

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Fakultät für Medizin

**Analyse der urogenitalen Verletzungen bei polytraumatisierten  
Patienten und Korrelation zu Becken- und Wirbelsäulenfrakturen -  
gibt es positiv prädiktive Faktoren?**

Dr. med. univ. Olivia Anna Mair

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades einer

**Doktorin der Medizin**

genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Florian Eyer

Prüfer\*innen der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. Marc Hanschen
2. Priv.-Doz. Dr. Matthias Heck

Die Dissertation wurde am 03.01.2022 bei der Technischen Universität München eingereicht  
und durch die Fakultät für Medizin am 12.04.2022 angenommen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b>	<b>- 3 -</b>
<b>3</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>- 4 -</b>
<b>4</b>	<b>Einleitung</b>	<b>- 6 -</b>
<b>4.1</b>	<b>Polytraumaforschung in Deutschland</b>	<b>- 6 -</b>
4.1.1	Epidemiologie des Polytraumas in Deutschland	- 6 -
4.1.2	Definition Polytrauma	- 6 -
4.1.3	Scoring Systeme	- 7 -
4.1.4	Outcome nach Polytrauma	- 11 -
4.1.5	Relevanz und Notwendigkeit der Polytraumaforschung	- 12 -
<b>4.2</b>	<b>Das TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (TR-DGU®)</b>	<b>- 13 -</b>
<b>4.3</b>	<b>Urologisches Trauma</b>	<b>- 15 -</b>
4.3.1	Anatomie	- 15 -
4.3.2	Epidemiologie und Ätiologie urologischer Traumata	- 16 -
4.3.3	Primäre Diagnostik traumatischer urologischer Verletzungen	- 18 -
4.3.4	Akutversorgung urologischer Traumata in ATLS und Schockraummanagement	- 19 -
4.3.5	Überblick der definitiven Versorgung von urologischen Verletzungen im schwerverletzten Patienten	- 21 -
4.3.6	Outcome, Spätfolgen und Komplikationen	- 22 -
<b>5</b>	<b>Zielsetzung und Problemstellung</b>	<b>- 24 -</b>
<b>6</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>- 25 -</b>
<b>6.1</b>	<b>Studiendesign</b>	<b>- 25 -</b>
6.1.1	Ein-/ Ausschlusskriterien	- 25 -
<b>6.2</b>	<b>Datenerhebung</b>	<b>- 26 -</b>
<b>6.3</b>	<b>Statistische Analyse</b>	<b>- 27 -</b>
<b>6.4</b>	<b>Studienregistrierung</b>	<b>- 28 -</b>
<b>7</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>- 29 -</b>
<b>7.1</b>	<b>Demographie</b>	<b>- 29 -</b>
<b>7.2</b>	<b>Traumamechanismus</b>	<b>- 29 -</b>
<b>7.3</b>	<b>Traumafolgen</b>	<b>- 30 -</b>
<b>7.4</b>	<b>Laborchemische Parameter zur Nierenfunktion</b>	<b>- 32 -</b>
<b>7.5</b>	<b>Urogenitale Verletzungen</b>	<b>- 32 -</b>

7.6	Vergleich Patientengruppen mit und ohne urogenitale Verletzungen .....	- 36 -
7.7	Validierung Studienkollektiv.....	- 42 -
<b>8</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>- 45 -</b>
8.1	Urogenitale Verletzungen.....	- 45 -
8.2	Prädiktive Faktoren .....	- 47 -
8.2.1	Traumamechanismus .....	- 47 -
8.2.2	Korrelation mit Becken- und Wirbelsäulenfrakturen .....	- 48 -
8.2.3	Leitsymptom Makrohämaturie.....	- 49 -
8.2.4	Weitere Faktoren .....	- 50 -
8.2.5	Männlich, Motorradfahrer, instabiles Becken – Ein Fallbeispiel .....	- 51 -
8.3	<b>Berechnung der relativen Wahrscheinlichkeit zum Vorliegen einer urogenitalen Verletzung beim polytraumatisierten Patienten .....</b>	<b>- 56 -</b>
8.4	Limitationen der Studie .....	- 57 -
<b>9</b>	<b>Schlussfolgerung.....</b>	<b>- 58 -</b>
<b>10</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>- 59 -</b>
<b>11</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>- 61 -</b>
<b>12</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>- 62 -</b>
<b>Anhang.....</b>		<b>- 69 -</b>
12.1	<b>Auszug aus dem Standardbogen des TraumaRegisters der DGU® zur Erfassung personenbezogener Daten nach Polytrauma .....</b>	<b>- 69 -</b>
12.2	<b>Danksagung.....</b>	<b>- 70 -</b>

# 1 Zusammenfassung

## Einleitung

Im Rahmen von Polytraumen treten urogenitale Verletzungen laut Literatur in ca. 5 - 10% der Fälle auf. Eine genauere Untersuchung der Korrelation von Verletzungen des gesamten Urogenitaltrakts mit Becken- und Wirbelsäulenverletzungen, dem Traumamechanismus und den –folgen fehlt jedoch in der Literatur. Ziel ist es, anhand dieser Analyse Hilfestellungen für das präklinische und klinische Management zu erarbeiten.

## Material und Methode

Alle schwerstverletzten Patienten mit einem ISS  $\geq$  16, die in den Jahren 2016 – 2020 in einem überregionalen Traumazentrum vorstellig wurden und hierbei entweder Verletzungen der Brust- bzw. Lendenwirbelsäule und/ oder des Beckens aufwiesen, wurden retrospektiv erfasst. Neben den Traumafolgen wurden sowohl demographische Daten als auch Daten zum Traumamechanismus, Operationen und Länge des stationären bzw. intensivmedizinischen Aufenthalts in Anlehnung an den Erfassungsbogen des Traumaregisters der DGU erfasst. Zudem wurden bei allen Patienten laborchemische Nierenfunktionsparameter sowie urologische Interventionen und Operationen dokumentiert.

## Ergebnisse

215 Patienten mit einem mittleren ISS von 33 (Range: 17-75) konnten identifiziert werden. Urogenitale Verletzungen wiesen hiervon 31 (14,4 %) Patienten auf, wovon 28 Patienten (90 %) männlich waren. Der mittlere AIS der urogenitalen Verletzungen lag bei 2,26 (Range: 1-5). Bei 6 Patienten wurden urologische Operationen notwendig, die restlichen Verletzungen konnten konservativ therapiert werden. Es fiel auf, dass eine Korrelation zwischen der Schwere der Beckenverletzung und dem Auftreten einer urogenitalen Verletzung vorlag ( $p < 0,05$ ). Eine direkte Korrelation zu Wirbelsäulenverletzungen besteht allerdings nicht. Zudem traten im Rahmen von Verkehrsunfällen bei Motorradunfällen signifikant häufiger urogenitale Verletzungen auf ( $p < 0,02$ ). Nebenbefundlich konnte festgestellt werden, dass der Kreatinin-Wert und die GFR bei Aufnahme bei Patienten mit urogenitalen Verletzungen signifikant niedriger waren, nach 3 bzw. 4 und nach 7 Tagen differieren sie jedoch nicht mehr. Auf die insgesamt notwendige Anzahl an Operationen und die Dauer des (intensiv-)stationären Aufenthalts hatte das Vorliegen urogenitaler Verletzungen keinen Einfluss.

## Schlussfolgerung

Urogenitale Verletzungen stellen in der Polytraumaversorgung weiterhin ein sehr relevantes Problem dar. Es hat sich gezeigt, dass besonders männliche Patienten nach Motorradunfällen

mit hochgradigen Beckenverletzungen am häufigsten von urogenitalen Begleitverletzungen betroffen sind. Dies sollte schon dem Notarzt präklinisch bewusst sein, um bei diesem Patientengut die geeignete Klinik entsprechend auswählen zu können. Es kann zudem sinnvoll sein bei selektierten Patienten mit hohem Risiko das obligatorische Polytrauma-Spiral-CT um eine urographische Phase zu ergänzen.

## **2 Abstract**

### **Introduction**

According to the literature, 5–10 % of polytrauma patients suffer from urogenital injuries. Nevertheless, a thorough investigation of the relationship between urogenital injuries and spinal as well as pelvic fractures has been lacking so far. Therefore, the aim of this retrospective analysis was to evaluate the relevance of urogenital organ injuries in severely injured patients.

### **Methods**

All severely injured patients with an ISS  $\geq$  16, who were admitted to the emergency room of a German university hospital between 2016 – 2020, were retrospectively scanned for fractures to the thoracic/ lumbar spine or the pelvic girdle. In addition to the demographic data, the trauma-mechanism, additional injuries, the length of hospital stay, surgeries, laboratory results, and urological treatment were analyzed.

### **Results**

215 patients with an average ISS of 33 (Range: 17-75) were identified. 31 patients (14,4 %) had urogenital injuries with an average AIS of 2,26 (Range: 1-5). Strikingly, the severity of pelvic girdle injuries directly correlated with the presence of urogenital injuries ( $p < 0.05$ ), while there was no correlation to spinal injuries. Additionally, most urogenital injuries resulted from motorcycle-accidents ( $p < 0.02$ ) and 90 % of these patients were male. Furthermore, GFR and Creatinin clearance at admission were significantly lower in patients with urogenital injuries ( $p < 0.05$ ) but did not differ 3 and 7 days after admission. 6 patients required urological surgeries. There was no difference in the length of stay in the ICU or the general ward or in mortality rates.

### **Conclusion**

Urogenital injuries might play a bigger role in polytrauma care than originally thought. Male patients with fractures of the pelvic girdle resulting from motorcycle accidents are the most commonly affected. The emergency physician should already be aware of this fact and choose the clinic accordingly. Furthermore, this group of patients might profit from adding urographic imaging to the initial CT-scan in order not to delay diagnosis and treatment of possible urogenital injuries.

### 3 Abkürzungsverzeichnis

€	Euro
A.	Arteria
Aa.	Arteriae
AAAM	Association for the Advancement of Automotive Medicine
AAST	American Association for the Surgery of Trauma
AIS	Abbreviated Injury Scale
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
ASA	American Society of Anaesthesiologists
AUC	Akademie der Unfallchirurgie
BDK	Blasendauerkatheter
bds.	beidseits
BWK	Brustwirbelkörper
BWS	Brustwirbelsäule
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DJ- Katheter	Doppel – J – Katheter
E – FAST	Extended Focused Assessment with Sonography in Trauma
FAST	Focused assessment with sonography in trauma
GCS	Glasgow Coma Scale
GFR	Glomeruläre Filtrationsrate
Hb	Hämoglobin
INR	International Normalized Ratio
ISS	Injury Severity Score
LKW	Lastkraftwagen
LWK	Lendenwirbelkörper
LWS	Lendenwirbelsäule
MAIS	Maximum Abbreviated Injury Scale
MJ- Katheter	Mono – J – Katheter
mmHg	Millimeter –Quecksilbersäule
NISS	New Injury Severity Score
PFUI	Pelvic fracture - related urethral injury
PKW	Personenkraftwagen

PTA	Perkutane transluminale Angioplastie
RISC	Revised Injury Severity Classification
RUCG	Retrograde Urethrozystographie
SD	Standarddeviation / Standardabweichung
TR – DGU®	TraumaRegister® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
V.	Vena



## **4 Einleitung**

### **4.1 Polytraumaforschung in Deutschland**

#### **4.1.1 Epidemiologie des Polytraumas in Deutschland**

Laut dem Bundesamt für Statistik werden jährlich etwa 9,8 Millionen Menschen durch einen Unfall verletzt, schwer verletzt sind hiervon jedoch nur ein Bruchteil.

Im TraumaRegister® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) wurden im Jahr 2018 ca. 17.600 schwerverletzte Patienten mit einem ISS $\geq$  16 registriert. Da nicht alle Kliniken Deutschlands am TraumaRegister® beteiligt sind, dürfte die absolute Anzahl von Polytraumen in Deutschland dementsprechend noch geringgradig höher sein (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2020). Debus und Mitarbeiter errechneten eine ungefähre Anzahl von 18.300 Polytraumata pro Jahr (Debus, 2015). Bei einer Einwohnerzahl von ca. 82 Millionen Menschen im Jahr 2018 ergibt sich hieraus eine jährliche Inzidenz von ca. 0,02 % (Gnass, 2018).

Traumata stellen die häufigste Todesursache bei Personen unter 40 Jahren in Deutschland dar. Der Altersdurchschnitt von Polytraumapatienten betrug 2019 53,4 Jahre, was im Vergleich zu den 10– Jahres Daten (Altersdurchschnitt von 50,9 Jahren) einen Anstieg um fast 3 Jahre bedeutet. Diese Alterszunahme lässt sich durch die allgemein alternde Gesellschaft erklären (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2020). Außerdem sind in dieser Altersklasse Männer etwa dreimal so oft betroffen wie Frauen. Dieser doch deutliche Unterschied gleicht sich in höherem Alter wieder aus (von Ruden, 2013).

Die sozioökonomischen Kosten eines schwerverletzten Patienten belaufen sich in Deutschland in der akuten Krankenhaus- und Rehabilitationsphase auf etwa 100.000 €. Etwa 60 % aller Patienten können ihrem angestammten Beruf jedoch nicht wieder nachgehen, in welchem Fall die anfallenden Kosten auf über 900.000 € ansteigen. Aufgrund der stetig steigenden Behandlungskosten ist mit einer Kostenzunahme von ca. 2 % pro Jahr zu rechnen (Debus, 2015).

Zustande kommen die meisten Polytraumen in Deutschland durch Verkehrsunfälle (46,8 %). Auch Stürze haben einen großen Anteil (14,4 %: Stürze aus > 3 Metern; 27,2 %: Stürze aus  $\leq$  3 Metern), die restlichen Polytraumen werden durch Suizide oder Gewaltverbrechen verursacht (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2020).

#### **4.1.2 Definition Polytrauma**

Der Begriff „Polytrauma“ wird im deutschsprachigen Raum großzügig verwendet, seine Definition ist jedoch keineswegs einheitlich. Im angloamerikanischen Raum hat der Begriff

Polytrauma nicht dieselbe Bedeutung wie im Deutschen, sondern er wird gleichgesetzt mit einem „major trauma“ oder „multiple trauma“ verwendet (Butcher, 2009).

Erstmals wurde das Polytrauma von Oestern und Tscherne 1985 definiert. Um als Polytrauma zu gelten, mussten nach dieser Definition mehrere Verletzungen vorliegen, von denen eine Verletzung oder die Kombination der Verletzungen lebensbedrohlich ist (Oestern, 1985). Diese Definition ist zwar handlich und verständlich, wegen fehlender einheitlicher Kriterien jedoch zu uneindeutig.

In den darauffolgenden Jahren wurde in der wissenschaftlichen Diskussion meist ein Injury Severity Score (ISS) von über 15 als Polytrauma definiert. Dieser spezifische Cut-Off scheint aufgrund der Objektivierbarkeit und der klaren Richtlinie eine gute Beschreibung darzustellen, jedoch zeigen sich auch hier deutliche Limitationen. Der ISS ist ein rein anatomischer Score, physiologische Aspekte werden nicht berücksichtigt. Zudem kann sich ein  $ISS \geq 16$  auch aus einer schweren Verletzung an nur einer Körperregion errechnen lassen, was der Definition eines Polytraumas wiederum nicht gerecht wird (Butcher, 2009).

Balough und Butcher argumentierten 2012 für die Definition eines Polytraumas als  $AIS \geq 3$  in mindestens zwei Körperregionen. Hierdurch wollten sie die oben genannten Limitationen beheben und den Grundstein für eine international gültige Polytrauma-Definition legen (Butcher, 2012). Eine ausführliche Beschreibung der Scoring Systeme ist dem folgenden Kapiteln zu entnehmen.

Der Wunsch nach einer einheitlichen Definition eines Polytraumas wurde international deutlich, weshalb 2014 von Pape und Mitarbeitern in einem internationalen mehrstufigen Konsensprozess die neue Berlin-Definition erarbeitet wurde. Das Polytrauma wurde hierbei definiert als  $AIS$  von  $\geq 3$  in mindestens zwei Körperregionen plus mindestens ein weiteres physiologisches Problem. Als physiologische Probleme gelten: (1) Hypotension mit einem systolischen Blutdruck von  $\leq 90$  mmHg, (2) Bewusstlosigkeit mit einem  $GCS \leq 8$ , (3) Azidose mit einem Basenexzess von  $\leq -6,0$ , (4) Gerinnungsstörung mit einer Prothrombinzeit  $\geq 40$  Sekunden oder  $INR \geq 1,4$  und (5) Patientenalter  $\geq 70$  Jahre (Pape, 2014).

Es existieren noch unzählige weitere Auslegungen der Polytraumadefinition, die oben genannten umfassen jedoch die im deutschsprachigen Raum am häufigsten genutzten und gängigsten Definitionen.

#### **4.1.3 Scoring Systeme**

Im folgenden Kapitel sollen die Scoring Systeme, welche für diese Doktorarbeit relevant sind, genauer erklärt werden.

##### Abbreviated Injury Scale (AIS)

Die Abbreviated Injury Scale (AIS) bildet die Grundlage für viele andere Scoring Systeme. Sie wurde ursprünglich in den 1970er Jahren von der „Association for the Advancement of Automotive Medicine“ (AAAM), einem Automobilclub in den Vereinigten Staaten von Amerika, entwickelt, um die Art und den Schweregrad von Verletzungen durch Verkehrsunfälle quantifizieren zu können.

Die AIS ist ein Scoring-System, welches auf der Anatomie der Verletzungen basiert und durch internationalen Konsens regelmäßig überarbeitet und den aktuellen medizinischen Fortschritten in Diagnostik und Therapie angepasst wird.

Die AIS unterscheidet sechs Schweregrade der Verletzung, wobei 1 einer leichten Verletzung und 6 einer maximal schweren, nicht mit dem Leben zu vereinbarenden, Verletzung entspricht. Die Körperregionen sind in neun Teile separiert.

Jeder Verletzung kann so ein sechsstelliger Zahlencode zugeordnet werden, was eine sehr genaue Verletzungsbeschreibung erlaubt. Gefolgt wird dieser Zahlencode dann von einer einzelnen Zahl, abgegrenzt durch einen Punkt, die den oben genannten Schweregrad der Verletzung beschreibt (Gennarelli, 2006).

Zum Beispiel ergibt sich so für die Berstungsfraktur eines Lendenwirbelkörpers mit einer Höhenminderung von >20% der Code 650634.3.

#### Injury Severity Score (ISS) und New Injury Severity Score (NISS)

Da die AIS nur die jeweilige einzelne Verletzung codiert, den Effekt multipler Verletzungen jedoch nicht berücksichtigt, wurde der Injury Severity Score (ISS) gleichzeitig mit der AIS von Baker und Mitarbeitern entwickelt (Baker, 1974).

Bei der Berechnung des ISS ist besonders darauf zu achten, dass die sechs Körperregionen, die zur ISS-Berechnung berücksichtigt werden, nicht mit den neun Körperregionen der AIS übereinstimmen.

Die sechs Körperregionen für die ISS-Berechnung sollen kurz erklärt und die Besonderheiten in Bezug auf diese Doktorarbeit erläutert werden:

1. Kopf und Hals: Hier sind sowohl zerebrale Verletzungen als auch Verletzungen des Neurokraniums und des gesamten Halses inklusive der Halswirbelsäule eingeschlossen.
2. Gesicht: Umfasst sowohl das Viszerokranium, als auch die Organe wie Augen, Ohren, Nase und Mund.
3. Thorax: Enthält sowohl die inneren Organe des Brustkorbs (Lunge, Herz) als auch die thorakale Aorta, das Zwerchfell, den knöchernen Brustkorb und die Brustwirbelsäule. Auch Ertrinkungsunfälle werden der Kategorie Thorax zugerechnet.
4. Abdomen + Beckeninhalte: Umfasst alle inneren abdominalen Organe, die Geschlechtsorgane (inkl. äußeres Geschlecht beim Mann) und die Lendenwirbelsäule.

5. Extremitäten + knöchernes Becken: Hier werden jegliche Weichteilverletzungen, Verletzungen der peripheren Nerven bzw. Gefäße und Frakturen der oberen und unteren Extremitäten inkludiert. Zudem werden auch das knöcherne Becken und das Sakrum als Extremitätenverletzungen verzeichnet.
6. Äußere Verletzungen: Umfasst alle Lacerationen, Kontusionen und sonstige Hautverletzungen, wenn sie nicht in den oben genannten Körperregionen genauer codiert werden können. Auch Stromunfälle und Hypothermie werden dieser Kategorie zugerechnet.

Zur Berechnung des ISS werden die AIS-Schweregrade der drei am stärksten betroffenen Körperregionen quadriert und anschließend addiert. Hieraus ergeben sich Werte von 0 – 75 (schwerste Verletzungen).

Ein AIS von 6 Punkten in einer Region bedeutet automatisch einen ISS von 75 Punkten (Baker, 1974).

Als Polytrauma bzw. Schwerverletzte gelten Patienten mit einem ISS Score von  $\geq 16$  (Lefering, 2017).

Während der ISS bis heute als Standard für klinische Berechnungen gilt, hat er auch einige Nachteile. Insbesondere werden bei der Berechnung des ISS-Scores mehrere schwere Verletzungen in einer Körperregion nicht berücksichtigt, sondern nur einfach gezählt (Harwood, 2006). Zum Beispiel hätte ein Patient mit einer traumatischen totalen Unterschenkelamputation, einer °III offenen Oberarmfraktur und einer Zweipfeiler Acetabulum-Fraktur nur einen ISS von 9 und wäre somit nicht als Polytrauma bzw. schwerverletzter Patient zu führen. Dahingegen wäre ein Patient mit einer einseitigen Fraktur von 3 Rippen, einer offenen Nasenbeinfraktur und einer nicht dislozierten distalen Radiusfraktur mit einem ISS von 17 schon als Polytrauma zu werten und per Definition schwerer verletzt.

Außerdem werden mehrere schwere Verletzungen in einer Körperregion möglicherweise nicht repräsentativ berücksichtigt, sondern zugunsten einer leichteren Verletzungen in einer anderen Körperregion vernachlässigt (Osler, 1993).

Zudem ist beim ISS nachteilig zu werten, dass auch eine Monoverletzung zu einem ISS  $>15$  führen kann (Palmer, 2016). Zum Beispiel hätte ein Patient mit einem isolierten schmalen subduralen Hämatom mit einer Ausdehnung unter 1 cm automatisch einen ISS von 16.

Nichtsdestotrotz wird der ISS sowohl im klinischen Setting als auch für Studienzwecke aufgrund der einfachen Handhabung weitverbreitet genutzt und wird auch weiterhin empfohlen.

Der NISS wird prinzipiell gleich wie der ISS berechnet, jedoch werden die drei schwersten Verletzungen auf der AIS unabhängig von der betroffenen Körperregion herangezogen (Osler, 1997).

#### Maximum AIS (MAIS)

Auch der MAIS basiert auf der AIS. Hierbei wird nur die am stärksten betroffene Region gewertet. Ein MAIS von  $\geq 3$  ist definitionsgemäß ein lebensgefährlich verletzter Patient (Lefering, 2017).

#### Revised Injury Severity Classification (RISC)

Die bisher aufgezeigten Scoring-Systeme beschäftigen sich einzig mit dem Schweregrad der Verletzungen. Auf Basis dieser Systeme wurde 2003 eine Klassifikation entwickelt, um die Prognose der Verletzten einschätzen zu können. Insgesamt werden zehn Angaben (NISS, Patientenalter, GCS-Wert, Basenabweichung, AIS der Kopfverletzung, aktivierte partielle Thromboplastinzeit (aPTT), Herz-Kreislauf-Stillstand und indirekte Blutungszeichen (Hämoglobin-Wert  $< 9\text{mg/dl}$ ,  $>$  Erythrozytenkonzentrate, systolischer Blutdruck  $< 90\text{mmHg}$ ) zum Patienten erhoben und in die Kalkulation einbezogen. Der RISC konnte in mehreren Studien validiert werden, kann jedoch nur mit einem vollständigen Datensatz errechnet werden (Lefering, 2009).

Für fehlende Daten wurden zwar Strategien entwickelt, um diese sinnvoll zu ersetzen und so trotzdem einen Prognose-Score errechnen zu können. Dies ist jedoch sehr kompliziert und zeitaufwendig. So konnte für weniger als 90% der Patienten ein Prognose-Score kalkuliert werden, was die klinische Anwendbarkeit des Scores extrem schmälert (Lefering, Huber-Wagner, 2014).

#### Revised Injury Severity Classification II (RISC II)

Auf Grundlage des RISC wurde 2014 der RISC II Score entwickelt. Zur Berechnung werden insgesamt 13 Variablen herangezogen. Im Vergleich zum RISC-Score neu verankert sind das Geschlecht des Patienten, der Unfallmechanismus, der Gesundheitszustand vor dem Unfall (anhand der ASA – Klassifikation) und die Pupillenweite bzw. Lichtreaktion nach dem Unfall. Von den 13 Variablen werden jedoch nur noch das Alter des Patienten und die AIS - Scores, also die Schweregrade der Verletzungen, verpflichtend für die Berechnung des RISC II – Scores benötigt. Fehlende Werte beeinflussen die Prognose nicht, zusätzliche Werte machen die Prognose aber exakter, indem sie den errechneten Prozentwert nach oben bzw. unten korrigieren. Hierdurch ist zwar eine Berechnung relativ einfach möglich, diese kann im Falle vieler fehlender Werte jedoch sehr ungenau sein (Lefering, Huber-Wagner, 2014).

In darauffolgenden Jahren wurde der RISC II - Score validiert und seine Überlegenheit gegenüber den Vorgänger – Scores in Studien belegt. Die Krankenhausmortalität kann demnach mit Hilfe des RISC II - Scores mit einer 99%-igen Genauigkeit vorhergesagt werden (Trentzsch, 2018).

#### **4.1.4 Outcome nach Polytrauma**

Wie durch die genauere Betrachtung der oben genannten Prognose-Scoring-Systeme deutlich wird, ist es komplex eine Vorhersage über das Outcome und die Prognose der Verunfallten zu treffen.

So gibt es wie oben beschrieben beim RISC II – Score 13 Variablen, welche die Prognose beeinflussen, wobei nur die AIS – Scores der beiden schwerwiegendsten Verletzungen und das Alter des Patienten verpflichtende Bestandteile für die Errechnung sind.

Das Alter der Patienten scheint ein entscheidender Faktor für das Outcome zu sein. Kinder unter 15 Jahre weisen beispielsweise ein signifikant besseres Outcome und eine geringere Sterblichkeit auf, als adoleszente und erwachsene Patienten mit ähnlichem Symptomenkomplex bzw. anfänglichem GCS - Wert (Emami, 2017). Zudem ist bekannt, dass die Mortalität ab einem Alter von über 55 Jahren bei polytraumatisierten Patienten deutlich steigt (Lefering, Huber-Wagner, 2014).

Die beim RISC II Score neu verankerten Parameter Lichtreaktion und Pupillenweite scheinen auch einen großen Einfluss auf die Prognose des Patienten zu haben. Patienten, die vor einer Reanimation isokore, lichtreagible Pupillen aufwiesen, hatten das beste Outcome. Im Gegensatz dazu hatten Patienten, die schon initial lichtstarre, weite Pupille hatten, das schlechteste Outcome vorzuweisen (Hoffmann, 2012).

Es wird permanent nach neuen Methoden und Therapien gesucht, um das Outcome von Polytraumapatienten zu verbessern. Einer der diesbezüglich entscheidendsten Schritte in den letzten Jahren war sicherlich die Implementierung der Ganzkörper – CT als festen Baustein im Schockraummanagement. Huber – Wagner und Mitarbeiter konnten 2009 in einer Analyse des TR-DGU eine signifikant bessere Überlebens- und geringere Mortalitätsrate bei Patienten feststellen, die bei Einlieferung in das Krankenhaus im Schock bzw. hämodynamisch instabil waren oder sogar reanimiert wurden und eine sofortige Bildgebung mittels Ganzkörper-CT erhielten. Seither ist das Ganzkörper – CT im Schockraum fest in den Behandlungsalgorithmus integriert (Huber-Wagner, 2009).

Das Langzeit – Outcome nach Polytrauma genau zu untersuchen ist schwierig, da fast alle Traumaregister die Patienten nur bis zur Entlassung aus dem jeweiligen Krankenhaus verfolgen. Frühzeitige Verlegung oder Fortschritte in der Rehabilitation werden daher oft nicht

mehr weiter berücksichtigt (von Ruden, 2013). Um diese Langzeitfolgen genauer zu untersuchen, führten Pape und Mitarbeiter eine Studie mit einem Follow Up von mindestens 10 Jahren durch. Hier konnten sie feststellen, dass die Patienten, die zum Unfallzeitpunkt zwischen 30 und 44 Jahre alt waren, das schlechteste Outcome hatten. Zudem waren die meisten Behinderungen durch Kopfverletzungen bedingt. Quantitativ am häufigsten von Verletzungen betroffen waren hingegen die unteren Extremitäten (Pape, 2006).

Gut untersucht ist das psychiatrische Langzeit – Outcome. Es ist bekannt, dass ca. 74 % aller Polytraumapatienten noch von einer reduzierten „Quality of Life“ berichten, wobei jedoch nur ca. 16 % starke Einschränkungen beklagen. Zudem ist bekannt, dass Frauen von posttraumatischen Belastungsstörungen ca. 2,5-mal so oft betroffen sind wie Männer (Ulvik, 2008).

#### **4.1.5 Relevanz und Notwendigkeit der Polytraumaforschung**

Traumata zählen zu den häufigsten Gesundheitsproblemen der westlichen Welt und betreffen wie oben genannt vor allem die arbeitende Altersklasse. Die Verbesserung der Versorgung polytraumatisierter Patienten und die stetige Qualitätssicherung des Behandlungsstandards ist deshalb unverzichtbar.

Da Polytraumaforschung nur schwer in einem prospektiven Setting durchführbar ist, stützen sich die meisten Arbeiten auf retrospektive Daten, die in sogenannten Traumaregistern erhoben werden.

Weltweit gibt es eine Vielzahl an Traumaregistern unterschiedlicher Qualität und Größe. Traumaregister wurden anfangs zu Qualitätssicherungszwecken der einzelnen Kliniken gegründet, schnell wurde jedoch klar, dass durch die Fusionierung der einzelnen Datenbanken Datensätze von immenser Größe entstehen. Diese bieten bis heute die Grundlage für viele wissenschaftliche Forschungsarbeiten und schaffen so die Basis für neue bzw. verbesserte Behandlungsalgorithmen in der Versorgung von Polytrauma – Patienten (L. Moore, 2008).

Zudem konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass durch die Erfindung und Nutzung der Traumaregister die Mortalität polytraumatisierter Patienten signifikant reduziert werden konnte. Dies bezieht sich nicht nur auf das innerklinische Management, sondern auch auf die präklinische Versorgung (L. Moore, 2008). Beispielsweise konnte durch entsprechende Datenanalyse die Überlegenheit der ‚Scoop and Run‘- Taktik gegenüber der ‚Stay and Play‘- Taktik in der präklinischen Versorgung nachgewiesen werden (Hartl, 2006). Innerklinisch konnte Huber – Wagner den Überlebensvorteil von Patienten, die ein initiales Schockraum – CT erhielten, anhand von Daten des TraumaRegisters® der DGU aufzeigen (Huber-Wagner, 2009).

Im angloamerikanischen Raum werden die Daten aus den Traumaregistern seit einiger Zeit außerdem vermehrt zur Erarbeitung möglicher Präventionsmethoden herangezogen (L. Moore, 2008).

Mit dem TR-DGU® wurde im deutschsprachigen Raum eine beispiellose Plattform geschaffen, die es erlaubt, Daten zu sammeln und im weiteren Verlauf zu analysieren.

So werden auf Grundlage der Daten des TR-DGU® zum Beispiel pro Jahr etwa 20 wissenschaftliche Artikel in nationalen und internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht, welche die Behandlung von Polytraumapatienten international prägen (TraumaRegister, 2014).

#### **4.2 Das TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (TR-DGU®)**

Das deutsche TraumaRegister® wurde im Jahr 1993 von der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) gegründet. Das Ziel dieser multizentrischen Datenbank ist es, die komplexe Versorgung polytraumatisierter Patienten anonymisiert und standardisiert zu dokumentieren, um diese in weiterer Folge analysieren zu können.

Mittlerweile beteiligen sich über 650 Kliniken an dieser Datenbank. Während der Großteil der partizipierenden Kliniken aus Deutschland ist (ca. 90%), tragen seit einigen Jahren auch Kliniken aus Österreich, Belgien, der Schweiz, den Niederlanden, Luxemburg, Finnland, Slowenien und den Vereinigten Arabischen Emiraten Daten zum TraumaRegister® bei (Lefering, Paffrath, 2014). 2018 konnten so über 40.000 Fälle gesammelt werden (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2020).

Allgemein ist die Teilnahme am TraumaRegister® freiwillig. Für Kliniken, die Teil des TraumaNetzwerk DGU® sind, ist die Teilnahme im Sinne der Qualitätssicherung jedoch verpflichtend. Den beteiligten Kliniken wird zudem in regelmäßigen Abständen ein Jahresbericht zu zwischenklinischen Vergleichszwecken und zum innerklinischen Qualitätsmanagement zur Verfügung gestellt (Bayer, 2017).

Die Daten werden von den Ärzten der jeweiligen Kliniken einmal jährlich in ein durch die DGU zur Verfügung gestelltes Online-Portal eingespeist. Hierbei werden vier Phasen der Versorgung unterschieden: (1) Die präklinische Phase, (2) Schockraum und initiale OP-Phase, (3) Intensivstations-Phase und (4) das Outcome bzw. die Entlassungsphase. Verwaltet werden die Daten von der Akademie der Unfallchirurgie (AUC).

Dokumentiert werden pro Patient über 100 Daten und Parameter, welche regelmäßig überarbeitet und den medizinischen Entwicklungen angepasst werden. Diese umfassen sowohl deskriptive Daten, wie Alter, Geschlecht, genauen Traumamechanismus, relevante Eigenmedikation und Verletzungsmuster, als auch klinische Parameter wie Vitalparameter,



GCS, Transfusionsdaten und laborchemische Befunde in den jeweiligen Phasen. Alle Diagnosen der Patienten werden abschließend mit Hilfe einer reduzierten Form der Abbreviated Injury Scale codiert und dokumentiert. Die eingegebenen Daten werden zur zusätzlichen Qualitätssicherung durch ein Review-Board der Sektion für Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung der DGU (Sektion NIS) auf ihre Qualität überprüft (Lefering, Huber-Wagner, 2014).

Einschlusskriterien für die Aufnahme in das TraumaRegister® sind die Einlieferung des Patienten über den Schockraum mit anschließend notwendiger intensivmedizinischer Behandlung oder Eintreffen des Patienten im Schockraum mit vorhandenen Vitalparametern und Tod noch im Schockraum bzw. vor Erreichen der Intensivstation. Ausdrücklich nicht erfasst werden sollen Patienten nach Erhängen oder Ertrinken und Patienten mit starken Verbrennungen oder Vergiftungen, da diese Verletzungsmuster nicht ausreichend im TR-DGU® beschrieben sind und so zu fälschlichen Ergebnissen in der Auswertung führen könnten (Lefering, Paffrath, 2014).

Da jedoch trotzdem oft Patienten dokumentiert werden, die zwar über den Schockraum in die jeweilige Klinik eingeliefert wurden, aber nicht als schwerverletzt gewertet werden können, wertet das TR-DGU® seit 2015 nur noch Daten aus dem sogenannten Basiskollektiv aus. Hierzu wird der „Maximale AIS-Schweregrad“ (MAIS) herangezogen, welcher auf dem AIS basiert. Das Basiskollektiv umfasst demnach alle Patienten mit einem MAIS  $\geq 3$  oder Patienten mit einem MAIS von 2, die trotzdem intensivmedizinische Therapie benötigten oder verstorben sind. Wichtig zu wissen ist jedoch, dass nur etwa 15 % der Patienten im Basiskollektiv die Kriterien der Berliner Polytrauma Definition erfüllen und sich nur bei etwa 55 % ein ISS  $\geq 16$  errechnen lässt (Lefering, 2017).

Im Anhang ist der aktuellste Erhebungsbogen des TraumaRegisters® abgebildet.

## 4.3 Urologisches Trauma

### 4.3.1 Anatomie

Im folgenden Kapitel sollen die für das Traumamanagement wichtigsten anatomischen Besonderheiten des Urogenitalsystems kurz zusammengefasst werden. Für eine ausführliche Beschreibung der Anatomie wird auf einschlägige Fachliteratur verwiesen.

Die Nieren umfassen das Nierenparenchym, das Nierenbecken und die Nierengefäße. Sie liegen paravertebral und erstrecken sich etwa vom 12. Brustwirbel bis zum 3. Lendenwirbel. Sie sind im Retroperitonealraum durch den knöchernen Brustkorb geschützt und von einer dicken Fettkapsel umgeben. Am Nierenhilus treten die Gefäße und das Nierenbecken in die Nieren ein bzw. aus. Besonders muss erwähnt sein, dass die V. testicularis links in die V. renalis mündet, rechts aber in die V. cava, weshalb diese auch häufiger von teils schweren Verletzungen betroffen ist (Coccolini, 2019).

Die Ureteren verlaufen ebenfalls retroperitoneal. Sie werden klassischerweise in drei Abschnitte gegliedert.

Das obere Drittel ist unmittelbar ventral des M. iliopsoas gelegen. Im Verlauf unterkreuzen die Ureteren die Gonadengefäße, überkreuzen anschließend im mittleren Teil die Iliakalgefäße und unterkreuzen zuletzt im distalen Anteil den Ductus deferens bzw. die A. uterina. Aufgrund ihrer geschützten Lage im Retroperitonealraum lässt sich bereits erahnen, dass isolierte traumatische Verletzungen der Harnleiter extrem selten sind (Pereira, 2010).

Die Harnblase ist im kleinen Becken lokalisiert und hat einen direkten anatomischen Bezug zur Symphyse. Die Kenntnis der Lage zum Peritoneum ist sehr wichtig. Allgemein liegt die Harnblase subperitoneal, wobei das Blasendach von Peritoneum bedeckt ist, wodurch sich je nach Lokalisation der Verletzung unterschiedliche Behandlungskonsequenzen ergeben können. Bei Frauen findet sich dorsal der Harnblase der Uterus, der Raum dazwischen wird als „Douglas – Raum“ bezeichnet und stellt den tiefsten Punkt des Bauchraums im Stehen dar (Figler, 2012).

Die weibliche Harnröhre misst nur ca. 3 cm Länge und ist in ihrem gesamten Verlauf gut bedeckt von Weichteilen. Der Meatus urethrae externus ist geschützt durch die Labien und befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Scheideneingang (Ingram, 2008).

Die männliche Harnröhre misst ca. 20 cm Länge und wird in mehrere Teile unterteilt (von innen nach außen: intramurale, prostatistische, membranöse, bulbäre und penile Urethra). Vor allem der vordere Anteil liegt exponiert und ist deshalb häufiger von traumatischen Verletzungen betroffen als der hintere Anteil (McGeady, 2013).

### 4.3.2 Epidemiologie und Ätiologie urologischer Traumata

Laut Literatur treten in ca. 5 – 10 % aller Polytraumen Verletzungen des urogenitalen Systems auf und machen damit einen signifikanten Anteil an Morbidität und Mortalität aus. Männer sind in etwa dreimal so häufig davon betroffen wie Frauen (Coccolini, 2019).

Etwa 97 % der urogenitalen Verletzungen entstehen im mitteleuropäischen Raum durch stumpfe Traumen. Penetrierende Verletzungen, wie zum Beispiel Stich- oder Schussverletzungen, machen nur einen sehr geringen Prozentsatz aus, können aber alle Teile des Urogenitalsystems betreffen (Mann, 2019).

Aufgrund der unterschiedlichen beteiligten Organe und Lokalisation des urogenitalen Systems macht es Sinn, die Organe jeweils einzeln zu betrachten.

#### Nieren

Die Nieren sind das aus dem Urogenitalsystem am häufigsten betroffene Organ und werden bei etwa 1 – 5 % der Polytraumen in unterschiedlichem Ausmaß mitverletzt. Typischerweise sind junge Männer unter 45 Jahren betroffen (Heuer, 2010).

Etwa 90 - 95 % der Nierenverletzungen werden durch stumpfe Traumen im Rahmen von Dezelerationstraumen oder auch direkten Anpralltraumen verursacht. Verkehrsunfälle machen etwa 70 % des Traumamechanismus aus, im mitteleuropäischen Raum haben aber auch Sport- und Freizeitunfälle (z.B. Ski- bzw. Snowboardstürze) einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an der Ursache von traumatischen Nierenverletzungen. Penetrierende Verletzungen sind in industriellen Staaten sehr selten, meistens sind sie jedoch schwerwiegender und ziehen eine Nephrektomie von etwa 25 % nach sich (Coccolini, 2019).

Nierenverletzungen werden durch die American Association of Trauma Surgery (AAST) in fünf Schweregrade unterteilt (siehe Tabelle 1) und davon abhängig unterscheidet sich auch die Therapiekonsequenz deutlich. Zudem ist die anamnestische Erhebung vorbestehender Nierenfunktionseinschränkungen und Nierenverletzungen wichtig, da diese mit höheren Komplikationsraten vergesellschaftet sein können (Buse, 2005).

**Tab. 1 AAST - Klassifikation des Nierentraumas (Kozar, 2018)**

Grad I	Nierenkontusion mit Hämaturie oder subkapsulärem Hämatom, intakte Organkapsel, kein retroperitoneales Hämatom
Grad II	Nierenparenchymriss < 1 cm, Hämatom begrenzt innerhalb der Gerota-Faszie ohne Zeichen einer aktiven Blutung
Grad III	Laceration des Nierenparenchyms >1 cm ohne Urinextravasat, Hämatom begrenzt innerhalb der Gerota Faszie
Grad IV	Parenchymriss mit Eröffnung des Hohlsystems und Urinextravasat, Verletzung von Nierenarterie oder – vene mit begrenzter Blutung (und segmentalem Funktionsausfall)

### Ureter

Traumatische Ureterverletzungen machen etwa 1 - 2 % aller urogenitalen Verletzungen aus. Durch ihre anatomisch sehr gut geschützte Lage im Retroperitonealraum, den großen umgebenden Weichteilmantel und die hohe Mobilität sind die Ureteren am seltensten von traumatischen Verletzungen betroffen. Sie werden eher iatrogen im Rahmen von Operationen verletzt (Elliott, 2006). Verletzungen der Harnleiter werden zu einem großen Prozentsatz durch penetrierende Traumen verursacht, allen voran machen Schussverletzungen mit bis zu 90 % den größten Anteil aus. Im Rahmen stumpfer Bauchtraumen kommen sie besonders durch Dezelerationsmechanismen zustande, wobei das proximale Drittel der Ureteren etwas häufiger verletzt wird als das mittlere und das distale Drittel. Ureterverletzungen werden in der primären Diagnostik auch aufgrund ihrer Rarität oft übersehen, eine verspätete Diagnosestellung erhöht die Morbidität und Mortalität jedoch signifikant (Pereira, 2010).

### Harnblase und Urethra

Verletzungen der Harnblase und der Urethra sind aufgrund ihrer geschützten Lage im knöchernen Becken nicht so häufig wie Nierenverletzungen, jedoch sind viele der Verletzungen genau durch diese anatomische Nähe zum Beckenring bedingt. Laut Literatur weisen 6 % aller Patienten mit Beckenringfrakturen gleichzeitig auch eine Verletzung von Harnblase oder Urethra auf, bei schweren Beckenringverletzungen (AIS  $\geq$  4) steigt diese Zahl sogar auf 15 % (Demetriades, 2002).

Wichtig ist die Unterscheidung zwischen intraperitonealen, extraperitonealen bzw. kombinierten Blasenrupturen. Intraperitoneale Blasenrupturen kommen meist durch plötzliche Kompression der gefüllten Harnblase zustande, was zur Ruptur der schwächsten Stelle, dem Blasendach, führt. Häufig treten dieser Verletzungen bei Dezelerationstraumen und zum Beispiel starkem Druck auf die gefüllte Blase durch den Sicherheitsgurt oder das Lenkrad auf. Bei Beckenringfrakturen auftretende Scherkräfte oder auch die direkte Penetration der Blase durch Knochenspickel führen vor allem zu extraperitonealen Blasenrupturen, das Peritoneum bleibt also intakt (Figler, 2012).

Die genaue Einteilung der Schweregrade der Urethraläsion anhand der AAST-Klassifikation kann Tabelle 2 entnommen werden.

Verletzungen der Harnröhre sind insgesamt selten, wobei Männer ca. fünfmal häufiger betroffen sind als Frauen. Dies lässt sich durch den längeren Verlauf und die exponiertere

Lage der männlichen Urethra leicht erklären. Vergleichbar mit den Harnleitern werden partielle von totalen Rupturen bzw. komplexe, kombinierte Verletzungsmuster unterschieden (McGeady, 2013).

Ätiologisch treten Verletzungen des hinteren Anteils der Harnröhre sowohl bei Männern, als auch bei Frauen meist in Kombination mit Beckenfrakturen ("pelvic fracture - related urethral injury", PFUI) auf und werden durch die Wucht der Scherkräfte zwischen den mobilen und den fixierten Anteilen der Harnröhre ausgelöst (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2017).

Klassische Verletzungsmuster des vorderen Anteils der männlichen Urethra sind Prellungen am Damm, sogenannte „straddle injuries“. Diese werden klassischerweise bedingt durch einen Sturz auf den Fahrradrahmen oder im Rahmen von Motorradunfällen, wobei die Harnröhre gegen die Symphyse gequetscht wird. Hierbei kann es entweder nur zu einer Kontusion, oder aber auch zur partiellen oder kompletten Ruptur der Harnröhre kommen (Doiron, 2019).

Penetrierende Verletzungen des vorderen Anteils der männlichen Urethra kommen, wenn auch selten, vor allem durch Schussverletzungen, Hundebisse oder Pfählungsverletzungen zustande (Lumen, 2015).

**Tab. 2 AAST- Klassifikation der Urethraläsionen (nach (E. Moore, 1992)**

<b>Grad I</b>	Kontusion: Blut am Meatus externus; RUCG unauffällig, kein Urinparavasat
<b>Grad II</b>	Dehnungsverletzung: Elongation der Urethra, RUCG unauffällig, kein Urinparavasat
<b>Grad III</b>	Partielle Ruptur: Urinparavasat im RUCG, Kontrastmittelnachweis in Harnblase
<b>Grad IV</b>	Komplette Ruptur: Dehiszenz < 2 cm, in RUCG kein Kontrastmittelnachweis in Harnblase mehr
<b>Grad V</b>	Komplette Ruptur: Dehiszenz ≥ 2 cm, ggf. Ruptur bis in Prostata oder Vagina

### 4.3.3 Primäre Diagnostik traumatischer urologischer Verletzungen

In den S3 - Leitlinien zur Polytrauma- bzw. Schwerverletztenversorgung der DGU ist das urogenitale System fest verankert. Hier ist beschrieben, dass bei jedem abdominellen Trauma bzw. adäquaten Traumamechanismus sofort ein „Focused Assessment with Sonography for Trauma“ (FAST) bzw. ein Extended FAST – Scan (E- FAST) durchgeführt werden soll, um freie Flüssigkeit schnell im Abdominalraum detektieren zu können. Der E – FAST ist zwar eine schnell verfügbare, nicht invasive Methode der Diagnostik in der akuten

Polytraumaversorgung, weist aber eine niedrige Sensitivität und Spezifität in der Diagnostik von Parenchymläsionen intraabdomineller Organe auf (Antonis, 2011).

Bei der ersten klinischen Ganzkörperuntersuchung des Patienten soll explizit auf Makrohämaturie, Prellmarken oder Hämatome geachtet werden (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2017). Es ist jedoch ausdrücklich zu beachten, dass eine fehlende Makrohämaturie eine Nierenverletzung nicht ausschließt (Erlich, 2018).

Bei Verdacht auf eine Nierenverletzung soll eine Ganzkörper – CT mit Kontrastmittel durchgeführt und wenn möglich um eine urographische Phase ergänzt werden. Falls die Prioritätensetzung es erlaubt, ist bei klinischem Verdacht auf eine Verletzung der Harnblase oder Urethra eine retrograde Urethrozystographie Mittel der Wahl (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2017).

Es existiert eine unabhängige Leitlinie der European Association of Urology (EAU) zur Behandlung urogenitaler Traumen (Kitrey, 2020). Die Kernaussagen decken sich hier fast vollständig mit denen der Leitlinie der DGU (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2017).

#### **4.3.4 Akutversorgung urologischer Traumata in ATLS und Schockraummanagement**

Während Verletzungen des Urogenitalsystems nur selten den Grund für den Tod im Frühstadium darstellen, sind diese vor allem im Verlauf der Behandlung von gravierender Bedeutung, da sie mit bleibenden Funktionseinschränkungen einhergehen können. Die möglichen Komplikationen können hierbei von einer Urosepsis über die Notwendigkeit weiterer operativer Eingriffe bis hin zur Dialysepflicht reichen (Heuer, 2010). In mehreren unabhängigen Studien konnte eine erhöhte Mortalität, ein längerer Krankenhausaufenthalt und ein insgesamt schlechteres Outcome bei begleitenden Nierenverletzungen nachgewiesen werden (Gomes, 2010, Heuer, 2010).

Die Versorgung Schwerverletzter sollte immer in interdisziplinärer Zusammenarbeit durchgeführt werden und bei Vorliegen oder dem dringenden Verdacht auf eine urogenitale Verletzung immer ein Facharzt für Urologie hinzugezogen werden (Coccolini, 2019).

In den letzten Jahren zeichnete sich ein zunehmender Trend zum nicht-operativen Management bzw. schrittweisen Zugang in der Therapie höhergradiger Nierenverletzungen (AAST IV + V) ab, das heißt von konservativen, zu minimalinvasiven, zu offen chirurgischen Maßnahmen (Sujenthiran, 2019).

Das wichtigste Kriterium für die Therapieentscheidung ist die hämodynamische Stabilität des Patienten. Zudem müssen der Schweregrad nach AAST und renale Vorerkrankungen des Patienten mit in die Entscheidung einbezogen werden.

Beim hämodynamisch stabilen Patienten ist eine vorerst konservative Therapie bis Verletzungen AAST IV immer indiziert und kann sogar bei AAST- V Verletzungen unter engmaschiger laborchemischer und klinischer Kontrolle auf einer entsprechenden Intensivstation versucht werden (Coccolini, 2019, Kitrey, 2020). Es konnte gezeigt werden, dass die konservative Therapie bei ähnlichen Komplikationsraten im Vergleich zur operativen Therapie zu einer insgesamt kürzeren Krankenhausverweildauer und besseren Nierenfunktion mit niedrigerer Mortalität im Langzeitverlauf führte (Sujenthiran, 2019).

Oft treten hochgradige Nierenverletzungen jedoch nicht isoliert, sondern im Rahmen komplexer Bauchtraumen auf. Falls eine explorative Notfallaparotomie notwendig sein sollte, ist nach den Leitlinien der EAU immer ein Urologe hinzuzuziehen (Kitrey, 2020).

Die offene chirurgische Akuttherapie ist indiziert bei hämodynamisch instabilen Patienten trotz adäquater Therapie, bei sich ausbreitendem bzw. pulsierendem perirenaln Hämatom und bei Grad V Gefäßverletzungen der Niere bzw. Grad V penetrierender Verletzung. Zur Verfügung stehen hier unter anderem eine Nierenteilresektion, die Renorrhaphie oder als Ultima Ratio die notfallmäßige primäre Nephrektomie (Kitrey, 2020).

Vor allem in den letzten Jahren konnte die selektive arterielle Embolisation blutender Segmentarterien zunehmend an Relevanz gewinnen und wird mittlerweile auch bei hochgradigen Nierenverletzungen erfolgreich angewandt (Loffroy, 2017). Die höchste Erfolgsrate hat die arterielle Embolisation bei Nierenverletzungen vom Grad AAST III (94 %). Auch Urinextravasationen aus dem Nierenbecken stellen keine sofortige Indikation zur operativen Therapie mehr dar. Bei fehlenden Sepsis- bzw. Infektzeichen kann gegebenenfalls in der Akutphase auf eine operative Therapie verzichtet werden, jedoch wird diese häufiger im Verlauf im Falle einer persistierenden Extravasation nötig (Sujenthiran, 2019).

Eine sekundäre Nephrektomie kann bei persistierender Blutung oder sekundär eintretendem hämodynamischen Schock auch im Verlauf noch notwendig werden (Keihani, 2018).

Wie oben beschrieben treten schwerste Ureterverletzungen nur extrem selten und so gut wie nie isoliert auf. Da die Begleitverletzungen meist eine höhere Priorität in der Versorgung einnehmen, kommt der Akutversorgung von Ureterverletzungen eine eher untergeordnete Rolle zu (Pereira, 2010). Komplette Abrisse der Ureteren benötigen eine operative Rekonstruktion. Falls eine Operation primär nicht möglich ist, kann überbrückend die Einlage einer Nephrostomie oder eines Harnleiter-Stents zur temporären Harnableitung erfolgen (Smith, 2013).

Blasenverletzungen sind beim polytraumatisierten Patienten eng vergesellschaftet mit Beckenringfrakturen. Einer akuten operativen Exploration bedürfen jedoch nur intraperitoneale Harnblasenrupturen, da das Urinextravasat im Bauchraum Auslöser für eine Peritonitis und Sepsis sein kann. Extraperitoneale Harnblasenrupturen können primär meist konservativ mit

der Einlage eines transurethralen oder suprapubischen Katheters versorgt werden (Lumen, 2015).

Bei proximalen Rupturen der Urethra z.B. im Rahmen schwerer Beckenverletzungen stehen meist ebenfalls die Begleitverletzungen im Vordergrund. Primär kann je nach Zustand des Patienten und Art der Verletzung entweder ein konservativer Therapieversuch mittels Einlage eines transurethralen Blasenkatheters und die dadurch bedingte Schienung der Harnröhre initiiert werden. Falls transurethral die Einlage des Blasenkatheters aufgrund einer zu großen Dehiszenz oder Stenose nicht gelingt, muss ein suprapubischer Harnblasenkatheter eingelegt werden (Doiron, 2019). Alternativ kann der Versuch einer frühen endoskopischen Wiederherstellung der Harnröhrenkontinuität erfolgen. Bei Verletzungen des vorderen Anteils der männlichen Harnröhre ist der Traumamechanismus entscheidend. Penetrierende Verletzungen bedürfen einer sofortigen Exploration, stumpfe Traumen können zumindest temporär meist konservativ mit der Einlage eines Blasenkatheters therapiert werden (Kitrey, 2020).

#### **4.3.5 Überblick der definitiven Versorgung von urologischen Verletzungen im schwerverletzten Patienten**

Wie im vorangehenden Kapitel ausführlich beschrieben wird bei Nierenverletzungen oft ein konservatives Procedere verfolgt. Bei allen konservativen Therapieversuchen muss der Patient zwingend engmaschig klinisch und laborchemisch verlaufskontrolliert werden, um mögliche Komplikationen frühzeitig erkennen zu können. Bei niedriggradigen Nierenverletzungen ist die klinisch – laborchemische Verlaufskontrolle meist ausreichend, sollten jedoch Symptome wie zunehmender Flankenschmerz, Fieber oder ein Abfall des Hämoglobin-Werts auftreten, ist die sofortige CT – Diagnostik indiziert. Bei konservativ therapierten hochgradigen Nierenverletzungen empfiehlt sich eine routinemäßige CT – Kontrolle einige Tage nach dem Trauma, Vorgaben bezüglich des genauen Zeitpunkts existieren jedoch nicht (Buse, 2005).

Frühkomplikationen umfassen unter anderem perinephritische Abszesse, die meist perkutan drainiert werden können, Infektion, Sepsis, Peritonitis, die Ausbildung von Urinomen oder Nachblutungen (Yeung, 2012).

Bei akuten, hämodynamisch relevanten Nachblutungen oder erfolgloser selektiver arterieller Embolisation kann eine operative Exploration im Anschluss an eine primär konservative Therapie notwendig werden. In diesem Fall werden sekundäre Nephrektomieraten von bis zu 67 % beschrieben (Kitrey, 2020).



Teilabriss der Ureteren mit noch erhaltener Kontinuität können großteils konservativ therapiert werden. Bei vollständigen Rupturen variieren die Versorgungsmethoden, je nachdem welcher Ureterabschnitt betroffen ist, wobei prinzipiell die innere Schienung, ein wasserdichter Verschluss und die sichere Harnableitung das Versorgungsziel darstellen (Buse, 2005). Kurz zusammengefasst stehen für Verletzungen im proximalen und mittleren Drittel die Ureteroureterostomie, also eine End-zu-End oder End-zu-Seit-Anastomose mit Anschluss an den kontralateralen Ureter zur Verfügung. Im mittleren Drittel ist auch ein Boari-Flap denkbar, ein Ersatz des distalen Ureters mittels röhrenförmiger Lappenplastik aus dem Blasendach. Bei Verletzungen des distalen Ureterdrittels wird meist eine direkte Reinsertion des Ureters in die Blase, ggf. in Psoas-Hitch Technik, vorgenommen (Serafetinides, 2015).

Unkomplizierte extraperitoneale Harnblasenverletzungen können fast immer konservativ mittels temporärer Harnableitung über einen Blasenkatheter austherapiert werden. Bei komplizierten extraperitonealen Harnblasenrupturen, die den Blasenhalss betreffen, mit Beckenringfrakturen assoziiert sind oder durch durchspießende Knochenspickel ausgelöst wurden, ist meist im Verlauf die operative Versorgung nötig. Hier bietet es sich an, die Blasenrupturen gleichzeitig mit der Versorgung der Beckenringfraktur durchzuführen. Falls keine operative Versorgung der Beckenringfraktur nötig ist, kann auch eine laparoskopische Rekonstruktion bzw. Übernähung erwogen werden (Coccolini, 2019).

Prinzipiell gilt bei Urethraverletzungen, dass partielle Rupturen mit Erhalt der Kontinuität meistens konservativ mittels Einlage eines transurethralen oder, falls nicht möglich, durch einen suprapubischen Blasenkatheter austherapiert werden können. Hierbei besteht jedoch das Risiko, Stenosen zu entwickeln, welche dann oft im Verlauf chirurgisch saniert werden müssen. Komplette Rupturen der Urethra sollten daher entweder sofort oder im Verlauf endoskopisch oder offen chirurgisch rekonstruiert werden (Doiron, 2019). Der beste Zeitpunkt zur Versorgung kompletter Urethrarupturen wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Die Leitlinien der EAU empfehlen jedoch die verzögerte Urethroplastik nach ca. 3 Monaten (Kitrey, 2020).

Urethraverletzungen des vorderen Anteils bei Männern, die durch penetrierende Mechanismen ausgelöst wurden, sollten immer frühzeitig operativ exploriert und rekonstruiert werden (Kitrey, 2020).

#### **4.3.6 Outcome, Spätfolgen und Komplikationen**

Die Ausbildung von Urinomen, chronischer Pyelonephritiden, perinephritischer Abszesse, eine eingeschränkte Nierenfunktion bzw. der vollständige Verlust der Nierenfunktion oder persistierende Hämaturie sind einige der häufigsten Komplikationen nach höhergradigen Nierentraumen. Eindeutige Zahlen existieren aufgrund der mangelnden prospektiven

Studienlage mit Langzeit-Follow-ups nicht. Das Komplikationsrisiko scheint jedoch allgemein direkt proportional mit dem Schweregrad der Nierenverletzung zu korrelieren (Kitrey, 2020). Lanchon und Mitarbeiter konnten mittels Nierenzintigraphie 6 Monate nach dem Nierentrauma einen Zusammenhang zwischen langfristig reduzierter Nierenfunktion und der Menge an devitalisiertem Nierenparenchym aufzeigen (Lanchon, 2016). Etwa 5 % der Patienten mit einem schweren Nierentrauma entwickeln zudem eine arterielle Hypertension. Diese wird jedoch meist schon direkt nach dem Trauma immanent und entwickelt sich nur sehr selten erst später (Chedid, 2006).

Bei traumatisch bedingten, unkomplizierten, extraperitonealen Blasenrupturen wird eine Heilungsrate von 85 % innerhalb von 10 Tagen durch eine konservative Therapie berichtet (Urry, 2016). Trotz dieser hohen Erfolgsrate sollte eine operative Therapie einer Blasenruptur immer durchgeführt werden, wenn eine operative Versorgung der häufig ursächlichen Beckenverletzung erfolgt (Coccolini, 2019). Hierdurch konnten kürzere Krankenhausaufenthalte, eine geringere Langzeit-Blasenfunktionseinschränkung und auch eine niedrigere Infektionsrate des Osteosynthesematerials nachgewiesen werden (Johnsen, 2016, Yao, 2018).

Nach der initialen Versorgung von Urethraverletzungen kommt es in ca. 18 % der Fälle zu Strikturen und in 3 % der Fälle zu Fistelbildung. Diese bedürfen sehr häufig einer teils langwierigen operativen Versorgung (Engel, 2016). Bei Männern ist die erektile Dysfunktion eine weitere häufig auftretende Komplikation, die die Lebensqualität stark beeinflusst. Diese scheint bei Urethraverletzungen, die durch Beckenringfrakturen verursacht wurden, noch häufiger aufzutreten, als bei nicht mit Beckenringfrakturen assoziierten Urethraverletzungen (Chung, 2018).

## **5 Zielsetzung und Problemstellung**

Wie in den vorangehenden Kapiteln ausführlich dargestellt wurde, machen traumatische Verletzungen des Urogenitaltrakts einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an Morbidität und Mortalität nach Polytraumen aus (Gomes, 2010).

Es existieren mehrere unabhängige Studien, die jeweils einzelne Anteile des Urogenitaltrakts untersuchten (Doiron, 2019, Johnsen, 2016, Lanchon, 2016, Urry, 2016). Die genauen Zusammenhänge des Traumamechanismus, begleitende Verletzungen, Alter und Geschlecht der Patienten mit dem gesamten Urogenitaltrakt wurden jedoch noch nicht eingehend analysiert. Auch fehlt eine Korrelation zwischen Verletzungen des Urogenitaltraktes und Verletzungen des Beckens und der Wirbelsäule. Dieses schließt die Untersuchung der genauen Häufigkeit, eine Korrelation der jeweiligen Verletzungsmuster mit den Traumamechanismen und die Demographie der Verletzungen mit ein. Die existierenden Studien sind meistens stark limitiert durch die geringe Fallzahl der Studienpopulation.

Das Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, die Korrelation zwischen urogenitalen Verletzungen und Becken- bzw. Wirbelsäulenfrakturen anhand retrospektiv erhobener Daten aus Fällen des Klinikums rechts der Isar aus den letzten fünf Jahren tiefergehend zu untersuchen. Geplant ist demnach eine multivariate Analyse mit dem Zielparameter „Auftreten einer urogenitalen Verletzung“. In einem zweiten Schritt soll ein Behandlungsalgorithmus sowohl für die Präklinik, als auch für das akute Schockraummanagement erstellt werden.

## **6 Material und Methoden**

### **6.1 Studiendesign**

Bei dieser Studie handelt es sich um eine retrospektive Auswertung der Daten von Polytraumapatienten, welche in den Jahren 2016 – 2020 über den Schockraum des Klinikums rechts der Isar, Technische Universität München vorstellig wurden.

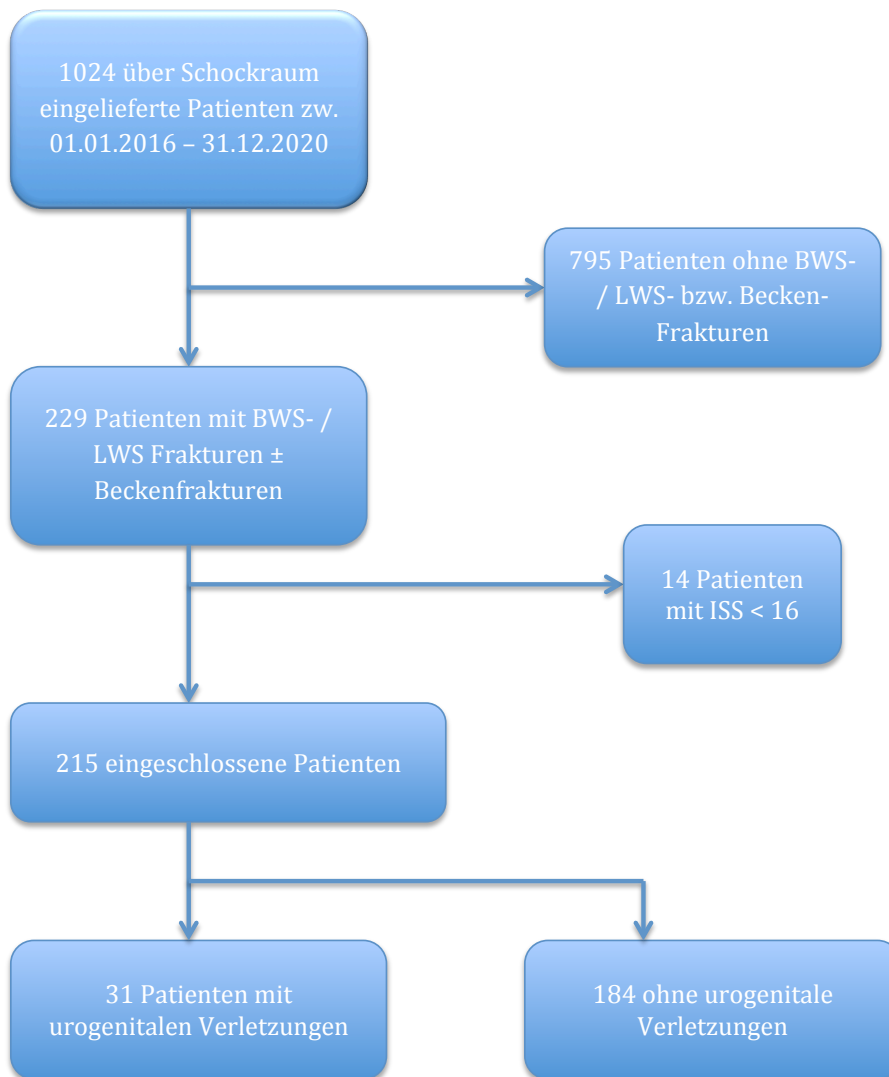
#### **6.1.1 Ein-/ Ausschlusskriterien**

Bei der hier vorliegenden Studie wurden Patienten des Klinikums rechts der Isar herangezogen, die folgende Einschlusskriterien erfüllten:

- Einlieferung über den Schockraum im Zeitraum zwischen 01.01.2016 – 31.12.2020
- Vorliegen einer Beckenfraktur und/oder
- Vorliegen einer Verletzung der Brust-/ Lendenwirbelsäule
- Patientenalter > 16 Jahre
- ISS  $\geq$  16

Ausgeschlossen wurden Patienten, welche keine Beckenfraktur oder keine Verletzung im Brust-/ Lendenwirbelsäulenbereich aufwiesen, einen ISS unter 16 hatten oder unter 16 Jahre alt waren.

Von den 1024 Patienten, die sich über den Schockraum im o.g. Zeitraum vorstellten, wiesen 229 Patienten eine Beckenfraktur bzw. Brust-/ Lendenwirbelsäulenverletzung auf. 14 dieser Patienten hatten jedoch einen ISS kleiner 16 und galten demnach definitionsgemäß nicht als Polytraumapatienten. Dementsprechend wurden 215 Patienten in diese Studie eingeschlossen. Abbildung 1 zeigt das Flowchart zum Einschluss der Patienten.



**Abb. 1** Flowchart, welches den Algorithmus zum Ein-/ Ausschluss des Studienkollektivs zeigt

## 6.2 Datenerhebung

Mit Hilfe des Programms Microsoft® Excel® für Mac 2011 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) wurden die retrospektiv erhobenen Daten der 215 Patienten pseudonymisiert in einer Tabelle zusammengefasst.

Angelehnt ist die Datenerhebung bezüglich demographischer Daten und Traumamechanismus an den Datenerfassungsbogen des TraumaRegister® der DGU. So wurden neben den demographischen Daten (Geburtsdatum, Alter, Geschlecht, ASA) zudem genaue Daten zum Traumamechanismus (stumpfes oder penetrierendes Trauma, Motorrad- / PKW- / Fahrradunfall bzw. Verkehrsunfall als Fußgänger, Sturz aus Höhen über bzw. unter 3 Metern oder Verletzung durch Stich, Schlag oder Schuss) aufgezeichnet. Zudem wurden der GCS- Wert am Unfallort und beim Eintreffen im Schockraum, der Zeitpunkt des Eintreffens im

Schockraum und alle vorliegenden Diagnosen gesammelt und die AIS Scores anhand des AIS© 2005 Update 2008 Manuals der AAAM eruiert.

Bei den vorliegenden Becken- bzw. Wirbelsäulenfrakturen wurde zudem die entsprechende AO- Klassifikation notiert, wobei BWS- und LWS- Frakturen separat aufgezeichnet wurden. Beim Vorliegen mehrerer Wirbelsäulen- bzw. Beckenverletzungen bei einem Patienten wurde jeweils die schwerwiegendste, also die Verletzung, die den höchsten AIS ergab (nach dem Prinzip des MAIS), gewertet.

Außerdem wurden alle Operationen während des ersten stationären Aufenthalts mit Datum und bei Notfalloperationen auch die genaue Uhrzeit gesammelt. Bezüglich des Outcomes wurde die Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation und bis zur Entlassung aus der stationären Behandlung erfasst und gegebenenfalls der Todeszeitpunkt notiert. Erweitert wurde die Datenerhebung um folgende urologische Daten: die Kreatinin-, GFR- und Harnstoffwerte bei Aufnahme, am 3. bzw. 4. Tag und am 7. Tag nach Trauma, vorliegende Mikro- / Makrohämaturie, Oligo- / Anurie bzw. Blasentamponaden, durchgeführte urologische Diagnostik (retrograde Urographie, CT-Abdomen mit urographischer Phase) und urologische Operationen bzw. Interventionen mit Zeitpunkten und Outcome.

### **6.3 Statistische Analyse**

Die statistische Analyse wurde mittels Microsoft® Excel® für Mac 2011, Version 14.0.0 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) und IBM® SPSS® Statistics Version 26 (International Business Machines Corp., New York, USA) durchgeführt. P – Werte < 0,05 wurden als signifikant angesehen.

Wie der Einleitung dieser Doktorarbeit schon zu entnehmen ist, werden Brust-/ Lendenwirbelsäulenverletzungen den jeweiligen anatomischen Regionen (Thorax bzw. Abdomen) zugeordnet. Dies führt dazu, dass bei gleichzeitig zu Wirbelsäulenfrakturen auftretenden Verletzungen der inneren Organe diese meist im Vordergrund für die ISS-Berechnung stehen. Deshalb wird für diese Doktorarbeit zum einen der ISS per definitionem berechnet, für die statistische Auswertung werden aber zusätzlich die AIS-Werte der BWS-/ LWS-/ Beckenfrakturen und der urogenitalen Verletzungen gesondert erhoben und die Zusammenhänge analysiert.

Zu Beginn der Analyse wurden alle von Excel in SPSS übertragenen Werte auf ihre Vollständigkeit und Richtigkeit mittels einer Analyse fehlender Werte überprüft, anschließend die Variablen kontrolliert und Variablenwerte ergänzt.

Daraufhin wurde das gesamte Patientengut mittels deskriptiven und explorativen Datenanalysen genauer untersucht und einige Variablen gesondert betrachtet.

Wichtig erscheinende Gesichtspunkte und Zusammenhänge wurden in passenden Graphen, wie Box – Plots, Histogrammen oder Liniendiagrammen, anschaulicher dargestellt.

Da in dieser Arbeit das Auftreten von urogenitalen Verletzungen von besonderer Bedeutung ist, wurden die Gruppen von Patienten mit und ohne urogenitale Verletzungen separat genauer untersucht und verglichen.

Bei qualitativen Variablen wurden Kreuztabellen und Chi – Quadrat Tests oder Fisher – Exakt – Tests, bei quantitativen Daten unabhängige Zweistichproben – t – Tests und Mann – Whitney – U – Tests durchgeführt.

Im Anschluss wurde eine Berechnung der relativen Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen urogenitaler Verletzungen mittels binär logistischer Regression durchgeführt.

Die Ergebnisse werden im Kapitel „Resultate“ ausführlich beschrieben.

#### **6.4 Studienregistrierung**

Das Einverständnis der Ethikkommission der Technischen Universität München liegt vor (Zeichen: 229/20 S-EB).

## 7 Ergebnisse

### 7.1 Demographie

Wie im vorangegangenen Kapitel bereits erwähnt, wurden 215 Patienten in diese Studie eingeschlossen. Davon waren 152 (70,7 %) männlich und 63 (29,3 %) weiblich. Zum Unfallzeitpunkt waren die Patienten im Mittel 49,3 Jahre alt (Range: 17 – 93, Median: 50, SD: 19,5) (siehe Abb. 2).

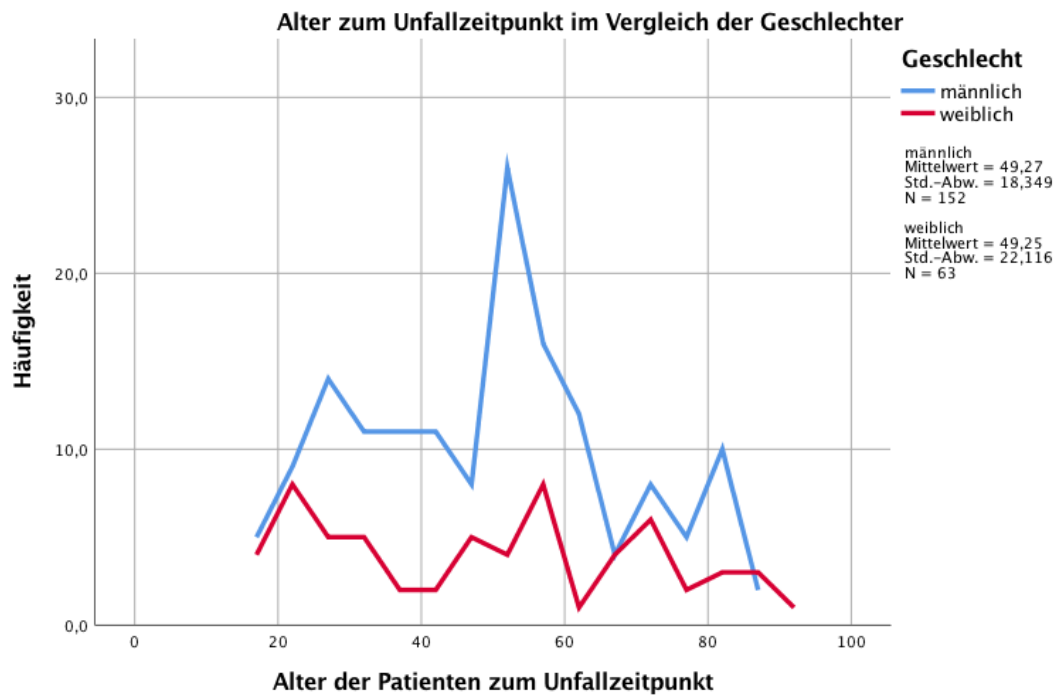


Abb. 2 Liniendiagramm zur Darstellung der Altersverteilung über die Geschlechter

Der Gesundheitszustand anhand der ASA- Klassifikation vor dem Unfall war wie folgt verteilt: 112 Patienten (52,1 %) fielen in die Kategorie ASA 1, 79 Patienten (36,7 %) in die Kategorie ASA 2 und 24 Patienten (11,2 %) in die Kategorie ASA 3.

### 7.2 Traumamechanismus

Nur ein Patient (0,5 %) erlitt ein penetrierendes Trauma im Sinne eines Schusses, die restlichen 214 Patienten (99,5 %) erlitten allesamt stumpfe Traumata. Am häufigsten waren die Verletzungen bedingt durch Verkehrsunfälle ( $n = 122$ ), wobei wiederum 41 PKW- bzw. LKW- Unfälle (19,1 %), 37 Motorradunfälle (17,2 %), 22 Fahrradunfälle (10,2 %) und 22 Unfälle mit Fußgängern (10,2 %) zu verzeichnen waren. Durch Stürze verletzten sich insgesamt 87 Patienten, wobei 22 Patienten (10,2 %) aus unter 3 Metern und 65 Patienten (30,2 %) aus über 3 Metern fielen. Die übrigen 6 Patienten wurden im Rahmen von Schlägen ( $n = 5$ , 2,3 %) oder Schüssen ( $n = 1$ , 0,5 %) verletzt. Kein Patient in unserer Studienpopulation wurde durch Stiche verletzt.



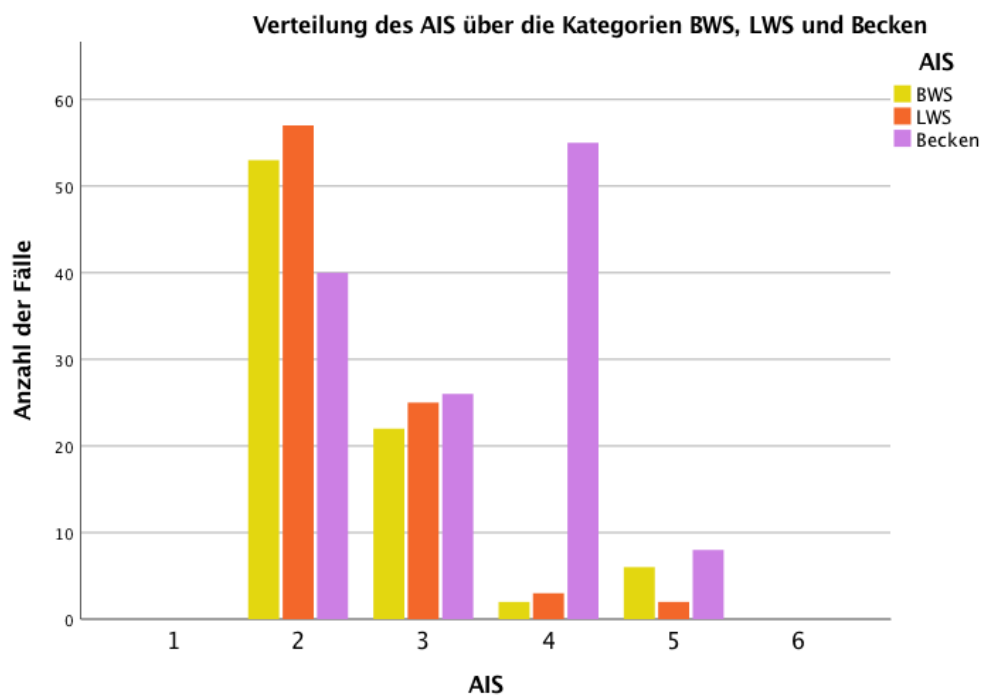
### 7.3 Traumafolgen

129 Patienten (60,0 %) erlitten eine Beckenverletzung, 83 Patienten (38,6 %) eine Verletzung der Brustwirbelsäule und 87 Patienten (40,5 %) eine Verletzung der Lendenwirbelsäule.

Der mittlere AIS der Beckenfrakturen lag bei 3,24 (Range: 2 – 5, Median: 3), wobei 40 Patienten (31,0 %) einen AIS von 2, 26 Patienten (20,2 %) einen AIS von 3, 55 Patienten (42,6 %) einen AIS von 4 und 8 Patienten (6,2 %) einen AIS von 5 hatten.

Bei den 83 Patienten mit Brustwirbelsäulenverletzungen lag der mittlere AIS bei 2,53 (Range: 2 – 5, Median: 2). Der AIS war wie folgt verteilt: 63,9 % der Patienten (n= 53) mit AIS 2, 26,5 % der Patienten (n= 22) mit AIS 3, 2,4 % der Patienten (n= 2) mit AIS 4 und 7,2 % der Patienten (n= 6) mit AIS 5.

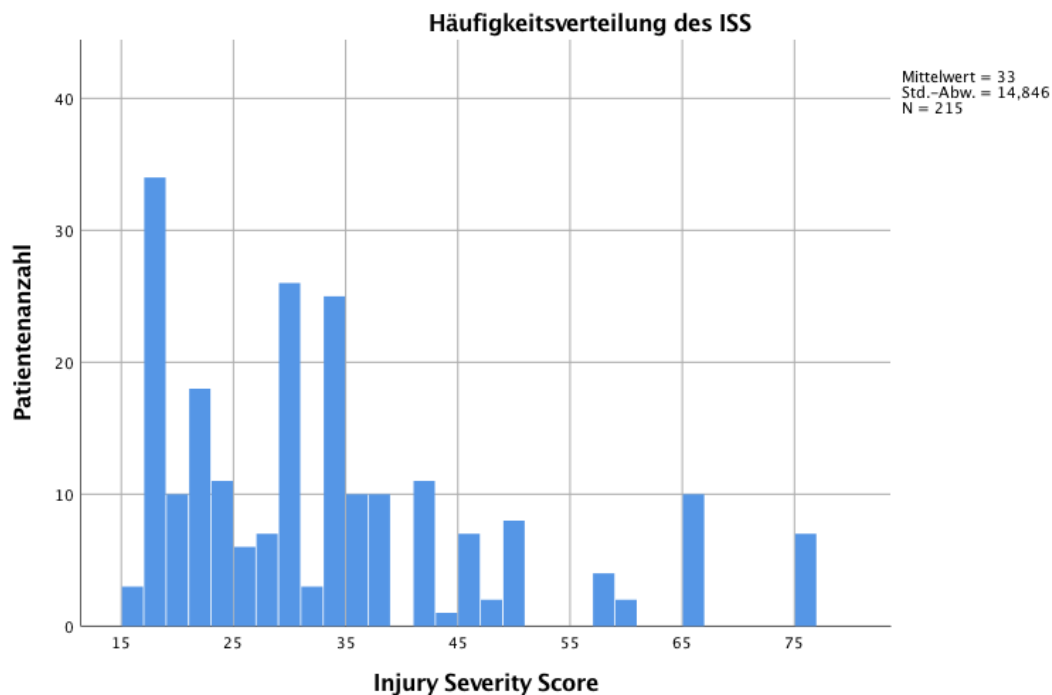
Der mittlere AIS der Lendenwirbelsäulenverletzungen lag bei 2,43 (Range: 2 – 5, Median: 2), wobei 57 Patienten (65,5 %) einen AIS von 2, 25 Patienten (28,7 %) einen AIS von 3, 3 Patienten (3,4 %) einen AIS von 4 und 2 Patienten (2,3 %) einen AIS von 5 zu verzeichnen hatten (siehe Abb. 3).



**Abb. 3** Histogramm zum Vergleich der Verteilung der Schweregrade der Verletzungen von Becken, Lendenwirbelsäule (LWS) und Brustwirbelsäule (BWS) anhand des AIS (Abbreviated Injury Scale)

Somit lässt sich festhalten, dass der durchschnittliche AIS der Beckenverletzungen höher war als der der Wirbelsäulenverletzungen und dass die Schweregrade der Wirbelsäulenverletzungen zwischen BWS und LWS sehr ähnlich verteilt waren.

Der mittlere ISS lag bei 33,0 (Range: 16 – 75, Median: 29, SD: 14,8). Die genaue Verteilungskurve ist Abbildung 4 zu entnehmen.

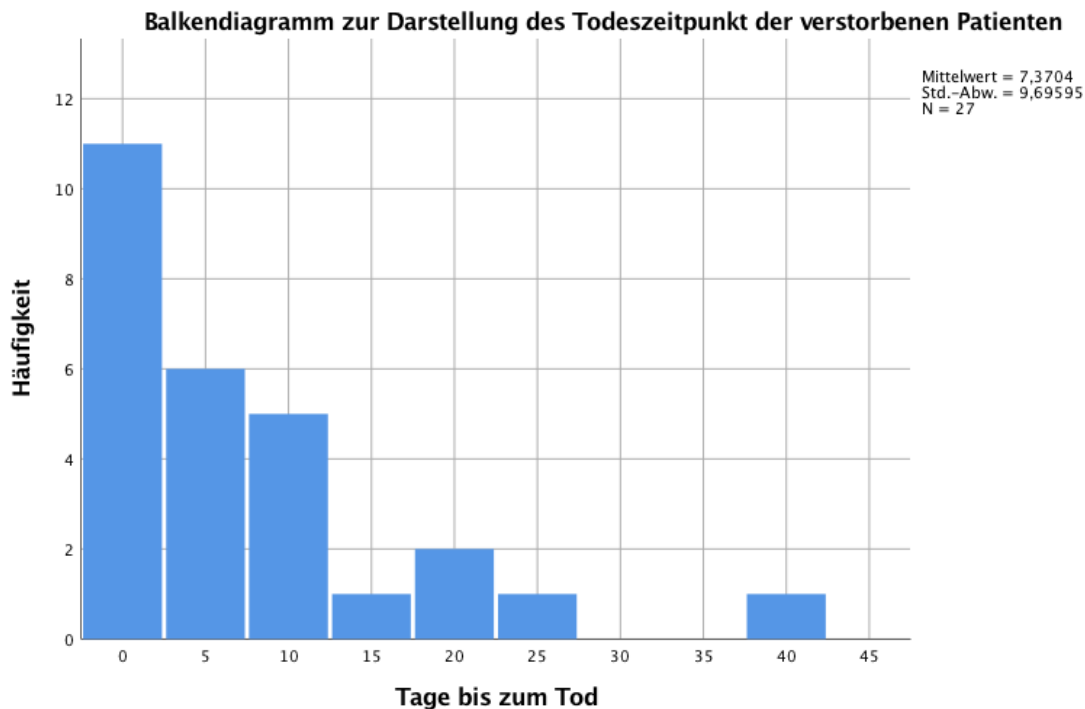


**Abb. 4 Histogramm zur Darstellung der Verteilung des ISS aller Patienten des Studienkollektivs**

Betrachtet man die Notwendigkeit operativer Versorgungen genauer, so fällt auf, dass bei 76,3 % (n= 164) der Patienten mindestens eine unfallchirurgische Operation erfolgte. 6 Patienten (2,8 %) mussten zusätzlich aufgrund urogenitaler Verletzungen operiert werden.

70 Patienten benötigten keine intensivmedizinische Versorgung, die restlichen Patienten verbrachten im Mittel 14,7 Tage auf Intensivstationen (Median: 8, Range: 1 – 83 Tage). In stationärer Behandlung befanden sich die Patienten durchschnittlich 30,9 Tage, wobei sich auch hier eine große Spannweite von 2 – 205 Tagen zeigte (Median: 22,0, SD: 27,1).

In unserer Studienpopulation verstarben insgesamt 27 Patienten (12,6 %) im Rahmen des stationären Aufenthaltes, im Mittel nach 7,4 Tagen (Range: 0 – 40 Tage, Median: 3 Tage) (siehe Abb. 5).



**Abb. 5** Balkendiagramm, welches den Todeszeitpunkt der verstorbenen Patienten im Studienkollektiv während des stationären Aufenthalts darstellt; die meisten Patienten verstarben noch am Aufnahmetag, im weiteren Verlauf nahm die Sterblichkeit kontinuierlich ab.

#### 7.4 Laborchemische Parameter zur Nierenfunktion

Um das Ausmaß der Nierenverletzungen genauer untersuchen zu können, wurden laborchemische Parameter zur Nierenfunktion erhoben. Notiert wurden die GFR-Werte, die anhand der CKD-EPI-Formel errechnet wurden. Die GFR- und Kreatininwerte der Blutabnahmen im Schockraum und an den Tagen 3, 4 und 7 nach stationärer Aufnahme wurden ermittelt, um eine eventuelle Dynamik besser beurteilen zu können.

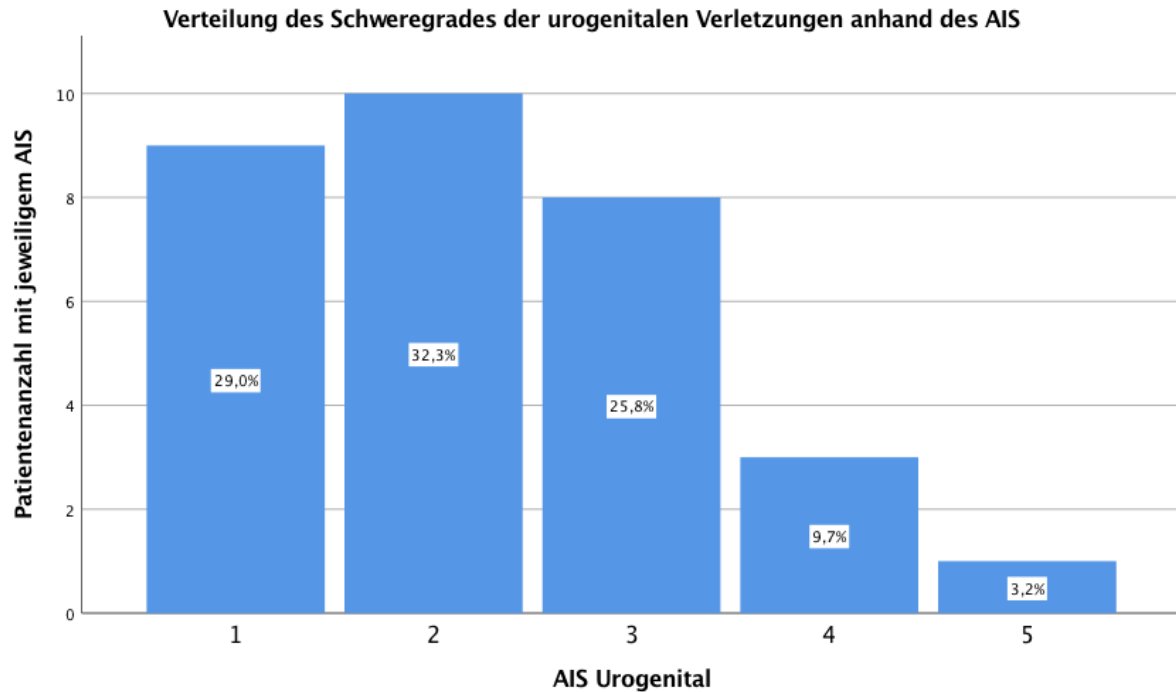
Im Rahmen der ersten Blutabnahme im Schockraum lag die mittlere GFR bei 87,1 (95% Konfidenzintervall: 83,4 – 90,8) und der Kreatininwert bei 1,0 (95%- Konfidenzintervall: 0,95 – 1,05). An Tag 3 bzw. 4 lag die GFR durchschnittlich bei 97,2 (95% Konfidenzintervall: 92,7 – 101,6) und der Kreatininwert im Mittel bei 0,94 (95% Konfidenzintervall: 0,83 – 1,05).

Am 7. Tag nach stationärer Aufnahme war die GFR im Mittel bei 101,6 (95% Konfidenzintervall: 97,1 – 106,0) und der Kreatininwert bei 0,9 (95% Konfidenzintervall: 0,77 – 1,02).

#### 7.5 Urogenitale Verletzungen

Insgesamt erlitten 31 Patienten (14,4 %) eine urogenitale Verletzung, wobei der AIS von 1 - 5 reichte. 19 dieser Patienten (61,3 %) erlitten leichte bzw. moderate Verletzungen mit einem AIS von 1 bzw. 2. 8 Patienten (25,8 %) wiesen einen AIS von 3 auf, 3 Patienten (9,7 %) einen

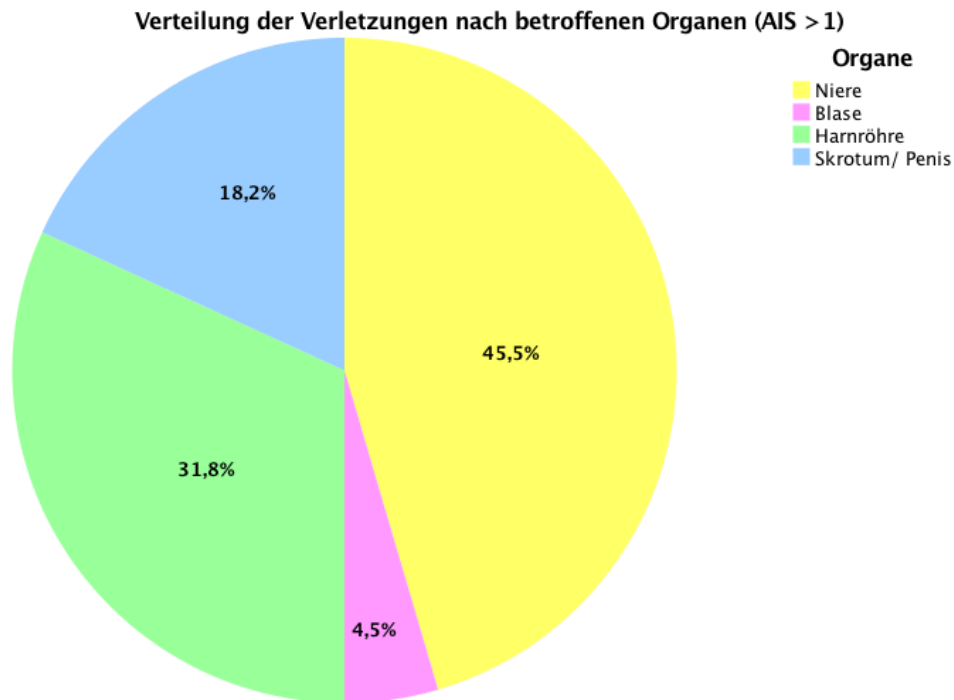
AIS von 4 und nur ein Patient einen AIS von 5 (3,2 %). Kein Patient hatte im Rahmen der urogenitalen Verletzung einen AIS von 6 (siehe Abb. 6).



**Abb. 6 Häufigkeit des jeweiligen Schweregrades der urogenitalen Verletzungen dargestellt anhand eines Balkendiagramms; in den Balken ist die Häufigkeit in Prozent gezeigt; y-Achse: Absolute Patientenzahl mit jeweiligem AIS-Code; AIS= Abbreviated Injury Scale**

Urochirurgisch versorgt werden mussten 6 Patienten (2,8 %). Von den 31 Verletzungen betrafen 10 die Niere (32,3 %), 2 die Harnblase (6,5 %), 7 die Urethra (22,6 %) und 12 das äußere männliche Genital (Skrotum, Hoden oder Penis) (38,7 %). Eine Verletzung der Ureteren war in unserer Studienpopulation nicht zu verzeichnen.

Eliminiert man die sehr leichten Verletzungen (AIS= 1), so verändert sich die zuvor beschriebene Verteilung deutlich. Von den 22 urogenitalen Verletzungen mit einem AIS  $\geq$  2 betreffen 45,5 % die Niere, 4,5 % die Harnblase, 31,8 % die Urethra und 18,2 % das äußere männliche Genital. Abbildung 7 zeigt die genaue Verteilung der Verletzungen mit AIS > 1.



**Abb. 7** Verteilung der verschiedenen urogenitalen Verletzungen auf die jeweiligen Organe mit einem AIS größer als 1; es lagen keine Ureterverletzungen vor

In Tabelle 3 ist eine genaue Auflistung der urogenitalen Verletzungen zu finden.

**Tab. 3 Urogenitale Verletzungen mit ggf. operativer Versorgung;** das (+) in der Kategorie Alter gibt an, dass der Patient verstorben ist

Alter (+: Tod)	Geschlecht	Traumamechanismus	AIS urogenital	ISS	Art der urogenitalen Verletzung	Urologische OPs (Zeitpunkt in Tagen nach Aufnahme)
44	m	Schuss	2	17	Schussverletzung genital mit Eintritt am Hoden und Austritt gluteal mit ausgedehntem Weichteiltrauma	Notfallmäßige Orchiektomie mit Wundexploration rechts (0)
53	m	PKW/ LKW	1	34	Skrotal- und Penisödem, a.e. im Rahmen des Quetschtraumas	
58	m	Motorrad	2	36	Harnröhrenruptur prostatisch mit Dehiszenz von ca. 1cm (AAST III) und aktiver Blutung aus der A. pudenda interna im Bereich der Peniswurzel links	
44	m	Motorrad	3	27	Nierenkontusion (AAST I) und Niereninfarkt des rechten Unterpole bei Dissektion und Verschluss einer akzessorischen Unterpolarterie	
31	m	PKW/ LKW	3	22	Nierenlazeration (AAST III) im Mittel- / Untergeschoss rechts mit großem angrenzendem Hämatom	DJ-Katheter-Einlage rechts (1)

59	m	Motorrad	2	17	Harnröhrenruptur (AAST IV) mit minimaler Dehiszenz und Makrohämaturie	
57	m	Sturz > 3m	1	34	Aktive Blutung aus dem Corpus cavernosum penis	
63	m	Motorrad	2	33	Harnröhrenruptur mit Dehiszenz um ca 1,5 cm (AAST IV)	
63	m	Motorrad	1	41	Skrotumquetschung mit Hämatom + Ödem	
41	m	Motorrad	2	41	Nierenkontusion re. (AAST II) mit dezenter Einblutung	
42	m	Sturz < 3m	4	21	Traumatische Spaltung der rechten Niere (AAST V) mit V.a. Nebennierenverletzung re.	1. MJ-Einlage re. (0) 2. Laparotomie mit Hämatomausräumung, Rekonstruktion der rechten Niere & Wechsel auf DJ- Katheter (5)
31	m	Schlag	1	50	Schwellkörperläsion Penis	
69	m	Schlag	2	17	Nierenkontusion li. (AAST I)	
25	m	Motorrad	1	17	Offene Wunde Skrotum	Exploration, Debridement & Wundversorgung im OP (0)
47	m	Motorrad	1	17	Harnblasenprellung + Skrotalödem i.R. Open Book Fraktur	
32	w	Sturz >3m	4	45	Nierenparenchymlutung links mit Nierenlazeration (AAST IV) + aktiver Blutung	Coiling (durch interventionelle Radiologie) (0)
68	w	PKW/ LKW	2	57	dezente extraperitoneale Blasenwandruptur mit Makrohämaturie	
64	m	Motorrad	3	34	Aktive Blutung aus A. pudenda interna mit relevantem Hb-Verlust	
56	m	Motorrad	2	57	ausgedehnte Wunde Skrotum (ca. 8cm)	Exploration, Debridement & Wundversorgung im OP (0)
29	m	Sturz >3m	3	66	Dissektion der rechten Nierenarterie mit Perfusionsdefekt der rechten Niere	
50	m	Motorrad	1	36	Skrotalquetschung	
59	m	PKW/ LKW	1	21	Sickerblutung aus A. pudenda interna mit Skrotalhämatom	
51	m	Motorrad	1	17	Schürfwunde Skrotum	
67+	m	Fußgänger	3	66	Nierenlazeration bds. (AAST V) mit ausgedehnter retroperitonealer Blutung	

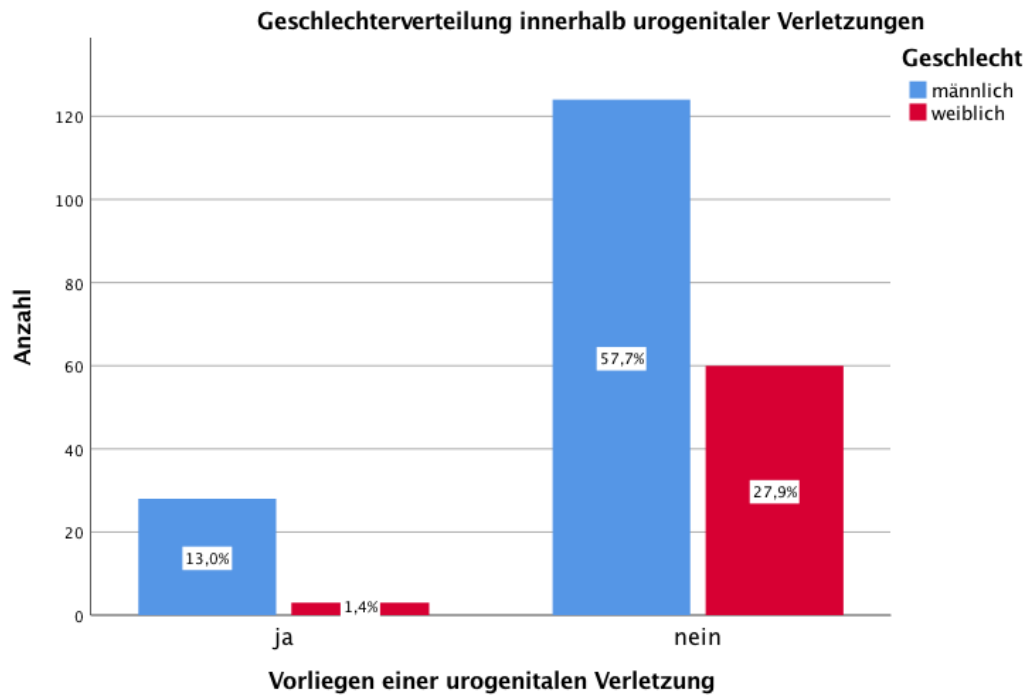
58	w	Sturz >3m	4	50	Nierenarteriendisektion rechts mit Massentransfusion (30 EKs) (AAST V)	Angiographie, PTA + Stenting der rechten Nierenarterie (0)
19	m	PKW/ LKW	3	41	Supradiaphragmale vollständige Harnröhrenruptur mit Dehiszenz >2,5cm (AAST V)	Anlage suprapubischer Blasenkatheter im Rahmen einer Laparotomie mit Splenektomie & partieller Omentektomie (0)
80 +	m	PKW/ LKW	3	75	Vollständige Harnröhrenruptur mit Blasentamponade (AAST IV)	
47	m	Motorrad	3	59	Vollständige Harnröhrenruptur mit Dehiszenz ca. 3cm (AAST V)	
23 +	m	Mensch vs. U-Bahn	5	75	Perforation der rechten Bauchwand mit Verlagerung der rechten Niere nach extraabdominell (AAST V)	

## 7.6 Vergleich Patientengruppen mit und ohne urogenitale Verletzungen

Im Folgenden sollen die Patienten mit und ohne urogenitale Verletzungen genauer auf Unterscheidungsmerkmale untersucht werden.

Bei Vergleichsangaben bezieht sich die erste Zahl immer auf Patienten mit und die zweite Zahl auf Patienten ohne urogenitale Verletzungen. Betrachtet man die Demographie genauer, so fällt auf, dass sich das Alter zwischen den beiden Gruppen (48,0 vs. 49,5 Jahre) nicht signifikant unterscheidet ( $p=0,86$ ).

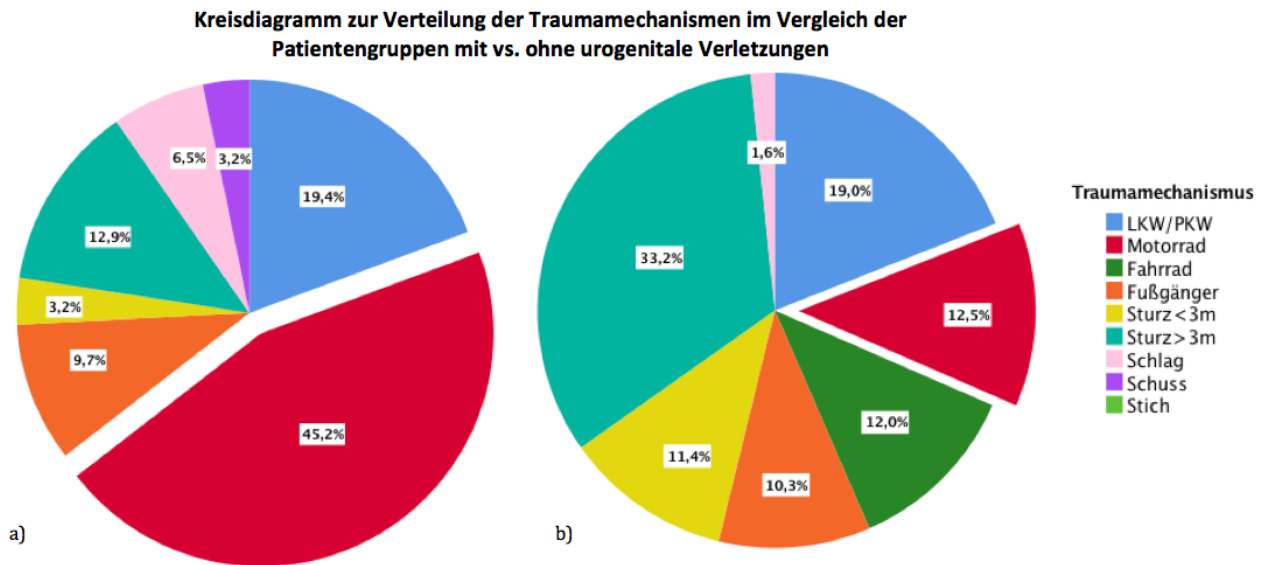
Die Geschlechterverteilung hingegen differiert umso deutlicher: Männer waren deutlich häufiger von urogenitalen Verletzungen betroffen als Frauen (90,3 % vs. 67,4 %;  $p<0,001$ ) (siehe Abb. 8).



**Abb. 8** Balkendiagramm, welches die Verteilung der urogenitalen Verletzungen auf die Geschlechter zeigt

Betrachtet man den vorliegenden Traumamechanismus bei Patienten mit urogenitalen Verletzungen genauer, waren fast die Hälfte aller Patienten (45,2 %, n= 14) in Motorradunfälle verwickelt. 19,4 % der urogenitalen Verletzungen entstanden im Rahmen von PKW-/LKW-Unfällen (n= 6), 12,9 % durch Stürze aus großen Höhen (n= 4), 9,7 % (n= 3) durch Verkehrsunfälle mit Fußgängern, 6,5 % (n= 2) durch einen Schlag, je 1 (3,2 %) durch einen Schuss bzw. einen Sturz aus unter 3 Metern Höhe und keine durch Fahrradunfälle. Daraus ergibt sich, dass statistisch signifikant mehr urogenitale Verletzungen im Rahmen von Motorradunfällen entstanden sind als durch jeden anderen Traumamechanismus ( $p < 0,01$ ) (siehe Abb. 9).





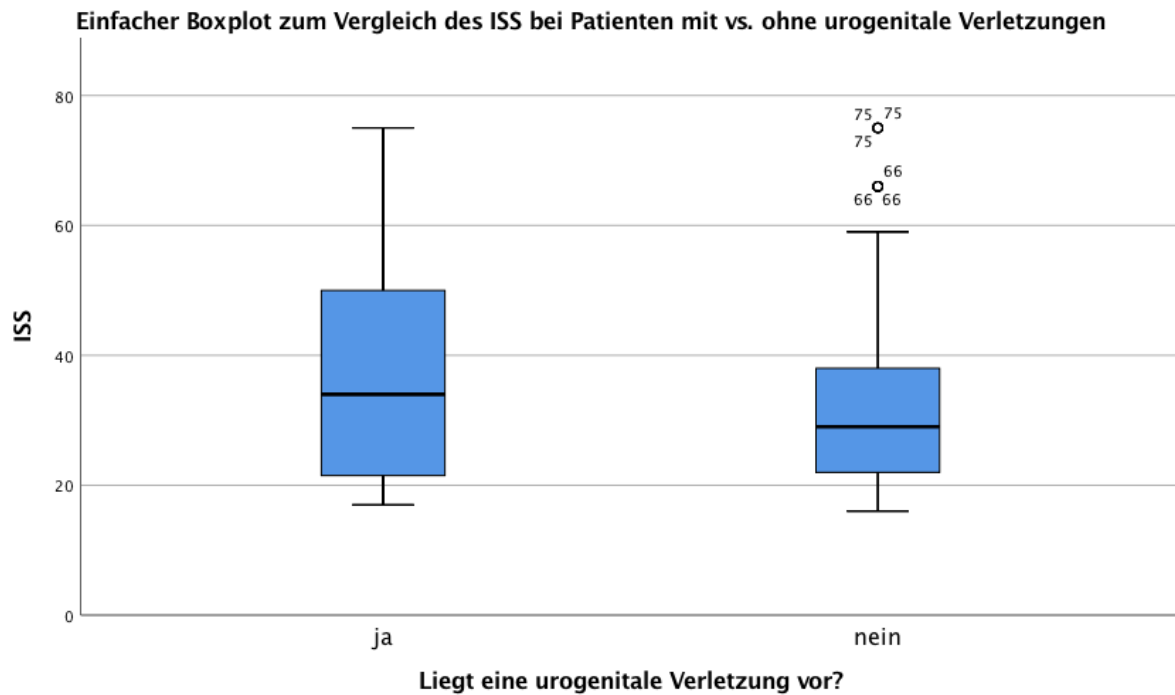
**Abb. 9** Kreisdiagramm, welches die Verteilung der Traumamechanismen im Vergleich der Patientengruppen mit (a) vs. ohne (b) urogenitale Verletzungen aufzeigt; jeweils herausgerückt sind die Motorradunfälle, bei denen der größte Unterschied zu verzeichnen ist

83,9 % (n= 26) der Patienten mit urogenitalen Verletzungen hatten gleichzeitig eine Beckenverletzung, wohingegen nur 56,0 % (n= 103) der Patienten ohne urogenitale Verletzungen eine Beckenfraktur hatten. Hieraus ergibt sich abermals ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,002$ ). Auch der Schweregrad der Beckenverletzungen, berechnet anhand des AIS, unterschied sich zwischen den Gruppen signifikant (3,8 vs. 3,1;  $p < 0,012$ ).

Verletzungen der Brustwirbelsäule wiesen nur 3 (9,7 %) der Patienten mit urogenitalen Verletzungen auf. Im Vergleich dazu hatten 80 (43,5 %) der Patienten ohne urogenitale Verletzungen eine BWS-Fraktur, woraus sich abermals ein signifikanter Unterschied ergibt ( $p < 0,001$ ). Der AIS unterschied sich wiederum nicht signifikant zwischen den Gruppen (2,7 vs. 2,5;  $p = 0,78$ ).

Betrachtet man nun die Frakturen der Lendenwirbelsäule, so zeigt sich, dass 51,6 % (n= 16) der Patienten mit urogenitalen Verletzungen auch eine Verletzung der LWS hatten. Im Gegensatz dazu hatten 38,6 % (n= 71) der Patienten ohne urogenitale Verletzungen eine Fraktur der LWS, woraus sich kein signifikanter Unterschied in der Prävalenz der LWS-Verletzungen ergibt ( $p = 0,17$ ). Auch die Schwere der Beckenverletzungen unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen (2,3 vs. 2,5;  $p = 0,46$ ).

Insgesamt waren die Patienten in keiner der genannten Gruppe schwerer verletzt. Der ISS unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen (38,3 vs. 32,1;  $p = 0,09$ ) (siehe Abb. 10).



**Abb. 10** Boxplot zur Veranschaulichung des ISS über die Patientengruppen mit vs. ohne urogenitale Verletzungen; die hochgestellten Zahlen geben jeweils die Höhe des ISS an

Auf die Länge des intensivstationären (13,9 vs. 14,8 Tage;  $p=0,60$ ) bzw. stationären (32,0 vs. 30,8 Tage;  $p=0,35$ ) Aufenthalts scheint das Vorliegen von urogenitalen Verletzungen keinen Einfluss zu haben.

Auf die Wahrscheinlichkeit für das Versterben eines Patienten hatte das Vorliegen von urogenitalen Verletzungen ebenfalls keinen signifikanten Einfluss ( $p=0,7$ ). 9,7 % ( $n=3$ ) der Patienten mit urogenitalen Verletzungen verstarben, während bei den Patienten ohne urogenitale Verletzungen 13,0 % ( $n=24$ ) verstarben. Auch der Zeitpunkt des Todes korreliert nicht mit dem Vorliegen von urogenitalen Verletzungen (6,3 vs. 7,5 Tage;  $p=0,8$ ).

Untersucht man die entsprechenden GFR-/ Kreatininwerte unter den Patienten mit und ohne urogenitale Verletzungen zu den oben schon erläuterten Zeitpunkten, so zeigt sich, dass sowohl der mittlere GFR-Wert (77,3 vs. 88,8;  $p=0,28$ ), als auch der mittlere Kreatininwert (1,17 vs. 0,93;  $p=0,003$ ) bei Aufnahme bei Patienten mit urogenitalen Verletzungen signifikant niedriger (GFR), respektive höher (Kreatinin) ist als bei Patienten ohne urogenitale Verletzungen.

An Tag 3 bzw. 4 und an Tag 7 glichen sich die GFR- und Kreatininwerte wieder an und differierten zwischen den Gruppen nicht mehr signifikant (siehe Abb. 11 und 12).

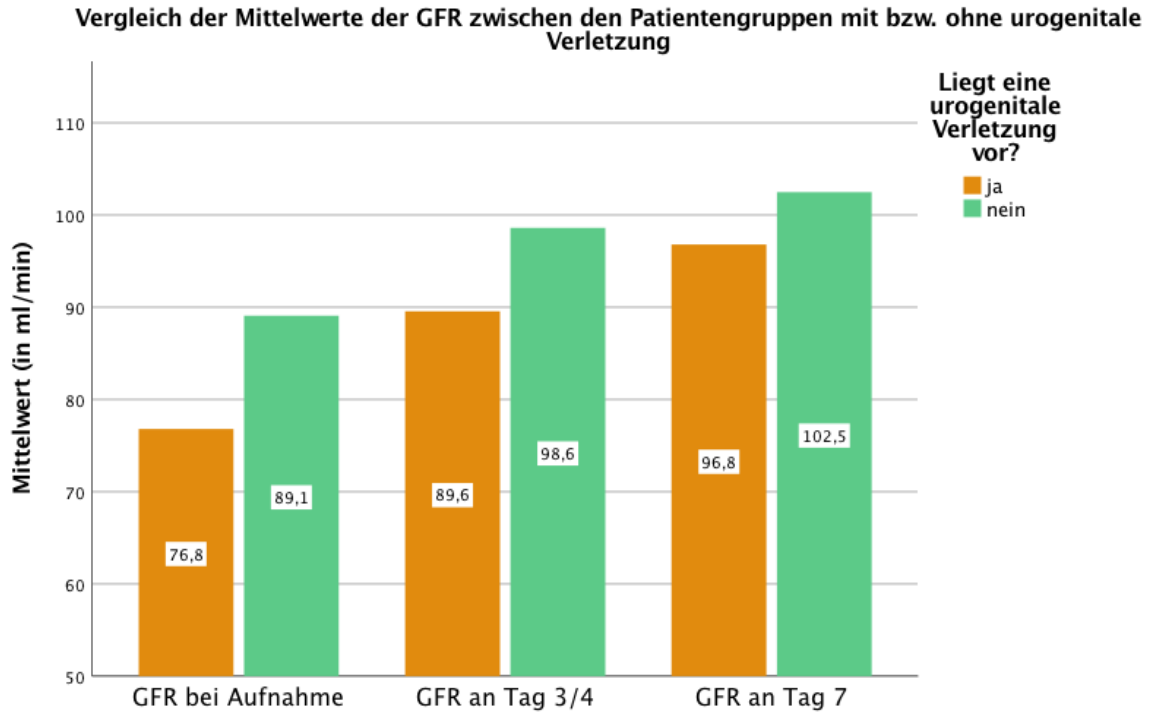


Abb. 11 Histogramm zur Höhe der GFR (Glomeruläre Filtrationsrate) der Patienten zum Aufnahmezeitpunkt, an Tag 3 bzw. 4 und an Tag 7 nach Trauma; die Zahlen zeigen den jeweiligen Mittelwert auf eine Dezimale gerundet an

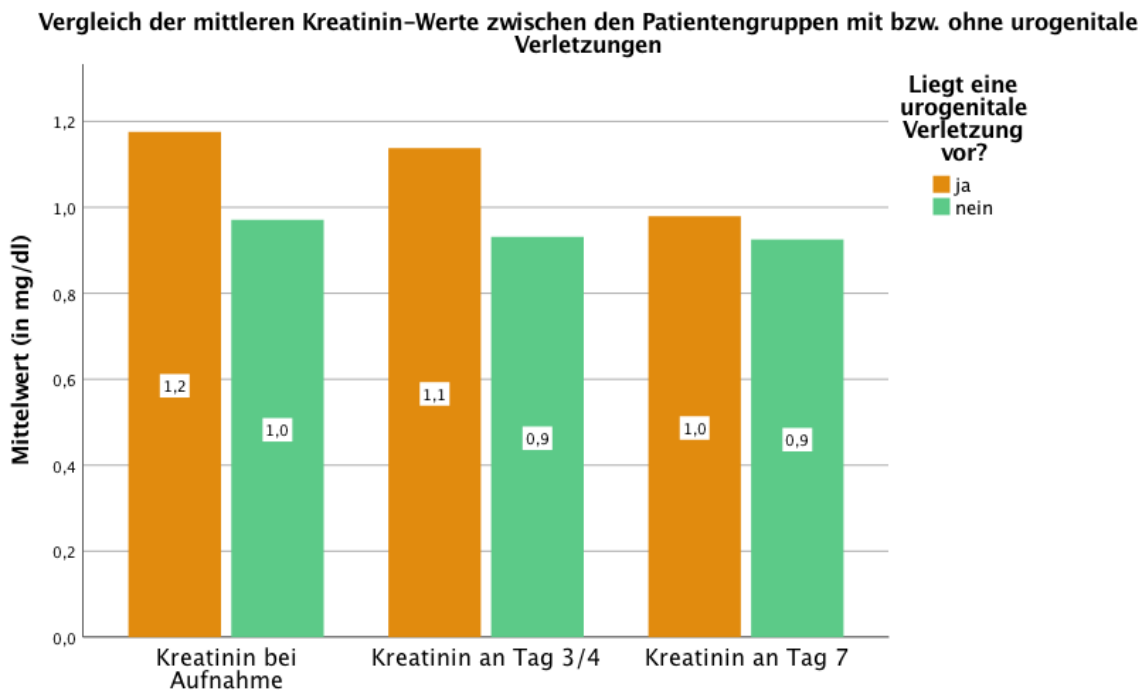


Abb. 12 Histogramm zur Darstellung des Verlaufs der Kreatinin Werte im zeitlichen Verlauf des Aufenthalts; die Zahlen zeigen den jeweiligen Mittelwert an

Nicht überraschend ist, dass signifikant mehr Patienten eine Makrohämaturie aufwiesen, wenn eine urogenitale Verletzung vorlag (29,0% vs. 1,6 %;  $p < 0,001$ ).

Eine retrograde Urethrocytographie (RUCG) wurde bei 16 Patienten insgesamt 25-mal durchgeführt. Bei 75% der Patienten, die eine RUCG erhielten, konnte auch eine urogenitale Verletzung nachgewiesen werden.

Besonders interessant ist die Häufigkeit der Durchführung eines CT-Abdomens mit urographischer Phase, welches insgesamt nur 9-mal ausgeführt wurde. Hiervon erfolgten fast die Hälfte (n= 4) direkt am ersten Tag und insgesamt 66,7% innerhalb der ersten 3 Tage nach Trauma. Die restlichen 3 CTs mit retrograder Blasenfüllung wurden erst nach 11, 18 und 19 Tagen durchgeführt. 88,9 % (n= 8) der Patienten, die ein CT mit retrograder Blasenfüllung erhielten, hatten auch eine urogenitale Verletzung (p< 0,001).

Die wichtigsten Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten zwischen der Patientengruppe mit bzw. ohne urogenitale Verletzungen sind in Tabelle 4 dargestellt.

**Tab. 4 Vergleich der Patientengruppen mit und ohne urogenitale Verletzungen; jeweils die Mittelwerte sind angegeben, in Klammern sind die Prozente berechnet auf die jeweiligen Gruppen angegeben; BWS = Brustwirbelsäule, LWS= Lendenwirbelsäule, AIS= Abbreviated Injury Scale, ISS= Injury Severity Score, GFR= Glomeruläre Filtrationsrate, CT= Computertomographie, RUCG= Retrograde Uretrocystographie, d= Tage**

		Mit urogenitalen Verletzungen (n= 31) n (%)	Ohne urogenitale Verletzungen (n= 184) n (%)
<b>Alter</b>		48,0	49,4
<b>Geschlecht</b>	männlich	28 (90,3)	124 (67,4)
	weiblich	3 (9,7)	60 (32,6)
<b>Traumamechanismus</b>	PKW/ LKW	6 (19,4)	35 (19,0)
	Motorrad	14 (45,2)	23 (12,5)
	Fahrrad	-	22 (12,0)
	Fußgänger	3 (9,7)	19 (10,3)
	Sturz aus <3m	1 (3,2)	21 (11,4)
	Sturz aus >3m	4 (12,9)	61 (33,2)
	Schlag	2 (6,5)	3 (1,6)
	Schuss	1 (3,2)	-
<b>Häufigkeit</b>	Beckenverletzung	26 (83,9)	103 (56,0)
	BWS-Fraktur	3 (9,7)	80 (43,5)
	LWS-Fraktur	16 (51,6)	71 (38,6)
<b>AIS</b>	Becken	3,8	3,1
	BWS	2,7	2,5
	LWS	2,3	2,5
<b>ISS</b>		38,3	32,1

<b>Dauer Aufenthalt Intensivstation</b>		13,9 d	14,8 d
<b>Dauer stationär</b>		32,0 d	30,8 d
<b>Verstorben</b>		3 (9,7)	24 (13,0)
<b>GFR (ml/min)</b>	bei Aufnahme	77,3	88,8
	Tag 3/4	89,5	97,8
	Tag 7	96,8	102,5
<b>Kreatinin (mg/dl)</b>	bei Aufnahme	1,17	0,93
	Tag 3/4	1,14	0,94
	Tag 7	0,98	0,93
<b>Makrohämaturie</b>		9 (29,0)	3 (1,6)
<b>RUCGs</b>		12 (38,7)	4 (2,2)
<b>CT mit retrograder Blasenfüllung</b>		8 (25,8)	1 (0,5)

## 7.7 Validierung Studienkollektiv

Die Einschlusskriterien des Patientenkollektivs dieser Studie sind annähernd deckungsgleich mit den Voraussetzungen zur Aufnahme ins Basiskollektiv des TraumaRegisters® der DGU, wodurch die Vergleichbarkeit beider Gruppen gegeben ist. Die im Folgenden aufgelisteten Vergleichswerte wurden dem Jahresbericht 2019 des TraumaRegisters® der DGU mit einer eingeschlossenen Patientenzahl von 29.345 Patienten im Basiskollektiv entnommen (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2020).

Im Durchschnitt war unser Patientenkollektiv 49,3 Jahre alt. Das TraumaRegister® gibt an, dass die Patienten zum Unfallzeitpunkt im Durchschnitt 53,4 Jahre alt waren. Diese geringe Differenz lässt sich am ehesten durch den demographischen Wandel und die alternde Gesellschaft erklären, da unser Studienkollektiv aus den Jahren 2016 – 2020 stammt und die Datenerhebung somit weiter zurück reicht. Das konsequent zunehmende Durchschnittsalter der Patienten lässt sich auch aus dem Jahresbericht 2019 des TraumaRegisters® der DGU ablesen.

70,7 % der Patienten unseres Kollektivs waren männlich. Diese Verteilung ist mit dem Datensatz des TraumaRegisters® mit 69,2 % männlichen Patienten fast deckungsgleich.

Betrachtet man den Traumamechanismus genauer, so wurden 99,5 % unserer Patienten im Rahmen stumpfer Traumen verletzt. Im TraumaRegister® ist eine ebenfalls sehr hohe Rate von 96,2 % angegeben. Die geringe Differenz kann dadurch erklärt werden, dass penetrierende Verletzungen, wie Schuss- oder Stichverletzungen, nur selten zu Wirbelsäulen- / Beckenverletzungen führen, sondern eher die inneren Organe, besonders Dünn- und

Dickdarm sowie die Leber, betreffen (Cardi, 2019). Zudem gilt München als die sicherste Großstadt Deutschlands, was die sehr niedrige Rate an penetrierenden Verletzungen zusätzlich erklären kann (Bundesministerium des Innern, 2020).

Geringe Unterschiede zeigen sich im Traumamechanismus der Patientenkollektive. Die genaue Verteilung der Traumamechanismen kann Tabelle 5 entnommen werden.

Die Unterschiede bezüglich des Traumamechanismus sind am ehesten darauf zurückzuführen, dass besonders Hochenergietraumen, z.B. Stürze aus großen Höhen oder Motorradunfälle, zu Verletzungen des Beckens und auch der Wirbelsäule führen und Niedrigenergietraumen, wie z.B. Stürze aus niedrigen Höhen, diese Verletzungen seltener bedingen (Demetriades, 2002). Da das Vorliegen von Becken- bzw. Wirbelsäulenverletzungen ein Einschlusskriterium unserer Studie war, kann der höhere Prozentsatz an Hochenergiemechanismen dadurch begründet werden.

**Tab. 5 Verteilung des Traumamechanismus im Vergleich des Basiskollektivs des Jahresbericht 2019 des TraumaRegisters® der DGU mit unserem Studienkollektiv, die genannten Werte sind in Prozent des entsprechenden Kollektivs angegeben**

	<b>Basiskollektiv TR- DGU® 2019 (n= 29.345)</b>	<b>Studienkollektiv (n= 215)</b>
<b>PKW/ LKW</b>	19,3	19,1
<b>Motorrad</b>	11,8	17,2
<b>Fahrrad</b>	10,5	10,2
<b>Fußgänger</b>	5,2	10,2
<b>Sturz aus ≤3m</b>	27,2	10,2
<b>Sturz aus &gt;3m</b>	14,4	30,2
<b>Schlag</b>	n.a.	2,3
<b>Schuss</b>	n.a.	0,5

Der durchschnittliche ISS hingegen war im Rahmen unserer Studie mit 33,0 deutlich höher als im Jahresbericht 2019 des TraumaRegisters®, wo die Patienten durchschnittlich einen ISS von 18,2 Punkten hatten. Hier muss jedoch bedacht werden, dass nur 53 % der Patienten im Basiskollektiv des TraumaRegister® auch einen ISS  $\geq 16$  aufwiesen und ein ISS unter 16 als Ausschlusskriterium für unsere Studie festgelegt wurde. Zieht man andere Studien, welche ebenfalls eine ISS  $\geq 16$  als Einschlusskriterium definiert hatten, zum Vergleich heran, so ist der ISS wiederum vergleichbar hoch (Bieler, 2020, Heuer, 2010, Kuhne, 2005).

Des Weiteren reicht die Spannweite des ISS in unserer Studie von 17 – 75. Dies impliziert, dass alle Patienten mindestens eine schwere Verletzung ( $\text{AIS} \geq 3$ ) aufwiesen. Rechnerisch könnten auch drei leichte Verletzungen (AIS jeweils 2) zu einem ISS von 16 führen, wodurch der Patient per Definition als schwerverletzt gilt.

In Bezug auf die Sterblichkeit nach Polytrauma berichtet das Traumaregister® der DGU im Jahresbericht 2019 eine Rate von 11,9 %. In unserem Studienkollektiv verstarben 12,6 %, was sich abermals annähernd deckt. Auch die Liegedauer der Verstorbenen ist vergleichbar in beiden Kollektiven (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), 2020).

## 8 Diskussion

Zielsetzung dieser Studie war es, urogenitale Verletzungen beim polytraumatisierten Patienten genauer zu analysieren. Insbesondere sollte untersucht werden, ob ein Zusammenhang mit Beckenfrakturen und Verletzungen der Brust- bzw. Lendenwirbelsäule und mit dem Traumamechanismus bestehen.

Es konnte gezeigt werden, dass eine signifikante Korrelation von urogenitalen Verletzungen mit Beckenfrakturen besteht und auch der Schweregrad der Beckenverletzung mit dem Vorliegen von urogenitalen Verletzungen zusammenhängt. Zudem sind Männer häufiger von urogenitalen Verletzungen betroffen, insbesondere wenn sie durch Motorradunfälle verletzt wurden.

Die Ergebnisse sollen im Folgenden ausführlich diskutiert werden.

### 8.1 Urogenitale Verletzungen

In rezenter Literatur wird die Prävalenz urogenitaler Verletzungen bei polytraumatisierten Patienten mit ca. 5 - 10 % angegeben (Coccolini, 2019, Morey, 2014, Salimi, 2004).

In unserer Studie waren 14,4 % der Patienten von urogenitalen Verletzungen betroffen, was demnach etwas über dem erwarteten Bereich liegt. Hier sollte erwähnt sein, dass auch sehr leichte urogenitale Verletzungen (AIS= 1) in diese Berechnung mit einfließen und insgesamt 9 der 31 urogenitalen Verletzungen mit einem AIS von 1 bewertet wurden. Schließt man diese leichten Verletzungen aus, so zeigt sich auch in unserer Studie eine Prävalenz von 10,2 %.

Zudem muss erwähnt sein, dass das Vorliegen von Beckenfrakturen bzw. Verletzungen der Brust-/ Lendenwirbelsäule als Einschlusskriterien für die Datenerhebung definiert wurden. Somit wurden urogenitale Verletzungen, die nicht in Zusammenhang mit Becken-/ Wirbelsäulenfrakturen standen, auch nicht in dieser Studie erfasst.

Untersucht man die Gesamtheit der urogenitalen Verletzungen nach ihrer genauen Lokalisation und Verteilung, so zeigt sich, dass 10 der 31 urogenitalen Verletzungen, also gut ein Drittel der Verletzungen, an der Niere lokalisiert waren.

Laut Literatur sind die Nieren trotz ihrer gut geschützten retroperitonealen Lage mit einem Anteil von ca. zwei Drittel eigentlich noch häufiger von traumatischen Verletzungen betroffen (Coccolini, 2019).

Schließt man jedoch abermals Patienten mit einer leichten Verletzung (AIS= 1) aus, so erhöht sich der Anteil der Nierenverletzungen in unserem Studienkollektiv auf 45,5 %. Dieser immer noch deutlich niedrigere Anteil könnte abermals auf das zuvor genannte Einschlusskriterium der Becken-/ Wirbelsäulenfrakturen zurückzuführen sein, wodurch isolierte Nierenverletzungen nicht erfasst wurden.



Besonders auffällig war, dass in unserem Studienkollektiv alle Harnblasen- bzw. Urethraverletzungen mit Beckenfrakturen vergesellschaftet waren. Des Weiteren waren 91,7 % der Verletzungen am äußeren männlichen Genital in Kombination mit Beckenverletzungen aufgetreten. Diese Zusammenhänge sollen im Folgenden genauer erläutert werden.

7 der Patienten (3,3 %) in unserem Studienkollektiv bedurften einer urochirurgischen Operation. 6 davon hatten eine urogenitale Verletzung (siehe Tab. 3), ein weiterer Patient benötigte die Einlage eines suprapubischen Blasenkatheters aufgrund eines Harnstaus nach beidseitiger traumatischer Oberschenkelamputation, ohne dass eine urogenitale Verletzung nachgewiesen werden konnte. Der Patient mit der schwersten Nierenverletzung (AIS= 5) verstarb bevor eine operative Intervention möglich wurde.

Zusätzlich wurde ein Patient durch die Kollegen der interventionellen Radiologie mittels Coiling bei aktiver Blutung einer Nierenarterie versorgt. Ein anderer Patient wurde bei Dissektion der rechten Nierenarterie durch die Kollegen der Gefäßchirurgie mittels PTA und Stenting versorgt.

Wie in der Einleitung dieser Arbeit schon beschrieben wurde, muss in der Akutphase des Traumas nur ein kleiner Teil der Verletzungen des Urogenitaltrakts zwingend operativ versorgt werden. Hier sind besonders Nierenverletzungen mit dadurch bedingter hämodynamischer Instabilität des Patienten und penetrierende Traumen hervorzuheben (Kitrey, 2020). 4 unserer Patienten mit Nierenverletzungen wurden entweder direkt am Unfalltag notfallmäßig operativ, mittels arterieller Embolisation oder Stenting versorgt.

In Bezug auf traumatische Nierenverletzungen ermittelten Heuer und Kollegen insgesamt eine Operationsrate von 24,9 %. Je höhergradiger die Nierenverletzung nach AAST war, desto höher war auch die Operationsbedürftigkeit (Heuer, 2010). Nicht eingeschlossen wurden in dieser Studie aber die alternativen Interventionen und Therapiemöglichkeiten, wie zum Beispiel die arterielle Embolisation.

Eine weitere Studie aus Teheran beschreibt bezogen auf den gesamten Urogenitaltrakt eine Operationsrate von 19,2 %. Trotz des doch deutlich differierenden sozioökonomischen Gefüges ist diese Zahl vergleichbar mit den Zahlen unserer Studie. Auch die Verteilung der Verletzungen auf den Urogenitaltrakt war vergleichbar (Javanmard, 2019).

Urethraverletzungen müssen in der Akutphase des Polytraumas so gut wie nie sofort operativ versorgt werden und sind auch im weiteren Verlauf sehr häufig konservativ zu therapieren (Morey, 2014). Dies spiegelt sich auch in unseren Daten wider. Nur bei einem Patienten wurde nach einer totalen Harnröhrenruptur die Einlage eines suprapubischen Blasenkatheters im Rahmen des ersten stationären Aufenthalts notwendig. Der Rest konnte mittels Einlage eines

transurethralen Blasenkatheters zumindest vorerst suffizient versorgt werden. In der Literatur ist diese Technik der verzögerten Urethrarekonstruktion als die führende Technik beschrieben (Kitrey, 2020).

Ob im weiteren Verlauf aufgrund von Strikturen oder Urinextravasaten bei den Patienten in unserem Studienkollektiv operative Versorgungen notwendig wurden, kann aufgrund fehlender Langzeit-Follow-Ups jedoch nicht abschließend determiniert werden.

## **8.2 Prädiktive Faktoren**

Im Folgenden sollen Faktoren, bei denen sich ein signifikanter Zusammenhang oder auch eine einschlägige Differenz mit dem Vorliegen urogenitaler Verletzungen ergab, genauer analysiert und diskutiert werden.

### **8.2.1 Traumamechanismus**

Ein Ziel dieser Studie war es, den Zusammenhang zwischen urogenitalen Verletzungen und dem Unfallmechanismus genauer zu untersuchen.

Nur ein Patient in unserer Studienpopulation wurde im Rahmen eines penetrierenden Traumas verletzt. Die Seltenheit der penetrierenden Verletzungen deckt sich mit den aus der Literatur in Bezug auf Verletzungsmechanismen in mitteleuropäischen bzw. industrialisierten Gegenden bekannten Daten (Evans, 2010, Hansen, 2004).

Bei genauerer Betrachtung der Traumamechanismen zeigt sich, dass fast die Hälfte aller Patienten, die urogenitale Verletzungen erlitten, im Rahmen von Motorradunfällen verletzt wurden. Dies lässt sich vor allem dadurch erklären, dass besonders Verletzungen der unteren ableitenden Harnwege eng mit Beckenringfrakturen vergesellschaftet sind, welche wiederum oft durch Motorradunfälle verursacht werden (Morey, 2014, Terrier, 2017).

In der Literatur wird beschrieben, dass etwa 13 % der Motorradverunfallten auch eine Beckenfraktur erleiden (Ankarath, 2002). Eine genaue Analyse des exakten Mechanismus legte dar, dass die meisten dieser Beckenfrakturen durch sogenannte „Benzintankverletzungen“ zustande kommen. Hierbei prallt der Fahrer beim Unfall aufgrund seines hohen Momentums mit dem Becken gegen den Benzintank. Neben Beckenfrakturen kommt es dadurch auch sehr häufig zu Blasen- und Urethraverletzungen (Ankarath, 2002, Meredith, 2016).

Von den insgesamt 37 verzeichneten Motorradunfällen in unserer Studienpopulation hatten 24 (64,9 %) eine Beckenverletzung. Diese sehr hohe Zahl ist dadurch zu erklären, dass das Vorliegen einer Beckenverletzung Einschlusskriterium dieser Studie war.

Auffällig ist gleichzeitig auch, dass keine Frau im Rahmen eines Motorradunfalls eine urogenitale Verletzung erlitt. Im Gegensatz dazu erlitten 38,9 %, also mehr als ein Drittel aller Männer, die mit dem Motorrad verunfallten, eine urogenitale Verletzung.

Von den 14 männlichen Motorradfahrern mit urogenitalen Verletzungen erlitten 7 (50 %) Verletzungen am äußeren Genital und 4 Personen (28,6 %) Verletzungen an der Harnröhre. Diese Verteilung ist zum einen sicherlich der unterschiedlichen Anatomie geschuldet, da die weibliche Harnröhre deutlich kürzer und gemeinsam mit dem weiblichen Genital weniger exponiert ist als die männliche Urethra (Morey, 2014). Zum anderen ist aus der Literatur bekannt, dass deutlich mehr (ca. 90 %) Motorradfahrer Männer sind, wodurch auch die Unfallwahrscheinlichkeit klar erhöht ist (Dischinger, 2006, Eden, 2019, Leijdesdorff, 2012). Bei Motorradunfällen sollte schon präklinisch die Möglichkeit des Vorliegens einer urogenitalen Verletzung bedacht werden.

### **8.2.2 Korrelation mit Becken- und Wirbelsäulenfrakturen**

Zentrale Fragestellung dieser Doktorarbeit war zudem, ob eine Korrelation urogenitaler Verletzungen mit Frakturen der Lenden-/ Brustwirbelsäule oder des Beckens besteht.

Diese Korrelation liegt eindeutig in Zusammenhang mit Beckenverletzungen vor, wohingegen Frakturen der Wirbelsäule nicht direkt mit der Prävalenz von urogenitalen Verletzungen korrelieren. So trat bei 83,9 % der Patienten unserer Studienpopulation mit urogenitalen Verletzungen gleichzeitig eine Beckenfraktur, bei 18,4 % eine Verletzung der LWS und nur bei 3,6 % eine Verletzung der BWS auf.

Zudem lässt sich feststellen, dass je schwerer die Beckenverletzung (anhand des AIS definiert), desto höher auch die Wahrscheinlichkeit war, eine urogenitale Verletzung zu erleiden. So erlitten zum Beispiel 50 % der Patienten mit einer sehr schweren Beckenverletzung (AIS= 5) eine urogenitale Verletzung, wohingegen nur 7,5 % der Patienten mit einer leichten Beckenverletzung (AIS= 2) eine urogenitale Verletzung erlitten. Insgesamt konnte bei 16,1 % der Patienten, die eine Beckenringfraktur hatten, gleichzeitig eine urogenitale Verletzung nachgewiesen werden. Diese Zahl ist sogar noch etwas höher als in der Literatur beschrieben (Figler, 2012).

Der signifikante Zusammenhang von Beckenfrakturen und urogenitalen Verletzungen lässt sich unter anderem durch die enge anatomische Nähe des vorderen Beckenrings mit der Harnblase und der Urethra erklären. Durch diesen knöchernen Ring sind die Organe zwar prinzipiell gut geschützt, wenn er aber bricht, gegebenenfalls sogar zersplittert oder die Symphyse gesprengt wird, können so auch sehr einfache Verletzungen entstehen (Morey, 2014, Terrier, 2017). Um eine Fraktur des Beckenrings zu verursachen, bedarf es besonders

bei jungen Patienten einer massiven Krafteinwirkung, wie sie zum Beispiel im Rahmen von Verkehrsunfällen oder Stürzen aus großen Höhen auf den Körper einwirken (Balogh, 2007, Demetriades, 2002, Holstein, 2016).

Wie in der Einleitung dieser Arbeit schon beschrieben, liegen die Nieren im Retroperitonealraum und erstrecken sich in etwa vom 12. Brustwirbel bis zum 3. Lendenwirbel. Zwischen der Wirbelsäule und den Nieren ist zudem eine dicke Fettschicht (Capsula adiposa renis) zu finden, welche die Nieren jeweils umfasst und schützt (Coccolini, 2019). Allein aus dieser anatomischen Lage lässt sich ableiten, dass direkte Verletzungen der Nieren aufgrund von Knochenbrüchen der Wirbelsäule sehr selten sind, sondern sie eher indirekt durch Dezelerations- und Quetschtraumen im Rahmen von Hochrasanztraumen entstehen (Bschleipfer, 2002).

Auch das deckt sich mit den Funden unseres Studienkollektivs, da weder bei BWS- Frakturen, noch bei LWS- Frakturen ein Zusammenhang mit der Häufigkeit von urogenitalen Verletzungen oder mit dem Schweregrad der Frakturen gefunden werden konnte.

### **8.2.3 Leitsymptom Makrohämaturie**

Es fiel auf, dass 75 % der Patienten unseres Studienkollektivs, die eine Makrohämaturie aufwiesen, auch eine urogenitale Verletzung hatten.

Diese Feststellung deckt sich mit den Leitlinien der European Association of Urology (EAU) in Bezug auf urologische Traumata. Hier wird das Vorliegen einer Makrohämaturie als sofortige Indikation zur diagnostischen Bildgebung beschrieben (Kitrey, 2020). Bei frühzeitig bemerkter Makrohämaturie schon im Schockraum sollte deshalb die initiale CT um zumindest eine urographische Phase ergänzt werden.

Mikrohämaturie hingegen kann multipelste Ursachen haben, die nichts mit dem Vorliegen einer traumatischen urogenitalen Verletzung zu tun haben, wie zum Beispiel Harnwegsinfekte, Urolithiasis, Mikroverletzungen durch die Einlage eines Blasenkatheters, Menstruationsblutung, etc. (Bolenz, 2018). Der Nachweis einer Mikrohämaturie kann deshalb nicht generell als prädiktiver Faktor gewertet werden, was sich auch in den Daten unserer Studie widerspiegelt. Wenn Mikrohämaturie im Rahmen von Traumen jedoch in Zusammenhang mit Hypotension, Schock oder speziellen klinischen Symptomen (Flankenschmerz, distendiertes Abdomen, kaudale Rippenserienfrakturen, etc.) auftritt und sichergestellt wurde, dass die anderen gängigen Ursachen, wie zum Beispiel Harnwegsinfekt, etc., ausgeschlossen werden konnten, so kann Mikrohämaturie ein Indikator besonders für

okkulte Nierenverletzungen sein (Brewer, 2007, Kitrey, 2020, Knudson, 1992). Für die akute Notfallsituation präklinisch bzw. im Schockraum spielt sie jedoch eine eher untergeordnete Rolle.

#### **8.2.4 Weitere Faktoren**

Folgend sollen weitere Faktoren, die mit dem Vorliegen urogenitaler Verletzungen nicht signifikant in Zusammenhang standen, noch kurz erläutert und diskutiert werden.

Wie im Kapitel Ergebnisse schon beschrieben, ist es nicht möglich, allein durch die insgesamte Verletzungsschwere, also über die Höhe des ISS, eine Vorhersage über das Vorliegen urogenitaler Verletzungen zu treffen.

Dies ist insofern zu erklären, als dass der ISS aus einer spezifischen Formel errechnet wird, die die drei am schwersten verletzten Körperregionen mit einbezieht. Die Kategorie „Abdomen“ jedoch umfasst sowohl alle abdominellen Bauchorgane, inklusive dem gesamten Urogenitaltrakt, als auch die Bauchgefäße und die lumbale Wirbelsäule (Harwood, 2006). Dass hierbei aufgrund der Verletzungsschwere im Abdomen urogenitale Verletzungen oft weniger ins Gewicht fallen, kann gut nachvollzogen werden und wurde auch in ähnlichen Arbeiten so beschrieben (Heuer, 2010, Javanmard, 2019).

Auch auf die Sterblichkeitsrate und den Todeszeitpunkt scheint das Vorliegen urogenitaler Verletzungen keinen Einfluss zu haben. Dies lässt sich einfach dadurch erklären, dass urogenitale Verletzungen, außer ggf. aktive Blutungen bei zentralen Gefäßzerreißen in der Niere, nur selten letal sind.

Wie in einigen Studien gezeigt werden konnte, korrelierte die Sterblichkeit hingegen direkt mit der Höhe des ISS (Lefering, 2012). Zudem starben stärker vorerkrankte Patienten (ASA Kategorie 3) signifikant häufiger als gesündere Patienten. Dies kann zum einen darauf zurückgeführt werden, dass stärker vorerkrankte Patienten gleichzeitig meist auch älter sind, was sich ebenfalls in unseren Studienergebnissen widerspiegelt. Zum anderen haben vorerkrankte Patienten weniger Ressourcen einen schweren Verlauf aufgrund vorbestehender Organdysfunktionen zu kompensieren. Die Ergebnisse decken sich ebenso mit den aus der Literatur bekannten Einflussfaktoren auf die Mortalität (Bieler, 2020, Evans, 2010, Kuhne, 2005, Zafar, 2016).

Nephrologische Komplikationen im Verlauf des stationären Aufenthalts im Sinne einer Dialysepflichtigkeit bei Multiorganversagen oder einer Crush-Niere stellen keine primären, sondern sekundäre Nierenverletzungen dar, welche im Rahmen unserer Studie nicht erfasst wurden.

Der Verlauf der Nierenfunktionsparameter wurde im Rahmen dieser Studie innerhalb der ersten 7 Tage nach Trauma erfasst. So konnte aufgezeigt werden, dass Patienten mit urogenitalen Verletzungen eine signifikant niedrigere GFR bzw. einen signifikant höheren Kreatinin-Wert bei Aufnahme hatten als Patienten ohne urogenitale Verletzungen. Im Verlauf des stationären Aufenthalts näherten sich diese Werte aber wieder an und zeigten dann keinen signifikanten Unterschied mehr. In der bisherigen Literatur ist hierzu noch keine Erklärung zu finden. Die EAU-Leitlinie beschreibt lediglich, dass schlechte Nierenfunktionsparameter normalerweise auf schon vorbestehende Nierenfunktionseinschränkung zurückzuführen sind. In Bezug auf Verletzungen der ableitenden Harnwege werden Nierenfunktionsparameter jedoch nicht erwähnt (Kitrey, 2020). In den amerikanischen Leitlinien zu traumatischen urogenitalen Verletzungen werden Nierenfunktionsparameter ebenfalls nicht aufgeführt (Coccolini, 2019).

Ob eine Nierenfunktionseinschränkung schon vor dem Trauma bestand, lässt sich am besten indirekt anhand der jeweiligen ASA-Kategorie abschätzen, explizit erfasst ist sie aber nicht (Wolters, 1996). Die ASA-Kategorie unseres Studienkollektivs korreliert zudem nicht mit dem Vorliegen einer urogenitalen Verletzung.

Ob dieser Zusammenhang reproduzierbar ist oder nur zufällig in unserem Studienkollektiv so signifikant auftritt, muss im Rahmen weiterer Studien und an größerem Patientenvolumen überprüft werden.

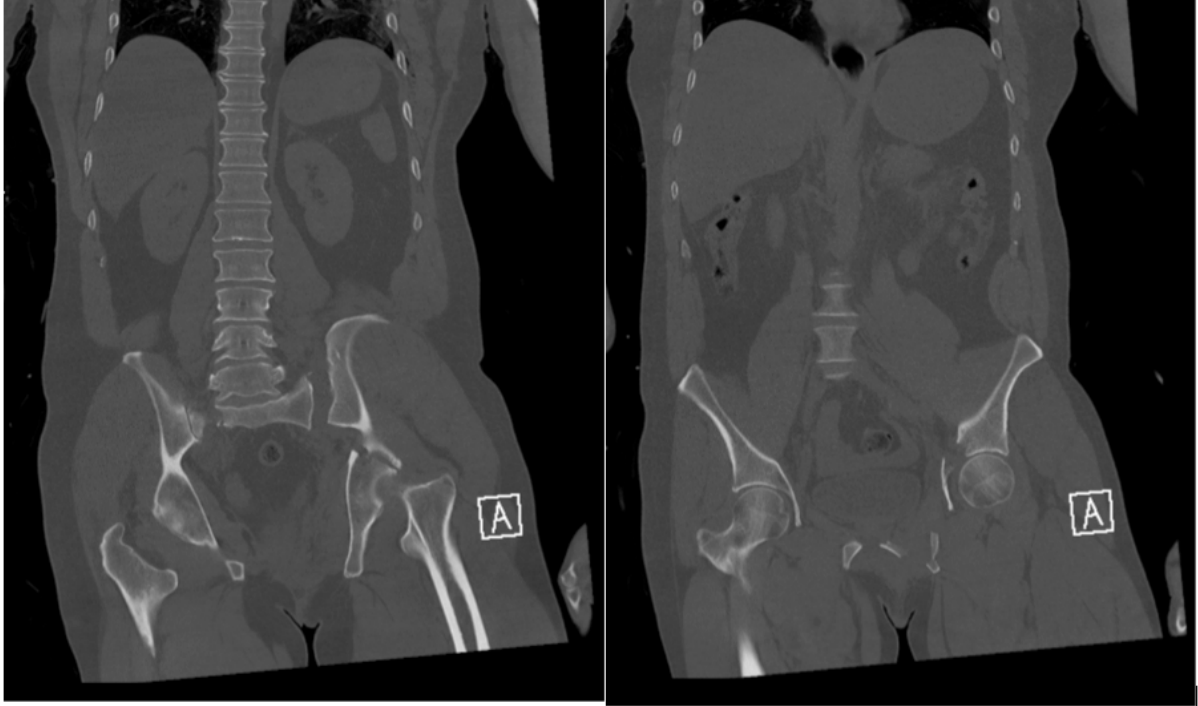
### **8.2.5 Männlich, Motorradfahrer, instabiles Becken – Ein Fallbeispiel**

Nachfolgend soll ein typischer Fall, wie er täglich in Traumazentren weltweit auftritt, erläutert werden.

Der 45-jährige männliche Patient wurde über den Schockraum unseres Klinikums nach einem Motorradsturz eingeliefert. Laut Passanten sei der Patient in einer Kurve mit überhöhter Geschwindigkeit frontal gegen die Leitplanke geprallt und anschließend vorne über den Lenker gestürzt. Bei Eintreffen des Notarztes äußerte der wache Patient stärkste Schmerzen im Bereich des Beckens und des Abdomens, ein Beckengurt wurde umgehend durch den Rettungsdienst angelegt.

Bei Eintreffen im Schockraum zeigte sich ein hämodynamisch stabiler, wacher und ansprechbarer Patient mit einem GCS von 15. In der klinischen Untersuchung zeigte sich neben multiplen Schürfwunden und Prellmarken ein distendiertes Abdomen. Beim Eröffnen des Beckengurts wurden zudem Blutspuren an der Unterwäsche des Patienten sichtbar. Es erfolgte die problemlose transurethrale BDK-Anlage durch eine Pflegekraft.

Im Rahmen des initialen Polytrauma-CTs wurde neben einer Beckenfraktur vom Typ AO C3.3 (siehe Abb. 13 und 14), auch eine Leberlazeration im S3-Segment sichtbar. Zudem ergaben sich Hinweise auf eine Harnröhrenläsion, die Nieren erschienen unverletzt. Eine urographische Phase wurde nicht ergänzt. Aufgrund der CT-graphischen Hinweise auf eine Urethraläsion (Kontrastmittelfahne in Bereich der Peniswurzel) wurden die Kollegen der Urologie hinzugezogen.



**Abb. 13** Ausschnitte des coronaren CTs des Beckens im initialen Polytrauma-CT; es zeigt sich die Sprengung der ISG Fuge links, die begleitende Acetabulumfraktur und die Sprengung der Symphyse mit mehrfragmentärer Frakturierung des vorderen Beckenrings



**Abb. 14 3-D Rekonstruktion des Polytrauma Spiral CTs**, besonders deutlich ist die Symphysensprengung und der dislozierte Spickel des vorderen Beckenrings sichtbar

Bei zunehmend hämodynamisch instabilem Patienten erfolgte die notfallmäßige Intubation und direkte Verlegung in den Operationssaal. Ein ISS von 59 wurde errechnet.

In interdisziplinärer Zusammenarbeit unter Transfusion von 8 EKs erfolgte die Anlage eines supraacetabulären Beckenfixateurs und die explorative Laparotomie und Blutungsstillung.

Postoperativ erfolgt ein Kontroll-CT des Abdomens, welches auf Anraten der Kollegen der Urologie um eine retrograde Blasenfüllung ergänzt wurde. Hier wurde wie vermutet eine vollständige Ruptur der penilen Urethra mit einer Dehiszenz von ca. 2,5 cm festgestellt (AAST Grad V).

Es wurde ein konservatives Therapieprocedere durch die Kollegen der Urologie initiiert. Der transurethrale BDK wurde vorerst belassen und ca. 3 Wochen nach Trauma eine RUCG durchgeführt. Hier zeigte sich folgendes Bild (siehe Abb. 15).





**Abb. 15 Intraoperatives Röntgenbild der RUCG, ein Kontrastmittel-Paravasat ist deutlich sichtbar**

Bei persistierendem Paravasat wurde der transurethrale BDK belassen. Nach erfolgreicher zweizeitiger Osteosynthese des Beckens (siehe Abb. 16) wurde vor Entlassung, 29 Tage nach initialem Trauma, die RUCG wiederholt. Hier zeigte sich abermals ein persistierendes Paravasat, sowie eine persistierende Dehiszenz. Zudem wurde bereits der Verdacht auf eine beginnende Strikturbildung präsphinktar geäußert. Aufgrund dessen wurde der Patient mit einliegendem BDK in die Rehabilitation entlassen. Ein Termin für die Wiedervorstellung wurde für 6 Wochen nach Entlassung vereinbart.



**Abb. 16** Postoperatives Röntgenbild nach zweizeitiger Osteosynthese des Beckens via Stoppa-Zugang, Kocher-Langenbeck Zugang und Implantation 2er SI- Schrauben, Klammernahtmaterial in situ

#### Kritische Betrachtung des vorliegenden Falles

Das Management des vorliegenden Patienten hätte bereits im Schockraum optimaler durchgeführt werden können. Die Kombination aus dem Vorliegen einer schwersten Beckenverletzung und dem Traumamechanismus eines Motorradunfalles beim männlichen Patienten muss als hochprädictiv für das Vorliegen einer urogenitalen Verletzung angesehen werden.

Zum einen hätte die initiale CT bei noch stabilem Patienten und Blut in der Unterwäsche als Hinweis auf ein urethrales Trauma bereits um eine urographische Phase ergänzt werden können.

Zum anderen hätte ein Facharzt für Urologie schon zu Beginn in den Schockraum hinzugerufen werden können, um die notwendige BDK-Anlage kontrollierter durchführen zu können. Auch wenn in dem beschriebenen Fall die BDK-Anlage problemlos und korrekt ablief, besteht bei vollständigen Urethrrupturen immer die Möglichkeit einer Fehleinlage mit extravasikaler Lokalisation. Bei inkompletten Rupturen besteht durch die mechanische Manipulation das Risiko einer konsekutiven vollständigen Harnröhrenruptur, einer BDK-Fehllage und einer Blutung.

### 8.3 Berechnung der relativen Wahrscheinlichkeit zum Vorliegen einer urogenitalen Verletzung beim polytraumatisierten Patienten

In der aktuellen Literatur bleibt unklar, ob und anhand welcher Parameter eine urogenitale Verletzung beim polytraumatisierten Patienten vorhergesagt werden kann.

Um die signifikanten Einflussfaktoren genauer in Zusammenhang zu bringen, wurden diese mittels binär logistischer Regression eingehend analysiert.

Als höchst signifikant erwiesen sich hierbei das Geschlecht des Patienten, ein Motorradunfall als Traumamechanismus, der Schweregrad der Beckenverletzung und das Vorliegen einer Makrohämaturie.

So liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 81,9 % eine urogenitale Verletzung vor, wenn ein männlicher Patient durch einen Motorradunfall eine schwerste Beckenverletzung (AIS= 5) erleidet. Wenn der AIS nur bei 4 liegt, dann liegt zu 66,8 % eine urogenitale Verletzung vor. Eine Frau mit einer sehr leichten Beckenverletzung (AIS= 2), die nicht im Rahmen eines Motorradunfalles verletzt wurde, hat hingegen nur mit einer 2,1 %-igen Wahrscheinlichkeit eine urogenitale Verletzung.

Bezieht man zusätzlich noch das Vorliegen einer Makrohämaturie in die Wahrscheinlichkeitsberechnung mit ein, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für eine urogenitale Verletzung sogar auf 97,6 % bei männlichen Motorradverunfallten mit schwersten Beckenfrakturen.

Ein potentielles Scoring-System könnte daher die folgenden Parameter beinhalten:

Männliches Geschlecht, Motorradunfall und schwere Beckenverletzung erhalten jeweils einen Punkt. Eine Makrohämaturie gibt weitere 2 Punkte. Bei über 3 Punkten ist das Vorliegen einer Beckenverletzung sehr wahrscheinlich und es sollte eine diesbezügliche Abklärung initiiert werden (siehe Tab. 6).

Tab. 6 Vorschlag eines möglichen Scoring Systems zur Eruiierung der Wahrscheinlichkeit einer urogenitalen Verletzung bei Patienten nach Polytrauma

<b>Scoring-System zur Wahrscheinlichkeit urogenitaler Verletzungen bei Polytraumapatienten</b>	
<b>Männliches Geschlecht</b>	(nein, ja) 0, 1
<b>Motorradunfall</b>	(nein, ja) 0, 1
<b>Schwere Beckenverletzung (AIS 4 oder 5)</b>	(nein, ja) 0, 1
<b>Makrohämaturie</b>	(nein, ja) 0, 2
Ab einer Punktezahl von $\geq 3$ muss eine urogenitale Verletzung als sehr wahrscheinlich angesehen werden; 2 Punkte: urogenitale Verletzung möglich; $\leq 1$ Punkt: Urogenitale Verletzung eher unwahrscheinlich	

Um einen genauen Score zur Berechnung der Prädiktion aufzustellen, ist die Fallzahl dieser Studie jedoch zu gering. Im Anschluss an diese Arbeit ist eine Erweiterung der Datensammlung in Form einer multizentrischen Analyse geplant. Aus dem dadurch höheren Volumen an Studiendaten sollen die oben genannten Wahrscheinlichkeiten und das vorgeschlagene Scoring-System validiert werden.

Nichtsdestotrotz sollten oben genannte Einflussfaktoren jedem Notarzt bewusst sein. Ein männlicher Patient nach einem Motorradunfall und klinischen Hinweisen auf eine Beckenfraktur sollte zwingend in ein Zentrum mit urologischer Fachexpertise transportiert werden.

Innerklinisch kann empfohlen werden bei dem genannten Patientengut, also bei männlichen Motorradfahrern mit schweren Beckenverletzungen (AIS 4/ 5) und vorliegender Makrohämaturie, das initiale Schockraum-CT um eine zusätzliche urographische Phase zu ergänzen, um eine mögliche urogenitale Verletzung so schnell wie möglich diagnostizieren und adäquat behandeln zu können.

#### **8.4 Limitationen der Studie**

Der retrospektive Charakter dieser Studie stellt einen limitierenden Faktor dar. Die erhobenen Daten können durch ungenaue Dateneingabe oder Dokumentation im Rahmen des Schockraummanagements oder im Rahmen des stationären Verlaufs verfälscht worden sein. Zudem ist es möglich, dass ein Teil der Dokumentation lückenhaft ist oder aufgrund fehlender Digitalisierung nicht im Online-System einsehbar ist.

Diese Limitationen können jedoch durch die uniforme Datensammlung durch eine einzelne Person nach einem standardisierten Schema und durch den intermodalen Vergleich der entscheidenden Studienelemente relativiert werden.

In dieser Studie erfolgten keine standardisierten Nachkontrollen, um das Outcome und die Langzeitfolgen der traumatischen urogenitalen Verletzungen zu verfolgen.

## 9 Schlussfolgerung

Das Polytrauma stellt in industrialisierten Ländern die Todesursache Nummer 1 der jungen, arbeitenden Gesellschaftsschicht dar. Aufgrund des flächendeckend guten Gesundheitssystems in Deutschland erfolgt die Therapie der Polytraumapatienten auf sehr hohem Niveau. Nichtsdestotrotz muss weiterhin konsequent an der Verbesserung der schnellen Diagnostik und präzisen Behandlung gearbeitet werden, um besonders Langzeitschäden der betroffenen Patienten zu minimieren.

Wie in dieser Studie bestätigt werden konnte, treten Verletzungen des urogenitalen Systems im Rahmen von Polytraumen in ca. 15 % der Fälle auf. Dennoch werden sie oft verzögert diagnostiziert, wodurch sich die adäquate Behandlung unter Umständen verzögert.

Deshalb ist es besonders wichtig, dass auch Notfallmediziner präklinisch die „Warnmerkmale“ einer möglichen urogenitalen Begleitverletzung kennen, um so die anzufahrende Klinik adäquat auswählen zu können.

Männliche Motorradfahrer mit schweren Beckentraumen haben das höchste Risiko, eine urogenitale Verletzung zu erleiden. Wenn zusätzlich eine Makrohämaturie festgestellt wird, muss schnellstmöglich der Transport in ein Traumazentrum mit urologischer Fachexpertise erfolgen, da das Vorliegen einer urogenitalen Verletzung hoch wahrscheinlich ist, wie in dieser Studie gezeigt werden konnte.

Innerklinisch sollten urologische Fachärzte bei einem entsprechenden Verdacht frühzeitig hinzugezogen und eine schnelle Diagnostik angestrebt werden. In diesem Sinne kann es abhängig von der Symptomatik empfehlenswert sein, die Schockraum-Spiral-CT um eine verzögerte, urographische Phase und ggf. eine retrograde Blasenfüllung zu ergänzen.

Nur durch eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit können Verletzungen des Urogenitaltrakts angemessen und präzise ohne Verzögerungen behandelt werden.

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Flowchart, welches den Algorithmus zum Ein-/ Ausschluss des Studienkollektivs zeigt .....	- 26 -
Abb. 2 Liniendiagramm zur Darstellung der Altersverteilung über die Geschlechter.....	- 29 -
Abb. 3 Histogramm zum Vergleich der Verteilung der Schweregrade der Verletzungen von Becken, Lendenwirbelsäule (LWS) und Brustwirbelsäule (BWS) anhand des AIS (Abbreviated Injury Scale).....	- 30 -
Abb. 4 Histogramm zur Darstellung der Verteilung des ISS aller Patienten des Studienkollektivs .....	- 31 -
Abb. 5 Balkendiagramm, welches den Todeszeitpunkt der verstorbenen Patienten im Studienkollektiv während des stationären Aufenthalts darstellt; die meisten Patienten verstarben noch am Aufnahmetag, im weiteren Verlauf nahm die Sterblichkeit kontinuierlich ab. ....	- 32 -
Abb. 6 Häufigkeit des jeweiligen Schweregrades der urogenitalen Verletzungen dargestellt anhand eines Balkendiagramms; in den Balken ist die Häufigkeit in Prozent gezeigt; y-Achse: Absolute Patientenanzahl mit jeweiligem AIS-Code; AIS= Abbreviated Injury Scale .....	- 33 -
Abb. 7 Verteilung der verschiedenen urogenitalen Verletzungen auf die jeweiligen Organe mit einem AIS größer als 1; es lagen keine Ureterverletzungen vor.....	- 34 -
Abb. 8 Balkendiagramm, welches die Verteilung der urogenitalen Verletzungen auf die Geschlechter zeigt .....	- 37 -
Abb. 9 Kreisdiagramm, welches die Verteilung der Traumamechanismen im Vergleich der Patientengruppen mit (a) vs. ohne (b) urogenitale Verletzungen aufzeigt; jeweils herausgerückt sind die Motorradunfälle, bei denen der größte Unterschied zu verzeichnen ist.....	- 38 -
Abb. 10 Boxplot zur Veranschaulichung des ISS über die Patientengruppen mit vs. ohne urogenitale Verletzungen; die hochgestellten Zahlen geben jeweils die Höhe des ISS an.....	- 39 -
Abb. 11 Histogramm zur Höhe der GFR (Glomeruläre Filtrationsrate) der Patienten zum Aufnahmezeitpunkt, an Tag 3 bzw. 4 und an Tag 7 nach Trauma; die Zahlen zeigen den jeweiligen Mittelwert auf eine Dezimale gerundet an.....	- 40 -
Abb. 12 Histogramm zur Darstellung des Verlaufs der Kreatinin Werte im zeitlichen Verlauf des Aufenthalts; die Zahlen zeigen den jeweiligen Mittelwert an.....	- 40 -
Abb. 13 Ausschnitte des coronaren CTs des Beckens im initialen Polytrauma-CT; es zeigt sich die Sprengung der ISG Fuge links, die begleitende Acetabulumfraktur und die Sprengung der Symphyse mit mehrfragmentärer Frakturierung des vorderen Beckenrings .....	- 52 -

- Abb. 14 3-D Rekonstruktion des Polytrauma Spiral CTs, besonders deutlich ist die Symphysensprengung und der dislozierte Spickel des vorderen Beckenrings sichtbar.... - 53 -
- Abb. 15 Intraoperatives Röntgenbild der RUCG, ein Kontrastmittel-Paravasat ist deutlich sichtbar .....- 54 -
- Abb. 16 Postoperatives Röntgenbild nach zweizeitiger Osteosynthese des Beckens via Stoppa-Zugang, Kocher-Langenbeck Zugang und Implantation 2er SI Schrauben, Klammernahtmaterial in situ .....- 55 -

## 11 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 AAST - Klassifikation des Nierentraumas (Kozar, 2018) .....	- 16 -
Tab. 2 AAST- Klassifikation der Urethraläsionen (nach E. Moore, 1992) .....	- 18 -
Tab. 3 Urogenitale Verletzungen mit ggf. operativer Versorgung; das (+) in der Kategorie Alter gibt an, dass der Patient verstorben ist .....	- 34 -
Tab. 4 Vergleich der Patientengruppen mit und ohne urogenitale Verletzungen; jeweils die Mittelwerte sind angegeben, in Klammern sind die Prozente berechnet auf die jeweiligen Gruppen angegeben; BWS = Brustwirbelsäule, LWS= Lendenwirbelsäule, AIS= Abbreviated Injury Scale, ISS= Injury Severity Score, GFR= Glomeruläre Filtrationsrate, CT= Computertomographie, RUCG= Retrograde Uretrocystographie, d= Tage .....	- 41 -
Tab. 5 Verteilung des Traumamechanismus im Vergleich des Basiskollektivs des Jahresbericht 2019 des TraumaRegisters® der DGU mit unserem Studienkollektiv, die genannten Werte sind in Prozent des entsprechenden Kollektivs angegeben.....	- 43 -
Tab. 6 Vorschlag eines möglichen Scoring Systems zur Eruiierung der Wahrscheinlichkeit einer urogenitalen Verletzung bei Patienten nach Polytrauma .....	- 56 -



## 12 Literaturverzeichnis

- 1) Ankarath, S., Giannoudis, P. V., Barlow, I., Bellamy, M. C., Matthews, S. J., & Smith, R. M. (2002). Injury patterns associated with mortality following motorcycle crashes. *Injury*, 33(6), 473-477.
- 2) Antonis, M. S., Phillips, C. A., & Blaivas, M. (2011). Genitourinary imaging in the emergency department. *Emerg Med Clin North Am*, 29(3), 553-567.
- 3) Baker, S. P., O'Neill, B., Haddon, W., Jr., & Long, W. B. (1974). The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma*, 14(3), 187-196.
- 4) Balogh, Z., King, K. L., Mackay, P., McDougall, D., Mackenzie, S., Evans, J. A., Lyons, T., & Deane, S. A. (2007). The epidemiology of pelvic ring fractures: a population-based study. *J Trauma*, 63(5), 1066-1073; discussion 1072-1063.
- 5) Bayer, J., Lefering, R., Reinhardt, S., Kuhle, J., Zwingmann, J., Sudkamp, N. P., Hammer, T., & TraumaRegister, D. G. U. (2017). Thoracic trauma severity contributes to differences in intensive care therapy and mortality of severely injured patients: analysis based on the TraumaRegister DGU(R). *World J Emerg Surg*, 12, 43.
- 6) Bieler, D., Paffrath, T., Schmidt, A., Völlmecke, M., Lefering, R., Kulla, M., Kollig, E., & Franke, A. (2020). Why do some trauma patients die while others survive? A matched-pair analysis based on data from Trauma Register DGU®. *Chinese Journal of Traumatology*, 23(4), 224-232.
- 7) Bolenz, C., Schröppel, B., Eisenhardt, A., Schmitz-Dräger, B. J., & Grimm, M. O. (2018). The Investigation of Hematuria. *Dtsch Arztebl Int*, 115(48), 801-807.
- 8) Brewer, M. E., Wilmoth, R. J., Enderson, B. L., & Daley, B. J. (2007). Prospective comparison of microscopic and gross hematuria as predictors of bladder injury in blunt trauma. *Urology*, 69(6), 1086-1089.
- 9) Bschiepfer, T., Kallieris, D., Hauck, E. W., Weidner, W., & Pust, R. A. (2002). Blunt renal trauma: biomechanics and origination of renal lesions. *Eur Urol*, 42(6), 614-621.
- 10) Bundesministerium des Innern, f. B. u. H. (2020). Polizeiliche Kriminalstatistik 2019 Zuletzt abgerufen am, von [https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/sicherheit/pks-2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/sicherheit/pks-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- 11) Buse, S., Lynch, T. H., Martinez-Pineiro, L., Plas, E., Serafetinides, E., Turkeri, L., Santucci, R. A., Sauerland, S., Hohenfellner, M., & German Society for Trauma, S. (2005). Verletzungen der ableitenden Harnwege bei polytraumatisierten Patienten. *Unfallchirurg*, 108(10), 821-828.
- 12) Butcher, N., & Balogh, Z. J. (2009). The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury*, 40 Suppl 4, S12-22.
- 13) Butcher, N., & Balogh, Z. J. (2012). AIS>2 in at least two body regions: a potential new anatomical definition of polytrauma. *Injury*, 43(2), 196-199.
- 14) Cardi, M., Ibrahim, K., Alizai, S. W., Mohammad, H., Garatti, M., Rainone, A., Di Marzo, F., La Torre, G., Paschetto, M., Carbonari, L., Mingarelli, V., Mingoli, A., Sica, G. S., & Sibio, S. (2019). Injury patterns and causes of death in 953 patients with penetrating abdominal war

wounds in a civilian independent non-governmental organization hospital in Lashkargah, Afghanistan. *World Journal of Emergency Surgery*, 14(1), 51.

- 15) Chedid, A., Le Coz, S., Rossignol, P., Bobrie, G., Herpin, D., & Plouin, P. F. (2006). Blunt renal trauma-induced hypertension: prevalence, presentation, and outcome. *Am J Hypertens*, 19(5), 500-504.
- 16) Chung, P. H., Gehring, C., Firoozabadi, R., & Voelzke, B. B. (2018). Risk Stratification for Erectile Dysfunction After Pelvic Fracture Urethral Injuries. *Urology*, 115, 174-178.
- 17) Coccolini, F., Moore, E. E., Kluger, Y., Biffi, W., Leppaniemi, A., Matsumura, Y., Kim, F., Peitzman, A. B., Fraga, G. P., Sartelli, M., Ansaloni, L., Augustin, G., Kirkpatrick, A., Abu-Zidan, F., Wani, I., Weber, D., Pikoulis, E., Larrea, M., Arvieux, C., Manchev, V., Reva, V., Coimbra, R., Khokha, V., Mefire, A. C., Ordonez, C., Chiarugi, M., Machado, F., Sakakushev, B., Matsumoto, J., Maier, R., di Carlo, I., Catena, F., & Panel, W.-A. E. (2019). Kidney and uro-trauma: WSES-AAST guidelines. *World J Emerg Surg*, 14, 54.
- 18) Debus, F., Lefering, R., Frink, M., Kuhne, C. A., Mand, C., Bucking, B., & Ruchholtz, S. (2015). Numbers of Severely Injured Patients in Germany. A Retrospective Analysis From the DGU (German Society for Trauma Surgery) Trauma Registry. *Dtsch Arztebl Int*, 112(49), 823-829.
- 19) Demetriades, D., Karaiskakis, M., Toutouzas, K., Alo, K., Velmahos, G., & Chan, L. (2002). Pelvic fractures: epidemiology and predictors of associated abdominal injuries and outcomes. *J Am Coll Surg*, 195(1), 1-10.
- 20) Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU). (2017). S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung Zuletzt abgerufen am: 23.02.2021, Hrsg: Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie: [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/012-019l\\_S3\\_Polytrauma\\_Schwerverletzten-Behandlung\\_2017-08.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-019l_S3_Polytrauma_Schwerverletzten-Behandlung_2017-08.pdf)
- 21) Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), & Sektion Intensiv-, N. S. N. A. T., AUC – Akademie der Unfallchirurgie GmbH (2017) TraumaRegister DGU. (2020). Jahresbericht 2020. Zuletzt abgerufen am: 23.08.2021, Hrsg: Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie [https://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user\\_upload/TR-DGU\\_Jahresbericht\\_2020.pdf](https://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/TR-DGU_Jahresbericht_2020.pdf)
- 22) Dischinger, P. C., Ryb, G. E., Ho, S. M., & Braver, E. R. (2006). Injury patterns and severity among hospitalized motorcyclists: a comparison of younger and older riders. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med*, 50, 237-249.
- 23) Doiron, R. C., & Rourke, K. F. (2019). An overview of urethral injury. *Can Urol Assoc J*, 13(6 Suppl4), S61-S66.
- 24) Eden, L., Kühn, A., Gilbert, F., Meffert, R. H., & Lefering, R. (2019). Increased Mortality Among Critically Injured Motorcyclists Over 65 Years of Age. *Dtsch Arztebl Int*, 116(27-28), 479-485.
- 25) Elliott, S. P., & McAninch, J. W. (2006). Ureteral injuries: external and iatrogenic. *Urol Clin North Am*, 33(1), 55-66, vi.
- 26) Emami, P., Czorlich, P., Fritzsche, F. S., Westphal, M., Rueger, J. M., Lefering, R., & Hoffmann, M. (2017). Impact of Glasgow Coma Scale score and pupil parameters on mortality rate and outcome in pediatric and adult severe traumatic brain injury: a retrospective, multicenter cohort study. *J Neurosurg*, 126(3), 760-767.

- 27) Engel, O., Reiss, P., Ludwig, T., Riechardt, S., Dahlem, R., & Fisch, M. (2016). Spätfolgen von Urethra-Verletzungen. Rekonstruktive Möglichkeiten. *Urologe A*, 55(4), 479-483.
- 28) Erlich, T., & Kitrey, N. D. (2018). Renal trauma: the current best practice. *Ther Adv Urol*, 10(10), 295-303.
- 29) Evans, J. A., van Wessem, K. J., McDougall, D., Lee, K. A., Lyons, T., & Balogh, Z. J. (2010). Epidemiology of traumatic deaths: comprehensive population-based assessment. *World J Surg*, 34(1), 158-163.
- 30) Figler, B. D., Hoffler, C. E., Reisman, W., Carney, K. J., Moore, T., Feliciano, D., & Master, V. (2012). Multi-disciplinary update on pelvic fracture associated bladder and urethral injuries. *Injury*, 43(8), 1242-1249.
- 31) Gennarelli, T. A., & Wodzin, E. (2006). AIS 2005: a contemporary injury scale. *Injury*, 37(12), 1083-1091.
- 32) Gnass, I., Ritschel, M., Andrich, S., Kuske, S., Moschinski, K., Herrmann-Frank, A., Metzendorf, M. I., Flohe, S., Sturm, J., Windolf, J., & Icks, A. (2018). Assessment of patient-reported outcomes after polytrauma: protocol for a systematic review. *BMJ Open*, 8(3), e017571.
- 33) Gomes, E., Antunes, R., Dias, C., Araujo, R., & Costa-Pereira, A. (2010). Acute kidney injury in severe trauma assessed by RIFLE criteria: a common feature without implications on mortality? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 18, 1.
- 34) Hansen, K. S., Morild, I., Engesaeter, L. B., & Viste, A. (2004). Epidemiology of severely and fatally injured patients in western part of Norway. *Scand J Surg*, 93(3), 198-203.
- 35) Hartl, R., Gerber, L. M., Iacono, L., Ni, Q., Lyons, K., & Ghajar, J. (2006). Direct transport within an organized state trauma system reduces mortality in patients with severe traumatic brain injury. *J Trauma*, 60(6), 1250-1256; discussion 1256.
- 36) Harwood, P. J., Giannoudis, P. V., Probst, C., Van Griensven, M., Krettek, C., & Pape, H. C. (2006). Which AIS based scoring system is the best predictor of outcome in orthopaedic blunt trauma patients? *J Trauma*, 60(2), 334-340.
- 37) Heuer, M., Hussmann, B., Schenck, M. (2010). Nierenverletzung und Polytrauma: Outcome, Verlauf und Behandlungsalgorithmus. *Unfallchirurg*, 115.
- 38) Hoffmann, M., Lefering, R., Rueger, J. M., Kolb, J. P., Izbicki, J. R., Ruecker, A. H., Rupprecht, M., Lehmann, W., & Trauma Registry of the German Society for Trauma, S. (2012). Pupil evaluation in addition to Glasgow Coma Scale components in prediction of traumatic brain injury and mortality. *Br J Surg*, 99 Suppl 1, 122-130.
- 39) Holstein, J. H., Stuby, F. M., Herath, S. C., Culemann, U., Aghayev, E., & Pohlemann, T. (2016). Einfluss des Beckenregisters der DGU auf die Versorgung von Beckenringfrakturen. *Unfallchirurg*, 119(6), 475-481.
- 40) Huber-Wagner, S., Lefering, R., Qvick, L. M., Korner, M., Kay, M. V., Pfeifer, K. J., Reiser, M., Mutschler, W., Kanz, K. G., & Working Group on Polytrauma of the German Trauma, S. (2009). Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet*, 373(9673), 1455-1461.

- 41) Ingram, M. D., Watson, S. G., Skippage, P. L., & Patel, U. (2008). Urethral injuries after pelvic trauma: evaluation with urethrography. *Radiographics*, 28(6), 1631-1643.
- 42) Javanmard, B., Fallah-Karkan, M., Razzaghi, M., Ansari Djafari, A., Ghiasy, S., Lotfi, B., & Vafaei, R. (2019). Characteristics of Traumatic Urogenital Injuries in Emergency Department; a 10-year Cross-sectional Study. *Arch Acad Emerg Med*, 7(1), e63.
- 43) Johnsen, N. V., Young, J. B., Reynolds, W. S., Kaufman, M. R., Milam, D. F., Guillamondegui, O. D., & Dmochowski, R. R. (2016). Evaluating the Role of Operative Repair of Extraperitoneal Bladder Rupture Following Blunt Pelvic Trauma. *J Urol*, 195(3), 661-665.
- 44) Keihani, S., Xu, Y., Presson, A. P., Hotaling, J. M., Nirula, R., Piotrowski, J., Dodgion, C. M., Black, C. M., Mukherjee, K., Morris, B. J., Majercik, S., Smith, B. P., Schwartz, I., Elliott, S. P., DeSoucy, E. S., Zakaluzny, S., Thomsen, P. B., Erickson, B. A., Baradaran, N., Breyer, B. N., Miller, B., Santucci, R. A., Carrick, M. M., Hewitt, T., Burks, F. N., Kocik, J. F., Askari, R., Myers, J. B., & Genito-Urinary Trauma Study, G. (2018). Contemporary management of high-grade renal trauma: Results from the American Association for the Surgery of Trauma Genitourinary Trauma study. *J Trauma Acute Care Surg*, 84(3), 418-425.
- 45) Kitrey, N., Djakovic, N., Hallscheidt, P., Kuehhas, F., Lumen, N., Serafetinidis, E., & Sharma, D. (2020). EAU Guidelines on Urological Trauma. Zuletzt abgerufen am: 13.02.2021, Hrsg: European Association of Urology: <https://uroweb.org/wp-content/uploads/EAU-Guidelines-on-Urological-Trauma-2020.pdf>
- 46) Knudson, M. M., McAninch, J. W., Gomez, R., Lee, P., & Stubbs, H. A. (1992). Hematuria as a predictor of abdominal injury after blunt trauma. *The American Journal of Surgery*, 164(5), 482-486.
- 47) Kozar, R. A., Crandall, M., Shanmuganathan, K., Zarzaur, B. L., Coburn, M., Cribari, C., Kaups, K., Schuster, K., & Tominaga, G. T. (2018). Organ injury scaling 2018 update: Spleen, liver, and kidney. *J Trauma Acute Care Surg*, 85(6), 1119-1122.
- 48) Kuhne, C. A., Ruchholtz, S., Kaiser, G. M., & Nast-Kolb, D. (2005). Mortality in Severely Injured Elderly Trauma Patients—When Does Age Become a Risk Factor? *World Journal of Surgery*, 29(11), 1476-1482.
- 49) Lanchon, C., Fiard, G., Arnoux, V., Descotes, J. L., Rambeaud, J. J., Terrier, N., Boillot, B., Thuillier, C., Poncet, D., & Long, J. A. (2016). High Grade Blunt Renal Trauma: Predictors of Surgery and Long-Term Outcomes of Conservative Management. A Prospective Single Center Study. *J Urol*, 195(1), 106-111.
- 50) Lefering, R. (2009). Development and validation of the revised injury severity classification score for severely injured patients. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 35(5), 437-447.
- 51) Lefering, R., Huber-Wagner, S., Nienaber, U., Maegele, M., & Bouillon, B. (2014). Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGU: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Crit Care*, 18(5), 476.
- 52) Lefering, R., Nienaber, U., & Paffrath, T. (2017). Was ist ein Schwerverletzter? Differenzierte Betrachtung der Fallschwere eines Traumapatienten. *Unfallchirurg*, 120(10), 898-901.
- 53) Lefering, R., Paffrath, T., Bouamra, O., Coats, T. J., Woodford, M., Jenks, T., Wafaisade, A., Nienaber, U., & Lecky, F. (2012). Epidemiology of in-hospital trauma deaths. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 38(1), 3-9.

- 54) Lefering, R., Paffrath, T., & Nienaber, U. (2014). Das TraumaRegister DGU® als Datenquelle für das Monitoring schwerer Unfallverletzungen. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 57(6), 660-665.
- 55) Leijdesdorff, H. A., Siegerink, B., Sier, C. F., Reurings, M. C., & Schipper, I. B. (2012). Injury pattern, injury severity, and mortality in 33,495 hospital-admitted victims of motorized two-wheeled vehicle crashes in The Netherlands. *J Trauma Acute Care Surg*, 72(5), 1363-1368.
- 56) Loffroy, R., Chevallier, O., Gehin, S., Midulla, M., Berthod, P. E., Galland, C., Briche, P., Duperron, C., Majbri, N., Mousson, C., & Falvo, N. (2017). Endovascular management of arterial injuries after blunt or iatrogenic renal trauma. *Quant Imaging Med Surg*, 7(4), 434-442.
- 57) Lumen, N., Kuehhas, F. E., Djakovic, N., Kitrey, N. D., Serafetinidis, E., Sharma, D. M., & Summerton, D. J. (2015). Review of the current management of lower urinary tract injuries by the EAU Trauma Guidelines Panel. *Eur Urol*, 67(5), 925-929.
- 58) Mann, U., Zemp, L., & Rourke, K. F. (2019). Contemporary management of renal trauma in Canada: A 10-year experience at a level 1 trauma centre. *Can Urol Assoc J*, 13(6), E177-E182.
- 59) McGeady, J. B., & Breyer, B. N. (2013). Current epidemiology of genitourinary trauma. *Urol Clin North Am*, 40(3), 323-334.
- 60) Meredith, L., Baldock, M., Fitzharris, M., Duflou, J., Dal Nevo, R., Griffiths, M., & Brown, J. (2016). Motorcycle fuel tanks and pelvic fractures: A motorcycle fuel tank syndrome. *Traffic Inj Prev*, 17(6), 644-649.
- 61) Moore, E., Cogbill, T. H., Jurkovich, G. J., McAninch, J. W., Champion, H. R., Gennarelli, T. A., Malangoni, M. A., Shackford, S. R., & Trafton, P. G. (1992). Organ injury scaling. III: Chest wall, abdominal vascular, ureter, bladder, and urethra. *J Trauma*, 33(3), 337-339.
- 62) Moore, L., & Clark, D. E. (2008). The value of trauma registries. *Injury*, 39(6), 686-695.
- 63) Morey, A. F., Brandes, S., Dugi, D. D., 3rd, Armstrong, J. H., Breyer, B. N., Broghammer, J. A., Erickson, B. A., Holzbeierlein, J., Hudak, S. J., Pruitt, J. H., Reston, J. T., Santucci, R. A., Smith, T. G., 3rd, & Wessells, H. (2014). Urotrauma: AUA guideline. *J Urol*, 192(2), 327-335.
- 64) Oestern, H. J., Tscherne, H., Sturm, J., & Nerlich, M. (1985). Klassifizierung der Verletzungsschwere. *Unfallchirurg*, 88(11), 465-472.
- 65) Osler, T. (1993). Injury severity scoring: perspectives in development and future directions. *Am J Surg*, 165(2A Suppl), 43s-51s.
- 66) Osler, T., Baker, S. P., & Long, W. (1997). A modification of the injury severity score that both improves accuracy and simplifies scoring. *J Trauma*, 43(6), 922-925; discussion 925-926.
- 67) Palmer, C. S., Gabbe, B. J., & Cameron, P. A. (2016). Defining major trauma using the 2008 Abbreviated Injury Scale. *Injury*, 47(1), 109-115.
- 68) Pape, H. C., Lefering, R., Butcher, N., Peitzman, A., Leenen, L., Marzi, I., Lichte, P., Josten, C., Bouillon, B., Schmucker, U., Stahel, P., Giannoudis, P., & Balogh, Z. (2014). The

definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. *J Trauma Acute Care Surg*, 77(5), 780-786.

69) Pape, H. C., Zelle, B., Lohse, R., Stalp, M., Hildebrand, F., Krettek, C., Panzica, M., Duhme, V., & Sittaro, N. A. (2006). Evaluation and outcome of patients after polytrauma--can patients be recruited for long-term follow-up? *Injury*, 37(12), 1197-1203.

70) Pereira, B. M., Ogilvie, M. P., Gomez-Rodriguez, J. C., Ryan, M. L., Pena, D., Marttos, A. C., Pizano, L. R., & McKenney, M. G. (2010). A review of ureteral injuries after external trauma. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 18, 6.

71) Salimi, J., Nikoobakht, M. R., & Zareei, M. R. (2004). Epidemiologic study of 284 patients with urogenital trauma in three trauma center in Tehran. *Urol J*, 1(2), 117-120.

72) Serafetinides, E., Kitrey, N. D., Djakovic, N., Kuehhas, F. E., Lumen, N., Sharma, D. M., & Summerton, D. J. (2015). Review of the current management of upper urinary tract injuries by the EAU Trauma Guidelines Panel. *Eur Urol*, 67(5), 930-936.

73) Smith, T. G., 3rd, & Coburn, M. (2013). Damage control maneuvers for urologic trauma. *Urol Clin North Am*, 40(3), 343-350.

74) Sujenthiran, A., Elshout, P. J., Veskimae, E., MacLennan, S., Yuan, Y., Serafetinidis, E., Sharma, D. M., Kitrey, N. D., Djakovic, N., Lumen, N., Kuehhas, F. E., & Summerton, D. J. (2019). Is Nonoperative Management the Best First-line Option for High-grade Renal trauma? A Systematic Review. *Eur Urol Focus*, 5(2), 290-300.

75) Terrier, J. E., Paparel, P., Gadegbeku, B., Ruffion, A., Jenkins, L. C., & N'Diaye, A. (2017). Genitourinary injuries after traffic accidents: Analysis of a registry of 162,690 victims. *J Trauma Acute Care Surg*, 82(6), 1087-1093.

76) TraumaRegister, D. G. U. (2014). 20 years of trauma documentation in Germany--actual trends and developments. *Injury*, 45 Suppl 3, S14-19.

77) Trentzsch, H., Maegele, M., Nienaber, U., Paffrath, T., & Lefering, R. (2018). Der Datensatz des TraumaRegister DGU®, seine Entwicklung über 25 Jahre und Fortschritte in der Schwerverletztenversorgung. *Unfallchirurg*, 121(10), 794-801.

78) Ulvik, A., Kvale, R., Wentzel-Larsen, T., & Flaatten, H. (2008). Quality of life 2-7 years after major trauma. *Acta Anaesthesiol Scand*, 52(2), 195-201.

79) Urry, R. J., Clarke, D. L., Bruce, J. L., & Laing, G. L. (2016). The incidence, spectrum and outcomes of traumatic bladder injuries within the Pietermaritzburg Metropolitan Trauma Service. *Injury*, 47(5), 1057-1063.

80) von Ruden, C., Woltmann, A., Rose, M., Wurm, S., Ruger, M., Hierholzer, C., & Buhren, V. (2013). Outcome after severe multiple trauma: a retrospective analysis. *J Trauma Manag Outcomes*, 7(1), 4.

81) Wolters, U., Wolf, T., Stützer, H., & Schröder, T. (1996). ASA classification and perioperative variables as predictors of postoperative outcome. *Br J Anaesth*, 77(2), 217-222.


82) Yao, H. H., Esser, M., Grummet, J., Atkins, C., Royce, P., & Hanegbi, U. (2018). Lower risk of pelvic metalware infection with operative repair of concurrent bladder rupture. *ANZ J Surg*, 88(6), 560-564.

83) Yeung, L. L., & Brandes, S. B. (2012). Contemporary management of renal trauma: differences between urologists and trauma surgeons. *J Trauma Acute Care Surg*, 72(1), 68-75; discussion 75-67.

84) Zafar, S. N., Shah, A. A., Zogg, C. K., Hashmi, Z. G., Greene, W. R., Haut, E. R., Cornwell, E. E., III, & Haider, A. H. (2016). Morbidity or mortality? Variations in trauma centres in the rescue of older injured patients. *Injury*, 47(5), 1091-1097.

# Anhang

## 12.1 Auszug aus dem Standardbogen des TraumaRegisters der DGU® zur Erfassung personenbezogener Daten nach Polytrauma



### TraumaRegister DGU®

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR UNFALLCHIRURGIE

### Standardbogen

V2020 (06/20)

**S: Stammdaten**      **Patienten-Code:** \_\_\_\_\_      **Interne Bemerkung:** \_\_\_\_\_

<p><b>Patientenalter am Unfalltag</b></p> <p>Geburtsdatum _____</p> <p>Geburtsdatum unbekannt <input type="radio"/> geschätztes Alter _____ Jahre</p> <p><b>Geschlecht</b>      <input type="radio"/> männlich   <input type="radio"/> weiblich   <input type="radio"/> divers</p> <p>Wenn weiblich, bestand eine Schwangerschaft? <input type="radio"/> unbekannt   <input type="radio"/> nein   <input type="radio"/> ja</p> <p><b>Gesundheitszustand vor Unfall</b></p> <p><u>ASA vor Unfall</u></p> <p><input type="radio"/> 1 – gesund</p> <p><input type="radio"/> 2 – leichte Einschränkungen</p> <p><input type="radio"/> 3 – schwere systemische Erkrankung</p> <p><input type="radio"/> 4 – lebensbedrohliche Allgemeinerkrankung</p> <p><u>Antikoagulation?</u>   <input type="radio"/> unbekannt   <input type="radio"/> nein   <input type="radio"/> ja</p> <p>Wenn ja, welche?</p> <p><input type="checkbox"/> ASS      <input type="checkbox"/> DOAK      <input type="checkbox"/> Heparin(oide)</p> <p><input type="checkbox"/> andere Thrombozytenaggregationshemmer</p> <p><input type="checkbox"/> Vitamin K-Antagonisten      <input type="checkbox"/> Sonstige      <input type="checkbox"/> unbekannt</p> <p><b>Zuverlegt</b></p> <p><input type="radio"/> nein   <input type="radio"/> ja (bitte Klinik angeben) _____</p>	<p><b>Unfall-Anamnese</b></p> <p><u>Unfallzeitpunkt</u> Datum _____, 20____</p> <p>Uhrzeit _____:____ Uhr</p> <p><u>Ursache</u>      <u>Unfallmechanismus</u></p> <p><input type="radio"/> Unfall      <input type="radio"/> stumpf</p> <p><input type="radio"/> Verdacht auf Gewaltverbrechen      <input type="radio"/> penetrierend</p> <p><input type="radio"/> Verdacht auf Suizid</p> <p><b>Unfallart</b>      <b>BG-Fall</b>   <input type="radio"/> nein   <input type="radio"/> ja</p> <p><u>Verkehr</u>      <u>Sturz</u></p> <p><input type="radio"/> PKW-Insasse      <input type="radio"/> Sturz mit Fallhöhe &gt;= 3m</p> <p><input type="radio"/> LKW-Insasse      <input type="radio"/> Sturz mit Fallhöhe &lt; 3m</p> <p><input type="radio"/> Bus-Insasse      <input type="radio"/> Ebenerdiger Sturz</p> <p><input type="radio"/> Motorradfahrer/-sozius</p> <p><input type="radio"/> Fahrrad</p> <p><input type="radio"/> unterstütztes Fahrrad <sup>1</sup></p> <p><input type="radio"/> E-Scooter</p> <p><input type="radio"/> Fußgänger angefahren</p> <p><input type="radio"/> Sonstiger Verkehrsunfall</p> <p><u>Sonstige</u></p> <p><input type="radio"/> Schlagverletzung <sup>2</sup></p> <p><input type="radio"/> Schussverletzung</p> <p><input type="radio"/> Stichverletzung</p> <p><input type="radio"/> Explosion / Verpuffung <sup>3</sup></p> <p><input type="radio"/> Verschüttung</p> <p><input type="radio"/> andere Unfallart</p>
---	--

<sup>1</sup> E-Bike/Pedelec, <sup>2</sup> Gegenstand, Ast, ..., <sup>3</sup> thermomech. Kombiverl.

**A1: Präklinik**

<p><b>Rettungszeiten</b> Erste Alarmierung _____:____ Uhr</p> <p>Ankunft 1. Rettungsmittel Unfallstelle _____:____ Uhr</p> <p>Transportbeginn mit Patienten _____:____ Uhr</p> <p><b>Notärztliche Behandlung am Unfallort:</b>      <input type="radio"/> nein   <input type="radio"/> ja</p> <p><b>Transport:</b> <input type="radio"/> bodengebunden mit NA   <input type="radio"/> bodengebunden ohne NA</p> <p><input type="radio"/> RTH      <input type="radio"/> privat / selbst</p> <p><b>Nachforderung RTH:</b>   <input type="radio"/> nein   <input type="radio"/> ja</p> <p><b>MANV:</b>      <input type="radio"/> nein   <input type="radio"/> ja</p> <p><b>Vitalzeichen bei Eintreffen des Rettungsmittels</b></p> <p>Atemfrequenz (spontan) _____/min</p> <p>Sauerstoffsättigung (SpO<sub>2</sub>) _____%</p> <p>Blutdruck (systolisch) _____mmHg</p> <p>Herzfrequenz _____/min</p> <p>Kapnometrie durchgeführt?      <input type="radio"/> nein   <input type="radio"/> ja</p> <p><b>Glasgow Coma Scale</b></p> <table style="width: 100%; font-size: x-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)</td> <td>keine (1)</td> <td>streckt (2)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>nicht beurteilbar (NT)</td> <td>keine (1)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>nicht beurteilbar (NT)</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">_____ + _____ + _____ = GCS-Wert _____</p> <p><b>Pupillenweite</b>      <b>Lichtreaktion</b></p> <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <tr> <td>normal (0)</td> <td>spontan (0)</td> </tr> <tr> <td>Anisokorie (1)</td> <td>verzögert (1)</td> </tr> <tr> <td>beidseits weit (2)</td> <td>lichtstarr (3)</td> </tr> </table>	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)	streckt (2)		nicht beurteilbar (NT)	keine (1)			nicht beurteilbar (NT)	normal (0)	spontan (0)	Anisokorie (1)	verzögert (1)	beidseits weit (2)	lichtstarr (3)	<p><b>Verletzungen</b>      keine   leicht   mittel   schwer   geschlos-   offen</p> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">-sen</p> <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <tr> <td>Schädel-Hirn</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Gesicht</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Thorax</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Abdomen</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Wirbelsäule</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Becken</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Obere Extr.</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Untere Extr.</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Weichteile</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </table> <p><b>Volumengabe</b></p> <p>Kristalloide _____ ml</p> <p>Kolloide _____ ml</p> <p><b>Therapie</b>      nein      ja</p> <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <tr> <td>Endotracheale Intubation</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Chirurgischer Atmenweg</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Alternative Atemwegssicherung</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>HWS-Immobilisierung</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Nadeldekompression</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Thoraxdrainage (jetzt ohne Nadeldekompression)</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Beckengurt</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Tourniquet</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>IO-Zugang</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Herzdruckmassage</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Präklinische Thorakotomie</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Tranexamsäure</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Katecholamine</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Analgosedierung</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </table>	Schädel-Hirn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Gesicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Thorax	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Abdomen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Wirbelsäule	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Becken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Obere Extr.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Untere Extr.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Weichteile	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Endotracheale Intubation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Chirurgischer Atmenweg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Alternative Atemwegssicherung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	HWS-Immobilisierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Nadeldekompression	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Thoraxdrainage (jetzt ohne Nadeldekompression)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beckengurt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tourniquet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	IO-Zugang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Herzdruckmassage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Präklinische Thorakotomie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tranexamsäure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Katecholamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Analgosedierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
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)	streckt (2)																																																																																																																																						
	nicht beurteilbar (NT)	keine (1)																																																																																																																																						
		nicht beurteilbar (NT)																																																																																																																																						
normal (0)	spontan (0)																																																																																																																																							
Anisokorie (1)	verzögert (1)																																																																																																																																							
beidseits weit (2)	lichtstarr (3)																																																																																																																																							
Schädel-Hirn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																		
Gesicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																		
Thorax	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																		
Abdomen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																		
Wirbelsäule	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																		
Becken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																		
Obere Extr.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																		
Untere Extr.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																		
Weichteile	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																		
Endotracheale Intubation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Chirurgischer Atmenweg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Alternative Atemwegssicherung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
HWS-Immobilisierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Nadeldekompression	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Thoraxdrainage (jetzt ohne Nadeldekompression)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Beckengurt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Tourniquet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
IO-Zugang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Herzdruckmassage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Präklinische Thorakotomie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Tranexamsäure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Katecholamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Analgosedierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						



## **12.2 Danksagung**

Abschließend möchte ich den Menschen danken, die maßgeblich an der Fertigstellung dieser Dissertation beteiligt waren.

Zuerst geht mein Dank an meinen Betreuer PD Dr. Marc Hanschen. Danke für das Überlassen dieses Themas, dein stets offenes Ohr und die tolle Betreuung im Rahmen des gesamten Dissertationsprojekts. Ich freue mich auf viele weitere Projekte in der Zukunft.

Auch meiner Mentorin Dr. med. Maren Himmler möchte ich insbesondere für die Ratschläge in urologischen Themen danken. Dein anderer Blickwinkel hat mir viel positiven Input für diese Dissertation gegeben.

Mein persönlicher Dank geht an meine Eltern und meine Familie, die mir meine gesamte Ausbildung erst ermöglicht und mir so alle Chancen für mein restliches Leben eröffnet haben. Wie immer kommt das Beste aber natürlich zum Schluss. Vielen Dank an meinen Partner Steffen für deine endlose Unterstützung, deinen fachlichen Input, aber noch mehr deinen nicht-fachlichen Beistand. Ohne die regelmäßige Befüllung diverser leerer Gläser und Tassen, deine Geduld und dein Verständnis hätte ich dieses Dissertationsprojekt nie zu Ende bringen können.