

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
(Direktor: Prof. Dr. med. Andreas Seekamp)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Epidemiologie und Faktoren der akzidentellen Hypothermie des
schwerstverletzten Patienten
Aktuelle Daten aus dem Deutschen TraumaRegister DGU®**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Alexander Sebastian Brück
aus Hamburg

Kiel 2018

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
(Direktor: Prof. Dr. med. Andreas Seekamp)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Epidemiologie und Faktoren der akzidentellen Hypothermie des
schwerstverletzten Patienten
Aktuelle Daten aus dem Deutschen TraumaRegister DGU®**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Alexander Sebastian Brück
aus Hamburg

Kiel 2018

1. Berichterstatter/in: Priv.-Doz. Dr. Matthias Weuster

2. Berichterstatter/in: Priv.-Doz. Dr. Gunnar Elke

Tag der mündlichen Prüfung: 16.10.2019

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 20.07.2019

Inhalt

1	Einleitung.....	1
1.1	Die Schwerstverletzung – das Polytrauma.....	1
1.1.1	Die Hypothermie beim Schwerstverletzten.....	2
1.2	Lethal Triad - tödliche Trias.....	3
1.2.1	Hypothermie.....	3
1.2.2	Koagulopathie.....	3
1.2.3	Azidose – Übersäuerung.....	4
1.3	Zielsetzung dieser Arbeit.....	4
2	Material und Methoden.....	5
2.1	Patientenkollektiv.....	5
2.2	Dokumentationsbogen.....	6
2.2.1	S: Stammdaten.....	6
2.2.2	Zeitpunkt A: Präklinik.....	6
2.2.3	Zeitpunkt B: Notaufnahme.....	7
2.2.4	Zeitpunkt C: Intensivstation.....	7
2.2.5	Zeitpunkt D: Abschluss (1).....	8
2.2.6	Zeitpunkt D: Abschluss (33).....	8
2.3	Scoring Systeme im TraumaRegister DGU®.....	9
2.3.1	AIS - Abbreviated Injury Scale.....	9
2.3.2	ISS - Injury Severity Score.....	9
2.3.3	ASA Risikoklassifikation.....	9
2.3.4	GCS - Glasgow Coma Scale.....	10
2.3.5	NACA-Index.....	10
2.3.6	SOFA Score - Sepsis-related Organ Failure Assessment - Sequential Organ Failure Assessment.....	10
2.3.7	Der SAPS II Score - simplified acute physiology score 2.....	10
2.3.8	Weitere Trauma Scoring Systeme.....	11
2.4	Die Körperkerntemperatur.....	11
2.4.1	Die Hypothermie.....	13
2.4.2	Statistische Auswertung.....	16
3	Ergebnisse.....	17
3.1	Studiengruppe.....	17
3.1.1	Verteilung der Körperkerntemperatur zum Aufnahmezeitpunkt.....	18

3.1.2	Grundzüge, präklinische und initial klinische Versorgung.....	19
3.1.3	Verteilung der Unfallmechanismen.....	20
3.1.4	Geschlechterverteilung	22
3.1.5	Todesfälle	23
3.1.6	Multiorganversagen	23
3.1.7	Sepsis	24
3.1.8	Schwere Verletzungen.....	25
3.1.9	Klinische Besonderheiten	26
3.1.10	Jahreszeiten.....	26
3.1.11	Multivariate logistische Regression.....	27
4	Diskussion.....	28
5	Zusammenfassung.....	34
6	Anhang.....	36
6.1	Standard-Dokumentationsbogen TraumaRegister DGU® V2015 (01/16).....	36
7	Literaturverzeichnis.....	41
8	Danksagung	46

Abkürzungsverzeichnis

AAAM	Advancement of Automotive Medicine
AF	Atemfrequenz
AH	Akzidentelle Hypothermie
AIS	Abbreviated Injury Score
aPTT	aktivierte partielle Thromboplastinzeit
ASA	American Society of Anesthesiologists
ATLS	Advanced Trauma Life Support
BE	Base Excess
BMI	Body-Mass-Index
BRD	Bundesrepublik Deutschland
CPR	Kardiopulmonale Reanimation, Cardiopulmonal Resuscitation
CT	Computertomografie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
ECLS	Extrakorporales Life Support System
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
EK	Erythrozytenkonzentrat
ER	Emergency Room, Notaufnahme
EU	Europäische Union
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma
FFP	Fresh Frozen Plasma
ft3	freies Triiodthyronin
ft4	freies Thyroxin
GCS	Glasgow Coma Scale
GK-CT	Ganzkörpercomputertomografie
GRC	German Resuscitation Council - Deutscher Rat für Wiederbelebung
Hb	Hämoglobin
HF	Herzfrequenz
INR	International Normalized Ratio
IQR	Interquartilsabstand
ISS	Injury Severity Score
KKT	Körperkerntemperatur
Lac	Laktat
MOF	multi organ failure, Multiorganversagen

NACA Index	National Advisory Committee for Aeronautics Index
NaCl	Natriumchlorid
OPS 301	Operationsschlüssel nach §301 SGB V
OR	Odds Ratio
PKW/LKW	Personen-/Lastkraftwagen
PPSB	Prothrombinkomplex-Konzentrat
PTT	Prothrombin Zeit
pTT	partielle Thromboplastinzeit
QM	Qualitätsmanagement
rFVIIa	rekombinanter FVIIa
RISC	Revised Injury Severity Classification Score
RISC II Score	Revised Injury Severity Classification Score, Version II
ROTEM	Rotationsthromboelastometrie
RR sys	systolischer Blutdruck
RTS	Revised Trauma Score
SAPS II Score	Simplified Acute Physiology Score
SBP	systolischer Blutdruck
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
sO ₂	Sauerstoffsättigung
SOFA-Score	Sequential Organ Failure Assessment / Sepsis-related organ failure assessment score
TK	Thrombozytenkonzentrat
TR DGU®	TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
TRISS	Trauma and Injury Severity Score
USA	United States of America

1 Einleitung

1.1 Die Schwerstverletzung – das Polytrauma

Im Jahr 2014 ereigneten sich in der Bundesrepublik Deutschland laut Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 9,77 Millionen Unfälle, davon erlitten über 22.000 Personen einen tödlichen Unfall (1). In der BRD werden jährlich mehr als 39.000 Patienten über die Schockräume aufgenommen (2). Bei einem Injury Severity Score (ISS, siehe 2.3.2) von ≥ 16 Punkten gilt ein Patient als schwerstverletzt (3). 2014 wurde Der Begriff Polytrauma vereinfacht und neu definiert. Das Polytrauma setzt mindestens zwei Verletzungen mit einem Abbreviated Injury Score (AIS, siehe 2.3.1) ≥ 3 Punkten voraus und das Vorhandensein von mindestens einem von 5 folgenden Parametern: Hypotension (systolischer Blutdruck ≤ 90 mmHg), Bewusstlosigkeit (Glasgow Coma Scale ≤ 8 , siehe 2.3.4), Azidose (BE ≤ -6), Gerinnungsstörung (PTT ≥ 40 sec) oder Alter ≥ 70 Jahre (4).

Die Hauptursachen des Polytrauma sind Verkehrsunfälle und Stürze aus großer Höhe. Aber auch Freizeit- und Arbeitsunfälle können ein Polytrauma verursachen (5). In der Gruppe der 15 bis 29-Jährigen sind Verkehrsunfälle sogar die häufigste Todesursache weltweit, in Deutschland sind Verkehrsunfälle in dieser Altersgruppe die zweithäufigste Todesursache nach Suiziden (6). 2015 wurden in Deutschland ca. 17.500 schwerstverletzte Patienten behandelt (2). Die Mehrheit (96,1%) erlitt stumpfe Traumata und nur eine Minderheit penetrierende Verletzungen (2, 7). Im angloamerikanischen Raum sind penetrierende Verletzungen wesentlich häufiger verzeichnet worden, im Jahr 2016 weisen 36.325 der schwerstverletzten Patienten Schusswunden auf, das entspricht 4,21% der Summe (8). In Deutschland wurden 305 Schusswunden im Zeitraum zwischen 2009 und 2011 registriert, das entspricht 0,6% aller Schwerstverletzten (7). Auch aufgrund der momentanen politischen Lage im europäischen Raum, bedingt durch eine bestehende Terrorgefahr, sind Akut- und Notfallmediziner zunehmend auch mit Schuss- und Stichverletzungen konfrontiert (9). Todesursachen durch äußere Ursachen können weiter kategorisiert werden in Verkehrsunfälle inklusive Fußgänger und Radfahrer, Sturz aus großer Höhe, thermische Einwirkungen inklusive Verbrennungen und Rauchgasinhalation, vorsätzliche Selbstschädigung und sonstige Unfälle (10). In den USA stehen in der Todesursachenstatistik 2014 Unfälle insgesamt sogar an der vierten Stelle (11). 136.053 Menschen starben dort an den Unfallfolgen (11). Weltweit versterben jährlich über fünf Millionen Menschen an Unfällen. Im Jahr 2020 wird es geschätzt über acht Millionen Unfalltote geben (12). Unfälle führen insgesamt zu dem höchsten Verlust an Lebensjahren und sind aus sozioökonomischer Sicht bedeutsamer als bösartige Neubildungen oder Herz-Kreislaufkrankungen (4, 13). In den USA zeigen Statistiken, dass Unfälle mit Todesfolge im Schnitt mit einem Verlust von 35

Lebensjahren einhergehen, wohingegen bösartige Neubildungen einen Verlust von nur 16 Jahren und Herz-Kreislaufkrankungen nur 13 Jahren bedeuten (13).

1.1.1 Die Hypothermie beim Schwerstverletzten

Schwerstverletzte Patienten haben das Risiko eine unbeabsichtigte, sogenannte akzidentelle Hypothermie (AH) zu entwickeln (14, 15). Der Mensch ist ein homoiothermes Lebewesen. Das bedeutet, dass seine Körpertemperatur nicht der Umwelt entspricht, sondern der Körper aktive Maßnahmen ergreift, um eine bestimmte Körpertemperatur aufrecht zu erhalten (16). 95% der Menschen haben eine orale Temperatur von 36,3°C bis 37,1°C (16). Sinkt die Körpertemperatur unter diese Normwerte, spricht man von einer Unterkühlung (=Hypothermie) (16). Die Hypothermie kann in verschiedene Schweregrade eingeteilt werden (siehe Abschnitt 2.4.1). Die akzidentelle Hypothermie kann als primär und sekundär klassifiziert werden (15). Die primäre Hypothermie entsteht witterungs- bzw. umweltbedingt und kann auch bei gesunden Menschen auftreten. Die sekundäre Hypothermie entsteht bei normaler Umgebungstemperatur. Dabei kommt es zum Beispiel durch Verletzungen oder Blutverlust zu einem Versagen der körpereigenen Mechanismen zur Regulation der Körpertemperatur (15) (siehe Abschnitt 2.4). Schwerstverletzte Patienten sollten daher schnellstmöglich in ein Traumazentrum eingeliefert werden. Das Konzept der "Golden Hour" beschreibt den Zeitraum vom Unfall bis zu dem Zeitpunkt, an dem die physiologischen Grenzen überschritten werden (17). Dabei kommt es zu einem Versagen der körpereigenen Gegenregulation durch die Unfallfolgen. Sie sind gekennzeichnet durch das Auftreten von Unterkühlung (Hypothermie), Übersäuerung (Azidose) und Gerinnungsstörung (Koagulopathie). Diese drei Faktoren werden als "Lethal Triad" zusammengefasst (siehe 1.2) und von einigen Autoren auch als "bloody vicious cycle" beschrieben (18, 19). Um diesen Kreislauf zu durchbrechen, ist es entscheidend, die lebensbedrohlichen Verletzungen zu erkennen und vorrangig zu behandeln. Weniger schwerwiegende Verletzungen werden erst nach Stabilisierung der Patienten therapiert (20). Das Motto in der Notfallmedizin lautet daher: *"Treat first what kills first!"* (17). Dazu muss das Behandlungsregime streng standardisiert ablaufen, um die Überlebenschancen zu erhöhen und den Patienten die optimale Therapie zu garantieren. Diese Strukturen werden unter anderem durch Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (21) vorgegeben. Die aktuellste Version ist hier die S3-Leitlinie Polytrauma (22, 23). Im Polytrauma-Management empfiehlt die DGU das Vorgehen nach dem Advanced Trauma Life Support (ATLS®). Schwerstverletzte Patienten werden über Schockräume der Kliniken aufgenommen. Der Schockraum dient zur schnellen Diagnostik und gegebenenfalls der unverzüglichen Therapie aller bedrohlichen Verletzungen zur Sicherstellung der Vitalfunktion. Im Schockraum steht dazu ein interdisziplinäres Ärzte- und Pflegeteam bereit. In diesem Rahmen erfolgt ebenfalls die Messung der Körpertemperatur, so dass eine Hypothermie leicht erkannt werden kann.

1.2 Lethal Triad - tödliche Trias

Die „*Lethal Triad*“ beschreibt die Unterkühlung (Hypothermie), die Übersäuerung (Azidose) und die Gerinnungsstörung (Koagulopathie). Schwerstverletzte Patienten sind besonders gefährdet eine Lethal Triad zu entwickeln.

1.2.1 Hypothermie

Es wird ein erhöhtes Mortalitätsrisiko der unterkühlten Patienten beschrieben (19, 24-26). Die Überlebenschancen sinkt dramatisch mit steigendem Schweregrad der Hypothermie. Nur 17% der Patienten mit primärer Hypothermie überleben diesen Zustand (27). Bei der sekundären Hypothermie überleben 60% der Patienten mit einer Körperkerntemperatur (KKT) über 34°C. Bei einer KKT unter 32°C ist die Todesrate nahezu 100% (15). Die Mechanismen sind noch nicht vollständig verstanden. Das klinische Erscheinungsbild des unterkühlten Patienten ist vom Stadium der Hypothermie abhängig (siehe 2.4.1). Eine Hypothermie kann sich unter anderem durch eine Tachykardie, Tachypnoe, Sprachstörungen und Herzrhythmusstörungen zeigen. Spezifischere Kriterien sind dagegen eine Zyanose der Haut und das sogenannte „Shivering“ (15). Letale Verläufe sind möglich. Schon bei einem geringen Abfall der KKT werden vor allem die enzymatischen Abläufe des Gerinnungssystems, des Stoffwechselsystems und des Immunsystems beeinflusst. (16, 19). Unterkühlte Patienten entwickeln häufiger Gerinnungsstörungen, Pneumonien und Meningitiden (28).

1.2.2 Koagulopathie

Eine akute Störung der Blutgerinnung kann aus einer Hypothermie und durch Blutverlust resultieren. Im Blut sind die Enzyme und Zellbestandteile des Gerinnungssystems gelöst. Ein Blutverlust führt somit auch zu einer verminderten Anzahl an Gerinnungsfaktoren und trägt somit zu einer Störung des Systems bei. Die Hypothermie führt vor allem durch eine verminderte enzymatische Aktivität zu einer Verlangsamung des Gerinnungssystems. Daraus resultiert eine verminderte Fähigkeit Blut zur Gerinnung zu aktivieren. Watts et al. zeigten, dass eine verlangsamte Enzymaktivität und eine verschlechterte Funktion der Thrombozyten mit einer verlängerten Blutungszeit einhergehen (29, 30). Rohrer et al. beschreiben 1992, dass Hypothermie zu einer Verlängerung der Prothrombinzeit (PT) und der partiellen Thromboplastinzeit (PTT) führt, und so in einer Dysfunktion des endogenen und exogenen Weges der Gerinnungskaskade endet (31, 32). Reed et al. zeigten, dass eine Erniedrigung der KKT auf 33°C die Zeit der Blutgerinnsel-Bildung (aktivierte partielle Thromboplastinzeit, aPTT) in dem Ausmaß verlängerten, wie ein 50%iger Verlust des Gerinnungsfaktors VII (33). Wolberg et al. konnten Defekte in der Thrombozytenaggregation bei ebenso niedrigen Körperkerntemperaturen aufdecken. Gubler et al. wiesen darauf hin, dass die Kombination aus Hypothermie und Verlust an Gerinnungsfaktoren kombiniert schlechter ist als jeder Effekt allein gesehen und die Kombination dieser in einer verlängerten Gerinnungszeit resultiert (34). Der Begriff „Trauma-induced

Coagulopathy“ beschreibt die Entstehung einer Gerinnungsstörung bei blutenden, schwerstverletzten Patienten. Die Namensgebung dieser Gerinnungsstörung als Unfallfolge ist in der Literatur noch uneinheitlich: Acute Traumatic Coagulopathy, Early Coagulopathy of Trauma, Acute Coagulopathy of Trauma-Shock, Trauma-induced Coagulopathy, Trauma-associated Coagulopathy. (12, 32, 35).

1.2.3 Azidose – Übersäuerung

Eine Azidose resultiert aus einer Minderversorgung von Gewebe mit Sauerstoff. Im Falle einer Hämorrhagie können Organe nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden. Es erfolgt ein Wechsel vom aeroben zum anaeroben Stoffwechsel. Bei der anaeroben Stoffwechsellage entsteht Laktat, eine Säure, die zur pH-Wert Verschiebung ins saure Milieu führt. Die Azidose führt zu einer Beeinträchtigung des Gerinnungssystems, unter anderem durch eine Funktionsstörung der Thrombozyten.(17, 19). Die Folgen einer Azidose auf das Herz-Kreislaufsystem sind beispielsweise eine verminderte Kontraktion der Herzmuskulatur und damit auch ein vermindertes Herz-Zeitvolumen. Weiterhin führt die Azidose zu Vasodilatation (Gefäßerweiterung) und damit zu einer Hypotension (niedriger Blutdruck), einer Bradykardie (langsamer Herzschlag) mit einem erhöhten Risiko für Herzrhythmusstörungen. Das verminderte Herz-Zeitvolumen, die Hypotension und die Bradykardie führen dann zu einer reduzierten Perfusion des bereits unterversorgten Gewebes. (16)

1.3 Zielsetzung dieser Arbeit

Die akzidentelle Hypothermie ist ein fortdauernder Gegenstand der Diskussion im klinischen Verlauf einer Schwerstverletzung.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Erfassung und Beschreibung der akzidentellen Hypothermie des schwerstverletzten Patienten. In einer retrospektiven Analyse wurden dazu Patientendaten aus den Jahren 2002 bis 2012 aus dem TraumaRegister DGU® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) erhoben. Insgesamt wurden 15.230 Fälle ausgewertet.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv stammt aus den Jahren von 2002 bis 2012. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 111.791 Patienten im TraumaRegister DGU® registriert. In dem hier untersuchten Kollektiv wurden die Patienten primär in den Kliniken aufgenommen. Es erfolgte eine europaweite Erfassung der Verletzten. Der Verletzungsschweregrad wurde durch den Injury Severity Score (siehe Abschnitt 2.3.2) (36) mit einem Mindestwert von 9 Punkten festgelegt. Eingeschlossen wurden Patienten ab 16 Jahren. Die Körperkerntemperatur der Patienten musste zum Aufnahmezeitpunkt gemessen worden sein. Das isolierte Schädel-Hirn-Trauma (SHT) wurde ausgeschlossen. Nach Ein- und Ausschlusskriterien verblieben 15.230 Datensätze.

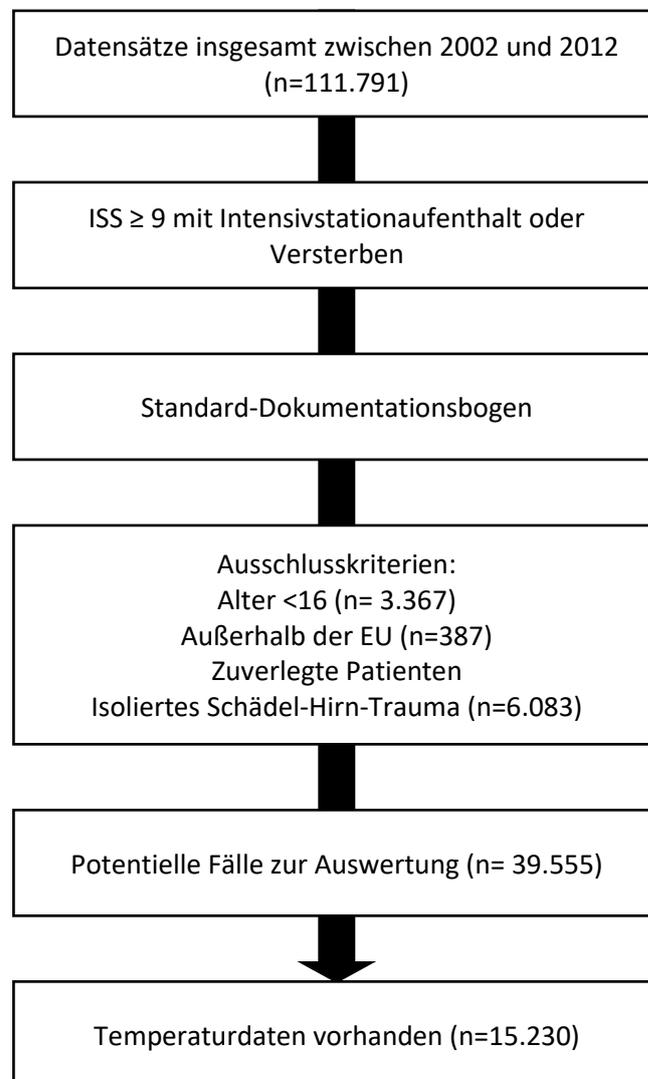


Abbildung 1: Auswahl der Patienten: Von insgesamt 111.791 Datensätzen, die zwischen 2002 und 2012 erfasst wurden, blieben nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien 15.230 Datensätze zur Auswertung über.

2.2 Dokumentationsbogen

Zur Dokumentation von Patienten im TraumaRegister DGU® stehen zwei Bögen zur Verfügung, der Standard-Dokumentationsbogen und der Qualitätsmanagement-(QM)-Dokumentationsbogen. Im Gegensatz zum Standard-Dokumentationsbogen berechtigt der QM-Dokumentationsbogen jedoch nicht zu wissenschaftlichen Auswertungen. Die Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel verwendet den Standard-Dokumentationsbogen. Für die Datenerhebung wurde der Standard-Dokumentationsbogen Stand 03/2009 verwendet, dieser gliedert sich in fünf Abschnitte. (im Anhang ist der aktuelle Standard-Dokumentationsbogen V2015 01/16):

1. S: Stammdaten
2. Zeitpunkt A: Präklinik
3. Zeitpunkt B: Notaufnahme
4. Zeitpunkt C: Intensivstation
5. Zeitpunkt D: Abschluss
6. Zeitpunkt D: Diagnose (33)

2.2.1 S: Stammdaten

Im ersten Abschnitt werden die Basisdaten zum Unfall und die Stammdaten des Patienten erfasst. Diese Erfassung erfolgt anonym. Es wird die Unfallursache dokumentiert mit der Unterscheidung in „Unfall“, „Verdacht auf Suizid“ und „Verdacht auf Gewaltanwendung“. Es wird die „stumpfe“ von der „penetrierenden“ Verletzung unterschieden, ebenso die Unfallart als „Verkehr“, „Sturz“ oder „Sonstige“. Es erfolgt eine weitere Differenzierung der Unfallart in „PKW/LKW Insasse“, „Motorradfahrer“, „Fußgänger“ und „andere (Zug, Schiff etc.)“. Die Sturzhöhe ($\geq 3\text{m}$) wird erfasst. Ein Freitexteintrag ist möglich. Zusätzlich wird der präoperative Gesundheitszustand mithilfe des ASA-Scores (American Society of Anesthesiologists, siehe 2.3.3) ermittelt.

2.2.2 Zeitpunkt A: Präklinik

In diesem Abschnitt werden der Erstbefund und die initiale Therapie als auch die Zeiten der Alarmierung bis zur Übergabe in der Klinik erfasst. Die Vitalparameter werden erhoben: systolischer Blutdruck (RR_{sys}), Herzfrequenz (HF), Atemfrequenz (AF), peripher venöse Sauerstoffsättigung (sO_2), Glasgow Coma Scale (GCS), Pupillenzustand und KKT. Gleichzeitig erfolgt eine Einteilung in den NACA Index (National Advisory Committee for Aeronautics Index) (siehe Abschnitt 2.3.5). Erste Verdachtsdiagnosen werden dokumentiert. Die Verletzungslokalisationen werden im Körperschema skizziert.

Die initialen Therapieformen werden als Infusionsmenge und Art der Lösung (Kristalloide, Kolloide hyperonkotische/hyperosmolare) sowie die Basismaßnahmen wie Intubation, Analgosedierung, Herzmassage, Katecholamingabe und Thoraxdrainage dokumentiert.

2.2.3 Zeitpunkt B: Notaufnahme

Der dritte Abschnitt dokumentiert den klinischen Verlauf des schwerverletzten Patienten vom Eintreffen in der Notaufnahme bzw. im Schockraum der Klinik bis zur Aufnahme auf die Intensivstation. Dazu gehören vor allem die in Abschnitt 2.2 genannten Parameter und die diagnostischen Maßnahmen, Laborparameter, erste operative Notfalleingriffe und therapeutische Interventionen. Methoden und Zeitpunkte der diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen werden dokumentiert. Bei den bildgebenden Verfahren kann zwischen Sonografie des Abdomens (FAST-Ultraschall, „Focussed Assessment with Sonography for Trauma“), konventionelle Röntgen-Aufnahmen von Thorax, Becken und der Wirbelsäule sowie cranialer Computertomografie und Ganzkörper-Computertomografie (GK-CT) unterschieden werden. Die spezielle Gerinnungsdiagnostik (ROTEM®) wird dokumentiert. Die erfassten Standard-Laborparameter sind das Hämoglobin (Hb), Thrombozytenzahl, der Quick-Wert für das extrinsische Gerinnungssystem, die partielle Thromboplastinzeit (pTT) für das intrinsische Gerinnungssystem und die International normalized Ratio (INR), der Base Excess (BE) und der Laktat-Wert (Lac). Die Körperkerntemperatur (°C) wird erfasst. Die Volumenersatztherapien werden als kolloidale, kristalloide, hyperonkotische, hyperosmolare Flüssigkeiten, Blutprodukte wie Erythrozytenkonzentrate (EK), Frischplasma (FFP, fresh frozen plasma) und Thrombozytenkonzentrate (37) mit der jeweils infundierten Menge beschrieben. Die Notfallmaßnahmen der Intubation, der kardiopulmonalen Reanimation (CPR), das Einlegen einer Thoraxdrainage, die Embolisation oder das Anlegen einer externen Frakturstabilisierung außerhalb des OP-Bereichs können ausgewählt werden. Zusätzlich wird erfasst, ob eine spezifische Therapie zur Blutgerinnung (Hämostase) stattgefunden hat. Dazu zählen die Gabe von gentechnisch hergestellten aktiviertem Gerinnungsfaktor VIIa, Thrombin (rFVIIa), Prothrombinkomplex-Konzentrat (PPSB), Fibrinogen, Antifibrinolytika und anderen hämostatische Medikamenten. Schließlich wird dokumentiert, ob die Schockraum-Diagnostik regulär beendet wurde und wie die Weiterversorgung des Patienten fortgeführt wurde.

2.2.4 Zeitpunkt C: Intensivstation

Der Zeitpunkt C dokumentiert den klinischen Verlauf auf der Intensivstation. Dazu wird am 1. Tag der SAPS II Score (simplified acute physiology score, siehe Abschnitt 2.3.7) erhoben und mit Hilfe des SOFA-Scores (sepsis-related organ failure assessment, siehe Abschnitt 2.3.6) wird ein Organversagen ermittelt. Es werden eine Sepsis oder ein Multiorganversagen dokumentiert. Laborchemisch werden die gleichen Parameter wie zum Zeitpunkt B in der Notaufnahme dokumentiert. Die weitere Gabe von

FFPs und EKs innerhalb der ersten 48 Stunden nach Aufnahme auf die Intensivstation werden erfasst, ebenso die Durchführung eines Nierenersatzverfahrens (Dialyse). Ob eine spezifische Hämostase-Therapie stattgefunden hat, wird ebenfalls wie zum Zeitpunkt B dokumentiert.

2.2.5 Zeitpunkt D: Abschluss (1)

Das Datum der Beendigung der stationären Therapien, das Überleben und die Verlegung in eine Rehabilitations-Klinik, in ein anderes Krankenhaus oder die Entlassung nach Hause werden beschrieben. Das Outcome wird erfasst, unterschieden wird in „gut erholt, mäßig behindert, schwer behindert, nicht ansprechbar und tot“. Des Weiteren wird dokumentiert, ob eine Thromboseprophylaxe durchgeführt wurde und ob klinisch relevante thromboembolische Ereignisse aufgetreten sind. Es kann zwischen Myokardinfarkt, Lungenarterienembolie, tiefer Beinvenenthrombose, Apoplex und anderen thromboembolischen Ereignissen unterschieden werden.

2.2.6 Zeitpunkt D: Abschluss (33)

In diesem Teil werden Diagnosen, Operationen und das Therapieschema erfasst. Für jede Verletzung muss ein AIS-Schlüssel (Abbreviated Injury Scala, siehe Abschnitt 2.3.1), der Grad einer offenen Verletzung, die durchgeführten Operationen inklusive Datum und Prozeduren-Schlüssel 301 (OPS 301) kodiert werden. Falls eine „Damage Control-Surgery“ durchgeführt wurde, muss diese ebenso wie die Anzahl weiterer Operationen dokumentiert werden.

Rotondo et al. waren 1993 die ersten, die den Begriff "Damage Control" in den medizinischen Sprachgebrauch aufgenommen haben (38). Dabei zielt das Damage Control Prinzip darauf ab, den Patienten vorrangig nur den lebensnotwendigen Operationen zu unterziehen und erst nach Stabilisierung des Schwerstverletzten auf der Intensivstation die definitiven Operationen zu beginnen. Dem Damage Control Prinzip steht das Schema des "Early Total Care" gegenüber. Dabei wird schon während der Erstoperation eine definitive Versorgung aller Verletzungen angestrebt. Dieses Prinzip geht in den meisten Fällen mit längeren Operationszeiten einher und erhöht damit die Belastung des Körpers (39).

2.3 Scoring Systeme im TraumaRegister DGU®

Scoring Systeme dienen der objektiven Klassifizierung von Verletzungsmustern und Krankheitsbildern und ermöglichen eine einheitliche Nomenklatur. Folgend werden einzelne Scoring Systeme aus dem Erhebungsbogen des TraumaRegister DGU® erläutert.

2.3.1 AIS - Abbreviated Injury Scale

Der AIS wurde 1973 von der American Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM) veröffentlicht und ist ein anatomisch basiertes Scoring System. Die ordinale Ranking-Skala dient zur Klassifikation des Schweregrades einer Verletzung und die Wahrscheinlichkeit an dieser Verletzung zu versterben. Das zunächst nur auf Verkehrsunfälle beschränkte Scoring System wurde kontinuierlich weiterentwickelt. Der AIS dient als Grundlage für einige abgeleitete Skalen, zum Beispiel für den ISS, und kategorisiert numerisch eine Verletzung von leicht (=1) bis schwer (=6) (40).

Der AIS kann als ein 7-stelliger Code (123456.7) dargestellt werden. Dabei steht die erste Ziffer für die Körperregion: 1. Kopf, 2. Gesicht, 3. Hals, 4. Thorax, 5. Abdomen, 6. Wirbelsäule, 7. obere Extremität, 8. untere Extremität, 9. Haut, Weichteile, Sonstiges nicht einer Körperregion näher zuzuordnen. Die zweite Ziffer beschreibt den Typ der jeweiligen betroffenen anatomischen Struktur: 1. gesamte Oberfläche, 2. Gefäße, 3. Nerven, 4. Organe, 5. Muskuloskelettal, 6. Bewusstlosigkeit (nur Kopf). Die dritte, vierte, fünfte und sechste Ziffer verschlüsseln unter anderem die spezifische anatomische Struktur und spezielle Verletzungen der betroffenen Region. Die siebte Ziffer ist der AIS-Code und beschreibt die Verletzungsschwere.

2.3.2 ISS - Injury Severity Score

Der ISS wurde 1974 von Baker et al zum ersten Mal beschrieben, kontinuierlich weiterentwickelt und ist ein anatomisches Klassifikationssystem (41). Der Körper wird in sechs Regionen Kopf und Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten und Externe eingeteilt. Die schwerste Verletzung in diesen Regionen wird mittels AIS eingestuft. Die drei höchstwertigen Verletzungen werden quadriert und mit der Summe der übrigen Verletzungen addiert. Die Gesamtpunktzahl ist der ISS. Ab einem ISS von 16 Punkten gilt ein Patient als schwerstverletzt. Die maximale erreichbare Punktzahl ist 75. Ist jedoch in einer Region der AIS mit 6 eingestuft worden, ist der ISS automatisch 75 Punkte.

2.3.3 ASA Risikoklassifikation

Die ASA Risikoklassifikation wurden von Saklad et al. 1941 zum ersten Mal beschrieben und von der American Society of Anesthesiologists veröffentlicht. Dieses Schema hat zum Ziel, eine einheitliche Form der Dokumentation des präoperativen Gesundheitszustandes eines Patienten zu etablieren (42). Dabei werden in der aktuellen Version 6 Kategorien vom gesunden Patienten (ASA 1) bis zum hirntoten Patienten (ASA 6) unterschieden.

2.3.4 GCS - Glasgow Coma Scale

Die GCS dient zur Beurteilung des Bewusstseinszustandes und wurde 1974 von Teasdale und Jennett beschrieben. Anfangs diente diese Skala nur zur Beurteilung von Schädel-Hirn-Traumata und der Komatiefe. Später folgte die Erweiterung auch zur Beurteilung des Bewusstseinszustandes. Es werden insgesamt drei verschiedene Faktoren getestet: Die verbale Kommunikation, die motorischen Fähigkeiten und das Öffnen der Augen. Insgesamt kann der gesunde Patient 15 Punkte erreichen, das Minimum beträgt 3 Punkte. Es können 5 Punkte in der verbalen Kommunikation, 6 Punkte bei den motorischen Fähigkeiten und 4 Punkte bei der Augenmotorik erreicht werden. (43). Mit zunehmendem Schweregrad eines SHT sinkt die Punktzahl der GCS. Im klinischen Alltag hat sich gezeigt, dass ein Patient mit einem Wert von 8 Punkten ein schweres SHT hat und damit beatmungs- bzw. intubationspflichtig wird. Ein Punktwert von 9-12 deutet auf ein moderates SHT, ein Wert von 13-15 auf ein leichtes SHT hin (44).

2.3.5 NACA-Index

In den 60er Jahren wurde der NACA Index vom National Advisory Committee of Aeronautics als erstes Klassifikationssystem der Verletzungsschwere in 7 Kategorien vorgestellt. Damals wurde der NACA-Index 24 Stunden nach Krankenhausaufnahme bestimmt. Der NACA-Index wird heute als beschreibende präklinische Schweregradklassifizierung einer Krankheit oder Verletzung bei Übergabe des Patienten vom Notarzt in die stationäre Behandlung bestimmt (36, 45).

2.3.6 SOFA Score - Sepsis-related Organ Failure Assessment - Sequential Organ Failure Assessment

Der SOFA-Score von 1994 ist ein intensivmedizinisches, quantitatives Scoring-System und dient der Bestimmung eines Organversagens. Je höher der SOFA-Score ausfällt, desto wahrscheinlicher ist auch mit dem Versterben eines Patienten zu rechnen. Sechs Organsysteme werden erfasst; die Lunge, das Herz-Kreislaufsystem, das zentrale Nervensystem, die Gerinnung, die Leber und die Niere. Jedem dieser Organe wird ein Wert von 0 (= normal) bis 4 (= höchst abnormal) zugewiesen und addiert. Obwohl der SOFA-Score für septische Patienten entwickelt wurde, dient er heute auch bei nicht-septischen Patienten zu Beurteilung von Organversagen (46).

2.3.7 Der SAPS II Score - simplified acute physiology score 2

Der SAPS II wurde 1993 von Le Gall et al. veröffentlicht. Er dient zur Abschätzung der Mortalität. Die Berechnung erfolgt über 17 routinemäßig bestimmte Parameter. Der SAPS II Score spiegelt nicht das persönliche Sterberisiko wider, sondern die Mortalität eines durchschnittlichen intensivmedizinischen Patienten auf einer durchschnittlichen Intensivstation. Maximal können 163 Punkte und minimal 0 Punkte erreicht werden. Der SAPS II Score wird 24 Stunden nach Aufnahme auf der Intensivstation bestimmt. Dabei wird der schlechteste Wert für eine Variable in die Rechnung einbezogen. Die

Variablen sind 12 physiologische Parameter: Alter, Zuweisungsgrund und drei krankheitsabhängige Variablen (metastasiertes Karzinom, maligne hämatologische Erkrankung, AIDS).

2.3.8 Weitere Trauma Scoring Systeme

2.3.8.1 Trauma and Injury Severity Score (TRISS)

Champion et al. beschrieben 1983 zum ersten Mal den TRISS. Der TRISS setzt sich zusammen aus dem Trauma Score von Champion et al. 1981 und dem ISS von Baker et. al 1974 (siehe Abschnitt 2.3.2). Zuletzt wurde der TRISS 2010 überarbeitet (47).

Der TRISS gibt Auskunft über die Überlebenschancen eines Patienten und berechnet sich aus dem ISS und dem „Revised Trauma Score“ (19). Er ist der am häufigsten genutzte Score, um das Outcome von Unfallpatienten einzuschätzen (47).

2.3.8.1.1 Revised Trauma Score

Der Revised Trauma Score (19) wurde von Champion et al. 1981 vorgestellt (48). Der ursprüngliche Trauma Score wurde überarbeitet und 1989 ebenfalls von Champion et al. als Revised Trauma Score beschrieben (19). Der RTS ist ebenfalls ein Scoring System zur Abschätzung der Überlebenschancen. Es gibt zwei Versionen des RTS. Der T-RTS ist ein Triage-Tool und ist einfacher zu ermitteln, dieser wird über die Summe der TR-Codes ermittelt. Bei der zweiten Version ist jedem Parameter vor der Summierung eine Wichtung mit einem Faktor zugeordnet. Der Faktor stammt aus einer Analyse von 25.000 Trauma Patienten aus der Major Trauma Outcome Studie (3). Der Vorteil des RTS ist eine verlässlichere Outcome-Prognose. Ebenfalls werden durch die Gewichtung isolierte Hirnverletzungen erkannt und dargestellt (49).

2.3.8.2 Revised Injury Severity Classification Score, Version II

Der RISC II Score ist die Überarbeitung des RISC. Der RISC wurde anhand von Daten aus dem TraumaRegister DGU® zu Prognose-Zwecken entwickelt. Er stellt eine genauere Abbildung der Überlebenschancen als der TRISS dar. Zuletzt zeigte sich unter anderem durch bessere Therapien eine Überschätzung der Sterblichkeitschancen, sodass der RISC überarbeitet wurde. Der RISC II ist ein genaueres, aktuelleres und einfacheres Modell zur Darstellung der Überlebenschancen bei schwerstverletzten Patienten. 13 bzw. 15 Variablen werden erfasst, bewertet und mit Koeffizienten verknüpft (50).

2.4 Die Körperkerntemperatur

Der Mensch als homoiothermes Lebewesen hält durch aktive Mechanismen eine annähernd konstante Körperkerntemperatur (KKT) von etwa 37°C (51) aufrecht. Die KKT beträgt beim Erwachsenen zwischen 36,0°C bis 37,5°C und unterliegt einer zirkadianen Schwankung zwischen $\pm 0,5^\circ\text{C}$ (52). Es wird zwischen

Körperkern (Schädel, Thorax und Abdomen) sowie Körperschale (Haut und Extremitäten) unterschieden (16, 51). Im Körperkern befinden sich die stoffwechselintensiven Organe und produzieren unter Ruhebedingungen ca. 70% der Wärme (16). Die Temperatur der Körperschale ist in der Regel 4°C geringer als die KKT und ist abhängig von der Umgebungstemperatur und Muskelaktivität. Durch die konstante KKT können Stoffwechselforgänge im Körper reguliert ablaufen, da Enzyme temperaturabhängig nach dem van't Hoff'schen Gesetz arbeiten (16, 51). Die Temperaturwahrnehmung erfolgt durch periphere und zentrale Thermosensoren. Die peripheren Thermosensoren messen über die Körperschalentemperatur indirekt die Umgebungstemperatur, die zentralen Thermosensoren messen im Hypothalamus, in Abdominalorganen, im Rückenmark und im Hirnstamm die KKT (51). Die Regulation der KKT erfolgt im Hypothalamus, einer Region im Gehirn, welche als übergeordnetes Steuer- und Integrationszentrum fungiert. Dem Hypothalamus obliegt die Steuerung des Gesamtorganismus (16, 51, 53, 54). Dazu zählen beispielsweise die Konstanzhaltung des inneren Milieus (Homöostase) und die Steuerung des autonomen Nervensystems (Sympathikus und Parasympathikus). In hypothalamischen Zellen ist bisher auf unbekannte Weise der Sollwert für die KKT kodiert (55). Werden im Hypothalamus Temperaturänderungen über Thermosensoren registriert, reagiert der Körper mit gegenregulatorischen Maßnahmen (z.B. Änderung der Hautdurchblutung und Muskelzittern), um die KKT konstant zu halten. Wenn die konstante KKT nicht mehr aufrechterhalten werden kann, führt dies zu einer Dysregulation oberhalb von 37,5°C zur Hyperthermie und unterhalb von 35,0°C zur Hypothermie (16, 26, 51, 52). Bei der Hyperthermie besteht ein Missverhältnis zwischen Wärmeproduktion/Wärmezufuhr und Wärmeabgabe. Mögliche Folgen sind Hitzekollaps, Hitzekrämpfe und Hitzeschlag. Der vom Hypothalamus bestimmte Sollwert wird dabei nicht verändert und es kommt zu einem Hitzeempfinden. Davon abzugrenzen ist das Fieber, welches eine Folge der Verschiebung des Sollwerts im Hypothalamus ist.

Der Wärmeaustausch findet an den Körperoberflächen über vier verschiedene Mechanismen statt: Wärmeleitung (Konduktion), Wärmeströmung (Konvektion), Wärmestrahlung (Radiation) und Verdunstung (Evaporation). Über eine Änderung der Hautdurchblutung, überwiegend durch den Sympathikus reguliert, wird der Wärmehaushalt geregelt. Bei niedriger Umgebungstemperatur bzw. reduzierter KKT kommt es durch eine Verengung der Hautgefäße zu einer herabgesetzten Durchblutung der Haut mit folglich reduzierter Wärmeabgabe. Bei hoher Umgebungstemperatur oder erhöhter KKT wird die Haut vermehrt durchblutet und damit mehr Wärme an die Umwelt abgegeben. Über die Aktivität der Schweißdrüsen kann dem Körper durch Verdunstung Wärme entzogen werden. Damit der Körper seine KKT aufrechterhalten kann, bedarf es neben der Maßnahme zur Wärmeabgabe auch Maßnahmen zur Wärmebildung. In Ruhe wird vor allem in Stoffwechselforgängen Wärme freigesetzt (chemische Wärmebildung). Bei körperlicher Aktivität wird der überwiegende Teil der Wärmeproduktion über die Muskelarbeit geleistet (aktive Wärmebildung). Registriert der

Hypothalamus eine Senkung der Temperatur, kann durch eine Erhöhung des Muskeltonus oder durch Muskelzittern Wärme erzeugt werden. (16, 51, 54)

2.4.1 Die Hypothermie

Eine Hypothermie wird unterschieden in eine endogene, therapeutische und eine akzidentelle Hypothermie. Die Hypothermie führt zu einer homöostatischen Dysregulation. Schon ein geringer Abfall der KKT beeinflusst die enzymatischen Abläufe des Gerinnungssystems, des Stoffwechselsystems und des Immunsystems. Da die Enzyme dieser Systeme temperaturabhängig nach dem van't Hoff'schen Gesetz arbeiten, kann es bei einer Hypothermie zu einem Ungleichgewicht zwischen aktivierenden und hemmenden Enzymkaskaden, nacheinander ablaufenden enzymatischen Reaktionen, kommen.

Bei der endogenen Hypothermie ist die Wärmeproduktion aufgrund von Stoffwechselstörungen, Organfunktionsstörungen oder Störungen im zentralen Nervensystem reduziert. Es kann ebenso die Wärmeabgabe durch zentralnervöse Störungen oder Durchblutungsstörungen der Haut erhöht sein (37). Die Thermoregulation wird unter anderem durch die Nebennieren, die Zirbeldrüse und Schilddrüse beeinflusst. Beispielsweise kann sich im Anfangsstadium einer Addison-Krise im Rahmen einer primären Nebenniereninsuffizienz (Morbus Addison) eine Hypothermie zeigen (56-58). Die Zirbeldrüse (Glandula pinealis) synthetisiert das Hormon Melatonin, welches den Schlaf-Wach-Rhythmus steuert. Eine Unterfunktion dieser Drüse kann ebenfalls Ursache für eine Hypothermie sein (58-61). Die Schilddrüse ist ein Organ mit vielen Aufgaben, unter anderem steuert die Schilddrüse über die Hormone fT_3 und fT_4 den metabolischen Grundumsatz und damit die Wärmebildung (55, 58). Ein herabgesetzter Grundumsatz reduziert die Wärmebildung und kann somit eine Hypothermie begünstigen oder herbeiführen (59-61).

Die therapeutische Hypothermie ist eine bewusst eingeleitete Hypothermie. Synonyme sind „Temperaturkontrolle“ bzw. „zielgerichtetes Temperaturmanagement“. Im Jahr 2015 hat der Deutsche Rat für Wiederbelebung (GRC - German Resuscitation Council) diesbezüglich neue Leitlinien herausgebracht. Die Temperaturkontrolle wird hauptsächlich zur Neuroprotektion bei Patienten nach Herzkreislaufstillstand und erfolgreicher kardiopulmonaler Reanimation oder nach zerebraler Hypoxie beim Schlaganfall verwendet. Dadurch werden die Reanimationsergebnisse verbessert (62, 63). Die Neuroprotektion wird unter anderem durch eine verminderte Stoffwechselrate mit folglich geringerem Sauerstoff- und Glukoseverbrauch im Gewebe erreicht (64). Der programmierte Zelltod (Apoptose) sowie der Zelluntergang (Nekrose) können hierdurch unterbunden werden (63). Die Temperaturkontrolle gliedert sich in drei Phasen, die Induktionsphase, die Aufrechterhaltungsphase und die Wiedererwärmungsphase (63). Während der verschiedenen Phasen wird die Temperatur kontinuierlich invasiv gemessen, um starke Schwankungen zu erkennen und zu vermeiden. Zum

Senken der KKT kommen verschiedene Methoden zum Einsatz. Unter anderem kann die KKT über die Infusion von gekühlten Lösungen, durch Kältedecken, intravasale Wärmetauscher oder extrakorporale Zirkulation (z.B. ECMO) gesenkt werden (63).

Die akzidentelle Hypothermie entsteht durch äußere Einflüsse. Die Wärmeabgabe übersteigt die Wärmeproduktion und bei Versagen der körpereigenen Gegenregulation führt dies zu einer Senkung der KKT. Bereits ab einer KKT von unter 37°C liegt eine Hypothermie vor. Klinisch wird jedoch die Hypothermie unter 35°C definiert (65); allerdings gibt es keine einheitliche Einteilung in der Literatur. Die akzidentelle Hypothermie kann in verschiedene Schweregrade eingeteilt werden und zeigt verschiedene klinische Symptome. Das American College of Surgeons unterteilt in 5 Stadien ab einer KKT unter 35,0°C. Stadium 1 reicht von 35-32°C, Stadium 2 von 32-28°C, Stadium 3 von 28-24°C, Stadium 4 von 24-15°C und Stadium 5 unter 15°C. In der anderen Einteilung, der sogenannten „traditional classification of hypothermia“ (66), werden ebenfalls verschiedene Schweregrade unterteilt. Der Unterschied liegt in den Temperaturbereichen der Stadieneinteilung. In dieser Klassifikation unterscheidet man in milde (32-35°C), moderate (28-32°C), schwere (20-28°C), profunde (14-20°C) und tiefe (<14°C) Hypothermie (58, 66) (29). Das klinische Erscheinungsbild des unterkühlten Patienten ist abhängig vom Stadium der Hypothermie und sehr vielfältig. In Tabelle 1 ist die Symptomatik den Stadien zugeordnet dargestellt.

Stadium	Körperkerntemperatur	Symptome
mild	32-35°C	Zittern, Vasokonstriktion, Tachypnoe, Bronchospasmus, gesteigerte Reflexantwort, Thrombozytenfunktionsstörung, herabgesetzte Aktivität der Blutgerinnung, Sprachstörung, Gangstörung
moderate	28-32°C	Vorhofarrhythmien, Bradykardie, Bradypnoe, Bewusstseinsstörungen, herabgesetzte Reflexantwort, vermehrte Diurese, erweiterte Pupillen
severe	<28°C	Azidose, Kammerarrhythmien, herabgesetzte Pumpfunktion des Herzens, Hypotension, Azidose, herabgesetzte zerebrale Perfusion Apnoe, Coma, Reflexlosigkeit, Asystolie (<18°C)

Tabelle 1: Einteilung der Hypothermie, modifiziert nach Danzl, D. und Tsuei B.J. & Kearney, P.A.

Im Jahr 2000 veröffentlichten Gilbert et al. einen Fallbericht über die erfolgreiche Wiedererwärmung einer Patientin, die eine Körperkerntemperatur von 13,7 °C zeigte(67). Es gilt daher: Ein Patient ist erst tot, wenn er warm und tot ist (60).

Die Ursachen der akzidentellen Hypothermie in der Traumatologie sind meistens schwere Verletzungen mit hämorrhagischen Zuständen (15). Unkontrollierbare Blutungen stellen insgesamt die zweihäufigste Todesursache im Polytrauma dar (68). Unter den potentiell vermeidbaren Todesursachen von Schwerstverletzten ist die Blutung sogar die häufigste (12). In der Hämorrhagie ist die Beeinflussung der Gerinnung auf verschiedene Weise von Bedeutung (15) (29).

Gemeinsam als „Tödliche Trias“ (siehe 1.2) sind die Hypothermie, die Koagulopathie und die Azidose (32, 35) ein zu erkennendes und zu therapierendes Risiko im hämorrhagischen Geschehen. Die Therapie der akzidentellen Hypothermie richtet sich nach Schweregrad und beinhaltet passive, aktive und interne Wiedererwärmungsmethoden (15).

2.4.2 Statistische Auswertung

Es wurde eine univariate Analyse durchgeführt und die Ergebnisse werden als Mittelwert mit Standardabweichung dargestellt. Kategorische und kontinuierliche Variablen wurden mittels χ^2 Test, beziehungsweise mittels Student t Test und mittels Varianzanalyse zweier Gruppen analysiert. Das statistische Signifikanzniveau wurde bei $p < 0,05$ festgelegt.

Risiken und Muster, die möglicherweise eine akzidentelle Hypothermie der verschiedenen Schweregrade verursachen, wurden erkannt. Für diese Analyse wurde eine multivariate Analyse mittels schrittweiser logistischer Regression durchgeführt. Die gemessene Temperatur zum Zeitpunkt B, bei Aufnahme im Krankenhaus, ist die abhängige Variable, um Risikofaktoren für eine moderate Hypothermie ($33,0^{\circ}\text{C}$) zu identifizieren. Die Ergebnisse sind als Odds Ratio mit 95%igem Konfidenzintervall dargestellt. Das Signifikanzniveau wurde ebenfalls auf $p < 0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

Die akzidentelle Hypothermie stellt im Polytrauma nach wie vor ein Risiko für den Patienten dar. Die vorliegende retrospektive Studie beschreibt die Epidemiologie der akzidentellen Hypothermie im Polytrauma. Die präklinische und klinische Phase des Patienten werden beschrieben. Es sollen Prädiktoren, eine akzidentelle Hypothermie zu erleiden, herausgestellt werden.

3.1 Studiengruppe

Die Daten werden aus dem TraumaRegister DGU® im Zeitraum von 2002 bis 2012 generiert. Insgesamt sind 111.791 Fälle dokumentiert und dazu Einschluss- und Ausschlusskriterien definiert. Es werden primär eingewiesene Patienten eingeschlossen, sekundäre Verlegungen sind ausgeschlossen. Die Mindestverletzungsschwere sind ein ISS ≥ 9 und ein intensivstationärer Aufenthalt oder das Versterben des Patienten. Das isolierte Schädel-Hirntrauma, Patienten unter 16 Jahren, Datensätze ohne Temperaturerfassung sowie alle Datensätze außerhalb Europas sind ausgeschlossen. Die Datensätze, die zum Zeitpunkt B keine Temperaturangabe verzeichnen, werden ebenfalls ausgeschlossen. Von den 111.791 registrierten Datensätzen verbleiben 15.230 (38,5%) zur Auswertung (siehe Abbildung 1).

Die Patientengruppen mit und ohne dokumentierter Temperatur bei Aufnahme sind sich ähnlich im Alter (45,5 Jahre vs. 45,9 Jahre), im Schweregrad der Verletzung (ISS 25,0 Punkte vs. 25,4 Punkte), bei der Länge des Krankenhausaufenthaltes (23,4 Tage vs. 23,9 Tage) und in der Mortalitätsrate (12,3% vs. 15,7%). Es ist eine geringere Sterblichkeit in der ersten Stunde in der Gruppe zu verzeichnen, bei der die Temperatur bei Aufnahme vorliegt. 2002 wurde mit der Dokumentation der Körpertemperatur begonnen und die Erfassung der Temperatur hat sich zwischen 2002 und 2012 von 12% auf 48 % verbessert.

3.1.1 Verteilung der Körperkerntemperatur zum Aufnahmezeitpunkt

Es werden 4 Gruppen gebildet; zwei normotherme Gruppen ($36,9-36,0^{\circ}\text{C}$) und ($35,9-35,0^{\circ}\text{C}$), eine Gruppe milder Hypothermie ($34,9-34,0^{\circ}\text{C}$) und moderater Hypothermie ($\leq 33,9^{\circ}\text{C}$), vergleiche Abbildung 2. Insgesamt weisen 33,5% der Patienten eine Körpertemperatur von unter $36,0^{\circ}\text{C}$ auf. Die niedrigste dokumentierte KKT beträgt 20°C , die höchste $39,0^{\circ}\text{C}$.

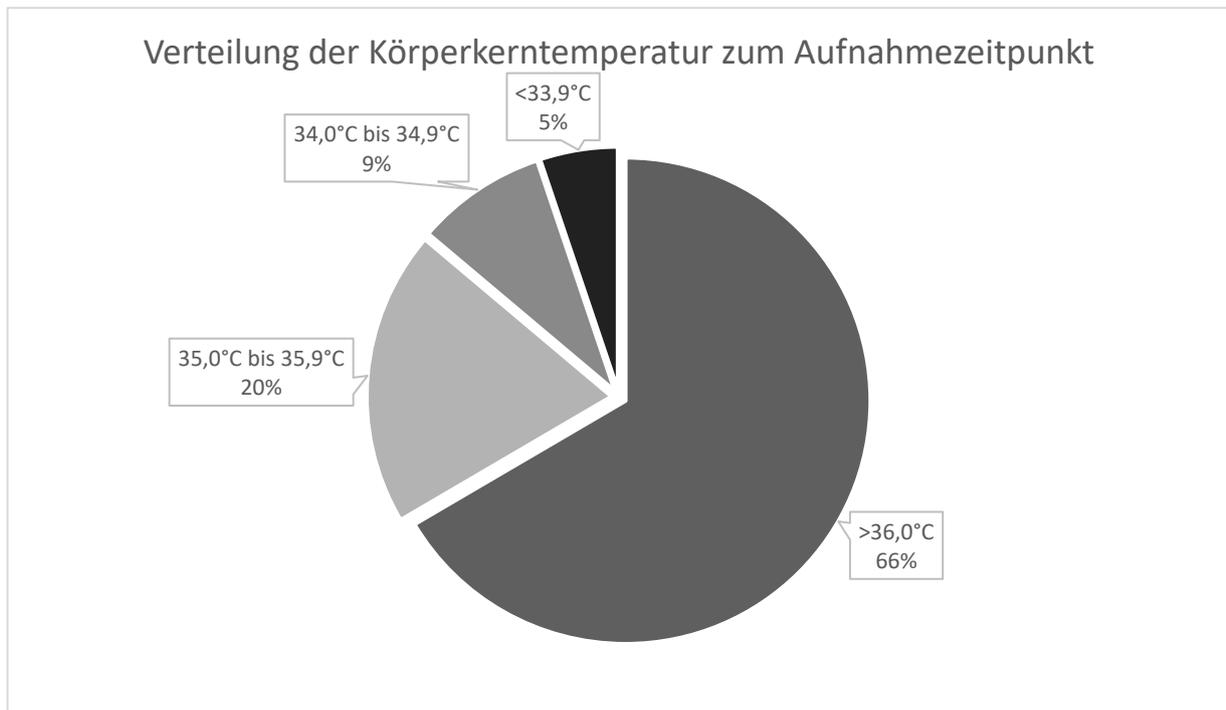


Abbildung 2: Verteilung der Körpertemperatur zum Aufnahmezeitpunkt, Zeitpunkt B. Dargestellt in einem Kreisdiagramm ist die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Körpertemperatur der verschiedenen Gruppen bei Aufnahme der Patienten ($n=15230$) im Krankenhaus. 66% der Patienten weisen eine Körpertemperatur von über $36,0^{\circ}\text{C}$ auf, knapp 1/5 zwischen $35,9^{\circ}\text{C}$ und $35,0$ und 5% unter $33,9^{\circ}\text{C}$.

Diese vier Gruppen werden anschließend zu verschiedenen Variablen analysiert (siehe Tabelle 2).

3.1.2 Grundzüge, präklinische und initial klinische Versorgung

	33°C			34°C			35°C			36°C			p-Wert
	MW	SD	n	MW	SD	n	MW	SD	n	MW	SD	n	
Alter [Jahre]	44,8	21,3	784	44,7	19,9	1.318	45,5	19,9	2.997	45,7	19,6	10.131	<0.001
ISS [Punkte]	34,1	15,8	784	30,1	14,4	1.318	27,2	13,7	2.997	23	11,8	10.131	<0.001
präklinisches Volumen [ml]	1453	1051	780	1434	994	1.310	1258	876	2.980	1058	768	10.020	<0.001
Volumen im Schockraum [ml]	2997	2907	716	2913	2741	1.200	2303	2238	2.816	1650	1736	9.440	<0.001
EK [n]	4,6	8	777	3,7	7,5	1.306	2,3	6	2.993	1,2	4,1	10.118	<0.001
präklinische Zeit [min]	81,6	35,9	609	74,4	28,3	1.111	71,8	30,1	2.610	67,1	28,1	8.960	<0.001
median, IQR [min]	78	56-104		71	55-90		66	51-87		62	49-80		
Zeit im Schockraum [min]	69	42,1	656	74,5	46,3	1.100	67,4	42,6	2.554	68,7	44,4	8.697	<0.001
median, IQR [min]	58	40-86		64	43-95		56	40-81		55	40-84		
präklinische GCS [Punkte]	8	5	748	10	5	1.258	11	5	2.898	12	4	9.719	<0.001
SBP am Unfallort [mmHg]	99	41	680	111	35	1.204	118	34	2.805	125	31	9.557	<0.001
SBP in ER [mmHg]	107	36	748	115	32	1.287	120	31	2.941	127	28	9.849	<0.001
Hb [mg/dl]	10,3	3,1	762	10,8	2,8	1.293	11,5	2,7	2.971	12,5	2,5	10.068	<0.001
Thrombozytenzahl [n/μl]	180.282	76.795	733	196.161	98.709	1.253	202.934	73.141	2.894	215.192	76.812	9.856	<0.001
PTT [sec]	47	32	598	38	23	1.070	33	16	2.535	31	15	8.813	<0.001
Quick (%)	62	24	693	71	23	1.197	76	22	2.830	84	21	9.631	<0.001
Base excess [mmol/l]	-7,8	7,2	627	-4,8	5,5	1.113	-3,8	4,7	2.454	-2,1	4,2	7.999	<0.001
Laktat [mmol/l]	6,4	10,7	543	4	6,6	983	4,1	7,2	2.162	3,1	4,6	6.936	<0.001
Beatmungstage [d]	9,7	14,7	775	8,4	10,8	1.305	6,8	10,1	2.976	4,7	9,1	10.089	<0.001
median, IQR	4	1-15		3	1-12		2	1-9		1	0-5		
Beatmungsfreie Tage [d]	13,2	12,3	780	17	12	1.307	20,1	11,4	2.980	23,4	10,2	10.093	<0.001
median, IQR [d]	13	0-27		22	2-9		26	13-29		29	21-30		
Intensivstationsaufenthalt [d]	13,6	16,7	781	12,7	13,4	1.316	11,3	13,1	2.993	8,9	11,6	10.128	<0.001
median, IQR [d]	9	2-22		8	3-19		7	2-16		4	2-11		
Krankenhaustage [d]	23,6	24,4	780	25,9	24	1.311	25,6	25	2.991	22,5	20,3	10.118	<0.001
median, IQR [d]	20	5-37		21	10-34		20	11-33		17	10-29		

Tabelle 2: Daten aus dem TraumaRegister DGU® zwischen 2002 und 2012. Tabellarische Darstellung des klinischen Verlaufs. Einteilung in vier Gruppen (vgl. Abbildung 2). Erhebung der Daten bei Aufnahme in der Klinik, Darstellung in Mittelwerten (MW), Standardabweichung (SD) und Anzahl (n). Ausgewählte Variablen sind mit Median und Interquartils Abstand (IQR) dargestellt. Signifikanzniveau $p < 0,001$.

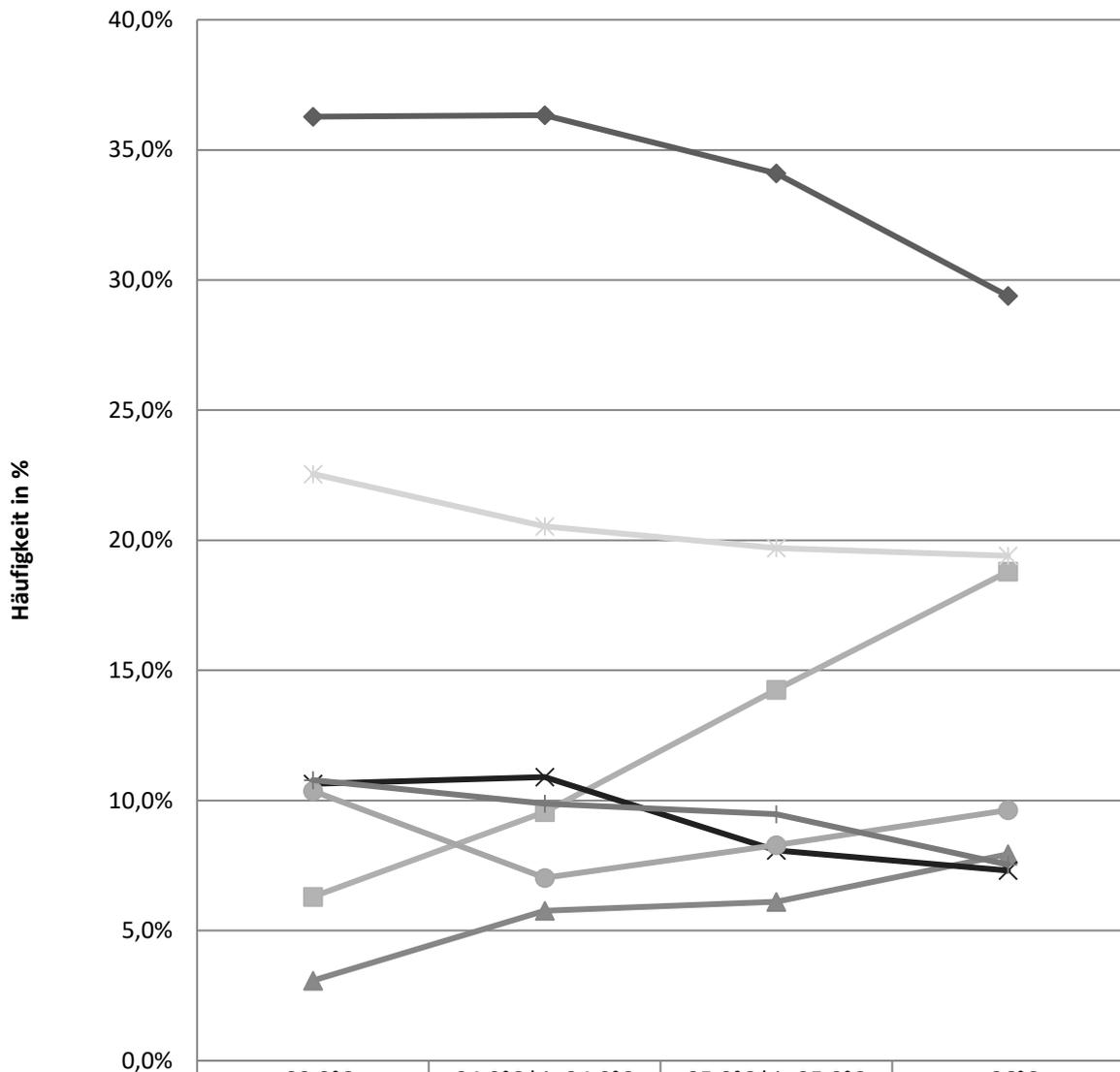
ISS: Injury Severity Score; GCS: Glasgow Coma Scale; PTT: Prothrombin Zeit; EK: Erythrozytenkonzentrat; ER: Emergency room; Hb: Hämoglobin; SBP: systolic blood pressure.

Das mittlere Alter in den vier Gruppen liegt bei $45,2 \pm 0,5$ Jahren. Die präklinische Volumengabe und die Volumengabe im Schockraum nehmen mit fallender Körpertemperatur ab. Die Dauer bis zur Aufnahme im Schockraum beträgt im Durchschnitt 70 Minuten, es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Die dokumentierten Laborparameter geben die Schwere der Verletzung wieder. Der Hämoglobin Wert (Hb) fällt mit sinkender Körperkerntemperatur, der Base Excess (in mmol/l) und das Laktat (in mmol/l) zeigen signifikante Veränderungen mit fallender KKT. Die Thrombozytenzahl, die Prothrombinzeit (PTT in Sekunden) und der Quick-Wert verschlechtern sich mit sinkender KKT als Zeichen einer Koagulopathie. Im klinischen Verlauf zeigen sich ein verlängerter Intensivstation-Aufenthalt bei zunehmender Hypothermie sowie ein Anstieg der beatmungspflichtigen Tage.

3.1.3 Verteilung der Unfallmechanismen

In der Gruppe $>36,0^{\circ}\text{C}$ sind 29,4% der Unfälle durch Automobile verursacht, in der Gruppe $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ sind es 36,3%. Im Vergleich dazu sind Motorradunfälle in der Gruppe $>36,0^{\circ}\text{C}$ in 18,8% ursächlich und in der Gruppe $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ 6,3%. Es zeigt sich keine Häufung der Motorradunfälle mit sinkender Körpertemperatur. Abbildung 3 gibt die Verteilung der Unfallmechanismen wieder.

Verteilung der Unfallmechanismen



	<33,9°C	34,9°C bis 34,0°C	35,9°C bis 35,0°C	>36°C
◆ Auto	36,3%	36,3%	34,1%	29,4%
■ Motorrad	6,3%	9,6%	14,3%	18,8%
▲ Fahrrad	3,1%	5,8%	6,1%	7,9%
✕ Fußgänger	10,6%	10,9%	8,1%	7,3%
* Sturz >3m	22,5%	20,5%	19,7%	19,4%
● Sturz <3m	10,4%	7,0%	8,3%	9,6%
+ Sonstiges	10,8%	9,9%	9,5%	7,5%

Abbildung 3: Verteilung der Unfallmechanismen. Darstellung der prozentualen Häufigkeit auf der Y-Achse zu den verschiedenen Gruppen auf der X-Achse. Unterteilung in Auto-, Motorrad-, Fahrradfahrer- und Fußgängerunfälle, nicht näher bezeichnete (sonstige) Unfälle, sowie Stürze aus über und unter 3 Metern Höhe. Autounfälle, Stürze aus über und unter 3 Meter und Fußgänger zeigen ein vermehrtes Auftreten einer tieferen Körpertemperatur.

3.1.4 Geschlechterverteilung

Abbildung 4 zeigt, dass insgesamt ca. 75% der Patienten männlich sind. Es zeigt sich jedoch eine Zunahme des weiblichen Geschlechts mit sinkender KKT. Bei den normothermen Patienten sind 25% der Patienten weiblich, bei milder Hypothermie 33,0% und bei moderater Hypothermie 37,3%. Diese Zunahme des weiblichen Geschlechts bei sinkender KKT ist signifikant ($p < 0,001$).

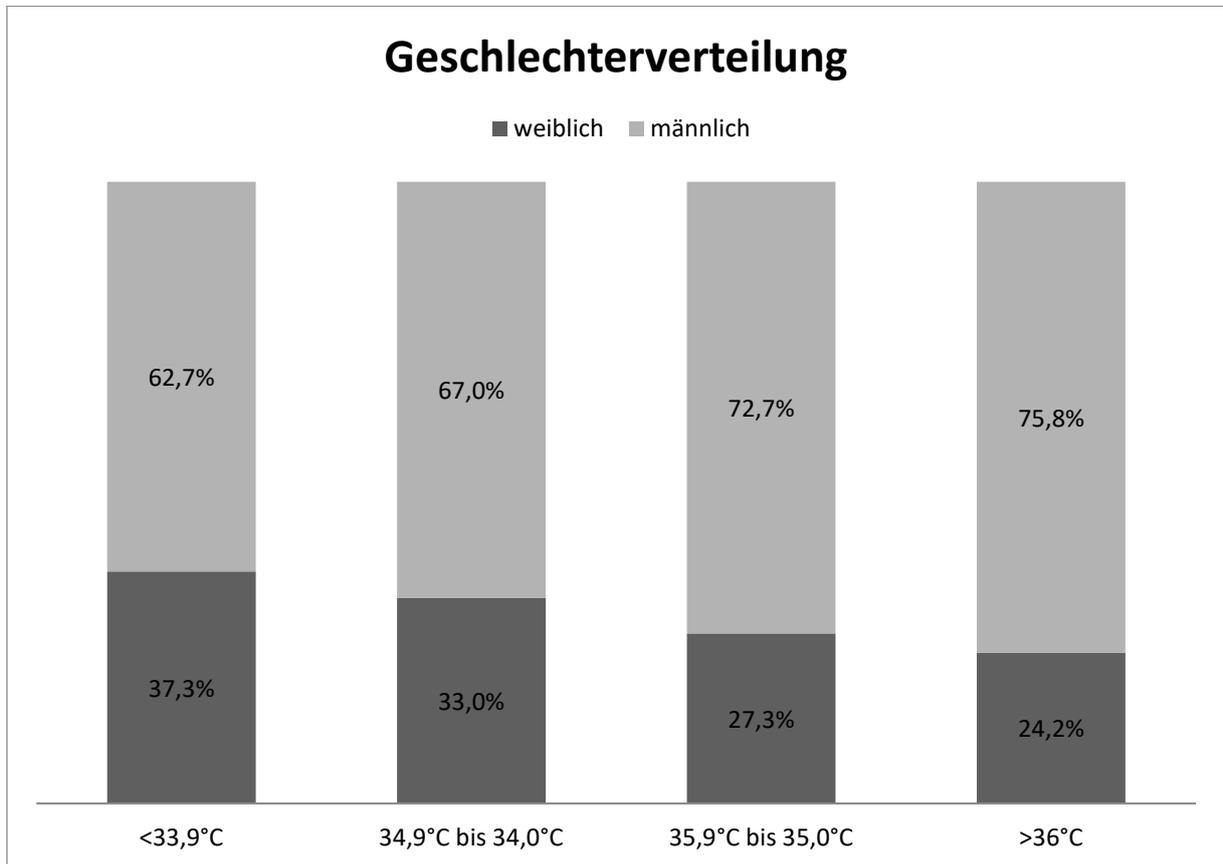


Abbildung 4: Geschlechterverteilung. Balkendiagramm, hellgrau weiblich, dunkelgrau männlich. Prozentuale Verteilung der Geschlechter in den verschiedenen Gruppen.

3.1.5 Todesfälle

Von den insgesamt 15.230 Patienten versterben 1.870 während des stationären Krankenhausaufenthalts. Es kann eine Zunahme der Todesfälle mit sinkender KKT dargestellt werden (Abbildung 5). Trentzsch et al. erklären, dass die Hypothermie kein unabhängiger Risikofaktor für die Mortalität ist. Vielmehr sind die höhere Verletzungsschwere und das häufige schockbedingte Multiorganversagen für die höhere Sterblichkeit verantwortlich (69).

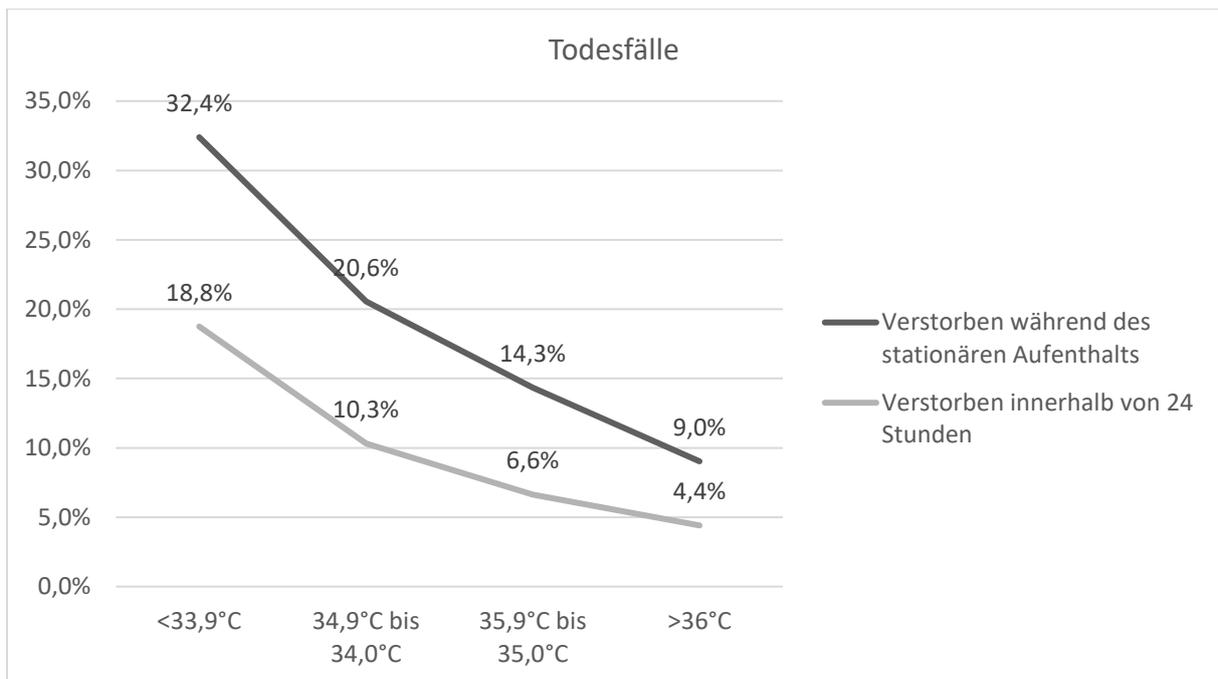


Abbildung 5: Todesfälle. Die Y-Achse zeigt die prozentuale Verteilung, die X-Achse die verschiedenen Gruppen. Hellgrau: verstorben innerhalb der ersten 24 Stunden. Dunkelgrau: Verstorben während des stationären Aufenthaltes.

3.1.6 Multiorganversagen

Mit sinkender KKT steigt die Rate an Multiorganversagen (Abbildung 6) (MOF - multi organ failure). Insgesamt entwickeln 3.843 Patienten ein Multiorganversagen. In der Gruppe der moderaten Hypothermie sind es 56,2%, in der Gruppe $\geq 36,0^\circ\text{C}$ KKT 20,5%.

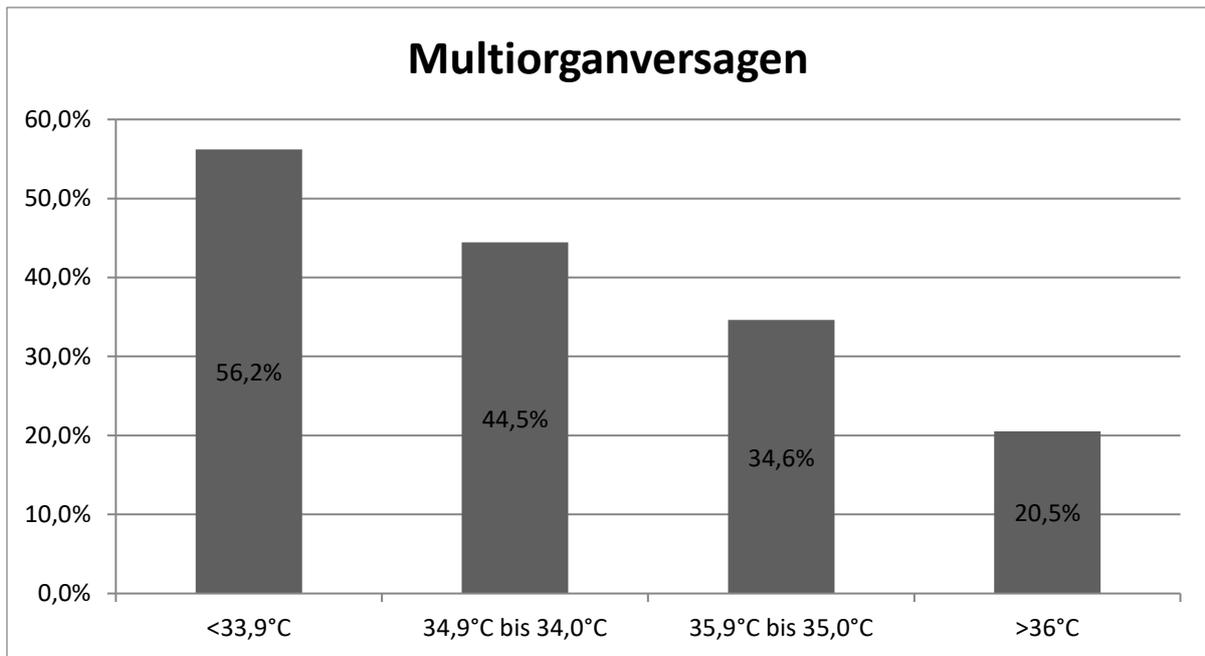


Abbildung 6: Multiorganversagen. Die Y-Achse zeigt die prozentualen Anteile des Multiorganversagens im Vergleich zu den verschiedenen Gruppen auf der X-Achse.

3.1.7 Sepsis

Die Rate der Sepsis steigt mit sinkender Körpertemperatur an. In der Gruppe >36,0°C KKT entwickeln 6,4% der Patienten eine Sepsis, in der Gruppe der moderaten Hypothermie 15,5%.

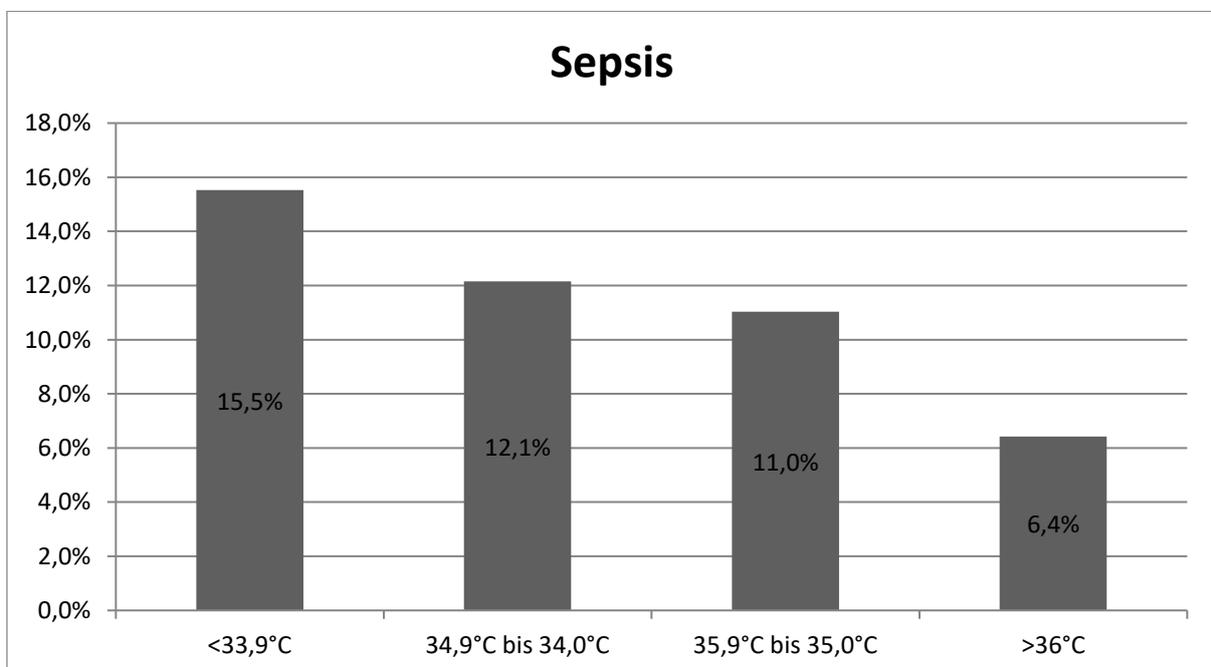


Abbildung 7: Sepsis. Die Y-Achse zeigt die prozentualen Anteile der Sepsis im Vergleich zu den verschiedenen Gruppen auf der X-Achse.

3.1.8 Schwere Verletzungen

Das schwere Schädelhirntrauma (SHT) wird mittels AIS Score ≥ 3 beschrieben. Insgesamt haben 40,4% der Patienten ein schweres SHT, in der Gruppe $\geq 36,0^{\circ}\text{C}$ weisen 35,9% ein schweres SHT auf, in der Gruppe $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ 60,5%. In der logistischen Regression kann das schwere SHT als Risikofaktor für eine akzidentelle Hypothermie ausgeschlossen werden ($p=0,198$). Schwere Thorax-, Abdomen- und Extremitäten-Verletzungen mit einem AIS ≥ 3 nehmen mit sinkender KKT zu. (Thorax: Gruppe $\geq 36,0^{\circ}\text{C}$ in 54,8%, Gruppe $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ in 61,3%; Abdomen: $>36,0^{\circ}\text{C}$ in 17,2%, $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ in 23,7%; Extremitäten: $\geq 36,0^{\circ}\text{C}$ in 36,6%, $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ in 45,3%)

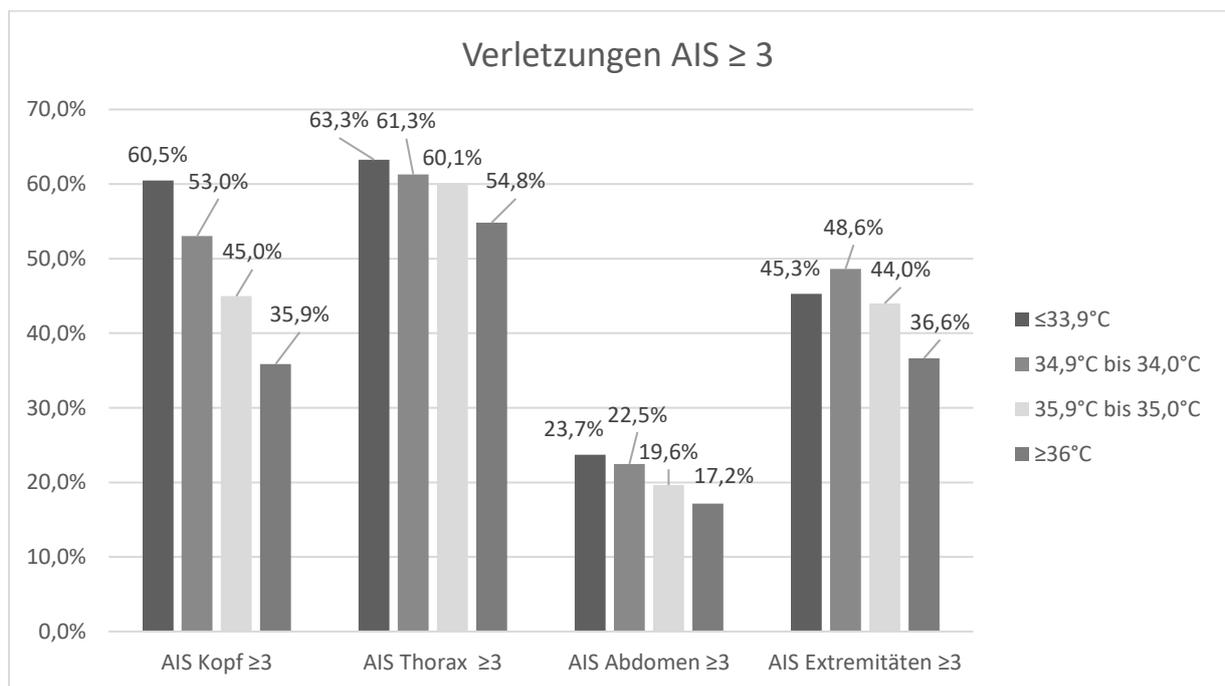


Abbildung 8: Schwere Verletzungen AIS ≥ 3 Schock. Die Y-Achse zeigt die prozentualen Anteile der schweren Verletzungen AIS ≥ 3 , die X-Achse die verschiedenen Gruppen und die unterschiedlichen Körperregionen. AIS: Abbreviated Injury Score

Der hämodynamische Schock ist im TraumaRegister DGU® als systolischer Blutdruck unter 90mmHg ($\text{RR}_{\text{sys}} \leq 90\text{mmHg}$) definiert. Beim Eintreffen des Notarztes befinden sich in der Gruppe $\geq 36^{\circ}\text{C}$ 13,0% der Patienten im Schock und in der Gruppe $< 33,9^{\circ}\text{C}$ sind es 41,6% der Patienten. Der präklinische Schock kann als signifikanter Risikofaktor eine akzidentelle Hypothermie zu entwickeln beschrieben werden ($p \leq 0,001$). Bei Aufnahme im Schockraum zeigen sich vergleichbare Werte. Mit zunehmender Schwere der Hypothermie steigt die Anzahl der Transfusionsrate. Die Menge der transfundierten Erythrozytenkonzentrate ist nicht berücksichtigt. In der Gruppe $\geq 36^{\circ}\text{C}$ liegt die Transfusionsrate bei 18,4%, in der Gruppe $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ bei 50,5%. Die Massentransfusion ist hier als Gabe von zehn oder mehr Erythrozytenkonzentrate definiert. Mit sinkender Körpertemperatur nimmt die Massentransfusionsrate zu. In der Gruppe $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ wird bei 16,3% der Patienten eine Massentransfusion durchgeführt.

3.1.9 Klinische Besonderheiten

Insgesamt werden etwa zwei Drittel der Unfälle im Verkehr verursacht. Mit sinkender Körpertemperatur nimmt die Rate der Intubation deutlich zu, die Notwendigkeit zur Katecholamingabe steigt. Hypotherme Patienten werden im Vergleich zu normothermen Patienten vermehrt reanimiert. 19,5% der Patienten in der Gruppe $\geq 36^{\circ}\text{C}$ haben eine GCS ≤ 8 bei Eintreffen des Notarztes. In der Gruppe $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ sind dies 57,8%. Die Anzahl Thoraxdrainagen steigt mit sinkender Körpertemperatur; insgesamt wurde in 5,8% der Fälle eine Versorgung mittels Thoraxdrainage durchgeführt.

75,4% der Unfälle ereignen sich tagsüber in der Zeit zwischen 06:00 Uhr morgens und 20:00 Uhr abends. Nächtliche Unfälle gehen mit einer erhöhten Rate an niedriger KKT einher und stellen ein signifikantes Risiko für eine akzidentelle Hypothermie dar ($p=0,003$). Je niedriger die KKT, desto häufiger erfolgt ein Lufttransport mittels Helikopter. Insgesamt werden 64,2% der Patienten bodengebunden mittels Rettungswagen (RTW) transportiert. Die überwiegende Anzahl der Unfälle sind bedingt durch stumpfe Gewalteinwirkung. In 4,3% der Fälle in der Gruppe $\geq 36^{\circ}\text{C}$ KKT ist ein penetrierendes Trauma die Ursache, in der Gruppe $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$ KKT sind es 5,9%. Diese leichte Zunahme zeigt sich als nicht signifikant. Insgesamt sind 74,5% der Patienten unter 60 Jahre alt. Eine leichte, nicht signifikante Zunahme der über 60-Jährigen kann mit zunehmender Hypothermie gezeigt werden ($p=0,394$).

3.1.10 Jahreszeiten

In der Summe ereignen sich mehr Unfälle in den wärmeren Jahreszeiten Frühling, Sommer und Herbst. Anteilig sind mehr Hypothermie-Fälle mit KKT $< 33,9^{\circ}\text{C}$ im Winter zu verzeichnen. Das Risiko, eine akzidentelle Hypothermie zu entwickeln, ist signifikant geringer im Frühling und Sommer als im Winter. Die Jahreszeit Herbst zeigt keine Signifikanz. Im Winter zeigen nur 18% der Patienten bei Temperaturmessung im Schockraum eine KKT von über $36,0^{\circ}\text{C}$. 36,1% haben eine KKT von $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$. Im Sommer zeigen 33,0% im Schockraum eine KKT $\geq 36,0^{\circ}\text{C}$ und nur 14,7% eine Hypothermie $\leq 33,9^{\circ}\text{C}$.

3.1.11 Multivariate logistische Regression

	Regressions-Koeffizient	Odds Ratio (OR)	95% Konfidenzintervall	p-Wert
GCS \leq 8	0,57	1,76	1.53-2.03	< 0.001
Weibliches Geschlecht	0,42	1,53	1.34-1.74	< 0.001
Nachts	0,20	1,22	1.07-1.39	0.003
Jahreszeit (Referenz Winter)				
Frühling	-0,62	0,54	0.46-0.64	< 0.001
Sommer	-1,02	0,36	0.30-0.43	< 0.001
Herbst	-0,20	0,82		0.011
ISS (pro Punkt)	0,02	1,02	1.02-1.03	< 0.001
präklinischer Schock	0,48	1,62	1.40-1.87	< 0.001
Schock bei Aufnahme	0,33	1,42	1.21-1.66	< 0.001
Volumen (pro Liter)	0,28	1,33	1.24-1.42	< 0.001
Motorrad/Fahrrad	-0,44	0,65	0.55-0.77	< 0.001
Präklinische Zeit (pro Stunde)	0,40	1,48	1.32-1.67	< 0.001

Tabelle 3: Multivariate logistische Regression. Links sind die Risikofaktoren dargestellt, tabellarisch die Ergebnisse der multivariaten logistischen Regression als Regressionskoeffizient, Odds Ratio (OR), 95%iges Konfidenzintervall und das Signifikanzniveau (p-Wert). Signifikante Risikofaktoren eine akzidentelle Hypothermie zu entwickeln sind ein GCS Wert \leq 8, das weibliche Geschlecht, nächtliche Unfälle, Unfälle im Winter, hohe Verletzungsschwere anhand des ISS, hämodynamischer Schock, hohe präklinische Volumen-Ersatztherapie und eine verlängerte präklinische Zeit. ISS: Injury Severity Score; GCS: Glasgow Coma Scale

Eine multivariate logistische Regression (Tabelle 3) analysiert 16 verschiedene Variablen im Vergleich zur KKT. Die abhängige Variable ist die Temperatur bei Aufnahme im Schockraum. Es können folgende Risikofaktoren für eine akzidentelle Hypothermie erkannt werden: Eine GCS \leq 8, das weibliche Geschlecht, nächtliche Unfälle zwischen 20:00 Uhr und 06:00 Uhr, Unfälle im Winter, Zunahme der Verletzungsschwere anhand des ISS Wertes, hämodynamischer Schock bei Eintreffen des Notarztes, sowie Schock bei Aufnahme im Krankenhaus, hohe präklinische Volumenersatztherapie sowie eine verlängerte präklinische Zeit ($p < 0,05$; $r^2 = 0,164$; Cox and Snell $r^2 = 0,086$). Die Variablen stumpfes/penetrierendes Trauma, Alter über 60 Jahre und schwere Schädelhirntraumata zeigen keine Signifikanz und sind in der Tabelle daher nicht aufgeführt.

4 Diskussion

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Epidemiologie und Risikofaktoren einer akzidentellen Hypothermie im Polytrauma im Zeitraum von 2002 bis 2012 aus dem TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Die Mehrheit der Patienten weist eine Körperkerntemperatur von über 35 °C (n=13.128) auf. Hypothermie ist definiert als eine KKT von unter 35,0°C. Das Stadium der milden Hypothermie reicht von <35,0°C bis 34,0°C, die moderate Hypothermie von <34,0°C bis 32,0°C und die schwere Hypothermie von <32°C (70). In dieser Arbeit hat eine Minderheit von 304 Patienten eine KKT von unter 33,0°C. Die niedrigste dokumentierte KKT beträgt 20°C. Der Fokus dieser Arbeit liegt bei einer KKT der Patienten zwischen 33,0°C und 36,0°C; mitinbegriffen sind dabei die Normothermie, die milde Hypothermie und die moderate Hypothermie. Körperkerntemperaturen unter 33,0°C und über 36,0°C sind in dieser Analyse ausgeschlossen.

Die Messung der Körperkerntemperatur erfolgt entweder invasiv oder non-invasiv. Die invasiven Messwerte, also die intra-arteriellen und die intra-vesikalen (Messung in der Harnblase), entsprechen nahezu der realen KKT. Non-invasive Messmethoden wie tympanal, sublingual, axillär oder rektal ergeben Näherungswerte. In einer Studie von 2012 vergleichen Shin et al. die unterschiedlichen Methoden der Temperaturmessungen. Bei 21 Patienten, die einer therapeutischen Hypothermie unterzogen werden, wird die Temperatur in der Pulmonalarterie mittels Swan-Ganz Katheter gemessen, in der Blase durch einen Foley Katheter mit Temperatursensor, rektal mittels eines herkömmlichen Thermometers und tympanal mit einem digitalen Thermometer. Shin et al. setzten die Temperaturwerte der Pulmonalarterie als Referenzwert. Zu jeder Zeit ermittelt der Thermosensor am Blasen Katheter präzise Ergebnisse (71). Im klinischen Alltag hat sich die tympanale Temperaturmessung durchgesetzt. Je nach Studie ergeben sich unterschiedliche Messabweichungen. Hooper et al. beschreiben Abweichungen zwischen 0,36°C bis 0,57°C von der KKT. (72), Shin et al. geben Abweichungen von $1,03 \pm 1,47^\circ\text{C}$ an. (71) Die axilläre Temperaturmessung ist aufgrund der schlechten Korrelation zur KKT nicht zu empfehlen (73) und die rektale Temperaturmessung birgt das Risiko für Verletzungen, liefert ansonsten jedoch annähernd genaue Werte (73).

In der Literatur sind hauptsächlich Fall-Beschreibungen zur schweren Hypothermie zu finden. Wanscher et al. untersuchen 2012 das Überleben bei 14 von insgesamt 15 Schiffsunglücksopfern mit einer medianen Körperkerntemperatur von 18,4°C. Der Fokus der Studie liegt auf dem Herzkreislaufstillstand der Patienten und den Wiedererwärmungstechniken durch Extrakorporale Membran Oxygenierung (ECMO) oder auch Extracorporal Life Support (ECLS). Insgesamt weisen 7 Patienten initial einen Herz-Kreislaufstillstand auf. 14 von den 15 Unfallopfern haben die schwere Hypothermie überlebt, ein Patient ertrank während des Unfalls (74). In einem weiteren Case Report wird das Überleben nach einem Ski-Unfall mit Herz-Kreislaufstillstand

und einer Körperkerntemperatur von 13,7°C beschrieben (67). Farstad et al. beschreiben in einer retrospektiven Studie 26 Patienten mit Herz-Kreislaufstillstand und akzidenteller Hypothermie nach Immersion in kaltem Wasser, Lawinenunglück und der Exposition gegenüber einer kalten Umgebung. Nach ihrer Rettung erfolgt die Wiedererwärmung mittels ECMO. 19 von 26 Patienten überleben die Hypothermie (75).

Zur Wiedererwärmung von Personen stehen verschiedene Therapiemethoden zur Verfügung. Die Therapie gliedert sich in die prähospitalen Phase und hospitalen Phase. Die prähospitalen Phase ist die Zeit vom Unfall bis zur Klinikaufnahme. Diese Phase muss so kurz wie möglich gehalten werden, um ein weiteres Auskühlen des Patienten zu verhindern. In der hospitalen Phase können erweiterte Wiedererwärmungsmaßnahmen durchgeführt werden. Die Therapie der Hypothermie erfolgt stadiengerecht.

Man kann die Wiedererwärmungsmaßnahmen in drei Gruppen einteilen. Es gibt passive Wiedererwärmungstechniken, aktive-externe Wiedererwärmungstechniken und aktive-interne Wiedererwärmungstechniken. Die Tabelle 4 gibt einen Überblick über die verschiedenen Techniken und deren Effizienz.

Methode	Anstieg der Körperkerntemperatur
erwärmte Atemluft	1,0-2,5°C/Stunde
Magenspülung	1,5°C/Stunde
Blasenspülung	1,5°C/Stunde
Bauchraumspülung	1-3°C/Stunde
offene Brustkorbspülung	8°C/Stunde
geschlossene Brustkorbspülung	2,2-3,3°C/Stunde
ECMO, Dialyse, Herzbybypassverfahren	1-3°C/3-5 Minuten

Tabelle 4: Tabellarische Darstellung der verschiedenen Wiedererwärmungsmethoden und der Anstieg der Körpertemperatur im zeitlichen Bezug. Quelle (15, 60)

Die passive Wiedererwärmung kann bei milder Hypothermie, also Stadium 1, angewandt werden und besteht aus der Unterbringung in einer warmen, trockenen Umgebung und guter Wärmeisolierung des Patienten. Voraussetzung für das Gelingen einer passiven Wiedererwärmung ist ein intakter Kreislauf, eine funktionierende Thermoregulation, eine normale hormonelle Funktion und ausreichend Energiereserven des Patienten, um Wärme erzeugen zu können. Der Nachteil der passiven Wiedererwärmung ist, dass die Körperkerntemperatur nur sehr langsam ansteigt. (15, 60)

Ab Stadium 2 sind zusätzlich zu den passiven Maßnahmen auch aktive Maßnahmen indiziert. Zu den aktiven externen Maßnahmen gehören direkte Wärmezufuhr von außen, zum Beispiel durch

Wärmelampen, Wärmflaschen, „Heating pads“, Wärmedecken und „forced-air warming systems“. Forced-air warming systems sind mit warmer Luft durchströmte Decken, die dem Patienten aufliegen.

Die aktiven externen Wiedererwärmungsmaßnahmen bergen ein hohes Risiko für Komplikationen. Daher sollte immer auch parallel ein aktives internes Wiedererwärmen erfolgen, zum Beispiel durch warme Infusionslösungen. (15, 60)

Ab Stadium 2 sind zusätzlich zu passiven Maßnahmen auch bei bestimmten klinischen Zuständen aktive interne Wiedererwärmungsmaßnahmen indiziert. Zu den einfachsten und effektiven Methoden gehört hierbei die Infusion von vorgewärmten Infusionslösungen. Die Infusion sollte 40-45°C warm sein und elektrolytneutral mit 5%iger Glucose. Weitere Möglichkeiten sind das Vorwärmen und Anfeuchten der Atemluft auf 40°C, das Anschließen des Patienten an externe Kreislaufmaschinen oder Dialyseapparate und die Spülung von Körperhöhlen mit warmen Infusionslösungen bei 40-45°C (NaCl-, Ringer-Laktat-oder Dialyselösungen). (15, 60)

Während der Wiedererwärmung sollte auf das Auftreten von möglichen therapiebedingten Komplikationen geachtet werden. Mögliche Komplikationen einer Wiedererwärmung sind Herzrhythmusstörungen, After Drop, Wiedererwärmungsschock, Azidose, Verbrennungen, Hypovolämie und die Demaskierung einer Hypoglykämie.

Der After Drop bezeichnet einen Abfall der Körperkerntemperatur nach bereits erfolgter Bergung des Patienten aus kühler Umgebung. Dabei wurde durch die kühle Umgebung eine Vasokonstriktion der Peripherie verursacht. Dies führt zu einem verminderten Rückstrom kalten Blutes in den Körperkern, sodass vornehmlich im Körperkern die Temperatur aufrechterhalten werden kann, da hier die lebenswichtigen Organe liegen. Diesen Mechanismus nennt man Zentralisierung. Strengt der Patient sich nach, oder im Rahmen der Bergung aus kühler Umgebung körperlich an, wird das Herzzeitvolumen gesteigert und die Peripherie vermehrt durchblutet. Dabei kühlt das zentralisierte, wärmere Blut in der Peripherie ab und es kommt durch die Muskelpumpe der peripheren Venen zu einem vermehrten Rückstrom kalten Blutes in den Körperkern und verursacht dadurch einen Abfall der KKT, obwohl der Patient bereits nicht mehr der kühlen Umgebung ausgesetzt ist. Dieses Phänomen bezeichnet man als After Drop (76).

Als Wiedererwärmungsschock bezeichnet man eine hämodynamische Dekompensation aufgrund von venösem Pooling. Dabei wird durch eine zügige, alleinige Wiedererwärmung der Extremitäten eine periphere Vasodilatation ausgelöst. Die Blutzufuhr zum Herzen wird dadurch stark vermindert, sodass eine relative Hypovolämie entsteht und der Kreislauf zusammenbricht. Durch die verringerte Durchblutung der Extremitäten während der Hypothermie kommt es zu einem Sauerstoff- und Glukosemangel in den Geweben. Dies führt zu einer vermehrten Laktatbildung durch die anaerobe

Stoffwechsellage. In der Wiedererwärmungsphase wird nun das Laktat in den Körperkern transportiert und führt zu einer zentralen Azidose. Folgen sind eine Hyperventilation und eine Hyperkaliämie. Eine Hyperkaliämie triggert Herzrhythmusstörungen. Der Körper kann während der Hypothermie seine kompletten Glukosereserven verbrauchen, sodass hypotherme Patienten oft hypoglykäm sind. Eine Unterzuckerung kann zum Beispiel zu Tachykardien, Somnolenz bis hin zum Koma, Krampfanfällen und vorübergehender Halbseitenlähmung führen. Verbrennungen können durch zu warme Wiedererwärmungsmaßnahmen, zum Beispiel Hitzaufgaben oder Flaschen mit heißem Wasser entstehen. Da die Gefäße der unterkühlten Haut noch enggestellt sind, kann die Wärme nicht sofort abtransportiert werden und die Gefahr von Verbrennungen ist gegeben (60). Eine Gefahr von extrakorporalen Kreislaufsystemen wie CPR („cardiopulmonal resuscitation“) und ECLS („extracorporal life support“) ist das Lungenödem, welches unter der Therapie entstehen kann (77).

Ein in der Literatur bekanntes Problem ist die mangelhafte Dokumentation der Körperkerntemperatur (69, 78, 79). In dieser Arbeit können 15.230 Patienten mit dokumentierter Körpertemperatur bei Aufnahme im Krankenhaus eingeschlossen werden. Diese große Anzahl an Patienten macht diese Arbeit äußerst vergleichbar mit anderen Studien. Die Gruppe der moderaten Hypothermie und milden Hypothermie (33,0°C bis <35,0°C; n= 4.774) stellen aufgrund der Häufigkeit dieser Temperatur die interessantere Gruppe dar. Es können möglicherweise Aussagen zur Verbesserung von Behandlungsstrategien und Therapien in der Zukunft getroffen werden.

Die eingeschlossenen Patienten bieten das typische Spektrum der polytraumatisierten Patienten. Sie sind im Wesentlichen jung und männlich. Die Verletzungsschwere ist hoch mit einem mittleren ISS von 30 ± 4 . Die Ergebnisse sind mit anderen Studien vergleichbar. Im Jahre 2010 beschreiben Ireland et al. 97 Patienten mit akzidenteller Hypothermie nach einem Unfall. Die Patienten sind jung (<50 Jahre) und schwerstverletzt (79). In dieser Arbeit steigt die Anzahl der weiblichen Patienten mit zunehmender Hypothermie bis 33,0°C. Hier zeigt sich, dass das weibliche Geschlecht ein signifikanter Risikofaktor, sogar ein Prädiktor ist, um eine akzidentelle Hypothermie zu entwickeln. In der Literatur gibt es wenig Erklärung, weshalb weibliche Patienten sensibler für eine Hypothermie sind. Wanscher et al. beschreiben hingegen einen höheren Körperfettgehalt und ein erhöhten BMI bei weiblichen Patienten als protektiv (74). Endogene Ursachen im weiblichen Geschlecht, wie zum Beispiel vasodilatatorische Effekte durch Östrogen mit Wärmeverlust und niedrigerer Körpertemperatur, werden von Charkoudian und Stachefeld diskutiert (80).

Bezüglich der Unfallmechanismen werden stumpfe Traumata als vorwiegende Ursache im Einklang mit aktueller Literatur identifiziert (69). Motorrad- und Fahrradfahrer stellen mit einem nicht signifikanten Risiko eine akzidentelle Hypothermie zu entwickeln eine weitere große Gruppe dar. Wie zu erwarten, ist der Winter ein Risikofaktor für eine akzidentelle Hypothermie bis 33,0°C. Vergleichbare Ergebnisse

werden 2010 von Van der Ploeg et al. veröffentlicht. Van der Ploeg et al. beschreiben neben saisonalen Aspekten auch die präklinische Zeit als Risikofaktor eine akzidentelle Hypothermie zu bilden (81). In dieser Arbeit kann ebenfalls zwischen verlängerter präklinischer Zeit und einer akzidentellen Hypothermie bis 33,0°C eine signifikante Korrelation gezeigt werden. Logters et al. sowie Zeckey et al. zeigen jedoch, dass diese Zeit aufgrund der Komplexität der präklinischen Abläufe nicht verkürzt werden kann (82, 83). Studien zeigen, dass präklinische Umstände eine akzidentelle Hypothermie bedingen. Äußere Einflüsse, wie zum Beispiel eine lange Rettungszeit bei Autounfällen und eine große intravenöse Volumengabe, können zu einer akzidentellen Hypothermie führen (14). Aktuelle Studien beschreiben die Auswirkungen der intravenösen Volumensubstitution auf die Körperkerntemperatur (84, 85). Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen, dass eine große intravenöse Volumengabe und die präklinische Zeit bis zur Aufnahme im Krankenhaus signifikante Risikofaktoren sind, eine akzidentelle moderate Hypothermie zu entwickeln.

In dieser Arbeit kann eine höhere Rate an Intubationen, Sedierungen und Katecholamingaben bei hypothermen Patienten im Vergleich zu normothermen Patienten gezeigt werden. Die Allgemeinanästhesie spielt an dieser Stelle eine relevante Rolle, da sie zu einer Vasodilatation mit vermehrter Durchblutung der Peripherie einhergeht und zu einem Sinken der Körperkerntemperatur führen kann. Schädel-Hirn-Traumata können mit Verletzungen der thermoregulatorischen Zentren einhergehen und zu Dysregulationen der Körperkerntemperatur führen (86, 87). Eine Glasgow-Coma-Scala ≤ 8 als Zeichen eines schweren Schädel-Hirn-Traumas ist in dieser Arbeit ein signifikanter Risikofaktor für eine akzidentelle Hypothermie von $\leq 33^\circ\text{C}$.

Es gilt den Patienten effektiv vor einer Auskühlung zu schützen. Die Frage nach der besten und frühesten Therapieoption bei einer akzidentellen Hypothermie bleibt noch ungeklärt. Eine niederländische Studie präsentiert eine Vielfalt an Therapieoptionen bei akzidenteller Hypothermie. Van der Ploeg et al. untersuchten ein Kollektiv mit milder bis schwerer Hypothermie aufgrund unterschiedlicher Unfallmechanismen. Die Effektivität der Wiedererwärmung ist zwischen den einzelnen Therapieoptionen unterschiedlich. Es werden simple Methoden wie vorgewärmte Infusionen oder warme Decken verwendet, zum anderen invasive Methoden wie ECLS (81). Obwohl die Wiedererwärmung oberstes Ziel in der Behandlung der akzidentellen Hypothermie ist (88), basiert die Erfahrung in der Behandlung der schweren akzidentellen Hypothermie weiterhin auf Einzelstudien (81). Die Daten des TraumaRegister DGU® geben keine Auskunft über Wiedererwärmungstechniken. Es bleibt jedoch ein Fakt, dass bestimmte Verletzungen mit einer akzidentellen Hypothermie assoziiert sind.

Die hier dargestellte Gruppe erleidet schwere Verletzungen sowohl an Kopf, Thorax, Abdomen und an den Extremitäten mit einem AIS von ≥ 3 Punkten. Diese schweren Verletzungen sind mit dem Risiko

einer akzidentellen Hypothermie assoziiert und im Einklang mit aktueller Literatur (70). Diese Verletzungen können einzeln genommen nicht zur Vorhersage einer akzidentellen Hypothermie herangezogen werden. Jedoch wird in dieser Arbeit der ISS als bedeutsamer signifikanter Risikofaktor für eine akzidentelle Hypothermie bis 33,0°C erkannt. Die Verletzungsschwere schließt das Auftreten eines hämorrhagischen Schocks mit ein. Ein mögliches Zeichen dafür ist das Absinken des systolischen Blutdrucks auf systolische Werte unter 90mmHg. Die Relevanz der Hypotonie ist in dieser Arbeit durch das signifikant erhöhte Risiko eine akzidentelle Hypothermie zu entwickeln, wenn bei Eintreffen des Notarztes oder bei Aufnahme im Schockraum der systolische Blutdruck ≤ 90 mmHg ist, gegeben. Neben dem hämorrhagischen Schock ist die akzidentelle Hypothermie auch mit anderen Markern des schweren Traumas verbunden, wie zum Beispiel der Azidose und der Koagulopathie (89). Beide sind Indikatoren für die Schwere der Verletzung. Der Base-Excess verschlechtert sich und das Laktat steigt mit sinkender Körperkerntemperatur an. Eine ausschlaggebende Studie zeigt, dass die akzidentelle Hypothermie, die Azidose und die Koagulopathie („Lethal triad“) eine Gruppe formen, die das Risiko zu versterben nach einem stumpfen Unfall erhöhen (69). Die Laborparameter Hämoglobin, Thrombozytenzahl, PTT und Quick sinken mit zunehmender Schwere der Hypothermie bis 33,0°C. Die reduzierte Gerinnung wird mit einer verminderten Enzymfunktion und verlängerter Blutungszeit erklärt, sodass das Ausmaß der Gerinnungsstörung mit sinkender Körperkerntemperatur zunimmt (73, 90, 91). Verständlicherweise müssen eine akute Blutung und eine Gerinnungsstörung unverzüglich therapiert werden (92). In dieser Arbeit zeigen sich hohe Raten an Massentransfusionen von ≥ 10 Erythrozytenkonzentrat. Auf Zellebene betrachtet haben Patienten im hämorrhagischen Schock ihre Reserven aufgebraucht und die Sauerstoffsättigung ist herabgesetzt. Diese Patienten haben ein erhöhtes Risiko, eine Organdysfunktion bis hin zum Organversagen zu entwickeln (93, 94). Die hier dargestellten Daten unterstützen diese Ergebnisse. In der Gruppe der Hypothermie zeigt sich eine höhere Rate binnen 24 Stunden verstorbener Patienten. Die frühe Mortalität ist bei einer Hypothermie erhöht. Sogar die Gesamt-Mortalitätsrate ist in der Gruppe der moderaten Hypothermie ($<33,0^\circ\text{C}$) erhöht. Diese Arbeit unterstreicht die Bedeutung der akzidentellen Hypothermie in schwerstverletzten Patienten mit einer konsekutiv erhöhten Rate an Multiorganversagen, Sepsis und erhöhter Mortalität. Vor allem aber bleibt die akzidentelle Hypothermie eine große Herausforderung in der Versorgung von Schwerstverletzten (70, 79, 93-97).

5 Zusammenfassung

Hintergrund: In Deutschland sind Unfälle die häufigste Todesursache in der Altersgruppe der 15 bis 40-Jährigen. Schwerstverletzte Patienten haben das Risiko eine akzidentelle Hypothermie im Rahmen der „Lethal triad“ zu entwickeln. Die akzidentelle Hypothermie ist ein fortdauernder Gegenstand der Diskussion im klinischen Verlauf einer Schwerstverletzung.

Zielsetzung: Das Ziel dieser Arbeit sind die Erfassung und Beschreibung der akzidentellen Hypothermie des schwerstverletzten Patienten.

Methoden: In einer retrospektiven Analyse werden dazu Patientendaten aus den Jahren 2002 bis 2012 aus dem Trauma Register der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) ausgewertet. Die Daten werden durch den Standard-Dokumentationsbogen des TraumaRegister DGU® erhoben und beinhalten präklinische und klinische Parameter. Die Patienten sind anhand der Körpertemperatur in verschiedene Gruppen eingeteilt. Es werden die schwerstverletzten Patienten mit und ohne vorliegende akzidentelle Hypothermie verglichen.

Eine univariate Analyse demonstriert die Ergebnisse als Mittelwert mit Standardabweichung. Kategorische und kontinuierliche Variablen werden mittels χ^2 Test, beziehungsweise mittels Student *t* Test und mittels Varianzanalyse zweier Gruppen analysiert. Das statistische Signifikanzniveau liegt bei $p < 0,05$.

Es werden Risiken hervorgehoben, die eine akzidentelle Hypothermie der verschiedenen Schweregrade verursachen. Für diese Analyse erfolgt eine multivariate Analyse mittels schrittweiser logistischer Regression. Die gemessene Temperatur ist die abhängige Variable zur Zeit der Aufnahme im Krankenhaus, damit Risikofaktoren für eine moderate Hypothermie ($33,0^\circ\text{C}$) identifiziert werden können. Die Ergebnisse sind als Odds Ratio mit 95%igem Konfidenzintervall dargestellt. Das Signifikanzniveau wird bei $p < 0,05$ festgelegt.

Ergebnisse: Insgesamt können 15.230 Fälle ausgewertet werden. Bei 5099 Patienten zeigt sich eine Körperkerntemperatur von unter $36,0^\circ\text{C}$. Stumpfe Trauma kommen häufiger vor als die penetrierenden Verletzungen. Die Mehrzahl der Patienten erleidet Auto- und Fußgängerunfälle sowie Stürze aus über 3 Metern Höhe. Bei Patienten mit niedriger Körpertemperatur zeigt sich eine verlängerte präklinische Zeit. Als signifikante Risikofaktoren eine Hypothermie $\leq 33^\circ\text{C}$ zu entwickeln werden das weibliche Geschlecht, eine $\text{GCS} \leq 8$, nächtliche Unfälle, die Jahreszeit Winter, ein $\text{ISS} \geq 9$, Hypotension in der präklinischen Phase und im Schockraum, eine hohe präklinische Volumenersatztherapie und eine lange präklinische Zeit identifiziert. Die Volumenersatztherapie in der Gruppe $\leq 33^\circ\text{C}$ liegt zwischen 1453 ± 1051 ml und in der Gruppe $\geq 36,0^\circ\text{C}$ bei 1058 ± 768 ml. Im weiteren

stationären Verlauf zeigt sich eine Zunahme an Komplikationen wie das Entwickeln einer Sepsis oder eines Multiorganversagens mit sinkender Körpertemperatur. Die Gesamtsterblichkeit erhöht sich mit sinkender Körpertemperatur.

Schlussfolgerung: Die akzidentelle Hypothermie ist eine regelmäßig auftretende Erscheinung bei schwerstverletzten Patienten. Es können bestimmte Risikofaktoren identifiziert werden. Präklinische und stationäre Verläufe sind mit vergangenen Studien vergleichbar. Das Auftreten von Sepsis, Multiorganversagen und eine erhöhte Gesamtsterblichkeit bei unterkühlten Patienten von $<33,0^{\circ}\text{C}$ demonstriert die Schwere der Auswirkungen der Hypothermie. Nach wie vor ist die Dokumentation der Körpertemperatur im TraumaRegister DGU® eine Schwachstelle, da die Anzahl der registrierten Fälle zu gering erscheint. Ich befürworte eine striktere Dokumentation der Körpertemperatur bei Aufnahme im Schockraum.

6 Anhang

6.1 Standard-Dokumentationsbogen TraumaRegister DGU® V2015 (01/16)



S: Stammdaten Patienten-Code: _____ Interne Bemerkung: _____

Patientenalter am Unfalltag Geburtsdatum _____ Geburtsdatum unbekannt <input type="radio"/> geschätztes Alter _____ Jahre	Gesundheitszustand vor Unfall <u>ASA vor Unfall</u> <input type="radio"/> 1 – gesund <input type="radio"/> 2 – leichte Einschränkungen <input type="radio"/> 3 – schwere systemische Erkrankung <input type="radio"/> 4 – lebensbedrohliche Allgemeinerkrankung <u>Antikoagulation?</u> <input type="radio"/> unbekannt <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja Wenn ja, welche? <input type="radio"/> Thrombozytenaggregationshemmer <input type="radio"/> NOAK <input type="radio"/> Vitamin K-Antagonisten <input type="radio"/> Heparine und andere
Geschlecht <input type="radio"/> männlich <input type="radio"/> weiblich Wenn weiblich, bestand eine Schwangerschaft? <input type="radio"/> unbekannt <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Unfallart <u>Verkehr</u> <u>Sturz</u> <input type="radio"/> PKW-/LKW-Insasse <input type="radio"/> über 3 m Höhe <input type="radio"/> Motorradfahrer <input type="radio"/> unter 3 m Höhe <input type="radio"/> Fahrradfahrer <input type="radio"/> Fußgänger angefahren <input type="radio"/> Andere (Zug, Schiff, ...) _____ <u>Sonstige</u> <input type="radio"/> Schlag (Gegenstand, Ast, ...) _____ <input type="radio"/> Schuss <input type="radio"/> Stich <input type="radio"/> Andere (Explosion, Verpuffung, ...) _____
Unfall-Anamnese <u>Unfallzeitpunkt</u> Datum _____, 20____ Uhrzeit _____:____ Uhr <u>Ursache</u> <u>Unfallmechanismus</u> <input type="radio"/> Unfall <input type="radio"/> stumpf <input type="radio"/> Verdacht auf Gewaltverbrechen <input type="radio"/> penetrierend <input type="radio"/> Verdacht auf Suizid	Zuverlegt <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja (bitte Klinik angeben) _____

A: Präklinik

Rettungszeiten Alarmierung _____:____ Uhr Ankunft Notarzt (NA) Unfallstelle _____:____ Uhr Abfahrt Unfallstelle _____:____ Uhr Transport: <input type="radio"/> bodengebunden mit NA <input type="radio"/> bodengebunden ohne NA <input type="radio"/> RTH <input type="radio"/> privat / selbst	Verletzungen keine leicht mittel schwer Schädel-Hirn <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"/> Thorax <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"/> Wirbelsäule <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"/> Obere Extremitäten <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Untere Extremitäten <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"/>
Vitalzeichen Blutdruck (systolisch) _____ mmHg Puls _____ /min Atemfrequenz (spontan) _____ /min Sauerstoffsättigung (SpO ₂) _____ % Kapnometrie durchgeführt? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Volumengabe Kristalloide _____ ml Kolloide _____ ml
Glasgow Coma Scale <u>Augenöffnen</u> <u>Verbale Antwort</u> <u>Motorische Antwort</u> spontan (4) orientiert (5) Aufforderung (6) auf Aufforderung (3) verwirrt (4) gezielt (Schmerz) (5) auf Schmerzreiz (2) inadäquat (3) ungezielt (Schmerz) (4) keine (1) unverständlich (2) Beugekrämpfe (3) keine (1) keine (1) Streckkrämpfe (2) keine (1) keine (1) keine (1)	Therapie nein ja Endotracheale Intubation <input type="radio"/> <input type="radio"/> Alternative Atemwegssicherung <input type="radio"/> <input type="radio"/> Analgosedierung <input type="radio"/> <input type="radio"/> Herzdruckmassage <input type="radio"/> <input type="radio"/> Katecholamine <input type="radio"/> <input type="radio"/> Thoraxdrainage <input type="radio"/> <input type="radio"/> Tranexamsäure <input type="radio"/> <input type="radio"/> Beckengurt <input type="radio"/> <input type="radio"/>
_____ + _____ + _____ GCS-Wert _____ Pupillenweite Lichtreaktion normal (0) spontan (0) Anisokorie (1) verzögert (1) beidseits weit (2) lichtstarr (3)	NACA-Index (I) (II) (III) (IV) (V) (VI) (VII)



B1: SR-/OP-Phase		Patienten-Code: _____																																																																																																																																						
<p>Aufnahme</p> <p>Datum _____._____.20____ Uhrzeit ____:____ Uhr</p> <p>Vitalzeichen</p> <p>Blutdruck (systolisch) _____ mmHg</p> <p>Puls _____ /min</p> <p>Atemfrequenz (spontan) _____ /min</p> <p>Sauerstoffsättigung (SpO₂) _____ %</p> <p>Temperatur _____ °C</p> <p>Atmung</p> <p>Bereits bei Ankunft beatmet? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja</p> <p>Wenn ja:</p> <p>FiO₂ _____ % oder Dezimalwert*</p> <p>PaO₂ _____ mmHg oder kPa*</p> <p>Glasgow Coma Scale</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;">Augenöffnen</th> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;">Verbale Antwort</th> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;">Motorische Antwort</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>spontan (4)</td> <td>orientiert (5)</td> <td>Aufforderung (6)</td> </tr> <tr> <td>auf Aufforderung (3)</td> <td>verwirrt (4)</td> <td>gezielt (Schmerz) (5)</td> </tr> <tr> <td>auf Schmerzreiz (2)</td> <td>inadäquat (3)</td> <td>ungezielt (Schmerz) (4)</td> </tr> <tr> <td>keine (1)</td> <td>unverständlich (2)</td> <td>Beugekrämpfe (3)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>keine (1)</td> <td>Streckkrämpfe (2)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>keine (1)</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"> _____ + _____ + _____ = _____ GCS-Wert _____ </p> <p>Pupillenweite</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;">Pupillenweite</th> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;">Lichtreaktion</th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </table> <p>Labor</p> <p>Hämoglobin _____ g/dl oder mmol/l*</p> <p>Thrombozytenzahl _____ /µl oder gpt/l*</p> <p>TPZ (Quick) _____ %</p> <p>PTT _____ sek</p> <p>INR _____ [ohne Einheit]</p> <p>Base Excess (-/+) _____ mmol/l</p> <p>Ca (ionisiert) _____ mmol/l oder mg/dl*</p> <p>Ethanol (Plasma) _____ µmol/l oder mg/dl*</p> <p>Fibrinogen _____ µmol/l oder g/dl*</p>	Augenöffnen	Verbale Antwort	Motorische Antwort	spontan (4)	orientiert (5)	Aufforderung (6)	auf Aufforderung (3)	verwirrt (4)	gezielt (Schmerz) (5)	auf Schmerzreiz (2)	inadäquat (3)	ungezielt (Schmerz) (4)	keine (1)	unverständlich (2)	Beugekrämpfe (3)		keine (1)	Streckkrämpfe (2)			keine (1)	Pupillenweite	Lichtreaktion	normal (0)	spontan (0)	Anisokorie (1)	verzögert (1)	beidseits weit (2)	lichtstarr (3)	<p>Diagnostik</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="text-align: center;">nein</th> <th style="text-align: center;">ja</th> <th style="text-align: center;">Uhrzeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sono Abdomen (FAST)</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Freie Flüssigkeit bei Sono Abdomen?</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Röntgen Thorax</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Röntgen Becken</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Röntgen Wirbelsäule</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>cCT (isoliert)</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Ganzkörper-CT (inkl. cCT)</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>MRT</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>ROTEM®</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>EXTEM-CT</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">_____ sek</td> </tr> <tr> <td>EXTEM-MCF</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">_____ mm</td> </tr> <tr> <td>FIBTEM-A10</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">_____ mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Wurde Teleradiologie genutzt? nein <input type="radio"/> ja <input type="radio"/></p> <p>Volumengabe</p> <p>Kristalloide _____ ml</p> <p>Kolloide _____ ml</p> <p>Therapie Schockraum</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="text-align: center;">nein</th> <th style="text-align: center;">ja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Endotracheale Intubation</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Herzdruckmassage</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Katecholamine (Erst-/Weitergabe)</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Thoraxdrainage</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Beckengurt</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>Operative Notfallmaßnahmen bis Aufnahme ICU / IMC</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="text-align: center;">nein</th> <th style="text-align: center;">ja</th> <th style="text-align: center;">Schnittzeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operative Hirndruckentlastung</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Laminektomie</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Thorakotomie</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Laparotomie</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Revaskularisation</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Embolisation</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Stabilisierung Becken</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> <tr> <td>Stabilisierung Extremitäten</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;">____:____ Uhr</td> </tr> </tbody> </table>		nein	ja	Uhrzeit	Sono Abdomen (FAST)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Freie Flüssigkeit bei Sono Abdomen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		Röntgen Thorax	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Röntgen Becken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Röntgen Wirbelsäule	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	cCT (isoliert)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Ganzkörper-CT (inkl. cCT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	MRT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	ROTEM®	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	EXTEM-CT			_____ sek	EXTEM-MCF			_____ mm	FIBTEM-A10			_____ mm		nein	ja	Endotracheale Intubation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Herzdruckmassage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Katecholamine (Erst-/Weitergabe)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Thoraxdrainage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beckengurt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		nein	ja	Schnittzeit	Operative Hirndruckentlastung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Laminektomie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Thorakotomie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Laparotomie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Revaskularisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Embolisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Stabilisierung Becken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr	Stabilisierung Extremitäten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr
Augenöffnen	Verbale Antwort	Motorische Antwort																																																																																																																																						
spontan (4)	orientiert (5)	Aufforderung (6)																																																																																																																																						
auf Aufforderung (3)	verwirrt (4)	gezielt (Schmerz) (5)																																																																																																																																						
auf Schmerzreiz (2)	inadäquat (3)	ungezielt (Schmerz) (4)																																																																																																																																						
keine (1)	unverständlich (2)	Beugekrämpfe (3)																																																																																																																																						
	keine (1)	Streckkrämpfe (2)																																																																																																																																						
		keine (1)																																																																																																																																						
Pupillenweite	Lichtreaktion																																																																																																																																							
normal (0)	spontan (0)																																																																																																																																							
Anisokorie (1)	verzögert (1)																																																																																																																																							
beidseits weit (2)	lichtstarr (3)																																																																																																																																							
	nein	ja	Uhrzeit																																																																																																																																					
Sono Abdomen (FAST)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Freie Flüssigkeit bei Sono Abdomen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Röntgen Thorax	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Röntgen Becken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Röntgen Wirbelsäule	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
cCT (isoliert)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Ganzkörper-CT (inkl. cCT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
MRT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
ROTEM®	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
EXTEM-CT			_____ sek																																																																																																																																					
EXTEM-MCF			_____ mm																																																																																																																																					
FIBTEM-A10			_____ mm																																																																																																																																					
	nein	ja																																																																																																																																						
Endotracheale Intubation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Herzdruckmassage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Katecholamine (Erst-/Weitergabe)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Thoraxdrainage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
Beckengurt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																																																																																																						
	nein	ja	Schnittzeit																																																																																																																																					
Operative Hirndruckentlastung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Laminektomie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Thorakotomie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Laparotomie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Revaskularisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Embolisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Stabilisierung Becken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					
Stabilisierung Extremitäten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	____:____ Uhr																																																																																																																																					

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



B2: SR-/OP-Phase		Patienten-Code: _____	
Hämostase-Therapie Bluttransfusion (EK) _____ Einheiten _____:_____ Uhr Frischplasma (FFP) _____ Einheiten oder ml* Thrombozytenkonzentrat _____ Einheiten oder ml*		Weiterversorgung Weiterverlegung Uhrzeit: _____:_____ Uhr <input type="radio"/> OP <input type="radio"/> ICU/IMC <input type="radio"/> Tod im Schockraum <input type="radio"/> anderes Krankenhaus <input type="radio"/> Sonstiges _____	
Medikamentöse Gerinnungstherapie nein ja Tranexamsäure <input type="radio"/> <input type="radio"/> Fibrinogen <input type="radio"/> <input type="radio"/> PPSB <input type="radio"/> <input type="radio"/> Kalzium <input type="radio"/> <input type="radio"/> Faktor XIII <input type="radio"/> <input type="radio"/>		Zeit erste EK Gabe Zeitpunkt Beginn: _____:_____ Uhr	

C: Intensivstation	
Aufnahme Datum: _____, 20____ Uhrzeit: _____:_____ Uhr	Aufenthaltsdauer/ Beatmungstherapie nein ja Dauer in Stunden oder Tagen* Intensivtherapie (ohne IMC) <input type="radio"/> <input type="radio"/> _____ Mechanische Beatmung <input type="radio"/> <input type="radio"/> _____
Labor / Vitalwerte Hämoglobin _____ g/dl oder mmol/l* Thrombozytenzahl _____ /µl oder gpt/l* TPZ (Quick) _____ % PTT _____ sek INR _____ [ohne Einheit] Base Excess (-/+) _____ mmol/l Ca (ionisiert) _____ mmol/l oder mg/dl* Ethanol (Plasma) _____ µmol/l oder mg/dl* Fibrinogen _____ µmol/l oder g/dl* Temperatur _____ °C	Therapie nein ja Nierenersatzverfahren <input type="radio"/> <input type="radio"/> ECMO (Extrakorporaler Lungensupport) <input type="radio"/> <input type="radio"/>
ROTEM® EXTEM-CT _____ sek EXTEM-MCF _____ mm FIBTEM-A10 _____ mm	Organversagen (SOFA-Score > 2) nein ja Atmung <input type="radio"/> <input type="radio"/> Koagulation <input type="radio"/> <input type="radio"/> Leber <input type="radio"/> <input type="radio"/> Herz-Kreislauf <input type="radio"/> <input type="radio"/> ZNS <input type="radio"/> <input type="radio"/> Niere <input type="radio"/> <input type="radio"/> MOV <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sepsis <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Hämostase-Therapie (innerhalb der ersten 48 Stunden nach Aufnahme auf die ICU) Bluttransfusion (EK) _____ Einheiten Frischplasma (FFP) _____ Einheiten oder ml*	Wenn ja: Fokus? <input type="radio"/> Katheter <input type="radio"/> Lunge <input type="radio"/> Wunden <input type="radio"/> Urosepsis <input type="radio"/> Abdomen <input type="radio"/> Andere _____
Medikamentöse Gerinnungstherapie nein ja Tranexamsäure <input type="radio"/> <input type="radio"/> Fibrinogen <input type="radio"/> <input type="radio"/> PPSB <input type="radio"/> <input type="radio"/> Kalzium <input type="radio"/> <input type="radio"/> Faktor XIII <input type="radio"/> <input type="radio"/>	* Bitte die in Ihrem Haus verwendeten Einheiten unterstreichen (diese können in der Online-Eingabe vom TR-Klinikadministrator unter „Festlegung Einheiten“ ausgewählt werden)



D3: Diagnosen		Patienten-Code: _____	
Verletzung: _____	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja		
AIS-Code: _____ Fraktur offen? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____		
Operationen:	OPS 301 _____ Datum _____		
1. _____	_____ .20 _____		
2. _____	_____ .20 _____		
Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____		
Verletzung: _____	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja		
AIS-Code: _____ Fraktur offen? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____		
Operationen:	OPS 301 _____ Datum _____		
1. _____	_____ .20 _____		
2. _____	_____ .20 _____		
Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____		
Verletzung: _____	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja		
AIS-Code: _____ Fraktur offen? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____		
Operationen:	OPS 301 _____ Datum _____		
1. _____	_____ .20 _____		
2. _____	_____ .20 _____		
Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____		
Verletzung: _____	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja		
AIS-Code: _____ Fraktur offen? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____		
Operationen:	OPS 301 _____ Datum _____		
1. _____	_____ .20 _____		
2. _____	_____ .20 _____		
Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____		
Verletzung: _____	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja		
AIS-Code: _____ Fraktur offen? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Grad der Weichteilverletzung (I-IV) _____		
Operationen:	OPS 301 _____ Datum _____		
1. _____	_____ .20 _____		
2. _____	_____ .20 _____		
Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP? <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> ja	Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen) _____		

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

7 Literaturverzeichnis

1. Arbeitsmedizin BfAu. Unfallstatistik 2014. 2016.
2. TraumaRegisterDGU. Jahresbericht 2016. 2016.
3. Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, Bain LW, Jr., et al. The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care. *J Trauma*. 1990;30(11):1356-65.
4. Pape HC, Lefering R, Butcher N, Peitzman A, Leenen L, Marzi I, et al. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;77(5):780-6.
5. DGU. Polytrauma. 2012.
6. WHO. WHO | Top 10 causes of death: World Health Organization; 2017 [updated 2017-01-27 15:23:05. Available from: http://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/causes_death/top_10/en/.
7. Bieler D, Franke AF, Hentsch S, Paffrath T, Willms A, Lefering R, et al. [Gunshot and stab wounds in Germany--epidemiology and outcome: analysis from the TraumaRegister DGU(R)]. *Unfallchirurg*. 2014;117(11):995-1004.
8. NTDB. National Trauma Data Bank Report 2016 2016 [Available from: <https://www.facs.org/~media/files/quality%20programs/trauma/ntdb/ntdb%20annual%20report%202016.ashx>.
9. AUC. TerrorMANV - AUC 2017 [Available from: http://www.traumanetzwerk-dgu.de/de/qualitaet_sicherheit/terrormanv.html.
10. DESTATIS. Todesursachen in Deutschland 2017 [Available from: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Todesursachen/Todesursachen2120400157004.pdf?__blob=publicationFile.
11. Melonie Heron PDDoVS. Deaths: Leading Causes for 2014 2016 [Available from: http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr65/nvsr65_05.pdf.
12. Spahn DR, Bouillon B, Cerny V, Coats TJ, Duranteau J, Fernandez-Mondejar E, et al. Management of bleeding and coagulopathy following major trauma: an updated European guideline. *Crit Care*. 2013;17(2):R76.
13. DGU©. Weißbuch Schwerverletztenversorgung 2. erweiterte Auflage 2012.
14. Mommsen P, Andruszkow H, Fromke C, Zeckey C, Wagner U, van Griensven M, et al. Effects of accidental hypothermia on posttraumatic complications and outcome in multiple trauma patients. *Injury*. 2013;44(1):86-90.
15. Simon R, Hunt J. Hypothermia. The American College of Surgeons Committee on Trauma; 2014.
16. Silbernagl S, Pape H-C, Klinke R, Bondke Persson A, Brenner B, Burckhardt G, et al. Physiologie. 2014. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag. 7. Auflage. Available from: <https://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-002-98019>.
17. Mikhail J. The trauma triad of death: hypothermia, acidosis, and coagulopathy. *AACN Clin Issues*. 1999;10(1):85-94.
18. Moore EE, Thomas G. Orr Memorial Lecture. Staged laparotomy for the hypothermia, acidosis, and coagulopathy syndrome. *Am J Surg*. 1996;172(5):405-10.
19. Vardon F, Mrozek S, Geeraerts T, Fourcade O. Accidental hypothermia in severe trauma. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2016;35(5):355-61.
20. Kushimoto S, Miyauchi M, Yokota H, Kawai M. Damage control surgery and open abdominal management: recent advances and our approach. *J Nippon Med Sch*. 2009;76(6):280-90.
21. TraumaNetzwerkDGU®. TraumaNetzwerkDGU® [Available from: <http://www.dgu-traumanetzwerk.de/>.
22. Unfallchirurgie DGf. Kurzversion der S3 – Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletzten-Behandlung 2017 [AWMF Register-Nr. 012/019:[Kurzversion der S3 – Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletzten-Behandlung]. Available from:

http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-019k_S3_Polytrauma_Schwererletzten-Behandlung_2017-03.pdf.

23. S3 Leitlinie 2016.
24. Kutcher ME, Howard BM, Sperry JL, Hubbard AE, Decker AL, Cuschieri J, et al. Evolving beyond the vicious triad: Differential mediation of traumatic coagulopathy by injury, shock, and resuscitation. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;78(3):516-23.
25. Mitra B, Tullio F, Cameron PA, Fitzgerald M. Trauma patients with the 'triad of death'. 2012.
26. Waibel BH, Schlitzkus LL, Newell MA, Durham CA, Sagraves SG, Rotondo MF. Impact of hypothermia (below 36 degrees C) in the rural trauma patient. *J Am Coll Surg.* 2009;209(5):580-8.
27. Danzl DF, Pozos RS, Auerbach PS, Glazer S, Goetz W, Johnson E, et al. Multicenter hypothermia survey. *Ann Emerg Med.* 1987;16(9):1042-55.
28. Shafi S, Elliott AC, Gentilello L. Is Hypothermia Simply a Marker of Shock and Injury Severity or an Independent Risk Factor for Mortality in Trauma Patients? Analysis of a Large National Trauma Registry. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care.* 2005;1081-5.
29. Kirkpatrick AW, Chun R, Brown R, Simons RK. Hypothermia and the trauma patient. *Can J Surg.* 1999;42(5):333-43.
30. Watts DD, Trask A, Soeken K, Perdue P, Dols S, Kaufmann C. Hypothermic coagulopathy in trauma: effect of varying levels of hypothermia on enzyme speed, platelet function, and fibrinolytic activity. *J Trauma.* 1998;44(5):846-54.
31. Rohrer MJ, Natale AM. Effect of hypothermia on the coagulation cascade. *Crit Care Med.* 1992;20(10):1402-5.
32. Hanke AA, Rahe-Meyer N. [Trauma-induced coagulopathy]. *Unfallchirurg.* 2014;117(2):95-8.
33. Reed RL, 2nd, Johnson TD, Hudson JD, Fischer RP. The disparity between hypothermic coagulopathy and clotting studies. *J Trauma.* 1992;33(3):465-70.
34. Gubler KD, Gentilello LM, Hassantash SA, Maier RV. The impact of hypothermia on dilutional coagulopathy. *J Trauma.* 1994;36(6):847-51.
35. Simmons JW, Pittet JF, Pierce B. Trauma-Induced Coagulopathy. *Curr Anesthesiol Rep.* 2014;4(3):189-99.
36. Weiss M, Bernoulli L, Zollinger A. [The NACA scale. Construct and predictive validity of the NACA scale for prehospital severity rating in trauma patients]. *Anaesthesist.* 2001;50(3):150-4.
37. Aitken LM, Hendrikz JK, Dulhunty JM, Rudd MJ. Hypothermia and associated outcomes in seriously injured trauma patients in a predominantly sub-tropical climate. *Resuscitation.* 2009;80(2):217-23.
38. Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, Phillips GR, 3rd, Fruchterman TM, Kauder DR, et al. 'Damage control': an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma.* 1993;35(3):375-82; discussion 82-3.
39. Zhu TF, Zhao WG, Zheng HL, Wu JX. [Application of damage control orthopedics for the treatment of severe multiple fractures]. *Zhongguo Gu Shang.* 2018;31(2):145-9.
40. Association for the Advancement of Automotive Medicine.
41. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Jr., Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma.* 1974;14(3):187-96.
42. Owens WD, Felts JA, Spitznagel EL, Jr. ASA physical status classifications: a study of consistency of ratings. *Anesthesiology.* 1978;49(4):239-43.
43. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet.* 1974;2(7872):81-4.
44. Teasdale G, Maas A, Lecky F, Manley G, Stocchetti N, Murray G. The Glasgow Coma Scale at 40 years: standing the test of time. *Lancet Neurol.* 2014;13(8):844-54.

45. Raatiniemi L, Mikkelsen K, Fredriksen K, Wisborg T. Do pre-hospital anaesthesiologists reliably predict mortality using the NACA severity score? A retrospective cohort study. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2013;57(10):1253-9.
46. Vincent JL, Moreno R, Takala J, Willatts S, De Mendonca A, Bruining H, et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the Working Group on Sepsis-Related Problems of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*. 1996;22(7):707-10.
47. Schluter PJ. The Trauma and Injury Severity Score (TRISS) revised. *Injury*. 2011;42(1):90-6.
48. Boyd CR, Tolson MA, Copes WS. Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *J Trauma*. 1987;27(4):370-8.
49. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS, Gann DS, Gennarelli TA, Flanagan ME. A revision of the Trauma Score. *J Trauma*. 1989;29(5):623-9.
50. Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U, Maegele M, Bouillon B. Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGU: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Crit Care*. 2014;18(5):476.
51. Tansey EA, Johnson CD. Recent advances in thermoregulation. *Adv Physiol Educ*. 2015;39(3):139-48.
52. Heck M, Fresenius M, Busch C. Repetitorium Anästhesiologie 2017.
53. Blatteis CM. Thermoregulation in complex situations: combined heat exposure, infectious fever and water deprivation. *Int J Biometeorol*. 2000;44(1):31-43.
54. Morrison SF. Central neural control of thermoregulation and brown adipose tissue. *Auton Neurosci*. 2016;196:14-24.
55. Schmidt, Lang, Heckmann. *Physiologie des Menschen - 31. Auflage* 2011.
56. Largiadèr F. *Checkliste Chirurgie: Thieme*; 2012.
57. Grossmann M, Topliss DJ. A cool case: hypothermia and adrenal failure. *Lancet*. 2006;368(9553):2184.
58. Danzl D. Hypothermia. *Semin Respir Crit Care Med*. 2002;23(1):57-68.
59. Brown DJ, Brugger H, Boyd J, Paal P. Accidental hypothermia. *N Engl J Med*. 2012;367(20):1930-8.
60. McCullough L, Arora S. Diagnosis and treatment of hypothermia. *Am Fam Physician*. 2004;70(12):2325-32.
61. Mallet ML. Pathophysiology of accidental hypothermia. *QJM*. 2002;95(12):775-85.
62. Moore EM, Nichol AD, Bernard SA, Bellomo R. Therapeutic hypothermia: benefits, mechanisms and potential clinical applications in neurological, cardiac and kidney injury. *Injury*. 2011;42(9):843-54.
63. Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL, Greif R, Maconochie IK, Nikolaou NI, et al. *Reanimationsleitlinien 2015. European Resuscitation Council (ERC)*. 2015.
64. Brugger H, Putzer G, Paal P. [Accidental hypothermia]. *Anaesthesist*. 2013;62(8):624-31.
65. Burchardi H, Jauch K-W, Larsen R, Schölmerich J, Kuhlen R. *Die Intensivmedizin*: Springer, Berlin, Heidelberg; 2008.
66. Tsuei BJ, Kearney PA. Hypothermia in the trauma patient. *Injury*. 2004;35(1):7-15.
67. Gilbert M, Busund R, Skagseth A, Nilsen PÅ, Solbø JP. Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7°C with circulatory arrest. *The Lancet*. 2000;355(9201):375-6.
68. David JS, Spann C, Marcotte G, Reynaud B, Fontaine O, Lefevre M, et al. Haemorrhagic shock, therapeutic management. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2013;32(7-8):497-503.
69. Trentzsch H, Huber-Wagner S, Hildebrand F, Kanz KG, Faist E, Piltz S, et al. Hypothermia for prediction of death in severely injured blunt trauma patients. *Shock*. 2012;37(2):131-9.
70. Hildebrand F, Probst C, Frink M, Huber-Wagner S, Krettek C. [Importance of hypothermia in multiple trauma patients]. *Unfallchirurg*. 2009;112(11):959-64.
71. Shin J, Kim J, Song K, Kwak Y. Core temperature measurement in therapeutic hypothermia according to different phases: comparison of bladder, rectal, and tympanic versus pulmonary artery methods. *Resuscitation*. 2013;84(6):810-7.

72. Hooper VD, Andrews JO. Accuracy of noninvasive core temperature measurement in acutely ill adults: the state of the science. *Biol Res Nurs*. 2006;8(1):24-34.
73. Torossian A. [Intraoperative temperature management]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2008;43(5):397-9.
74. Wanscher M, Agersnap L, Ravn J, Yndgaard S, Nielsen JF, Danielsen ER, et al. Outcome of accidental hypothermia with or without circulatory arrest: experience from the Danish Praesto Fjord boating accident. *Resuscitation*. 2012;83(9):1078-84.
75. Farstad M, Andersen KS, Koller ME, Grong K, Segadal L, Husby P. Rewarming from accidental hypothermia by extracorporeal circulation. A retrospective study. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001;20(1):58-64.
76. Christensen ML, Lipman GS, Grahn DA, Shea KM, Einhorn J, Heller HC. A Novel Cooling Method and Comparison of Active Rewarming of Mildly Hypothermic Subjects. *Wilderness Environ Med*. 2017;28(2):108-15.
77. Ruttman E, Weissenbacher A, Ulmer H, Muller L, Hofer D, Kilo J, et al. Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in hypothermic patients with cardiocirculatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;134(3):594-600.
78. Bierens JJ, Uitslager R, Swenne-van Ingen MM, van Stiphout WA, Knappe JT. Accidental hypothermia: incidence, risk factors and clinical course of patients admitted to hospital. *Eur J Emerg Med*. 1995;2(1):38-46.
79. Ireland S, Endacott R, Cameron P, Fitzgerald M, Paul E. The incidence and significance of accidental hypothermia in major trauma--a prospective observational study. *Resuscitation*. 2011;82(3):300-6.
80. Charkoudian N, Stachenfeld NS. Reproductive hormone influences on thermoregulation in women. *Compr Physiol*. 2014;4(2):793-804.
81. van der Ploeg GJ, Goslings JC, Walpoth BH, Bierens JJ. Accidental hypothermia: rewarming treatments, complications and outcomes from one university medical centre. *Resuscitation*. 2010;81(11):1550-5.
82. Logters T, Lefering R, Schneppendahl J, Alldinger I, Witte I, Windolf J, et al. [Interruption of the diagnostic algorithm and immediate surgical intervention after major trauma--incidence and clinical relevance. Analysis of the Trauma Register of the German Society for Trauma Surgery]. *Unfallchirurg*. 2010;113(10):832-8.
83. Zeckey C, Hildebrand F, Probst C, Krettek C. [Trauma care systems in Germany, USA and Australia. An international comparison]. *Unfallchirurg*. 2010;113(9):771-4, 6-7.
84. Chatrath V, Khetarpal R, Ahuja J. Fluid management in patients with trauma: Restrictive versus liberal approach. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2015;31(3):308-16.
85. Subeq YM, Hsu BG, Lin NT, Yang FL, Chao YF, Peng TC, et al. Hypothermia caused by slow and limited-volume fluid resuscitation decreases organ damage by hemorrhagic shock. *Cytokine*. 2012;60(1):68-75.
86. Tisherman SA. Hypothermia and injury. *Curr Opin Crit Care*. 2004;10(6):512-9.
87. Danzl DF, Hedges JR, Pozos RS. Hypothermia Outcome Score - Development and Implications. *Critical Care Medicine*. 1989;17(3):227-31.
88. Kobbe P, Lichte P, Wellmann M, Hildebrand F, Nast-Kolb D, Waydhas C, et al. [Rewarming methods for severely injured hypothermic patients]. *Unfallchirurg*. 2009;112(12):1062-5.
89. Maegele M, Schochl H, Cohen MJ. An update on the coagulopathy of trauma. *Shock*. 2014;41 Suppl 1:21-5.
90. Martini WZ, Cortez DS, Dubick MA, Park MS, Holcomb JB. Thrombelastography is better than PT, aPTT, and activated clotting time in detecting clinically relevant clotting abnormalities after hypothermia, hemorrhagic shock and resuscitation in pigs. *J Trauma*. 2008;65(3):535-43.
91. Martini WZ, Pusateri AE, Uscilowicz JM, Delgado AV, Holcomb JB. Independent Contributions of Hypothermia and Acidosis to Coagulopathy in Swine. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 2005;58(5):1002-10.

92. Wafaisade A, Wutzler S, Lefering R, Tjardes T, Banerjee M, Paffrath T, et al. Drivers of acute coagulopathy after severe trauma: a multivariate analysis of 1987 patients. *Emerg Med J.* 2010;27(12):934-9.
93. Beilman GJ, Blondet JJ, Nelson TR, Nathens AB, Moore FA, Rhee P, et al. Early hypothermia in severely injured trauma patients is a significant risk factor for multiple organ dysfunction syndrome but not mortality. *Ann Surg.* 2009;249(5):845-50.
94. Seekamp A, van Griensven M, Hildebrandt F, Wahlers T, Tscherne H. Adenosine-triphosphate in trauma-related and elective hypothermia. *J Trauma.* 1999;47(4):673-83.
95. Mommsen P, Zeckey C, Frink M, Krettek C, Hildebrand F. [Accidental hypothermia in multiple trauma patients]. *Zentralbl Chir.* 2012;137(3):264-9.
96. Frink M, Flohe S, van Griensven M, Mommsen P, Hildebrand F. Facts and fiction: the impact of hypothermia on molecular mechanisms following major challenge. *Mediators Inflamm.* 2012;2012:762840.
97. Seekamp A, Ziegler M, Biank J, Grotz M, Regel G. [The significance of hypothermia in polytrauma patients]. *Unfallchirurg.* 1996;99(2):100-5.

8 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Andreas Seekamp, Direktor der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holsteins, Campus Kiel, für die Möglichkeit, meine Dissertation in seiner Abteilung zu erstellen, bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn PD Dr. Matthias Weuster für die hervorragende Betreuung, sein Engagement und ständige Diskussions- und Hilfsbereitschaft. Die Gespräche fanden stets auf intellektueller und persönlicher Ebene statt und werden mir als Bereicherung in Erinnerung bleiben. Unsere Diskussionen habe ich immer als ermutigend und motivierend empfunden.

Für die Daten und die Hilfe bei der Auswertung danke ich Herrn Prof. Dr. Rolf Lefering und der Sektion NIS der DGU®.

Für das mühevollen Korrekturlesen, die liebevolle Unterstützung und Motivation danke ich meiner Frau Jessica Brück. Ohne ihre Geduld und ihr liebevolles Verständnis hätte diese Arbeit niemals gelingen können.

Mein herzlicher Dank gilt besonders auch meinen Eltern Annette Brück und Dr. Heinrich Brück, die mir das Medizinstudium ermöglicht und mich im gesamten Studium motiviert und unterstützt haben. Ich bedanke mich für das Korrekturlesen und den konstruktiven Austausch.