 als neues Modell zur Risikostratifizierung bei schwerverletzten Traumapatienten etablierten Revised Injury Severity Classification handelt es sich um einen Score, der im Zeitraum zwischen 1993 bis 2000 mit Daten von 8.056 Patienten entwickelt wurde. Diese Daten wurden in 88 Krankenhäusern in Deutschland, in der Schweiz und in Österreich mit Hilfe des TraumaRegister DGU[®] dokumentiert. Um Mortalitätsraten bei Schwerverletzten besser prognostizieren und adaptieren zu können, werden zur Berechnung des Scores zehn verschiedene Kenngrößen benutzt. Bei dieser Klas-

MATERIAL UND METHODEN

sifikation werden zum ersten Mal initiale Laborwerte berücksichtigt (Basisdefizit, Hämoglobin und partielle Thromboplastinzeit) sowie Interventionen bei einem Herz – Kreislauf – Stillstand (kardiopulmonale Reanimation und Defibrillation) [70].

In den letzten Jahren sind jedoch auch zunehmend Limitierungen des RISC – Scores ersichtlich geworden. Die Tatsache, dass zehn verschiedene Variablen zur Vorhersage verwendet werden, macht es schwierig, vollständige Daten für alle Patienten bereitzustellen. Diese standen nur in einem Viertel der Fälle als lückenloser Datensatz zur Berechnung der Mortalitätsprognose zur Verfügung. Das Nachtragen fehlender Variablen ist nicht nur mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden, sondern gestaltet sich auch komplex und schwierig. Das führte dazu, dass die Anzahl der Patienten mit einer verfügbaren RISC – Prognose wiederholt unter die angestrebte Marke von 90 % fiel. Des Weiteren lag seit 2006 die beobachtete Mortalitätsrate zwei Prozentpunkte niedriger als die Vorausgesagte.

Deshalb sah sich das TR – DGU dazu veranlasst, den RISC – Score zu erneuern um einen aktuelleren, aussagekräftigeren und einfacher anzuwendenden Score zur Abschätzung der Sterblichkeitsrate zu erstellen.

In dem überarbeiteten Modell, der Revised Injury Severity Classification Version II (vgl. Abbildung 6), werden nun 13 Kenngrößen untersucht. Dabei werden die drei Merkmale des Verletzungsmusters als eine Variable gezählt. Eine weitere wichtige Modifikation ist der Umgang mit fehlenden Größen. Anders als in der originalen RISC werden Patienten nicht mehr ausgeschlossen, bei denen mehr als 50 % der Informationen fehlen, bzw. die fehlenden Werte nicht mehr ersetzt werden können. Vielmehr werden bei der neu etablierten RISC – II nicht dokumentierte Kenngrößen als eigenständige Kategorie behandelt. Das hat zu Folge, dass der Koeffizient für diese Kategorie per Definition auf null gesetzt wird. Dadurch führt das Fehlen einer Variablen im neuen RISC II Score nicht zur Änderung der Prognose. Ein dokumentierter Kennwert jedoch hat Einfluss auf die weitere Prognose, bei Normalwerten im positiven und bei pathologischen Werten im negativen Sinne.

Einzig die Schwere der Verletzung (abgeleitet aus der Abbreviated Injury Scale) und das Alter sind fundamentale Informationen, die für die Berechnung der RISC II benötigt werden. Eine angemessene Aussage über die Prognose des Patienten ist bei Fehlen dieser

MATERIAL UND METHODEN

Informationen nicht möglich. Neu etablierte Variablen der RISC II umfassen das Geschlecht, den Unfallmechanismus, vorbestehende Krankheiten (ASA – Klassifikation vor dem Unfall), die Pupillenreaktion auf einen Lichtreiz und die Weite der Pupillen.

Der neue RISC II Score ist einfacher in der Anwendung, da keine aufwändigen Ersetzungsregeln mehr notwendig sind. Außerdem ist der Score aktueller, da die Prognose sich auf Daten aus den Jahren 2010 und 2011 bezieht. In der Praxis lässt er sich durch den neu etablierten Umgang mit unzureichend dokumentierten Variablen besser erheben und für nahezu alle primär versorgten Traumapatienten berechnen ^[71].

Variable	Wert	Koeffizient	Variable	Wert	Koeffizient
Konstante		+ 3,6	Geschlecht	weiblich	+ 0,2
Schwerste Verletzung	AIS 3	- 0,5		männl. / ???	0
	AIS 4	- 1,3	ASA vor dem Unfall	1-2	+ 0,3
	AIS 5	- 1,7		3 / ???	0
	AIS 6	- 2,9		4	- 1,3
2. Schwerste Verletzung	AIS 0-2	+ 0,2	Mechanismus	stumpf / ???	0
	AIS 3	0		penetrierend	- 0,6
	AIS 4	- 0,6	GCS Motor	normal	+ 0,6
	AIS 5	- 1,4		gezielt / ???	0
Kopfverletzung	AIS 0-2	0		ungezielt	- 0,4
	AIS 3/4	- 0,2		keine	- 0,8
	AIS 5/6	- 0,8	Blutdruck bei Aufnahme	< 90	- 0,7
Alter	1-5	+ 1,4		90-110 / ???	0
	6-10	+ 0,6		111-150	+ 0,3
	11-54	0		> 150	0
	55-59	- 0,5	Reanimation	nein / ???	0
	60-64	- 0,8		ja	- 1,8
	65-69	- 0,9	Gerinnung: INR	< 1,2	+ 0,6
70-74	- 1,2		1,2 - 1,4	+ 0,2	
75-79	- 1,9		1,4 - 2,4 / ???	0	
80-84	- 2,4		> 2,4	- 0,4	
85+	- 2,7		Blut: Hb-Wert	≥ 12,0	+ 0,4
Lichtreaktion	normal	+ 0,2		7,0-11,9 / ???	0
	verzögert / ???	0		< 7,0	- 0,5
	keine	- 1,0	Azidose: Base Deficit	< 6	+ 0,3
Pupillenweite	normal	+ 0,2		6-9 / ???	0
	anisokor / ???	0		9-15	- 0,4
	beide weit	- 0,5		15+	- 1,5

Abbildung 6: Punktevergabe zur Berechnung des RISC – II – Scores

Quelle mit Erlaubnis des Rechteinhabers: Jahresbericht 2014 TraumaRegister DGU® , www.traumaregister-dgu.de ^[72]

2.3.4 Injury Severity Score (ISS)

Um die Verletzungsschwere von Mehrfachverletzten zu beurteilen, eignet sich ein anatomisches Bewertungsschema, der Injury Severity Score, kurz ISS, nach Baker et

MATERIAL UND METHODEN

al. (1974). Dieses basiert auf klinisch erkennbaren Verletzungen anatomischer Strukturen ^[73].

Grundlage für die Berechnung des Injury Severity Scores ist die 1971 entwickelte Abbreviated Injury Scale (AIS). Hierbei handelt es sich um ein Scoring System zur Klassifizierung der Verletzungsschwere eines Polytraumapatienten, welches jeder möglichen Verletzung einen Wert für den Schweregrad zuteilt. Die Bewertung der Verletzungen reicht von 1 (minor injury) bis 6 (fatal injury) (vgl. Tabelle 3) und entspricht die von der jeweiligen Verletzung ausgehenden Lebensbedrohung ^[74].

Tabelle 3: AIS – Code für die verschiedenen Verletzungsschweren

AIS – Code	Verletzungsgrad
1	minor (gering)
2	moderate (ernsthaft)
3	serious (schwer)
4	severe (sehr schwer)
5	critical (kritisch)
6	fatal (tödlich)

Quelle: In Anlehnung an Haasper et al., 2010;113(5): S. 366–72 ^[75]

Zur Bestimmung des Injury Severity Score wird der AIS – Wert (1 – 6) jeder Verletzung jeweils einer von sechs Körperregionen zugeordnet:

- Kopf und Hals (Verletzungen des Schädelknochens und der Halswirbelsäule, Verletzungen des Halsmarkes sowie des Groß- und Kleinhirns)
- Gesicht (Verletzungen von Augen, Nase, Ohren, Mund und Gesichtsschädel)
- Thorax (Verletzungen der Brustwirbelsäule, der Rippen und der inneren Organe im Thoraxbereich, einschließlich des Diaphragma)
- Abdomen und Beckenorgane (Verletzungen im Bauchraum, der Lendenwirbelsäule und innerhalb des großen und kleinen Beckens)

MATERIAL UND METHODEN

- Extremitäten und Beckenring (Verletzungen einschließlich Bänderüberdehnung, Frakturen, Luxationen und Durchtrennung der Gliedmaßen, inklusive Verletzungen des Beckenknochens)
- Äußere und sonstige Verletzungen (Schnitte, Kontusionen, Schürfwunden, Verbrennungen, Unterkühlung, Stromverletzungen)

Da einzelne AIS – Werte lediglich die Schwere einer isolierten Verletzungen des Patienten bewertet, nicht aber wie diese Verletzungen in Kombination wirken, entwickelte Baker 1974 den Injury Severity Score ^{[73][76]}.

Um diesen Score zu berechnen, bildet man aus den AIS – Werten der drei am schwersten betroffenen Körperregionen das Quadrat und anschließend errechnet man die Summen [schematische Berechnung: $ISS = ((AIS_a)^2 + (AIS_b)^2 + (AIS_c)^2)$]. Unter AIS_{a, b, c} versteht man die drei am schwersten verletzten Körperregionen (vgl. Beispielrechnung Tabelle 4). Der ISS erstreckt sich von Werten zwischen 0 bis 75. Bei einer Körperregion ohne Verletzungen, wird der entsprechende AIS – Code auf null gesetzt. Beträgt der AIS – Code einer Körperregion sechs, was einer tödlichen Verletzung entspricht, wird der ISS – Code automatisch auf den maximalen Wert von 75 gesetzt ^[73].

Verletzungen, die sich nicht klassifizieren lassen, erhalten einen AIS – Code von neun. Als Folge kann der ISS für den entsprechenden Patienten nicht berechnet werden ^{[73][77]}. Bei einem $ISS \geq 16$ spricht man von einem polytraumatisierten Patienten.

Tabelle 4: Beispiel für die Berechnung des ISS aus den AIS – Werten

Region	Beschreibung der Verletzung	AIS	Quadrat der AIS – Werte
Kopf und Hals	Epidurales Hämatom	4	16
Gesicht	Maxillafraktur	2	
	Orbitadachfraktur	3	9
Thorax	Fraktur – Brustwirbel – Körper	2	
Abdomen	Keine Verletzungen	0	
Extremitäten	Dislozierte distale Ulnafraktur	3	9
Äußere Verletzungen	Schürfwunde Kniegelenk	1	
			ISS = 34

Quelle: Eigene Darstellung

2.4 Statistik

Die Daten der Fahrradunfälle wurden mit Hilfe des TraumaRegister DGU[®] primär deskriptiv ausgewertet. Dabei konnte auf die Untersuchung statistischer Signifikanz verzichtet werden, da sich die Unterschiede mit zunehmenden Fallzahlen immer kleiner äußern. Des Weiteren würde der Vergleich verschiedener Subgruppen dazu führen, dass Testprozeduren unerwünscht vervielfacht würden. In der vorliegenden Datenanalyse sind die Fallzahlen so groß, dass sich bei der Auswertung aller eingeschlossener Traumapatienten die Fälle auf 14.651 Stück belaufen. Das hat zur Folge, dass selbst kleinste Unterschiede formal eine statistische Signifikanz aufweisen würden, obwohl sie in ihrer Größenordnung keine klinische Relevanz hätten. Das wiederum führt zur Konsequenz, dass Unterschiede, die man als "klinisch relevant" empfindet, auch formal alle eine statistische Signifikanz haben.

3 ERGEBNISSE DES TraumaRegister DGU® (2010 – 2019)

3.1 Das Unfallgeschehen von Fahrradfahrern im Überblick

3.1.1 Verunglückte nach Geschlecht und Alter

Im Evaluationszeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2019 wurden insgesamt 14.651 verunglückte Fahrradfahrer im TraumaRegister DGU® erfasst und in die Untersuchung inkludiert. Dabei verunfallten 10.434 Männer und 4.197 Frauen. Das entspricht einem Verhältnis von männlichen zu weiblichen Verunglückten von 71,3 % zu 28,7 %. Diese Verteilung von etwas mehr als zwei Drittel männlichen Patienten findet sich in allen beurteilten Alterskollektiven (vgl. Abbildung 7).

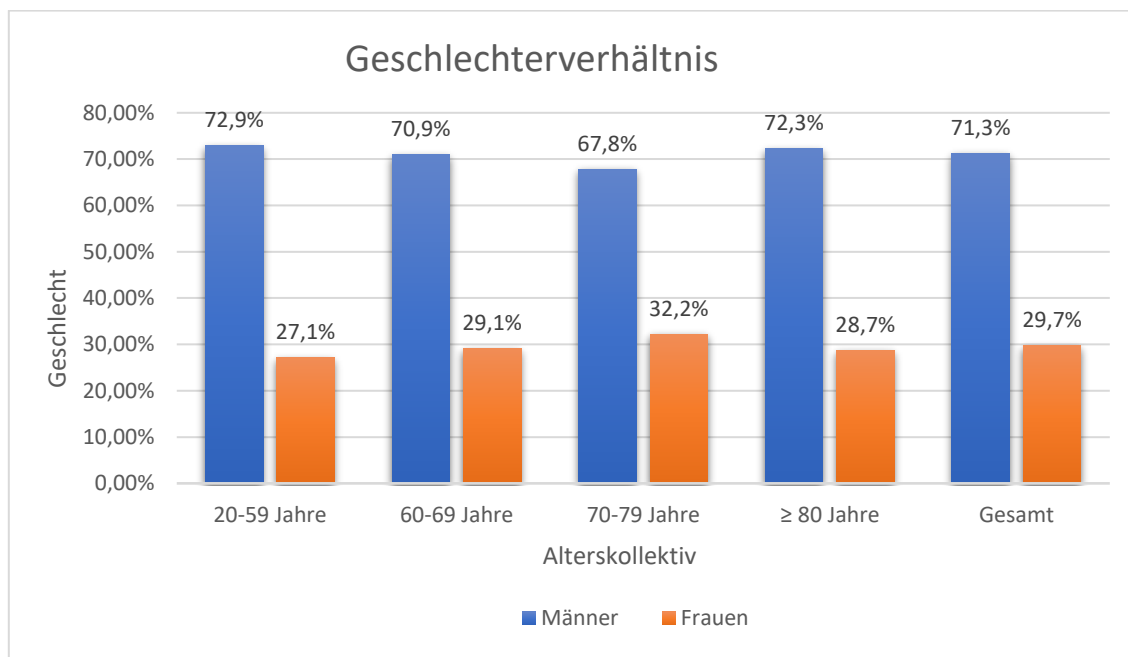


Abbildung 7: Fahrradunfälle zwischen 2010 – 2019 nach Geschlecht gemäß TraumaRegister DGU®

Abbildung 8 zeigt den prozentualen Anteil der Fahrradunfälle Verhältnis zu allen anderen Unfällen, die im Beobachtungszeitraum im TraumaRegister DGU® dokumentiert wurden. Hierunter fallen u.a. Verkehrsunfälle mit PKWs, Motorrädern oder Fußgängern sowie Stürze, Schuss- bzw. Stichverletzungen und sonstige Unfälle. Dabei wird deutlich, dass der prozentuale Anteil der verunglückten Fahrradfahrer zunächst gleichmäßig steigt und das Maximum in der Gruppe der 65 – 69-Jährigen erreicht. Ab diesem Alter verringern

sich die Fahrradunfälle, wohingegen der Anteil anderer Traumaereignisse wie Sturzunfälle erheblich zunehmen.

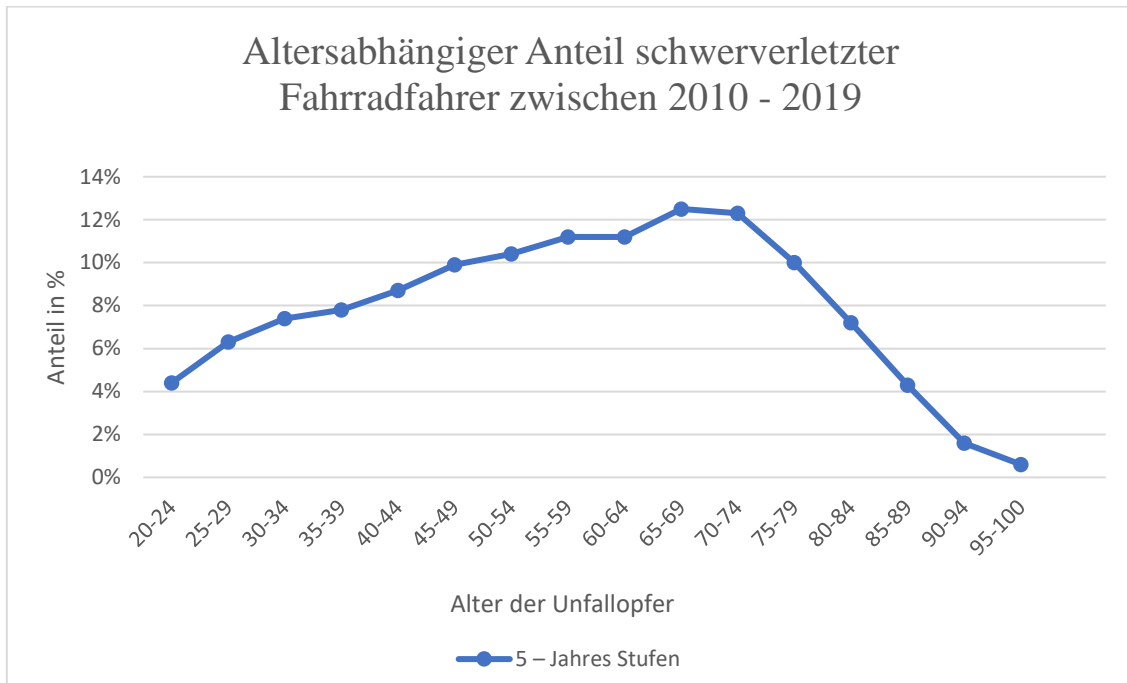


Abbildung 8: Altersabhängiger Anteil schwerverletzter Fahrradfahrer zwischen 2010 – 2019 nach Daten des TraumaRegister DGU®

Die Daten des TR – DGU veranschaulichen, dass in dem Beobachtungszeitraum die Zahl der dokumentierten Patienten, unabhängig von der Art des Unfalls, von 9.080 im Jahr 2010 auf 16.282 Patienten im Jahr 2019 gestiegen ist. Das entspricht einer Zunahme von 79,3 %. Diese Tendenz zeigt sich vor allem bei Unfällen mit Beteiligung von Fahrrädern (vgl. Abbildung 9). Die Zahl der Unfälle mit Beteiligung von Personenkraftwagen zeigt eine stetige Abnahme.

Bei Fahrradunfällen stieg die Gesamtzahl von 635 im Jahr 2010 auf 1.704 im Jahr 2019 und hat sich damit fast verdreifacht (Steigerung um 168,4 %). Besonders auffällig ist diese Entwicklung in der Gruppe ≥ 80 -jährigen, verunglückten Patienten. Verunfallten 2010 lediglich 40 Fahrradfahrer in diesem Alterskollektiv, waren es 2019 bereits 183. Somit stieg deren Anteil um mehr als das Vierfache (Steigerung um 357,5 %).

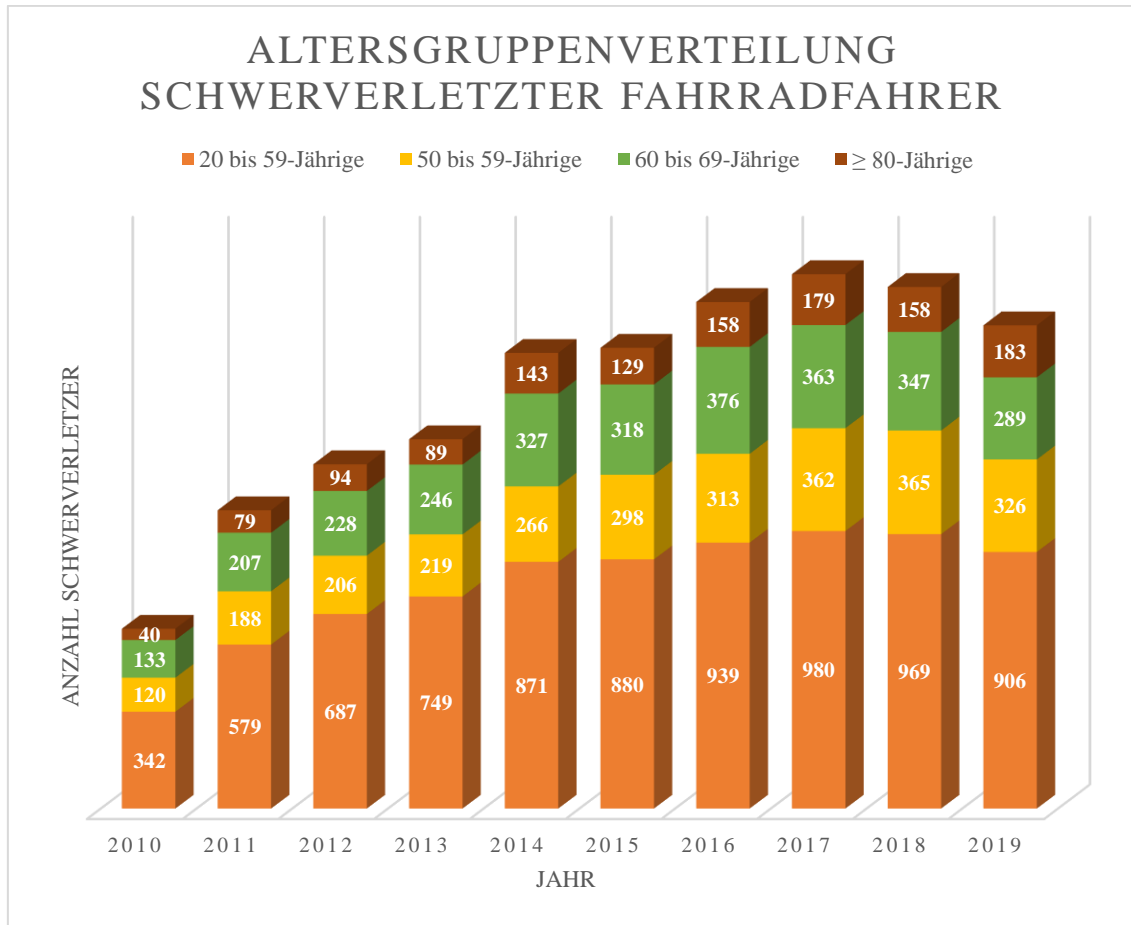


Abbildung 9: Altersgruppenverteilung schwerverletzter Fahrradfahrer im Zeitraum 2010 bis 2019 nach Daten des TraumaRegister DGU®

3.1.2 Tageszeitliche und saisonale Verteilung

In der tageszeitlichen Verteilung zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den definierten Alterskollektiven (vgl. Abbildung 10). Die Zahl der Patienten, die tagsüber nach einem Fahrradunfall in ein am TraumaRegister DGU® teilnehmendes Traumazentrum eingeliefert wurde, liegt bei den 20- bis 59-Jährigen bei 59,1 %. Je älter die verunfallten Patienten, desto häufiger verunglückten diese während des Tages. So erhöhte sich der Anteil bei den Patienten ≥ 80 Jahre auf 79,6 %. Im Umkehrschluss erlitten junge Fahrradfahrer bis 59 Jahre häufiger einen Fahrradunfall bei Nacht. Im TR – DGU ist der Tag als Zeit von 6:00 – 19:59 definiert, die Nacht demzufolge als Zeit von 20:00 – 5:59 Uhr.

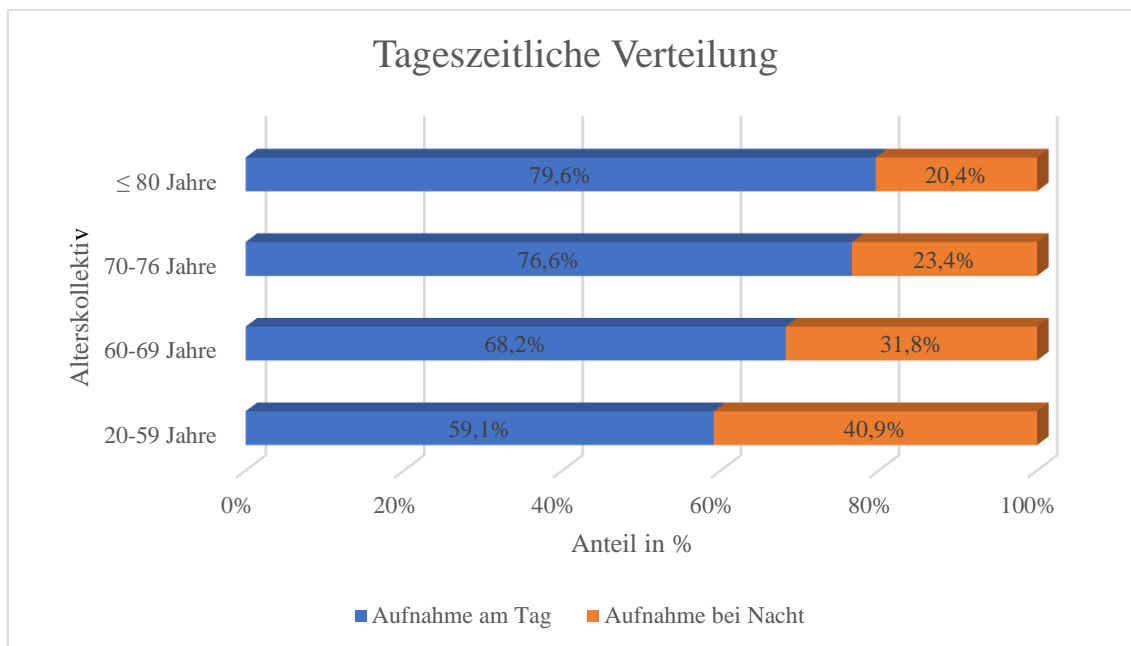


Abbildung 10: Tageszeitliche Verteilung verunglückter Fahrradfahrer gemäß TraumaRegister DGU®

Hinzu kommen Unterschiede bei der Frage, ob der Unfall an einem Werktag oder am Wochenende stattgefunden hat (vgl. Tabelle 5). Anhand der Daten des TR – DGU lässt sich feststellen, dass vor allem das Kollektiv der 20 – 59-jährigen Fahrradfahrer öfter am Wochenende (Samstag – Sonntag), hingegen die Kollektive mit zunehmendem Alter häufiger werktags (Montag – Freitag) einen Unfall erlitten.

Tabelle 5: Aufnahmezeitpunkt (werktags/wochenends) in den Alterskollektiven nach Daten des TraumaRegister DGU®

	20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	≥ 80 Jahre	Gesamt
Aufnahme an einem Werktag	53,2 %	59,7 %	60,8 %	64,1 %	56,8 %
Aufnahme am Wochenende	46,8 %	40,3 %	39,2 %	35,9 %	43,2 %

Auch die jahreszeitliche Unterteilung der Fahrradunfälle bezüglich Winter-, Frühlings-, Sommer- bzw. Herbstmonate sind durch erhebliche Unterschiede gekennzeichnet. Betrachtet man alle Verunfallten in den Frühlings- und Sommermonaten lässt sich feststellen, dass in dieser Zeit erkennbar mehr Fahrradfahrer mit 66,1 % verunglückten als in den

Herbst- und Wintermonaten (33,9 %). Hier zeigt sich bei Beurteilung der einzelnen Kollektive (vgl. Abbildung 11), dass junge Radfahrer im Vergleich zu älteren Patienten vermehrt in den Sommermonaten verunglückten, wohingegen in den Wintermonaten vor allem die Radfahrer ≥ 80 Jahre als Traumapatienten in ein Krankenhaus eingeliefert wurden. Zweiradfahrer sind in der kalten Jahreszeit besonders gefährdet zu verunfallen. Die meisten Unfälle ereigneten sich in den warmen Monaten, was nicht zuletzt an der hohen Nutzung in dieser Zeit liegt. Auch wenn bei Kälte weniger gefahren wird, blieb die Unfallrate jedoch vergleichsweise hoch.

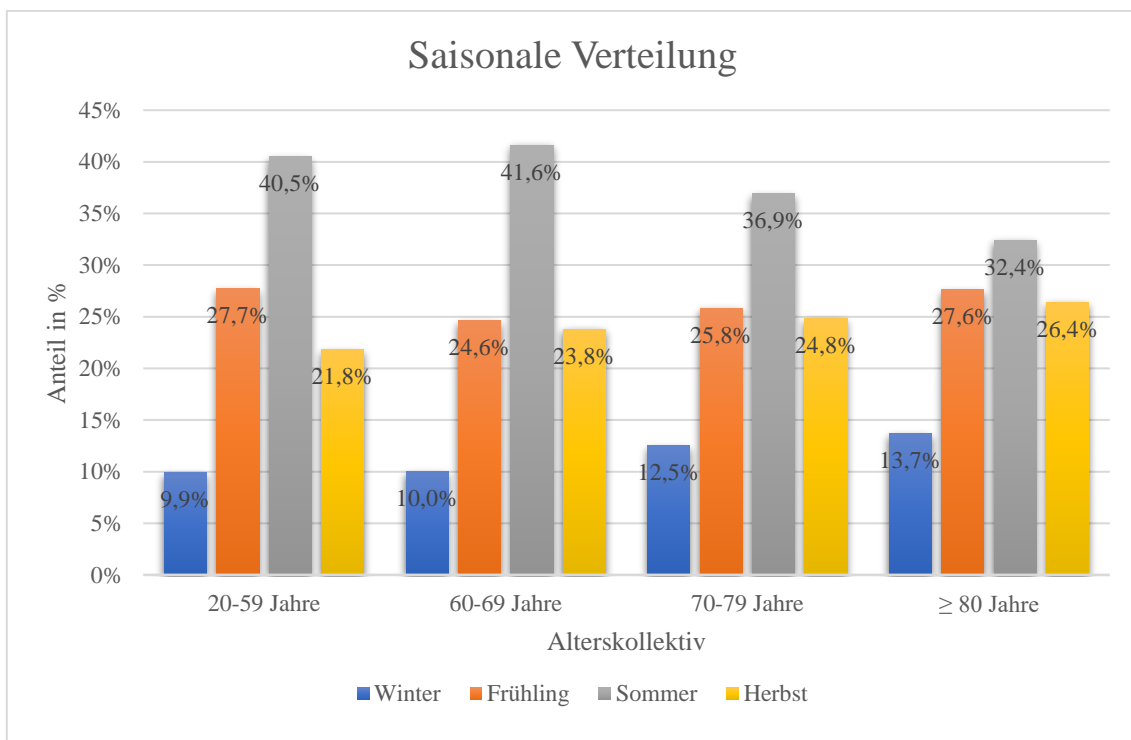


Abbildung 11: Saisonale Verteilung von Fahrradunfällen nach Daten des TraumaRegister DGU®

3.1.3 Alkoholkonzentration im Blut der Patienten

Die Blutalkoholkonzentration wird im TraumaRegister DGU® seit dem Jahr 2015 erfasst. Diese wird im Zuge der Laborblutabnahme im Schockraum der behandelnden Traumaklinik bestimmt.

In der vorliegenden Arbeit wird die Alkoholkonzentration in Promille (‰) in drei verschiedenen Wertebereichen untersucht: kein Alkohol nachweisbar, 0,5 ‰ bis 2,0 ‰, > 2 ‰. Insgesamt wurde während des Zeitraums vom 01.01.2015 bis zum

31.12.2019 bei 1.686 verunglückten Fahrradfahren, die den Einschlusskriterien entsprechen, der Blutalkohol gemessen und im TraumaRegister DGU® dokumentiert. Dabei waren 12,5 % der Untersuchten alkoholisiert. Tabelle 6 ist zu entnehmen, dass sich die größte Anzahl an Patienten, vor allem bei einer Alkoholkonzentration > 2,0 ‰, in der Gruppe der 20- bis 59-Jährigen findet. In diesem Kollektiv standen seit Beginn der Datenerfassung 159 Patienten während ihres Fahrradunfalls unter Alkoholeinfluss. Der Anteil alkoholisierter Verunfallten sank mit steigendem Alter unabhängig von der Höhe des Blutalkoholspiegels. So waren in der Gruppe der Patienten ≥ 80 Jahre lediglich drei Patienten zum Unfallzeitpunkt alkoholisiert.

Tabelle 6: Alkoholkonzentration der definierten Alterskollektive in Promille nach Daten des TraumaRegister DGU®

Alkoholkonzentration		20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	≥ 80 Jahre	Gesamt
0,0 Promille	Anzahl der Patienten	748	268	312	148	1.476
	in Prozent	82,5	88,4	96,0	98,0	87,5
0,5 – 2,0 Promille	Anzahl der Patienten	102	26	12	3	143
	in Prozent	11,2	8,6	3,7	2,0	8,5
>2,0 Promille	Anzahl der Patienten	57	9	1	0	67
	in Prozent	6,3	3,0	0,3	0,0	4,0
Gesamt	Anzahl der Patienten	907	303	325	151	1.686
	in Prozent	100	100	100	100	100

3.1.4 Level der Versorgungsstufe

Unter 1.6 wurde bereits herausgearbeitet, wie sich die Art der Kliniken im TraumaNetzwerk DGU® differenziert. Patienten werden je nach örtlicher Gegebenheit primär in einem lokalen (Krankenhaus der Grund- und Regelversorgung), einem regionalen (Krankenhaus der Schwerpunktversorgung) oder einem überregionalen Traumazentrum (Krankenhaus der Maximalversorgung bzw. zwei Krankenhäuser der Schwerpunktversorgung)

versorgt. In dieser Studie wurden in allen Alterskollektiven circa zwei Drittel der Patienten in einem überregionalen Traumazentrum der Versorgungsstufe 1 versorgt, wohingegen rund ein Viertel in einem regionalen Traumazentrum (Versorgungsstufe 2) behandelt wurden. Weniger als 10 %, unabhängig von dem Alter des Patienten, wurden in einem lokalen Traumazentrum (Versorgungsstufe 3) therapiert.

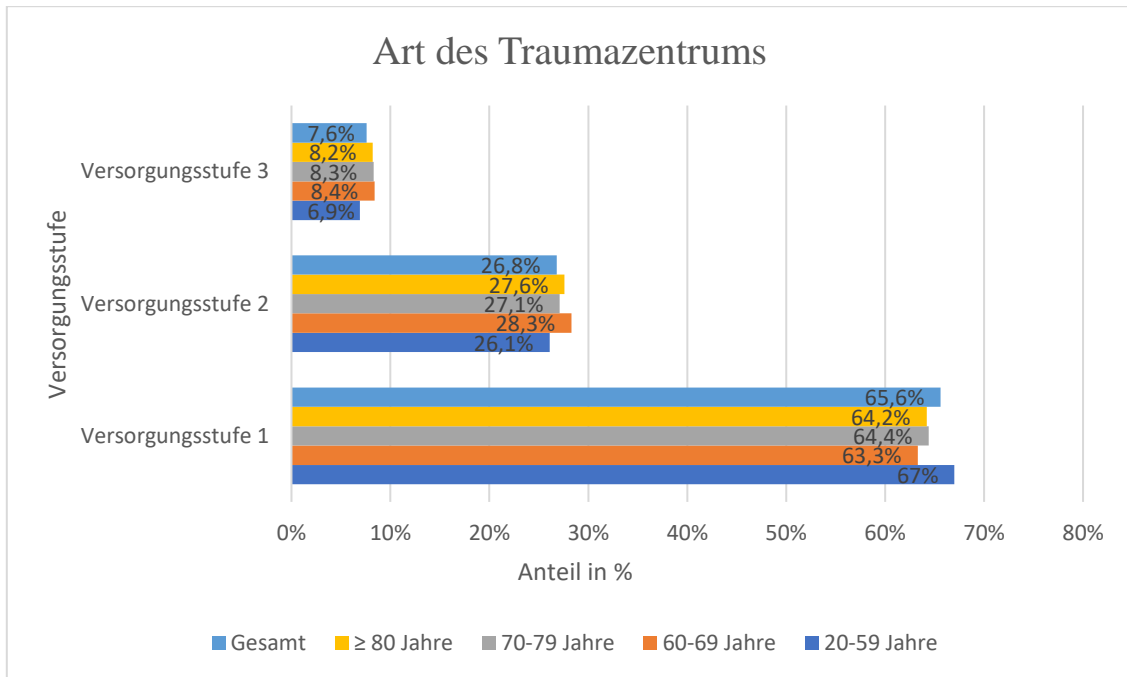


Abbildung 12: Art der versorgenden Klinik gemäß TraumaRegister DGU®

3.2 Verletzungsschwere primär versorgter Fahrradfahrer

3.2.1 Gegenüberstellung verwendeter Bewertungsschemata

Die Verletzungsschwere von Traumapatienten lässt sich auf unterschiedliche Art und Weise definieren. Sowohl Polizei als auch Statistisches Bundesamt umschreiben Getötete als „Personen, die innerhalb von 30 Tagen an den Unfallfolgen starben“. Unter Schwerverletzte definieren sie „Personen, die unmittelbar zur stationären Behandlung (mindestens 24 Stunden) in einem Krankenhaus aufgenommen wurden“ und Leichtverletzte als „alle übrigen Verletzten“ [78].

Alternativ kann der Injury Severity Score (ISS) nach Baker et al. (1974) eingesetzt werden, um das Verletzungsausmaß einzuschätzen. Hier wird jeder Einzelverletzung ein

AIS – Wert zugeordnet (vgl. Kapitel 2.3.4). Verletzungen, die einen ISS von mindestens 16 Punkten hervorrufen, werden aktuell als Polytrauma definiert. Der Mittelwert des Injury Severity Scores im Gesamtkollektiv der untersuchten Patienten betrug 20,8. Hier zeigte sich in der Gruppe der Patienten zwischen 20 und 59 Jahre der niedrigste ISS mit einem Mittelwert von 19,8. Mit steigendem Alter nahm dieser kontinuierlich zu. Gleiches beobachtet man auch bei den übrigen eingeschlossenen Scores (ASA – Klassifikation, GCS, RISC II Score) (vgl. Tabelle 7). So finden sich auch hier die niedrigsten Werte in dem Kollektiv der 20- bis 59-Jährigen, wohingegen die Patienten ≥ 80 Jahre die höchsten Werte aufweisen.

Das standardisierte Mortalitätsverhältnis (SMR) ist eine Größe, die als Verhältnis oder Prozentsatz dargestellt wird und die Zu- oder Abnahme der Inzidenz- bzw. Mortalitätsrate einer betrachteten Studienkohorte in Bezug auf die Allgemeinbevölkerung quantifiziert ^[79]. Die Mortalitätsanalyse wies in der Gruppe der jüngeren Fahrradfahrer den niedrigsten Wert (0,89) auf und den höchsten Wert in der Gruppe der 60 – 69-Jährigen und bei den Patienten ≥ 80 Jahre.

Tabelle 7: Verwendete Scores zur Klassifikation der Verletzungsschwere nach Daten des TraumaRegister DGU®

Variable	20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	≥ 80 Jahre	Gesamt	Legende
ASA-Klassifikation	96,5 %	87,1 %	75,0 %	64,7 %	88 %	ASA < 3
	3,5 %	12,9 %	25 %	35,3 %	12 %	ASA ≥ 3
GCS präklinisch	18,3 %	19,3 %	23,4 %	26,5 %	20,1 %	GCS ≤ 8
	12,4 ± 4	12,2 $\pm 4,1$	11,7 $\pm 4,4$	11,4 $\pm 4,6$	12,1 $\pm 4,2$	Mittelwert
RISC II Score	5,4 %	9,5 %	17,6 %	31,2 %	10,7 %	Expected mortality
ISS	19,8 ± 10	20,7 $\pm 10,5$	22,4 $\pm 11,9$	23,6 $\pm 11,6$	20,8 $\pm 10,7$	Punkte
Mortalitätsanalyse nach SMR	0,89	0,94	0,9	0,94		

3.2.2 Frühsterblichkeit und Mortalität

Unter Frühsterblichkeit werden im TraumaRegister DGU® Patienten kategorisiert, die innerhalb der ersten 24 Stunden nach Klinikaufnahme versterben. Von 14.651 in die Studie eingeschlossenen Patienten starben insgesamt 2.052 der verunglückten Fahrradfahrer (14 %), darunter 659 in den ersten 24 Stunden (4,5 %) und 1.393 zu einem späteren Zeitpunkt des Krankenhausaufenthalts (observed mortality) (vgl. Abbildung 13). Unabhängig vom Zeitpunkt des Todes zeigt sich eine deutliche Zunahme tödlicher Verläufe bei steigendem Alter des Patienten. Sind in der Kohorte der 20- bis 59-Jährigen 2,4 % in den ersten 24 Stunden des Klinikaufenthalts gestorben stieg die Zahl schrittweise auf 13,7 % in der Gruppe der Patienten ≥ 80 Jahre an. Ähnlich zeigte sich der Verlauf bei einem Todeszeitpunkt $>$ als 24 Stunden nach Krankenhausaufnahme. Hier stieg die Zahl letaler Verläufe von 4,8 % beim jüngsten Kollektiv auf knapp ein Drittel (29,4 %) in der ältesten Beobachtungkohorte an.

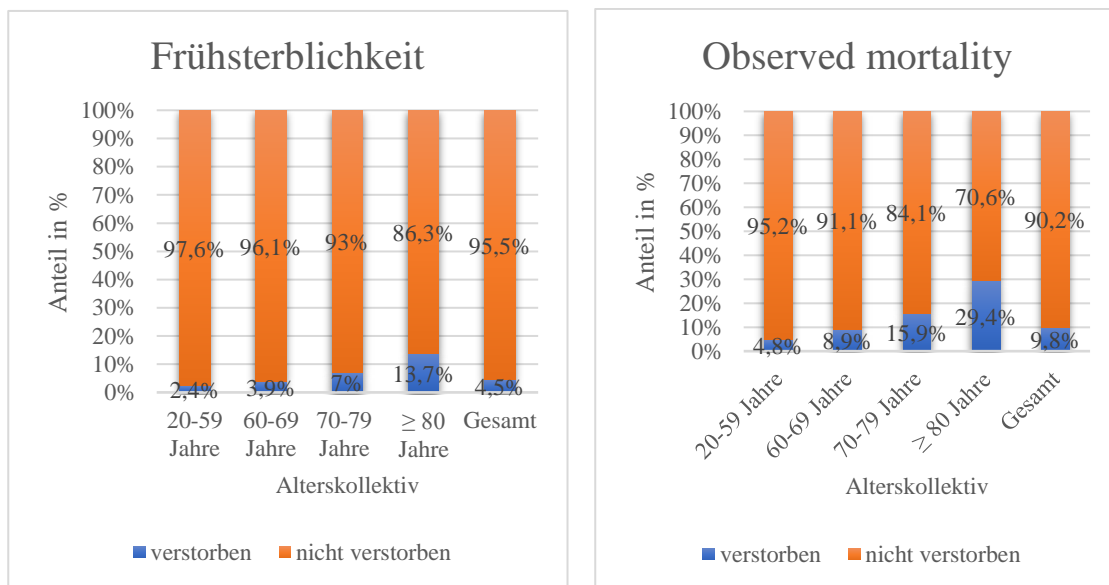


Abbildung 13: Sterblichkeit verunglückter Fahrradfahrer nach Angaben des TraumaRegister DGU®

3.2.3 Stationäre Liege- und Intubationsdauer

In das TraumaRegister DGU® wird sowohl die Liegedauer auf der Intensivstation als auch die Dauer des Gesamtaufenthalts in dem jeweiligen Krankenhaus eingepflegt. Ebenso in der vorliegenden Arbeit wird zwischen diesen beiden Arten der Liegedauer

differenziert. In Tabelle 8 wird außerdem unterschieden, ob das Unfallopfer im Krankenhaus verstorben ist oder nicht. Insgesamt sind in den untersuchten Kollektiven von 14.651 Patienten 2.052 an den Folgen des Unfalls verstorben (vgl. Kapitel 3.2.2). In Tabelle 8 ist die Frühsterblichkeit ausgenommen, so dass hier lediglich 1.393 Patientendaten unter „Verstorben“ analysiert wurden. Die verunglückten Fahrradfahrer der 20 – 59-Jährigen wiesen unabhängig der Tatsache, ob sie versterben oder nicht, in allen Gruppen die kürzeste Liegedauer auf. Die Aufenthaltsdauer der nicht Verstorbenen nahm mit dem Alter der Patienten zu. Unter den Verstorbenen ab einem Alter von 60 Jahren lässt sich zwar keine klare Tendenz ausmachen, jedoch ist die Verweildauer auf Intensiv- bzw. Normalstation länger als der Mittelwert (6 bzw. 7,3) des Gesamtkollektivs. Mit 6,9 Tagen auf der Intensivstation und 8,6 Tagen auf der Normalstation wurde die Gruppe der 70- bis 79-Jährigen vor ihren Tod am längsten im Krankenhaus therapiert. In der Kohorte der Unfallopfer ≥ 80 Jahre ging die Dauer des Aufenthalts schließlich wieder leicht zurück.

Tabelle 8: Liegedauer in Tagen verstorbener und nicht verstorbener Patienten gemäß TraumaRegister DGU®

		20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	≥ 80 Jahre	Gesamt
Nicht ver- storben	Tage auf Inten- sivstation	5,7 ± 9	6,9 $\pm 10,4$	8,3 $\pm 11,7$	8,1 $\pm 11,2$	6,5 ± 10
	Gesamtaufent- halt in Tagen	15,2 $\pm 16,4$	17 $\pm 14,7$	18,6 $\pm 16,7$	19,3 ± 16	16,5 ± 16
Verstorben	Tage auf Inten- sivstation	4,7 $\pm 6,2$	6,3 $\pm 10,6$	6,9 $\pm 11,7$	6,1 ± 11	6 $\pm 10,1$
	Gesamtaufent- halt in Tagen	5,5 ± 7	7,5 $\pm 11,9$	8,6 $\pm 16,3$	7,5 $\pm 13,2$	7,3 $\pm 12,8$

Bei der Analyse der Intubationsdauer veranschaulicht Tabelle 9, dass das Kollektiv der Traumapatienten zwischen 20 und 59 Jahren kürzer künstlich beatmet werden musste als die älteren Vergleichsgruppen. Tabelle 9 berücksichtigt nicht jeden verunfallten Fahrradfahrer, der im TraumaRegister DGU® dokumentiert wurde, sondern nur intensivpflichtige

Patienten, die auch tatsächlich intubiert wurden. Dies führt dazu, dass sich die durchschnittliche Beatmungsdauer gegebenenfalls größer als die Liegedauer auf der Intensivstation darstellt, bei der jedes Unfallopfer, egal ob intubiert oder nicht, inkludiert ist.

Tabelle 9: Intubationsdauer nach Daten des TraumaRegister DGU®

	20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	≥ 80 Jahre	Gesamt
Intubationsdauer auf der Intensivstation in Tagen	8 ± 9,9	9,4 ± 11,3	10 ± 11,6	8,6 ± 11,3	8,8 ± 10,8

3.3 Verletzungsmuster der verunglückten Fahrradfahrer

3.3.1 Kopf, Extremitäten, Abdomen AIS ≥ 3

Bei insgesamt 14.651 verunglückten Fahrradfahrern wurden 27.912 Verletzungen mit Hilfe der Abbreviated Injury Scale (vgl. Kapitel 2.3.4) einem Score ≥ AIS 3 zugeordnet (vgl. Abbildung 14).

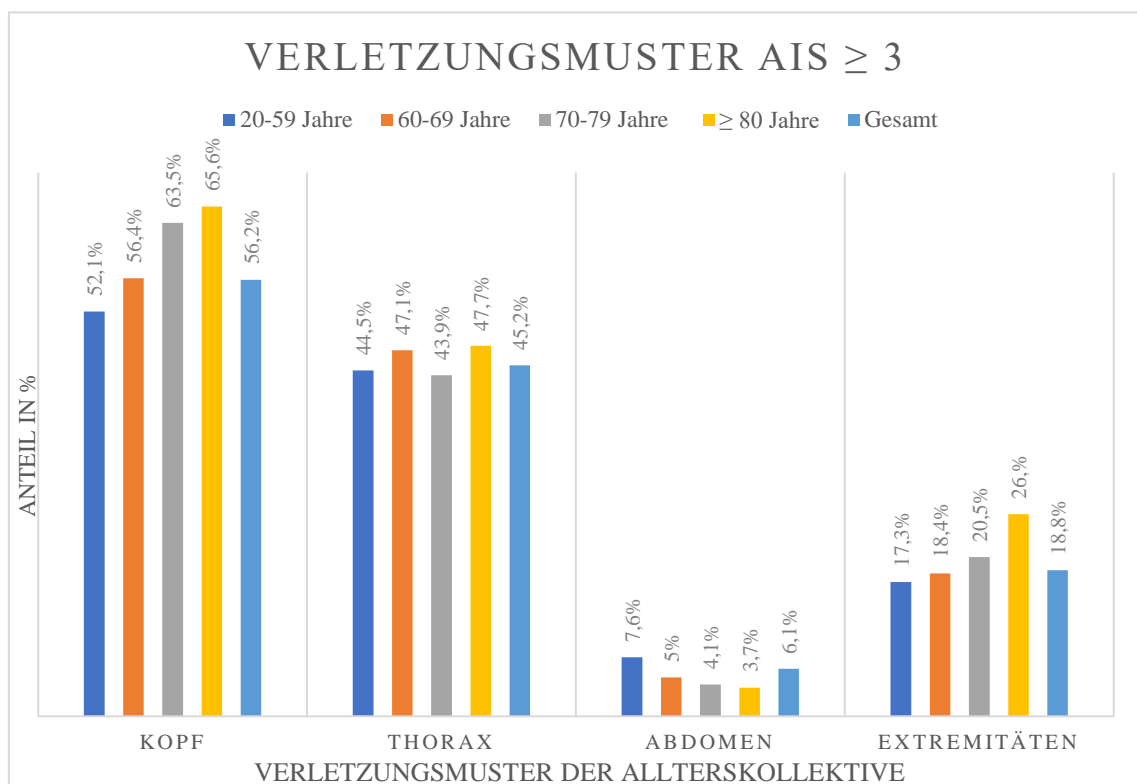


Abbildung 14: Verletzungsmuster AIS ≥ 3 nach Daten des TraumaRegister DGU®, n = 14.651

Relevante Verletzungen des Kopfes wurden in der Altersgruppe der ältesten (≥ 80 Jahre) Fahrradfahrer am häufigsten dokumentiert. In diesem Kollektiv erlitten etwa zwei Drittel (65,5 %) der erfassten Patienten eine relevante Verletzung des Kopfes. Der Anteil an Kopfverletzungen nahm mit steigendem Alter zu. In allen Altersgruppen war der Kopf die Körperregion, bei der am häufigsten eine schwere Verletzung vorlag.

Etwas weniger als die Hälfte (45,2 %) aller verunfallten Fahrradfahrer präsentierten eine relevante Verletzung des Thorax.

Bei 6,1 % aller Patienten lag eine schwere Verletzung des Abdomens vor. Hier zeigte sich eine deutliche und kontinuierliche Abnahme der Prävalenz mit steigendem Lebensalter.

Bei den relevanten Verletzungen der Extremitäten lässt sich beobachten, dass das jüngste Kollektiv verletzter Fahrradfahrer auch am seltensten Verletzungen in diesem Bereich aufwies (17,3 %). Das älteste Patientenkollektiv wurde in circa einem Viertel der Fälle mit einem AIS ≥ 3 in diesen Körperregionen skaliert. Auch hier wurde eine kontinuierlich zunehmende Häufigkeit bei steigendem Lebensalter deutlich.

3.3.2 Arme und Beine (ohne Becken) AIS ≥ 2

Tabelle 10: Verletzungsmuster AIS ≥ 2 gemäß TraumaRegister DGU®, $n = 14.651$

Diagnose	20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	≥ 80 Jahre	Gesamt
Arme	35,5 %	35,5 %	32,1 %	30,5 %	34,4 %
Beine	15,8 %	17,4 %	18,6 %	24,3 %	17,4 %

Im Vergleich der Extremitäten, wobei das Becken hier nicht berücksichtigt wird, zeigte sich, dass die obere Extremität fast doppelt so häufig (5.043 zu 2.543 Verletzungen) von einer schweren Verletzung betroffen war als die untere Extremität. Insgesamt wurden bei etwa jedem dritten Patienten eine relevante Verletzung der Arme (34,3 %) beziehungsweise bei 17,4 % eine relevante Verletzung der Beine diagnostiziert.

Bezüglich schwerwiegenden Armverletzungen ließ sich ein abnehmender Trend mit steigendem Alter nachweisen. Im Vergleich hierzu nahm die Prävalenz schwerer Beinverletzung kontinuierlich mit dem Alter des verunglückten Unfallopfers zu.

3.3.3 Wirbelsäule und Becken AIS \geq 2

Tabelle 11: Verletzungsmuster AIS \geq 2 nach Angaben des TraumaRegister DGU®, n = 14.651

Diagnose	20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	\geq 80 Jahre	Gesamt
Wirbelsäule	22,8 %	20,8 %	21,5 %	23 %	22,2 %
Becken	10,1 %	12,7 %	15,1 %	19,2 %	12,3 %

Fast jeder vierte (22,2 % bzw. 3.255 Patienten) eingeschlossene Fahrradfahrer wies eine schwere Verletzung der Wirbelsäule auf. Dabei fällt auf, dass das Alter dabei eine untergeordnete Rolle zu spielen scheint, da der Anteil der Wirbelsäulenverletzungen in allen Altersgruppen relativ konstant ist.

12,3 % der eingeschlossenen Patienten (n = 1.801) des TraumaRegister DGU® präsentierte eine Verletzung des Beckens, die mit Hilfe der Abbreviated Injury Scale einem Score \geq AIS 2 zugeordnet wurde. Das Kollektiv der 20- bis 59-Jährigen zeigte hierbei die geringste (10,1 %), das Kollektiv der Patienten \geq 80 Jahre die höchste (19,2 %) Prävalenz.

3.3.4 Verletzungsmuster junger versus alter Patienten AIS ≥ 2

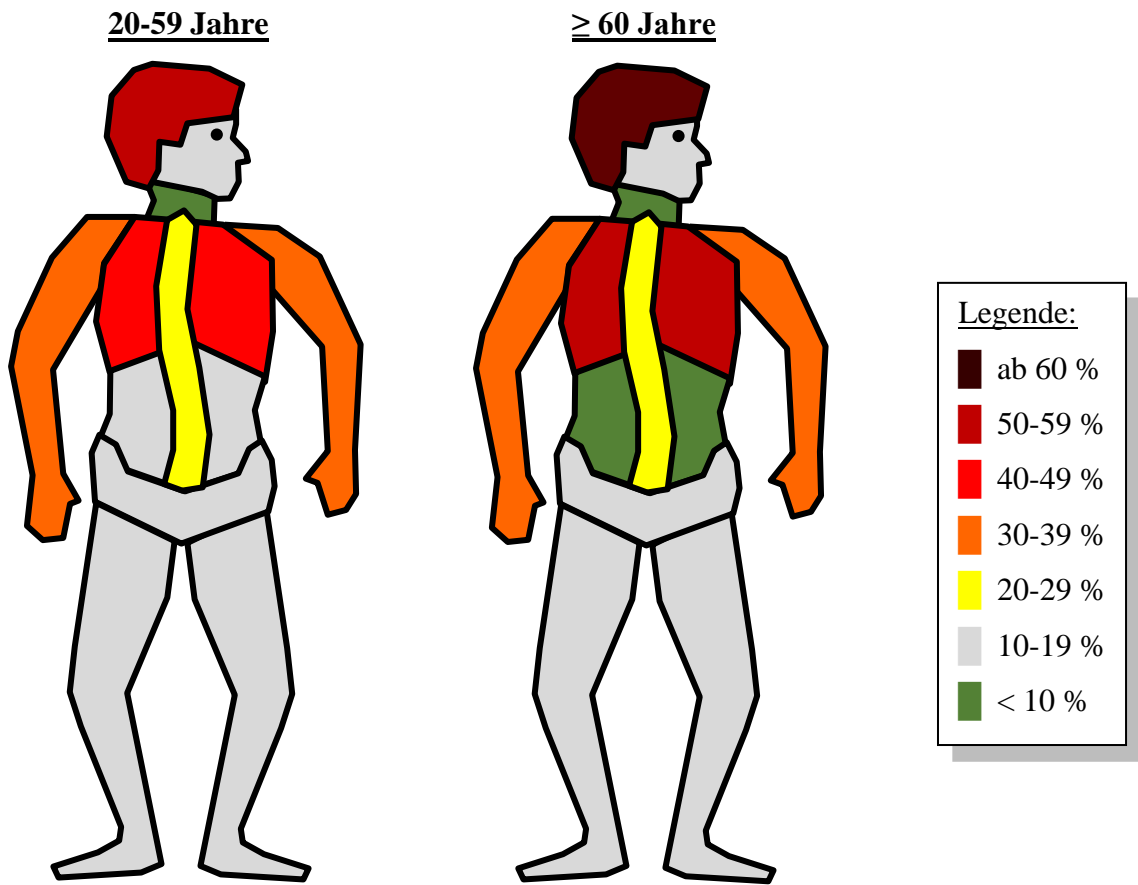


Abbildung 15: Verletzungsmuster AIS ≥ 2 junger versus alter Unfallopfer nach Daten des TraumaRegister DGU®.

Quelle: Eigene Darstellung

Teilt man die Alterskollektive in zwei Gruppen, Patienten zwischen 20 und 59 Jahre und Patienten älter als 60 Jahre, unterscheiden sich die Verletzungsmuster lediglich gering. Dabei ist festzustellen, dass in beiden Gruppen die Kopfverletzungen mit 59,7 % bei den Jüngeren und 69,3 % bei den Älteren die häufigste Verletzung war.

Verletzungen des Thorax machten mit 48,8 % (20-59 Jahre) bzw. 50 % (≥ 60 Jahre) den zweitgrößten Anteil der Verletzungen bei Fahrradfahrern aus. 7.236 der 14.651 eingeschlossenen Verunglückten wiesen ein Thoraxtrauma auf.

Circa ein Drittel aller Fahrradfahrer verletzten sich unabhängig vom Alter an der oberen Extremität. Deutlich seltener waren dagegen Verletzungen an den unteren Extremitäten bzw. am Becken. Im Alterskollektiv bis 59 Jahre kam es in 15,8 % der Unfälle zu Schäden

der unteren Extremität und in 10,1 % zu Schäden des Beckens. Im Kollektiv ≥ 60 Jahre lag der Anteil unwesentlich höher (19,2 % an den unteren Extremitäten und 14,9 % am Becken).

Bei der Anzahl der Verletzungen spielen außerdem die Wirbelsäule und das Gesicht eine große Relevanz, da es hier in beiden Gruppen in etwas mehr als 20 % (Wirbelsäule) bzw. in etwas weniger als 20 % (Gesicht) zu einer Verletzung AIS ≥ 2 kam. Abdominelle Traumen waren im Allgemeinen eher selten mit 11,1 % bei der jüngeren und 8,3 % bei der älteren Gruppe verunfallter Fahrradfahrer. Halsverletzungen wurden bei lediglich 1,3 % der 14.651 dokumentierten Patienten erfasst.

3.4 Therapierelevante Parameter und initiale Behandlung

3.4.1 Präklinik

Betrachtet man den initialen, vom Rettungsdienst erhobenen systolischen Blutdruck, lässt sich ein zunehmender Mittelwert mit steigendem Alter befunden. Der initiale Blutdruck wurde bei ca. 81 % der Patienten im Notfallprotokoll des Notarztes dokumentiert und steigt von 130 mmHg auf 143 mmHg. Bei der präklinischen Anlage eines Beckengurtes, der initialen Sedierung und der initialen Volumengabe spielte das Alter keine Rolle. In allen Altersgruppen bewegte sich der jeweilige Mittelwert mit kleinen Abweichungen nach unten bzw. oben um den Mittelwert des Gesamtkollektivs. Ebenso ist die präklinische Phase, also die Zeit von der Alarmierung des Rettungsdienstes bis zur Ankunft im Schockraum der Traumaklinik unabhängig vom Alter des verunglückten Fahrradfahrers und nimmt 69,8 Minuten in Anspruch. Es lässt sich kein zu- oder abnehmender Trend identifizieren.

Tabelle 12: präklinische Parameter und initiale Therapie nach Angaben des TraumaRegister DGU®

Variable	20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	≥ 80 Jahre	Gesamt
Blutdruck systolisch [mmHg]	130 ± 28	138 ± 34	143 ± 38	143 ± 41	135 ± 33
* Anlage Beckengurt	8,2 %	7,7 %	7,8 %	8,4 %	8,0 %
* Anlage Thoraxdrainage	2,8 %	2,3 %	3,3 %	4,2 %	2,9 %
* Gabe Tranexamsäure	5,6 %	5,7 %	6,7 %	7,9 %	6 %
Volumengabe	84,1 %	85,2 %	83,3 %	84,1 %	84,3 %
* Sedierung	58,6 %	56,4 %	57,5 %	57,6 %	57,9 %
* Gabe Katecholamine	6,6 %	9,7 %	10,1 %	15,2 %	8,5 %
Intubation	23 %	23,6 %	28,8 %	30,2 %	24,8 %
Reanimation	2,5 %	3,6 %	3,9 %	5,3 %	3,2 %
Präklinische Phase	69,4 ± 115,5	73,9 ± 131	67 ± 104,7	69,2 ± 112,3	69,8 ± 116,3

* Dokumentation im TraumaRegister DGU® erst ab dem Jahr 2015

Dahingegen gibt es Variablen, bei denen das Patientenalter eine Rolle zu spielen scheint (vgl. Tabelle 12). So wurde bei den Unfallopfern im Alter zwischen 70 und 79 Jahren in 3,3 % der Fälle (Mittelwert 2,9 %) eine Thoraxdrainage am Unfallort angelegt. In der Gruppe ≥ 80 Jahre stieg der Wert auf 4,2 % an. Weiter ließ sich eine gleichmäßige Zunahme bei der Gabe von Tranexamsäure und Katecholaminen beobachten. Wurde bei den 20 – 59-Jährigen bei 5,6 % auf die Applikation von Tranexamsäure zurückgegriffen, lag der Wert bei den über 80-jährigen Verunfallten bereits bei 7,9 %. Noch größer ist die Spanne zwischen „jung“ und „alt“ bei der präklinischen Katecholamingabe. Im Kollektiv der 20 – 59-Jährigen wurden 6,6 % der Patienten mit Katecholaminen therapiert. Dieser Wert stieg kontinuierlich auf 15,2 % in der Gruppe der Patienten ≥ 80 Jahre an.

Gleichermaßen wurden Unfallopfer mit steigendem Alter häufiger intubiert und reanimiert. Auch hier lag das Minimum bei dem jungen Beobachtungskollektiv und das Maximum bei dem alten Beobachtungskollektiv.

3.4.2 Schockraum

Tabelle 13: Kreislaufparameter im Schockraum gemäß TraumaRegister DGU®

Variable	20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	≥ 80 Jahre	Gesamt
Blutdruck systolisch [mmHg]	132 ± 26	139 ± 30	140 ± 34	139 ± 37	135 ± 30
Puls [Schläge/Minute]	84 ±19	82 ± 19	81 ± 20	83 ± 21	83 ± 19
Kreislaufschock (BP ≤ 90 mmHg)	5,4 %	5,3 %	7,2 %	10,1 %	6,1 %
EK – Gabe	5,3 %	5,3 %	7,3 %	9 %	6 %
Infusionsmenge in Millilitern	944 ±1271	963 ±1103	954 ±1109	1002 ±1209	954 ±1207

In der vorliegenden Arbeit wurden sowohl der systolische Blutdruck und die Herzfrequenz als auch die Gabe von Erythrozytenkonzentraten im Schockraum analysiert (vgl. Tabelle 13) Während der Puls in allen Altersgruppen relativ konstant bei etwas mehr als 80 Schlägen pro Minute blieb, lag der systolische Blutdruck lediglich bei den Patienten jünger als 60 Jahre mit 132 mmHg unterhalb des Gesamtmittelwerts von 135 mmHg. Die im TraumaRegister DGU® eingepflegten Daten über das Vorliegen eines Kreislaufschocks bzw. die Verabreichung von EKs im Schockraum steigen linear mit dem Alter an und erreichen Höchstwerte bei der Patientengruppe ≥ 80 Jahre. Des Weiteren erhielten Patienten, die älter sind als 80 Jahre, eine größere Menge an kristalloider Infusionslösung als die jüngeren Kollektive.

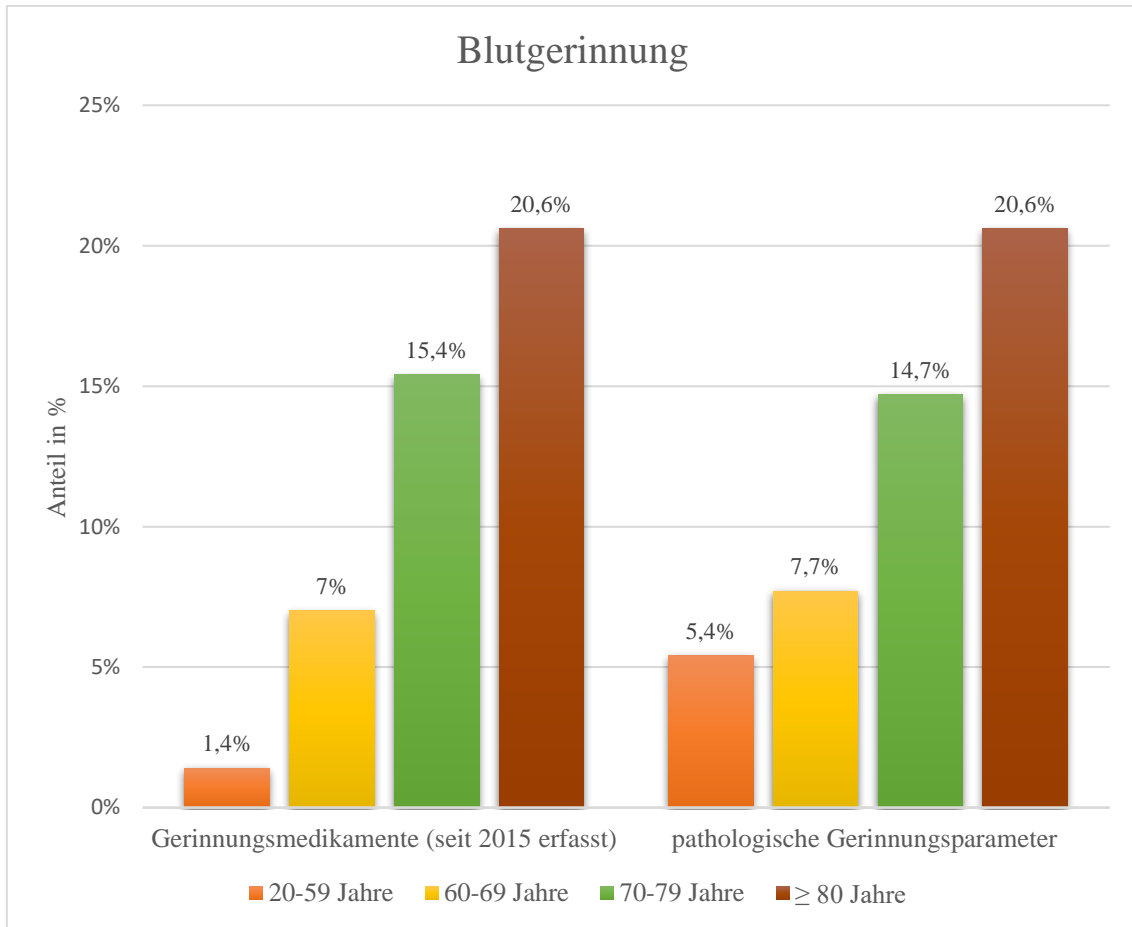


Abbildung 16: Gerinnungssituation nach Angaben des TraumaRegister DGU®

Im TraumaRegister DGU® wird seit 2015 erfasst, ob der Patient Gerinnungsmedikamente einnimmt. Außerdem werden verschiedene Gerinnungsparameter im Schockraum bei der Laborblutkontrolle dokumentiert. Unter pathologischen Gerinnungsparameter versteht das TraumaRegister DGU® einen den QUICK – Wert ≤ 60 %, einen INR von $\geq 1,4$ und eine partielle Thromboplastinzeit ≥ 40 Sekunden. Abbildung 16 zeigt einen ähnlichen Anstieg der beiden untersuchten Variablen. So nimmt die Anzahl der verunfallten Patienten, die zum Unfallzeitpunkt Gerinnungsmedikamente einnahmen, analog mit den pathologischen Gerinnungsparametern zu.

Unter den Beobachtungskollektiven sank der Hämoglobinwert bei zunehmendem Alter der Unfallopfer, während der INR anstieg. Beim Base – Excess lässt sich keine klare Tendenz ablesen (vgl. Tabelle 14).

DISKUSSION

Tabelle 14: Laborparameter im Schockraum gemäß TraumaRegister DGU®

Variable	20-59 Jahre	60-69 Jahre	70-79 Jahre	≥ 80 Jahre	Gesamt
Hämoglobinwert [g/dl]	13,5 ± 1,9	13,4 ± 1,9	12,9 ± 2	12,3 ± 2,1	13,3 ± 2
INR	1,1 ± 0,4	1,1 ± 0,4	1,2 ± 0,6	1,3 ± 0,7	1,1 ± 0,5
Base – Excess [mmol/l]	– 1,2 ± 4,1	– 1,1 ± 4,2	– 0,9 ± 3,9	– 1,2 ± 4,1	– 1,1 ± 4,1

4 DISKUSSION

4.1 Aktueller Stand der Literatur

Aktuelle internationale Publikationen sind nur teilweise auf die deutsche Verkehrssituation übertragbar und daher ist die Vergleichbarkeit mit den der Dissertation zugrundeliegenden Daten eingeschränkt. Deutschsprachige Studien spiegeln entweder das Unfallgeschehen in bestimmten Regionen oder Städten Deutschlands wider^{[80][81][82][83]} oder befassen sich mit lokoregionären Fragestellungen^{[84][85]}. Es mangelt an Literatur, die ältere und jüngere, in einem Verkehrsunfall verwickelte Fahrradfahrer, hinsichtlich potenzieller Gemeinsamkeiten und Unterschiede gegenüberstellen und das Verletzungsmuster sowie die Versorgung nach einem schweren Verkehrsunfall vergleichen.

Bei der Überprüfung der Publikationsliste des TraumaRegister DGU®, die alle Publikationen seit 1997 auflistet, findet man unter dem Suchbegriff „Fahrrad“ lediglich eine Veröffentlichung. Diese Arbeit analysiert 2.817 verunglückte Fahrradfahrer, die im Zeitraum von Januar 2002 bis Mai 2012 im TR – DGU registriert wurden. Diese Studie ist damit deutlich kleiner als die hier vorliegende Arbeit (n = 14.651) und zudem nicht mehr auf dem aktuellen Stand.

Mit 14.651 eingeschlossenen Patienten handelt es sich nach unserem Kenntnisstand um das größte jemals publizierte Kollektiv verunglückter Fahrradfahrer, welches unter medizinischen Gesichtspunkten als „schwer verletzt“ definierte wurde. Allgemeine Verkehrsstatistiken des Statistischen Bundesamts oder des ADFC (Allgemeiner Deutscher

DISKUSSION

Fahrrad – Club) führen in ihrer Statistik zwar deutlich mehr Unfallopfer, nehmen allerdings keinen Bezug auf medizinische Hintergründe oder Definitionen wie Verletzungsschwere. In der vorliegenden Analyse wurde durch die Wahl der eingeschlossenen Kriterien: AIS ≥ 3 und die gleichzeitige Erfordernis der überwachungspflichtigen Intensivbehandlung ein hohes Maß an Standardisierung erreicht ^[86]. Der Status „schwer verletzt“ wird durch den mittleren Injury Severity Score von $20,8 \pm 10,7$ adäquat repräsentiert ^[87].

4.2 Methodische Stärken und Schwächen der Studie

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Querschnittsstudie, in der definierte Patientenkollektive verschiedenen Alters bezüglich spezifischer Traumaparameter verglichen wurden. Die Dokumentation von Patientendaten mittels Erfassungsbögen des TR – DGU (vgl. Anhang) ermöglicht eine einzigartige Abbildung der prä- und innerklinischen Versorgung sowie die stationäre Therapie schwerverletzter Unfallopfer. Dadurch lassen sich repräsentative Informationen über unterschiedliche Unfall- und Patientenentitäten sowie Altersstrukturen von Unfallopfern schnell und unkompliziert auswerten und objektiv mittels jährlichen Qualitätsberichten vergleichen. Das TraumaRegister DGU[®] ist deutschlandweit zu einem wertvollen Instrument für die wissenschaftliche Versorgungsforschung schwer verletzter Unfallopfer geworden. Durch große Fallzahlen, erhoben in über 650 teilnehmenden Kliniken, lassen sich allgemeingültige Aussagen zu (prä-)klinischen Behandlungsprozessen treffen ^[40].

Die Resultate und wissenschaftlichen Schlussfolgerungen, die aus einem Register wie dem TraumaRegister DGU[®] abgeleitet werden, sind qualitativ von der Vollständigkeit der dokumentierten Parameter abhängig. Sind diese lückenhaft, resultiert daraus entweder ein verzerrtes oder sogar ein falsches Ergebnis. Bei mehr als 650 partizipierenden Kliniken aus über 50 zertifizierten Traumanetzwerken und circa 33.000 dokumentierten Fällen im Jahr 2018 ist ein nachträgliches Ergänzen fehlender Daten nur mit großem Aufwand möglich. Deshalb ist die gewissenhafte Dokumentation des behandelnden Traumazentrums von großer Bedeutung, denn das Register und die jährlichen Auswertungsberichte sind von der Qualität der Daten abhängig, mit denen sie gespeist werden. Um die Datenqualität mit anderen Traumazentren vergleichen zu können, wird zur Veranschaulichung ein zusammenfassender Score gebildet, der auf zehn

DISKUSSION

verschiedenen Merkmalen wie beispielsweise GCS, Blutdruck oder die Gerinnungswerte des Patienten basiert. Im Jahr 2019 ließ sich eine durchschnittliche Datenvollständigkeit von 92,6 % erzielen ^[13].

In den Erfassungsbögen des TraumaRegister DGU[®] lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht differenzieren, ob der verunglückte Fahrradfahrer einen Schutzhelm trug oder nicht. Des Weiteren lassen sich keine Informationen ableiten, mit welcher Geschwindigkeit der Patient auf dem Fahrrad verunfallte. Differenzierte Aussagen über die Umstände des Verkehrsunfalls sind somit nicht möglich. Einige in dieser Arbeit eingeschlossenen Daten werden erst seit dem Jahr 2015 im Register erhoben und fließen so bei lediglich circa 50 % der Patienten in die Auswertung ein. Dazu gehören unter anderem die Blutalkoholkonzentration, das präklinische Anlegen eines Beckengurtes, die Gabe von Tranexamsäure durch den Notarzt oder die dauerhafte Einnahme von blutverdünnenden Medikamenten des Patienten. Des Weiteren wurden solche Patienten ausgeschlossen, die primär an der Einsatzstelle, während des Notarzttransports zum aufnehmenden Krankenhaus oder im Schockraum des Traumazentrums verstarben.

4.3 Ergebnisse des TraumaRegister DGU[®]

4.3.1 Geschlecht und Alter

Vergleicht man die Zahlen der vorliegenden Arbeit mit der wissenschaftlichen Datenlage ^{[46][53][54][81][88][89]} waren auch die in dieser Studie eingeschlossenen Patienten des TR – DGU altersunabhängig größtenteils männlich (> 70 %). Bei einem Vergleich mit den altersbezogenen Daten des Statistischen Bundesamtes, laut denen 2019 in Deutschland 62,6 % Männer und 37,4 % Frauen mit dem Fahrrad verletzt oder getötet wurden, sind die Unfälle männlicher Fahrradfahrer, die im TraumaRegister DGU[®] dokumentiert wurden, prozentual etwa 10 % höher ^[20]. Die erhöhte Anzahl an Verkehrsunfällen bei Männern legt eine regelmäßige Nutzung von Fahrrädern nahe. Als weitere Ursache lässt sich vermuten, dass Frauen neben einer risikoärmeren Fahrweise ^[90] auch geringere Geschwindigkeiten erreichen als Männer ^[91]. Frauen scheinen passiver und umsichtiger im Straßenverkehr zu sein und gehen weniger Risiken ein ^[90]. Durch regelkonformes Verhalten geraten sie seltener in Situationen, die zu Unfällen oder schweren Verletzungen führen könnten.

DISKUSSION

Der Altersdurchschnitt der im TraumaRegister DGU[®] erfassten Fahrradfahrer der Gruppe der 20- bis 59-Jährigen lag bei $44,3 \pm 11,1$ Jahre. Im Kollektiv der älteren Fahrradfahrer (≥ 60 Jahre) lag der Durchschnitt bei $87,2 \pm 7,6$ Jahre. Eine Schwäche liegt in der eingeschränkten Vergleichbarkeit mit den Altersdurchschnitt (50,7 Jahre) aller im TR – DGU dokumentierten Patienten von 2010 – 2019, da Patienten, die zum Unfallzeitpunkt jünger als 20 Jahre waren, in dieser Arbeit ausgeschlossen wurden^[13]. Bei der Analyse ergab sich bezogen auf die Altersstruktur ein kontinuierlicher Anstieg der Unfallopfer bis zu einem Altersgipfel bei dem Kollektiv der 65- bis 69-Jährigen (vgl. Abbildung 8 im Kapitel 3.1.1). Der Abfall der Unfallzahlen danach ist ebenso charakteristisch. Die Konzentration^[92] und die Koordination^[93] der Menschen lassen ab einem gewissen Alter nach, sodass die Wahrscheinlichkeit und das Risiko für Stürze zu steigen scheint. Obgleich eingeschränkte Mobilität im Alter > 70 Jahre dafür sorgt, dass die absolute Zahl der Fahrradfahrer ab diesem Zeitpunkt sinkt, tritt das Fahrrad als Fortbewegungsmittel insbesondere bei der älteren Population immer häufiger in Erscheinung. Das Fahrrad, so zeigen es die Daten dieser Analyse, ist ein unfallträchtiges Verkehrsmittel. Bei der altersspezifischen Analyse zeigen die Daten dieser Arbeit in den letzten Jahren einen besonders großen Anstieg der Unfälle bei Fahrradfahrern ≥ 80 Jahre im Vergleich zu den weiteren Altersgruppen (vgl. Abbildung 9 im Kapitel 3.1.1).

Nach Angaben des Statistisches Bundesamts verunfallten in der Gesamtbevölkerung die meisten Fahrradfahrer im Jahr 2019 in der Altersgruppe zwischen 10 und 15 Jahren^[20]. Gründe hierfür sind vor allem fehlende Erfahrung und eine kleinere Körpergröße, die dazu führt, dass sie oft zu spät von anderen Verkehrsteilnehmern erkannt werden^[94]. Eine Schwäche der vorliegenden Arbeit ist, dass in dieser Studie Kinder und Jugendliche ausgeschlossen wurden. Daher lässt sich hier kein Vergleich anfertigen. Helfen et al. jedoch zeigten 2017, dass auch im TraumaRegister DGU[®] dieser Peak beobachtet werden kann^[46]. Dies lässt sich durch eine am Straßenverkehr zunehmende Teilnahme an Fahrradfahrern dieses Alters begründen.

Unter Berücksichtigung der Altersverteilung können sowohl Kinder als auch Senioren als Gruppe mit hohem Unfallrisiko angesehen werden^[95]. Diese Beobachtung legt die Vermutung nahe, dass sich vor allem Menschen im fortgeschrittenen Alter, nicht zuletzt wegen des Booms der Elektrofahrräder, ihre Mobilität und Unabhängigkeit mit der Nutzung von Fahrrädern erhalten wollen. Eine systematische Erfassung der

DISKUSSION

unterschiedlichen Antriebsarten von Fahrrädern erfolgt seit dem Jahr 2020 und konnte somit nicht in die der Dissertation zugrundeliegende Auswertung einfließen.

4.3.2 Tages- und jahreszeitlicher Unfallzeitpunkt

Abbildung 10 im Kapitel 3.1.2 belegt bei der tageszeitlichen Verteilung ein vermehrtes Unfallaufkommen während des Tages. Diese Beobachtung korrespondiert mit bestehender Literaturlage^{[46][96]}. Hieraus ergibt sich eine mögliche Schlussfolgerung, dass die Nutzung des Fahrrads als Alternative zum eigenen Personenkraftwagen bzw. dem öffentlichen Personennahverkehr in Anspruch genommen wird, um werktags zur Arbeitsstelle zu gelangen. Je jünger die Unfallopfer, desto häufiger ereignen sich die Fahrradstürze während der nächtlichen Dunkelheit. In der Dämmerung und bei Nacht nimmt die Konzentrationsfähigkeit besonders schnell ab und Gegenstände werden nur noch schemenhaft wahrgenommen^[97]. Die Gruppe der 20- bis 59-Jährigen verunglücken im Vergleich der verschiedenen Altersgruppen am häufigsten bei Nacht (vgl. Abbildung 10 im Kapitel 3.1.2). Ältere Fahrradfahrer verfügen über mehr Erfahrung und meiden die nächtliche Dunkelheit. Die Risikobereitschaft im Straßenverkehr nimmt vor allem bei den männlichen Verkehrsteilnehmern mit zunehmenden Alter ab^[90]. Bezüglich aktueller Gegebenheiten (bspw. Glätte oder Lichtverhältnis) überschätzen ältere Verkehrsteilnehmer generell seltener ihre fahrerischen Fähigkeiten^{[98][99]}.

Helfen et. al stellen in Ihrer Studie heraus, dass der Wochentag in der Prävalenz der Unfälle des Gesamtkollektivs eine untergeordnete Rolle spielt^[46]. Mittlerweile lässt sich über das TR – DGU nicht mehr der einzelne Wochentag für wissenschaftliche Auswertungen nachvollziehen, sondern nur noch die Angabe Wochentag (Mo – Fr) und Wochenende (Sa – So). Das dient dazu, die Fälle weniger identifizierbarer zu machen, verhindert aber eine Vergleichbarkeit mit bestehender Literatur. Allerdings zeigt die Analyse, dass die Zahl der Patienten, die am Wochenende stürzen und in eine Klinik aufgenommen werden mit steigendem Alter sinkt (vgl. Tabelle 5 im Kapitel 3.1.2). Eine Begründung hierfür könnte sein, dass vor allem die Gruppe der Radfahrer ≥ 60 Jahre das Fahrrad als Fortbewegungs- und Transportmittel im alltäglichen Gebrauch nutzen und die 20 – 59-Jährigen die Fahrradnutzung an den arbeitsfreien Tagen am Wochenende als Freizeitbeschäftigung wahrnehmen.

Vergleicht man zusätzlich die Alkoholkonzentration aus Tabelle 6 im Kapitel 3.1.3, in

DISKUSSION

der herausgearbeitet wurde, dass vorrangig die 20- bis 59-Jährigen alkoholisiert verunfallten, lässt sich vermuten, dass es sich bei der Kombination aus jungem Kollektiv, nächtlichem Unfallzeitpunkt, Aufnahme am Wochenende und erhöhte Blutalkoholkonzentration um Freizeitfahrten handelt. In dieser Untersuchung beträgt der Anteil alkoholisierten Fahrradfahrer 12,5 % und liegt damit in der Größenordnung vergleichbarer Studien ^{[81][85][100]}. Im Vergleich dazu zeige sich in weiteren Arbeiten, dass sowohl verunfallte Motorradfahrer ^{[101][102]} als auch die Fahrer von Personenkraftwägen ^[103] deutlich seltener unter Alkoholeinfluss stehen.

Über das Jahr verteilt ereignen sich Fahrradunfälle in Deutschland besonders häufig in den Frühlings- und Sommermonaten (66,1 %), seltener in den kalten Herbst- und Wintermonaten (vgl. Abbildung 11 im Kapitel 3.1.2). Diese Beobachtung deckt sich mit anderen wissenschaftlichen Arbeiten ^{[46][82][104]} und den Daten des Statistischen Bundesamtes ^[105]. Stellt man die vier Alterskollektive gegenüber, wird deutlich, dass gerade die Gruppe der ≥ 80 -jährigen Fahrradfahrer in den Wintermonaten verunglücken. Auch diese Tatsache bekräftigt die These, dass dieses Patientenkollektiv das Fahrrad als Gebrauchsgegenstand einsetzt, um flexibel und unabhängig zu bleiben. Leider ist es aus Datenschutzgründen auch bei der Jahreszeit nicht mehr möglich, eine detaillierte Untersuchung einzelner Monate durchzuführen.

4.3.3 Liege- und Beatmungsdauer

Bei dieser Analyse hat die Liege- und Beatmungsdauer der verstorbenen Fahrradfahrer des TR – DGU eine nicht zu unterschätzende Bedeutung. In der Kohorte der nicht verstorbenen Unfallopfer nimmt die Dauer des gesamten Krankenhausaufenthalts mit sinkendem Alter ab. Gleiches zeigt sich bei der Intubationsdauer (vgl. Tabelle 9 im Kapitel 3.2.3). Hier wird das jüngere Patientenkollektiv auf der Intensivstation kürzer künstlich beatmet als die älteren Vergleichskollektive.

Aus den in Kapiteln 3.2.2 und 3.2.3 dargelegten Ergebnissen lässt sich ableiten, dass jüngere Unfallopfer seltener innerhalb der ersten 24 Stunden nach Krankenhausaufnahme den Verletzungen eines Traumas erliegen als ältere Patienten. Bei isolierter Betrachtung der Liegedauer verstorbener Fahrradfahrer hingegen wird ersichtlich, dass sie im Allgemeinen jedoch früher ihren Verletzungen erliegen als ältere Patienten. Diese Beobach-

DISKUSSION

tung legt die These nahe, dass jüngere Unfallopfer zwar eine größere Widerstandsfähigkeit haben als ältere Patienten mit vermeintlich höherer Komorbidität, aber dennoch an den Folgen und der Schwere des direkten Unfalltraumas versterben. Dazu gehören beispielsweise das akute Schädel – Hirn – Trauma oder akute Blutungskomplikationen. Im höheren Alter entwickeln die Patienten erst im späteren Verlauf des Krankenhausaufenthalts lebensbedrohliche oder tödliche Komplikationen. Eine genauere Beurteilung der Beatmungs- und Intensivtage lässt sich aufgrund fehlender vergleichbarer Studien nicht durchführen.

4.3.4 Traumaspezifische Parameter und Scores

Eine Dichtomisierung der ASA – Klassifikation hinsichtlich des prätraumatischen Gesundheitszustandes der Unfallpatienten erfolgte in $ASA \geq 3$ versus $ASA < 3$. Skaga et al. wiesen in deren Arbeit ein doppelt so hohes Sterberisiko bei einem prätraumatischem ASA – Schweregrad ≥ 3 nach, verglichen mit einer gesunden Person ohne nennenswerte Begleiterkrankungen (ASA 1) ^[106]. Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit ein ASA – Wert von drei als Cut – off – Wert gewählt.

Hier lässt sich ein Zusammenhang mit den Ergebnissen der Katecholamingabe des Patientenguts im TR – DGU herstellen. Das älteste Patientenkollektiv, die Gruppe der Fahrradfahrer ≥ 80 Jahre, präsentierte den größten Patientenanteil, der mit mindestens schwerer allgemeiner Erkrankung und Leistungseinschränkung einhergeht, welche als ASA 3 (vgl. Tabelle 1) klassifiziert wird. 35,3 % der Patienten ≥ 80 Jahre wiesen einen $ASA \geq 3$ auf. Dieses Kollektiv benötigte am häufigsten Katecholamine zur Unterstützung des Kreislaufs (15,2 %). Dies spricht posttraumatisch für schlechtere Kompensationsmechanismen der älteren Unfallverletzten. Eine Feststellung, die bereits von diversen Autoren publiziert wurde ^{[107][108]}. Dahingegen benötigten nur 6,3 % der 20- bis 59-Jährigen nach einem schweren Fahrradunfall präklinisch Katecholamine. Hier wurden lediglich bei 3,5 % der Fahrradfahrer ein ASA – Wert ≥ 3 dokumentiert.

Bei der Beurteilung des neurologischen Status am Unfallort wurde bei den Patienten die GCS von Graham Teasdale und Bryan J. Jennett angewendet (vgl. Kapitel 2.3.2). Jüngerer Alter der verunfallten Patienten korrelierte seltener mit einem Wert von unter acht Punkten auf der Glasgow Coma Scale. Etwas weniger als ein Fünftel (18,3 %) der

DISKUSSION

Unfallopfer zwischen 20 und 59 Jahren hatten einen GCS – Wert < 8 , wohingegen der GCS – Wert < 8 bei den Traumapatienten ≥ 80 Jahre auf mehr als ein Viertel ansteigt. Liegt ein GCS – Wert von acht oder weniger vor spricht man definitionsgemäß von einem schweren Schädelhirntrauma ^[67]. In diesem Fall sollte die Erwägung zur endotrachealen Schutzintubation in Betracht gezogen werden, um die Freihaltung der Atemwege sicherzustellen und eine suffiziente Beatmung zu gewährleisten ^{[28][36][109]}. Im Rahmen der vorliegenden Auswertungen konnte dies bestätigt werden. Die Rate der präklinisch durchgeführten Intubationen nahm entsprechend der GCS – Analyse mit steigendem Patientenalter zu (vgl. Tabelle 7 im Kapitel 3.2.1 und Tabelle 12 im Kapitel 3.4.1).

In der Literatur wurde bereits mehrfach beschrieben, dass ein Punktwert auf der Glasgow Coma Scale von ≤ 8 bei polytraumatisierten Patienten posttraumatisch eine unabhängige Vorhersagevariable einer erhöhten Mortalität darstellt ^{[110][111]}. Übereinstimmend wurde gezeigt, dass das schwere SHT die häufigste Todesursache im Zusammenhang mit einem Fahrradunfall darstellt ^{[55][81][112]}.

Bei der Analyse der GCS und der präklinischen Intubation fällt jedoch ein Widerspruch auf. So wurde bei 24,8 % aller Unfallopfer dieser Studie eine präklinische Narkose eingeleitet (vgl. Tabelle 12 im Kapitel 3.4.1). Der Anteil der verunglückten Radfahrer, die einen intubationspflichtigen GCS ≤ 8 vorwiesen (20,1 %), lag damit unter dem der tatsächlich eingeleiteten Narkosen. Angesichts dieser Ergebnisse liegt die Schlussfolgerung nahe, dass Begleitverletzungen wie abdominelle Traumen oder Thorax- bzw. Extremitätenverletzungen eine entscheidende Rolle spielen könnten. Es wurde jedoch keine dezidierte Indikation zur Narkoseeinleitung erhoben.

Im Einklang mit dem in dieser Arbeit verwendeten anatomischen Bewertungsschema, dem ISS, zeigte sich bei den Patienten, die im TraumaRegister DGU[®] dokumentiert wurden, eine mildere Verletzungsschwere der jüngeren Unfallopfer im Vergleich zu den Patienten, die älter als 60 Jahre sind. Außerdem erleiden die Patienten im Alter von 20 bis 59 Jahren etwas seltener schwere Kopfverletzungen, obwohl jüngere Fahrradfahrer nachweislich seltener zu Schutzhelme greifen als der ältere Teil der Bevölkerung ^[113]. Es lassen sich diverse Gründe diskutieren, warum Fahrradfahrer trotz einer höheren Helmtragequote im fortgeschrittenen Alter häufiger ein Schädel – Hirn – Trauma erleiden. Eine Möglichkeit hierfür könnten akute

DISKUSSION

Hirnblutungen und zerebrale Hämatome sein, die in vielen Fällen ursächlich für schweren Schädel – Hirn – Traumata sind^[80]. Diese sind eine verbreitete Komplikation bei der oralen Antikoagulation, die im Rahmen alterstypischer Krankheiten (bspw. Vorhofflimmern) eingenommen werden^[114]. Ein Zusammenhang stellt die regelmäßige Einnahme gerinnungshemmender Medikamente her (vgl. Abbildung 16 im Kapitel 3.4.2), die im ältesten Vergleichskollektiv am höchsten war. Ebenso ließe sich diese Beobachtung mit einer erhöhten Prävalenz von Osteoporose, die häufigste Knochenerkrankung im höheren Lebensalter, erklären. Trotz Schutzkleidung ist das betroffene geriatrische Kollektiv im größeren Maße gefährdet, sich durch einen Sturz eine Schädelfraktur zuzuziehen, da diese Krankheit durch den Verlust von Knochenmasse gekennzeichnet ist^[115].

Der RISC II Score, die berechnete Mortalitätsprognose (expected mortality), ist beim jüngsten Patientenkollektiv am niedrigsten (5,4 %) und erreicht das Maximum in der Kohorte der über 80-jährigen Patienten (31,2 %) (vgl. Tabelle 7 im Kapitel 3.2.1). Das Alter der verunfallten Fahrradfahrer wird bei der Berechnung der Mortalitätsprognose nach RISC II als fundamentaler Parameter benötigt^[71]. Daraus resultiert eine Schwäche der Studie, da die altersadaptierten Mortalitätsprognosen untereinander nur begrenzt vergleichbar sind. Bei der Analyse des standardisierten Mortalitätsverhältnisses (SMR) fällt auf, dass der SMR – Quotient bei klinisch vergleichbarer Verletzungsschwere in allen eingeschlossenen Patientenkollektiven kleiner als eins ist. Hierbei lässt sich mit Hilfe einer Berechnung die Sterblichkeit in einer ausgewählten Kohorte mit der Sterblichkeit der Gesamtbevölkerung vergleichen. Dafür bildet man den Quotienten aus beobachteter Mortalität (observed mortality) und zu erwartender Mortalität (expected mortality)^[116].

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung belegen, dass in allen Altersgruppen die beobachtete Mortalität kleiner als die erwartete Mortalität ist. Unabhängig vom Alter haben Fahrradfahrer, die aufgrund ihres Sturzes in einem Krankenhaus behandelt werden müssen, kein erhöhtes Sterblichkeitsrisiko im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung. Anders als in einer Studie von Eden et. al, die den Motorradunfall bei Patienten über 65 Jahre per se als negativen Überlebensfaktor beschrieben^[117], stellt in dieser Arbeit der Fahrradunfall selbst im fortgeschrittenen Alter keinen ungünstigen Faktor für das Überleben des Patienten dar.

DISKUSSION

Bei einer Gegenüberstellung der klinischen Gesamtmortalität mit anderen Verkehrsteilnehmern, wie zum Beispiel den Motorradfahrern aus den Studien von Eden et al. oder Airaksinen et al. ist die beobachtete Sterblichkeit von Fahrradfahrern jedoch höher als die der Motorradfahrer^{[117][118]}. Angesichts dieser Ergebnisse liegt die Schlussfolgerung nahe, dass Fahrradfahrer, auch wenn in dieser Studie nur die innerklinische Mortalität betrachtet wird, seltener zu Protektionsausrüstung wie Schutzhelmen oder Airbagsystemen für Zweiräder greifen. Denn in diversen Arbeiten zeigen sich nicht nur die negativen klinischen Folgen beim Nichtgebrauch von Helmen sondern auch deren protektive Eigenschaft bei Fahrradfahrern^{[47][50][112][119]}. Deshalb wird das Tragen von Schutzhelmen sogar von Fachgesellschaften empfohlen^[120]. Ebenso könnte das Alter oder bestehende Begleiterkrankungen ein Grund für die höhere Mortalität bei Fahrradfahrern darstellen.

Es ist als Schwäche der Arbeit anzusehen, dass sie keinen Eindruck über die Gesamtmortalität aller Verkehrsunfälle mit Fahrradfahrern gibt, da im TraumaRegister DGU® das Kollektiv der Unfallopfer, die das Krankenhaus nicht lebend erreichen, nicht dokumentiert wird. Dieses Kollektiv spielt jedoch eine relevante Rolle. Laut Statistischem Bundesamt sind alleine im Jahr 2018 insgesamt 445 Menschen bei 88.472 Fahrradunfällen ums Leben gekommen^[105]. In der vorliegenden Analyse verstarben 2.052 Traumapatienten in einem Beobachtungszeitraum von zehn Jahren. Hier ist die deutliche Diskrepanz zwischen den im TR – DGU dokumentierten Todesfällen und den tatsächlichen getöteten Fahrradfahrern laut Statistischem Bundesamt kritisch anzumerken. Das Verknüpfen der Daten beider Institutionen wäre für die Zukunft wünschenswert, um qualitative Vergleiche ermöglichen zu können.

Konkordant zu der formulierten Arbeitshypothese identifizierte die vorliegende Arbeit älteren Patientenkollektive (≥ 60 Jahre) als Risikogruppen, wobei die Gruppe der Patienten ≥ 80 Jahre die höchste innerklinische Mortalitätsrate präsentiert (observed mortality, 29,4 %).

4.4 Verletzungsmuster verunfallter Fahrradfahrer

Die Analyse des Verletzungsmusters der Patienten, die im TraumaRegister DGU® erfasst wurden, bestätigte Ergebnisse anderer Studien^[46]. Switzer et. al erkannten in einer, im

DISKUSSION

Zusammenhang mit Unfällen stehenden Studie, einen Unterschied nicht nur im Verletzungsmuster sondern auch in der Relevanz für Morbidität und Mortalität von Unfallopfern verschiedenen Alters. Verglichen mit jüngeren Traumapatienten zeigen sich höhere Sterblichkeitsraten in der geriatrischen Gruppe bei vergleichbaren Verletzungsmustern. Die Wahrscheinlichkeit, den Verletzungen zu erliegen oder dauerhaft pflegebedürftig zu werden, ist bei älteren Patienten höher als bei Jüngeren ^[121].

Ein ausschlaggebender Faktor bei der posttraumatischen Mortalität multipel verletzter Unfallpatienten besteht in der Schwere der Kopfverletzungen. Lefering et al. belegten eine Mortalitätsrate bei Patienten mit Kopfverletzungen, die bis zu dreifach höher als bei Patienten ohne Kopfverletzungen ist ^[122]. Die vorliegende Arbeit legt dar, dass über die Hälfte der verunfallten Fahrradfahrer eine relevante Kopfverletzung erlitten (vgl. Abbildung 14 im Kapitel 3.3.1). Auch bestehende Studien führen schwere Kopfverletzungen im Rahmen eines Fahrradunfalls als Hauptursache für ein fatales Outcome des Patienten auf ^{[46][102][55][112]}. Polytraumatisierte Patienten mit Verdacht eines Schädel – Hirn – Traumas, beschrieben in einer Arbeit von Esmer et al., die relevante Begleitverletzungen präsentieren, sollten als Hochrisikopatienten für intrakranielle Blutungen angesehen werden ^[123].

Abbildung 15 im Kapitel 3.3.4 separiert die Patientenkollektive in „jung“ versus „alt“ und zieht die Grenze hier bei 60 Jahren. Bei der Gegenüberstellung der Verletzungsmuster ($\text{AIS} \geq 2$) zeigen sich Verletzungen des Kopfes und des Gesichtsschädels häufiger bei älteren Fahrradfahrern. Die Patienten zeigen eine zunehmende Prävalenz schwerer Kopfverletzungen mit steigendem Lebensalter mit einem Maximum im geriatrischen Patientenkollektiv (≥ 80 Jahre). Diese Erkenntnis widerspricht zumindest teilweise den Angaben bestehender wissenschaftlicher Arbeiten, die jüngeren Fahrradfahrern eine größere Wahrscheinlichkeit zuschreiben, schwere Verletzungen des Schädels zu erleiden ^[81].

Einklang besteht jedoch in der Datenlage, dass Fahrradfahrer im steigenden Alter häufiger zum Fahrradhelm greifen. Die Rate helmtragender Fahrradfahrer im Seniorenalter ist höher als bei ihrem jüngeren Pendant ^{[47][80][82]}. Hier scheinen Sicherheit und körperliche Unversehrtheit wieder an Bedeutung zu gewinnen, die durch den protektiven Effekt eines Helms resultieren. Da im TraumaRegister DGU[®] zum jetzigen Zeitpunkt nicht dokumentiert wird, ob der Fahrradfahrer behelmt verunfallte, lässt sich

DISKUSSION

die vorliegende Studie bezüglich der Helmtragequote nicht mit anderen Untersuchungen vergleichen.

Eine ebenso relevante Verletzungsregion ist der Gesichtsschädel, der bei knapp 20% des Gesamtkollektivs betroffen ist. Als Grund für die Häufigkeit von Gesichtsverletzungen könnte die Form der heutzutage alltagsüblichen Fahrradhelme darstellen, die im Vergleich zum Motorradhelm keinen Schutz der unteren Gesichtshälfte bieten^[124]. Aus Verletzungen des Mittelgesichts können bleibende ästhetische Probleme resultieren, die für die Betroffenen eine weitreichende psychische Belastung darstellen^[125]. Um auch die unteren Gesichtshälfte besser vor Verletzungen zu schützen, wäre das Tragen von Schutzhelmen notwendig, die mit einem Kinnbügel ausgestattet sind^[126]. Weiter zeigt sich ein regelmäßiger Zusammenhang von Gesichtsverletzungen und traumatischen Verletzungen des Gehirns^{[127][128]}. Schwere Hirnverletzungen, unabhängig von der Art des Traumas, verursachen funktionellen Einbußen und führen zu sekundären Hirnschäden, die zur Entwicklung und Progression außerzerebraler Organdysfunktionen beitragen^[129].

Relevante Verletzungen des Thorax ($\text{AIS} \geq 3$) treten im Gesamtkollektiv bei 45,2 % der Patienten auf. Bei einem Verletzungsgrad von 3 auf der Abbreviated Injury Scale spricht man von einer schweren Verletzung (vgl. Tabelle 3 im Kapitel 2.3.4). Die Häufigkeit von Thoraxverletzungen der beobachteten Patientenkohorte ähnelt den Ergebnissen anderer Studien, bei denen das Thoraxtrauma nach dem Schädel – Hirn – Trauma am häufigsten zu beobachten ist^{[46][81][89][96]}. Auffallend ist jedoch, dass die Menge an Patienten mit Thoraxverletzungen kaum ansteigt, wenn man den Verletzungsgrad auf AIS 2 herabsetzt (vgl. Abbildung 14 im Kapitel 3.3.1 und Abbildung 15 im Kapitel 3.3.4). Daraus lässt sich ableiten, dass Verletzungen des Thorax bei verunfallten Fahrradfahrern per se als „schwer“ einzustufen sind. Ein Grund könnte das mangelnde Tragen von Schutzkleidung darstellen, die das Auftreten von Schäden am Oberkörper verhindert. Spezifische Schutzausrüstung zur Risikominimierung hat sich bis heute nur im Mountainbikesport etabliert^[52]. Eine Verbesserung der Schutzmaßnahmen und die flächendeckende Nutzung von Protektoren und Helmen durch gezielte Aufklärung wäre nicht nur für ältere Fahrradfahrer erstrebenswert.

In der Medizin zeigt sich eine Assoziation zwischen höherem Lebensalter und gesteigertem Risiko für Verletzungen des thorakalen Bereichs. Dieses alterstypische

DISKUSSION

Phänomen entsteht aus einer zunehmenden vertikalen Ausrichtung der Rippen in Bezug zur Brustwirbelsäule. Dadurch ändert sich der Rippenwinkel und es resultiert eine verstärkte Deformierung der Rippe. Begleitende altersbedingte Veränderungen wie eine reduzierte Knochendichte und eine zunehmende Verknöcherung der sternalen Rippenansätze steigern die Gefahr von Rippenfrakturen ^{[130][131]}. Ungeachtet dessen zeigen die Ergebnisse aus Abbildung 14 im Kapitel 3.3.1 keinerlei Parallelen zum hier geschilderten Sachverhalt und können diesen nicht bekräftigen. Die Patienten dieser Analyse erlitten unabhängig vom Alter mit vergleichbarer Häufigkeit eine Thoraxverletzung

Der Verkehrsunfall generell gilt als Verletzungsmechanismus Nummer eins für das stumpfe Thoraxtrauma ^{[132][133][134]}. Dem steht eine mit 2,9 % sehr selten gestellte Indikation zur Anlage einer Thoraxdrainage entgegen. Angesichts dieser Ergebnisse wird die Therapierelevanz des schweren thorakalen Traumas als zweithäufigste Verletzung zurückgestuft. Dabei sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass auch Thoraxtraumen einen relevanten Einfluss auf die Verletzungsschwere haben können, die initial nicht therapiepflichtig sind. So können sich aus Verletzungen des knöchernen Thorax (z. B. Rippenfraktur) lebensbedrohliche Krankheitsbilder wie der Spannungspneumothorax entwickeln. Im weiteren Krankheitsverlauf nimmt das Mortalitätsrisiko bei Patienten mit schweren Thoraxverletzungen zu, da sich mit steigender Wahrscheinlichkeit sowohl pulmonale als auch infektiöse Komplikationen wie Pneumonie, Sepsis oder Acute Respiratory Distress Syndrome entwickeln können ^{[132][135][136]}. Vor allem für ältere Traumapatienten geht eine erhöhte Gefährdung nach stumpfen thorakalen Traumen aus ^[133]. Huber et al. zeigen die Beeinflussung der Sterberate durch schwere Thoraxverletzungen beim polytraumatisierten Patienten. Unabhängig vom Alter sind schwere Verletzungen der Brustgefäße ($AIS \geq 5$), strukturelle Verletzungen des Herzens ($AIS \geq 3$) oder bilaterale Lungenkontusionen mit einer infausten Prognose assoziiert. Sie beeinflussen signifikant das Überleben des Patienten ^[133].

Bei Verletzung intraabdomineller Organe ($AIS \geq 3$) nimmt die Prävalenz mit steigendem Lebensalter kontinuierlich ab (vgl. Abbildung 14 im Kapitel 3.3.1). Jedoch ist das abdominelle Trauma mit einer Häufigkeit von 6,1 % eine eher seltene Verletzung im Gesamtkollektiv. Dennoch kann hierdurch ebenfalls ein potenziell lebensgefährlicher

DISKUSSION

Gesundheitszustand resultieren. Abdominelle Verletzungen, die nicht selten mit folgenschweren Blutungen einhergehen, ereignen sich meist durch den Zusammenprall beim Sturz nach vorne, wenn der Bauch des Radfahrers mit dem Lenker kollidiert ^[124]. Oftmals sind diese Verletzungen nur als Prellmarke von außen zu erkennen, gehen jedoch regelmäßig mit intraabdominellen Schäden an Organen wie Milz, Leber oder Niere einher ^{[137][138]}. Eine zügige Diagnostik mittels Ultraschall oder Computertomographie ist in diesen Fällen obligat ^[139].

Bei Fahrradunfällen erlitten die Patienten des eingeschlossenen Gesamtkollektivs in 18,8 % der Fälle Extremitätenverletzungen ($AIS \geq 3$), wobei die Häufigkeit bei steigendem Lebensalter kontinuierlich ansteigt (vgl. Abbildung 14 im Kapitel 3.3.1). Die Daten der vorliegenden Arbeit sind mehrheitlich konkordant mit bestehenden Arbeiten, wonach die oberen Extremitäten sich als besonders vulnerabel darstellen und häufiger betroffen sind als die unteren Extremitäten (vgl. Tabelle 10 im Kapitel 3.3.2) ^{[46][53][80]}. Frobenius et al. erkläre diese Beobachtung durch den „unwillkürlichen Versuch, den Sturz mit den Armen aufzufangen“, wobei es durch axial einwirkende Kraft auf die Arme beim Versuch den Sturz abzufangen zu Verletzungen kommt ^[140]. Dies stellt eine mögliche Erklärung dar, weshalb mit steigendem Lebensalter seltener Verletzungen der oberen Extremitäten diagnostiziert werden. In der geriatrischen Bevölkerung wird eine physiologische Verminderung des Reaktionsvermögens als weit verbreitetes Phänomen ersichtlich, bei der es zudem zu Koordinationsstörungen kommen kann ^[141]. Das geringere Auftreten von Verletzungen der oberen Extremitäten in den älteren Patientengruppen dieser Studie könnte mit einem unkoordiniertem Sturzverhalten des Fahrradfahrers begründet werden, der sich aufgrund verlangsamter Reaktionen nicht mehr schützend mit dem Armen abfangen kann. Diese These wird durch das vermehrte Auftreten von Verletzungen des Thorax und des Schädels gestärkt (vgl. Abbildung 15 im Kapitel 3.3.4), die beim Sturz nach vorne beteiligt sind.

Es wurde bereits geschildert, dass die unteren Extremitäten seltener zum Gesamtverletzungsbild beitragen als Verletzungen oberer Extremität. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass Extremitätenverletzungen unabhängig von ihrer Häufigkeit eine aufwendige medizinische Versorgung benötigen. Durch multiple operative Eingriffe, eine höhere Rate Bluttransfusionen und lange Liegezeiten auf der Intensivstation führen Verletzungen von Armen und Beinen zum einen zu einer beträchtlichen Beeinflussung

DISKUSSION

des funktionellen Outcomes, zum anderen mindern sie die posttraumatische Lebensqualität ^{[142][143]}.

Dischinger et al. zeigen in einer Studie belastende Effekte, die vor allem aus Sprunggelenks- und Fußverletzungen hervorgehen. Dazu zählen unter anderem eine höhere Wahrscheinlichkeit, wiederholt an der betroffenen Extremität behandelt werden zu müssen oder bleibende Beeinträchtigungen in der Funktion (bspw. Gehstörungen) auch lange nach dem Trauma ^[10]. Dies spiegelt die Komplexität solcher Extremitätenverletzungen wider und verdeutlicht die Relevanz einer sorgfältigen Therapie. Es gilt, ihnen im Rahmen der klinischen Behandlungsstrategie mehr Beachtung zu schenken und eine Marginalisierung zu Gunsten lebensbedrohlicher Verletzungen zu vermeiden.

Die Daten des TraumaRegister DGU[®] veranschaulichen analog zu den Verletzungen der unteren Extremität, dass die Gruppe der 20- bis 59-jährigen Unfallopfer am seltensten von schweren Beckenverletzungen ($\text{AIS} \geq 2$) betroffen war (vgl. Tabelle 11 im Kapitel 3.3.3), während knapp 20 % des Kollektivs ≥ 80 Jahre eine solche Verletzung präsentiert. Diese Feststellung fand bereits in diversen Publikationen Erwähnung und wurde nicht zuletzt mit physiologischen Alterungsprozessen begründet. Krankheiten wie zum Beispiel Osteoporose oder die rheumatoide Arthritis gelten genauso wie Stoffwechselerkrankungen und das Einnehmen spezieller Medikamente als Risikofaktoren für eine schwächer werdende Knochenstruktur ^{[144][145][66,146]}, so dass im höheren Alter bereits Niedrigenergietraumen wie der Sturz vom Fahrrad zu Frakturen des Beckenrings führen können ^[146].

Hochrasanztraumen, bei denen es aufgrund hoher energetischer Kräfte zu instabilen Beckenfrakturen kommen kann ^[147], gehen oftmals mit massiven Blutungen und einer daraus resultierenden hämodynamischen Kreislaufinstabilität einher ^[148]. Als Ursache hierfür nennt Kälicke et al. typische, lokal begrenzte Begleitverletzungen an Urethra und Harnblase sowie an Weichteilen und Darm dar. Darüber hinaus stellen scharfkantige Knochenfragmente ein Risiko für Gefäß- und Nervenläsionen dar ^[147]. Dies könnte ein möglicher Grund für die vermehrte Gabe von Erythrozytenkonzentraten im Schockraum sein (vgl. Tabelle 13 im Kapitel 3.4.2). Die Daten der Arbeit belegen eine Zunahme der Applikation von Blutkonserven im geriatrischen Kollektiv. Jedoch lässt der Erhebungsbogen bei der Datenerhebung des TR – DGU keine detailliertere

DISKUSSION

Differenzierung der Gründe für hämodynamische Instabilität zu, so dass hier keine wertende Aussage über die Intention der Gabe von Erythrozytenkonzentraten gemacht werden kann.

Bei der Analyse der erfassten Daten fällt eine deutliche Diskrepanz zwischen Beckenverletzungen (vgl. Tabelle 11 im Kapitel 3.3.3) und der präklinischen Anlage eines Beckengurts (vgl. Tabelle 12 im Kapitel 3.4.1) auf. Bei einem Beckengurt (auch Beckenschlinge) handelt es sich um ein gängiges Schienungsinstrument, mit dem sich eine zirkumferenzielle Stabilisierung einer potentiellen Beckenfraktur nach einem Trauma erreicht werden kann. Anwendung findet der Beckengurt nicht nur präklinisch im Rettungsdienst, sondern auch klinisch im Schockraum. Während im Kollektiv der 20- bis 59-jährigen Fahrradfahrer die Spanne zwischen Beckenverletzung ($\text{AIS} \geq 2$) und Stabilisierung des Beckens mittels Beckenschlinge noch relativ gering ist, nimmt diese in der geriatrischen Gruppe deutlich zu. Obwohl die Stabilisierung von vermutet, frakturierten Körperregionen in der S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten – Behandlung etabliert ist^[34], postuliert bestehende Literatur eine Untertherapie traumatisierter Unfallpatienten. Der Mangel angelegter Beckengurte bei einer instabiler Beckenfraktur wird bei Betrachten des Jahresberichts 2020 des TraumaRegister DGU® deutlich. Lediglich 40 % der im TR – DGU dokumentierten Beckenfrakturen wurden präklinisch mit einer Beckenschlinge stabilisiert^[13]. Eine fehlende externe Beckenstabilisierung mittels Beckenschlinge kann dazu führen, dass durch wiederholte Stabilitätsprüfungen das Ausmaß der Verletzung zunimmt^[149]. Bei isolierter Betrachtung der Zahl prozentual angelegter Beckengurte lässt sich im Beobachtungskollektiv der vorliegenden Arbeit eine mangelnde präklinische Stabilisierung des Beckens vermuten. Allerdings fehlt im Erhebungsbogen des TraumaRegister DGU® die Möglichkeit eine alternative Immobilisationsart (bspw. Vakuummatratze) zu erheben, wodurch die oben genannte Diskrepanz geringer ausfallen könnte als tatsächlich beobachtet.

Dechert et al. stellen einen Zusammenhang zwischen dem Beckentrauma beim Patienten ≥ 65 Jahre und einem längeren stationären Aufenthalt her. Weiter wurde diesem Kollektiv in der Arbeit ein höheres Mortalitätsrisiko als bei jüngeren Patienten beschrieben^[150]. Diese Beobachtungen stehen im Einklang mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit (vgl. 3.2.2 und 3.2.3), bei der die Liegedauer und die „observed

DISKUSSION

mortality“ mit dem Alter ansteigen. Neben höherer Mortalitätsraten und einer umfangreichen intensivmedizinischen Therapie nimmt auch die Dauer der künstlichen Beatmung der Patienten mit Beckentraumen zu ^[151], was mit der Analyse der Beatmungsdauer im Patientenkollektiv bestätigt werden kann (vgl. Tabelle 9 im Kapitel 3.2.2).

Mit einer Prävalenz von 22,2 % zeigen sich Wirbelsäulenverletzungen bei fast jedem vierten, in die Studie eingeschlossen Fahrradfahrer, wobei das Alter dabei eine untergeordnete Rolle spielt. Es lässt sich keine altersspezifische Häufung erkennen. Der Anteil von Wirbelsäulenverletzungen polytraumatisierter Patienten deckt sich weitestgehend mit vergleichbarer Literatur ^{[42][138]}. Ein besonders anfälliger Bereich für traumabedingte Wirbelkörperfrakturen ist hierbei der thorakolumbalen Übergang, insbesondere der erste und zweite Lendenwirbelkörper ^{[153][154][155]}. Nach Heinzelmann et al. begünstigen anatomische Gegebenheiten, explizit der Übergang einer steifen kyphotischen Brustwirbelsäule in eine beweglichere lordotische Lendenwirbelsäule im elften und zwölften Thorakalsegment, das Entstehen einer knöchernen Verletzung in diesem Bereich ^[156].

Bereits 2007 wurde mit Hilfe des TraumaRegister DGU[®] nachgewiesen, dass das stumpfe Trauma im Rahmen eines Verkehrsunfalls mit Abstand der häufigste Grund für schweren Wirbelsäulenverletzungen ist. Sicherlich auch wegen des Unfallhergangs liegen diese oftmals nicht als isoliertes Verletzungsbild vor, sondern präsentieren sich im Zusammenhang mit anderen schwerwiegenden Verletzungen oder neurologischen Ausfallerscheinungen. In über der Hälfte der Fälle entziehen sich Wirbelverletzungen der präklinischen Verdachtsdiagnose des eintreffenden Notarztes. Aus diesem Grund sollte jeder polytraumatisierte Patient als potenziell Wirbelsäulenverletzter behandelt werden ^[157].

4.4.1 Limitationen der Analyse von Verletzungsmustern

In dieser Analyse ist das präklinische Versterben ein Ausschlusskriterium. Das hat zur Folge, dass verunglückte Fahrradfahrer, die ihren Verletzungen noch am Unfallort erliegen, nicht in der Datenauswertung erscheinen. Patienten, die im Zeitraum der ersten 48 Stunden nach Klinikaufnahme in ein anderes Krankenhaus transportiert oder auf eine

DISKUSSION

Normalstation nach Versorgung im Schockraum verlegt wurden, sind nicht im untersuchten Patientenkollektiv eingeschlossen.

Anhand vergleichbarer Studien zeigt sich, dass eine erhebliche Anzahl an Patienten, die tot am Unfallort aufgefunden wurden bzw. unmittelbar nach dem Unfall verstarben ^{[81][82]}. Daraus lässt sich eine Limitation der Arbeit ableiten, da sich die Untersuchung der Verletzungsmuster auf verunglückte Fahrradfahrer beschränkt, die mit vorhandenen Vitalparametern in Krankenhaus eingeliefert werden. Die Ergebnisse spiegeln folglich die Verteilung von potenziell überlebenden Verletzungen wider. Jedoch lassen sich die Daten nicht für Schlussfolgerungen über das absolute Risiko von Verletzungen im Rahmen eines Fahrradunfalls nutzen.

4.5 Präklinik und Schockraum

Der initiale, am Unfallort gemessene systolische Blutdruck des Gesamtkollektivs beträgt 135 ± 30 mmHg (vgl. Tabelle 12 im Kapitel 3.4.1) und verändert sich bis zur Einlieferung in den Schockraum nur unwesentlich (135 ± 33 mmHg). Damit liegt der Blutdruck in der vorliegenden Arbeit höher als in einer vergleichbaren Studie von Helfen et al. ^[46]. Eine Begründung findet sich in den Einschlusskriterien. Während Helfen et al. auch Kinder und Jugendliche in der Analyse eingeschlossen haben, zählt ein Alter < 20 Jahre zu den Ausschlusskriterien in der vorliegenden Studie. Hinreichend ist bekannt, dass der Blutdruck im kindlichen Alter niedriger als im Erwachsenenalter ist ^[158]. Daraus resultiert der Unterschied bei den Blutdruckwerten zweier vergleichbarer Studien.

Bei der Sedierung spielt das Alter keine Rolle. 57,9 % der verunglückten Fahrradfahrer wurden präklinisch sediert. Ähnliche Zahlen finden sich im Rahmen schwerer Unfälle in bestehender Literatur ^{[159][13]}. Häufig greift der Notarzt zu einer Kombination aus Analgesie und Sedierung (ggf. Narkose), um eine Sicherung vitaler Funktionen zu gewährleisten ^[160].

Die Applikation von Tranexamsäure, ein Antifibrinolytikum, welches in den vergangenen Jahren vermehrt eine zentrale Rolle in der Optimierung der Gerinnung traumatischer Blutungen eingenommen hat, nimmt mit steigendem Alter der Patienten zu (vgl. Tabelle 12 im Kapitel 3.4.1). Tranexamsäure, die seit 2015 im TR – DGU explizit erfasst wird, hemmt die Umwandlung von Plasminogen zu Plasmin ^[161]. Sowohl Gayet-Ageron et al. also auch Shakur et al. konnten ein vermindertes Mortalitätsrisiko im Rahmen massiver

DISKUSSION

Blutungen nachweisen, wenn Tranexamsäure innerhalb der ersten Stunde nach Auftreten des Traumas appliziert wurde ^{[162][163]}. Die Annahme, dass die Wirkung des Medikaments die Anzahl an Bluttransfusionen bzw. das transfundierte Volumen verringert, zeigt sich im Jahresbericht 2020 des TraumaRegister DGU® ^[13], lässt sich jedoch mit den Daten der vorliegenden Arbeit nicht herstellen. Grund hierfür ist die Tatsache, dass die präklinische Gabe von Tranexamsäure und die Gabe von Erythrozytenkonzentraten im Schockraum in dieser Analyse nur als Gesamtparameter untersucht wurden, nicht aber die einzelnen Jahre separat gegenübergestellt wurden.

3,2 % der Fahrradfahrer mussten bereits vor der Ankunft im Schockraum reanimiert werden. Vor allem im Kollektiv ≥ 80 Jahre lag bei Eintreffen des Notarztes oder im Verlauf der präklinischen Behandlung ein Herz-Kreislauf-Stillstand vor (5,3 %). Vergleichbare Werte bezüglich einer Reanimation spiegeln sich auch in anderen Analysen wider, welche die präklinische Phase eines Unfallopfers betrachtet haben ^{[13][164]}. Generell haben Patienten, die aufgrund eines Traumas reanimiert werden müssen, eine schlechte Prognose ^{[165][166]} und entwickeln häufig ein neurologisches Defizit ^[165].

Die Dauer der Rettungszeit (präklinischen Phase) lag im Gesamtkollektiv bei $69,8 \pm 116,3$ Minuten (vgl. Tabelle 12 im Kapitel 3.4.1). Die durchschnittliche Rettungszeit polytraumatisierter Patienten dagegen liegt unabhängig vom Unfall oberhalb der präklinischen Zeitspanne verunfallter Fahrradfahrer in unserer Auswertung ^{[167][29]}. Eine Erklärung hierfür könnte die häufig weniger komplexe technische Rettung sein, welche vor allem bei Patienten nötig ist, die nach dem Unfall in ihrem PKW eingeklemmt sind und deren Rettung durch den zeitaufwendigen Einsatz hydraulischer Rettungsgeräte mehr Zeit in Anspruch nimmt ^[168].

65,6 % der erfassten Fahrradfahrer wurden im Beobachtungszeitraum primär in einem überregionalen Traumazentrum versorgt (vgl. Kapitel 3.1.4). Im Vergleich dazu wurden 58 % des Basiskollektivs, welches laut des Jahresberichts 2020 im TraumaRegister DGU® dokumentiert wurde, in einem überregionalen Traumazentrum (Versorgungsstufe 1) behandelt ^[13]. Diese Differenz lässt sich mit der erheblichen Verletzungsschwere (Maximum Abbreviated Injury Scale 3+) begründen, die als Einschlusskriterium für die vorliegende Arbeit diente. Schwer verletzte Patienten sollten im Rahmen der S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten – Behandlung primär in ein geeignetes Traumazentrum

DISKUSSION

eingeliefert werden ^[36]. Insgesamt spiegeln die Ergebnisse aus Rettungszeit und Traumazentrum den präklinischen Ablauf charakteristisch wider, bei dem ein schwer verletzter, nicht aufwendig zu rettender Patient, in eine Klinik der Maximalversorgung transportiert wird ^[169].

In dieser Phase der Diagnostik im Schockraum befanden sich 6,1 % der verunfallten Patienten in einem hämodynamischen Schock (BP systolisch ≤ 90 mmHg). Hierbei legt die Untersuchung bezüglich des Alters dar, dass Patienten zwischen 20 und 59 Jahren seltener betroffen sind als die älteren Kollektive. Ein Kreislaufschock kann durch die Beeinträchtigungen der Hämodynamik zustande kommen, wie sie im Rahmen von Schädel-Hirn-Traumen oder bei begleitenden Thorax-, Abdomen- und Extremitätenverletzungen vorkommen. Eker et al. untersuchten den Zusammenhang schwerer Schädelverletzungen (GCS < 8) und einem erniedrigten Blutdruck. Ein gleichzeitiges Vorliegen eines schweren SHT und einer posttraumatischen Hypotonie reduziert der Outcome des Patienten durch einen unmittelbar nachfolgenden Anstieg des Hirndrucks. Um Sekundärschäden zu vermeiden, können frühzeitige Katecholamine appliziert werden ^[170]. Neben einer verminderten Widerstandsfähigkeit älterer Patienten (vgl. Kapitel 4.3.4) könnte man in diesem Kontext eine Erklärung der häufigeren Katecholamingabe im geriatrischen Kollektiv finden. In Anlehnung an Abbildung 15 im Kapitel 3.3.4 wird dargestellt, dass vor allem Patienten ≥ 60 Jahre schwere Schädel – Hirn – Traumen erleiden.

Die Therapie hämodynamischer Dysfunktionen erfolgte bei 84,3 % aller dokumentierten Fahrradfahrer mit durchschnittlich 954 Millilitern kristalloider Infusionslösung (vgl. Kapitel 3.4). Das entspricht am ehesten der Volumentherapie über zwei großlumige intravenöse Venenverweilkanülen, wie es im Advanced – Trauma – Live – Support[®] gefordert wird ^[171]. Als Ursache für eine hämodynamische Dysfunktion kommt im Rahmen von Polytraumen oftmals ein massiver Blutverlust in Betracht ^{[123][172][173]}. Eine Schwäche der Dokumentation von Patientendaten im TR – DGU ist die nicht differenzierbare Erfassung der Ursache für eine hämodynamische Instabilität.

Unkontrollierte traumatische Blutungen, assoziiert mit Störungen der Blutgerinnung haben sich zum größten Problem vermeidbarer Todesfälle entwickelt und haben sich zu einem durch diverse Faktoren bedingten eigenständigen Krankheitsbild, der traumainduzierten Koagulopathie, entwickelt ^{[161][174]}. In der vorliegenden Studie weist vor allem das Kollektiv der Patienten ≥ 80 Jahre bereits zum Zeitpunkt der Klinikaufnahme relevante

ZUSAMMENFASSUNG

laborchemische Störungen der Blutgerinnungsfunktion auf (20,6 %). Nicht nur in der geriatrischen Population ist ein unverzügliches, situationsabhängiges Gerinnungsmanagement von großer Wichtigkeit und sogar mit einem Überlebensvorteil verbunden ^[175]. Die Anzahl essentieller Blutgerinnungsparameter, die im TR – DGU erfasst werden, macht das Register weltweit zu einem einzigartigen Instrument, Gerinnungsfunktionen sowohl quantitativer als auch qualitativer zu beurteilen ^[174].

Die Laborparameter aus Tabelle 14 im Kapitel 3.4.2 unterscheiden sich unabhängig vom Alter nur gering und entsprachen alterstypischen Werten. Die in die Studie eingeschlossenen Laborparameter (Hämoglobinwert, INR und Base – Excess) beeinflussen als hoch – prädiktive Faktoren die Prognose des Patienten im RISC II Score. Für einen Vergleich mangelt es hier an Literatur.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Nutzung von Fahrrädern erfreut sich in der heutigen Zeit mehr denn je großer Beliebtheit und das Radverkehrsaufkommen nimmt weiter zu. Unumstritten hierbei ist die Gefährdung und Verletzungswahrscheinlichkeit, die mit dem Fahrradfahren einhergeht. Dies führte im vergangenen Jahrzehnt zu steigenden Unfallzahlen bei der Nutzung von Fahrrädern. Um der Bevölkerung weitere Anreize zu geben, das Fahrrad anderen Verkehrsmitteln als alternatives Fortbewegungsmedium vorzuziehen, bedarf es unter anderem dem Ausbau der zur Verkehrssicherheit der Radfahrer dienenden Infrastruktur.

In dieser altersbezogenen Arbeit wurden Patientendaten hinsichtlich verschiedener Parameter und Scores analysiert, um die Komplexität der Behandlung schwerverletzter Fahrradfahrer in verschiedenen Alterskollektiven zu verdeutlichen und deren Verletzungsmuster zu bewerten. Zu diesem Zweck wurden 14.651 Patienten in die Studie eingeschlossen, die im Beobachtungszeitraum zwischen dem 01.01.2010 und 31.12.2019 als verunfallte Fahrradfahrer TraumaRegister DGU[®] dokumentiert wurden. Die Daten wurden auf Erfassungsbögen des TR – DGU prospektiv in vier aufeinanderfolgenden Phasen erhoben, pseudonymisiert und in verschiedene Alterskollektive unterteilt.

ZUSAMMENFASSUNG

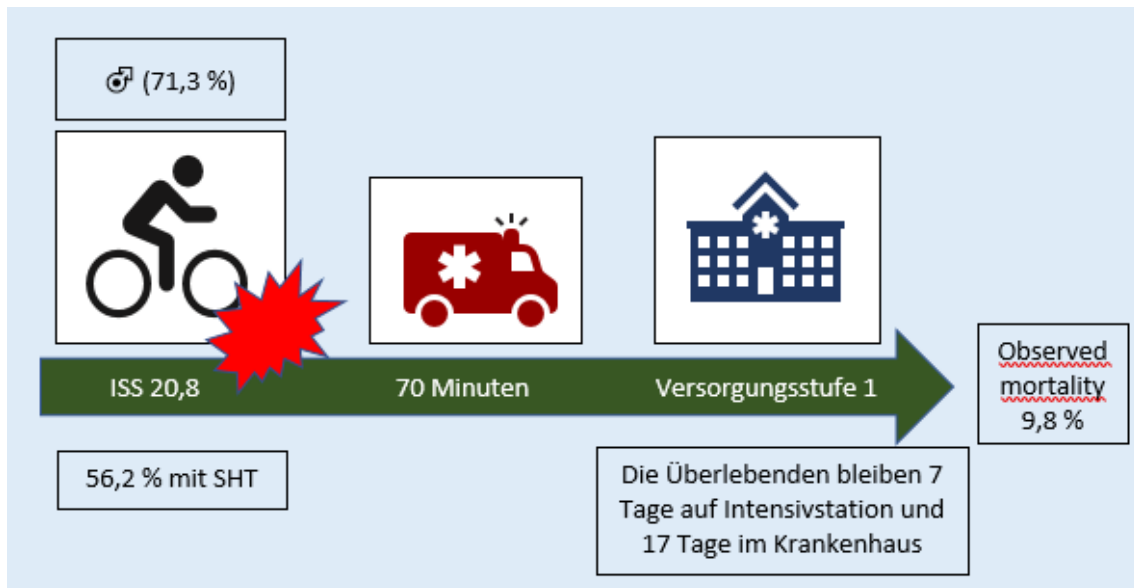


Abbildung 17: Durchschnittswerte des verunglückten Fahrradfahrers

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 17 fasst den durchschnittlichen Patienten dieser Studie zusammen, der zumeist männlich war und einem ISS von 20,8 aufwies. Nach einer 70-minütigen präklinischen Phase erreichte der Fahrradfahrer die Zielklinik der Versorgungsstufe 1, wo man in über 50 % der Fälle ein Schädel – Hirn – Trauma versorgen musste.

Die Auswertung stellt einen Altersgipfel von Verunfallten Fahrradfahrer in der Gruppe der 65- bis 69-Jährigen dar. Besonders auffallend ist der Anstieg schwerverletzter Fahrradfahrer im Alter ≥ 80 Jahre. Im Rahmen der Arbeit konnte nachgewiesen werden, dass der geriatrische Traumapatient das medizinische Personal aufgrund einer größeren Anzahl an Komorbiditäten vor besondere Schwierigkeiten stellt. Die Widerstandsfähigkeit des Körpers ist im Alter geringer, wodurch Unfälle komplexere Verletzungsfolgen haben können. Im Vergleich zum jüngeren Kollektiv spricht der höhere Katecholaminverbrauch posttraumatisch für schlechtere Kompensationsmechanismen der älteren Unfallverletzten.

Obwohl die anatomische Verletzungsschwere nach ISS bei steigendem Alter nur gering zunimmt, konnte belegt werden, dass bei Fahrradunfällen der ältere Patient eine erhöhte Morbidität und Mortalität aufweist. Der längere Krankenhausaufenthalt geht mit einer deutlich aufwendigeren medizinischen Versorgung einher. Während ältere Patienten im Verlauf der stationären Behandlung tödliche Komplikationen entwickeln, erliegen jüngere Unfallopfer früher den Komplikationen des direkten Unfalltraumas. Bezüglich

ZUSAMMENFASSUNG

der formulierten Arbeitshypothese veranschaulicht die Arbeit mit Hilfe des standardisierten Mortalitätsverhältnisses, dass Fahrradfahrer unabhängig vom Alter kein erhöhtes Sterblichkeitsrisiko im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung haben. Der Fahrradunfall hat selbst im hohen Alter keinen ungünstigen Einfluss auf das Überleben des Patienten.

Dennoch gilt es zu beachten, dass es Fahrradfahrern meist an geeigneter Schutzausrüstung mangelt, weshalb sich das Verletzungsmuster bei einem Unfall selten auf eine isolierte anatomische Region beschränkt. Das polytraumatisierte Unfallopfer ist ein komplexer Traumapatient, bei dem es das Augenmerk auf die schwerwiegenden und lebensgefährlichen Verletzungen zu richten gilt. Die Studie zeigt eine Häufung von Verletzungen des Schädels und des Thorax. Diese bedürfen einer adäquaten Einschätzung und einer entsprechenden Notfalltherapie, um einen bestmöglichen Outcome zu gewährleisten. Würden Fahrradfahrer regelmäßig zum Fahrradhelm greifen, ließen sich schwere Kopfverletzungen reduzieren. Der reflexartige Versuch, sich bei einem Sturz nach vorne mit dem Armen abzufangen, spiegelt sich in der Häufung der Verletzungen der oberen Extremitäten wider.

Steigende Unfallzahlen bei Fahrradfahrern verdeutlichen die Notwendigkeit, zukünftig präventive Maßnahmen zu erforschen und die Helmtragequote bundesweit zu erhöhen, um dem Risiko folgenschwerer Verletzungen adäquat begegnen zu können. Um dies zu erreichen, bedarf es einer flächendeckenden Aufklärungskampagne, die das Tragen von Fahrradhelmen thematisiert. Offen bleibt die Frage, ob sich die Helmtragequote allein durch Aufklärung erhöhen lässt oder darüber hinaus die Einführung einer gesetzlichen Helmpflicht zu fordern ist.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. Bundesministerium für Verkehr B und S (BMVI). Radverkehr in Deutschland Zahlen, Daten, Fakten [Internet]. 2014. Available from: [moz-extension://b29be7b7-cde5-45c7-8389-145dfe2c6873/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.fahrradland-bw.de%2Ffileadmin%2Fuser_upload_fahrradlandbw%2FDownloads%2FRadverkehr_in_Deutschland_2014.pdf](https://www.fahrradland-bw.de/fileadmin/user_upload/fahrradlandbw/Downloads/Radverkehr_in_Deutschland_2014.pdf)
2. Bundesamt S. KORREKTUR: Fahrrad-Boom in Deutschland 2018 ungebrochen [Internet]. 2018 [cited 2020 Sep 2]. Available from: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/04/PD19_129_45212.html
3. Hu G, Jousilahti P, Borodulin K, Barengo NC, Lakka TA, Nissinen A, et al. Occupational, commuting and leisure-time physical activity in relation to coronary heart disease among middle-aged Finnish men and women. *Atherosclerosis*. 2007;194(2):490–7.
4. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. Am Coll Sport Med position stand Exerc Hypertens Med Sci Sport Exerc. 2004;36:533–53.
5. Neumann G, Pfützner A, Berbalk A. *Optimiertes Ausdauertraining*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag; 2013.
6. Panagiotakos DB, Pitsavos C, Chrysohoou C, Skoumas J, Zeimbekis A, Papaioannou I, et al. Effect of leisure time physical activity on blood lipid levels: the ATTICA study. *Coron Artery Dis*. 2003;14(8):533–9.
7. Hartvigsen J. Active lifestyle protects against low back pain in seniors. 2006;
8. Brach JS, Simonsick EM, Kritchevsky S, Yaffe K, Newman AB, Health A, et al. The association between physical function and lifestyle activity and exercise in the health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52(4):502–9.
9. Alrutz D, Bohle W, Gündel D, Müller H, Proell K, Krause J, Mund N SU. Zweiter Fahrradbericht der Bundesregierung. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [Internet]. Hannover; 2007. Available from: www.pgv-hannover.de
10. Dischinger PC, Read KM, Kufera JA, Kerns TJ, Burch CA, Jawed N, et al.

LITERATURVERZEICHNIS

- Consequences and costs of lower extremity injuries. In: Annual Proceedings/Association for the Advancement of Automotive Medicine. 2004. p. 339.
11. Statistisches Bundesamt. Verkehrsunfälle - Fachserie 8 Reihe 7 - 2019 [Internet]. 2019. Available from: www.destatis.de/kontakt
 12. Startseite TR - AUC [Internet]. [cited 2020 Aug 18]. Available from: <http://www.traumaregister-dgu.de/index.php?id=142>
 13. Höfer C, Lefering R. Jahresbericht 2020 - TraumaRegister DGU® für den Zeitraum bis Ende 2019 [Internet]. 2020. Available from: <http://www.traumaregister-dgu.de>
 14. Bundesamt S. Häufigste Todesursachen in Deutschland | Statista [Internet]. 2020 [cited 2020 Oct 10]. Available from: <https://de.statista.com/themen/69/todesursachen/>
 15. Bundesamt S. Anzahl der Gestorbenen nach Kapiteln der und nach Geschlecht für 2018 [Internet]. 2018 [cited 2020 Aug 21]. Available from: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Todesursachen/Tabellen/gestorbene_anzahl.html
 16. Kaske S, Lefering R, Trentzsch H, Driessen A, Bouillon B, Maegele M, et al. Quality of life two years after severe trauma: A single centre evaluation. Injury. 2014;45:S100--S105.
 17. Nast-Kolb D. Grenzen der Behandlung Schwerstverletzter. Anaesthesist. 2000;49(1):51–7.
 18. Bundesamt S. Anzahl der Gestorbenen nach Unfallkategorien [Internet]. [cited 2020 Aug 21]. Available from: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Todesursachen/Tabellen/sterbefaelle-unfaelle.html>
 19. Statistisches Bundesamt. Jeder siebte Mensch, der 2019 im Straßenverkehr ums Leben kam, war mit dem Fahrrad unterwegs [Internet]. 2019 [cited 2020 Aug 19]. Available from: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/08/PD20_N049_46241.html
 20. Statistisches Bundesamt. Verkehrsunfälle - Kraftrad- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr 2019 [Internet]. Available from: www.destatis.de

LITERATURVERZEICHNIS

21. Aarts LT, Commandeur JJF, Welsh R, Niesen S, Lerner M, Thomas P, et al. Study on serious road traffic injuries in the EU. Publ Off Eur Union, Luxemb. 2016;
22. Directorate-General for Mobility and Transport TEC. Towards a Strategy on Serious Road Traffic Injuries – Frequently asked questions. [Internet]. 2013 [cited 2020 Aug 30]. Available from: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_13_232
23. Directorate-General for Mobility and Transport TEC. Reducing serious road traffic injuries – a big challenge ahead [Internet]. Brüssel; 2015. Available from: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/news/nl21_en.pdf
24. Pape HC. Classification of patients with multiple injuries—Is the polytrauma patient defined adequately in 2012? *Injury*. 2012;43(2):127–8.
25. Butcher NE, Balogh ZJ. Update on the definition of polytrauma. *Eur J trauma Emerg Surg*. 2014;40(2):107–11.
26. Butcher N, Balogh ZJ. The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury*. 2009;40:S12--S22.
27. Gesellschaft für Unfallchirurgie D. Weißbuch Schwerverletztenversorgung Empfehlungen zur Struktur, Organisation, Ausstattung sowie Förderung von Qualität und Sicherheit in der Schwerverletzten- versorgung in der Bundesrepublik Deutschland.
28. Riediger R, Topp SA, Flohé S, Knoefel WT. Polytraumaversorgung im Schockraum und OP. *Allg Visz up2date*. 2012;6(03):195–208.
29. Lefering R. Das schwere Trauma. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2008;11(6):373–6.
30. Wurmb T, Frühwald P, Brederlau J, Steinhübel B, Frommer M, Kuhnigk H, et al. Der Würzburger Schockraumalgorithmus. *Anaesthesist*. 2005;54(8):763–72.
31. Frink M, Lechler P, Debus F, Ruchholtz S. Multiple trauma and emergency room management. *Dtsch Arztebl Int*. 2017;114(29–30):497.
32. Hußmann B, Waydhas C, Lendemans S. Schockraummanagement beim Schwer- und Schwerstverletzten. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2011;14(7):585–97.
33. Krueger A, Frink M, Kiessling A al, Ruchholtz S, Kühne CA. Schockraummanagement. *Der Chir*. 2013;84(5):437–50.
34. Lendemans S, Ruchholtz S. S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-

LITERATURVERZEICHNIS

- Behandlung. Unfallchirurg. 2012;115(1):14–21.
35. Stürmer KM, Neugebauer E. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (2011) S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung. AWMF-Register-Nr. 012/019.
 36. Hilbert-Carius P, Wurmb · T, Lier · H, Fischer · M, Helm · M, Lott · C, et al. Leitlinien und Empfehlungen Update der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung 2016. Anaesthesist. 2017;66:195–206.
 37. Bouillon B, Probst · C, Maegele · M, Wafaisade · A, Helm · P, Mutschler · M, et al. Schockraummanagement Polytrauma ATLS® und S3-Leitlinie. Chirurg. 2013;84:745–52.
 38. Akademie der Unfallchirurgie GmbH [Internet]. 2019 [cited 2020 Aug 23]. Available from: http://www.traumanetzwerk-dgu.de/de/ueber_uns.html
 39. TraumaNetzwerk DGU® | Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie [Internet]. [cited 2020 Aug 29]. Available from: <http://www.dgu-online.de/qualitaetsicherheit/schwerverletzte/traumanetzwerk-dgur.html>
 40. Lefering R, Paffrath T, Nienaber U. The TraumaRegister DGU® as data source for monitoring severe injuries. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2014;57(6):660–5.
 41. Siebert HR, Ruchholtz S. The German Trauma Surgery Society's TraumaNetzwerk (D) project. Trauma und Berufskrankheit. 2007;9(4):265–70.
 42. Leitfaden zum Ausfüllen des Erhebungsbogens des TraumaRegister DGU®. 2020.
 43. Dgu T, others. 20 years TraumaRegister DGU®: Development, aims and structure. Injury. 2014;45:S6--S13.
 44. Unternehmen - AUC [Internet]. [cited 2020 Aug 29]. Available from: <https://www.auc-online.de/de/service/unternehmen.html>
 45. Sektion NIS - AUC [Internet]. [cited 2020 Aug 29]. Available from: <http://www.traumaregister-dgu.de/index.php?id=915&L=160>
 46. Helfen T, Lefering R, Moritz M, Böcker W, Grote S. Charakterisierung des schwer verletzten Fahrradfahrers: Eine Auswertung der Hauptverletzungen und Behandlungsschwerpunkte von 2817 Patienten. Unfallchirurg [Internet]. 2017 May 1 [cited 2020 Aug 21];120(5):403–8. Available from: <http://www.traumaregister>.

LITERATURVERZEICHNIS

47. Stier R, Otte D, Müller C, Petri M, Gaulke R, Krettek C, et al. Effectiveness of bicycle safety helmets in preventing facial injuries in road accidents. *Arch trauma Res.* 2016;5(3).
48. Abendroth E. Claviculafrakturen und Verletzungen des Acromioclaviculargelenkes im Radsport. Ruhr-Universität Bochum; 2017.
49. Gutsche J, Hintzpeter B, Neuhauser H, Schlaud M. Helmtragequoten bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland und vermeidbare Kopfverletzungen bei Fahrradunfällen. 2010;
50. Robinson DL. Do enforced bicycle helmet laws improve public health. *Br Med J.* 2006;332(7543):722.
51. Bürgi N, Clijsen R, Taeymans J. Akute mountainbike verletzungen--ein review. 2010;
52. Mag U, Kopp M, Weiß E. Risiko, Schutzausrüstung und Verletzungen von Mountainbiker/innen Untersuchung der Ausprägungen in verschiedenen Trailniveaus. Innsbruck; 2018.
53. Ueblacker P, Rathmann W, Rueger JM, Püschel K. Verletzungshäufigkeit und-muster beim Rennradfahren. *Unfallchirurg.* 2008;111(6):414.
54. Helfen T, Ney L, Mutschler W, Grote S. Unterschiedliche Unterschiedliche Hauptverletzungszonen des schwerverletzten Zweiradfahrers. *Notfall+ Rettungsmedizin.* 2013;16(4):274–9.
55. Eid HO, Bashir MM, Muhammed OQ, Abu-Zidan FM. Bicycle-related injuries: a prospective study of 200 patients. *Singapore Med J.* 2007;48(10):884.
56. Lustenberger T, Inaba K, Talving P, Barmparas G, Schnüriger B, Green D, et al. Bicyclists injured by automobiles: relationship of age to injury type and severity—a national trauma databank analysis. *J Trauma Acute Care Surg.* 2010;69(5):1120–5.
57. Eid HO, Barss P, Adam SH, Torab FC, Lunsjo K, Grivna M, et al. Factors affecting anatomical region of injury, severity, and mortality for road trauma in a high-income developing country: lessons for prevention. *Injury.* 2009;40(7):703–7.
58. Bücking B. Polytrauma des geriatrischen Patienten. In: *Management des Schwerverletzten* [Internet]. Springer Berlin Heidelberg; 2018 [cited 2020 Sep 25]. p. 377–86. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-662-54980-3_29

LITERATURVERZEICHNIS

59. ASA Physical Status Classification System | American Society of Anesthesiologists (ASA) [Internet]. [cited 2020 Aug 17]. Available from: https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/asa-physical-status-classification-system?_ga=2.228983445.866082328.1513695736-914352154.1513695736
60. Saklad M. Grading of patients for surgical procedures. *Anesthesiol J Am Soc Anesthesiol.* 1941;2(3):281–4.
61. Irlbeck T, Zwißler · B, Bauer · A. ASA-Klassifikation Wandel im Laufe der Zeit und Darstellung in der Literatur. *Anaesthesist.* 2017;66:5–10.
62. Schwilk B, Muche R, Bothner U, Goertz A, Friesdorf W, Georgieff M. Prozeßqualität in der Anästhesiologie Ergebnisse einer prospektiven Erhebung nach den Empfehlungen der DGAI. *Anaesthesist.* 1995;44(4):242–9.
63. Junger A, Veit C, Klöss T. Kontinuierliche Verbesserung in der anästhesiologischen Qualitätsdokumentation. *AINS-Anästhesiologie·Intensivmedizin·Notfallmedizin·Schmerztherapie.* 1998;33(11):715–21.
64. VACANTI CJ, VanHOUTEN RJ, HILL RC. A statistical analysis of the relationship of physical status to postoperative mortality in 68,388 cases. *Anesth Analg.* 1970;49(4):564–6.
65. Owens WD, Felts JA, Spitznagel EL. ASA physical status Classifications A study of consistency of ratings. *Anesthesiol J Am Soc Anesthesiol.* 1978;49(4):239–43.
66. Doenicke A, Kettler D, List WF, Radke J, Tarnow J. *Anästhesiologie.* Springer-Verlag; 2013.
67. Teasdale G, Maas A, Lecky F, Manley G, Stocchetti N, Murray G. The Glasgow Coma Scale at 40 years: Standing the test of time. *Lancet Neurol.* 2014 Aug 1;13(8):844–54.
68. Unterberg A, Kiening KL. Schädel-und Hirntraumen. In: *Neurologie.* Springer; 2016. p. 667–84.
69. Kretz F-J, Schäffer J, Gleiter CH, Krebsbach W, Hindley U, Remppis S. Zerebrale und peripherneurologische Funktionsstörungen. *Anästhesie, Intensivmed Notfallmedizin, Schmerztherapie.* 2008;347–63.
70. Lefering R. Development and validation of the revised injury severity

LITERATURVERZEICHNIS

- classification score for severely injured patients. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2009;35(5):437–47.
71. Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U, Maegele M, Bouillon B. Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGUTM: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Crit care.* 2014;18(5):476.
 72. Lefering R, Paffrath T, Nienaber U. Jahresbericht 2014 - TraumaRegister DGU® für den Zeitraum bis Ende 2013 [Internet]. 2014. Available from: www.traumaregister.de.
 73. Baker SP, o'Neill B, Haddon Jr W, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma Acute Care Surg.* 1974;14(3):187–96.
 74. Copes WS, Champion HR, Sacco WJ, Lawnick MM, Gann DS, Gennarelli T, et al. Progress in characterizing anatomic injury. *J Trauma.* 1990;30(10):1200–7.
 75. Haasper C, Junge M, Ernstberger A, Brehme H, Hannawald L, Langer C, et al. Die Abbreviated Injury Scale (AIS). *Unfallchirurg.* 2010;113(5):366–72.
 76. Oestern H-J, Tscherne H, Sturm J, Nerlich M. Klassifizierung der verletzungsschwere. *Unfallchirurg.* 1985;88(11):465–72.
 77. Ebrahimi M, Pirazghandi H, Reihani HR. How is the injury severity scored? a brief review of scoring systems. *Rev Clin Med.* 2015;2(3):125–8.
 78. Bundesamt S. Verkehrsunfälle - Unfallentwicklung im Straßenverkehr [Internet]. Wiesbaden; 2010. Available from: http://www.verkehrswacht-bottrop.de/fileadmin/verkehrswacht/bottrop/Dokumente/unfallzahlen_2009.pdf
 79. Armitage P, Colton T. *Encyclopedia of epidemiologic methods.* John Wiley & Sons; 2000.
 80. Ellwein A. *Verletzungsmuster und Verletzungsschwere bei Fahrradunfällen im Großraum Göttingen.* Georg-August-Universität Göttingen; 2011.
 81. Kanduth-Grahl SF. *Einflüsse auf Verletzungsmuster und Verletzungsschwere beim tödlich verlaufenen Fahrradunfall: Auswertung im Sektionsgut des Hamburger Instituts für Rechtsmedizin.* 2004;
 82. Buschmann CGA, Tsokos M, Kleber C. *Tödliche Fahrradunfälle im Land Berlin von 2000 bis 2009--Begleitumstände, Unfallgeschehen und Todesursachen.* *Zeitschrift für Verkehrssicherheit.* 2014;60(1):19–27.

LITERATURVERZEICHNIS

83. Wiedner V von. Entwicklung von Fahrradunfällen in Dresden. Eine statistische Analyse. 2019;
84. Delank K-W, Meldau P, Stoll W. Die Traumatologie des Gesichtsschädels bei Fahrradunfällen. *Laryngo-Rhino-Otologie*. 1995;74(07):428–31.
85. Crocker P, Zad O, Milling T, Lawson KA. Alcohol, bicycling, and head and brain injury: a study of impaired cyclists' riding patterns R1. *Am J Emerg Med*. 2010;28(1):68–72.
86. Andruszkow H, Lefering R, Frink M, Mommsen P, Zeckey C, Rahe K, et al. Survival benefit of helicopter emergency medical services compared to ground emergency medical services in traumatized patients. *Crit care*. 2013;17(3):1–10.
87. Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, FREY CF. The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care. *J Trauma Acute Care Surg*. 1990;30(11):1356–65.
88. Jeys LM, Cribb G, Toms AD, Hay SM. Mountain biking injuries in rural England. *Br J Sports Med*. 2001;35(3):197–9.
89. Eder L. Verletzungen und Todesursachen von tödlich verunglückten Fahrradfahrern unter Berücksichtigung der Unfallgegner. *Imu*; 2016.
90. Limbourg M, Reiter K. Verkehrspsychologie. In: *Handbuch Psychologie und Geschlechterforschung*. Springer; 2010. p. 203–27.
91. Rau H, Leser H. Geschwindigkeit von Radfahrern im Stadtverkehr. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*. 1990;28(7/8):176–8.
92. Lehmann W, Jüling I. Wenn schon altern, dann wie ein Baum: Aus Altholz immer wieder neu austreiben. In: *Auch alte Bäume wachsen noch*. Springer; 2020. p. 1–13.
93. Starostzik C. Osteoporose im hohen Alter managen. *CME*. 2015;12(1–2):38–9.
94. Gründl M. KINDER IM STRAßENVERKEHR.
95. Doong J-L, Lai C-H. Risk factors for child and adolescent occupants, bicyclists, and pedestrians in motorized vehicle collisions. *Traffic Inj Prev*. 2012;13(3):249–57.
96. Groß A. Tödliche Fahrradunfälle im Land Berlin von 2000 bis 2009: Begleitumstände, Unfallgeschehen und Todesursachen. 2014.
97. Eysel U. Signalaufnahme und Verarbeitung in der Netzhaut. *Der Ophthalmol*.

LITERATURVERZEICHNIS

- 2007;104(1):79–92.
98. Whissell RW, Bigelow BJ. The speeding attitude scale and the role of sensation seeking in profiling young drivers at risk. *Risk Anal An Int J.* 2003;23(4):811–20.
 99. Moskal A, Martin J-L, Laumon B. Risk factors for injury accidents among moped and motorcycle riders. *Accid Anal Prev.* 2012;49:5–11.
 100. Weiss R, Juhra C, Wieskötter B, Weiss U, Jung S, Raschke MJ. Zur Gefährlichkeit alkoholbeeinflussten Radfahrens- Grenzwertdiskussion in Deutschland aus medizinischer Sicht. *Notfall+ Rettungsmedizin.* 2019;22(8):723–30.
 101. von Below A. Zielgruppe Motorradfahrerinnen und-fahrer. In: *Verkehrssicherheitskommunikation.* Springer; 2015. p. 81–95.
 102. Vatterodt S. Analyse der Verletzungen verunfallter motorisierter Zweiradfahrer unter besonderer Berücksichtigung Polytraumatisierter im Göttinger Polytraumaregister. Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek Göttingen; 2010.
 103. Bartl G, Hager B. Unfallursachenanalyse bei PKW-Lenkern. Wien Inst Gute Fahrt. 2006;
 104. Ellwein A. Verletzungsmuster und Verletzungsschwere bei Fahrradunfällen im Großraum Göttingen. Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek Göttingen; 2011.
 105. Statistisches Bundesamt. Verkehrsunfälle - Krafrtrad- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr 2018 [Internet]. 2019. Available from: www.destatis.de
 106. Skaga NO, Eken T, Søvik S, Jones JM, Steen PA. Pre-injury ASA physical status classification is an independent predictor of mortality after trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 2007;63(5):972–8.
 107. Camilloni L, Farchi S, Rossi PG, Chini F, Borgia P. Mortality in elderly injured patients: the role of comorbidities. *Int J Inj Control Saf Promot.* 2008;15(1):25–31.
 108. Aufmkolk M, Majetschak M, Voggenreiter G, Obertacke U, Schmit-Neuerburg K-P. Verlauf und prognose schwerer Unfallverletzungen im Alter. *Unfallchirurg.* 1997;100(6):477–82.
 109. Hilbig F, Bernhard M. Klare Empfehlung der endotrachealen Intubation bei Schädel-Hirntrauma mit GCS< 9. *Intensiv-und Notfallbehandlung.* 2017;42(2):70.
 110. Neugebauer E, Hensler T, Rose S, Maier B, Holanda M, Raum M, et al. Das

LITERATURVERZEICHNIS

- schwere Schädel-Hirn-Trauma bei Mehrfachverletzten Eine Bestandsaufnahme zur Interaktion lokaler und systemischer Mediatorwirkungen. *Unfallchirurg.* 2000;103(2):122–31.
111. Antoni A, Heinz T, Leitgeb J. Polytrauma und begleitendes Schädel-Hirn-Trauma. *Unfallchirurg.* 2017;120(9):722–7.
112. Persaud N, Coleman E, Zwolakowski D, Lauwers B, Cass D. Nonuse of bicycle helmets and risk of fatal head injury: a proportional mortality, case--control study. *Cmaj.* 2012;184(17):E921--E923.
113. Schleinitz K, Petzoldt T, Krems J, Gehlert T, Kröling S. Helmnutzung und regelwidriges Verhalten von Pedelec-und Fahrradfahrern. *Forschungsbericht/unfallforsch der Versicherer.* 2016;(43).
114. Harenberg J, Bauersachs R, Diehm C, Lawall H, Burkhardt H, Gerlach H, et al. Antikoagulation im Alter. *Internist (Berl).* 2010;51(11):1446–55.
115. Bartl R. Osteoporose: Prävention, Diagnostik, Therapie. Georg Thieme Verlag; 2010.
116. Ressing M, Blettner M, Klug SJ. Data analysis of epidemiological studies: part 11 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Arztebl Int.* 2010;107(11):187.
117. Eden L, Kühn A, Gilbert F, Meffert RH, Lefering R. Increased Mortality Among Critically Injured Motorcyclists Over 65 Years of Age: A Retrospective, Multicenter, Cross-Sectional Study Using the TraumaRegister DGU® of the German Trauma Society (DGU). *Dtsch Arztebl Int.* 2019;116(27–28):479.
118. Airaksinen N, Nurmi-Lüthje I, Lüthje P. Comparison of injury severity between moped and motorcycle crashes: a Finnish two-year prospective hospital-based study. *Scand J Surg.* 2016;105(1):49–55.
119. Thompson DC, Rivara F, Thompson R. Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists. *Cochrane database Syst Rev.* 1999;(4).
120. Zwipp H, Ernstberger A, Groschupf V, Günther KP, Haase M, Haasper C, et al. Prävention von Verkehrsunfällen äußerer Verkehrsteilnehmer (Fußgänger und Fahrradfahrer) in Deutschland. *Unfallchirurg.* 2012;115(6):554–65.
121. Switzer JA, Gammon SR. High-energy skeletal trauma in the elderly. *JBJS.* 2012;94(23):2195–204.

LITERATURVERZEICHNIS

122. Lefering R, Paffrath T, Linker R, Bouillon B, Neugebauer EAM, für Unfallchirurgie/German Society for Trauma Surgery DG, et al. Head injury and outcome—what influence do concomitant injuries have? *J Trauma Acute Care Surg.* 2008;65(5):1036–44.
123. Esmer E, Steinmetz A, Zeh A, Stachow M, Siekmann H, Lefering R, et al. Intrakranielle Blutung bei Polytrauma und leichtem Schädel-Hirn-Trauma. *Notfall+ Rettungsmedizin.* 2013;16(7):532–8.
124. Kronisch RL, Pfeiffer RP. Mountain biking injuries. *Sport Med.* 2002;32(8):523–37.
125. Hosemann W, Schroeder HWS, Kaduk W, Augst D, Friedrich J. Interdisziplinäres Management von Mittelgesichtsverletzungen. *HNO.* 2005;53(5):479–500.
126. Schmitt T, Pfalzer F, Huth J, Mauch F. Traumatic medial clavicle fracture induced by chin bar of a full-face helmet following a downhill mountainbike accident. *Sportverletzung·Sportschaden.* 2020;34(01):48–50.
127. Follmar KE, DeBruijn M, Baccarani A, Bruno AD, Mukundan S, Erdmann D, et al. Concomitant injuries in patients with panfacial fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2007;63(4):831–5.
128. Alvi A, Doherty T, Lewen G. Facial fractures and concomitant injuries in trauma patients. *Laryngoscope.* 2003;113(1):102–6.
129. Kinoshita K. Traumatic brain injury: pathophysiology for neurocritical care. *J intensive care.* 2016;4(1):29.
130. Weaver AA, Schoell SL, Stitzel JD. Morphometric analysis of variation in the ribs with age and sex. *J Anat.* 2014;225(2):246–61.
131. Kent R, Lee S-H, Darvish K, Wang S, Poster CS, Lange AW, et al. Structural and material changes in the aging thorax and their role in crash protection for older occupants. 2005.
132. Horst K, Andruszkow H, Weber CD, Pishnamaz M, Herren C, Zhi Q, et al. Thoracic trauma now and then: A 10 year experience from 16,773 severely injured patients. *PLoS One.* 2017;12(10):e0186712.
133. Huber S, Biberthaler P, Delhey P, Trentzsch H, Winter H, Van Griensven M, et al. Predictors of poor outcomes after significant chest trauma in multiply injured patients: a retrospective analysis from the German Trauma Registry (Trauma

LITERATURVERZEICHNIS

- Register DGU®). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2014;22(1):52.
134. Schulz-Drost S, Oppel P, Grupp S, Krinner S, Langenbach A, Lefering R, et al. Knöcherne Verletzung der Brustwand beim Polytrauma. *Unfallchirurg.* 2016;119(12):1023–30.
135. Dewar DC, Tarrant SM, King KL, Balogh ZJ. Changes in the epidemiology and prediction of multiple-organ failure after injury. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;74(3):774–9.
136. Bayer J, Lefering R, Reinhardt S, Kühle J, Zwingmann J, Südkamp NP, et al. Thoracic trauma severity contributes to differences in intensive care therapy and mortality of severely injured patients: analysis based on the TraumaRegister DGU®. *World J Emerg Surg.* 2017;12(1):43.
137. Cherniawsky H, Bratu I, Rankin T, Sevcik W. Serious impact of handlebar injuries. *Clin Pediatr (Phila).* 2014;53(7):672–6.
138. Erez I, Lazar L, Gutermacher M, Katz S. Abdominal injuries caused by bicycle handlebars. *Eur J Surg.* 2001;167(5):331–3.
139. Schmidt MS, Rosenberg J, Tolver MA. Traumatic bicycle handlebar hernia in children: a systematic review. *Dan Med J.* 2018;65(1).
140. Frobenius H, Betzel A. Verletzungen und deren Ursache bei Fahrradunfällen. *Unfallchirurgie.* 1987;13(3):135–41.
141. Thonack J, Hoffmann W. Bringen Sie Ihre Senioren auf die Beine! *MMW-Fortschritte der Medizin.* 2011;153(4):43–4.
142. Banerjee M, Bouillon B, Shafizadeh S, Paffrath T, Lefering R, Wafaisade A, et al. Epidemiology of extremity injuries in multiple trauma patients. *Injury.* 2013;44(8):1015–21.
143. Stalp M, Koch C, Ruchholtz S, Regel G, Panzica M, Krettek C, et al. Standardized outcome evaluation after blunt multiple injuries by scoring systems: a clinical follow-up investigation 2 years after injury. *J Trauma Acute Care Surg.* 2002;52(6):1160–8.
144. Ketterl R. Beckenringinstabilitäten. *Trauma und Berufskrankheit.* 2016;18(2):165–72.
145. Stuby FM, Schäffler A, Haas T, König B, Stöckle U, Freude T. Insuffizienzfrakturen des Beckenrings. *Trauma und Berufskrankheit.*

LITERATURVERZEICHNIS

- 2014;16(2):92–100.
146. Fuchs T, Rottbeck U, Hofbauer V, Raschke M, Stange R. Beckenringfrakturen im Alter. *Unfallchirurg*. 2011;114(8):663.
 147. Källicke T, Ambacher T, Muhr G, Arens S. Diagnostik und Klassifikation von Beckenfrakturen. *Trauma und Berufskrankheit*. 2000;2(1):11–8.
 148. Holstein JH, Culemann U, Pohlemann T, in Pelvic Fracture Patients WGM, others. What are predictors of mortality in patients with pelvic fractures? *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(8):2090–7.
 149. Lechner R, Lampl L, Treffer D. Notfallbehandlung von Beckenverletzungen. *Der Notarzt*. 2017;33(03):132–8.
 150. Dechert TA, Duane TM, Frykberg BP, Aboutanos MB, Malhotra AK, Ivatury RR. Elderly patients with pelvic fracture: interventions and outcomes. *Am Surg*. 2009;75(4):291–5.
 151. Burkhardt M, Nienaber U, Krause J, Pizanis A, Moersdorf P, Culemann U, et al. Das komplexe Beckentrauma. *Unfallchirurg*. 2015;118(11):957–62.
 152. Buchinger W. Vertebro-medullary injuries in polytrauma. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmedizin, Schmerztherapie AINS*. 1999;34:S28.
 153. Leucht P, Fischer K, Muhr G, Mueller EJ. Epidemiology of traumatic spine fractures. *Injury*. 2009;40(2):166–72.
 154. Jacobs C, Hartwig T, Rößler PP, Meila D, Nikiforov I, Plöger MM, et al. Einfluss des Unfallmechanismus auf die Wirbelkörperfraktur. *Unfallchirurg*. 2018;121(9):739–46.
 155. Knop C, Blauth M, Bühren V, Hax P-M, Kinzl L, Mutschler W, et al. Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs. *Unfallchirurg*. 1999;102(12):924–35.
 156. Heinzelmann M, Wanner GA. Thoracolumbar spinal injuries. In: *Spinal Disorders*. Springer; 2008. p. 883–924.
 157. Schinkel C, Frangen TM, Kmetz A, Andress H-J, Muhr G, others. Wirbelsäulenfrakturen bei Mehrfachverletzten. *Unfallchirurg*. 2007;110(11):946–52.
 158. Katzenberger A. Puls und Blutdruck bei gesunden Kindern. *Z Kinderheilkd*. 1913;9(1):167–95.

LITERATURVERZEICHNIS

159. Schüttler J, Schmitz B, Bartsch AC, Fischer M. Untersuchungen zur Effizienz der notärztlichen Therapie bei Patienten mit Schädel-Hirn-bzw. Polytrauma Ein Beitrag zur Qualitätssicherung in der Notfallmedizin. *Anaesthesist*. 1995;44(12):850–8.
160. Maier B. Analgesie und Sedierung. *Notfall & Rettungsmedizin*. 1998;1(1):49–63.
161. Lier H, Maegele M. Blutungsmanagement: Tranexamsäure in der Präklinik. Pro und Kontra. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2019;22(8):685–95.
162. Gayet-Ageron A, Prieto-Merino D, Ker K, Shakur H, Ageron F-X, Roberts I, et al. Effect of treatment delay on the effectiveness and safety of antifibrinolytics in acute severe haemorrhage: a meta-analysis of individual patient-level data from 40 138 bleeding patients. *Lancet*. 2018;391(10116):125–32.
163. Shakur H, Roberts I, Fawole B, Chaudhri R, El-Sheikh M, Akintan A, et al. Effect of early tranexamic acid administration on mortality, hysterectomy, and other morbidities in women with post-partum haemorrhage (WOMAN): an international, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet*. 2017;389(10084):2105–16.
164. Laurer H, Wutzler S, Wyen H, Westhoff J, Lehnert M, Lefering R, et al. Prä- und frühklinische Versorgungsqualität pädiatrischer Traumapatienten im Schulalter im Vergleich mit dem Erwachsenenkollektiv. *Unfallchirurg*. 2009;112(9):771–7.
165. Bouillon B, Wafaisade A, Helm P, Tinschmann T, Schenkel M, Maegele M, et al. Reanimation nach Trauma. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2013;16(7):527–31.
166. Krappinger D. Kardiopulmonale Reanimation bei Polytraumapatienten. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2008;11(2):139–40.
167. Altmann K. Vergleich der Letalität polytraumatisierter Patienten abhängig von rettungsregion und Rettungszeit anhand der Revised Injury Severity Classification (RISC). Universität Ulm; 2012.
168. Kanz K-G, Schmöller G, Enhuber K, Hölzl G, Sturm JA, Mutschler W, et al. Algorithmus für die Rettung von eingeklemmten Personen bei Verkehrsunfällen. *Unfallchirurg*. 2002;105(11):1015–21.
169. Mommsen P, Bradt N, Zeckey C, Andruszkow H, Petri M, Frink M, et al. Comparison of helicopter and ground emergency medical service: a retrospective analysis of a German rescue helicopter base. *Technol Heal Care*. 2012;20(1):49–

LITERATURVERZEICHNIS

- 56.
170. Eker C, Asgeirsson B, Grande P-O, Schalen W, Nordstrom C-H. Improved outcome after severe head injury with a new therapy based on principles for brain volume regulation and preserved microcirculation. *Crit Care Med.* 1998;26(11):1881–6.
171. Bouillon B, Kanz KG, Lackner CK, Mutschler W, Sturm J. Die Bedeutung des Advanced Trauma Life Support®(ATLS®) im Schockraum. *Unfallchirurg.* 2004;107(10):844–50.
172. Joachim H. Untersuchungen zur Häufigkeit, Mechanogenese und Mortalität von Blutungen in die Brücke bei Verkehrsunfällen. *HEFTE ZUR Unfallheilkd* 132. 1978;(132).
173. Westhoff J, Laurer H, Wutzler S, Wyen H, Mack M, Maier B, et al. Interventionelle Notfallembolisation bei schweren Beckenfrakturen mit arterieller Blutung. *Unfallchirurg.* 2008;111(10):821.
174. Trentzsch H, Maegele M, Nienaber U, Paffrath T, Lefering R. Der Datensatz des TraumaRegister DGU®, seine Entwicklung über 25 Jahre und Fortschritte in der Schwerverletztenversorgung. *Unfallchirurg.* 2018;121(10):794–801.
175. Wutzler S, Maegele M, Lustenberger T, Hildebrand F, Lefering R, Frink M, et al. Blutungen und Gerinnungsstörungen beim Polytrauma. *Notfall+ Rettungsmedizin.* 2014;17(7):567–74.

7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Straßenverkehrsunfälle 2018 -----	2
Abbildung 2: Verkehrstote nach Altersgruppen -----	3
Abbildung 3: Art des Verkehrsmittels bei Unfällen aller Art -----	4
Abbildung 4: Anzahl tödlicher Fahrradunfälle 2019-----	6
Abbildung 5: Studienflussdiagramm zur Veranschaulichung der Patientenauswahl gemäß TraumaRegister DGU®-----	16
Abbildung 6: Punktevergabe zur Berechnung des RISC – II – Scores-----	21
Abbildung 7: Fahrradunfälle zwischen 2010 – 2019 nach Geschlecht gemäß TraumaRegister DGU®-----	25
Abbildung 8: Altersabhängiger Anteil schwerverletzter Fahrradfahrer zwischen 2010 bis 2019 nach Daten des TraumaRegister DGU®-----	26
Abbildung 9: Altersgruppenverteilung schwerverletzter Fahrradfahrer im Zeitraum 2010 bis 2019 nach Daten des TraumaRegister DGU®-----	27
Abbildung 10: Tageszeitliche Verteilung verunglückter Fahrradfahrer gemäß TraumaRegister DGU®-----	28
Abbildung 11: Saisonale Verteilung von Fahrradunfällen nach Daten des TraumaRegister DGU®-----	29
Abbildung 12: Art der versorgenden Klinik gemäß TraumaRegister DGU®-----	31
Abbildung 13: Sterblichkeit verunglückter Fahrradfahrer nach Angaben des TraumaRegister DGU®-----	33
Abbildung 14: Verletzungsmuster AIS ≥ 3 nach Daten des TraumaRegister DGU®, n = 14.651 -----	35
Abbildung 15: Verletzungsmuster AIS ≥ 2 junger versus alter Unfallopfer nach Daten des TraumaRegister DGU®.-----	38
Abbildung 16: Gerinnungssituation nach Angaben des TraumaRegister DGU®-----	42

8 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: ASA – Klassifikation der körperlichen Verfassung von 1963-----	17
Tabelle 2: Glasgow Coma Scale (GCS) -----	19
Tabelle 3: AIS – Code für die verschiedenen Verletzungsschweren -----	22
Tabelle 4: Beispiel für die Berechnung des ISS aus den AIS – Werten-----	23
Tabelle 5: Aufnahmezeitpunkt (werktags/wochenends) in den Alterskollektiven nach Daten des TraumaRegister DGU® -----	28
Tabelle 6: Alkoholkonzentration der definierten Alterskollektive in Promille nach Daten des TraumaRegister DGU® -----	30
Tabelle 7: Verwendete Scores zur Klassifikation der Verletzungsschwere nach Daten des TraumaRegister DGU®-----	32
Tabelle 8: Liegedauer in Tagen verstorbener und nicht verstorbener Patienten gemäß TraumaRegister DGU®-----	34
Tabelle 9: Intubationsdauer nach Daten des TraumaRegister DGU® -----	35
Tabelle 10: Verletzungsmuster AIS ≥ 2 gemäß TraumaRegister DGU®, n = 14.651 ---	36
Tabelle 11: Verletzungsmuster AIS ≥ 2 nach Angaben des TraumaRegister DGU®, n = 14.651 -----	37
Tabelle 12: präklinische Parameter und initiale Therapie nach Angaben des TraumaRegister DGU®-----	40
Tabelle 13: Kreislaufparameter im Schockraum gemäß TraumaRegister DGU® -----	41
Tabelle 14: Laborparameter im Schockraum gemäß TraumaRegister DGU® -----	43

ANHANG

9 ANHANG

TraumaRegister DGU® <small>DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR UNFALLCHIRURGIE</small>		Standardbogen V2020 (06/20)																													
B1: SR-/OP-Phase		Patienten-Code: _____																													
<p>Aufnahme Datum _____.____.20____ Uhrzeit ____:____ Uhr</p> <p>COVID-19 COVID-19-Abstrich <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> unbekannt Wenn ja: Testergebnis: <input type="radio"/> negativ <input type="radio"/> positiv <input type="radio"/> unbekannt</p> <p>Vitalzeichen Atemfrequenz (spontan) _____ /min Sauerstoffsättigung (SpO₂) _____ % Blutdruck (systolisch) _____ mmHg Herzfrequenz _____ /min Temperatur _____ °C</p> <p>Atmung Bereits bei Ankunft beatmet? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Wenn ja: FiO₂ _____ % oder Dezimalwert* PaO₂ _____ mmHg oder kPa*</p> <p>Glasgow Coma Scale <table border="0" style="width:100%; font-size: small;"> <tr> <th style="text-align: left;">Augenöffnen</th> <th style="text-align: left;">Verbale Antwort</th> <th style="text-align: left;">Motorische Antwort</th> </tr> <tr> <td>spontan (4)</td> <td>orientiert (5)</td> <td>befolgt Aufforderung (6)</td> </tr> <tr> <td>auf Geräusch (3)</td> <td>verwirrt (4)</td> <td>lokalisiert (5)</td> </tr> <tr> <td>auf Druck (2)</td> <td>Wörter (3)</td> <td>beugt normal (4)</td> </tr> <tr> <td>nicht vorhanden (1)</td> <td>Laute (2)</td> <td>beugt abnormal (3)</td> </tr> <tr> <td>nicht beurteilbar (NT) keine</td> <td>(1) keine</td> <td>streckt (2)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>nicht beurteilbar (NT) keine</td> <td>(1) nicht beurteilbar (NT)</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"> _____ + _____ + _____ = GCS-Wert _____ </p> <p>Pupillenweite Lichtreaktion normal (0) spontan (0) Anisokorie (1) verzögert (1) beidseits weit (2) lichtstarr (3)</p> </p>	Augenöffnen	Verbale Antwort	Motorische Antwort	spontan (4)	orientiert (5)	befolgt Aufforderung (6)	auf Geräusch (3)	verwirrt (4)	lokalisiert (5)	auf Druck (2)	Wörter (3)	beugt normal (4)	nicht vorhanden (1)	Laute (2)	beugt abnormal (3)	nicht beurteilbar (NT) keine	(1) keine	streckt (2)		nicht beurteilbar (NT) keine	(1) nicht beurteilbar (NT)	<p>Diagnostik nein ja Uhrzeit</p> <p>FAST / eFAST <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Freie Flüssigkeit bei FAST? <input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Röntgen Thorax <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Röntgen Becken <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Röntgen Wirbelsäule <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Ganzkörper-CT (inkl. cCT) <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr</p> <p>Selektives CT</p> <p>Kopf <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr HWS <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Thorax mit BWS <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Abdomen/LWS/Becken <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Extremitäten <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr</p> <p>MRT <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr ROTEM® <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr</p> <p>EXTEM-CT _____ sek EXTEM-MCF _____ mm FIBTEM-A10 _____ mm</p> <p>Wurde Teleradiologie genutzt? nein <input type="radio"/> ja <input type="radio"/></p> <p>Volumengabe</p> <table border="0" style="width:100%; font-size: small;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Schockraum</td> <td style="text-align: center;">OP-Phase</td> </tr> <tr> <td>Kristalloide</td> <td style="text-align: center;">_____ ml</td> <td style="text-align: center;">_____ ml</td> </tr> <tr> <td>Kolloide</td> <td style="text-align: center;">_____ ml</td> <td style="text-align: center;">_____ ml</td> </tr> </table> <p>Therapie Schockraum nein ja</p> <p>Endotracheale Intubation <input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Chirurgischer Atemweg <input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Thoraxdrainage <input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Herzdruckmassage <input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Perikardpunktion <input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Beckengurt <input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Katecholamine (Erst-/Weitergabe) <input type="radio"/> <input type="radio"/></p> <p>Operative Notfallmaßnahmen bis Aufnahme ICU / IMC nein ja Schnittzeit</p> <p>Operative Hirndruckentlastung <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Laminektomie <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Thorakotomie <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Laparotomie <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Revaskularisation <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Embolisation <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr REBOA <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Stabilisierung Becken <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Stabilisierung Extremitäten <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Escharotomie <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr Dermatomfasziotomie <input type="radio"/> <input type="radio"/> ____:____ Uhr</p>		Schockraum	OP-Phase	Kristalloide	_____ ml	_____ ml	Kolloide	_____ ml	_____ ml
Augenöffnen	Verbale Antwort	Motorische Antwort																													
spontan (4)	orientiert (5)	befolgt Aufforderung (6)																													
auf Geräusch (3)	verwirrt (4)	lokalisiert (5)																													
auf Druck (2)	Wörter (3)	beugt normal (4)																													
nicht vorhanden (1)	Laute (2)	beugt abnormal (3)																													
nicht beurteilbar (NT) keine	(1) keine	streckt (2)																													
	nicht beurteilbar (NT) keine	(1) nicht beurteilbar (NT)																													
	Schockraum	OP-Phase																													
Kristalloide	_____ ml	_____ ml																													
Kolloide	_____ ml	_____ ml																													
* Bitte die in Ihrem Haus verwendeten Einheiten unterstreichen (diese können in der Online-Eingabe vom TR-Klinikadministrator unter „Festlegung Einheiten“ ausgewählt werden)																															

B2: SR-/OP-Phase		Patienten-Code: _____	
Hämostase-Therapie		Schockraum (ohne OP-Phase)	OP-Phase
Bluttransfusion (EK)	_____ Einheiten	Zeit erste EK-Gabe: _____:_____ Uhr	_____ Einheiten
Frischplasma (FFP)	_____ Einheiten oder ml*		_____ Einheiten oder ml*
Thrombozytenkonzentrat	_____ Einheiten oder ml*		_____ Einheiten oder ml*
Medikamentöse Gerinnungstherapie		nein	ja
		Zeit ersten Gabe	
Tranexamsäure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____:_____ Uhr
Fibrinogen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____:_____ Uhr
PPSB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	(ohne Uhrzeit)
Kalzium	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	(ohne Uhrzeit)
Faktor XIII	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	(ohne Uhrzeit)
DOAK-Antidot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	(ohne Uhrzeit)
Weiterversorgung		Weiterverlegung Uhrzeit: _____:_____ Uhr	
		<input type="radio"/> OP	
		<input type="radio"/> ICU/IMC	
		<input type="radio"/> Tod im Schockraum	
		<input type="radio"/> anderes Krankenhaus	
		<input type="radio"/> Sonstiges _____	
C: Intensivstation			
Aufnahme		Aufenthaltsdauer/ Beatmungstherapie	
Datum: _____.____.20____ Uhrzeit: _____:_____ Uhr		nein	ja
		Dauer in Stunden oder Tagen*	
Labor / Vitalwerte		Intensivtherapie (exkl. IMC)	<input type="radio"/>
Hämoglobin	_____ g/dl oder mmol/l*	Mechanische Beatmung	<input type="radio"/>
Thrombozytenzahl	_____ / μ l oder gpt/l*	Therapie	
TPZ (Quick)	_____ %	nein	ja
PTT	_____ sek	Nierenersatzverfahren	<input type="radio"/>
INR	_____ [ohne Einheit]	ECMO (Extrakorporaler Lungensupport)	<input type="radio"/>
Base Excess (-/+)	_____ mmol/l	Organversagen (SOFA-Score > 2)	
Ca (ionisiert)	_____ mmol/l oder mg/dl*	Atmung	<input type="radio"/>
Fibrinogen	_____ μ mol/l oder g/dl*	Koagulation	<input type="radio"/>
Temperatur	_____ °C	Leber	<input type="radio"/>
ROTEM®		Herz-Kreislauf	<input type="radio"/>
EXTEM-CT	_____ sek	ZNS	<input type="radio"/>
EXTEM-MCF	_____ mm	Niere	<input type="radio"/>
FIBTEM-A10	_____ mm	MOV	<input type="radio"/>
Hämostase-Therapie		Sepsis (neue Definition)	<input type="radio"/>
(innerhalb der ersten 48 Stunden NACH Aufnahme auf die ICU)		<u>Wenn ja:</u> Fokus	
Bluttransfusion (EK)	_____ Einheiten	<input type="radio"/> Katheter	
Frischplasma (FFP)	_____ Einheiten oder ml*	<input type="radio"/> Lunge	
Thrombozytenkonzentrat	_____ Einheiten oder ml*	<input type="radio"/> Wunden	
Medikamentöse Gerinnungstherapie		<input type="radio"/> Urosepsis	
(innerhalb der ersten 48 Stunden NACH Aufnahme auf die ICU)		<input type="radio"/> Abdomen	
Tranexamsäure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> Anderer _____	
Fibrinogen	<input type="radio"/>		
PPSB	<input type="radio"/>		
Faktor XIII	<input type="radio"/>		

Rot markierte Parameter sind Pflichtfelder!

* Bitte die in Ihrem Haus verwendeten Einheiten unterstreichen (diese können in der Online-Eingabe vom TR-Klinikadministrator unter „Festlegung Einheiten“ ausgewählt werden).

D1: Abschluss Patienten-Code: _____

<p>Entlassungs-/Todesdatum</p> <p>Datum: _____._____.20____</p> <p>Uhrzeit: ____:____ Uhr <small>(Pflicht bei Weiterverlegung innerhalb 48 Stunden)</small></p>	<p>Zustand bei Entlassung/Verlegung</p> <p><input type="radio"/> gut erholt <input type="radio"/> mäßig behindert <input type="radio"/> schwer behindert <input type="radio"/> nicht ansprechbar</p>
<p>Entlassung/Verlegung/Tod</p> <p><input type="radio"/> Entlassung nach Hause <input type="radio"/> Verlegung in Reha-Klinik <input type="radio"/> Verlegung in ein anderes Krankenhaus (siehe unten) <input type="radio"/> Sonstige <input type="radio"/> Tod</p> <p>Bei Tod: Therapielimitierung: <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Grund für Therapiebegrenzung: <input type="radio"/> palliativ <input type="radio"/> mutmaßlicher Patientenwille <input type="radio"/> schriftlich bekundeter Patientenwille</p>	<p>Todesursache</p> <p><input type="radio"/> SHT <input type="radio"/> Hämorrhagie <input type="radio"/> Organversagen <input type="radio"/> Sonstige</p> <p>Klinikrelevante thromboembolische Ereignisse?</p> <p><input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> Herzinfarkt <input type="checkbox"/> Lungenembolie <input type="checkbox"/> Tiefe Beinvenenthrombose <input type="checkbox"/> Apoplex <input type="checkbox"/> Andere thromboembolische Ereignisse</p> <p>Wenn ja: Bestand Thromboseprophylaxe? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p>
<p>Verlegung in anderes Krankenhaus</p> <p><input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja (bitte Klinik angeben) _____</p>	

D2: Diagnosen

<p>Verletzung: _____</p> <p>AIS-Code: _____ Offene Fraktur? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p> <p>OP-Maßnahme: (siehe OP-Gruppen *)</p> <p>1. _____</p> <p>2. _____</p> <p>Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p>	<p>Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p> <p>Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____</p> <p>Beschreibung der Operation Datum _____</p> <p>_____ ._____.20____</p> <p>_____ ._____.20____</p> <p>Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____</p>
<p>Verletzung: _____</p> <p>AIS-Code: _____ Offene Fraktur? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p> <p>OP-Maßnahme: (siehe OP-Gruppen *)</p> <p>1. _____</p> <p>2. _____</p> <p>Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p>	<p>Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p> <p>Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____</p> <p>Beschreibung der Operation Datum _____</p> <p>_____ ._____.20____</p> <p>_____ ._____.20____</p> <p>Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____</p>
<p>Verletzung: _____</p> <p>AIS-Code: _____ Offene Fraktur? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p> <p>OP-Maßnahme: (siehe OP-Gruppen *)</p> <p>1. _____</p> <p>2. _____</p> <p>Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p>	<p>Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p> <p>Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____</p> <p>Beschreibung der Operation Datum _____</p> <p>_____ ._____.20____</p> <p>_____ ._____.20____</p> <p>Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____</p>

*Für Erläuterungen zu den OP-Gruppen siehe Dokument „TR-DGU Leitfaden für V2020“.

TraumaRegister DGU® <small>DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR UNFALLCHIRURGIE</small>		Standardbogen <small>V2020 (06/20)</small>
D3: Diagnosen		Patienten-Code: _____
Verletzung: _____ AIS-Code: _____ Offene Fraktur? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Operationen: (siehe OP-Gruppen *) 1. _____ 2. _____ Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____ Beschreibung der Operation Datum _____ _____,20 _____,20 Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____	
Verletzung: _____ AIS-Code: _____ Offene Fraktur? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Operationen: (siehe OP-Gruppen *) 1. _____ 2. _____ Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____ Beschreibung der Operation Datum _____ _____,20 _____,20 Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____	
Verletzung: _____ AIS-Code: _____ Offene Fraktur? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Operationen: (siehe OP-Gruppen *) 1. _____ 2. _____ Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____ Beschreibung der Operation Datum _____ _____,20 _____,20 Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____	
Verletzung: _____ AIS-Code: _____ Offene Fraktur? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Operationen: (siehe OP-Gruppen *) 1. _____ 2. _____ Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____ Beschreibung der Operation Datum _____ _____,20 _____,20 Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____	
Verletzung: _____ AIS-Code: _____ Offene Fraktur? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Operationen: (siehe OP-Gruppen *) 1. _____ 2. _____ Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____ Beschreibung der Operation Datum _____ _____,20 _____,20 Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____	
Verletzung: _____ AIS-Code: _____ Offene Fraktur? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Operationen: (siehe OP-Gruppen *) 1. _____ 2. _____ Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____ Beschreibung der Operation Datum _____ _____,20 _____,20 Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____	

Um weitere Diagnosen schriftlich festhalten zu können, kopieren Sie bitte diese Seite in benötigter Anzahl.

Danksagung

An erster Stelle, mögen mir andere verzeihen, muss mein Betreuer und Doktorvater PD. Dr. Fabian Gilbert genannt werden. Zu jeder Uhrzeit war er für mich da, hat mich aufgebaut und stand mir mit Rat und Tat zur Seite. Die fachlich kompetente und freundschaftliche Betreuung habe ich nie als selbstverständlich angesehen. Herzlichen Dank.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Rainer Meffert für die Ermöglichung meiner Promotionsarbeit in seiner Abteilung. Weiter gilt meinem Dank dem gesamten Team der Unfallchirurgie, die jederzeit bei Fragen kontaktieren konnte.

Ich danke den Mitgliedern der AUC und der Sektion NIS für die Bereitstellung der Daten des TraumaRegister DGU[®] und die Genehmigung, diese auswerten zu dürfen.

Herrn Prof. Dr. Lefering danke ich sehr herzlich für seine Hilfe bei der Auswertung der Daten des TraumaRegister DGU[®]. Seine Expertise im Umgang mit Daten des Registers erleichterte die Analyse erheblich.

Großer Dank gebührt meiner Familie, deren fortwährende Unterstützung für mich von unschätzbarem Wert ist. Diese unglaublich wertvollen Vertrauten, sind für mich ein riesiger Rückhalt, die mir stets Geduld und Verständnis entgegengebracht haben. Vielen herzlichen Dank.